

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Guía para la evaluación del impacto ambiental en
construcciones, Parte II**

Trabajo de graduación presentado por Diego Arévalo, Juan Martínez del Rosal, Alejandro Pinto, María Ramos, Álvaro Wer, Max Wever, Andrés Sepe para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Industrial y por Andrés Illescas para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil.

Guatemala

2011

**Guía para la evaluación del impacto ambiental en
construcciones, Parte II**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**Guía para la evaluación del impacto ambiental en
construcciones, Parte II**

Trabajo de graduación presentado por Diego Arévalo, Juan Martínez del Rosal, Alejandro Pinto, María Ramos, Álvaro Wer, Max Wever, Andrés Sepe para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Industrial y por Andrés Illescas para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Civil.

Guatemala

2011

Vo. Bo. :

(f) 
(Arq. Juan Pablo Blas Arias)

Tr bunal Examinador

(f) 
(Ing Roberto Godo)

(f) 
(Ing. Estuardo Sierra)

(f) 
(Arq. Juan Pablo Blas Arias)

CONTENIDO

Prefacio.....	xiv
Lista de Ilustraciones.....	xv
Lista de Cuadros.....	xxii
Lista de Tablas.....	xxv
Resumen.....	xxviii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO	5
III. FILOSOFÍA DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.....	6
A. SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	7
1. <i>Medidas para una edificación sostenible y la minimización del impacto ambiental.</i>	<i>9</i>
2. <i>Análisis del Ciclo de Vida (ACV).</i>	<i>11</i>
3. <i>Consejos para una construcción ecológica.</i>	<i>13</i>
4. <i>Características de las viviendas sostenibles.</i>	<i>14</i>
5. <i>Consideraciones para una construcción sostenible.</i>	<i>19</i>
B. CÓMO LA CRISIS ECONÓMICA INFLUYE EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.....	20
IV. CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES VS. CONSTRUCCIONES CONVENCIONALES	22
A. ASPECTOS GENERALES.	23
1. <i>Soluciones y recomendaciones para una construcción sostenible. L.....</i>	<i>27</i>
2. <i>Soluciones y tecnologías para remodelar una casa.</i>	<i>29</i>
3. <i>El uso de sistemas eco-amigables.....</i>	<i>31</i>
B. BENEFICIOS DE UNA CONSTRUCCIÓN VERDE	33
1. <i>Ventajas y desventajas de la construcción sostenible.</i>	<i>35</i>
2. <i>Métodos para ahorrar energía.</i>	<i>37</i>
3. <i>Controladores del consumo energético.</i>	<i>39</i>
C. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN LATINOAMÉRICA.	43
D. TENDENCIAS DE CONSTRUCCIÓN VERDE.....	45
1. <i>Problemática sociocultural en Guatemala.</i>	<i>47</i>

2.	<i>Tendencias en los próximos años de edificios verdes en Guatemala.</i>	48
V.	CASAS MODERNAS ECOLÓGICAMENTE SOSTENIBLES	50
A.	SISTEMAS DE CONSTRUCCIONES VERDES.	51
1.	<i>Una casa que se comporta como un árbol.</i>	51
2.	<i>Casa que mimetiza a un reptil.</i>	53
3.	<i>Una casa que produce alimentos.</i>	54
4.	<i>Una casa del futuro que recupera prácticas ancestrales.</i>	55
5.	<i>Una casa de madera sin consumo energético por € 70,000.</i>	56
6.	<i>Casa ultra-eficiente que captura más energía de la consumida.</i>	59
7.	<i>Casa pasiva.</i>	60
8.	<i>Una casa en un árbol.</i>	61
9.	<i>Casa 108.</i>	62
10.	<i>Una casa prefabricada potenciada con Energía Solar.</i>	64
11.	<i>Una casa moderna y ecológica en el desierto.</i>	66
12.	<i>Una casa verde de piedra, madera y vidrio.</i>	67
13.	<i>Una casa moderna subterránea con techo verde.</i>	68
14.	<i>Una casa lujosa en el bosque desconectada de la red.</i>	70
15.	<i>Una casa entre las montañas que mezcla lo rústico y lo moderno.</i>	72
16.	<i>Una extraña torre de apartamentos sostenibles.</i>	73
17.	<i>Casa verde ultramoderna en voladizo de madera.</i>	74
18.	<i>Una casa con grandes voladizos en medio de las dunas.</i>	75
19.	<i>Casa eco-amigable con un domo giratorio.</i>	77
20.	<i>Una casa sostenible que (Re)mezcla lo moderno con lo antiguo.</i>	78
21.	<i>Una casa verde en forma de invernadero.</i>	80
22.	<i>Un hotel auto sostenible.</i>	80
23.	<i>Una casa activa que usa luz solar.</i>	81
24.	<i>Una casa ecológica con estructura reticular.</i>	83
25.	<i>Una casa ultra lujosa con diseño sostenible.</i>	85
26.	<i>Un edificio eficientemente energético.</i>	86
27.	<i>Una estación espacial en la Tierra.</i>	88
28.	<i>La casa más eficiente del mundo.</i>	90
B.	IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN VERDE EN GUATEMALA.	95

VI.	CERTIFICACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA VERDE.....	96
A.	FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN/MECANISMOS PARA CONTRARRESTARLAS Y PREVENIRLAS.	97
B.	LOS PROCESOS DE MANUFACTURA VERDE	99
1.	<i>Selección de materiales verdes.</i>	101
2.	<i>Energías renovables utilizadas.</i>	104
3.	<i>Tecnologías amigables con el medio ambiente disponibles en el mercado.....</i>	106
4.	<i>Empresas guatemaltecas certificadas con un sistema de gestión ambiental.</i>	107
C.	CERTIFICACIONES EN PROCESOS DE MANUFACTURA VERDE Y EN EDIFICACIONES VERDES.	108
1.	<i>ISO 14000.</i>	108
D.	LEED	114
E.	RAINFOREST ALLIANCE.....	117
F.	GREEN GUARD.....	120
G.	BIFMA	121
H.	LINEAMIENTOS Y REQUERIMIENTOS PARA OPTAR POR UNA CERTIFICACIÓN.	121
I.	NORMAS Y LEYES DE PROTECCIÓN AMBIENTAL EN PROCESOS DE MANUFACTURA EN EL ÁREA DE LA CONSTRUCCIÓN.	125
VII.	GENERACIÓN DE ENERGÍA	129
A.	OBJETIVOS	130
1.	<i>Generales</i>	130
2.	<i>Específicos</i>	130
B.	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	131
C.	ENERGÍAS RENOVABLES.....	132
1.	<i>Ventajas de la utilización de energías renovables.</i>	132
2.	<i>Fuentes de energías renovables.</i>	132
D.	ENERGÍA SOLAR.....	133
1.	<i>Tipos de energía solar</i>	133
2.	<i>Paneles solares.</i>	135
E.	ENERGÍA HIDRÁULICA	139
1.	<i>Evaluación del recurso hídrico.</i>	139
2.	<i>Análisis de regiones (Indicadores de calidad).</i>	140
3.	<i>Microcentrales hidroeléctricas (MCH).</i>	144
F.	ENERGÍA EÓLICA.	147
1.	<i>Aerogeneradores o generadores eólicos.</i>	147

G.	DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	149
1.	<i>Situación actual.</i>	149
H.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO..	151
1.	<i>Integración a la red pública (contador bidireccional)..</i>	151
2.	<i>Cotización Energía Eléctrica (Distribuidoras de Energía Eléctrica en Guatemala).</i>	152
3.	<i>Demanda energética.</i>	153
4.	<i>Cotización instalaciones eléctricas y mano de obra.</i>	155
5.	<i>Energía Solar</i>	157
6.	<i>Energía eólica</i>	167
I.	DATOS Y CÁLCULOS	171
1.	<i>Paneles solares fotovoltaicos.:</i>	171
2.	<i>Generadores eólicos.</i>	173
J.	DISCUSIÓN Y RESULTADOS (ESCENARIOS).....	175
1.	<i>Escenario 1 (Paneles fotovoltaicos)</i>	176
2.	<i>Escenario 2 (paneles fotovoltaicos).</i>	185
3.	<i>Escenario 3 (aerogeneradores).</i>	197
VIII.	EFICIENCIA EN LA ILUMINACIÓN	207
A.	INTRODUCCIÓN	208
1.	<i>Objetivo general</i>	209
2.	<i>Objetivos específicos</i>	209
B.	HISTORIA DE LA ILUMINACIÓN	209
1.	<i>El fuego.</i>	210
2.	<i>Lámparas de aceite.</i>	210
3.	<i>Velas.</i>	210
4.	<i>Lámparas de gas.</i>	211
5.	<i>Iluminación eléctrica</i>	211
C.	TIPOS DE ILUMINACIÓN	211
1.	<i>Iluminación incandescente.</i>	211
2.	<i>Iluminación incandescente de atmósfera inerte.</i>	212
3.	<i>Incandescentes de atmósfera halogenada.</i>	213
4.	<i>Iluminación fluorescente.</i>	214
5.	<i>Iluminación fluorescente CFL (Compact Fluorescent Lamps).</i>	220

6.	<i>Iluminación LED.</i>	223
D.	ANÁLISIS FINANCIERO	226
1.	<i>Suposiciones y factores tomados en cuenta.</i>	226
2.	<i>Escenario 1.</i>	226
3.	<i>Escenario 2.</i>	230
4.	<i>Escenario 3.</i>	234
E.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	241
IX.	DOMÓTICA	243
A.	METODOLOGÍA	244
B.	JUSTIFICACIÓN	245
C.	OBJETIVOS	245
1.	<i>Objetivos generales</i>	245
2.	<i>Objetivos específicos.</i>	245
D.	DOMÓTICA	246
1.	<i>Definición.</i>	246
2.	<i>Elementos.</i>	247
3.	<i>Arquitectura de sistemas</i>	248
4.	<i>Topología de los sistemas.</i>	248
5.	<i>Medios de interconexión y redes</i>	250
6.	<i>Estándares</i>	253
7.	<i>Aplicaciones</i>	254
8.	<i>Estudios.</i>	257
9.	<i>Simbología de domótica</i>	268
E.	ANÁLISIS FINANCIERO.	274
1.	<i>Planteamiento de escenarios.</i>	274
2.	<i>Consideraciones del escenario.</i>	274
3.	<i>Descripción de costos.</i>	278
4.	<i>Resultados y discusión.</i>	279
F.	GUÍA DE EVALUACIÓN PARA EL NIVEL DE DOMÓTICA	284
1.	<i>Ejemplo de aplicación.</i>	285
X.	SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA	291
A.	INTRODUCCIÓN	292

B.	OBJETIVOS	293
1.	<i>Generales</i>	293
2.	<i>Específicos</i>	293
C.	COMBUSTIBLES	294
1.	<i>Gas natural/GPS</i>	294
2.	<i>Electricidad</i>	296
3.	<i>Fuentes renovables</i>	296
D.	CALENTADORES.....	299
1.	<i>Gas</i>	300
2.	<i>Eléctricos</i>	303
3.	<i>Solares</i>	305
4.	<i>Determinación del tamaño de sistema</i>	308
E.	ANÁLISIS FINANCIERO	310
1.	<i>Suposiciones y cálculos</i>	310
2.	<i>Escenario 1</i>	313
3.	<i>Escenario 2</i>	318
4.	<i>Escenario 3</i>	322
5.	<i>Análisis y discusión</i>	327
XI.	REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES.....	328
A.	INTRODUCCIÓN	329
B.	OBJETIVOS	330
1.	<i>Generales</i>	330
2.	<i>Específicos</i>	330
C.	CONTENIDO	331
1.	<i>Composición de aguas grises y pluviales</i>	331
2.	<i>Historia</i>	335
3.	<i>Clasificación y diferencias entre los tipos de aguas</i>	337
4.	<i>Fuentes de contaminación del agua. El agua es un recurso escaso</i>	343
5.	<i>Calidad de agua necesaria para procesos</i>	347
6.	<i>Reutilización de aguas grises</i>	348
7.	<i>Métodos y procesos para reutilización de aguas grises</i>	350
i.	<i>Resultados de tratamientos</i>	364

8.	<i>Beneficios de reutilizar aguas grises.</i>	366
9.	<i>Reutilización de aguas pluviales.</i>	370
10.	<i>Métodos y procesos para reutilización de aguas pluviales.</i>	371
11.	<i>Beneficios de reutilizar aguas pluviales.:</i>	374
D.	ANÁLISIS FINANCIERO	376
1.	<i>Cálculo de datos.</i>	376
2.	<i>Costos de sistemas.</i>	379
3.	<i>Escenarios.</i>	380
4.	<i>Interpretación.</i>	395
XII.	TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	397
A.	TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	398
1.	<i>Introducción a los tratamientos de aguas residuales.</i>	398
2.	<i>Plantas de tratamiento.</i>	403
3.	<i>Micro plantas.</i>	410
4.	<i>Fosas sépticas</i>	413
5.	<i>Biodigestor.</i>	415
6.	<i>Trampas de grasa</i>	419
7.	<i>Cotización de los diferentes métodos de tratamiento.</i>	420
B.	RESULTADOS	423
1.	<i>Escenarios.</i>	423
2.	<i>Escenario 1: una casa.</i>	424
3.	<i>Escenario 2: complejo de 12 casas.</i>	429
4.	<i>Escenario 3: Industria de 150 personas.</i>	434
XIII.	CONCLUSIONES	441
XIV.	RECOMENDACIONES	449
XV.	BIBLIOGRAFÍA	454
XVI.	APÉNDICES	476
	PLANO SALIDA DE ILUMINACIÓN RESIDENCIA 56 M²	513
	PLANO SALIDA DE ILUMINACIÓN RESIDENCIA 73 M ²	514
	PLANO SALIDA DE ILUMINACIÓN RESIDENCIA 200 M ²	515

EQUIVALENCIA EN LUXES DE CADA SISTEMA DE ILUMINACIÓN	515
XVII. GLOSARIO.....	519

PREFACIO

Hace aproximadamente año y medio, se inició lo que hoy en día se convierte en nuestro trabajo de graduación, para optar al título de Ingenieros.

El camino inició formando un gran equipo de estudiantes tanto de Ingeniería Industrial como de Ingeniería Civil, con quienes se tenía como objetivo profundizar y elaborar la segunda parte del megaproyecto Guía para la evaluación del impacto ambiental en construcciones, Parte II. Se eligió individualmente el subtema en el que se quería trabajar.

Se inició investigando en fuentes escritas, trabajos de graduación y libros, como también en páginas web, para formar una base teórica, y luego realizar una investigación de campo, puntualizando cada uno de los detalles a tomar en cuenta, para formar escenarios específicos donde se pueda analizar la rentabilidad de proyectos implementando métodos sostenibles para construcciones. Esto se realiza con la finalidad de formar un modelo a seguir para personas interesadas en la realización de proyectos similares.

No queda más que agradecer a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto: a Dios, nuestras familias, amigos, Arquitecto Juan Pablo Blas, asesores, ingenieros expertos en el tema, los cuales nos dieron su apoyo incondicional a lo largo de este trabajo.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Agentes que generan fallas y desgastes en productos.....	12
Ilustración 2: Vista de la Villa Deys.....	15
Ilustración 3: Piscina de la Villa Deys.....	16
Ilustración 4: Planta de la Villa Deys.....	16
Ilustración 5: Vivienda Na Xemena del Arq. Esteve.....	17
Ilustración 6: Albion Riverside.....	18
Ilustración 7: Niveles de certificación LEED.....	26
Ilustración 8: Tecnologías para hacer una casa sustentable	31
Ilustración 9: Imagen de cómo se verán los datos en el medidor de Google.....	40
Ilustración 10: Sistema EVE para controlar el consumo energético.....	41
Ilustración 11: Sistema de energía y visualizados del clima interior de VELUX.....	41
Ilustración 12: Gráficos del sistema Home Information Pack	43
Ilustración 13: House Like a tree. McDonough & Partners	52
Ilustración 14: Casa con piel de reptil de la firma Cook + Fox.....	54
Ilustración 15: Incredible Edible House.	54
Ilustración 16: Vivienda sostenible con sistema de ventilación ancestral, Mounzon Design	56
Ilustración 17: Fachada principal, casa de Jean-Baptiste Barache.	57
Ilustración 18: Vista lateral, casa de Jean-Baptiste Barache.	57
Ilustración 19: Plantas de la casa de Jean-Baptiste Barache.	57
Ilustración 20: Secciones de la casa de Jean-Baptiste Barache.	58
Ilustración 21: Active House en Aarhus, Dinamarca diseñada por la firma VKR.	59
Ilustración 22: Casas Pasivas	60
Ilustración 23: Vista Interior Baumhauser.....	62
Ilustración 24: Baumhauser de la firma Baumraum.....	62
Ilustración 25: Interior de la Casa 108.....	63
Ilustración 26: Vista de la Casa 108.	63
Ilustración 27: Vista de la casa prefabricada zeroHouse	64
Ilustración 28: Planta arquitectónica del primer nivel.	65
Ilustración 29: Planta arquitectónica del segundo nivel	65
Ilustración 30: Vista de la casa en Pioneertown, California.	66
Ilustración 31: Fachada de la casa ecológica del desierto.	66

Ilustración 32: Vista del exterior de Base Valley House.	67
Ilustración 33: Vista del pasillo que atraviesa la casa	67
Ilustración 34: Techo de cristal de Base Valley House	68
Ilustración 35: Tejado verde de la casa diseñada por KWK Promes.....	69
Ilustración 36: Vista de la casa Outrial en Varsovia, Polonia.....	69
Ilustración 37: Vista aérea de la casa Kokopo.	70
Ilustración 38: Vista exterior de la casa de Kokopo.....	71
Ilustración 39: Vista desde el exterior de la casa Hof.....	72
Ilustración 40: Flower Tower, París, Francia.	73
Ilustración 41: Vista del voladizo de la casa Trovana	74
Ilustración 42: Vista de la casa de Cape Schanck.	75
Ilustración 43: Vista de la terraza de la casa de Cape Schanck.	76
Ilustración 44: Casa verde con un domo giratorio.	77
Ilustración 45: Vista Old Stone Highway en East Hampton, Nueva York.....	78
Ilustración 46: Vista de la sala de Old Stone Highway, del estudio Berg Design Architecture.....	79
Ilustración 47: Casa invernadero, diseñada por Hiroshi Iguchi.	80
Ilustración 48: Arca Hotel, proyecto diseñado por Alexander Remizov.....	81
Ilustración 49: . Esquema del funcionamiento del Arca Hotel.	81
Ilustración 50: Sunlighthouse, la primera casa activa de Austria.	82
Ilustración 51: Plano general terreno protegido, Casa Reticular en Sao Pablo, Brasil.	83
Ilustración 52: Vistas de la Casa Reticular.	84
Ilustración 53: Entrada a la residencia de Kona, Hawái.	85
Ilustración 54: Vista de la piscina y el corredor central de la casa	86
Ilustración 55: Torre Stadttor en Dusseldorf, Alemania.....	87
Ilustración 56: Centro de Investigaciones Ames de la NASA.	90
Ilustración 57: Eco Ideas House de Panasonic.....	91
Ilustración 58: Sistema de ventilación de la Eco Ideas House.	92
Ilustración 59: Sistema HEMS que controla toda la red doméstica.	94
Ilustración 60: Consumo energético mundial por combustible, 1990 - 2035 (cuatrillones BTU).....	98
Ilustración 61: Uso de energía primaria. 500 cuatrillones BTU de energía utilizada en 2010.....	99
Ilustración 62: Aseguramiento de la mejora continua: Ciclo PHVA.....	113
Ilustración 63: Energía Solar	133
Ilustración 64: Energía Solar térmica.....	134

Ilustración 65: Energía Solar Fotovoltaica	134
Ilustración 66: Energía Solar Pasiva (Edificio crece en la Ciudad de Guatemala).	135
Ilustración 67: Paneles solares fotovoltaicos	136
Ilustración 68: Equipo solar de generación de energía	137
Ilustración 69: Curvas I-V, Paneles fotovoltaicos.	138
Ilustración 70: Energía Hidráulica.....	139
Ilustración 71: Cálculo del Potencial Hidroeléctrico.....	141
Ilustración 72: Microcentral Hidroeléctrica.....	144
Ilustración 73: Componentes Microcentral Hidroeléctrica.	145
Ilustración 74: Área de conducción, canal trapezoidal.....	146
Ilustración 75: Energía Eólica.	147
Ilustración 76: Componentes de un generador eólico.	148
Ilustración 77: Cobertura eléctrica, Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.	153
Ilustración 78: Potencia consumida por electrodoméstico.....	154
Ilustración 79: Relación radiación horizontal Vs. Horas al día.....	158
Ilustración 80: Cálculo área bajo la curva hipotética, gráfica de relación radiación horizontal Vs. Horas al día.	159
Ilustración 81: Cálculo área bajo la curva real, gráfica de relación radiación horizontal Vs. Horas al día Parte I	159
Ilustración 82: Cálculo área bajo la curva real, gráfica de relación radiación horizontal Vs. Horas al día Parte II.....	159
Ilustración 83: Radiación solar horizontal en Guatemala.....	160
Ilustración 84:Radiación solar horizontal en Puerto Barrios.	161
Ilustración 85: Radiación solar horizontal en Quetzaltenango.	161
Ilustración 86: Radiación solar horizontal en Huehuetenango.	162
Ilustración 87: Mapa de radiación solar horizontal en Guatemala.	163
Ilustración 88: Relación Viento Vs. Potencia generada por un aerogenerador.	168
Ilustración 89: Características del viento en Guatemala.	169
Ilustración 90: Cotización generadores eólicos.	170
Ilustración 91: Cotización generadores eólicos.	170
Ilustración 92: Años Vs. Valores Actuales de costos, escenario 1A.	179
Ilustración 93: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 1A.	179
Ilustración 94:Años vs. Valores actuales de costos, escenario 1B.....	183
Ilustración 95: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 1B.	183
Ilustración 96: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 1.	184
Ilustración 97: Años Vs. Valores Actuales de costos, escenario 2A.....	188

Ilustración 98: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 2A.	188
Ilustración 99: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 2B.	192
Ilustración 100: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 2B.	192
Ilustración 101: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 2C.	196
Ilustración 102: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 2B.	196
Ilustración 103: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 2.	197
Ilustración 104: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 3A.	201
Ilustración 105: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 3A.	201
Ilustración 106: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 3B.	205
Ilustración 107: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 3B.	205
Ilustración 108: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 3.	206
Ilustración 109: Partes de una bombilla incandescente.....	212
Ilustración 110: Partes de un tubo fluorescente.	215
Ilustración 111: Bombilla CFL.	220
Ilustración 112: Partes de una bombilla LED E27.	224
Ilustración 113: Tarifas de energía en Guatemala (MEM).....	226
Ilustración 114: Análisis de sensibilidad, escenario 1.....	229
Ilustración 115: Desembolsos en el tiempo escenario 1.	230
Ilustración 116: Análisis de sensibilidad escenario 2.....	233
Ilustración 117: Desembolsos en el tiempo, escenario 2.	234
Ilustración 118: Análisis de sensibilidad, escenario 3.....	237
Ilustración 119: Desembolsos en el tiempo escenario 3.	238
Ilustración 120: Arquitectura y topología.....	249
Ilustración 121: Estudio de la eficiencia energética.	258
Ilustración 122: Valoración por parte de usuarios finales referente a Soluciones de Construcción Sostenible en Viviendas.....	260
Ilustración 123: Valoración por parte de Usuarios Finales referente a Soluciones de Hogar Digital en Viviendas de Nueva Promoción. ..	261
Ilustración 124: Funcionalidades de los Sistemas de Domótica instalados en Viviendas de Nueva Promoción en 2007. ...	262
Ilustración 125: Funcionalidades de los Sistemas de Domótica instalados en Viviendas de Nueva Promoción en 2007. ...	263
Ilustración 126: Interfaces de los Sistemas de Domótica.	264
Ilustración 127: Arquitectura de los Sistemas de Domótica.	265
Ilustración 128: Medios de Transmisión de los Sistemas de Domótica.	265
Ilustración 129: Protocolos de comunicación de los Sistemas de Domótica.	266
Ilustración 130: Conectividad de los Sistemas de Domótica.	267

Ilustración 131: Historial de tarifas trimestrales EGGSA.	275
Ilustración 132: convencional vs Domótica.	282
Ilustración 133: Porcentajes de compuestos según el volumen del gas natural.....	294
Ilustración 134: Tanque de gas GLP.	295
Ilustración 135: Celda fotovoltaica.....	298
Ilustración 136: Paneles solares.	298
Ilustración 137: Aplicación de celdas solares.	298
Ilustración 138: Sistema solar de calefacción de agua.	299
Ilustración 139: Diagrama de sistema solar.....	299
Ilustración 140: Sistema de calefacción de agua con tanque de gas.	301
Ilustración 141: Sistema de calefacción de agua de paso de gas.	303
Ilustración 142: Sistema de calefacción de agua con tanque eléctrico.....	304
Ilustración 143: Sistema de calefacción de agua de paso eléctrico.	305
Ilustración 144: Sistema de calefacción de agua solar.	306
Ilustración 145: Resistencia solar.	307
Ilustración 146: Radiación solar promedio kW m ² /día.....	307
Ilustración 147: VPN's TMAR 5%, escenario 1.....	316
Ilustración 148: Análisis de sensibilidad TMAR, escenario 1.	317
Ilustración 149: VPN's TMAR 5%, escenario 2.....	321
Ilustración 150: Análisis de sensibilidad TMAR, escenario 2.	322
Ilustración 151: VPN's TMAR 5%, escenario 3.....	325
Ilustración 152: Análisis de sensibilidad TMAR, escenario 3.	326
Ilustración 153: Clasificación de aguas residuales.....	332
Ilustración 154: Consumo de agua en oficinas.	332
Ilustración 155: Tasa de descomposición en agua gris y negra.....	334
Ilustración 156: Concentración de minerales en agua pluvial.....	335
Ilustración 157: Cantidad de agua dulce utilizable.....	343
Ilustración 158: Usos del agua.....	343
Ilustración 159: Consumo de agua típico.	345
Ilustración 160: Contaminación primaria y secundaria.....	347
Ilustración 161: Requerimiento de agua potable.....	348
Ilustración 162: Filtro aeróbico.	351
Ilustración 163: Sistema combinado.	352

Ilustración 164: Resultado de tratamiento.	352
Ilustración 165: Filtro jardinera.	353
Ilustración 166: Registro de aguas jabonosas y trampa de grasas.	355
Ilustración 167: Corte transversal del primer registro del sistema.	356
Ilustración 168: Sistema físicamente.	357
Ilustración 169: Cajas de tratamiento.	358
Ilustración 170: Sistema maduro.	359
Ilustración 171: Estanque.	359
Ilustración 172: DOP del sistema de fincas.	361
Ilustración 173: Diseño de sistema.	361
Ilustración 174: Membrana MBR.	362
Ilustración 175: Sistema grande MBR.	363
Ilustración 176: Sistema pequeño.	363
Ilustración 177: Sistema Solclima.	364
Ilustración 178: Ciclo aguas grises.	365
Ilustración 179: Agua gris, agua tratada y membrana de filtración.	366
Ilustración 180: Diferencia entre reutilizar y no reutilizar aguas.	369
Ilustración 181: Tendencia de costos de agua.	370
Ilustración 182: Sustitución pluvial por potable.	370
Ilustración 183: Sistemas de agua pluvial en casa e industria.	371
Ilustración 184: Componentes de filtración.	373
Ilustración 185: Sistema de agua pluvial completo.	374
Ilustración 186: Pago de inversión casa de cinco personas sin inflación.	384
Ilustración 187: Pago de inversión casa de cinco personas con inflación.	384
Ilustración 188: Análisis de sensibilidad TMAR casa de cinco personas.	385
Ilustración 189: Análisis de sensibilidad TMAR con inflación casa de cinco personas.	386
Ilustración 190: Pago de inversión complejo de casas sin inflación.	388
Ilustración 191: Análisis de cada sistema para complejo de casas.	389
Ilustración 192: Análisis de sensibilidad TMAR complejo de casas.	390
Ilustración 193: Análisis de sensibilidad TMAR con inflación complejo de casas.	390
Ilustración 194: Pago de inversión industria sin inflación.	393
Ilustración 195: Pago de inversión industria con inflación.	393
Ilustración 196: Análisis de sensibilidad TMAR industria.	394

Ilustración 197: Análisis de sensibilidad TMAR con inflación industria.....	395
Ilustración 198: Cinco etapas de aireación extendida.....	405
Ilustración 199: Accesorios instalados de una planta de tratamiento aeróbico.	407
Ilustración 200: Proceso de una planta de tratamiento anaeróbica.	408
Ilustración 201: Diagrama de flujo del tratamiento anaeróbico.	409
Ilustración 202: Micro planta pre-fabricada.....	411
Ilustración 203: Micro planta de concreto, vista I.....	411
Ilustración 204: Micro planta de concreto, vista II.	412
Ilustración 205: Fosa séptica pre-fabricada.....	413
Ilustración 206: Accesorios de una fosa séptica.....	414
Ilustración 207: Diseño de un Biodigestor.	416
Ilustración 208: Diseño de la canasta de un Biodigestor.....	416
Ilustración 209: Biodigestor aeróbico.	417
Ilustración 210: Mal diseño de un biodigestor, vista I.....	418
Ilustración 211: Mal diseño de un biodigestor, vista II.....	418
Ilustración 212: Trampa de grasa pre-fabricada.	419
Ilustración 213: Gráfica de escenario 1 con inflación 0%.....	428
Ilustración 214: Gráfica de escenario 1 con inflación 7%.....	428
Ilustración 215: Gráfica TMAR, escenario 1.	429
Ilustración 216: Gráfica de escenario 2 con inflación 0%.....	433
Ilustración 217: Gráfica de escenario 2 con inflación 7%.....	433
Ilustración 218: Gráfica TMAR, escenario 2.	434
Ilustración 219: Gráfica de escenario 3 con inflación 0%.....	438
Ilustración 220: Gráfica de escenario 3 con inflación 7%.....	439
Ilustración 221: Gráfica TMAR, escenario 3.	440

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Beneficios de los sistemas HVAC.	32
Cuadro 2. Impacto ambiental de los edificios a nivel mundial según el USGBC.	33
Cuadro 3. Sistemas que presentan un ahorro energético significativo.....	38
Cuadro 4: Condiciones, escenario 1.	226
Cuadro 5: Salidas de iluminación, escenario 1	227
Cuadro 6: Valor Presente Neto para cada alternativa en el escenario 1	227
Cuadro 7: Flujo incremental (Cálculo TIR).	228
Cuadro 8: Desembolsos acumulados para cada alternativa en el escenario 1.	229
Cuadro 9: Condiciones, escenario 2.	230
Cuadro 10: Salidas de iluminación, escenario 2.	231
Cuadro 11: Valor Presente Neto para cada alternativa en el escenario 2.	231
Cuadro 12: Flujo incremental (Cálculo TIR).	232
Cuadro 13: Desembolsos acumulados para cada alternativa en el escenario 2.	233
Cuadro 14: Condiciones, escenario 3.	234
Cuadro 15: Salidas de iluminación, escenario 3.	235
Cuadro 16: Valor Presente Neto para cada alternativa en el escenario 3.	236
Cuadro 17: Flujo incremental (Cálculo TIR).	237
Cuadro 18: Desembolsos acumulados para cada alternativa en el escenario 3.	238
Cuadro 19: Recomendación de iluminación con base en el consumo.	239
Cuadro 20: Condiciones escenario 3 con combinación de luces.	240
Cuadro 21: Salidas de iluminación escenario 3 con combinación de luces.....	240
Cuadro 22: Valor Presente Neto escenario 3 con combinación de luces.....	241
Cuadro 23: Consumo de agua caliente en diferentes puntos de una casa.	308
Cuadro 24: Demanda máxima diaria en la Casa 1.	309
Cuadro 25: Demanda máxima diaria en la Casa 2.	309
Cuadro 26: Consumo máximo diario de agua caliente Casa 1 y Casa 2.	309
Cuadro 27: Cálculo de energía requerida para calentar una masa de agua.....	311
Cuadro 28: Cálculo de masa de gas propano para transferir cierta cantidad de energía.	312
Cuadro 29: Cantidad de gas propano requerido con eficiencia del 85%.....	312
Cuadro 30: Consumo promedio diario, escenario 1.....	313
Cuadro 31: Sistema eléctrico, gas y solar para escenario 1.	314

Cuadro 32: Consumo de gas propano, escenario 1.....	314
Cuadro 33: Gasto mensual y anual de los diferentes sistemas, escenario 1.....	314
Cuadro 34: Flujo de efectivo para sistema eléctrico, escenario 1.....	315
Cuadro 35: Flujo de efectivo para sistema de gas, escenario 1.	315
Cuadro 36: Flujo de efectivo para sistema solar, escenario 1.	315
Cuadro 37: Valores Presentes Netos de los diferentes sistemas, escenario 1.	316
Cuadro 38: Flujo incremental de sistema solar vs Sistema de gas, escenario 1.....	316
Cuadro 39: Consumo promedio diario, escenario 2.....	318
Cuadro 40: Sistema eléctrico, gas y solar para escenario 2.	318
Cuadro 41: Consumo de gas propano, escenario 2.....	319
Cuadro 42: Gasto mensual y anual de los diferentes sistemas, escenario 2.....	319
Cuadro 43: Flujo de efectivo para sistema eléctrico, escenario 2.....	319
Cuadro 44: Flujo de efectivo para sistema de gas, escenario 2.	320
Cuadro 45: Flujo de efectivo para sistema solar, escenario 2.....	320
Cuadro 46: Valores Presentes Netos de los diferentes sistemas, escenario 2.....	320
Cuadro 47: Flujo incremental de sistema solar vs. sistema de gas, escenario 2.....	321
Cuadro 48: Consumo promedio diario, escenario 3.....	322
Cuadro 49: Sistema eléctrico, gas y solar para escenario 3.	323
Cuadro 50: Consumo de gas propano, escenario 3.....	323
Cuadro 51: Gasto mensual y anual de los diferentes sistemas, escenario 3.....	324
Cuadro 52: Flujo de efectivo para sistema eléctrico, escenario 3.....	324
Cuadro 53: Flujo de efectivo para sistema de gas, escenario 3.	324
Cuadro 54: Flujo de efectivo para sistema solar, escenario 3.....	325
Cuadro 55: Valores presentes netos de los diferentes sistemas, escenario 3.	325
Cuadro 56: Flujo incremental de sistema solar vs sistema de gas, escenario 3.....	326
Cuadro 57: Caudales típicos de aguas residuales.....	376
Cuadro 58: Precios del agua según Empagua.....	377
Cuadro 59: Costo de agua para escenarios.	377
Cuadro 60: Agua gris demandada.	378
Cuadro 61: Diferencia entre agua gris demandada y obtenida.....	378
Cuadro 62: Ahorro anual para agua gris tratada.....	378
Cuadro 63: Agua gris demandada ST.....	378
Cuadro 64: Diferencia entre agua gris ST demandada y obtenida.....	379

Cuadro 65: Ahorro anual para agua gris sin tratar.	379
Cuadro 66: Costo de sistemas para 3 escenarios.	379
Cuadro 67: Cálculo de toneles.	380
Cuadro 68: Cálculo de filtros.	380
Cuadro 69: Cálculo de costo de construcción.	380
Cuadro 70: Análisis de cada sistema para casa de cinco personas.	382
Cuadro 71: Análisis de cada sistema para complejo de casas.	386
Cuadro 72: Análisis de cada sistema para industria.	391
Cuadro 73: Cuadro de consumo de agua.	400
Cuadro 74: Elementos para plantas de tratamientos aeróbicas.	406
Cuadro 75: Mantenimiento para plantas de tratamiento.	410
Cuadro 76: Costos de una planta e tratamiento aeróbica.	421
Cuadro 77: Costos de una planta de tratamiento anaeróbica.	421
Cuadro 78: Costos de micro planta.	421
Cuadro 79: Costos de fosas séptica.	422
Cuadro 80: Costos de biodigestores.	422
Cuadro 81: Costos de trampas de grasa.	422
Cuadro 82: Datos de Empagua.	423
Cuadro 83: Consumo diarios de una persona.	423
Cuadro 84: Costos de mantenimiento y limpieza.	424
Cuadro 85: Datos iniciales para escenario 1.	425
Cuadro 86: Análisis financiero, escenario 1.	426
Cuadro 87: Datos iniciales para escenario 2.	430
Cuadro 88: Análisis financiero, escenario 2.	431
Cuadro 89: Datos iniciales para escenario 3.	435
Cuadro 90: Análisis financiero, escenario 3.	436

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Relación densidad P.H.T.B y P.H.T.A.	143
Tabla 2: Tarifas eléctricas del mercado guatemalteco. (MEM)	152
Tabla 3: Materiales para instalación eléctrica	156
Tabla 4: Mano de obra por instalación eléctrica	156
Tabla 5: Cotización paneles solares fotovoltaicos.	164
Tabla 6: Cotización paneles solares fotovoltaicos.	164
Tabla 7: Cotización paneles solares fotovoltaicos.	164
Tabla 8: Cotización paneles solares fotovoltaicos.	165
Tabla 9: Cotización paneles solares fotovoltaicos.	165
Tabla 10: Cotización de equipo interconectado a la red pública.	166
Tabla 11: Mediciones de la velocidad del viento en Departamentos de Guatemala.	169
Tabla 12: Ejemplo tabla de descripción panel solar fotovoltaico para escenarios 1 y 2.	171
Tabla 13: Ejemplo tabla de datos iniciales, escenarios 1 y 2.	172
Tabla 14: Ejemplo tabla de resultados escenarios 1 y 2.	173
Tabla 15: Ejemplo tabla de datos adicionales escenarios 1 y 2.	173
Tabla 16: Ejemplo tabla de descripción de aerogenerador eólico escenario 3.	173
Tabla 17: Ejemplo tabla de datos iniciales, escenario 3.	174
Tabla 18: Ejemplo tabla de resultados, escenario 3.	175
Tabla 19: Ejemplo tabla de datos adicionales, escenario 3.	175
Tabla 20: Descripción escenario 1A, paneles fotovoltaicos.	176
Tabla 21: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 1A.	177
Tabla 22: Valores Presentes Netos Costos Energía Solar, escenario 1A.	177
Tabla 23: Flujo incremental, escenario 1A.	178
Tabla 24: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 1A.	178
Tabla 25: Descripción escenario 1B, paneles fotovoltaicos.	180
Tabla 26: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 1B.	181
Tabla 27: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 1B.	181
Tabla 28: Flujo incremental, escenario 1B.	182
Tabla 29: Análisis de rentabilidad (TIR), Escenario 1B.	182
Tabla 30: Descripción escenario 2A, paneles fotovoltaicos.	185

Tabla 31: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 2A.	186
Tabla 32: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 2A.	186
Tabla 33: Flujo incremental, escenario 2A.	187
Tabla 34: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 2A.	187
Tabla 35: Descripción escenario 2B, paneles fotovoltaicos.	189
Tabla 36: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 2B.....	190
Tabla 37: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 2B.	190
Tabla 38: Flujo incremental, escenario 2B.	191
Tabla 39: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 2B.....	191
Tabla 40: Descripción escenario 2C, paneles fotovoltaicos.....	193
Tabla 41: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 2C.....	194
Tabla 42: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 2C.	194
Tabla 43: Flujo incremental, escenario 2C.	195
Tabla 44: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 2C.....	195
Tabla 45: Descripción escenario 3A, generadores eólicos.	198
Tabla 46: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 3A.	199
Tabla 47: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, Escenario 3A.	199
Tabla 48: Flujo incremental, escenario 3A.	200
Tabla 49: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 3A.	200
Tabla 50: Descripción escenario 3B, generadores eólicos.	202
Tabla 51: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 3B.....	203
Tabla 52: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 3B.	203
Tabla 53: Flujo incremental, escenario 3B.	204
Tabla 54: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 3B.....	204
Tabla 55: Simbología de componentes básicos (Parte I).	268
Tabla 56: Simbología de componentes básicos (Parte II).	269
Tabla 57: Simbología de sensores (Parte I).	270
Tabla 58: Simbología de sensores (Parte II).	271
Tabla 59: Simbología de actuadores.	272
Tabla 60: Simbología de componentes combinados.	273
Tabla 61: Especificaciones de iluminación.	274
Tabla 62: Especificaciones de equipos.	274
Tabla 63: Cálculo de días promedio al mes.	275

Tabla 64: Historial de tarifas trimestrales 2009 - 2011 EEGSA.	275
Tabla 65: Consumo diario del inmueble convencional.....	276
Tabla 66: Consumo diario del inmueble con domótica.....	276
Tabla 67: Estudio mensual del ángulo solar de la Ciudad de Guatemala.	277
Tabla 68: Tasa de cambio.	278
Tabla 69: Costo de equipos.	278
Tabla 70: Costo de servicios.	278
Tabla 71: Costos de equipo para el escenario con domótica.	279
Tabla 72: Resumen de consumo anual del escenario convencional.	279
Tabla 73: Resumen de consumo anual del escenario con domótica.	280
Tabla 74: Diferencia de consumo anual del escenario convencional vs con domótica.....	280
Tabla 75: Datos para análisis VPN o VNA.	280
Tabla 76: Análisis VPN escenario convencional.....	281
Tabla 77: Análisis VPN escenario con domótica.....	281
Tabla 78: VPN Convencional vs domótica.	282
Tabla 79: Análisis de flujo incremental entre ambos escenarios y TIR.	283
Tabla 80: Guía para evaluación de gestión energética. (CIEC, 2011)	286
Tabla 81: Guía para evaluación de confort. (CIEC, 2011)	287
Tabla 82: Guía para evaluación de seguridad. (CIEC, 2011)	288
Tabla 83: Guía para evaluación de comunicación. (CIEC, 2011).....	289
Tabla 84: Guía para evaluación de accesibilidad. (CIEC, 2011)	290

RESUMEN

El trabajo, Guía para la evaluación del impacto ambiental en construcciones, Parte II, Es la segunda fase de una serie de trabajos de la facultad de Ingeniería Civil, la cual tiene la finalidad de iniciar con toda la teoría y factores importantes a tomar en cuenta en cuanto al impacto ambiental en construcciones y como implementar mecanismos sostenibles en ellas.

Esta segunda fase está conformada por un grupo importante de Ingenieros Industriales, con la finalidad de realizar análisis financieros para determinar la viabilidad de la implementación de mecanismos sostenibles en diferentes escenarios. También forma parte de este proyecto un Ingeniero Civil con el objetivo de guiarnos en todos los aspectos relacionados con la construcción.

Esta segunda etapa está dividida por módulos, en donde cada integrante tiene a su cargo temas como: certificaciones, filosofía de la construcción sostenible, como también algunas aplicaciones en construcciones sostenibles como: Generación de Energía, Eficiencia en Iluminación y Domótica.

El objetivo principal es determinar en qué casos es viable financieramente la implementación de la tecnología sostenible. Ya determinados estos escenarios, proponemos las siguientes fases inicien con planes piloto para la implementación de tecnologías sostenible en construcciones.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, Guatemala produce muchos desechos y se desperdician muchos recursos. Se deben lograr edificaciones eficientes, innovadoras y amigables con el medio ambiente, no solo en el área industrial sino en el área residencial. Los distintos avances en la tecnología han logrado contribuir en el aspecto ecológico.

Se tiene la idea que las tecnologías amigables con el ambiente son extremadamente caras debido a que requieren de una fuerte inversión inicial. Lo que no saben es que el ahorro que este trae luego es grande y además que se estará contaminando menos nuestro planeta y se estará desarrollando una economía, industrialización y construcción mucho más sostenible.

Este trabajo de investigación *Guía para la evaluación del impacto ambiental de construcciones, Parte II*, pretende dar un enfoque claro y una guía estructurada para que en construcciones e industrias se construyan de forma sostenible en todos los aspectos. Se abarca el tema de reutilización de aguas grises, domótica, generación de energía, reutilización de aguas negras, iluminación, calentadores de agua, certificaciones entre otros. La razón de realizar este trabajo es presentar los costos y beneficios reales para los guatemaltecos y funcionar como una guía para que se empiecen a implementar las tecnologías amigables con el ambiente como se ha hecho en países más desarrollados que el nuestro.

La tendencia del mundo actual son las energías verdes, la reducción impacto ambiental y por supuesto el ahorro por lo que con este trabajo se pretende poner a Guatemala a la altura de los países desarrollados y que por medio de esto se pueda crecer económicamente. Se cree, y se pretende demostrar o rechazar la hipótesis, que la construcción sostenible es de gran beneficio ambiental y económico en las construcciones.

La energía es un factor indispensable hoy en día, sin embargo en los últimos años la generación de esta ha contaminado el medio ambiente, por lo cual se proponen métodos de generación de energía renovables, utilizando recursos limpios e inagotables, como el sol, el viento y el agua. Estos métodos representan una inversión inicial elevada, la cual será rentable solo en algunos

escenarios, dependiendo de factores como la ubicación del proyecto y demanda energética entre otros.

El calentamiento de agua es una de las actividades en los hogares de Guatemala que más consume energía. Con los avances tecnológicos se han desarrollado sistemas solares que a pesar de una fuerte inversión inicial representan ahorros considerables en los gastos de operación, haciéndolos una alternativa factible para los sistemas eléctricos y de gas propano. Al utilizar La radiación solar para calentar el agua no se deberá gastar en gas propano y tampoco vera un aumento en su factura de luz. Guatemala está situado en un lugar privilegiado para el uso de estos sistemas, es hora que los guatemaltecos se informen no solo de los beneficios al medio ambiente sino que también de los beneficios económicos que traen consigo los sistemas de calentadores de agua solares.

Con el tema de la iluminación se realizó una investigación teórica de los tres sistemas más utilizados en las áreas residenciales para iluminación que son: la iluminación incandescente, la CFL y la LED. Se definieron las ventajas y desventajas de cada sistema y se realizaron tres escenarios para evaluar cual de las de las tres alternativas era más rentable económicamente tomando en cuenta el consumo energético, la vida útil de cada tipo de iluminación y el precio de la bombilla.

Las aguas grises son aquellas que se descargan de cocinas, lavadoras, pilas, desagües de bañeras, etc. Son aguas que no están tan contaminadas como las aguas negras o aguas residuales domésticas y que con un tratamiento sencillo pueden ser reutilizadas ahorrando significativamente el consumo de agua potable. Además en el país tenemos grandes precipitaciones por lo que el potencial de reutilización de agua pluvial es grande.

Las aguas residuales son las descargas que provienen de inodoros, ya que estas contienen bacterias como lo son la e-Coli. Este tipo de agua requiere un tratamiento más sofisticado que las aguas grises, ya que la contaminación es mayor por lo que es más complicado tratarlas.

Lo que se entiende por el término “Domótica” es el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda/inmueble. El automatizar implica a grandes rasgos, la aportación de servicios de gestión energética, bienestar, comunicación, seguridad, confort y todo esto se realiza e integra a través de redes interiores y exteriores de comunicación, ya sea alámbricas (cableadas) o inalámbricas.

Teniendo en cuenta que la industria de la construcción es una de las que más impacto medioambiental genera (debido a las enormes emisiones de CO₂, el alto consumo energético, el desperdicio de las demoliciones, entre muchos otros); es indispensable que los procesos de manufactura se elaboren en base a sistemas de gestión ambiental. Así, se podrá mitigar el impacto medioambiental negativo que estos generan. Por ende, la certificación de procesos de manufactura verde, en el área de la construcción, es indispensable para atacar este problema a nivel mundial.

Se le dará un enfoque financiero a cada uno de los subtemas mencionados con anterioridad, con la finalidad de definir el tiempo en que se recupera la inversión y que se pueda evaluar y escoger para los escenarios, los sistemas y productos en los que si vale la pena invertir.

Los resultados obtenidos nos indican que la mayoría de sistemas son recomendables, a pesar de la inversión inicial que representan. Se realizaron escenarios y para cada uno de ellos se presenta la mejor alternativa, que es la que da un mayor ahorro y una recuperación de la inversión más rápida. Se consideró un tiempo de diez años para los cuales se recomienda incluir en todas las construcciones nuevas los diferentes sistemas para construcciones sostenibles. Esto permite un ahorro, el cual es cada vez mayor pues la inflación es muy elevada, por ser cada vez más escasos.

Además del beneficio económico, los sistemas presentados son en su totalidad recomendables ya que dan un beneficio al ambiente y nos permiten tener una construcción más sostenible para contribuir con el desarrollo del país

Para la realización de esta investigación, se partió de la idea que una obra sostenible representa un beneficio ambiental importante, además del beneficio económico en cierto periodo de tiempo.

Se plantearon técnicas utilizadas para que una construcción sea sostenible, cada una de estas representa un subtema del proyecto. Se llevará a cabo la recopilación de información de estos, con esto se definirán los procesos que existen y áreas de aplicación para fundamentar una base teórica.

Por ultimo, planteando escenarios reales que se pueden presentar a nivel nacional, se establecerán diferentes condiciones y se realizará un análisis financiero, comparándolo con los sistemas convencionales, determinando la rentabilidad de invertir en estas tecnologías no convencionales en cada uno de estos escenarios. Se utilizarán diferentes herramientas relacionadas con el retorno de inversión.

Importante mencionar que la investigación busca ser la continuación de la primera parte de este megaproyecto e incentivar a otras promociones a continuar la investigación, hasta llegar a un trabajo de campo, en donde se pueda poner en practica todas estas herramientas documentadas.

II. Objetivo

Ser parte de la guía para realizar una construcción verde en Guatemala; explicando a detalle el tema así como las certificaciones verdes para manejar procesos con una conciencia ambiental. Además, ofrecer lineamientos a constructores para que desarrollen proyectos verdes, mediante la generación de energía, el uso de sistemas solares para el calentamiento del agua, la eficiencia en la iluminación, la reutilización de aguas grises, la implementación de la domótica y el tratamiento de aguas residuales.

III. Filosofía de la construcción sostenible

A. Sostenibilidad en la construcción

El concepto de sostenibilidad, surge por vía negativa, como respuesta a los análisis de la situación ambiental del mundo, que ha sido descrita como una “emergencia planetaria” según Bybee en 1991.

El sector de la construcción, con todos los demás sectores en los que influye, es uno de los mayores generadores de impacto ambiental. Los edificios contribuyen en gran parte al aumento de las emisiones y la contaminación, tanto durante el proceso constructivo como a lo largo de su vida útil. También es evidente el alto impacto ambiental de su emplazamiento sobre el territorio, ya que según estadísticas, alrededor del 80% de las personas reside en zonas urbanas, con influencia negativa en otros sectores, tales como el transporte y la energía. Otro tema de suma importancia al hablar de la sostenibilidad en la construcción es la generación de residuos, constructivos, de mantenimiento y de derribo o demolición de los edificios, con perspectivas de aumento y su reutilización o reciclaje.

El desarrollo sostenible se refiere a la satisfacción de las necesidades actuales, sin comprometer o poner en riesgo la capacidad ambiental de futuras generaciones. Es por ello, que la sostenibilidad es un tema de actualidad tan importante, ya que el hombre, en las últimas décadas ha acelerado el proceso de deterioro del planeta, y es necesario intentar preservar los recursos indispensables para la vida, y no acabar con ellos por el abuso que les damos.

Específicamente hablando de la construcción sostenible, esta tiene como objetivo final la reducción progresiva del impacto ambiental en consecuencia de la habitabilidad, mediante la progresiva adquisición de estrategias de cierre de los ciclos materiales no sostenibles en ella. Es decir, la filosofía de la construcción sostenible se basa en reducir el impacto ambiental, desde que se inicia el proceso de edificación o construcción de una obra civil, tomando en cuenta los procesos de extracción de desechos y desperdicios, los materiales usados en la construcción, así como también el uso de energía renovable y otras técnicas y sistemas, que disminuyen el impacto ambiental que se produzca durante la vida útil de la obra.

Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales aproximadamente, dependiendo del entorno en donde se encuentren, siendo la construcción uno de los principales consumidores de los recursos de nuestro planeta, tales como madera, minerales, agua, combustibles fósiles, entre otros. Además, los edificios ya construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que producen y el impacto sobre su entorno y también son una

fuentes indirectas de contaminación por el consumo de Energía Eléctrica y de agua que necesitan para su funcionamiento.

Al hablar de construcción sostenible, no podemos hablar solamente de la selección de materiales y de los procesos constructivos, sino que también se refiere al entorno urbano y al desarrollo del mismo. Se basa en la adecuada y correcta gestión y reutilización de los recursos naturales, la conservación de la energía; así como de la planificación y el comportamiento social, hábitos de conducta y cambios en el uso de los edificios con el objeto de aumentar su vida útil. Abarca desde el diseño y la obtención de las materias primas, hasta que éstas son convertidas en desechos.

El objetivo de la construcción sostenible no es únicamente crear espacios habitables “verdes” con menor impacto al ambiente que la construcción tradicional, sino que influye en dichos espacios habitables aportando un plus de responsabilidad desde el momento en que son ideados, creados y utilizados.

Es de tomar en cuenta que ahí no se detiene el impacto ambiental de un edificio; también tiene un alto impacto tanto por la utilización de materiales provenientes de recursos naturales como por el uso de grandes cantidades de energía que se utiliza para la fabricación de los productos y materiales de construcción finales, como por ejemplo el concreto, los aceros, madera, etc., y también para su instalación en obra. Tampoco se puede obviar el impacto y el costo ecológico que implica la extracción de los recursos minerales (canteras o minas), y la deposición de los residuos originados en su fabricación e instalación en obra. Este impacto es tan amplio que abarca desde las emisiones tóxicas para los obreros e incluso para los ocupantes del edificio, hasta las contaminaciones de las aguas superficiales por vertidos de desechos y de las superficiales por parte de los lixiviados de los vertederos. Al final de su vida útil, los edificios generan los residuos de la demolición.

La construcción sostenible puede ser definida como la construcción que presenta especial respeto y a su vez compromiso con el medio ambiente; la construcción sostenible implica varios aspectos, entre ellos, el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medio ambiente, con el fin de crear una obra de infraestructura más saludable y también una reducción de los impactos ambientales.

En pocas palabras, la construcción sostenible fomenta, por parte de todos los agentes involucrados en el proceso productivo, unos criterios respetuosos con el medio ambiente, tomando en cuenta también, los aspectos social y económico. La construcción sostenible implica el estudio y la generación de soluciones a lo largo de todo el ciclo de vida de una infraestructura, pudiendo ser una casa, un edificio o bien un complejo urbano, que minimice el impacto ambiental.

El término de construcción sostenible no solamente se refiere a una casa sostenible o un edificio con poco impacto ambiental, construcción sostenible abarca el entorno y la manera como se integran varias obras civiles para formar las ciudades. El desarrollo urbano sostenible, también llamado urbanismo sostenible pretende crear un entorno que no atente contra el medio ambiente, y que proporcione recursos urbanísticos suficientes, no únicamente refiriéndose a la eficiencia energética y del agua, sino también para su funcionalidad, como un lugar apto para vivir.

Aspectos que deben ser tomados en cuenta que para que una construcción sea sostenible son:

- La salud y la ecología del lugar
- El sol, el ahorro energético y la utilización de energías renovables
- La utilización de materiales neutrales y transpirables
- El reciclaje y la gestión racional del agua
- La utilización de tipologías adaptadas a la zona
- La utilización de barreras fónicas y materiales aislantes naturales
- El bajo costo económico y social

1. **Medidas para una edificación sostenible y la minimización del impacto ambiental.** Para reducir el consumo de energía en una edificación, se debe minimizar las pérdidas térmicas tanto en los sistemas constructivos como en las instalaciones mediante materiales aislantes. Otra medida es diseñar, gestionar y utilizar eficientemente los sistemas de iluminación artificial y las instalaciones de climatización, así como emplear equipos de alto rendimiento, y potenciar el uso de energías renovables en la edificación, tales como la fotovoltaica y la solar térmica, aprovechando la Energía Solar térmica, principalmente para la producción de agua caliente sanitaria.

En el área del ahorro de agua, algunos de los sistemas más eficaces son los descargadores de cisternas de pequeño volumen con descarga interrumpible o de doble pulsador, reductores de caudal en duchas, griferías de accionamiento automático, de doble apertura y de apertura en frío y sistemas de reutilización de aguas residuales, así como de aprovechamiento de agua de lluvia.

Otro factor de la construcción sostenible es la correcta selección de los materiales. En este aspecto, es recomendable el uso de materiales reciclados procedentes de residuos de la construcción y la demolición, y soluciones constructivas que disminuyan la generación de residuos o que favorezcan su recuperación, reutilización o reciclaje al final de su vida útil.

Una estrategia ideal para la reducción del impacto ambiental generado por una construcción es utilizar estrategias que disminuyan de forma equilibrada los efectos que los materiales producen sobre el medio ambiente. Tanto del consumo de energía para producirlos e instalarlos, como los residuos que se generan cuando se fabrican y también la contaminación directa e indirecta que generan.

Ejemplos de estas estrategias para reducir el impacto son:

- Re-uso de los edificios existentes después de demolerlos o de realizar grandes reformas en ellos. Mantener donde resulte razonable algunos o la mayoría de los elementos como cimientos y estructura, cubierta y fachada, paredes divisorias, suelos elevados y cielos falsos.
- Recuperar o reciclar los residuos generados durante la construcción como madera, asfalto, concreto, ladrillo, tabla-yeso, metales, plásticos, etc.
- Utilizar materiales que sean reciclados o restaurados tales como suelos, paneles, puertas o marcos de madera; mamparas y mobiliario; tejas, ladrillos y elementos decorativos como frentes de chimeneas, fachaletas, herrajes, etc.
- Utilizar materiales que tengan contenidos en reciclados, post-consumidor o post-industrial como tabla-yeso, paneles acústicos de cielo falso, placas de suelo elevado, acero y concreto.
- Usar materiales de origen local o regional, a una distancia considerable de la obra en términos de coste del transporte y lo que supone esto de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- Elegir materiales para la construcción de un edificio que sean rápidamente renovables, como corcho, bambú, vinilo y pinos de rápido crecimiento.
- Al momento de utilizar madera para elementos definitivos del edificio, elegir productos que sean procedentes de bosques certificados como explotaciones sostenibles.
- Elegir pinturas, imprimaciones, moqueta, adhesivos y aislantes compuestas sin Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Desde el momento que se empiezan a diseñar los edificios se puede controlar en gran medida el consumo energético final que va a tener desde un principio. Posteriormente, en el funcionamiento de los edificios tendrá una gran importancia la gestión de la energía, la intervención de los usuarios y el mantenimiento. Para llevar a cabo un uso eficiente de la energía y de su conservación hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Aislamientos y protecciones contra la radiación solar en fachadas y cubierta.
- Utilización de la luz natural para disminuir el uso de la luz eléctrica y utilización de sensores de luz, para no desperdiciarla en momentos que no sea necesario su uso.
- Uso de equipos y sistemas electromecánicos que sean eficientes energéticamente.
- Uso de energías renovables para la energía consumida por el edificio: solar térmica, energía fotovoltaica y empleo de células de combustible.
- Instalación de sistemas de seguimiento y verificación para los consumos energéticos de todo el edificio.
- Instalación de controles digitales directos para la temperatura, humedad e iluminación en la mayoría de los espacios.
- Instalación de controles del nivel de CO₂ para que el nivel de ventilación se adecue al de la ocupación del edificio.

Es importante mencionar que si se construye un edificio que cumpla los mínimos de las normas existentes, estamos construyendo el peor edificio que permite la ley. Las normas por las que se rige la filosofía de la construcción verde, es hacer edificios sostenibles que sean más eficientes que los actuales, y que aunque sea mayor la inversión para su construcción se pague con el ahorro de energía y agua, y a la vez se reduzca el impacto ambiental. Hacer mejores edificios es la clave para relanzar el mercado, mejorar las condiciones ambientales interiores y exteriores y conservar los recursos aún existentes.

2. **Análisis del Ciclo de Vida (ACV).** El análisis del ciclo de vida es una herramienta de la construcción sostenible, utilizada para evaluar y demostrar el comportamiento de los productos y sus interrelaciones con el ambiente, y por lo tanto usada en las declaraciones de impacto ambiental de los materiales constructivos.

Para que exista sostenibilidad en la construcción la materia prima y la energía utilizadas deben ser minimizadas, así como la contaminación y los residuos que se generan. Por lo tanto, y como parte principal de la construcción sostenible, el tema de los materiales de construcción debe tener en cuenta, todos los condicionantes medioambientales que entran en juego, es decir, el comportamiento ambiental de estos materiales a lo largo de todo su ciclo de vida.

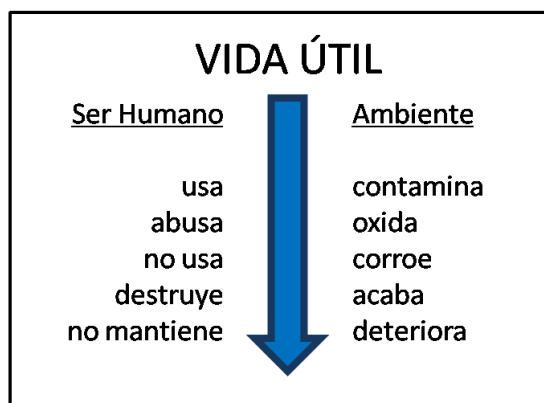
El impacto ambiental de un material inicia desde que se extraen las materias primas que lo componen, y termina cuando la vida útil del producto o material llega a su fin, convirtiéndose en un residuo que ha de ser gestionado adecuadamente. Durante el proceso de fabricación, la empresa fabricante debe evaluar el impacto ambiental que tiene dicho proceso, además, también tiene la responsabilidad del impacto que ocasionan las partes involucradas en el proceso hasta que el material

llega a su destino final; por ejemplo hasta que es instalado en la edificación. Esta cadena, que va desde el “nacimiento hasta la tumba” es lo que se conoce como ciclo de vida de un producto.

El análisis del ciclo de vida (ACV) de un material es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida. Básicamente, el ACV se enfoca en el rediseño de materiales y/o productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados, y que normalmente, se utilizan a una mayor velocidad y en mayor cantidad de cómo se reemplazan o como van surgiendo nuevas alternativas. Por esta razón, la conservación de recursos pone un enfoque principal en la reducción de la cantidad de residuos generados a través del producto; pero como bien sabemos que se seguirán produciendo los productos y por consiguiente los desechos, el ACV plantea manejar los residuos de una forma sustentable ambientalmente, minimizando todos los impactos asociados con el sistema de manejo (Foro Ambiental 2003).

Los residuos de la construcción y la demolición representan la mayor corriente de residuos en peso de la Unión Europea. La eliminación de este tipo de residuos crea muchos problemas, debido a la escasez de vertederos autorizados, entre otros factores.

Ilustración 1: Agentes que generan fallas y desgastes en productos.



Uno de tantos objetivos que implica la sostenibilidad en la construcción es la reducción del impacto ambiental global de las actividades de construcción y demolición de obras e infraestructuras, así como de empresas dedicadas a la fabricación de materiales.

3. **Consejos para una construcción ecológica.** Es importante encontrar un correcto emplazamiento de la construcción. Evitando zonas industriales de gran contaminación atmosférica, muy ruidosas, cercanas a grandes líneas de alta tensión o que el subsuelo esté recorrido por venas de agua subterránea o fallas geológicas. Resulta decisivo el estudio geológico de un terreno antes de iniciar la construcción.

La vegetación abundante, tanto en el exterior como en el interior de la casa, disminuye los efectos de la contaminación atmosférica, los ruidos del exterior, y también ayudan al confort térmico, climático y de correcta humedad relativa ambiental. La NASA ha hecho estudios sobre plantas en el interior de los edificios, y se ha observado el efecto descontaminante que producen estas, al eliminar en pocas horas en más de un 80% sustancias tóxicas como el benceno y el tricloroetileno.

Es importante tomar en cuenta el diseño bioclimático de la obra y la correcta orientación solar para que regule correctamente los cambios climáticos y de temperatura, manteniendo así el confort térmico y ambiental sin incurrir en gastos energéticos adicionales, mientras que se mantiene una renovación constante del aire, colaborando con la respiración del edificio a través de todos sus poros (paredes y techo) y evitando los aislamientos de poro cerrado.

Los materiales de construcción utilizados deben ser lo más naturales y ecológicos posible; evitando materiales tóxicos, radiactivos, que produzcan gases o estática eléctrica, como por ejemplo la estática que producen los plásticos, las lacas y las fibras sintéticas. Materiales como ladrillos cerámicos, la piedra, la madera, las fibras vegetales, el adobe de tierra y los morteros con abundante cal son preferibles en la construcción, al uso del concreto reforzado con mucho hierro, al aluminio, a productos hechos con PVC, o al exceso de cemento y aditivos químicos.

Es importante procurar que las pinturas que se utilicen sean naturales o por lo menos no tóxicas. Las más recomendables para utilizar en viviendas por ser consideradas las más sanas son las pinturas al silicato, por ser totalmente minerales, resistentes al fuego, lavables, no tóxicas, de gran durabilidad y permiten la respiración de las paredes.

Para el mobiliario y la decoración interior es preferible utilizar madera y fibras naturales. Es recomendable evitar los muebles y maderas aglomeradas con formaldehidos y pegamentos tóxicos, así como tratamientos de protección de la madera que contengan lindano o pentaclorofenos, ya que son altamente tóxicos. La correcta ventilación permite evitar problemas de acumulación de elementos tóxicos o radiactivos.

El ahorro energético de electricidad, gas, agua, son temas indispensables para una construcción verde, tanto para los habitantes como para el entorno.

4. **Características de las viviendas sostenibles.** Las casas y edificios son más contaminantes que el sector industrial y el sector de los transportes, produciendo cerca del 50% de los gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Este es el motivo por el que varios estudios arquitectónicos y constructivos aportan soluciones respetuosas con el medio ambiente y buscan soluciones para viviendas sanas y confortables.

El enfoque medioambiental en proyectos de vivienda es una tendencia que aun tiene mucho campo de desarrollo y que ha tomado mayor auge con la idea de preservar los recursos naturales del planeta. En las últimas décadas, arquitectos, ingenieros y personas dedicadas a la construcción se han dedicado a investigar y aplicar nuevas tecnologías según las prioridades tanto de sus clientes como del medio ambiente, con el fin de hacer módulos de viviendas cómodos y respetuosos con el entorno.

El control de la climatización, el aprovechamiento energético y la iluminación natural de interiores son ejemplos de soluciones para viviendas sostenibles.

Como se mencionó anteriormente, popularmente se considera que el transporte y el sector industrial son los principales contaminantes del medio ambiente, pero es justo aclarar que esta suposición encubre un engaño; ya que las casas y los edificios producen el 48% de los gases de efecto invernadero (GEI), mientras que el sector del transporte produce el 27% y la industria el 25%. Si hacemos cuentas podemos ver que las viviendas producen casi la misma cantidad de GEI que el sector industrial y el transporte juntos. Del mismo modo, las edificaciones consumen el 76% de la energía producida por las plantas energéticas, según datos obtenidos de investigaciones realizadas por el Instituto Norteamericano de Arquitectos (AIA, por sus siglas en inglés).

Bajo el programa europeo *Sustainable Housing in Europe*, se han construido ocho casas sostenibles en diferentes países de dicho continente. Este programa ha dado resultados que ejemplifican las posibilidades de ahorro y de la minimización del impacto ambiental. Estos módulos de viviendas han registrado reducciones de consumo energético de un 30% en sistemas de calefacción, de un 100% en la refrigeración, ya que las casas son refrigeradas naturalmente, y de un 20% en la iluminación. Además, se identificó un descenso de aproximadamente un 35% de las emisiones del CO₂; todos estos datos comparados con una casa convencional.

Para lograr esta reducción en consumos de energía, iluminación y en el impacto ambiental, la arquitectura tanto como la ingeniería aporta ideas renovadas que no solo son dirigidas a la máxima comodidad de los habitantes, sino también con el fin de crear una mejor integración de la vivienda con el entorno. Para poder crear módulos de vivienda sostenibles es necesario comprender con

claridad el concepto de una vivienda sostenible; la cual se puede definir como aquella vivienda que responde a las necesidades de sus habitantes, combinando la tradición de la arquitectura con los avances tecnológicos para perjudicar lo mínimo posible el medio ambiente.

Las viviendas sostenibles, en oposición a lo que se cree, son accesibles para propietarios con gustos exigentes, conscientes de la realidad del planeta, que aspiran a mejorar su calidad de vida. Según los expertos, son tres los elementos principales de una vivienda sostenible: el control de la climatización, la integración de la vivienda con el terreno y la elección ponderada de los materiales.

a. Confort climático. El control de la climatización, también llamado “confort térmico” supone un riguroso y detallado estudio del microclima del terreno. El constructor es capaz de recurrir a recursos innovadores, tales como el aislamiento térmico más eficaz, la utilización de materiales resistentes a cambios de temperatura, la instalación de sistemas inteligentes de calefacción, el uso de cristales especiales y el estudio de las dimensiones de la construcción, entre otros.

En Rhenen, Holanda, Henk y Jeanne Deys, decidieron construir una vivienda que fuera práctica y funcional incluso para cuando sus propietarios llegaran a una edad avanzada. Otra necesidad que incluía la vivienda a petición de los dueños era la inclusión de una piscina térmica en el interior de la vivienda. Con la búsqueda de cubrir estas necesidades, el arquitecto Paul de Ruiter diseñó una casa en la que los elementos principales, la piscina y la mejora en la capacidad de satisfacer sus necesidades, interactúan entre sí para hacer factible el confort térmico de la vivienda.

Ilustración 2: Vista de la Villa Deys

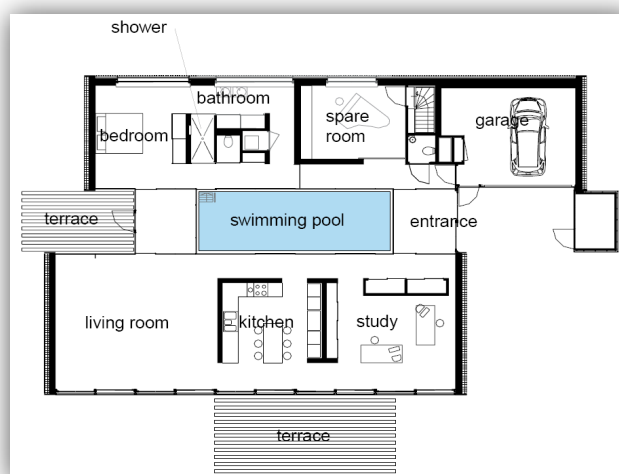


Ilustración 3: Piscina de la Villa Deys



En el diseño, el arquitecto dividió la Villa Deys en tres módulos. Uno para la sala de estar, la cocina y el estudio y otro para los dormitorios y el garaje. Entre ambos módulos colocó la piscina con accesos desde ambos módulos. La luz natural es la principal fuente de iluminación de la casa, favorecida por la fachada de cristal en la sala de estar y la piscina, la cual refleja claridad a los otros ambientes.

Ilustración 4: Planta de la Villa Deys



La temperatura de la piscina se mantiene a 27 °C, lo que supone un gasto de energía constante. Sin embargo, el arquitecto Ruiters, ha asociado el sistema de calentamiento de la piscina con el sistema de calefacción de baja temperatura (*low-temperature heating system*) de la casa. Este sistema, en combinación con una bomba de agua, utiliza el agua a baja temperatura para calentar la casa, lo que se traduce en mayor bienestar térmico y un mejor aprovechamiento energético. Este sistema se basa en una red de tuberías que se instalan empotradas normalmente en suelos, pero pueden ser instalados en paredes y techos, unidos a un sistema de regulación independiente por ambientes que adecua la temperatura, según su necesidad.

b. Adaptación al terreno. Otro elemento fundamental de una vivienda sostenible es la integración de la obra a su lugar de emplazamiento. Para ello se debe realizar un estudio del terreno, desde la geología y la topografía del mismo, hasta su vegetación, así como las tradiciones constructivas locales. En este contexto, las viviendas mejor integradas en el terreno no destacan del paisaje natural, ya que están adaptadas al territorio donde se encuentran ubicadas.

Como ejemplo de esto, se pueden mencionar los “techos verdes”, con plantaciones de plantas herbáceas o arbustos sobre ellos, la ausencia de muros o la adaptación del proyecto a una pendiente natural.

El arquitecto Ramón Esteve es un arquitecto español conocido por el diseño de casas basadas en el concepto de la integración al territorio. Uno de sus proyectos, la vivienda unifamiliar en Na Xemena, Ibiza, es un claro ejemplo del respeto por el paisaje, la arquitectura característica del mediterráneo: edificaciones blancas de paredes macizas, y el cuidado minucioso del bienestar de los habitantes de la vivienda.

Ilustración 5: Vivienda Na Xemena del Arq. Esteve.



La casa está ubicada al final de una carretera, sobre un relieve rocoso, con un desnivel de 11 metros. El proyecto está desarrollado de forma en que la peculiaridad del terreno sea una ventaja en la vivienda. Es por esto que la casa está dividida en volúmenes, que siguen la inclinación del terreno y se articulan entre sí creando una sensación de fluidez para quienes caminan de un volumen a otro.

Las intervenciones medioambientales, sin embargo, no se limitan a la adaptación de la casa al terreno. La vivienda conserva la vegetación del lugar, posee muros y paredes gruesas para regular la temperatura del interior; utiliza protecciones solares en una región de temperaturas elevadas y cuenta con una cisterna de 70,000 litros de agua para abastecer la vivienda y la piscina.

El paisaje también ha sido considerado como una referencia determinante del proyecto. El principal atractivo del proyecto está basado en las vistas del paisaje, más que en la vivienda en sí. Es por ello que predomina el minimalismo en las líneas del proyecto y en la intervención del terreno, evitando obras de mayor impacto ambiental.

c. Materiales y soluciones. El uso de materiales renovables o que tengan un impacto menor sobre el medio ambiente representa uno de los mayores retos de los constructores en la actualidad. Las constantes investigaciones, relacionadas a este campo, hacen que los materiales renovables o reciclados ofrezcan las mismas condiciones a las de los productos usados tradicionalmente.

El estudio Norman Foster ha adoptado el concepto medioambiental en algunos de sus proyectos principales, incluso en el diseño de edificios de viviendas. En Londres, las líneas curvas del Albion Riverside, un edificio de 183 pisos de alta gama y 20 coberturas dúplex, localizado a orillas del Río Támesis, dan forma a una obra concebida para revitalizar una zona urbana donde los vecinos pueden vivir, trabajar y disfrutar la vida en el corazón londinense.

Ilustración 6: Albion Riverside



Las fachadas están cubiertas de cristal. La gama de translucidez permite crear elevaciones en el cuerpo del edificio que varían y brillan según la incidencia con la que llega la luz natural. En el interior de las viviendas, el aprovechamiento de la luminosidad exterior se hace posible debido a la utilización de tabiques corredizos, con los cuales se crean diferentes espacios de acuerdo con la variación de la intensidad de la luz a lo largo del día.

El estudio Norman Foster ha optado por instalar en cada nivel terminales independientes de calefacción y refrigeración, lo que limita el gasto energético a las necesidades de cada vivienda, es

decir, de cada familia. La instalación de sistemas remotos de control de la climatización, por teléfono móvil o por internet, también ha sido prevista, lo que permite, desconectarla a distancia cuando no se esté utilizando.

5. **Consideraciones para una construcción sostenible.** Determinar los factores que convierten a una construcción en sostenible es un tema que se ha dado en varios países que llevan bastante tiempo en este campo. Para ello se han diseñado e implementado varios sistemas de certificación que acreditan si un edificio cumple con una serie de requisitos.

Estos requisitos se diferencian en aspectos como el nivel de exigencia, los estándares técnicos, el enfoque comercial y las metodologías implementadas. A pesar de ello existe una línea transversal que considera diferentes ítems.

Los estándares que son determinantes en los procesos de certificación son:

Sitio sustentable. Incluye el control de la contaminación durante la construcción, selección del terreno, densidad del desarrollo, restauración del terreno y hábitat, espacio abierto, control de aguas pluviales, isla de calor y contaminación lumínica.

Eficiencia en el uso del agua. Evalúa la reducción y eficiencia del uso en el interior y jardín, y tratamientos y reutilización de aguas.

Energía y atmósfera. Considera una auditoría del desempeño energético, administración de los refrigerantes, ahorros y energías renovables.

Materiales y recursos. Mide opciones de reciclaje, reutilización, reducción de desechos y uso de materiales renovables, con contenido reciclado, regionales y certificados.

Calidad del ambiente interior. Analiza aspectos como calidad mínima de ambiente interior, humo del tabaco, monitoreo de la calidad del aire, ventilación, calidad del aire durante la construcción, materiales de bajas emisiones, pinturas, sistemas de pisos y maderas aglomeradas, sistemas de iluminación, confort térmico, disponibilidad de luz de día, entre otros.

Innovación en el diseño. Contar con un acreditador profesional, aplicar nuevas estrategias y superar los porcentajes de ahorros considerados.

Prioridad regional. Incentivar la obtención de los puntos más relevantes y con prioridad de cada región.

Ubicación y conectividad. Considera variables como transporte público, estacionamiento para bicicletas y camarines, vehículos de bajas emisiones y capacidad de estacionamientos.

Conocimiento y educación. Contempla la educación de la comunidad en la operación y desarrollo para que su funcionamiento sea sustentable.

B. Cómo la crisis económica influye en la construcción sostenible.

Como se ha venido mencionando a lo largo de este documento, una vivienda es el usuario silencioso de la mayor parte de los recursos que utilizamos, tales como electricidad para los electrodomésticos y aparatos eléctricos, iluminación, calefacción y agua sanitaria.

El departamento de Energía de los Estados Unidos ha realizado estudios en los cuales se estima que los edificios son los responsables del 39% del consumo energético total del país, así como de un porcentaje similar de emisiones de gases de efecto invernadero.

El sector de la construcción en general se encuentra en un momento de crisis en los países desarrollados de todo el mundo, con una debacle de especial intensidad en aquellos países que experimentaron un mayor crecimiento inmobiliario en la última década, como Estados Unidos, Irlanda, el Reino Unido o España, por mencionar a algunos.

Esta crisis inmobiliaria ha generado un gran aumento en la atención a las tendencias de construcción sostenible, arquitectura bioclimática y construcción con materiales técnicos con características especiales, como por ejemplo:

- Su carácter local y adaptado a un entorno determinado.
- Su naturaleza, materiales reciclados y reciclables.
- Sus cualidades, como aislantes naturales, cristales que se limpian por sí mismos, cemento que absorbe la contaminación atmosférica.
- Su capacidad de producción y reproducción de alimentos o energía; tecnología solar, captación de aguas pluviales, techos y paredes verdes que producen alimentos.

La creciente concienciación sobre nuestro impacto ecológico ayuda a explicar por qué la construcción sostenible es una de las tendencias más extendidas de la industria de la construcción, incluso en un momento en que la economía lucha por salir adelante y la construcción de viviendas se encuentra a su nivel más bajo en una generación, explica Alex Frangos en el *Wall Street Journal*.

IV. Construcciones sostenibles vs. construcciones convencionales

A. Aspectos generales.

No se puede únicamente plantear la idea genial de que las casas sostenibles son lo mejor para las personas y para el planeta, sino que es necesario proponer fundamentos coherentes y de peso para determinar si es realmente rentable y beneficioso construir edificios eco-amigables.

Empezando por el lado “sentimental” por así decirlo, la primera razón por la que es importante construir edificios verdes es para preservar los recursos naturales y reducir el impacto ambiental de la construcción, y con ello heredar a las generaciones futuras un mundo sino mejor al que conocemos por lo menos no peor al actual.

Si bien es cierto que la inversión para construir un edificio eco-amigable es mayor a la construcción de un edificio convencional, se presentan varias formas de ahorro durante la vida útil de un edificio sostenible en comparación con uno convencional. Además de que existe la posibilidad de que una construcción sostenible puede ser independiente y estar desconectada totalmente de la red eléctrica del lugar donde se ubica, incluso, podría estar en un desierto, un bosque o una montaña sin construcciones a su alrededor.

Muchas veces surge la pregunta dentro del ámbito de las personas y empresas dedicadas a la construcción, ¿qué implica realmente una construcción verde? Según lo expuesto con anterioridad la respuesta en términos generales, es que una construcción verde es aquella que como mínimo produce la energía que necesita para satisfacer las necesidades de sus habitantes, tal como el ejemplo de una casa pasiva y o las casas que son potenciadas por medio de Energía Solar; aunque lo ideal, aunque a un mayor costo es que produzca mayor cantidad de la energía que consume, como la casa activa en Aarhus, Dinamarca, diseñada por la firma VKR.

Jeremy Rifkin, economista estadounidense, es un gran defensor de la Economía del Hidrógeno, y por lo tanto del uso de energías limpias; insta a implantar en los edificios varios de los pilares de la tercera revolución industrial. Se trata del uso de energías que no sean contaminantes, tales como la Energía Solar, eólica, geotérmica.

Para llevar a cabo esta idea, Rifkin tiene un ayudante, el arquitecto español Enric Ruiz-Geli, al que ha puesto a cargo de 14 arquitectos internacionales interesados en promover edificios de cero emisiones.

El arquitecto Ruiz-Geli expone algunas ideas de cómo lograr una comunidad de vecinos limpia. La primera medida que el plantea es poner freno al despilfarro, instalando aislantes térmicos y

dotando de inteligencia a las redes de distribución eléctrica. En el tema de los revestimientos, lo último en tecnología son las dobles capas de etileno-TetraFluorEtileno (ETFE), una especie de teflón transparente que permite integrar placas fotovoltaicas en los cristales de las ventanas. También plantea la instalación de sanitarios de doble descarga y la sustitución de bombillas incandescentes por bombillas fluorescentes compactas o luces LED. Sólo con estos cambios el consumo de energía habrá bajado en un 50%.

«La otra mitad de la energía tiene que ser producida por el propio edificio, no por una central situada fuera de las ciudades», explica Ruiz-Geli. Para conseguir este objetivo existen muchas formas, se pueden aprovechar los techos instalando jardines con plantaciones crasas, ya que consumen muy poca agua y devoran el dióxido de carbono (CO₂). Luego hay que emplearse a fondo en las energías limpias. Toda pared opaca o superficie de cristal es susceptible a alojar placas fotovoltaicas o paneles solares. En los techos, además de los jardines con plantas crasas mencionados, pueden instalarse molinos urbanos que funcionan como una mínima brisa y producen 2000 vatios cada uno. Del cielo de la terraza al subsuelo el agua descendería y luego subiría caliente para su uso. Es suficiente que circule 10 m bajo tierra para ganar 15 °C; como es obvio, resulta más fácil calentar las viviendas partiendo de 15 grados que de cero. Para no perder ni un vatio, es imprescindible contar con un sistema de almacenamiento para momentos en los que no haya luz solar y tampoco haya circulación de aire. Lo óptimo sería una batería de hidrógeno, que recoge la energía producida por molinos de viento y placas fotovoltaicas. Para obtener hidrógeno a partir de la electricidad es necesario un electrolizador que por medio de electrólisis rompa las moléculas de agua. Para controlar todos estos sistemas mencionados es necesario utilizar controladores automáticos y computarizados.

Implantar todos estos sistemas en la construcción de un edificio se traducen en dinero, y la cantidad en la que se encarecería el coste de la es alrededor de un 15%.

Pero para desarrollar una edificación verdaderamente ecológica, es preferible adoptar un enfoque holístico de los impactos ambientales del edificio. Los temas ecológicos que deben ser considerados son:

- Materiales de construcción eco-amigables
- Eficiencia en el consumo de agua
- Eficiencia en el consumo de energía
- Ambientes interiores saludables
- Reducción de materiales tóxicos, tanto en interiores como en exteriores.

El saber por dónde se empieza para construir un edificio verde puede ser todo un desafío, pero obtener una certificación ecológica puede ser una muy buena guía. Muchos inversionistas, propietarios de edificios, diseñadores, ingenieros civiles y contratistas alrededor del mundo están

trabajando en el campo de la construcción eco-amigable. Muchos países alrededor del mundo cuentan con programas de Construcción Verde, tales como:

- El método de investigación y evaluación ambiental de construcción BREEAM (Building Research Environmental Assessment Method) es utilizado en Inglaterra, Nueva Zelanda, Australia y Canadá.
- Product Labeling System (Sistema de etiquetado de producto), denominado programa de EcoLabeling, utilizado en Alemania, Noruega, Suecia, Finlandia, Islandia y Dinamarca.
- El software de evaluación de arquitectura verde GbTool fue desarrollado por el Reto de la Arquitectura Verde y es utilizado en Austria, Italia y otros países.
- El Consejo Mundial de Construcciones Verdes (WGBC, World Green Building Council) utiliza el sistema de calificación del Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) creado por el Consejo de Construcción Verde de los Estados Unidos (U.S. Green Building Council, USGBC) y en la actualidad tiene asociados de países como Australia, Canadá, India, Japón, México, Nueva Zelanda y los Emiratos Árabes Unidos.
- El sistema Energy Star para edificaciones, un programa de la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency).
- Existen también consejos emergentes de arquitectura verde que incluyen países como Brasil, Chile, Grecia, Guatemala, Israel, entre otros.

Es cierto que la construcción de un espacio altamente funcional, con una óptima relación costo-beneficio y eco-amigable no requiere de una certificación formal de edificio verde; poseer la certificación si cuenta con muchos más beneficios que la simple implementación de algunas mejoras en la construcción.

Otra razón por la cual se deben construir edificios sostenibles es que los edificios certificados como verdes son construcciones de desempeño superior, lo que se debe al cumplimiento de los altos estándares que cumplen que van midiendo y evaluando el proyecto de inicio a fin. Las certificaciones y programas de construcciones eco-amigables aseguran que se implementen los cambios que mejoran una relación costo-beneficio, para que los inversionistas obtengan de esta forma el mejor y mayor rendimiento de su inversión al incrementar el valor y el desempeño de su propiedad.

Por ejemplo, los edificios Energy Star utilizan entre el 30% y el 40% menos energía que los edificios convencionales y generan aproximadamente el 30% menos de CO₂. Los edificios con certificación LEED son proyectados para reducir entre un 24% y un 50% el consumo de agua y hasta en un 40% las emisiones de CO₂ y cerca del 70% los residuos sólidos. Y esto se traduce en grandes

ahorros. Según datos obtenidos del Consejo de Edificación Verde de E.E.U.U. el funcionamiento de un edificio bajo la certificación LEED cuesta entre \$ 50 y \$ 75 menos por pie cuadrado.

La preocupación sobre los riesgos que produce el cambio climático, que sigue en crecimiento, está motivando a los inversores de proyectos de construcción a buscar empresas con políticas ambientales racionales y planes para mitigar los desafíos del cambio climático. Los edificios que obtienen certificaciones ecológicas, cuentan con símbolos certificables mediante los cuales demuestran tanto su compromiso a largo plazo, como su responsabilidad ambiental y su estabilidad financiera, por lo que se hace más fácil invertir en ellos.

Las certificaciones ecológicas de edificios, además de establecer objetivos específicos que hay que lograr, también obtienen un mayor prestigio e inspiran altos niveles de confianza que los edificios que son construidos sin dichas certificaciones. La demanda de construcciones sostenibles se incrementa día a día, y según estudios realizados se proyecta una demanda que va desde \$ 12 mil millones en el año 2008 a \$ 60 mil millones invertidos en construcciones verdes el año pasado. Y en un mercado lleno de “greenwash”, información difundida por las empresas con el objetivo de presentar una imagen pública responsable con el medio ambiente, los inversores y propietarios pueden ganar popularidad en el mercado mediante un compromiso comprobable que mejorará tanto la reputación de la empresa como el valor de la propiedad.

Ilustración 7: Niveles de certificación LEED



La certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) es un sistema reconocido internacionalmente, que permite medir el desempeño de un edificio o construcción a través de indicadores como ahorro de energía, eficiencia en el uso del agua, reducción de emisiones de CO₂, mejora de la calidad ambiental de interiores, administración de los recursos y sensibilización

de la sociedad sobre su impacto sobre el medio ambiente. A partir de estas variables existen cuatro niveles de certificación, mostrados en la ilustración 7.

1. **Soluciones y recomendaciones para una construcción sostenible.** Las casas sostenibles son eficientes en la relación costo-vida útil de la vivienda, sin ignorar la calidad de la construcción, ya que hacen hincapié en mejorar tanto los gastos del coste como los del mantenimiento. Una casa sostenible debe ser construida con materiales de bajo mantenimiento y con sistemas y aplicaciones de ahorro eficientes.

Una casa sostenible puede reducir los gastos de mantenimiento hasta en un 60% respecto a una casa convencional, además que puede ahorrar un poco más de 3 toneladas de gas y aproximadamente 100 mil litros de agua al año.

Dentro de los elementos sostenibles se incluyen las aplicaciones eficientes del ahorro de agua y energía, calentador de agua solar, aislamiento y eficiencia de luz. En una casa nueva, el gasto para hacerla sostenible puede estar entre los \$ 4,200 y \$ 5,500, con lo que se puede instalar:

- Un sistema de calentador de agua solar o de gas, en lugar de uno eléctrico
- Tanque de agua para irrigación en el jardín
- Sanitarios de doble descarga de agua
- Paredes y techos aislados
- Acabados de baja o cero toxicidad

Además, al momento de diseñar una casa sostenible también se deben tomar en cuenta sistemas y aplicaciones como las mencionadas a continuación:

GENERAL

- Un diseño abierto y orientado hacia el norte maximiza la brisa y evita la luz solar proveniente del occidente.
- Los baños, la cocina y lavadora tienen que estar situados cerca del sistema de calefacción del agua, para que esta no tenga que viajar mucho a través de la casa.
- Las áreas comunes habitables deben estar posicionadas de tal forma que puedan capturar la mayor cantidad de sol en invierno y de viento en el verano.
- El diseño, tamaño y localización de las ventanas debe ser optimizado para protegerse del sol en verano y para dejarlo pasar en invierno.

- Utilizar materiales que requieran bajo mantenimiento.
- Instalar alerones para brindar más sombra y reducir el calor.
- Instalar aislamiento en el techo y paredes.
- Considerar un ventanal aislado para dejar pasar la luz natural y solo obtener un calor pasivo.
- Instalar luces fluorescentes incluyendo bombillas de bajo consumo de 12V.
- Pintar el exterior de la casa con colores que repelan el calor del sol.

COCINA

- Instalar lavaplatos doble, así con esto se puede escurrir en un segundo lavaplatos sin tener que hacerlo bajo un grifo abierto.
- Usar marcas de electrodomésticos eficientes, si es posible bajo la certificación Energy Star.
- Colocar la refrigeradora en un punto fresco lejos de la luz solar.

BAÑOS

- Usar el agua recolectada de la lluvia para la lavar, agua caliente y para bañarse.
- Reciclar el agua sucia de la lavadora y las duchas para utilizarla en el riego del jardín.
- Usar llaves de agua eficientes
- Instalar inodoros de doble descarga
- Utilizar llaves de mezcla de agua en las duchas para reducir la pérdida de agua mientras se cambia de temperatura.

ACABADOS

- Utilizar pinturas de baja o cero toxicidad, acabados y detalles del suelo sin emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) para conseguir una calidad de aire superior comparado con el de una casa convencional.
- Considerar el uso de azulejos en habitaciones que obtengan luz del sol en invierno.
- El suelo de bambú es un material eficiente y renovable con bajas emisiones VOC.
- Asegurarse, en caso de que se use alfombra, que su base sea completamente reciclable y que tenga fibras naturales.

SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA Y ENERGÍA

- Instalar un sistema de calentador de agua solar o gas en vez de eléctrico.
- Instalar un sistema de paneles solares para producir energía para la casa, con lo que eliminará el gasto mensual de la Energía Eléctrica; e incluso pudiendo vender el exceso de electricidad que se produzca, si es que lo hay.

JARDÍN Y ÁREAS EXTERIORES

- La correcta ubicación de los árboles maximiza la sombra de la casa.
- Las plantas nativas y los jardines acolchados minimizan la necesidad de agua externa.
- Sistema de riego automático bajo el subsuelo también minimiza la utilización de agua.
- Donde sea posible y práctico, crear superficies fuera de la casa que permitan al agua de lluvia empapar el suelo.
- Usar madera reciclada para los detalles exteriores.
- Crear granjas de gusanos para reciclar toda la comida desperdiciada y fabricar humus para el jardín.
- Usar materiales como rocas para hacer el camino para el drenaje del agua de lluvia.
- Instalar un tanque de agua para proporcionar agua para todas las necesidades como la cisterna, agua caliente, irrigación del jardín, etc.

2. **Soluciones y tecnologías para remodelar una casa.** La

Asociación para la Promoción de la Tecnología de la Vivienda (PATH, por sus siglas en inglés), es una división del Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los Estados Unidos y a continuación se presentan las diez mejores tecnologías que recomienda para remodelar una casa y hacerla más sustentable o eficiente.

- **Sellar las fugas de aire:** Consiste en rellenar los espacios que quedan alrededor de las puertas y ventanas y otras aberturas luego de su colocación con el fin de reducir el aire frío que se cuela hacia el interior de la casa durante el invierno. Agregando a su aislamiento en las paredes también representa una gran diferencia en el confort del hogar y reduce el uso de energía como para la calefacción por ejemplo. Rociar con espuma o el soplado de celulosa entre los muros exteriores son buenas opciones para aislar las paredes.
- **Sistemas de control y ventilación:** Las nuevas tecnologías de climatización utilizan sensores que sirven para determinar la humedad de la construcción y otros factores, e iniciar los intercambios de aire cuando sea necesario. Esto mejora la eficacia actual de recuperación del calor, la reducción en el uso de energía y también mejora la calidad del aire interior del hogar. Otro aspecto de mejora sería la instalación de sensores de ocupación en las habitaciones, para aumentar la ventilación, cuando haya más ocupantes en un ambiente.
- **Calefacción adecuada, ventilación y aire acondicionado:** Un problema que se presenta muy frecuentemente en las viviendas no sólo de Estados Unidos, sino de todo el mundo, es que se sobredimensiona el equipo de climatización, ya que existe la creencia de que cuanto más grande sea el mismo, funciona mejor. Un experto en sistemas de climatización es capaz de asegurarse de tener una unidad de potencia adecuada a las necesidades de cada vivienda, lo cual podría significarse un gran ahorro de energía y de dinero al no utilizar un sistema más grande y con mayor potencia al que se necesita

- **Inodoros de bajo flujo:** Inodoros de doble flujo en el modo de descarga completa puede reducir el consumo de agua hasta un 20% comparado con los inodoros estándar, y dos inodoros hasta en un 50% en el modo de descarga reducida. Esto implica una reducción en el consumo de agua y también reduce la carga de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Si el sistema de drenaje sanitario está conectado a un sistema de fosa séptica, esto reduce la carga del campo de drenaje. Una mejor opción puede ser un retrete de compostaje sin agua, tales como los que ofrece la empresa Envirolet, sin embargo, aún no está totalmente permitido el uso de sanitarios de compostaje.
- **Lámparas Fluorescentes Compactas:** Las Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) son una actualización muy común para los hogares hoy en día, debido a que utilizan entre 50% y 80% menos de energía que las bombillas incandescentes. Las lámparas fluorescentes compactas de buena calidad duran hasta diez veces más que las bombillas incandescentes. Debido a que este tipo de bombillas es más caro que las incandescentes normales, la clave para hacerlo económicamente es reemplazar las bombillas que se utilizan con más frecuencia, por ejemplo, una luz que se encuentra en un armario que se enciende solo unos pocos minutos al día sería antieconómico reemplazarla.
- **Ventanas de alto rendimiento:** Las ventanas viejas son una de las principales fuentes de transferencia de calor en un hogar, tanto en términos de pérdida de calor durante el invierno, como la obtención de exceso de calor en el verano. Las soluciones son colocar ventanas con valores U bajos, colocar láminas polarizadas en los vidrios para bloquear la transferencia de calor, o mejor aún colocar otro vidrio en las ventanas, es decir un doble vidriado. El valor U se refiere a la cantidad de calor transferido a través de un elemento constructivo por unidad de tiempo y área, al existir una diferencia de temperatura de 1 °C. Incluye la resistencia térmica de las superficies y cavidades.
- **Iluminación inalámbrica, termostatos y otros controles:** Una buena práctica al momento de remodelar una casa es la utilización de tecnologías de control inteligente que sea fácil de instalar para ahorrar energía. La tecnología inalámbrica hace que sea fácil de adaptación en una casa vieja, para evitar tener que introducir un sistema de cableado y tener que romper paredes, techos y pisos. Un ejemplo es el sistema X-10.
- **Agua caliente solar:** Un calentador de agua solar puede llegar a reducir la demanda de energía en un 50% o más. En combinación con un calentador de agua para las duchas, esto puede resultar en un ahorro significativo de energía en un sistema tradicional de tanque de almacenamiento de calor del agua.
- **Materiales reciclados:** La madera vieja es mucho mejor que la madera nueva en términos de durabilidad y belleza, y la mejor fuente de esta madera son los edificios antiguos. El reciclado o recuperación de materiales de construcción permite el uso de la madera antigua, sin destruir los bosques de crecimiento actual. Pisos renovables es otra opción que se dispone en los últimos

años, el bambú, el corcho y el eucalipto son tan duraderos y atractivos como madera tradicionales y son totalmente renovables.

- **Tragaluces tubulares:** Son una gran manera para introducir luz natural en un edificio sin tener un gran agujero en el techo de un tragaluz tradicional. Algunos tipos de tragaluces tubulares usando cables de fibra óptica permiten que la luz penetre hacia abajo en los otros niveles de un edificio, incluso hasta en un sótano. Esto permite la iluminación natural en espacios que de otro modo requieren de iluminación artificial, y además se evita la prevención de la transferencia de calor y posibles fugas que se producen con tragaluces convencionales.

Ilustración 8: Tecnologías para hacer una casa sustentable



3. **El uso de sistemas eco-amigables.** Un estudio realizado por la consultora Colliers Internacional, que durante los años 2008 y 2009 investigó acerca de edificios eco-amigables, encontró que en el mundo existen 27,993 edificios que postulan a la certificación LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) de edificios sostenibles que otorga el Consejo de Construcción Verde de los Estados Unidos (USGBC), de los cuales 4,481 edificios ya obtuvieron ese certificado.

La utilización de sistemas innovadores de alta tecnología no solo minimiza el impacto de la construcción sobre el ambiente, sino que a la vez se traducen en ahorro de energía y de agua para la construcción, y además lo pueden hacer acreditador de una certificación de construcción verde.

A pesar de que el funcionamiento adecuado del efecto invernadero mantiene a la población mundial exenta de congelarse, el aumento en los Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos por el hombre, como vapor de agua, dióxido de carbono, óxido nitroso y gas metano, entre otros, ha atrapado más energía dentro de la Tierra, que está causando un calentamiento global latente, con todos los problemas que todos conocemos. Y como es evidente, el clima y las temperaturas sufren cambios drásticos inevitables.

La definición de edificios verdes en cuanto al uso de recursos es: estructuras diseñadas, construidas, renovadas, operadas y demolidas con un mínimo de impacto sobre el medio ambiente. También presentan altos niveles de rendimiento económico y de ingeniería, así como ahorro de los recursos financieros durante su vida útil. En conclusión, la construcción sostenible se traduce en la reducción del uso de los recursos, la minimización de los impactos dañinos al medio ambiente y la creación de ambientes más saludables para las personas. Esto implica incorporar tanto diseño pasivo, de baja tecnología, como diseño activo, que son sistemas de alta tecnología, que implica iluminación por medio de luz natural y paneles solares entre otros sistemas.

En el campo de la calefacción, ventilación y aire acondicionado, es decir los sistemas HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*), y dada la naturaleza holística de la Construcción Verde en su diseño, aplicación y operación, trabajan en conjunto la arquitectura y la ingeniería civil para reducir la carga del edificio. Cuando los elementos estructurales del edificio —columnas, vigas, techos, paredes y pisos— están definidos y se determina el diseño de iluminación, la carga del edificio de los sistemas HVAC puede ser calculada nuevamente. Al realizar esto, el sistema HVAC puede ser seleccionado cuidadosamente con el fin de que minimice el uso total de la energía, proporcionando una mejor calidad ambiental a los interiores y un mejor confort térmico a los usuarios del edificio.

Los sistemas HVAC tienen un papel muy importante en la construcción. Las áreas más significativas son mostradas a continuación:

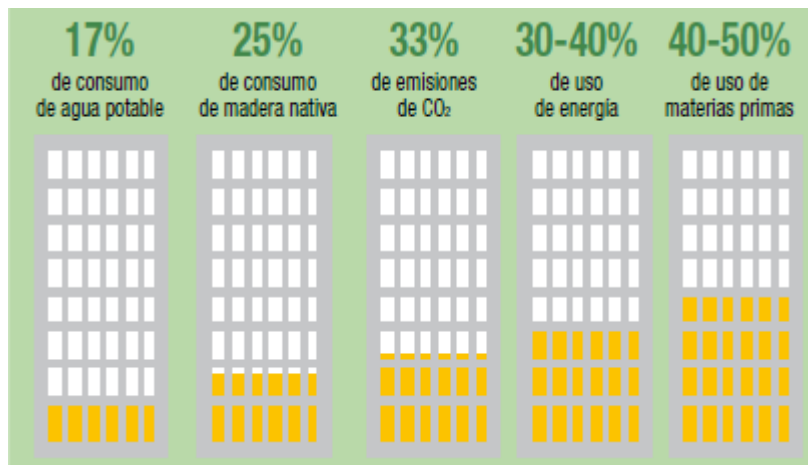
Cuadro 1. Beneficios de los sistemas HVAC.

SISTEMAS HVAC	BENEFICIOS
Eficiencia energética de los equipos y sistemas	Reducción de los costos de operación
Selección del refrigerante	Reducción del calentamiento global e impacto en la capa de ozono
Optimización y automatización de los controles	Ahorro de energía
Calidad de aire en los interiores	Un lugar saludable para trabajar y vivir
Controles del ambiente de interiores (Temperatura, humedad, velocidad del aire)	Mejora en la productividad

Según datos del Consejo de Construcciones Verdes de los Estados Unidos (USGBC) los edificios representan el 36% del uso energético y el 65% del consumo de electricidad, el 30% de las emisiones de gases del efecto invernadero, el 30% del consumo de materia prima, el 30% de los desperdicios,

alrededor de 136 millones de toneladas al año, y el 12% del consumo de agua potable. Los grandes avances de la ciencia de la construcción y de la tecnología están al alcance de los diseñadores, constructores y propietarios que desean construir edificios verdes y con ello maximizar el desempeño tanto económico como ambiental.

Cuadro 2. Impacto ambiental de los edificios a nivel mundial según el USGBC.



B. Beneficios de una construcción verde

AMBIENTALES

- Aumentan y protegen el ecosistema y la biodiversidad.
- Mejoran la calidad del aire y del agua.
- Reducir los desperdicios sólidos y conservar los recursos naturales.
- Disminuyen el impacto sobre el calentamiento global y deterioro de la capa de ozono.

DE SALUD Y SEGURIDAD

- Mejoran los ambientes de aire, térmicos y acústicos.
- Aumentar el confort y la salud de los ocupantes.

SOCIALES

- Hacen evidente la responsabilidad social empresarial.
- Minimizan la carga sobre la infraestructura local y contribuir a la calidad de vida en general.
- Ejemplifican y difunden las buenas prácticas ambientales.

ECONÓMICOS

- Costos iniciales competitivos por la sinergia de proyectos de especialidades en la fase de diseño, incrementando en términos relativos la rentabilidad financiera.

- El diseño integrado permite lograr mayores beneficios a menores precios, dadas las sinergias entre las disciplinas y las tecnologías.
- Logran menores gastos operacionales y de mantenimiento relacionados con la significativa reducción del requerimiento energético.
- Alcanzan el desempeño óptimo en el ciclo de vida económico.
- Disminuyen las ausencias de los usuarios, mejora la retención y aumenta la productividad.
- Proveen ventajas publicitarias y valor agregado.
- Mejoran la administración de riesgos.

Los edificios verdes representan una serie de ventajas que van más allá del ahorro de energía. Expertos en construcciones sostenibles eco-amigables alrededor del mundo destacan que un edificio verde es más rentable que uno convencional porque contribuye a una mayor productividad laboral, menor ausentismo y mayor atracción y retención de empleados. Lo ecológico representa una necesidad a nivel social como la tendencia dominante en los próximos años; además, los edificios verdes tienen menores costos en servicios básicos como se presenta más adelante.

Así lo comprueba un estudio realizado en la ciudad de Seattle, a 31 edificios sostenibles, en donde se establece que el ausentismo laboral se redujo en un 40% en comparación el ausentismo que se presenta en edificios convencionales. Otra investigación desarrollada por Cushman & Wakefield, un desarrollador inmobiliario de los Estados Unidos, reportó que las empresas incluidas en la investigación redujeron en un 30% los días de licencias médicas y lograron un aumento del 10% en el resultado neto por empleado luego de trasladarse a edificios certificados LEED.

En el mercado inmobiliario, los expertos coinciden que al ocupar edificios eco-amigables, las empresas obtienen grandes y varios beneficios. Según mediciones realizadas por el USGBC, entre los beneficios que se obtienen al trabajar en edificios sostenibles son:

- Logran entre 8% y 9% de ahorro en costos operacionales.
- Incrementan en 7.5% el valor del edificio.
- Mejoran en 6.6% el retorno de la inversión.
- Aumenta en 3.5% la ocupación del edificio.
- Consiguen un 3% de alza en el precio de arriendo.
- Ahorran 40% en el uso de agua.
- Alcanzan entre 24% y 50% de ahorros en uso de energía durante la vida útil del edificio.

Por enumerar algunos ejemplos, la cadena de supermercados Wall Mart ha publica estudios detallados que reportan aumentos en sus ventas del 25% gracias a los niveles óptimos de iluminación natural que tienen sus locales “verdes”. Además, otros datos comparativos de construcciones eco-

amigables contra construcciones comunes, es que en los establecimientos educativos se logra un aumento en el desempeño de los alumnos en sus exámenes del 20%. En los hospitales y clínicas, los pacientes son dados de alta con 2.5 días de anticipación en promedio; también en las fábricas y empresas se produjo un incremento de producción y productividad entre el 2% y 16%.

En Norteamérica, en donde estas tendencias constructivas ya están bastante difundidas, cada vez es mayor el valor que se les da a estas construcciones. McGraw-Hill Construction, realizó un seguimiento detallado al mercado en los años 2007 y 2008. Este determinó que en el 2007 el mercado pagaba 3% más por los alquileres en estos edificios, mientras que el retorno de inversión del desarrollador inmobiliario aumentaba en un 6.6%. Para el 2008, estos valores aumentaron a 6.1% y 9.9%, respectivamente.

Además de su impacto económico en el mediano y largo plazo, los edificios con tecnologías verdes incorporan otras características de construcción que pueden ser determinantes en la salud y desempeño de quienes ocupan estos edificios.

En el Consejo de Construcciones Verdes señalan que un edificio diseñado y construido con criterios de sostenibilidad ofrece mayores niveles de iluminación natural, entregando durante más tiempo una luz que abarca todo el espectro energético. Esto permite una mejor captación de color que cansa menos la vista y controla el encandilamiento. Incluso, existen estudios que demuestran que la luz natural aumenta la producción de las vitaminas C y D, que contribuyen a la absorción de otros nutrientes, alivia la depresión y reduce las probabilidades de desarrollar varios tipos de cáncer. Otro aspecto importante es la calidad del aire en el interior, ya que un edificio sostenible no solo considera adecuados niveles de ingreso de aire exterior filtrado, sino que además implementa mecanismos que permiten verificar que estos flujos se mantengan dentro de los parámetros permitidos bajo los que fue diseñado durante los años de operación, garantizando la calidad del aire durante el uso del edificio. Hay que recordar que en ambientes interiores hay un gran número de contaminantes, tales como el CO₂ que expiramos y compuestos volátiles orgánicos (VOC) que emanan muchos materiales de construcción y líquidos de limpieza, por esta razón es de suma importancia mantener niveles de ventilación óptimos que permitan disolver dichos contaminantes.

1. Ventajas y desventajas de la construcción sostenible.

En la actualidad las propuestas ecológicas incluyen edificios, conjuntos de viviendas y proyectos de gran magnitud, debido a que las ventajas de las construcciones ecológicas superan las desventajas.

A continuación, se analizan las ventajas y desventajas de la construcción sostenible a tomar en cuenta ya que no solamente inciden en el ambiente sino económicamente tanto a corto como a largo plazo.

DESVENTAJAS

- Las construcciones sostenibles generalmente son más caras que las construcciones convencionales; este tipo de construcciones utilizan materiales que no son fáciles de encontrar, aunque quizás esta tendencia cambie con los años y debido a la gran demanda sea más fácil obtener dichos materiales.
- La construcción sostenible aún no está desarrollada a su máximo potencial y utiliza métodos y tecnologías nuevas; lo que no hace tan sencillo encontrar constructores adecuados que estén familiarizados con los materiales y métodos utilizados para este sistema de construcciones.

VENTAJAS

- Los costos iniciales del proyecto son compensados con los años, que se traducen en ahorros de energía a largo plazo para el propietario. Además, en varios países donde se está impulsando la arquitectura verde existen varios incentivos fiscales y descuentos disponibles en impuestos para fomentar este tipo de construcción.
- Estas construcciones brindan un medio ambiente más saludable. Las personas pasan alrededor de un 80% de su tiempo libre en el interior de sus viviendas. Los materiales ecológicos son naturales y son fabricados sin productos químicos contaminantes que tienen muchos materiales de construcción tradicionales.
- Una consideración importante y gran ventaja de la arquitectura verde es la reutilización y el reciclado. La construcción sostenible equivale a una reducción de los residuos y un óptimo reciclado.

2. **Métodos para ahorrar energía.** Además de que ahorrar energía ayuda a mejorar y proteger el medio ambiente, es evidente que también ayuda a la economía doméstica. El ahorro energético es el camino más efectivo para reducir las emisiones contaminantes de dióxido de carbono a la atmósfera, y como consecuencia detener el calentamiento global y el cambio climático. Por cada Kilowatt/hora de electricidad que se ahorra, se evita la emisión de aproximadamente un kg de CO₂ en la central térmica donde se quema carbón o petróleo para producir dicha electricidad. Además, el ahorrar energía tiene otras ventajas adicionales para el medio ambiente, ya que con ahorrando energía se evitan lluvias ácidas, mareas negras, contaminación del aire, residuos radiactivos, riesgo de accidentes nucleares, destrucción de bosques, devastación de parajes naturales, desertificación, entre otras cosas.

Como ya se mencionó, además de las ventajas al medio ambiente, también es ventajoso para la propia economía; cada Kwh/hora cuesta un promedio de Q. 2.06, de forma que cambiar de hábitos o sustituir los aparatos eléctricos por otros menos despilfarradores permite el ahorro de dinero. En algunos casos las soluciones pueden parecer más costosas, pero la inversión inicial es recuperada con el tiempo ya que se reducen los gastos periódicos, como las facturas de luz, o gas, etc. Y al ser amortizado el gasto, es cuando empieza el ahorro.

Todas estas ventajas representan una mejor calidad de vida, más aún si consumir menos energía va ligado a la mejora en los servicios proporcionados por la misma, como luz, calor, movimiento; es decir, se trata de mejorar la eficiencia energética. En pocas palabras, es producir la misma o menos energía para realizar las mismas actividades.

Según los expertos, el desperdicio de energía en una vivienda se debe principalmente a los malos aislantes y por mantener temperaturas agradables, cálidas o frescas, dependiendo de la época del año, y esto es aún cuando no hay habitantes en la casa y en horas de la noche.

Si fuera necesario instalar un sistema de calefacción o de agua caliente en el hogar el principal ahorro está en descartar un sistema potenciado por Energía Eléctrica, ya que esta es la más derrochadora de energía y la más cara. Los mejores sistemas son, en este orden: Energía Solar, biogás o biomasa, leña, gas natural, gas propano, butano.

La Alianza para Ahorrar Energía promueve la eficiencia de la energía a lo largo del planeta para alcanzar tanto un medioambiente más limpio como una economía más saludable.

Dejar conectados todos los artefactos eléctricos sin necesidad alguna se incrementará en los próximos años, es lo que predice la Alianza para Ahorrar Energía. Según ellos las causas son: la demanda de energía cada día es más alta, los patrones del calentamiento global, simultáneamente a

las ondas de calor, severos cortes en la inversión de la eficiencia de energía en un clima irregular y la falta de toma de acciones del gobierno.

A continuación, se presenta una tabla que muestra algunas formas en las que se puede ahorrar energía y cuanta energía en promedio se ahorra en comparación con los aparatos o sistemas utilizados convencionalmente.

Cuadro 3. Sistemas que presentan un ahorro energético significativo.

SISTEMA QUE REPRESENTA AHORRO	PORCENT AJE DE AHORRO
Bombilla fluorescente compacta (de bajo consumo)	80%
Lavadora en frío	80% - 92%
Lavadora de bajo consumo energético	40% - 70%
Refrigeradora de bajo consumo energético	45% - 80%
Calefacción en la vivienda bien aislada	50% - 90%
Calefacción de gas en lugar de eléctrica	53% - 80%
Bomba de calor en lugar de calefacción eléctrica	50%
Estufa de gas en lugar de eléctrica	73%
Horno de gas en lugar de eléctrico	60% - 70%
Tender la ropa en lugar de secadora	100%
Lavavajillas con toma de agua caliente	68%
Lavavajillas en frío	75%
Usar papel reciclado en vez de papel virgen	50%
Reciclar el aluminio	90%
Compartir el carro con dos, tres o cuatro personas	50% - 66% - 75%
Usar el autobús en vez del carro	80%
Caminar o ir en bicicleta en lugar del carro	100%
Carro de bajo consumo	16% - 25%
Conducir a 90 km/h en vez de 110 km/h	25%
Tener un carro compacto y no uno grande	44%
Tapar las ollas al cocinar y ajustar el tamaño de la llama	20%
Permitir la ventilación de las rejillas del congelador	15%
Subir un grado la temperatura del termostato del congelador	5%

Tostador de pan en vez de horno	65% - 75%
Calentador de agua a gas, o solar con apoyo eléctrico, en lugar de uno solamente eléctrico	60% - 70%
Calentador de agua solar, con apoyo a gas, en lugar de calentador a gas	60%
Calentador de agua solar, con apoyo a gas, en lugar de calentador eléctrico	85%
Continuación - Cuadro 3	
Ventilador de techo en lugar de aire acondicionado	98%
Aire acondicionado evaporativo en vez de refrigerativo	90%
Necesidades de calor/frío tras cerrar pequeños escapes de aire en el techo y paredes	20% - 25%
Cambiar el filtro de aire del automóvil	20%
Neumáticos bien inflados	10%

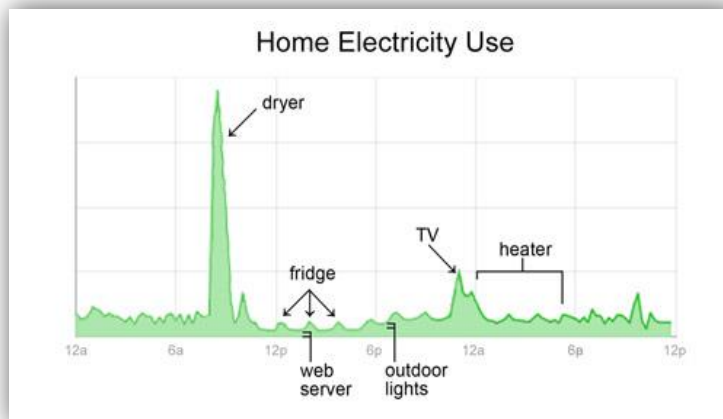
3. **Controladores del consumo energético.** Ante la creciente demanda de energía a nivel mundial, en la actualidad existen dos alternativas para resolver esta situación; una es la medición inteligente para un uso eficiente de la energía, y la otra es la expansión de plantas generadoras de energía. Como es de esperarse, debido a la situación ambiental del planeta, muchas empresas del campo de la tecnología y electricidad están dedicando sus esfuerzos para desarrollar herramientas que permitan un mayor control de la energía que se consume en una vivienda.

a. Power Meter. Uno de los últimos desarrollos de Google es un software que permite monitorear el consumo energético del hogar, entendiendo que si los habitantes del hogar tienen mayor conocimiento sobre el consumo, podrían tomar más acciones para ahorrar energía.

Actualmente, en las facturas de electricidad no se proveen detalles acerca de cuáles son los aparatos que consumen más energía, por lo que las personas no saben por dónde empezar para cambiar sus hábitos de consumo y de esta forma ahorrar.

El Power Meter de Google funciona con información que recibe a través de medidores de energía llamados “smart meters”, los cuales envían datos que son procesados por Google y mostrados por medio de un widget de iGoogle en tiempo real. Estos gráficos además de mostrar el consumo total de la vivienda, también muestran el consumo de cada aparato en forma individual.

Ilustración 9: Imagen de cómo se verán los datos en el medidor de Google



Los sensores que utiliza Google, los "smart meters" no son universales, actualmente hay 40 millones en uso alrededor de todo el mundo y existen planes para agregar otros 100 millones en los próximos años. Se cree que Google se asociará a empresas colocadoras de estos sensores para extender el uso de su producto.

Hasta ahora el Power Meter está en etapa de testeo, pero un ingeniero de Google que ha probado el sistema, ha dado testimonios que en un año pudo reducir el consumo de su casa en un 64% y ahorró un aproximado de \$ 3000, reemplazando bombillas de luz por luces LED, refrigeradores ineficientes y utilizando periódicamente aparatos como el filtro de su pileta AFP. Los ingenieros de Google consideran que el sistema podría lograr un ahorro promedio del 5% al 15% en las viviendas que lo utilicen.

b. EVE. Es un sistema interactivo de control y monitoreo del uso de energía en el hogar. Consiste en una interfaz principal que se conecta por medio de un interruptor a una serie de nodos que miden el uso de energía de los dispositivos en el hogar. Estos nodos están en forma de toma corrientes estándar, tableros de adaptadores y dispositivos en línea que transmiten la energía a través de la corriente eléctrica. La interfaz muestra esta información en los dispositivos alrededor de la casa y además brinda la capacidad de apagar y encender los distintos dispositivos.

EVE es un sistema que además de monitorear el gasto energético en tiempo real, también se ocupa de establecer cuáles son los aparatos que están consumiendo energía en ese instante. Además almacena la información y de esta forma se pueden controlar los cambios en el consumo energético producidos a lo largo del tiempo.

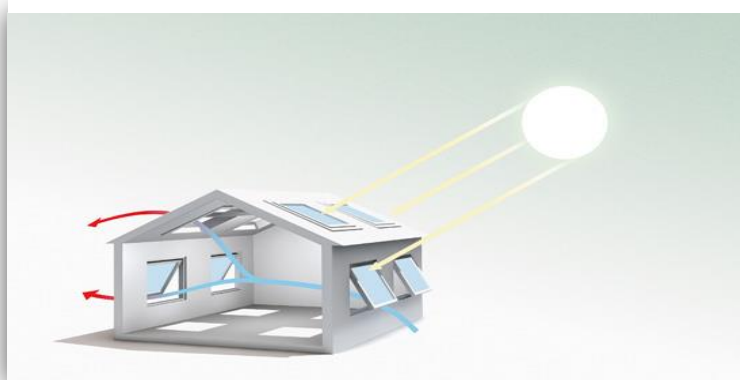
Este sistema está compuesto por un conjunto de luces LED de distintos colores que cambian de tono según el consumo del aparato.

Ilustración 10: Sistema EVE para controlar el consumo energético



c. **Energy and Indoor Climate Visualizer.** VELUX ha creado un programa sencillo capaz de medir el consumo energético real de las viviendas, tomando en cuenta la iluminación y ventilación natural, y las condiciones de confort interior. Este programa pone especial interés en el efecto que producen las ventanas y su protección solar sobre el consumo energético de la vivienda en calefacción, climatización, iluminación y ventilación artificial. Además de las demandas energéticas, el programa proporciona índices de ventilación natural para la vivienda y para cada ventana individual, así como la temperatura interior del aire a lo largo de todo el año. También calcula el consumo eléctrico en iluminación artificial, en función de la disponibilidad de luz natural en la vivienda.

Ilustración 11: Sistema de energía y visualizados del clima interior de VELUX



El VELUX *Energy and Indoor Climate Visualizer* permite imprimir un informe con los resultados de consumo de energía, tanto en términos energéticos como monetarios; además también brinda recomendaciones para la optimización energética de la vivienda.

La rapidez y precisión con la que trabaja este sistema lo convierten en una herramienta única que compara objetivamente la influencia de diferentes configuraciones de ventanas, acristalamientos y protecciones solares de un mismo edificio, sobre el consumo energético y sobre el confort del interior. También permite realizar comparaciones del ahorro energético y económico que supondría renovar las ventanas antiguas de la casa o el ahorro en la factura de calefacción y climatización, incorporando persianas exteriores.

Además de todo lo mencionado, VELUX también ha incorporado la función “Ahorro de Energía” en este sistema de ventana de cubierta accionada por Energía Solar, que incorpora el mando a distancia de la ventana eléctrica y solar; que activa el funcionamiento de las persianas de forma automática, en función de la localización y orientación de las ventanas.

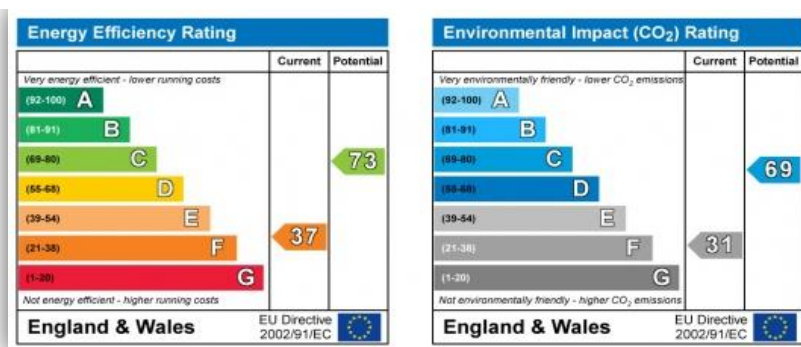
d. ALERT ME. AlertMe es un sistema que permite disminuir el consumo de energía automáticamente, mediante el uso de sensores, que pueden ser controlados remotamente, ya sea por medio online a través de la web o bien mediante mensajes de texto con el teléfono celular. El kit de AlertMe está compuesto por un receptor central, que recibe los datos de varios sensores colocados en los diferentes aparatos eléctricos de la casa. Estos sensores permiten saber cuando la casa está o no ocupada, y de esta forma pueden regular la temperatura o activar y desactivar ciertos aparatos.

De momento este sistema solo se encuentra disponible en el Reino Unido y sus precios actuales no son muy económicos, ya que el kit básico cuesta \$ 260 y la suscripción mensual \$ 17.50. Habría que considerar su uso, ya que actualmente puede ser más costoso que el ahorro que éste implica.

e. HIP's (Home Information Packs). HIP's se llama la carpeta que se entrega junto a las viviendas nuevas de cuatro o más dormitorios en Inglaterra y Gales. Esta carpeta no sólo incorpora los documentos legales de la vivienda sino que también incluye un certificado de consumo energético.

Este documento certifica la eficiencia y el impacto ambiental evaluando el consumo energético y las emisiones de CO₂. Aparte de esto entrega una guía con las inversiones que se pueden hacer para mejorar el rendimiento comparándolo con los ahorros que se pueden alcanzar en un año.

Ilustración 12: Gráficos del sistema Home Information Pack



Las flechas a la derecha de los gráficos marcan la eficiencia energética y el impacto ambiental de la vivienda y de su certificación potencial si se hacen la serie de inversiones recomendadas.

C. Construcción sostenible en Latinoamérica.

En un país latinoamericano, hablando específicamente del Perú, se informó que en el 2009 se utilizaron 7.2 millones de toneladas métricas de cemento, lo cual se traduce en una contaminación de 2.9 millones de toneladas de CO₂. Pero el sector de construcción no solamente es responsable de emisiones de CO₂, como ya se ha explicado anteriormente. Según CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción) en el 2009 se construyeron 4 millones de metros cuadrados y para el 2010 aumentó en un 5.3%. Para contrarrestar todos los efectos anteriormente mencionados producidos por un edificio es necesario invertir en edificios verdes.

Sin embargo, hay quienes sostienen que un edificio sostenible tiene un costo elevadísimo que lo convierte poco viable económicamente, pero existen datos que demuestran que la diferencia de precios no es abismal e incluso puede llegar a ser igual al costo de un edificio convencional. El arquitecto peruano Julio Carrillo explica: «lo que encarece la construcción sostenible es cuando después del pre-diseño se decide apostar por el camino ecológico, ya que eso produce costos adicionales al haber cambiado los objetivos». Por otra parte, el coordinador ejecutivo del Consejo de Construcciones Verdes en Perú, Héctor Miranda, sostiene que sí es rentable invertir en construir edificios verdes, dice que con un gasto de \$ 43.04 por m² en medidas sostenibles se generaría un beneficio acumulado de \$ 624.08 por m².

El Consejo de Construcción Verde en Perú recomienda los siguientes criterios para que los edificios sean eco-amigables:

- Utilizar el agua eficientemente. El uso inteligente del agua potable por medio de grifos e inodoros que consuman menos agua. Griferías ahorradoras cuestan aproximadamente \$ 110,

sanitarios alrededor de \$ 200, y cabezas de ducha \$ 50 por unidad. Lo que indica que no existe gran diferencia con los productos no ahorradores. De acuerdo con los criterios de USGBC, se podría reducir el consumo del agua hasta en un 44%, lo que significa que se ahorraría aproximadamente 535 mil litros anuales.

- Construir fachadas con materiales reflectivos, en lugar de utilizar materiales que absorben el calor, lo cual permite un 30% de ahorro en el uso de aire acondicionado. Las fachadas reflectivas cuestan un promedio de \$ 120 por m². El costo es de un 25% más respecto a los materiales convencionales, pero esto se compensa por el ahorro de energía y protección contra el asoleamiento en los interiores.
- Ser eficientes en el uso de la electricidad. La eficiencia en el uso de Energía Eléctrica por medio de sensores de presencia que regulan el encendido de luces y aparatos eléctricos que tienen un costo promedio de \$ 0.25 por sensor. Utilizar sensores que modulan la intensidad de acuerdo con la luz natural que perciben, con un costo aproximado de \$0.20 por unidad. Además, de ser posible se debe contar con equipos con la certificación Energy Star. Estas medidas aseguran un ahorro de 130,000 kW al año, lo que implica un ahorro de \$ 13,000.
- Utilizar mobiliario verde. Incluir muebles hechos con materiales reciclados. El precio de un puesto de trabajo varía entre \$ 2000 y \$ 2500.
- Acondicionar interiores eco-amigables. La calidad del ambiente interior se obtiene por medio de una adecuada ventilación natural. Se recomienda el uso de pinturas de baja o nula toxicidad en los interiores; que tienen un precio del 10% más que las pinturas convencionales.

En Chile, existen dos edificios que poseen la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), los cuales son el Explora de Isla de Pascua y el Homecenter Sodimac de Copiapó. Roberto Sivori, presidente de Colliers Chile, proveedor de servicios inmobiliarios corporativos en las áreas de oficinas, industrial y comercial, señala que «es imposible negar los múltiples beneficios de los edificios sostenibles. Incluso incrementan la producción, razón por la cual pronto se llegará a las situaciones vistas en países desarrollados».

En Ad portas Desarrolladores Inmobiliarios señalan que para el 2012 el mercado a nivel nacional va a exigir cada vez más un producto certificado.

«Ya sabemos que varios bancos y grandes empresas han decidido que a partir de ese año sus oficinas corporativas se ubiquen en edificios LEED debido a que son más eficientes, presentan

mejores condiciones para sus empleados –lo que aumenta su desempeño– y responden a sus políticas de responsabilidad social empresarial», detalla Gastón Fuenzalida, gerente general de Ad Portas Desarrolladores Inmobiliarios.

Rolf Sielfeld y Diego Ibarra, de Energy Arq y voceros de Consejo de Construcción Verde de Chile, comentan que en la corta historia de este incipiente mercado existen aspectos relevantes que han contribuido que se produzca un salto cuantitativo y perceptible en la incorporación de criterios medioambientales en la construcción de edificios.

Uno de estos aspectos que mencionan estos arquitectos, fue la coyuntura vivida en Chile a raíz del corte del abastecimiento de gas proveniente de Argentina y los efectos negativos que esta situación representaron en la economía del país. Relatan que esa situación provocó un fuerte impulso en el gobierno para fomentar el mercado de la eficiencia energética en Chile, lo cual se transcribió en el Programa País de Eficiencia Energética”, establecido en el 2005.

Fue a partir de ese momento en que se iniciaron en aquel país los primeros proyectos de relevancia inmobiliaria, especialmente en edificios de oficinas que junto a las primeras experiencias locales en edificios certificados LEED, han provocado que en la actualidad existan varios edificios donde se ha aplicado en mayor o menor medida sistemas de sostenibilidad y de minimización del impacto ambiental.

Actualmente son 39 los proyectos registrados oficialmente para certificarse LEED. Otro aspecto importante, es el hecho de que en el año 2007 se inició el proceso de diseño de la tercera fase de la reglamentación térmica, la cual considera la implementación de un sistema de certificación voluntaria del desempeño energético residencial.

D. Tendencias de construcción verde.

El Instituto Earth Advantage, es una organización no lucrativa que se dedica al diseño y al planeamiento para desarrollar prácticas de construcción sostenible y presenta diez tendencias para el sector de la construcción verde para el futuro. Estas tendencias fueron elegidas a partir de debates entre constructores, ingenieros civiles, arquitectos, agentes inmobiliarios, tasadores, prestamistas y propietarios de viviendas. A continuación se presentan las tendencias destacadas que generan beneficios para los constructores, propietarios y el planeta.

- **Matriz Inteligente.** Por medio de medidores inteligentes de energía y sistemas de información online, cada vez se hará más fácil obtener información y tener acceso a datos específicos relativos

al consumo energético de artefactos y electrodomésticos del hogar. Esto podría ayudar a generar conciencia y adoptar nuevos hábitos de ahorro.

- **Etiquetas de energía.** En los Estados Unidos se están desarrollando diferentes etiquetados que demuestran el consumo energético de una construcción con una medida común. Esto puede permitir un mejor control de los beneficios que aportan algunas mejoras a edificios y una mejor comparación de la eficiencia de diferentes edificaciones, con lo que se podría demostrar en forma transparente el destino de créditos y estímulos verdes.
- **Software para planificar la construcción.** Los programas para diseño de edificios (AutoCAD, Civil 3D, RISA) se están desarrollando cada vez más, y están incorporando funciones para medir el consumo energético de acuerdo a los materiales que se utilizan. Esto permite predecir el rendimiento de las construcciones y de esta manera mejorarlas.
- **Facilidades de créditos y préstamos para construcciones verdes.** Inversionistas y financieras en la actualidad ven las construcciones verdes como una buena opción para destinar sus fondos. Esto incentiva a los propietarios a ser más responsables y poner más empeño en el mantenimiento de los edificios. Y además al tener ciertos sistemas verdes, algunos gobiernos dan una retribución monetaria o ayuda económica a los propietarios de los edificios con estos sistemas.
- **Casas más pequeñas.** Según el Instituto Earth Advantage, debido al aumento en los precios de la energía y las tasas de interés, una de las tendencias conduce a buscar casas más pequeñas y con menos complementos que los desarrollados hasta el día de hoy.
- **Eco-barrios.** Esto se refiere a la descentralización de las ciudades; tomando en cuenta el gran impacto ambiental que representa el transporte, las ciudades están evolucionando hacia comunidades en las cuales todo lo indispensable se encuentra a un radio de distancia que se puede cubrir fácilmente a pie o en bicicleta.
- **Conservación del agua.** La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos aprobó una serie de especificaciones llamadas Water Sense, que tiene como objetivo disminuir el consumo de agua en un 20% con respecto al consumo promedio de un hogar. Esto sería verificado por un grupo de analistas expertos para determinar si las construcciones están equipadas para lograr dicho ahorro, lo cual una clara tendencia serían las construcciones más eficientes en el uso del agua.

- **Cálculo de la huella de carbono en edificios.** Como ya se ha mencionado anteriormente los edificios producen aproximadamente la mitad de las emisiones de CO₂ del planeta, por lo que las personas involucradas en la construcción están buscando formas para documentar, medir y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la construcción.
- **Edificios que producen más de lo que consumen.** Los edificios y casas emisión cero son aquellos que generan más energía de la que consumen en su vida útil. Esta eficiencia energética es posible gracias al uso de recursos de ahorro de energía y al uso de energía renovables.
- **Educación en construcción responsable.** Un punto fundamental para poder llevar a cabo las prácticas mencionadas es la educación de profesionales en temas de construcción sostenible. Esto ocurre no tanto por la oferta de carreras o cursos, sino por la continua y alta demanda de edificios más eco-amigables.

1. **Problemática sociocultural en Guatemala.** La problemática ambiental de nuestro país no es una situación aislada de los demás problemas en los que nos encontramos inmersos. La pobreza, entre otros problemas disminuye la capacidad de proteger el ambiente y aumenta las presiones sobre el medio. No es posible seguir hablando del ambiente si no se atienden las necesidades esenciales de la población.

El deterioro ambiental puede crear un caos social, si el agua potable llegara a faltar en las comunidades, como producto de la destrucción de las zonas de captación del líquido vital; la gente escasa de trabajo y sin satisfacer necesidades básicas de su familia, pueden verse obligados a atentar contra los recursos naturales.

Cada día es más necesario que en los proyectos y actividades se realicen estudios de impacto ambiental, se les dé seguimiento en la fase de construcción y operación con el fin de mejorar tecnologías existentes.

El principal problema cultural de Guatemala, es que dentro de nuestra población es muy común la tendencia a rechazar lo nuevo, y quedarse siempre con lo tradicional, en cualquier aspecto, en la agricultura, en la construcción, en la comercialización de productos, etc. Es por ello que siempre que se trata de implementar una nueva tecnología en el país, al principio siempre es rechazada, y en un gran porcentaje, este rechazo se debe a la falta de educación de las personas. Ya que si no conocen un producto o un sistema, este es rechazado. Es por ello, que es indispensable la educación para dar a conocer nuevas técnicas de construcción que sean más amigables con el entorno y con ello se empiece a aceptar las técnicas de construcción verde en nuestro país y de esta forma empezar a

crecer, social y económicamente, y al mismo tiempo proteger y preservar el ambiente para las poblaciones futuras.

La falta de educación es un problema ambiental para Guatemala, por lo que se hace necesario proponer que las políticas en educación coincidan con las políticas que promueven alternativas económicas para, actividades que involucran el agotamiento y extinción de los recursos naturales.

En Guatemala, hace apenas un poco más de un año se formó el CCSG (Consejo de Construcción Sostenible de Guatemala) Fundado por diez empresas, y con el apoyo de la Embajada de Canadá y la Cámara de Construcción de Guatemala, el CCSG se presentó oficialmente al público como una organización no lucrativa cuya misión es promover el uso de prácticas de diseño y construcción sostenible para crear una transformación en el mercado inmobiliario y en la construcción. De esta manera, el Consejo espera cambiar el enfoque hacia prácticas más económicamente factibles, ambientalmente amigables y socialmente aceptadas, de modo que se diseñen, construyan y operen edificios y comunidades de una forma más beneficiosa para nuestro presente y futuro.

Con el respaldo del WGBC (World Green Building Council), el CCSG aspira a convertirse en la figura principal del desarrollo sostenible de Guatemala, y así reunir a todas las personas y organizaciones relacionadas con la industria inmobiliaria y de la construcción – empresas de servicios profesionales, desarrolladores y promotores inmobiliarios, contratistas, financieras, proveedores de materiales de construcción, instituciones educativas y organizaciones gremiales afines – para juntos generar el cambio.

El objetivo primordial a corto plazo del Consejo Verde debería ser el de dar a conocer las técnicas y sistemas de construcción verde a todas las personas dedicadas a la construcción en nuestro país para así poder ir creando una base firme en la que se promuevan estas técnicas y se empiecen a implementar en proyectos nuevos en Guatemala.

2. Tendencias en los próximos años de edificios verdes en Guatemala. Mucho más allá que una moda, los edificios verdes en la actualidad son una necesidad. El noticiero CNN en su segmento Expansión muestra una nota interesante sobre las diez tendencias que traen las construcciones sostenibles en Guatemala.

- El movimiento mundial de edificios verdes seguirá en aumento cuando más países comiencen a crear sus propias iniciativas, desarrollos y consejos de edificios verdes.
- La industria de los edificios verdes mejorará en 2011, de acuerdo con las mediciones de nuevos proyectos registrados para obtener el certificado en Liderazgo en Energía y Diseño

Medioambiental (LEED, por sus siglas en inglés). En Guatemala es un tema que ha tomado mucha vigencia, en el cual varios edificios lo han estado aplicando.

- La industria de edificios verdes se enfocará más en hacer sustentables edificios ya existentes que en construir nuevos inmuebles. En Nuestro país es una tendencia que pese a que será importante a nivel viviendas, consideramos que tomará un tiempo en edificios empresariales ya que los ahorros obtenidos aún no justifican la inversión. En Guatemala muchas veces regular la temperatura es tan fácil o tan difícil como abrir o cerrar una ventana.
- El azul será el nuevo verde, ya que la prevención ante la posible crisis global de agua potable continuará creciendo. Cada vez será más común el uso de aguas pluviales y surgirán nuevas tecnologías hidráulicas.
- En Estados Unidos, los proyectos federales se comprometerán a contar con una certificación LEED Oro. En Guatemala necesitaríamos apoyo estatal para que este tipo de cosas tuvieran sentido.
- Los diseños cero emisiones para nuevos edificios serán cada vez más comunes tanto en el sector residencial como en el comercial.
- Los nuevos requerimientos en el desempeño de los edificios verdes aumentarán. Los dueños de edificios comerciales deberán mostrar el desempeño actual de los edificios, tanto a los inquilinos como a posibles compradores en algunos lugares.
- Las escuelas con certificaciones verdes aumentarán rápidamente debido a los beneficios educacionales que esto proporciona a los estudiantes. Educando a los niños es como se fortalecerá el cambio.
- Los gobiernos estatales crearán leyes verdes, tanto para ellos como para el sector privado. El propósito de disminuir las emisiones de carbón hará que más gobiernos fomenten el desarrollo de edificios verdes.
- El uso de Energía Solar en edificios continuará en aumento, mientras que el desarrollo de grandes granjas de Energía Solar y eólica bajará su ritmo de crecimiento. En nuestro país hay un par de proyectos en marcha de análisis de Energía Eólica y Energía Solar, lo cual ya vemos reflejado en algunas viviendas en la ciudad de Guatemala.

V. Casas modernas ecológicamente sostenibles

De acuerdo con varios proyectos constructivos en todo el mundo, la casa ecológica del futuro podría tener jardines o huertos en sus paredes y techos. Otros arquitectos han imaginado que la casa ideal podría compararse con el sencillo y a la vez irreproducible comportamiento de un árbol, un ser vivo que convierte la luz solar en energía y alimento propio, así como el CO₂ en oxígeno. Existen otros arquitectos y diseñadores que comparan la casa eficiente del futuro con un lagarto, ya que este adapta su color a las características del entorno y el cambio climático de las jornadas y estaciones.

Un color que refleje toda la luz evitaría que en su interior se concentre mucho el calor, mientras que un color capaz de atraer la máxima cantidad de rayos solares ayuda a mantener el confort climático, antes mencionados, en las estaciones más frías.

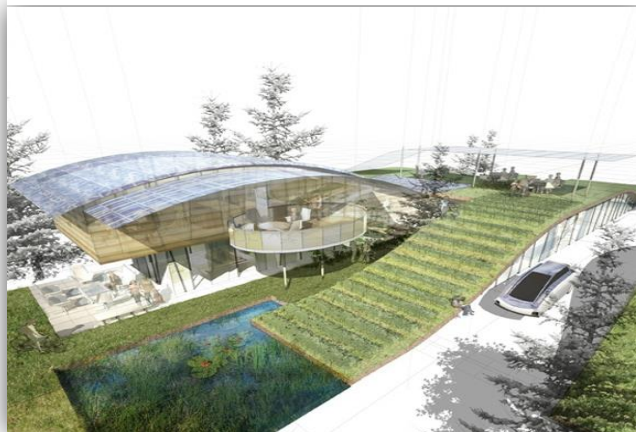
A. **Sistemas de construcciones verdes.**

A continuación se presentan una serie de proyectos de viviendas sostenibles, desarrolladas por arquitectos, constructores, diseñadores e ingenieros que intentan reducir al máximo su impacto ecológico, claro está, sin renunciar al confort y a la salud del habitante. Algunas son simplemente propuestas de proyectos o ideas, otras son viviendas ya existentes y otros son proyectos que se están desarrollando actualmente.

1. **Una casa que se comporta como un árbol.** Diseñada por el arquitecto William McDonough, de la firma McDonough & Partners, que además, junto a Michael Braungart han creado la compañía *McDonough Braungart Design Chemistry* para el desarrollo de productos y sistemas, y juntos también han escrito el libro *Cradle to Cradle (C2C)*, con el objetivo de ayudar a las empresas en la implantación de un protocolo de diseño sostenible, único en el mundo. Entre sus clientes están Ford Motor Company, a la que ayudan a construir su nueva planta en River Rouge; Nike, en la construcción de su nueva sede en Estados Unidos; BASF, Volvo, el ayuntamiento de Chicago, entre otros.

Este arquitecto ha creado un prototipo de casa sostenible que, similar a la hoja de un árbol, contiene una capa fotosintética capaz de capturar la luz solar.

Ilustración 13: House Like a tree. McDonough & Partners



Este arquitecto ha creado un prototipo de casa sostenible que, similar a la hoja de un árbol, contiene una capa fotosintética capaz de capturar la luz solar.

A diferencia de los paneles solares usados en la actualidad, instalados encima del tejado y de naturaleza independiente, los captadores de Energía Solar que propone McDonough estarían incrustados o colocados en la propia estructura de la casa. Dichos paneles calientan agua y generan electricidad para la vivienda, y al mismo tiempo crean oxígeno para la atmósfera, y de esta forma compensar las emisiones de CO₂ producidas por otras áreas de la casa.

La casa está prevista con un tejado curvo y con aleros generosos para brindar sombra, lo que reduce significativamente la carga de calor en el verano, cuando los rayos solares inciden verticalmente, sin evitar la incidencia de la luz solar en invierno, cuando los rayos solares inciden de una forma más horizontal.

Asimismo, el techo aísla del exterior e incluye áreas verdes, muy parecido al diseño de la misma empresa para la fábrica de Ford, en River Rouge, Michigan.

La “corteza” de la casa, funcionaría tal como un árbol, siendo fina e incluiría una película capaz de limpiarse por sí misma, evitando de esta forma la necesidad de sustituir la estructura tras varios años de exposición. El vidrio que se limpia solo funciona gracias a una capa especial que utiliza luz ultravioleta para deshacer la suciedad orgánica, que luego desaparece con la lluvia.

Luego, el “tronco” de la casa, es decir la estructura, evitaría el uso de maderas o metales, sustituyéndolos con tubos de carbono, más ligeros y energéticamente eficientes.

Por último, las “raíces” estarían compuestas por un sistema geotérmico enterrado bajo la vivienda, que captaría la relativamente constante temperatura del subsuelo para acondicionar el interior de la casa, dándole un confort térmico; brindando frío en verano y calor en invierno.

La casa está pensada para realizarse con materiales técnico, capaces de ser utilizados indefinidamente después de que se acabara la vida útil de la casa, y también materiales biodegradables, un ejemplo de ello es el uso del cemento capaz de absorber el CO₂.

2. **Casa que mimetiza a un reptil.** La idea de esta vivienda es que se comporte como un reptil, mudando la piel con las condiciones ambientales. Diseñada por el estudio Cook & Fox.

La casa incorpora una piel “biomorfica” que reacciona según el momento del día y sus características climáticas o bien con una estación determinada. El interior de la vivienda se oscurecería durante los momentos de mayor radiación solar, y se aclararía en los días con menos sol para absorber la mayor cantidad de rayos solares y calor natural como le fuera posible.

La fachada de la casa también está ideada para capturar aguas pluviales y el agua procedente de la condensación para abastecer las necesidades de sus habitantes. Los lagartos que habitan el desierto han aprendido a llevarse las gotas de rocío acumuladas a lo largo de su nariz hacia su boca para abastecerse de agua.

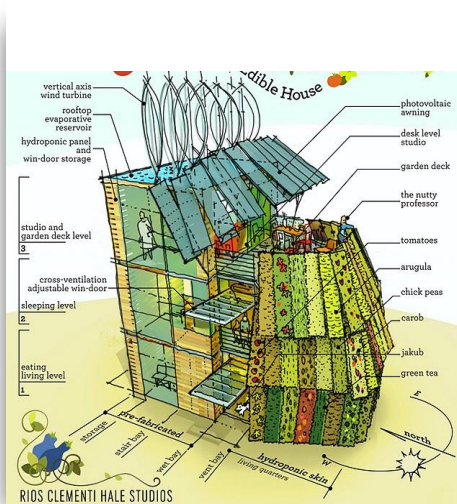
Esta casa posee un aspecto moderno, aunque se aleja del espectáculo, por lo que puede encajar perfectamente en cualquier barrio, sin llamar demasiado la atención. El interior está conformado por un espacio que puede adaptarse a las necesidades de sus habitantes y cambiar con el día, ya que sus tabiques están montados sobre rieles. De este modo, resulta más fácil y práctico aprovechar al máximo espacios habitualmente infrautilizados.

Ilustración 14: Casa con piel de reptil de la firma Cook + Fox



Además, la casa independiza el inodoro de la bañera y la ducha, para así poder servir a más personas de forma simultánea, y su facilidad de adaptación a distintas actividades permite usar la vivienda como centro de trabajo, evitando así desplazamientos innecesarios en auto u otro medio de transporte.

Ilustración 15: Incredible Edible House.



3. **Una casa que produce alimentos.** Rios Clementi Hale Studios ha concebido la *Incredible Edible House*, una casa que integra principios bioclimáticos y aspectos esenciales de la permacultura. Concepto creado por el ecologista australiano Bill Mollison en su obra *Permaculture One*.

Haciendo un paréntesis, la permacultura es el diseño de hábitats humanos sostenibles con la integración de sistemas de agricultura. La palabra permacultura es una contracción de agricultura permanente.

Consiste en una construcción con una fachada de tres niveles que incluye un jardín vertical con la capacidad de producir garbanzos, tomates, escarola y té verde.

Las plantas cumplen una doble función en esta casa: la de proveer de alimentos a los habitantes y la de proporcionar sombra y climatización, ya que absorbe el calor de una mejor manera que un muro de madera, ladrillo, concreto o vidrio.

Un colector de aguas pluviales recoge el agua en el tejado y mantiene la construcción fresca, mientras que pequeños molinos de viento proporcionan energía. Asimismo, la casa tiene una estructura prefabricada dividida en tres bloques, uno por cada planta, de tal manera que es posible emplazarla fácilmente en diferentes ubicaciones a lo largo de su vida útil.

Este estudio de arquitectura cree firmemente que las casas prefabricadas son la respuesta sostenible para el futuro del planeta, ya que al industrializar los procesos de producción se corrigen errores, se minimizan costos y se reduce la necesidad energética por pieza producida.

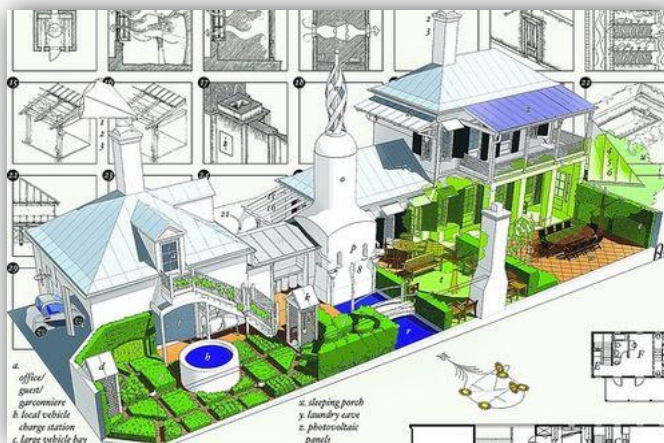
4. Una casa del futuro que recupera prácticas ancestrales.

Esta casa, propuesta por Steve Mouzon, del estudio arquitectónico de Miami Mouzon Design, utiliza tecnologías vanguardistas y al mismo tiempo recupera técnicas tradicionales para reducir el uso energético.

Mientras la casa utiliza paneles solares en la fachada y el tejado para generar electricidad y calentar el agua sanitaria, a su vez incluye un ducto o “chimenea de aire”, está es una herramienta constructiva utilizada en la antigüedad para producir una ventilación natural en toda la vivienda con todas las ventajas del aire acondicionado si ninguno de sus inconvenientes.

El funcionamiento de esta técnica se basa en la diferencia de presiones entre el aire caliente y el aire más fresco. Ya que mientras el aire caliente se eleva y disipa a través de la chimenea, el aire más fresco viaja a través de las ventanas y puertas de la vivienda.

Ilustración 16: Vivienda sostenible con sistema de ventilación ancestral, Mounzon Design



Steve Mouzon, al igual que Ríos Clementi, ve la casa del futuro como una fuente de alimentos. Ya que la casa incorpora en su fachada una estructura de sustento para el cultivo de todo tipo de vegetales. De igual manera, incluye pequeños estanques capaces de proporcionar pescado fresco a sus habitantes.

Mouzon considera que cuánto más pequeña se pueda crear una casa, más sostenible será.

5. **Una casa de madera sin consumo energético por € 70,000.** Este diseño pertenece al arquitecto francés Jean-Baptiste Barache. Ha sido considerada como una casa de alta costura ha precio de costo. Se trata de una vivienda inspirada en el paisaje, clima y cultura de Normandía. Su aspecto y planta recuerdan a los graneros de Centroeuropa. Ubicada en Auvilliers, Seine Maritime en Francia.

La casa consiste en una cobertura de tipo agrícola, en donde el arquitecto inserta un cajón central, que es la primera planta, que deja “en negativo” los espacios restantes: la planta baja y el bajo cubierta. En la planta baja, la superficie queda dividida en tres partes por dicho cajón. El volumen general queda intacto dando una interesante permeabilidad a los demás espacios. El resultado es una casa abierta dentro de la cubierta lo que permite una ventilación de los espacios sin que se genere una pérdida de energía calorífica.

La planta baja está formada por el baño y la chimenea. A los lados queda ubicada la cocina, un baño y diversos espacios de almacenaje. En la parte frontal de la casa se sitúa el área de estar, y en la de atrás un amplio comedor.

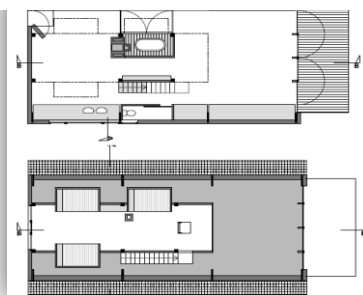
Ilustración 17: Fachada principal, casa de Jean-Baptiste Barache.



Ilustración 18: Vista lateral, casa de Jean-Baptiste Barache.



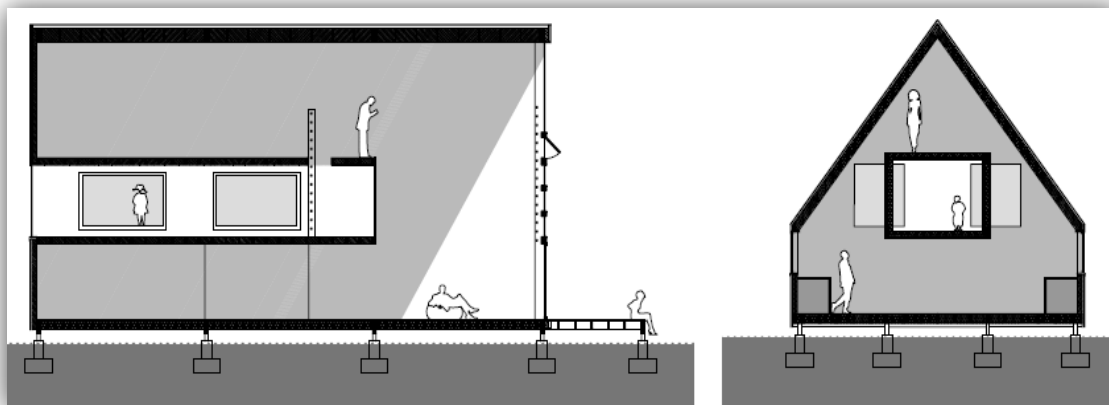
Ilustración 19: Plantas de la casa de Jean-Baptiste Barache.



En la primera planta se ubican los dormitorios, colocados en forma de cajones como nichos. Estas habitaciones vuelan sobre el forjado sin llegar a tocar la cubierta en su parte superior. No cuentan con puertas, sino que se cierran con una simple cortina. El pasillo se remata con un panel de policarbonato que recibe una luz muy intensa. El bajo cubierta es un espacio multiuso.

La casa está revestida con una gran variedad de materiales. El interior está totalmente revestido de tablero contrachapado de gran formato. El dibujo de aguas de este tipo de tableros pone un punto de variedad en la superficie monótona. El suelo es de tablero contrachapado con un laminado blanco con la finalidad de evitar que se ensucie fácilmente. La única habitación de la casa que posee una puerta es el baño, ya que las demás habitaciones utilizan cortinas que aportan un toque de color y calidez a la vivienda.

Ilustración 20: Secciones de la casa de Jean-Baptiste Barache.



La construcción se convierte en una interesante mezcla de sistemas estructurales. La construcción parte de una cimentación puntual que son 20 pilotes de hormigón armado, sin zunchos de atado, hincados sobre el terreno. Sobre estos pilotes se coloca un forjado de viguetas de madera aserrada y un cerramiento estructural de tableros contrachapados. Luego se eleva un cajón de ladrillo macizo que sirve como soporte de tubo rectangular de la planta primera, que es de nuevo resuelto con un sistema de entramado ligero: viguetas, montantes y cerramientos de tablero contrachapado. En este bloque se insertan los nichos de los dormitorios, también de entramado ligero.

La estructura de cubierta cuenta con cuatro grandes arcos ojivales de madera laminada. La estructura secundaria, tanto del faldón como el muro, son seis paredes pares y seis montantes con correas transversales con aislamiento intermedio, quedando cerrado en las dos caras con tablero contrachapado de pino.

La casa no dispone de más aporte de energía que la solar, que es bien aprovechada por la orientación sur-norte. No hay electricidad y la iluminación es a bases de quinqués de aceite.

6. Casa ultra-eficiente que captura más energía de la consumida. Active House es una vivienda construida en un suburbio de Aarhus, la segunda ciudad más grande de Dinamarca. Es capaz de capturar más energía que la necesaria para satisfacer las necesidades de una familia promedio. Active House es un prototipo de la firma VKR Holdings.

Pese a encontrarse en el norte de Europa, esta casa emplea paneles solares para propulsar la calefacción radial que se extiende bajo el suelo. Una instalación de 50 m² de celdas solares genera la electricidad necesaria para el uso de la casa y para exportar a la red eléctrica de la ciudad. También cuenta con un sistema de triple vidriado hermético para lograr un buen aislamiento. Las ventanas son controladas por medio de computadoras que regulan la temperatura interior. De esta manera, si son abiertas cuando no se debe, se cierran en el plazo de una hora.

Esta tecnología permite que la casa pueda pasar aproximadamente ocho meses al año volcando el exceso de energía a la red de la ciudad, aunque en invierno deberá adquirirla, de fuentes renovables claro está.

Ilustración 21: Active House en Aarhus, Dinamarca diseñada por la firma VKR.



La parte del tejado orientada hacia el sur se encuentra cubierta por paneles solares que cubren todas las necesidades de los habitantes y permite compensar las emisiones producidas por la construcción de los materiales y de la edificación.

Los diseñadores de esta casa estiman que habrá compensado totalmente sus emisiones e 30 años, por medio del periódico envío del excedente eléctrico producido a la red general. La revista The Guardian informó que el costo de esta casa es de \$ 800,000 aproximadamente. Aunque los diseñadores afirman que no están construyendo casas, sino que están construyendo ideas.

Esta casa activa es una respuesta evolutiva a la Passive House, construidas en la década de los 90's en Escandinavia, Alemania, Austria y otros países del centro de Europa. Estas casas reducían drásticamente su consumo energético gracias a aislamientos eficaces que reducían la necesidad de calefacción.

7. **Casa pasiva.** Las casas pasivas son casas que utilizan los recursos de la construcción bioclimática, y la combinan con eficiencia energética. En pocas palabras, son casas herméticas. Las ventanas existen para que entre la luz, y pueden abrirse, aunque no se hace para evitar que se escape el calor. El aislamiento de estas casas es absoluto y la renovación del aire se realiza por medio de un sistema de ventilación con un intercambiador de calor, que renueva el aire, evitando de esta manera que se escape el calor.

Ilustración 22: Casas Pasivas



Este sistema fue creado en Alemania y se ha extendido a otros países fríos de Europa, y apenas existen viviendas de este tipo en la zona mediterránea. Este tipo de construcciones no dispone de calderas, ya que no la necesitan. Son obras pensadas en aprovechar al máximo la luz y el calor del sol, manteniendo el calor solar y el calor corporal en el interior del edificio. No necesitan otra forma de producción de calefacción, y se ha estimado que consumen hasta siete veces menos energía que los edificios convencionales.

En el caso de la estandarización de las Casas pasivas, las técnicas para poder catalogar una vivienda como casa pasiva se definen con los siguientes criterios:

Aislamiento térmico. Un buen aislamiento significa la reducción directa de las pérdidas de calor.

Puentes térmicos. La capa de aislamiento tiene que ser continua, “empaquetando” todo el edificio, para evitar los puentes térmicos.

Estanqueidad de lo envolvente. La envolvente tiene que ser lo más estanca posible, sellando todas las uniones del edificio, para garantizar que no se produzcan fugas no deseadas de calor.

Ventanas de alta calidad. Las carpinterías son el elemento más débil, por decirlo de alguna manera, de la envolvente. Tienen una doble función: reducir el flujo térmico al máximo y permitir ganancias solares, sobre todo en el invierno.

Ventilación mecánica. A cada hora se renueva alrededor de un tercio del volumen de aire de los espacios. La ventilación mecánica permite la recuperación de calor o frío del aire renovado mayor del 75%.

8. **Una casa en un árbol.** La firma alemana Baumraum se dedica a desarrollar pequeñas casas y cabañas de madera que pueden confundirse con los árboles. A diferencia de las típicas cabañas de madera, generalmente diseñadas para niños, esta firma ha creado varios diseños que, a pesar de usar la madera de modo exclusivo crean precisos diseños industriales. Todos estos proyectos tienen un común denominador: mínimo impacto de la casa del futuro sobre el entorno en donde se ubica.

Un ejemplo de los proyectos de Baumraum es una casa construida en un peral, en la localidad alemana de Heilbronn, denominada Baumhauser.

La casa de árbol Baumhauser cuenta con espacios que puede ser sintetizada con bancos para sentarse y dormir, espacios de almacenamiento, una pequeña cocina, calefacción, ventanas de cristal, así como iluminación, y un sistema de audio para multimedia.

Ilustración 23: Vista Interior Baumhauser



Ilustración 24: Baumhauser de la firma Baumraum



9. **Casa 108.** Esta es una casa sostenible que se reencuentra con el pasado y al mismo tiempo se adapta con naturalidad y llamar tanto la atención en el terreno donde se ubica. Es una casa de una planta alargada y que se adapta a la pendiente de una pequeña colina en la Costa Brava, Portbou, Gerona, en Francia.

Casa 108 es un proyecto de H Arquitectes, que cuenta con 109 m² que toma el sentido arquitectónico, pulcro y sencillo del Mediterráneo.

La finalidad de este proyecto es respetar su entorno natural, cubierto por una densa vegetación mediterránea. La construcción de la casa evitó grandes movimientos de tierra, así como la creación de profundos cimientos y la generación de desechos.

Ilustración 25: Interior de la Casa 108

Mediante la adaptación de la casa al perfil topográfico original del terreno se consigue que cada uno de los ambientes interiores tenga una conexión directa con el jardín a través de anchas aberturas regulares que aseguran la entrada de luz natural permanente, permiten la ventilación en la vivienda y con todo esto multiplican los matices de control del confort interior. Además, la geometría inclinada creciente en sentido sur facilita la renovación del aire caliente por la fachada superior, y la captación de aire fresco por la inferior, ya que esta está orientada al norte.

Ilustración 26: Vista de la Casa 108.

Todas las aberturas de la casa cuentan con tres capas de cerramiento: postigos que garantizan la protección solar en verano y la captación en invierno, luego una mosquitera que permite ventilar y a la vez protege de los insectos, y en el interior un recubrimiento de aluminio con rotura de puente térmico y cristal doble con cámara interior. Las tres hojas son corredizas y se esconden en la cámara ventilada de la fachada de manera que se consiguen aberturas completas.

La fachada sur, más expuesta al sol, dispone de una sombra vegetal: enredadera de hoja caduca que protege de la radiación directa en verano pero dejando entrar el sol en invierno. Mientras que la cubierta, se encuentra un poco expuesta debido a su orientación hacia el norte y la protección

de la vegetación existente, es de acabado de zinc sobre tablero hidrófugo con cámara ventilada y aislamiento interior.

Los pavimentos son de hormigón en masa y funcionan como acumuladores térmicos por radiación directa y efecto invernadero, dotando al edificio de inercia selectiva según se utilicen los sistemas de protección solar.

10. **Una casa prefabricada potenciada con Energía Solar.** La zeroHouse es una casa refabricada de la firma Specht Harpman. Es una casa prefabricada diseñada con todos los requisitos verdes y pensada para que funcione como un hogar independiente de todo tipo de infraestructura exterior. Ya que, como es prefabricada, puede montarse en cualquier lugar con mucha facilidad, gracias a su sistema modular de fabricación. La zeroHouse tiene una capacidad de satisfacer las necesidades de cuatro personas adultas.

Ilustración 27: Vista de la casa prefabricada zeroHouse



Esta vivienda capta la Energía Solar por medio de sus paneles fotovoltaicos, y tiene una capacidad de almacenamiento para una semana, y además recoge las aguas pluviales y las almacena en un depósito elevado con capacidad para 2700 litros, que por gravedad sirve a la casa. Los residuos y desechos los transforma en abono seco en una unidad que se encuentra localizada en la parte inferior de la casa. El aislamiento empleado y el aprovechamiento de la luz natural hacen que se maximice el rendimiento energético.

La estructura se cimenta en unos micro-pilotes, y cuenta con un acceso elevado a la vivienda protegido por el módulo superior, que es donde se encuentran los dormitorios. El módulo superior está girado 90° con respecto al inferior. En el módulo inferior se ubica la cocina, el comedor y la sala

de estar. Cada módulo es idéntico en tamaño y tienen un hueco en cada extremo levemente retranqueado, con la finalidad de estar más protegido de las fuertes radiaciones solares.

Ilustración 28: Planta arquitectónica del primer nivel.



Ilustración 29: Planta arquitectónica del segundo nivel



Los interiores son bastante confortables y espaciosos, revestidos de paneles de madera y armarios, con las ventanas hacia el frente para lograr que el paisaje sea el que adorne cada ambiente.

11. **Una casa moderna y ecológica en el desierto.** Diseñar y construir una casa en el desierto es un gran desafío debido a los cambios climáticos extremos que se presentan en estos lugares. Pero es aún más complicado para aquellos que no quieren encerrarse simplemente en una estructura aislada con aire acondicionado y estar separados del entorno. Esta casa fue diseñada por Lloyd Russell, y queda ubicada en Pioneertown, California.

Un tejado rústico de lámina, cubre la casa, proporcionando la sombra esencial a la estructura entera así como a los porches exteriores y los patios; además esta lámina refleja la luz solar para así no permitir que entre excesivo calor a la vivienda. Combinado con paredes y ventanas corredizas, este método permite a la casa ser refrigerada pasivamente pero también le brinda un aspecto estético rústico que se funde con el paisaje de su entorno.

Ilustración 30: Vista de la casa en Pioneertown, California.



Ilustración 31: Fachada de la casa ecológica del desierto.



Esta casa está construida con materiales reciclados, una extraña fusión de modernismo y tradicional le dan el aspecto a su estructura. A primera vista pareciera una casa confortable y tradicional, pero al mismo tiempo es una casa moderna y funcional, combinando la estética convencional con estrategias ecológicas para crear una casa híbrida ecológica.

12. **Una casa verde de piedra, madera y vidrio.** Base Valley House es una vivienda moderna japonesa diseñada por Hiroshi Sambuichi para una familia con tres hijos. Es una casa contemporánea con tecnología verde que combina el minimalismo y la energía natural, la vivienda tiene un diseño que se basa en el balance entre la construcción y su entorno.

Esta casa se mezcla perfectamente con sus alrededores, ya que gran parte de la construcción utiliza el terreno natural en donde está ubicado. El arquitecto Sambuichi explica: «Un profundo análisis de cómo cambia la dirección del viento y la intensidad de la luz solar a lo largo del día, me permiten entender que tipo de arquitectura realmente se necesita en cada lugar», cuando se le pregunto en qué se basa su diseño; que lo guió a la transformación del terreno en una vivienda familiar de 100 m², donde también pueden gozar de la belleza del río cercano y las montañas.

Ilustración 32: Vista del exterior de Base Valley House.



Ilustración 33: Vista del pasillo que atraviesa la casa



Base Valley también protege a sus habitantes de las condiciones climáticas. Para obtener el mejor uso de las corrientes de viento a través del valle, el arquitecto realizó un corte de 2 m. de

ancho, que es una calle que atraviesa la construcción por donde pasan las ráfagas de viento en dirección norte-sur; esto permite que el aire fluya hacia el interior del hogar. La vivienda cuenta con cuatro dormitorios y un techo de cristal en la planta baja, que utiliza el calor del suelo para regular la temperatura del interior. También está el área de estar, el comedor y la cocina, en el primer nivel, que está cubierto con un techo de vidrio inclinado, que sigue la pendiente de la montaña.

Ilustración 34: Techo de cristal de Base Valley House



13. Una casa moderna subterránea con techo verde.

Ésta es una casa de la firma KWK Promes, diseñada para el polaco Robert Koieczny, y bautizada con el nombre de la casa Outrial. Esta casa presenta una arquitectura introvertida, donde cada elemento que compone la construcción está puesto con la intención de definir y mejorar el disfrute interior y donde el paisaje natural del entorno se integra para completar dicha función.

Ubicada en las afueras de Varsovia, la construcción se asienta sobre un solar de terreno en medio del bosque. La interacción con el paisaje, estudiado por los proyectistas se materializa en el diseño de un edificio transparente que contempla la integración de la naturaleza dentro de la arquitectura de la vivienda. Explican los diseñadores de esta casa que es un claro homenaje a Le Corbusier, arquitecto, diseñador y pintor suizo, nacionalizado francés y considerado uno de los más claros exponentes del Movimiento Moderno de la arquitectura.

Ilustración 35: Tejado verde de la casa diseñada por KWK Promes



El tejado-jardín que recubre de un manto verde toda la casa, da la impresión de que haya surgido de una excavación el subsuelo. La escalera que desde el interior de la vivienda conduce hacia el tejado, es un claro ejemplo de la estrecha relación que existe entre la naturaleza y la construcción; es un recorrido en forma de caracol que desde el área de estar conduce al techo y a su parte superior, en donde se encuentra ubicado el punto más panorámico de la casa.

En el interior del rectángulo en planta, la curva de la escalera en el tejado-jardín se prolonga para diseñar la entrada principal, que también divide los ambientes de día y noche. El corte en el terreno que da origen a la escalera, también permite que exista un gran ventanal que ilumina la sala, cuya prolongación, con pared sólida, presenta cortes regulares para formar una puerta y ventanas horizontales.

Ilustración 36: Vista de la casa Outrial en Varsovia, Polonia.



En el interior del rectángulo en planta, la curva de la escalera en el tejado-jardín se prolonga para diseñar la entrada principal, dictando también la división de los espacios de día y de noche. La fractura en el terreno a que da origen la escalera es ocasión para una pared acristalada que ilumina el

salón, cuya prolongación, en cambio llena, presenta cortes regulares para formar una puerta a toda altura y ventanas horizontales. La geometría de la planta no impone modularidad a las fachadas, que son todas diferentes: con tres entradas en la sala de estar en tres fachadas, no existe una fachada principal.

14. **Una casa lujosa en el bosque desconectada de la red.** Esta casa independiente de la red eléctrica está diseñada para un ambiente tropical, que busca un balance entre la sostenibilidad, lujo y estilo. El aspecto futurista de la casa Kokopo en el interior de un bosque, da la sensación de vivir en una casa de árbol con todas las comodidades modernas que una persona requiere. La forma inusual de esta vivienda permite la óptima recolección de agua pluvial, ventilación y generación de energía por medio de la luz solar.

Kokopo siendo una localidad donde se ubica un volcán activo en Papúa Nueva Guinea, posiblemente no pareciera ser el lugar ideal para construir una casa lujosa. Esta región inspiró a la construcción de esta vivienda, situada cerca del volcán Tarvurur.

La espectacular belleza y también el clima de esta zona tropical guiaron a los proyectistas a un diseño que integra sistemas sostenibles a la vivienda. La casa está diseñada específicamente para utilizar el clima tropical, el entorno y el paisaje del volcán, trabajando conjuntamente con materiales locales.

Ilustración 37: Vista aérea de la casa Kokopo.



La casa está separada en tres zonas: un área abierta para entretenimiento, la siguiente con áreas aisladas y otra con dos dormitorios con sus baños y un estudio. Utilizando geometrías fluidas y

formas similares a la lava volcánica, los muros se desarrollan a través de toda la vivienda creando todos los ambientes.

La escalera lleva a un área abierta donde los habitantes pueden disfrutar de la construcción en un ambiente multiusos. El techo está diseñado con una estructura sin columnas superpuesto en la planta abierta. La casa está libre de ventanas lo que permite la circulación del aire en todos los ambientes.

Arcos inspirados en el follaje son utilizados en todas las fachadas y son construidos con paneles prefabricados de hormigón moldeado con curvas de radio, extraídos de un modelo de computadora en vivo. Estas curvas promueven el flujo del viento en toda la construcción.

Ilustración 38: Vista exterior de la casa de Kokopo



Dos tanques de almacenaje ubicados en el techo recogen agua de lluvia que es utilizada en los inodoros y en la cocina, y después de ser tratada, también es usada como agua para beber. Calentadores solares calientan esta agua de lluvia para las duchas. Sin la capacidad de obtener energía de la red eléctrica, luces LED de bajo voltaje son utilizadas para la iluminación.

15. **Una casa entre las montañas que mezcla lo rústico y lo moderno.** La casa Hof está ubicada en un área campestre del *fiordo Skagafjörður*, a menos de 100 km del Círculo Polar Ártico, construida por Studio Granda. El encargo total buscaba levantar una casa, una iglesia, un granero y un establo. El fiordo tiene un borde montañoso sobre grandes valles que llegan hasta las rocas de las islas Drangey y Málmey. La casa orienta todos sus espacios para capturar este entorno impresionante.

La casa se levanta con base en volúmenes de concreto que se leen como unidades al tener diferentes alturas o al estar retranqueados, generando patios. El pasto extraído del campo es reutilizado sobre las cubiertas de los volúmenes y la pradera existente es cortada formando terraplenes que entregan diferentes niveles a las circulaciones y terrazas. Esto mantiene una continuidad entre el campo existente y la edificación, pero a la vez se construyen espacios más privados, a través del cambio de nivel.

La mayoría de los muros internos son de hormigón a la vista o pintado, y los techos y puertas son de madera de roble con detalles de acero. El suelo de toda la casa es cerámico y oscuro, contrastando con el resto de los materiales. La cocina y los baños tienen superficies de mármol blanco.

Ilustración 39: Vista desde el exterior de la casa Hof.



La casa funciona climáticamente aislada a través del grosor de sus muros de concreto, recubiertos de madera en el exterior. El uso de electricidad es reducido al mínimo por el diseño

arquitectónico y lo poco que se necesita es generado por fuentes hidroeléctricas y geotérmicas; estas últimas también generan calefacción.

Aunque las aperturas hacia el valle llenan de luz el interior, la casa incluye un sistema secundario de luces artificiales y también algunos grandes ventanales en sus espacios más públicos, que generan un ambiente muy iluminado y abren la casa al exterior. Sin embargo, en sus áreas más privadas la luz es reducida para generar un ambiente más íntimo.

16. **Una extraña torre de apartamentos sostenibles.** Soñar con un asequible, y al mismo tiempo atractivo edificio de apartamentos que suavizara la construcción gris de concreto con un toque de verde en medio de París no fue un reto tan duro para el arquitecto Edouard Francois. Tal como lo podemos ver en el Flower Tower (Torre Flor) que es un extraño edificio sostenible que tiene macetas en todo el alrededor de cada nivel, que brindan sombra, privacidad y acceso a la naturaleza en medio de una zona urbana.

Ilustración 40: Flower Tower, París, Francia.



El edificio en sí es tan simple como la mayoría de los edificios de apartamentos de la ciudad. Una estructura cuadrada de concreto, en donde los apartamentos están dispuestos alrededor de un núcleo central que es donde se ubica el ascensor. Cada apartamento cuenta con cocina, sala de estar y los dormitorios frente a los balcones en voladizo.

Y además, que es lo que hace tan peculiar a este edificio, integrados en los balcones se encuentran 380 macetas de concreto. Las plantas de las macetas son bambú, que crece con gran rapidez para proporcionar sombra natural y fresca en cada uno de los diez niveles del edificio.

Las plantas de bambú son regadas y abonadas automáticamente por medio de orificios que pasan por las macetas simulando pequeños tallos. Esto asegura que las plantas siempre tengan un constante riego a pesar de que los habitantes no se encuentren en su apartamento.

El resultado es una vivienda modesta que se adapta cómodamente en la ciudad mientras ofrece la ilusión de estar rodeado de naturaleza. Lo que la construcción demuestra, es que es posible construir un edificio razonable, práctico y de bajo costo en los centros de grandes ciudades, con un toque de naturaleza en ellos.

17. **Casa verde ultramoderna en voladizo de madera.** La Casa Troyana está situada en Howthorn, un pueblo de Melbourne, Australia. Es una ampliación de una casa clásica, para una familia con tres hijos pequeños, planteada para crear un perfecto equilibrio entre la diversión infantil y una construcción moderna y sostenible.

El contraste entre lo antiguo y lo nuevo se demuestra por la rotundidad del volumen en voladizo de la primera planta, resuelto con una estructura de grandes vigas de acero, y la textura continua que provee el revestimiento de madera. Este es un aspecto que, según los proyectistas de Jackson Clements Burrows, le aporta a la casa beneficios bioclimáticos, que son ayudados por la ventilación cruzada.

Ilustración 41: Vista del voladizo de la casa Troyana



El primer nivel está organizado con un gran espacio para la sala de estar y el comedor, separado de la cocina por un mueble-librería que también puede funcionar como una especie de barra de bar. Esta casa establece un juego con los espacios vacíos y las comunicaciones existentes entre el primer nivel y los dormitorios de los niños en el segundo nivel; incluso hay ventanas que dan a esos espacios, desde el baño y el pasillo de los dormitorios. La conexión con el jardín y la piscina se hace por medio de grandes espacios en las paredes con carpintería de hojas plegables.

Además la Casa Troyana cuenta con un depósito que almacena el agua de lluvia para la piscina y para regar el jardín de 11,000 litros y con un sistema de reciclado de aguas grises para reutilizar en el resto de la casa.

18. Una casa con grandes voladizos en medio de las dunas.

Esta es otra casa del estudio Jackson Clements Burrows, ubicada en Cape Schanck, en Victoria, Australia.

El paisaje ondulante de Cape Schanck es en principio una combinación de dunas de césped, localmente conocidas como las “tazas” de la región, y grandes áreas de vegetación y arbustos costeros. El terreno es una zona designada debido a los incendios forestales.

Ilustración 42: Vista de la casa de Cape Schanck.



El terreno está ubicado en una duna interior con vistas a las extensas áreas con vegetación costera. Al acercarse, se encuentra un gran muro el cual oculta la forma del volumen principal superior. El nivel más bajo se extiende desde el plano del suelo como un zócalo que forma una base

como las dunas del entorno. Una carretera trepa la escarpada duna, accediendo al nivel superior detrás de una reja que funciona como pantalla, ocultando las vistas. Desde aquí la experiencia de entrada se abre a las extensas vistas sobre las zonas de estar, la terraza y la piscina.

Programáticamente la casa considera las necesidades de una pareja de jubilados y su gran familia que regularmente los visita con nietos. El nivel principal superior (concebido como un tronco agujereado) contiene la cocina, comedor, estar, garaje y lavandería. Un segundo volumen superior (concebido como una rama extendiéndose desde el tronco) contiene el estudio y la habitación principal. Estas formas están ambas revestidas en madera desgastada de tono negro. Las ventanas son de cedro y el revestimiento deja un acabado natural que se envuelve con el negro exterior, acentuando la diferencia entre interior y exterior como parte de un proceso climático natural. El nivel inferior contiene la habitación de visitas y oculta los espacios para los sistemas mecánicos y el equipamiento de la piscina.

La casa está orientada al noroeste, tomando las extensas vistas. Para un control pasivo del calor en verano, las ventanas que dan al oeste están protegidas por postigos y un sistema mecánico desciende automáticamente una vez que el sol pasa a través del eje norte. Grandes ventanales al norte también están protegidos con celosías que limitan la penetración solar en verano. Otras consideraciones de diseño sustentable incluyen un sistema eléctrico automatizado para reducir la pérdida innecesaria de energía, reutilizar agua para los jardines y la piscina y coleccionar aguas lluvias para uso doméstico.

Ilustración 43: Vista de la terraza de la casa de Cape Schanck.



19. **Casa eco-amigable con un domo giratorio.** La función de este domo giratorio es muy sencillo, tomar la mayor ventaja posible ventaja del sol durante todo el día, manteniendo los niveles de luz y calor dentro del hogar.

El movimiento automático es lento, relativamente silencioso, y utiliza poca energía para su proceso. Además, si el usuario lo desea, el movimiento también puede ser manual por medio de un control remoto.

El pivote central del domo le brinda a esta casa una resistencia natural a un terremoto de grado 8 en la escala de Richter. Pero no sólo eso; el exterior de la vivienda en forma redonda también hace permite que resista un huracán con vientos mayores a 175 mph, sin recibir ningún daño significativo.

La rotación es para alinear los paneles solares, casi fuera de vista en el “techo”, al movimiento del sol durante el día. El domo no gira 360 grados, pero si lo suficiente para mantener los paneles solares en un ángulo óptimo para captar la luz solar, además para que entre la mayor cantidad de luz y calor a lo largo del día y brindarle confort térmico a los habitantes.

La rotación es tan suave y gradual que es prácticamente imperceptible tanto desde interior como del exterior de la casa. Como se mencionó anteriormente, los usuarios de la casa pueden dirigir el domo en cualquier dirección por medio de un control remoto. Los paneles solares producen la mayoría de la energía requerida por la vivienda.

Ilustración 44: Casa verde con un domo giratorio.



Una cúpula tiene mayor eficiencia térmica. Y los grandes ventanales del domo eliminan la necesidad de luz eléctrica durante el día.

Domespace es el diseñador de estas casas y las ofrecen en varios tamaños, las más grandes cuentan con dos niveles.

20. **Una casa sostenible que (Re)mezcla lo moderno con lo antiguo.** Old Stone Highway es la casa con bajo impacto ambiental diseñada por la firma Berg Design Architecture, ubicada en East Hampton, Nueva York. La casa está construida en un área de 2200 pies cuadrados, y el diseño es una inspiración de un granero de los 1800's, el diseño es concebido como una interpretación moderna de la agricultura local de Long Island.

La innovación de la construcción está en los detalles. La casa está hecha a base de materiales eco amigables tales como: suelos radiantes geotérmicos, vidrios de doble panel con argón, el techo es de la empresa Kynar que no absorbe el calor; la orientación solar está calculada para minimizar el calor en verano, y las pinturas son de bajo VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles, por sus siglas en inglés). La línea blanca es Energy Star y la piscina es de solución salina, por lo que no usa químicos.

Ilustración 45: Vista Old Stone Highway en East Hampton, Nueva York.



Ilustración 46: Vista de la sala de Old Stone Highway, del estudio Berg Design Architecture.



También usa Paneles Estructurales Aislados de alto desempeño, (SIPS, Structural Insulated Panels), que son herméticos y fáciles de instalar. Estos paneles son complementados con una caldera con un 98% de eficiencia, y los pisos geotérmicos con un sistema HVAC, previamente mencionados.

Las siglas HVAC corresponden al acrónimo inglés de Heating, Ventilating and Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado), que engloba el conjunto de métodos y técnicas que estudian y analizan el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, (des)humidificación, calidad, movimiento, etc. Estas tres funciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado están íntimamente relacionadas; buscando el confort térmico, una buena calidad de aire en el interior, una buena instalación y bajos costos de mantenimiento y operación. Los sistemas de HVAC proveen ventilación, reducen las infiltraciones de aire, y mantienen las relaciones de presión entre los espacios.

21. **Una casa verde en forma de invernadero.** El arquitecto Hiroshi Iguchi no cree que los invernaderos sean solo para plantas. Es por eso que diseñó la Casa Camuflada. La casa brinda refugio a sus habitantes y además cuenta con un jardín interior que sale a través del techo. En la vivienda se expone el minimalismo de una casa japonesa con un interior que ofrece una elegante combinación de madera y papel tapiz que suavizan la estética del metal utilizado en la estructura de la casa.

Ilustración 47: Casa invernadero, diseñada por Hiroshi Iguchi.



Al contar la casa con un techo de cristal inclinado, Iguchi tuvo que ser creativo con el interior para evitar crear espacios sobrantes y sin uso. La vivienda está dividida en dos niveles. El primero cuenta con la sala de estar, la cocina y el comedor. También cuenta con un área de descanso rodeada de una especie de jardín de piedras. Las escaleras están parcialmente escondidas por una pantalla de pizarras que guía a un segundo nivel plano que brinda un espacio para relajarse y ver hacia el cielo.

22. **Un hotel auto sostenible.** Es una construcción inspirada en el calentamiento global y en el consiguiente aumento del nivel del mar, el arquitecto ruso Alexander Remizov ha realizado un proyecto de hotel totalmente sostenible.

Se llama Ark y ha sido ideado en colaboración con una empresa de ingeniería alemana y el científico moscovita Lev Britvin. Para su construcción se necesitarán madera, acero y plástico Etileno-TetraFluorEtileno (ETFE).

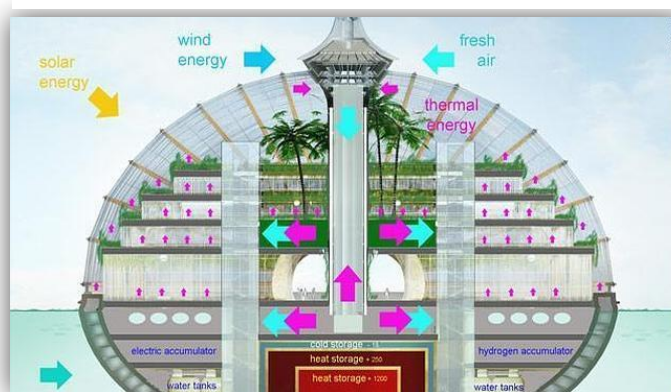
La estructura ha sido diseñada con el objetivo de ser completamente autosuficiente gracias a un sistema de generadores de Energía Eólica y solar. Este hotel flotante mediría cerca de 14.000 metros cuadrados y estaría pensado para albergar a 10.000 personas.

«Podría ser construido en sólo 3 o 4 meses y en cualquier parte del mundo» ha declarado Remizov, que inició el diseño de esta construcción en 1991.

Ilustración 48: Arca Hotel, proyecto diseñado por Alexander Remizov.



Ilustración 49: . Esquema del funcionamiento del Arca Hotel.



23. Una casa activa que usa luz solar. Sunlighthouse es la primera casa familiar de carbono neutro en Austria. Localizada en una región montañosa, rodeada de árboles en Viena. El techo inclinado y sus elementos arquitectónicos toman todas las ventajas del sol para asegurar la captación de la mayor cantidad de Energía Solar.

Sunlighthouse permite mantener el consumo de energía lo más bajo posible sin sacrificar el confort y la comodidad de sus habitantes. Con su bomba calentadora ultra-eficiente, colectores

solares para distribuir agua caliente a la casa, celdas fotovoltaicas para abastecer de electricidad a la vivienda, y electrodomésticos eficientemente energéticos, la casa es potenciada exclusivamente por energía renovable.

Los paneles fotovoltaicos y los colectores solares generan más energía de la que la casa necesita. Esto quiere decir que después de 30 años la casa compensará totalmente sus emisiones.

Sunlighthouse se aprovecha de toda la luz solar para proveer a los habitantes con óptimas condiciones para su salud y bienestar. Investigaciones de la Universidad de Danubio evaluaron los niveles de luz durante el día y encontraron que un 5% de la luz del día llega a todos los ambientes de la vivienda.

Ilustración 50: Sunlighthouse, la primera casa activa de Austria.



Los ventanales del techo y de la fachada están colocados estratégicamente para brindar vistas impactantes, la mayor cantidad de calor solar pasivo y ventilación natural. Esta gran cantidad de ventanas aseguran que los niveles de luz durante el día estén balanceados en los dos niveles de la casa. De hecho, el área total de las ventas de Sunlighthouse es equivalente al 42% del área del piso de la casa, por lo que durante el día se necesita muy poca luz artificial.

La principal fuente de ventilación de la casa durante la primavera, verano y otoño, son las ventanas inteligentes controladas automáticamente. Además esta casa usa una ventilación mecánica con recuperación del calor. La casa no utiliza energía para su enfriamiento, ya que el efecto de chimenea como especie de ducto y el polarizado de las ventanas asegura un clima interior confortable en los días del verano más calurosos.

La vivienda está ubicada en una pendiente parcialmente sombreada y en el sureste de la casa se encuentran los bosques de Viena. Las montañas cercanas dan mucha sombra al valle, así que el área de estar presenta ventanas en los techos altos lo que proporcionan luz al centro de la habitación.

La cocina y el comedor dan hacia el suroeste y también cuenta con muchas ventanas en su fachada y en el techo, todas colocadas con la intención de dar vistas maravillosas al paisaje y la mayor cantidad de calor solar pasivo a dichos ambientes.

El diseño de la casa es el resultado de una competencia entre nueve arquitectos austriacos, de los cuales el ganador fue Hein-Troy. El proyecto es supervisado por VELUX Austria en conjunto con la Universidad de Danubio y el Instituto para Construcciones Ecológicas y Saludables (IBO). Sunlighthouse fue galardonada en Febrero del 2010 con el premio austriaco de Tecnologías Energéticas y Climáticas.

24. **Una casa ecológica con estructura reticular.** La casa reticular está localizada en las montañas en las afueras de Sao Pablo, Brasil. Construida en un área protegida de 53.24 hectáreas.

Ilustración 51: Plano general terreno protegido, Casa Reticular en Sao Pablo, Brasil.

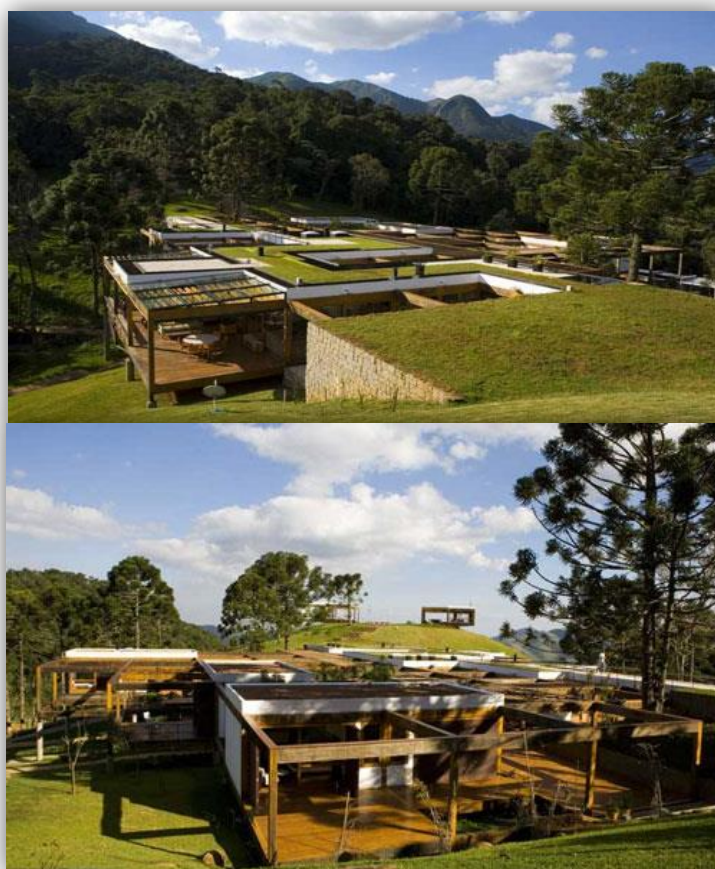


Diseñada por los la firma de arquitectos Forte, Gimenes & Marcondes Ferraz la Casa Reticular (ó Grid House) se encuentra en una parcela donde los senderos convergen desde la selva y de las montañas que ofrecen vistas paradisíacas. Este pequeño valle comprende 16 acres y es la única área en donde se ha construido de las 53.24 hectáreas del terreno total. Menos que una casa, y más como

un jardín abierto, esta vivienda es un experimento de conexión con la naturaleza. Techos con plantaciones, eficiencia en cuanto al agua, piscinas, áreas de estar cubiertas y pequeños jardines se convierten en habitaciones que también forman parte de la casa.

Cada cuadro que forma parte del conjunto general de retículas está construido con vigas de madera. Y cada uno de estos cuadros mide 5.5 m x 5.5 m x 3 m, y están colocados continuamente para formar el núcleo principal de la casa. Localizado lejos de la casa hay campos de tenis, casas de campo para los empleados y el garaje. Debido a las condiciones de humedad del terreno, esta casa lujosa de un nivel fue construida sobre pilotes para que no estuviera asentada sobre el suelo. Las retículas que no son usadas como habitaciones u otros ambientes son utilizadas como pasillos e incluso están totalmente abiertos, lo que permite que los visitantes puedan apreciar el suelo debajo y el cielo.

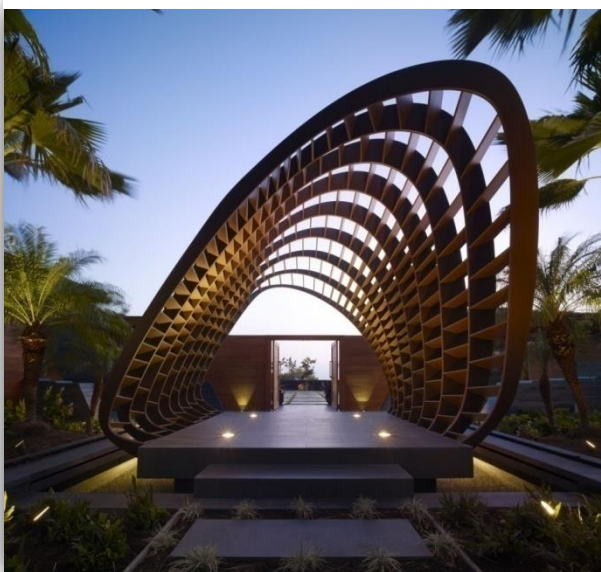
Ilustración 52: Vistas de la Casa Reticular.



25. **Una casa ultra lujosa con diseño sostenible.** Esta hermosa casa en Kona, en la gran isla de Hawai, definitivamente es una residencia lujosa. Además de tener un diseño arquitectónico único, también es verde. La residencia de Kona fue diseñada por el estudio Belzberg Architects, y es una gran combinación de materiales ecológicos y aplicaciones de energía eficiente. Construida con madera reciclada de un granero, un conjunto de vías de ferrocarril estilizadas, y un sistema de Energía Solar complementada con un recolector de agua pluvial, puede ser considerado como un paraíso ecológico.

Un gesto inspirado en la tradición hawaiana, una cesta local que funciona como la entrada, evoca el tradicional regalo de arribo a la isla. Pero la tecnología y sostenibilidad también son puntos clave en la construcción, la entrada a la sala fue diseñada con un software de modelos en 3D y fabricado por la maquinaria CNC con teca y rieles de tren recicladas. Además, el paisaje alrededor de la casa utiliza rocas volcánicas que brindan un perfecto contraste con la madera oscura de color café.

Ilustración 53: Entrada a la residencia de Kona, Hawái.

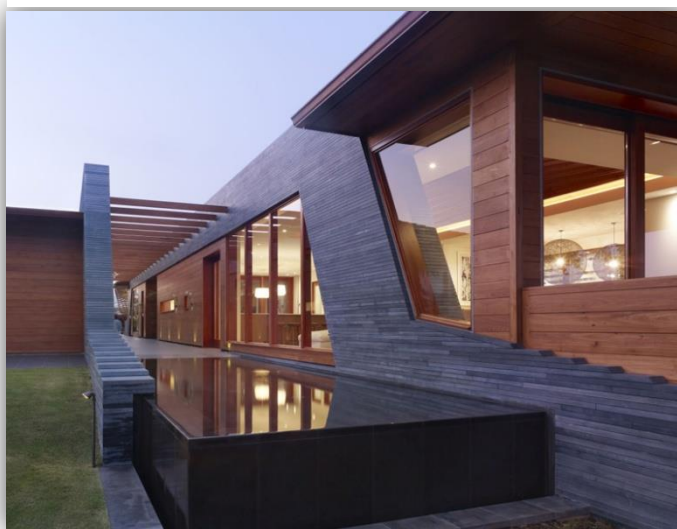


Los techos y las paredes están revestidos con la madera procesada por la maquinaria CNC, los cuales representan una interpretación abstracta del tallado tradicional de la isla. La casa está diseñada alrededor de un corredor central, el cual conecta las habitaciones con la sala de estar, el cuarto de entretenimiento, el patio exterior y la habitación principal. Y con un plano claro y abierto, y grandes aleros en el techo, la casa aprovecha la brisa natural de la isla para mantener el interior fresco y cómodo.

Además de utilizar madera reciclada, los diseñadores ponen especial atención en el impacto ambiental de la casa. La piscina está construida con la misma piedra volcánica del lugar, lo que ofrece

agua calentada con el calor solar. Dos paneles fotovoltaicos independientes están montados sobre el techo, y juntos tienen la capacidad de generar toda la energía requerida por los habitantes de la vivienda. Por último, el diseño se complementa con un sistema de recolección de aguas pluviales que redirige el agua recolectada hacia tres pozos secos, que recargan el acuífero.

Ilustración 54: Vista de la piscina y el corredor central de la casa



Si bien es cierto que la casa es un poco cara, cuenta con seis habitaciones y varias áreas de estar, no podemos negar el ingenio en la reutilización de los materiales y el bajo impacto ambiental de esta sorprendente casa.

26. Un edificio eficientemente energético. Los edificios en Europa tienen una larga historia en cuanto a su estética y su funcionalidad, y el Stadttor en Düsseldorf, Alemania, no es la excepción. Terminado en 1998, la fachada de vidrio de doble capa es una muestra del diseño tradicional de los edificios de Europa, pero con la tecnología del siglo XX para su rendimiento. Sus sistemas eficientemente energéticos son de la más alta y avanzada tecnología, entre estos están sus sensores de calefacción radiante y ventilación eficiente.

Diseñado por Petzinka, Pink & Partners, el Stadttor se encuentra en una de las arterias principales de la ciudad. Dos torres de 16 pisos de 56 m de alto que encierran al lobby, está diseñado para permitir el ingreso de la mayor cantidad de luz solar, esto es una ordenanza constructiva de la ciudad. La fachada de vidrio interior cuenta con puertas de doble cristal Low-E operable desde cualquier sección del mismo nivel y persianas de alta reflectancia. En cada nivel, un corredor de aislamiento climático hace circular aire fresco entre las fachadas permitiendo una ventilación natural durante un 60% del año.

Los sistemas mecánicos son totalmente computarizados por medio de 14,000 sensores colocados en todo el edificio para moderar y maximizar la eficiencia energética. En los meses de invierno el edificio utiliza el calor recuperado de la construcción, así como el exceso térmico que produce Stromkraftwerks, una planta eléctrica situada aguas arriba en el río Rin. Un sistema de calefacción complementado con sistemas de transferencia radiante en el techo también sirve para mantener las necesidades climáticas del edificio.

La ventilación, los sistemas de iluminación de larga duración son programas centralmente, pero también pueden ser controlados individualmente dentro de los espacios de trabajo. La luz solar natural, ventilación natural y el control de humedad, proporcionan un confort térmico óptimo que mejora la experiencia de los ocupantes así como el rendimiento energético del edificio.

El diseño completo y los sistemas del Stadttor, permiten un ahorro energético del 70% en comparación con un edificio convencional.

Ilustración 55: Torre Stadttor en Dusseldorf, Alemania



27. **Una estación espacial en la Tierra.** Por último, pero no por ello menos importante, está la Base Sostenible de la NASA Centro de Investigaciones Ames; “el siguiente paso de gigante”, localizada en Moffett Field, California, Estados Unidos, diseñada por la firma McDonough & Partners.

Es un edificio diseñado en completa armonía con su entorno. Un edificio en el que puede trabajar con la luz solar y respirar aire fresco; diseñado y construido bajos los estándares LEED Platino y decorado con materiales que son beneficiosos para la salud. Además es un edificio tan inteligente e intuitivo que sabe exactamente cuanta energía se está utilizando, y la adapta basándose según el clima, la estación y los patrones de trabajo.

La base sostenible de la NASA es una construcción única en comparación a todos los demás edificios gubernamentales construidos en la historia. Utilizando innovaciones de la propia NASA creadas para expediciones y viajes al espacio, con un área de 50000 pies² (4, 645,152 m²), con forma de media luna, la Base Sostenible es un ejemplo latente de la tecnología de la NASA y de la evolución hacia los edificios del futuro, y además es un área de trabajo. Es considerada como la última misión de la NASA, pero aquí en la Tierra.

Desde el momento en que llega cada uno de las 210 personas que trabajan en el Centro de Investigaciones Ames, experimentan la abundante conexión con la naturaleza. El lobby es abierto en los dos niveles del edificio y “bañado” con luz solar. Una pantalla gigante de LCD muestra a los visitantes y empleados la cantidad de energía que está utilizando el edificio y también muestra de donde proviene dicha energía.

El edificio es angosto, lo que significa que todas las personas, incluso las que trabajan en escritorios al centro de cada nivel, reciben la luz solar que entra por los ventanales que se extienden desde el suelo hasta el techo, y en el segundo nivel por los ventanales en el techo. Las grandes ventanas también proveen un flujo constante de aire fresco y además permiten tener contacto visual y emocional con el paisaje de su entorno. El edificio está construido sin columnas en su interior lo que permite más espacio de trabajo.

En el exterior de la construcción las personas pueden tener contacto con varios paisajes, jardines y árboles, o simplemente se pueden sentar en bancas o mesas de picnic y trabajar en silencio en completa armonía con la naturaleza. Todas las personas que trabajan en la Base Sostenible son parte integral de mantener el edificio sostenible. Cada individuo tiene un tablero personal de energía, en el que se muestra la energía utilizada en cada momento e incluso en actividades que conservan la energía, tan simples como bajar las persianas o cerrar las ventanas.

La Base Sostenible es uno de los edificios Federales más verdes jamás construidos. Está diseñado para ir más allá de “no dañar” al planeta sino que pretende ser beneficioso para la naturaleza y los humanos. A través de una combinación de diseño innovador y tecnología de punta, este edificio genera toda la energía que necesita para funcionar y utiliza un 90% menos de energía potable que un edificio tradicional con similares dimensiones.

El edificio y su entorno están diseñados acorde al lugar, lo que significa máximo aprovechamiento de los recursos naturales de su ubicación y se mezclan a la perfección con el entorno y la cultura del lugar. La orientación de la construcción aprovecha el arco del sol a través del valle Moffett y de los predominantes vientos de Bay Area. Esto quiere decir que para todos los días del año, exceptuando aproximadamente 40, no es necesaria luz artificial. En los alrededores del edificio hay plantas, flores y árboles locales tolerantes a las condiciones climáticas.

El edificio también genera una considerable cantidad de la energía renovable que utiliza por medio de varios paneles solares, una bomba de combustible altamente eficiente y una pequeña turbina de viento.

Los materiales utilizados para construir y amueblar la Base Sostenible son materiales del lugar, y en la mayoría de los casos, incluye elementos reciclados; por ejemplo, las tablas de roble que cubren el lobby del segundo nivel fueron recicladas de un túnel de viento viejo de la NASA.

El edificio usa un arsenal sofisticado de tecnología para ir más allá de un “edificio inteligente” y trabajar en el campo de la intuitiva. Puede anticipar y reaccionar a los cambios de la luz solar, temperatura y de su uso, y con el tiempo, va a ser capaz de optimizar su desempeño automáticamente en respuesta a cambios internos y externos.

Ilustración 56: Centro de Investigaciones Ames de la NASA.



28. **La casa más eficiente del mundo.** Se trata de la Eco Ideas House de Panasonic, que tiene como objetivo el ahorro de energía y la neutralización de emisiones de CO₂. Está repleta de la última tecnología en eficiencia energética, incorporando paneles fotovoltaicos, generador eólico, acumulador de ion litio, pila de combustible, iluminación LED, entre otros sistemas.

Panasonic tiene la intención de volverla comercial, sino completamente, al menos la mayoría de los equipos que utiliza.

Los visitantes llegan por una calle iluminada a base de faroles de consumo cero; estos faroles integran una placa solar y un mini-generador eólico que los hace funcionar. Al entrar a la sala de estar, los sensores de movimiento captan la presencia de los visitantes. Las bombillas LED, que gastan diez veces menos que las convencionales, se encienden ante su presencia.

El sistema de climatización es accionado por los sensores, también se ajusta por sí solo al nivel de mayor confort y menor gasto. Son ejemplos de domótica aplicada, aunque no son lo más importante de esta vivienda. El corazón de la casa se desvela al encender la pantalla plana. Es una televisión, pero también es el centro de control de la casa, que permite a los usuarios conocer su "metabolismo". Cuántos aparatos, luces o sistemas de climatización están en funcionamiento, cuánta energía están consumiendo y la cantidad de emisiones de CO₂ equivalentes están generando.

Ilustración 57: Eco Ideas House de Panasonic.



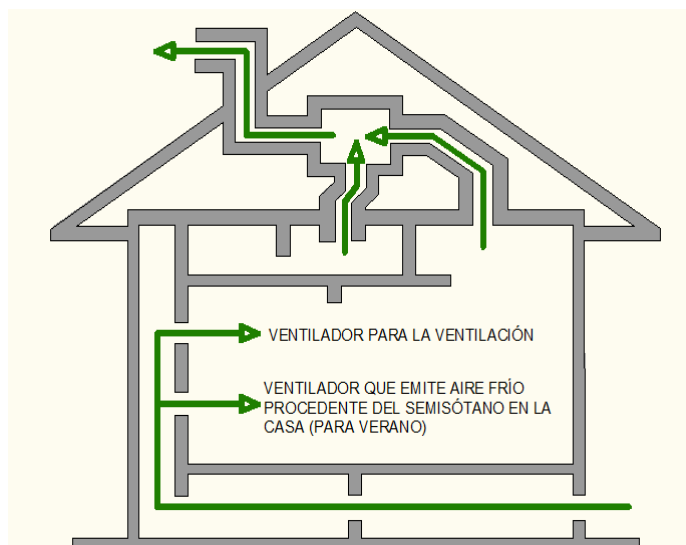
Esta casa, produce, ahorra y almacena energía. Todo esto gracias a que cuenta con paneles solares en el techo y una celda de combustible en el patio, que son los encargados de generar energía; y una batería de ion litio almacena la que sobra. Esta batería es la misma que usan los carros eléctricos. La pantalla muestra el balance entre gasto y consumo, el objetivo es que sea cero.

La Eco Ideas House exhibe los avances logrados en el campo del ahorro y la generación de energía limpia. Las lavadoras y las refrigeradoras consumen hasta un 40% menos energía que los modelos de hace dos años. Un nuevo panel aislante evita un 50% las fugas de calor. Respecto a la generación de energía, la pila de combustible, quema gas de la ciudad para producir a la vez calor de calefacción y electricidad, logra un 70% más de aprovechamiento del recurso y está por ponerse a la venta en Japón. Mientras que la batería acumuladora de ion litio ya está en el mercado: es la que utiliza el motor eléctrico del Toyota Prius. Los paneles solares son de la misma empresa Panasonic.

La vivienda está habitada por una familia japonesa de tres generaciones, una abuela de 70 años, un padre de 40, una madre de 37 y una hija de 6. La casa tiene dos niveles, con cuatro habitaciones más una habitación estilo japonés con una superficie total de 136.9 m². Además cuenta con una:

a. **Ventilación.** Las emisiones de CO₂ se reducen mediante un sistema de ventilación que utiliza el flujo natural del viento y el control de la corriente de aire a través de los climatizadores.

Ilustración 58: Sistema de ventilación de la Eco Ideas House.



El Sistema Ecológico de Ventilación limpia el aire de la casa de forma totalmente natural. Se trata de un sistema de climatización híbrido que combina la ventilación natural con la ventilación mecánica. La Torre del camino de viento S instalada en la sala de estar emite aire frío en verano y cálido en invierno por debajo del suelo para conseguir una ventilación eficaz y que ahorre energía.

Los climatizadores envían una plácida y agradable corriente de aire a cada persona de la sala por medio de un robot que distribuye el aire. Este climatizador emite el aire necesario gracias a un sensor que detecta la ubicación y el movimiento de las personas en la sala. Y se desactiva automáticamente cuando no hay nadie en la sala.

b. Iluminación. Si se permite la entrada de la luz solar y se ajusta la iluminación en cada zona se reducen las emisiones de CO₂.

Un control dinámico de los puntos de luz permite optimizar su brillo. Además, al permitir la entrada de la luz solar desde el techo y las paredes, no solo se consigue que los ambientes sean más claros y confortables, sino que a la vez se ahorra energía.

La iluminación por luces LED, de bajo consumo, reduce las emisiones de dióxido de carbono. Son de larga duración y muy pocas veces necesitan sustituirse. Permite distribuir la iluminación de un modo más eficiente y son fáciles de instalar en lugares de difícil acceso.

c. **Ahorro de agua.** Las emisiones de CO₂ se reducen al incrementar el ahorro de agua en las lavadoras e inodoros así como con una menor frecuencia en la limpieza de los baños, inodoros y lavamanos.

Las lavadoras/secadoras con tambor inclinado lavan y secan utilizando menos agua. La cantidad de agua que utilizada para lavar se reduce considerablemente inclinando el tambor de la lavadora. La lavadora/secadora ecológica seca la ropa con rapidez utilizando la tecnología de bomba de calor y por lo tanto reduce los gastos de electricidad.

Los inodoros y lavamanos utilizan la tecnología de material de cristal orgánico. Este es un nuevo material resistente a las manchas para facilitar la limpieza. Es un material resistente a los raspones y agradable al tacto. Ya que el material se mantiene limpio durante más tiempo, se reduce la frecuencia de limpieza, lo que contribuye a ahorrar agua.

d. **Calefacción.** Las emisiones de CO₂ se reducen mediante la adopción de materiales de aislamiento por vacío y tecnologías de bomba de calor que utilizan el calor del aire.

En la actualidad, los materiales que se utilizan para el aislamiento pueden tener un mayor número de aplicaciones, desde equipamiento del hogar como refrigeradoras, hasta distintas instalaciones de la casa como bañeras y materiales de construcción. U-Vucua, es un material de aislamiento por vacío desarrollado por Panasonic, y representa un gran ahorro de energía gracias a sus características aislantes.

La tecnología de bomba de calor utiliza la energía a partir del calor de aire. Se trata de una tecnología de conservación de energía que acumula, transfiere y utiliza el calor dispersado en el aire y los aplica a la refrigeradora, dispositivos de climatización, lavadora/secadora y calentadores de agua. Además reduce el consumo de energía y ahorra en iluminación y calefacción.

e. **Creación y acumulación de energía.** Las emisiones de CO₂ se reducen gracias a una combinación de celdas de combustible y generadores de Energía Solar que crean energía y acumuladores de baterías que la almacenan.

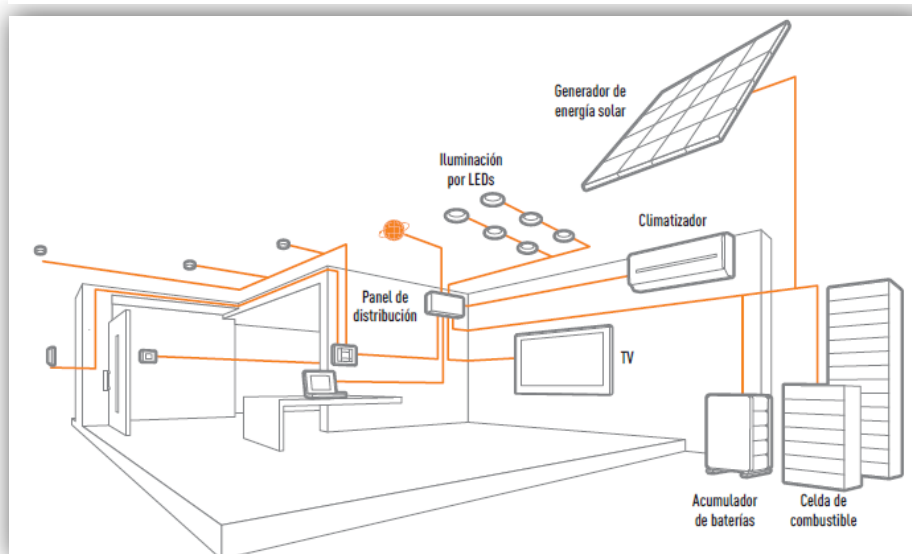
La Celda de Combustible es un sistema de producción de energía para el hogar que genera electricidad y agua caliente. La energía que genera es a partir de gas de ciudad (hidrógeno) y del aire (oxígeno). También hierve el agua con el calor generado al mismo tiempo que genera la electricidad, utilizado en la ducha y para los sistemas de calefacción por suelo radiante.

Además la casa tiene un sistema de generación de electricidad a partir de Energía Solar, un techo de paneles solares; ya que no utiliza petróleo ni otros combustibles fósiles no emite dióxido de carbono en los procesos de generación de energía.

Por último cuenta con un acumulador de baterías que almacena electricidad para cuando se necesite. Esto funciona gracias al uso de baterías de iones de litio capaces de acumular una gran cantidad de energía en pequeños volúmenes. Permite optimizar la energía de los hogares, acumulando la energía producida por las celdas de combustible y las celdas fotovoltaicas.

f. **Red doméstica. Home Energy Management System (HEMS)** es el sistema de gestión de energía para el hogar. Este sistema visualiza la cantidad de energía utilizada en toda la casa con los equipos y electrodomésticos conectados. HEMS visualiza el grado en el cual se consiguen los valores de ahorro energético deseados y proporciona consejos desde el panel de control para contribuir en las actividades de ahorro energético del hogar.

Ilustración 59: Sistema HEMS que controla toda la red doméstica.



B. Implementación de técnicas de construcción verde en Guatemala.

Es importante mencionar que las técnicas mostradas en la sección anterior pueden ser perfectamente implementadas en nuestro país. Aunque podemos tomar en cuenta algunas consideraciones que no son necesarias en nuestro país. Actualmente en Guatemala no hay ningún edificio certificado como verde.

Por lo menos en los próximos años, considerando los cambios climáticos tan drásticos que estamos experimentando en el planeta entero, incluso en los países ubicados en el Ecuador como el nuestro, no es indispensable implementar un sistema HVAC, ya que los requerimientos de confort climático pueden ser controlados con otras técnicas, como la utilización de ventanas aislantes para permitir entrar el calor pasivo, o materiales que sean aislantes térmicos y acústicos.

Otra técnica que se puede implementar en las construcciones de nuestro país es el adaptar las construcciones al desnivel natural del terreno, y con esto se evita el excesivo movimiento de tierras y con ello alterar las condiciones del terreno en donde está emplazada la obra. También, debido a la extensa vegetación que existe en las afueras de las ciudades de Guatemala, es la de diseñar casas con techos verdes, es decir con jardines en sus techos, o simplemente colocando abundante vegetación para colaborar con la purificación de la atmósfera.

Conociendo el índice anual de precipitaciones, también se pueden implementar técnicas de recolección de agua pluvial, para utilizar en los baños o en irrigación en los jardines.

Como podemos observar, son muchas las técnicas de construcción sostenible que se pueden aplicar a las obras civiles en nuestro país, es por ello que con este trabajo se pretende dar a conocer dichas técnicas y su implementación en nuestro país, para ir cambiando la mentalidad del constructor, y poco a poco ir utilizándolas como opciones viables para la construcción.

Es necesario hacer un análisis en el prediseño del proyecto para determinar a detalle los sistemas que pueden ser implementados eficazmente dependiendo de las necesidades y condiciones de la obra a realizar. Y tenemos que tomar muy en cuenta que nosotros como constructores y desarrolladores podemos tomar una idea y acoplarla a las necesidades de nuestro proyecto, o bien implementar la misma idea; en esto se basa la filosofía de la construcción sostenible, en enamorarse de los diseños verdes.

VI. Certificación de procesos de manufactura verde

A. Fuentes de contaminación en la industria de la construcción/mecanismos para contrarrestarlas y prevenirlas.

La industria de la construcción es, sin duda alguna, una de las que genera un mayor impacto en el medio ambiente. Éste, es debido a la fuerte e inevitable demanda de la misma y de la serie de actividades que involucra: desde la extracción de materia prima, la colocación de acabados y la operación de los edificios. Considerando el rápido incremento poblacional, la tendencia de la población a vivir en zonas urbanas y el estilo de vida consumista y lujoso; se puede inferir, que se requerirá de nuevos tipos de construcciones que intenten minimizar la presión al sistema natural del planeta, que actualmente se está realizando. Por ende, en una edificación verde, se deben tomar en cuenta desde los materiales a utilizar, los procesos de manufactura de los mismos, el diseño de la edificación, las tecnologías verdes disponibles en el mercado, las fuentes de energía renovable para operar el edificio, el manejo de aguas, etc.

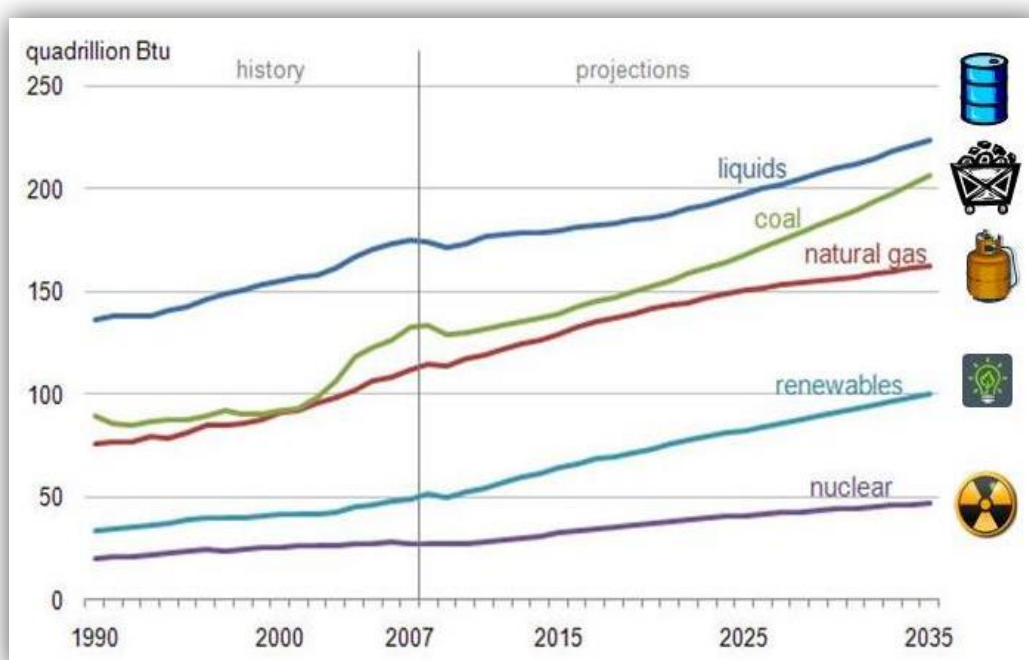
Hay estudios que muestran que la industria de la construcción (desde la extracción hasta la operación del edificio) es responsable de un 65.2% del consumo total de Energía Eléctrica en el mundo y de un 36% de la energía primaria total. Al referirnos a energía primaria, tratamos sobre toda forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Así, en la industria energética se produce la energía primaria, luego se almacena o transporta en forma de energía secundaria y se consume como energía final. Por ejemplo, la energía mecánica del viento puede transformarse en electricidad por medio de aerogeneradores y empleada al final en forma de iluminación. De esto se deduce la importancia del uso de energías primarias renovables y limpias en la industria de la construcción; puesto que el uso excesivo de fuentes primarias contaminantes es la principal fuente de contaminación de dicha industria. El incremento en el uso de energías renovables como la solar, hidráulica, etc. ayudan a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y de otros gases de efecto invernadero (en los cuales la industria de de la construcción es responsable por el 50% de dichas emisiones). (Mendoza, 2008)

Además, la industria genera aproximadamente 136 millones de toneladas de grava de construcción y demolición (lo cual es un desperdicio de materiales de aproximadamente 1.3 kg por persona al día). Lo que es rescatable de este desperdicio es que el 90% de estas 136 millones de toneladas de cascajo puede ser reciclado en su totalidad. Lo interesante sería determinar cuanto de esto es realmente reciclado.

(Mendoza, 2008)

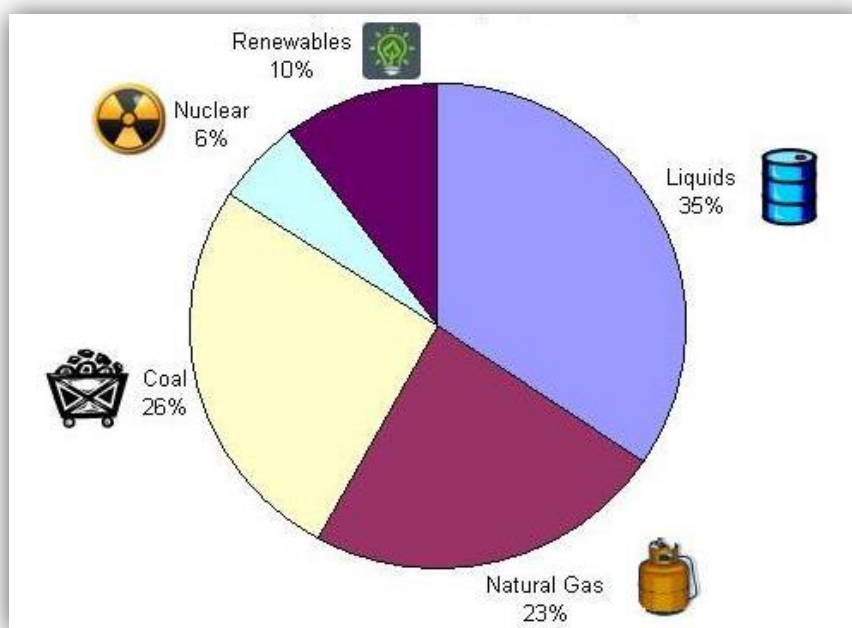
De tal forma, es evidente que es necesario comenzar a promover una cultura ecológica para construir de forma amigable con el ambiente. El objetivo principal de esto sería poder preservar recursos naturales, reducir el efecto invernadero, garantizar una mejor calidad de vida para generaciones futuras, etc. Para esto, es indispensable seguir la tendencia de la mayoría de países del mundo, lo que es poner en marcha guías para construcciones sostenibles que ayuden a calificar ambientalmente las edificaciones. En la ilustración debajo, es evidente que el uso de energías renovables se estará duplicando en los próximos 20 años según las proyecciones de la Administración de Información de Energía de los Estados Unidos. (EIA, 2010)

Ilustración 60: Consumo energético mundial por combustible, 1990 - 2035 (cuatrillones BTU).



(EIA, 2010)

Ilustración 61: Uso de energía primaria. 500 cuatrillones BTU de energía utilizada en 2010.



(EIA, 2010)

B. Los procesos de manufactura verde

Un proceso de manufactura es un conjunto de actividades organizadas y programadas (procesos físicos y químicos), para la transformación (alteración de geometría, propiedades, apariencia, etc.) de materiales, objetos o servicios en artículos, productos o servicios útiles para la sociedad. Así, un proceso de manufactura en el área de construcción puede ser la extracción de las materias primas, la transformación de las materias primas en materiales de construcción, la construcción de una edificación o incluso el manejo de la operación de un edificio. El objetivo de todo proceso es agregar valor a lo que se esté transformando; sin importar si se está produciendo bienes para el consumidor o bienes capitales. La eficiencia con la que se lleva a cabo dicho proceso, las fuentes de energía utilizan, las tecnologías empleadas, los desperdicios que se generen, etc. harán que estos sean amigables con el ambiente o no.

La creciente preocupación social por el deterioro del medio ambiente, así como las exigencias legales y reglamentarias en dicha materia, están generando una creciente concienciación de las empresas respecto a la problemática medioambiental que origina la ejecución de sus actividades. El medio ambiente, constituye un nuevo factor estratégico, que debe ser tenido en cuenta, a la hora de planificar procesos empresariales a corto, mediano y largo plazo, y como tal debe

ser integrado en la gestión de la empresa. La gestión medioambiental es el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente. Ésta debe abordarse desde varios puntos de vista: económico, ecológico y social. (Pousa, X. 2006)

Así, un proceso de manufactura verde, generalmente obedece a que es un conjunto de actividades que deben ser rentables, que toman en cuenta la integridad de los ecosistemas, su capacidad de carga y de generar externalidades positivas, así como la conservación de los recursos naturales y de la biodiversidad. Además, la sostenibilidad social se deriva del desarrollo de las actividades recreativas, paisajísticas y eco turísticas. (Pousa, X. 2006)

Hay que tener claro que los problemas ambientales en los procesos de manufactura se derivan de dos factores fundamentales: de la gran cantidad de materiales pulverulentos que se emplean y del alto consumo de energía necesario para elaborar el producto adecuado. Así, los efectos medioambientales contraproducentes que se obtiene son emisiones de CO₂ a la atmósfera, polvo en suspensión, ruidos y vibraciones, contaminación del agua, exceso de consumo energético, etc.

El objetivo de los procesos verdes es simplemente tomar medidas puntuales para convertir procesos de alto impacto ambiental (como la extracción de rocas y minerales industriales con minería abierta, el proceso de fabricación del cemento, la deforestación, elaboración de materiales complejos) en procesos de manufactura verde que puedan ser certificados. Estos entonces, deberán sugerir prácticas para delinear maneras para reducir el impacto ambiental (por ejemplo, métodos alternativos en la producción del cemento para reducir la huella de carbono del proceso).

El principal reto de la industria de la construcción en nuestros días es la utilización de materiales de construcción innovadores de bajo impacto ambiental.

1. ***Selección de materiales verdes.*** Un interesante reporte publicado por NextGen Research, estima que el mercado mundial de materiales de construcción verdes crecerá cerca de 5% anual para alcanzar, en el año 2013, US\$517,000 millones. Es evidente, que cada vez es mayor el porcentaje de la población que oriente su compra hacia un enfoque ambientalmente responsable; y esto se ve reflejado en el tipo de materiales de construcción a utilizar. Este cambio de actitud entre los constructores y consumidores, el obvio deterioro medio ambiental y las exigencias gubernamentales en Guatemala y en otros países del mundo, convierten el mercado de los materiales de construcción verdes en una gran oportunidad de negocio. Es por tal motivo, que certificar los procesos de manufactura verde comienza a tomar importancia dentro de las empresas en el área de construcción. Según ciertos estudios, los edificios comerciales de oficinas, los nuevos edificios residenciales y las mejoras a hogares muy posiblemente representarán en el corto plazo las más grandes oportunidades en productos para construcción sustentable. (Rodríguez, 2010)

En la actualidad, quienes ofrecen en el mercado materiales verdes, lo hacen a precios relativamente altos; pues a pesar de ahorrar costos al reutilizar o reciclar materiales de desperdicio, así como hacer uso de procesos de manufactura que demandan menos energía; se incrementan los costos en otros puntos de la producción. Sin embargo, es claro que estos ahorros en costo, eventualmente compensarán dichos incrementos.

Como parte de la guía para la construcción de edificaciones verdes, se efectúa una propuesta sobre la apropiada selección de materiales, que permitan lograr mejores prácticas en el diseño y la construcción de edificios.

Un material o un producto de construcción verde, es aquel que tiene un menor impacto ambiental que el de los materiales estándares que se utilizan, por lo general, hoy en día en la industria de la construcción. La razón por la cual el impacto ambiental es menor, es debido a que el proceso de extracción, manufactura, operación y disposición final deben ser todos amigables con el ambiente. Al momento de realizar la selección del material verde, el cliente estará buscando también que éste sea económicamente viable y que durante su vida útil no comprometa la calidad de vida de los seres vivos que están de alguna manera en contacto directo con él. Así, se deberá asegurar la calidad del producto, regular las toxicidades de los elementos utilizados para su fabricación, encontrar maneras innovadoras de optimizar los procesos de manufactura y minimizar los desperdicios manejándolos con responsabilidad. Además, su fabricación debería de implicar el empleo de mano de obra local.

Para analizar estos materiales, es necesario hacer uso de las herramientas a disposición (y sugeridas en las certificaciones de procesos de manufactura sostenibles, como la ISO 14000), tal como el análisis de ciclo de vida del producto. Con un análisis a profundidad de estos materiales se podrá

identificar si el producto es legítimamente verde o no. Por lo general, hay que escoger aquellos materiales que estén certificados.

Muchas veces, en países en vías de desarrollo o subdesarrollados, la carencia de información en el mercado y un marco legal y normativo un tanto deficiente, suelen mercadearse algunos productos como amigables con el medio ambiente, cuando realmente no lo son. Algunos de los criterios esenciales para medir que tan ecológico puede ser un material son:

- emplea el uso de materiales renovables,
- está fabricado de materia prima local,
- tiene contenido reciclado,
- no presenta riesgos latentes para los trabajadores durante la manufactura del mismo,
- los desechos son reutilizados o reprocesados en la manera de lo posible,
- la composición del material es de elementos no tóxicos ni cancerígenos,
- los subproductos son destinados a otras implementaciones y no simplemente desechados,
- sus empaques son biodegradables y/o reciclables,
- las distancias de distribución o traslado del material son mínimas,
- tienen capacidad de ser reciclados como materia prima del mismo proceso o de otro material diferente al de su uso original,
- su manufactura es nacional,
- durante la colocación en obra, el material no genera elementos tóxicos o reacciones descontroladas que puedan llegar a afectar o poner en riesgo la salud de quien los está instalando,
- su uso adecuado puede propiciar el ahorro de energía, de recursos naturales, de materias primas y de desechos,
- puede tener beneficios al ser usado para mejorar el entorno del usuario, mejorando así su calidad de vida (sombra, iluminación natural, disminución de ganancia térmica, regulación de temperatura, calidad del aire, etc.)
- la exposición prolongada al material no implica un efecto nocivo para la salud,
- y tiene bajo mantenimiento; por lo que se traduce en ahorros en costos operacionales y mejora en rendimiento del material. (Rodríguez, 2010)

En Guatemala, la oferta y demanda de materiales verdes, no es tan relevante hoy en día como posiblemente lo es en otros países desarrollados como Estados Unidos u otros países Europeos como Alemania. Sin embargo, ha comenzado a tener cierta relevancia en el presente, debido a la conciencia de los consumidores en general sobre los problemas ambientales y/o sobre los beneficios económicos y sociales del ahorro energético o de agua. Es nuestro país, es cada vez más obvio que la contaminación de ríos, lagos, etc. es una problemática indiscutible, que la escasez de agua potable es

evidente, que el costo de la Energía Eléctrica tiene tendencia al alza, que los desastres naturales son cada vez más fuertes e incontrolables, que los vertederos y rellenos sanitarios son insuficientes e ineficientes; y se debe tomar cartas en el asunto o la situación se irá agravando. Por tales motivos, los programas gubernamentales a favor de construcciones verdes y la popularización de sistemas de certificación de edificaciones verdes están comenzando a escucharse con mayor frecuencia en el medio.

Empresas como Amanco y Cementos Progreso están produciendo materiales “verdes” y varias otras empresas se están encargando de la distribución de otros tipos de materiales y productos amigables con el medio ambiente. La mayoría de las empresas distribuye productos relacionados con el ahorro de energía (desde electrodomésticos, hasta focos ahorradores); otras productos para el ahorro de agua (dispositivos reguladores, equipos ahorradores de agua, electrodomésticos, etc.); maderas certificadas; y otros productos como mingitorios secos, techos y muros verdes, impermeabilizantes, aislantes, ventanas, pinturas ecológicas, perfiles de aluminio, alfombras modulares de material reciclado, ladrillos, solventes orgánicos, etc.

a. Ejemplos de materiales verdes. Cemento Verde. Durante la fabricación del cemento, se producen ciertas reacciones químicas que emiten grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera.

Además, los hornos de carbón altamente utilizados por los fabricantes de cemento hoy en día, no solo utilizan grandes cantidades de energía para calentar y secar los productos que constituyen el cemento, sino que por cada tonelada de cemento que se produce, se emite aproximadamente una tonelada de CO₂ a la atmósfera.

Se infiere entonces que el cemento no es un material amigable con el medio ambiente. Lo que comienza a ser preocupante, es que el cemento es el segundo producto más empleado en el mundo después del agua; ya que se producen cerca de 2.5 mil millones de toneladas del mismo cada año. Esta fuerte demanda del cemento, debido al gran desarrollo de las zonas urbanas del mundo ocasionadas por el desmedido crecimiento demográfico, resulta en un daño inmensurable al medio ambiente. Sin embargo, el cemento actualmente es insustituible; pues no hay ningún otro material que cumpla con sus funciones; por lo que se han estado buscando alternativas de cemento que sean más ecológicas o métodos para producirlos que tengan un menor impacto.

La mayoría de los fabricantes de cemento no están enfocados en reemplazar el cemento convencional, sino que están buscando la manera de reducir la cantidad de energía utilizada en sus procesos de fabricación y están intentando adoptar formas más limpias de energía. Sin embargo, hay

también una gran cantidad de nuevas empresas que están intentando reemplazarlo con nuevos y diferentes productos.

Hay ciertas prácticas recomendadas por la Iniciativa Sustentable del Cemento, que delinear formas para reducir la huella de carbono de los fabricantes de cemento. Las recomendaciones van desde la extracción de la piedra caliza con técnicas que reducen el ruido y el polvo; la eficiencia en el consumo energético durante la producción y utilización de energías limpias; la localización idónea de las plantas para eliminar contaminaciones por exceso de transporte; su utilización inteligente en las edificaciones para mantener temperaturas internas; el reciclaje del concreto que a su vez trae consigo disminución en costos de extracción. Dado que los gobiernos han estado poniendo límites y precios a las emisiones de carbono, las compañías han comenzado a buscar métodos innovadores para producir cemento.

2. **Energías renovables utilizadas.** Aún cuando no son energías nuevas, las Energías renovables se plantean actualmente como alternativa a las denominadas energías convencionales. (Construible, 2011) Para la realización de una Construcción Sostenible, se tiene que hacer una cuidada selección del tipo de energía que se utilizará. Estas energías renovables deben ser aplicadas desde los procesos de fabricación de los materiales de construcción, hasta en la operación de la edificación; donde tienen su mayor aplicación en estos momentos. Por ejemplo, la utilización de calentadores solares está teniendo un auge en la industria de la construcción en Guatemala. (Censolar, 2009)

La construcción, tal y como se ha mencionado, juega un importante papel en el uso de estos recursos; puesto que es el principal sector en que se aplican estas fuentes de energía limpias. La correcta elección de los recursos energéticos empleados durante el proceso de construcción, puede suponer un **ahorro considerable** y reducir la repercusión que estas actividades causan en el entorno. Por ende, en el trabajo grupal se hacen análisis económicos sobre la rentabilidad de la aplicación de estas nuevas tecnologías y fuentes de energía renovables.

La energía es ahora más que nunca, un elemento imprescindible en el desarrollo del sector de la construcción, puesto que es de suma importancia que se comience a encontrar la manera de reducir el impacto ambiental que tiene esta industria. Por tal motivo, es importante que se fomente el uso controlado de los recursos sostenibles y opere con armonía con el medio ambiente y las características del entorno.

Las energías renovables se clasifican según la fuente natural de la que proceden en:

- Energía Solar - Es una de las energías renovables por excelencia y se basa en el aprovechamiento de la radiación solar que llega a la superficie terrestre y que posteriormente es transformada en electricidad o calor (Construible, 2011).
- Energía Eólica - Es la que se produce a través de la energía cinética del viento transformándola en electricidad, todo ello mediante los denominados aerogeneradores cuya agrupación conforma las centrales eólicas (Construible, 2011).
- Energía minihidráulica - Aprovecha la energía cinética generada por las diferencias de nivel de los cursos de agua para transformarla en Energía Eléctrica. Este tipo de energía se considera renovable cuando su aprovechamiento se realiza con una potencia no superior a 10 MW. La Energía Hidráulica que supera esta potencia no se considera renovable debido al gran impacto ambiental de su emplazamiento para mayor producción (Construible, 2011).
- Biomasa - Es un combustible formado por materia orgánica renovable de origen vegetal resultante de procesos de transformación natural o artificial en residuos biodegradables o cultivos energéticos (Construible, 2011).
- Geotérmica - Aunque no se considera energía renovable en sí, es una energía procedente del calor interior de la tierra, utilizado para su conversión en electricidad y para aprovechamientos térmicos (Construible, 2011).

Para poder considerar a una construcción o edificación como renovable o verde, debe poseer las siguientes características:

- Ahorro: Ahorrar energía y recursos (agua) desde el diseño mismo del edificio. Con simples medidas, orientaciones, diseño, selección de materiales, aprovechamiento del sol, etc. poder obtener hasta un 65% de ahorro. (Censolar, 2009)
- Eficiencia: Para disminuir el consumo de energía en las viviendas, se puede utilizar electrodomésticos de alta eficiencia. Pueden emplearse termostatos para controlar la temperatura de las habitaciones y sistemas centralizados de mayor rendimiento como calderas de condensación, de baja temperatura. (Censolar, 2009)
- Energías Renovables: Implementando medidas de ahorro y eficiencia, se puede disminuir considerablemente el consumo energético. Para cubrir con el resto de necesidades se puede hacer uso de las energías renovables, como las anteriormente descritas. (Censolar, 2009)

3. **Tecnologías amigables con el medio ambiente disponibles**

en el mercado. En el mercado global, así como en el guatemalteco, hay ya una gran variedad de tecnologías amigables con el ambiente. Hay tecnologías disponibles para las industrias, así como para uso general en casas habitacionales. Por ejemplo, hay hornos eficientes que elevan la temperatura de los materiales a cocer con menor uso de energía; así como hay refrigeradoras de alta eficiencia que reduce la factura mensual de consumo de energía hasta en un 35. El diseño de los sistemas mecánicos de las edificaciones puede contar con refrigerantes libres de CFC para no dañar la capa de ozono. También, es factible la utilización de monitores LCD (en computadoras, televisiones, etc.) que requieren de menos electricidad que los tradicionales y de tecnología antigua.

La tecnología ha ido desarrollándose también en empresas que trabajan con productos relacionados con el agua. Hay una gran cantidad de oferta de dispositivos para el tratamiento de aguas residuales, así como también hay compañías ligadas a la producción de equipos ahorradores de aguas (como hidrolavadoras), dispositivos reguladores, reuso de aguas pluviales, etc. Muchos edificios verdes hacen uso de otras estrategias como mingitorios secos, sensores de presencia en los lavamanos, plantas de especie nativa que solo necesitan la cantidad de lluvia que cae al año para sobrevivir, etc.

Es creciente también la oferta en productos que generan energía fotovoltaica, calentadores solares, lámparas solares, de inducción, LEDs y alumbrado público solar.

Los sistemas inteligentes de automatización y control mediante uso de sensores remotos para encender/apagar o regular aparatos electrónicos y sistemas de instalaciones eléctricas (iluminación, climatización, puertas, el riego, etc.) están tomando también popularidad en el medio. El objetivo del uso de dichos sistemas es el aumento del confort, el ahorro energético y la mejora en la seguridad personal y patrimonial en la vivienda. Por ejemplo, hay sistemas que regulan la intensidad de iluminación dependiendo de la cantidad de luz natural que haya en el momento.

4. **Empresas guatemaltecas certificadas con un sistema de gestión ambiental.** Ejemplos de empresas nacionales con certificación ambiental. En el área de la construcción, son pocas las empresas guatemaltecas que tienen certificados sus procesos en el tema ambiental; estando la mayoría de estas, certificadas con ISO 14001:2004. En el año 2003, Cementos Progreso, Planta San Miguel, certificó su proceso de producción de cemento (desde la explotación de cantera hasta el primer destino) con SGS. Luego en 2004, Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A. certificó la producción de tuberías extruidas y perfiladas de PVC, accesorios de PVC y productos rotomoldeados de polietileno con INTECO.

También, hay comunidades en la región de Petén, que han certificado sus operaciones forestales con Rainforest Alliance. Carmelita, una región en el norte de Petén, certificó sus operaciones y así ha logrado encontrar mercados internacionales para sus productos madereros.

Hay también empresas que distribuyen productos certificados GreenGuard. Por ejemplo, Formas Geométricas e Inversiones Silvestre S.A. distribuyen productos marca Silestone que están certificados. Hay también empresas que distribuyen pinturas ecológicas certificadas GreenSeal. Además, todas las empresas que distribuyen adhesivos 3M, están distribuyendo productos certificados.

En cuanto a las edificaciones verdes certificadas LEED en Guatemala, hay tres proyectos en fase de diseño y construcción. Los tres proyectos son: Hotel Kawilal, Arkadia Shopping y Terra Esperanza. El primero, será el primer hotel ecológico certificado LEED en Guatemala y se encuentra a 30 minutos de Antigua Guatemala. El Terra Esperanza se ubicará en las antiguas oficinas de Maycom en la zona 10. Este será un edificio de 11 niveles de uso mixto (restaurantes, oficinas virtuales y apartamentos). Los materiales utilizados serán ladrillo, piedra volcánica y mármol. El diseño fue realizado por Grupo 3G y Ambiente Arquitectura; con la colaboración de Legorreta y Legorreta.

Ver en Anexos el Registro Nacional de empresas certificadas a septiembre de 2010.

C. Certificaciones en procesos de manufactura verde y en edificaciones verdes.

1. **ISO 14000.** La Organización Internacional de Normalización, ISO, es una federación creada en 1946, es el encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de comunicación, comercio y fabricación, para la mayoría de las ramas industriales y comerciales.

Se encuentra conformada por delegaciones gubernamentales y no Gubernamentales que publica y difunde normas internacionales relativas a todos los ámbitos de actividades. Cuenta con la participación de aproximadamente 120 países encargados de desarrollar las guías que contribuirán al mejoramiento ambiental-

Es importante destacar que tanto la Organización Mundial del Comercio (OMC), como la Comisión Europea, reconocen a la ISO como el organismo competente para establecer normas internacionales, que posteriormente pueden ser utilizadas como base para una legislación (Coneno 1997).

El trabajo de la ISO tiene una importancia considerable por su potencial de influenciar el comercio internacional y las reglamentaciones ambientales, desde el nivel global al nacional. Además posee una considerable credibilidad debido a su larga trayectoria y los procedimientos para establecer y adoptar normas.

La ISO 14000 se basa en la norma inglesa BS7750, que fue publicada oficialmente por la British Standards Institution (BSI). Estas normas y/o estándares, llamados ISO 14000, iniciaron el proceso de transformar la manera en que gobiernos e industria han ido paulatinamente enfocando y tratando los asuntos ambientales (Coneno 1997).

La norma ISO 14000, al igual que la ISO 9000, está basada en procesos, más que en productos, y se aplica a la totalidad de una empresa por medio de un sistema de gestión de la norma. Esta norma fue elaborada para ayudar a las empresas a crear, dentro de la misma, una capacidad empresarial en materia de sistema de gestión del medio ambiente. La conformidad con esta norma certifica que una empresa ha puesto en marcha un sistema documentado de gestión de medio ambiente y puede demostrarlo mediante una supervisión posterior o auditoría (AENOR, 1996).

Las normas de la familia ISO 14000 tienen su origen en las tendencias a nivel mundial en el tema de la gestión ambiental. Desde hace ya varias décadas, se ha observado un latente cambio

conceptual en la manera de producir estando en armonía con el medio ambiente, para así garantizar una mejor calidad de vida a las generaciones futuras. (Quirós, 1996)

Para la implementación efectiva de la norma, es probable que se deba incurrir en gastos adicionales, en cuanto a las nuevas tecnologías disponibles en el mercado, que tendrían que adquirirse para cumplir con los diversos requisitos de la misma.

La serie 14000 implica que el resultado de implantar un sistema de gestión ambiental propiamente documentado e implementado contribuirá a producir no solo con un mejor desempeño ambiental, sino que con frecuencia con un mejor desempeño económico por el ahorro en costos que genera.

La norma está diseñada en un lenguaje común para el desarrollo e implementación de la gestión ambiental, ya que ayuda a industrias a satisfacer la demanda de productos certificados verdes de los consumidores y a instituciones gubernamentales para trabajar con mayor responsabilidad ambiental. Asimismo, establece un marco general para que terceros tengan una guía para certificar sistemas de gestión ambiental.

La serie 14000 está constituida por varias normas como las descritas debajo:

- ISO 14001: Trata de los sistemas de administración ambiental, especificaciones con guía de uso.
- ISO 14004: Trata de los sistemas de administración ambiental, es una guía general de principios, sistemas y técnicas de soporte de la norma.
- ISO 14010: Guías para la auditoría ambiental, principios generales.
- ISO 14011: Guías para la auditoría ambiental, procedimientos de auditoría.
- ISO 14012: Guías para la auditoría ambiental, criterio de evaluación para los auditores ambientales.
- ISO 14013: Gestión de los programas de auditoría de gestión medioambiental.
- ISO 14020/24: Etiquetado ambiental, principios generales, guía para la certificación.
- ISO 14031: Evaluación del desempeño ambiental.
- ISO 14040/43: Ciclo de vida, guías y principios fundamentales.

(Ritchie, 1998)

Las empresas nacionales tienen la oportunidad de observar como ciertas compañías e industrias líderes del mercado responden y se preparan para cambiar sus sistemas de administración con el objetivo de abordar aspectos ambientales como la selección de materiales, el desarrollo de

ciertos productos, la mercadotecnia, distribución, venta, etcétera; ya que todas las actividades de la empresa tendrán, en su momento, un impacto ambiental. (Quirós 1996).

Las normas ISO 14000 están compuestas por normas internacionales de Gestión Ambiental voluntarias, que tienen como objetivo normalizar los Sistemas de Gestión Ambiental. Ofrecen además las herramientas para lograr hacer eficientes los sistemas y administrarlos correctamente para optar por certificaciones por medio de auditorías ambientales elaboradas por terceros. Se concentran fundamentalmente en considerar los problemas en la fuente, más que tratar de controlar sus síntomas. Además, proveen a las empresas una serie de herramientas para ayudarlas a responder a los problemas ambientales en una forma consistente y sistemática. También, están diseñadas para complementar los enfoques regulatorios de los gobiernos; los cuales muchas veces no son suficientes para garantizar la óptima utilización de los recursos naturales. (Quirós 1996).

En Guatemala, a finales de los años 90, aplicar normas internacionales, para garantizar una eficiente administración de la variable ambiental, era poco considerado. Hoy en día, son varias las empresas, industrias y organismos gubernamentales que muestran un mayor interés hacia un proceso de adopción. La responsabilidad por el medio ambiente ha comenzado a tomar relevancia en los diferentes sectores de la sociedad y del público en general. El sector privado frecuentemente se ha encontrado presionado entre la necesidad de responder a demandas ambientales cada vez más exigentes y la urgencia de mantener una ventaja competitiva en una economía internacional donde los competidores pueden estar sujetos a requerimientos más leves. Consecuentemente, con la globalización de la economía y los tratados de libre comercio, las reglas de juego para los operadores económicos deben abarcar un contexto geográfico más amplio (AGEXPRONT).

Las normas de la serie ISO 14000 son de dos tipos:

1. normas sobre sistemas de administración, y
2. normas relacionadas con los productos.

Las normas sobre sistemas de administración están orientadas hacia la organización y brindan una guía para establecer, mantener y evaluar un Sistema de Gestión Ambiental. Se han elaborado dos tipos de herramientas para la evaluación y revisión de las actividades y el desempeño ambiental: las normas de auditorías y de Evaluación de Desempeño Ambiental (EDA). Estas herramientas permitirán monitorear distintos aspectos del desempeño ambiental y en el caso de la EDA, es sólo para uso interno de planificación en las empresas.

Las orientadas hacia el producto, tratan de determinar los impactos ambientales de los productos y servicios. Además, se enfocan en sus ciclos de vida, las etiquetas y declaraciones ambientales. Las normas de etiquetado tienen como objetivo desarrollar métodos, criterios y

vocabularios comunes para el etiquetado ambiental. Las orientadas al análisis del ciclo de vida, incluyen una serie de procedimientos para examinar los ingresos y egresos de materias primas y de recursos energéticos; además de un análisis de impactos ambientales asociados atribuibles directamente al funcionamiento de un producto o servicio en todo su ciclo de vida. Esto permite evaluar la eficiencia del proceso productivo que atraviesa un producto.

De la misma forma, se debe mencionar que dentro de esta familia de normas, ISO 14000, las hay de dos clases:

Normas prescriptivas: establecen requisitos o especificaciones. Indican lo que debe cumplir la empresa y son las únicas que pueden ser empleadas para auditar o certificar. En la serie medioambiental, solamente las ISO 14001 son de este tipo -Sistemas de Administración Ambiental ("SAA"); especificaciones con indicaciones para su uso.

Normas auxiliares o directrices: ofrecen orientación y apoyo a las normas prescriptivas; no establecen especificaciones sino el camino correcto para implementar las normas. Son descritas como informativas puesto que proveen metodologías aceptadas internacionalmente, fomentando así la utilización enfoques consistentes entre las organizaciones. Todas las demás normas de esta serie son de este tipo.

Cabe resaltar dos vertientes de la ISO 14000:

1. La certificación del Sistema de Gestión Ambiental, mediante el cual las empresas recibirán el certificado, y
2. El Sello Ambiental, mediante el cual serán certificados los productos ("Sello Verde").

En la actualidad, la rigurosa competencia y exigentes demandas, son los principales motivos por el cual las normas ISO 14000 sean un requerimiento mandatorio para que muchas compañías puedan comercializar sus productos en algunos mercados europeos, norteamericanos, asiáticos, etc. Por ende, las compañías guatemaltecas, en el ámbito político legal del tratado de libre comercio, deberán comenzar a certificarse también para poder enfrentar dicha competencia. Además, en la actualidad, es un hecho que muchos importadores de productos, en especial en los Estados Unidos de Norte América, a través del TLC dan preferencia a los elaborados por compañías certificadas bajo ISO 14001.

Otra razón obvia para adoptar estas normas ambientales son las barreras comerciales. Algunos países intentan usar el desempeño ambiental directa o indirectamente como una barrera comercial no arancelaria que favorezca a sus productores nacionales, quienes están familiarizados

con los requerimientos ambientales del país. Las compañías exportadoras que buscan vencer esas barreras pueden encontrar que la certificación ISO 14001 es un antídoto efectivo.

La popularidad que han tomado las normas ISO en la industria mundial, ha creado la necesidad de que cada país cuente con instituciones capaces de fomentar y desarrollar de manera confiable y creíble, las actividades de normalización, acreditación y certificación acordes con los procedimientos internacionales si desea incrementar la competitividad de sus productos. Cuando un país no tiene este tipo de instituciones, sus empresas deben recurrir a certificadores acreditados ante organismos de otros países. Esto provoca gastos adicionales a los que habitualmente demanda el proceso de certificación. (INDECO 1998)

Este marco debe ser convincente para los gobiernos y para los organismos miembros de la ISO, y debería reunir los requisitos necesarios para ser reconocidos mutuamente por los socios comerciales de un país. La calidad de los procedimientos de certificación es importante porque los riesgos de la certificación de un Sistema de Gestión Ambiental, son mayores por ejemplo, que para la certificación de un Sistema de Calidad porque hay muchos aspectos públicos. Si una empresa con un Sistema de Gestión Ambiental registrado tiene problemas ambientales, esto traerá, mala publicidad y puede tener un efecto negativo sobre el sistema y sobre la institución. (Shenell 1998).

Comparar una compañía certificada con otra debería ser factible pues en teoría la interpretación de los requerimientos de las normas debiera ser uniforme. La calificación de los auditores (acreditadores y certificadores) debiera ser uniforme aplicando al pie de la letra las guías del Comité de la ISO sobre la Evaluación de la conformidad. Sin embargo, en la práctica la posibilidad de esto es complicado; pues hay diferencias fundamentales en cuanto a las leyes ambientales que se deben cumplir, la experiencia, la tecnología disponible, los problemas medioambientales que enfrenta la empresa, los compromisos y obligaciones que afrontan. (Shenell, 1998).

En países como Guatemala, la protección ambiental todavía es catalogada como un lujo a ser considerado luego de que las necesidades más inmediatas de pobreza, educación, saneamiento, etc. sean satisfechos. En países en desarrollo, es muy probable que se enfrenten ciertas dificultades en poder soportar la infraestructura necesaria para complementar los requerimientos de las ISO 14000. Esto es así, debido al hecho que las mismas ISO 14000 no parecen establecer ningún límite a los requerimientos que pueden ser demandados, e implica un cierto grado de subjetividad - lo cual es usual en las cuestiones relacionadas al medio ambiente.

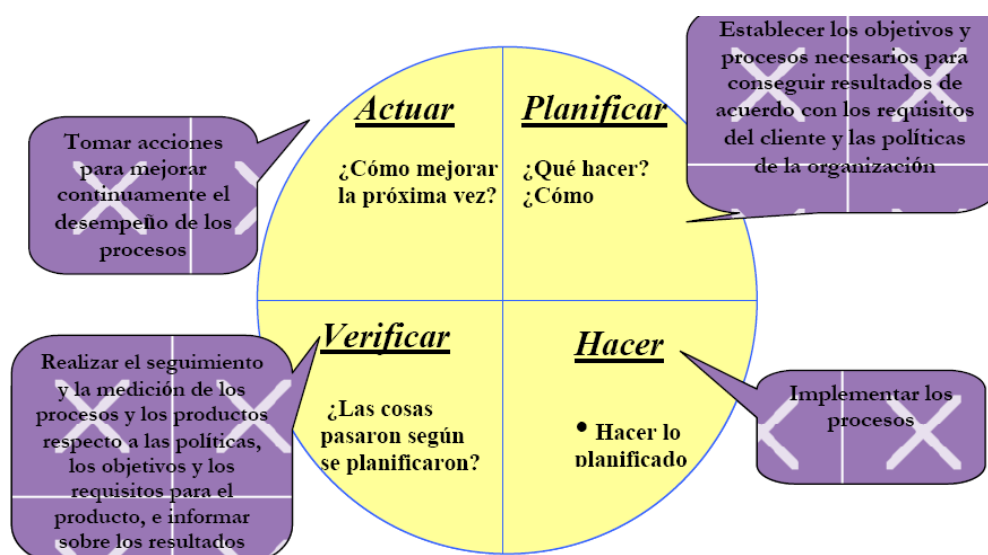
En sí, la norma no establece o exige que una empresa logre un desempeño ambiental específico. Sin embargo, requiere que se formule una política organizacional en el tema ambiental con objetivos adecuados que tomen en cuenta lo plasmado por la política y los requerimientos

legislativos e información sobre los impactos ambientales significativos de cada empresa en particular. Por lo tanto, el Sistema de Gestión Ambiental, no es más que un mecanismo estructurado y estandarizado para tener una guía que oriente los esfuerzos de la organización a alcanzar y mantener un desempeño ambiental eficiente y efectivo.

En resumen, las normas ISO 14000 ofrecen a las empresas una base homogénea de directrices sobre procedimientos de gestión ambiental, que les permiten anticipar externalidades medioambientales negativas de sus procesos productivos. La necesidad de penetrar a nuevos mercados dinámicos, tanto nacionales como externos, en los cuales impera un sistema de comercio multilateral cada vez más exigente en cuanto a la calidad productiva, ha impuesto como requerimiento la adopción de las normas de Gestión Ambiental, con el fin de cumplir con exigencias de calidad, eficiencia, protección de los recursos naturales y sostenibilidad. El enfoque es obtener, como resultado final, la conservación y protección del ambiente en su perspectiva más amplia. Es decir, permite mantener y promover la estabilidad de los recursos productivos que se utilizan y del medio que los rodea.

Este conjunto de normas, aceptadas internacionalmente, están enfocadas en la mejora continua, o sea, un ciclo dinámico en el cual se esté reevaluando permanentemente el sistema de gestión, procurando la mejor relación posible con el medio ambiente. La esencia de estas reglamentaciones puede definirse con el ciclo de Deming, PHVA (**planificar-hacer-verificar-actuar**).

Ilustración 62: Aseguramiento de la mejora continua: Ciclo PHVA.



Entre las ventajas de la implementación de la norma ISO 14001:2004 se pueden mencionar algunas como:

- Ordena y facilita el cumplimiento de obligaciones formales exigidas por la legislación

medioambiental aplicable, reduciendo el riesgo de incumplimiento a las mismas y daños al medio ambiente, demandas de responsabilidades civiles penales y aumentando la confianza de accionistas, inversores y compañías de seguros.

- Refuerza las estrategias de diferenciación de productos, como por ejemplo, la obtención de etiquetas ecológicas.
- Permite la adaptación a posibles demandas del mercado y acceder a concursos públicos que exigen tener implantado un sistema de gestión medioambiental.
- Facilita inversiones, mejora el control de costos y posibilita la participación en nuevas oportunidades de negocio y el desarrollo de tecnologías y productos.
- Mejora la imagen interna y externa de la empresa.
- Reduce los costos derivados de la no gestión, pues permite identificar los costos ambientales.
- Permite mejorar y optimizar los procesos productivos, al favorecer el control y ahorro de las materias primas, la reducción del consumo de energía y agua, el aprovechamiento y minimización de los residuos, el control y la eficacia de los procesos.
- Fomenta la creatividad y la participación del personal a todos los niveles para encontrar oportunidades de mejora y proponer soluciones al impacto medioambiental.
- Afianza y complementa otros sistemas de gestión: calidad, seguridad e higiene, seguridad industrial, etc.
- Integra la gestión medioambiental en la gestión global de la empresa.

D. LEED

Con el objetivo de ofrecer lineamientos a constructores para que desarrollen proyectos verdes se puede hacer uso de la base del sistema LEED. Conceptualizando el término edificación verde, como aquella edificación basada en reducir el impacto ambiental.

Una certificación de una edificación verde es aquella que sirve como una guía para diseñar, construir y operar una edificación con el fin de GARANTIZAR que se cumplan con ciertos parámetros que aseguran la disminución del impacto ambiental durante la vida útil de la obra.

Una certificación para una edificación sostenible debe medir ciertos criterios básicos como:

- Selección del sitio y relación con el medio. La selección debe realizarse de forma tal que se minimice el impacto de la edificación en el ecosistema y cuerpos de agua. Además, los diseños deben ser atractivos estéticamente hablando para que se relacionen con el paisaje. También se deben tomar en cuenta puntos clave como la reducción de la erosión, el sistema

de drenajes, elecciones sustentables en temas de transporte, etc.

- Selección y utilización de materiales durante la construcción y durante la operación de la edificación. Los materiales empleados deben ser neutrales y transpirables, elaborados con materias primas recicladas y que sean fácilmente restaurados para su reutilización, locales o regionales, de bajo mantenimiento, elaborados mediante procesos de manufactura verde (sembrados, cosechados, producidos, transportados, etc. minimizando el impacto en el ambiente), libres de COV, tóxicos, etc.
- Eficiencia en la utilización del agua. Mediante aplicaciones eficientes, utilización de tecnología en sistemas de riego, reutilización de aguas grises y pluviales, tratamiento de aguas negras, etc.
- Estrategias en el uso de la energía. Mediante utilización de energías renovables para producir energía de consumo, el diseño e instalación eficiente con utilización de nuevas tecnologías, sistemas de iluminación inteligentes y ahorradores, electrodomésticos y aparatos eléctricos eficientes, empleo de materiales y diseños que permitan la utilización de la luz solar y el aislamiento térmico, etc.
- Calidad en el ambiente interior. Logrando calidad en el aire mediante una buena ventilación, iluminación natural durante el día, barreras fónicas mediante el uso de materiales naturales aislantes, etc.
- Innovación en el diseño. Haciendo uso de tecnologías innovadoras y estratégicas para mejorar el desempeño de la edificación y con la ayuda de arquitectos certificados que aseguren el enfoque integrado y holístico del diseño, la construcción y la operación verde.

LEED, Leadership in Energy and Environmental Design, es un sistema de certificación de edificaciones verdes reconocido internacionalmente y desarrollado por el United States Green Building Council (USGBC). Este sistema es lo suficientemente flexible como para aplicarse a cualquier tipo de construcción - desde industrial hasta residencial.

Se basa en un programa integral de 69 consideraciones que premia con puntos a los proyectos que hacen uso de prácticas más amigables con el medio ambiente. Considera los puntos tratados anteriormente y otros como edificar recuperando zonas previamente de uso industrial o en áreas vecinas a los centros de mayor tránsito.

El sistema LEED, aplicado ya en varios países, impulsa las ventas de viviendas, edificios de

oficinas, hoteles, hospitales y centros comerciales, en todos los países en donde se aplica. Hay diferentes tipos de certificación LEED, entre los cuales se pueden mencionar las siguientes:

- LEED NC para construcciones nuevas
- LEED CS, para edificaciones entregadas a su propietario en plantas libres como oficinas o departamentos
- LEED EB BD, para edificios existentes
- LEED CI para interiores comerciales
- LEED H- para casas y
- LEED NB Barrios, que a diferencia de los primeros involucra una visión global del génesis de cualquier asentamiento urbano en el mundo

Cada uno de estos tipos es calificado y categorizado en 4 categorías:

- Green (26-32 puntos)
- Silver (32-40 puntos)
- Gold (40-48 puntos)
- Platinum (48-69 puntos)

Entre los principales beneficios de construir edificaciones que estén certificadas se pueden mencionar:

- Se construye siguiendo lineamientos y normas de excelencia que garantizan la seguridad de la edificación.
- Calidad de construcción
- Eficiencia energética
- Calidad excepcional del aire exterior
- Luminosidad de interiores
- Vistas del paisaje externo
- Ahorro de agua potable
- Utilización de materiales sin emisiones contaminantes
- Atracción de un mayor número de inversionistas o potenciales propietarios.

Una edificación certificada está diseñada para disminuir los costos de operación e incrementar el valor del activo; reducir los desechos, que se van a rellenos sanitarios, basureros clandestinos, ríos, etc.; conservar energía y agua; ser más segura y sana para quienes la ocupan; reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; y calificar para reducción de impuestos, permisos específicos y otros incentivos para quienes construyen.

Los costos asociados a la certificación son los básicos en cualquier norma: el costo de registro, análisis y auditoría; cobrado directamente por el USGBC; y la asesoría y gestión por un asesor independiente (de ser necesario). El monto de este costo dependerá fuertemente del tamaño de la edificación que se pretende construir.

E. Rainforest Alliance

Rainforest Alliance es una asociación mundial comprometida con la conservación de los ecosistemas y del medio ambiente así como la gente que vive de ellos o en armonía con ellos a nivel mundial (Aventuras Verdes, 2006).

El programa es manejado por una sociedad de organizaciones no gubernamentales conocida como Red de Agricultura Sostenible (RAS), la cual incluye, entre otros, a la Fundación Interamericana para la Investigación Tropical (FIIT) acá en Guatemala y a SalvaNATURA en El Salvador. *Rainforest Alliance*, una ONG internacional, sirve como el secretariado de la RAS, y es responsable del entrenamiento de los miembros de la Red (Álvarez, 2008).

Es una asociación con las siguientes características:

- Sin fines de lucro
- Certificación voluntaria (Igual o más estricto que la ley local)
- Evalúa desempeño
- No hay precios fijos
- Uso de agroquímicos controlado
- Proceso de auditoría riguroso
- Utilizan auditores locales (Murillo, 2005).

La misión de la asociación es proteger los ecosistemas, así como las personas y la vida silvestre que habitan en ellos, mediante la transformación de las prácticas del uso del suelo, las prácticas comerciales y el comportamiento de los consumidores (Rainforest Alliance, 2006).

Las compañías, grupos comunales y propietarios que participan en los programas cumplen con estándares rigurosos que conservan la biodiversidad y proveen el bienestar sostenible de los habitantes (Murillo, 2005).

Entre los principales logros de Rainforest Alliance se pueden mencionar los siguientes:

- Pionero en la certificación forestal sostenible a nivel mundial.
- Único certificador internacional sin fines de lucro.
- Certificado más de 21.7 millones de hectáreas a nivel mundial.

(Rainforest Alliance, 2006)

Básicamente, las certificaciones que *Rainforest Alliance* ofrece se enfocan en tres distintas áreas:

- Protección de los bosques.
- Las granjas o fincas
- En el turismo y viajes

(Aventuras Verdes, 2006)

Los principios primordiales de las normas se resumen en los siguientes puntos básicos:

1. Planificación, ejecución y monitoreo del sistema de gestión socio-ambiental
2. Conservación de ecosistemas
3. Protección de la vida silvestre
4. Conservación de recursos hídricos
5. Trato justo y buenas condiciones para trabajadores
6. Relaciones comunitarias
7. Manejo integrado del cultivo
8. Conservación y manejo del suelo
9. Manejo integrado de desechos (Murillo, 2005).

Entre los beneficios ofrecidos por Rainforest Alliance se encuentra la transparencia y credibilidad; ya que los objetivos se alcanzan por medio de la colaboración con una organización de conservación, sin fines de lucro, independiente y de excelente reputación, que opera con transparencia. Además, a través de la red de oficinas de campo, poseen un buen nivel de entendimiento de los temas locales y regionales; lo que hace que cada proceso de certificación sea especializado y de acuerdo a las necesidades del medio. Los servicios de verificación y validación relacionados con la legalidad de la madera, su explotación, bosques de alto valor de conservación y proyectos de carbono forestal; de acuerdo a una variedad de normas; son un beneficio adicional que ofrece *Rainforest Alliance* a los usuarios. (*Rainforest Alliance*, 2011)

En cuanto al tema de verificación de la legalidad de la madera, se realizan investigaciones para determinar la procedencia de los productos. La tala ilegal causa daño, no sólo al ambiente y a las comunidades locales, sino también a las empresas que ya están operando con responsabilidad en cumplimiento con las leyes y reglamentos existentes. Los gobiernos alrededor del mundo están

fortaleciendo los marcos legales que regulan el comercio de madera y productos de madera. El programa *SmartWood*, de *Rainforest Alliance*, ha desarrollado estándares y procedimientos para la verificación independiente por parte de terceros de la legalidad de la madera (*Rainforest Alliance*, 2011).

Desde su inicio como pionero en el concepto de certificación del manejo forestal sostenible, hace 15 años, el programa *SmartWood* de la *Rainforest Alliance* ha certificado más de 15 millones de hectáreas de bosque en 52 países. A medida que la certificación forestal adquiere importancia como herramienta de conservación, es necesario examinar los impactos que éstas ha tenido en comunidades, ecosistemas y empresas forestales (*Rainforest Alliance*, 2011).

El programa *SmartWood* es el mayor certificador mundial de manejo forestal del Forest Stewardship Council (FSC), con más de 20 años de experiencia en certificación. Han trabajado en más de 70 países y todos los tipos de bosques, con pequeñas empresas, comunidades indígenas y empresas de la lista de Fortune 500 por igual (*Rainforest Alliance*, 2011)

El programa ofrece también, a las empresas de productos forestales, el servicio de verificación voluntaria del estado legal de las fuentes de materia prima para sus productos. Obtener la verificación de legalidad de *SmartWood*, apoya a las empresas en sus esfuerzos para adquirir o seleccionar productos maderables legítimos. Seleccionar estos productos ayuda a las empresas a reducir el riesgo de importar, exportar o comercializar madera ilegal, acciones que ahora son castigadas por la ley en los Estados Unidos, de acuerdo con las enmiendas a la Ley Lacey. *SmartWood* ofrece servicios en dos niveles para la verificación de legalidad: Verificación de Origen Legal y Verificación de Cumplimiento Legal.

La Verificación de Origen Legal, verifica que la madera provenga de una fuente que tiene el derecho legal documentado de extraerla, de acuerdo con las leyes y reglamentos del gobierno de la jurisdicción. Los proveedores de madera que cumplen con estas normas deben seguir y mantener sistemas documentados de cadena de custodia. El origen legal se relaciona entonces con cumplir los requerimientos administrativos de permisos, planificación, impuestos o cargos, y extracción en áreas definidas. (*Rainforest Alliance*, 2011)

La Verificación de Cumplimiento Legal va más allá del componente básico de la verificación de origen legal, ya que verifica que la extracción de la madera cumpla con una gama más amplia de leyes y reglamentos aplicables y relevantes relacionados con la actividad forestal. El cumplimiento legal comprende leyes sobre protección ambiental, vida silvestre, conservación del agua y de los suelos, códigos y prácticas de extracción, salud y seguridad de los trabajadores y trato justo para las comunidades. (*Rainforest Alliance*, 2011)

Para poder participar en dichos servicios de verificación de productos de madera, se deben seguir los siguientes pasos:

El interesado llena una aplicación para verificación de SmartWood y la entrega al representante regional de la asociación designada para su área.

Tomando como base la aplicación, SmartWood presentará propuestas para llevar a cabo verificaciones de las instalaciones de la empresa, de las fuentes de donde se obtienen las maderas, etc.

SmartWood, al acordar con la parte interesada, pasará una auditoría de verificación en campo, en base a ciertos lineamientos o guías en cuanto al manejo forestal y la industria procesadora de madera. (*Rainforest Alliance, 2011*).

F. Green Guard

El Instituto Ambiental de Estados Unidos (*Greenguard Environment Institute*) tiene la misión de mejorar la salud pública y la calidad de vida a través de programas que mejoren el aire en interiores y reducir la exposición de las personas a los productos químicos tóxicos y otros contaminantes. (*Consentino, 2010*)

GREENGUARD (GEI) certifica los productos y materiales que poseen emisiones bajas de químicos y ofrece un recurso para la elección de productos y materiales más saludables para interiores. Todos los productos certificados deben cumplir con estrictas normas de emisiones basados en los criterios establecidos en los principales organismos de salud pública. La certificación es ampliamente reconocida y aceptada por los programas de construcción sostenible y los códigos de construcción en todo el mundo (GEI, 2011).

El certificado da testimonio que los materiales han sido puestos a prueba de acuerdo con las directrices del gobierno y las medidas de las emisiones nocivas como el formaldehído, compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono. En cuestión de proyectos de Edificios Sostenibles, los proveedores de materiales tales como pinturas, aislantes, impermeabilizantes, solventes, etc. deben tener este certificado como parte del *Green Building Rating System*.

Las normas Greenguard están entre las más estrictas normas de calidad del aire interior en el mundo, y se basan en las directrices de organismos de salud pública nacional e internacional. (GEI, 2011).

G. BIFMA

The Business and Institutional Furniture Manufacturers Association (BIFMA) fue fundada en 1973, es una organización sin fines de lucro. BIFMA atiende a las empresas que se dedican principalmente al diseño, desarrollo, comercialización y realización de productos de oficina y muebles institucionales. (ENVIRO, 2008) Se enfoca en el desarrollo de productos y estándares de la industria que soportan ambientes seguros, saludables y sostenibles. Además, BIFMA publica las principales estadísticas de la industria, y aboga por las legislaciones y las regulaciones del gobierno que tienen un impacto directo sobre la salud de la industria. (*BIFMA International*, 2011).

La asociación trabaja con el Instituto Americano de Estándares Nacionales para producir normas para los fabricantes de muebles de oficina. Estas normas tienen como objetivo proporcionar una base común para la evaluación de la seguridad, durabilidad, y la adecuación estructural de los muebles. Actualmente hay ocho normas, así como una lista de definiciones de los productos de la industria publicado por BIFMA (Thomson Reuters, 2010).

Los estándares de BIFMA de Seguridad y Desempeño, son elaborados por el Comité BIFMA de Ingeniería. Las normas se revisan cada cinco años, de acuerdo a los lineamientos establecidos por el *American National Standards Institute (ANSI)*. Las normas definen las pruebas específicas, equipo de laboratorio para ser utilizado, las condiciones de ensayo, y los niveles de aceptación mínimos que deben utilizarse en la evaluación de estos productos (BIFMA International, 2011).

Este estándar proporciona un camino hacia la sostenibilidad mediante el establecimiento de criterios de medición de niveles múltiples del desempeño y/o rendimiento. La norma también es aplicable a los materiales y componentes fabricados por proveedores a los fabricantes de muebles. Se ocupa de las características del producto basado en las áreas generales de los materiales, el uso de la energía, la salud humana y el ecosistema y los impactos de responsabilidad social. (ENVIRO, 2008)

H. Lineamientos y requerimientos para optar por una certificación.

Es primordial, para una exitosa implementación de un Sistema de Gestión Ambiental, que haya un cambio de comportamiento gerencial y organizacional; puesto que depende del compromiso de todos los niveles de la empresa: desde los altos niveles directivos hasta los ejecutores de las tareas. Luego de lograr dicho compromiso, es posible realizar una evaluación inicial e implementar los diversos requisitos especificados por la norma.

También debe de integrarse el sistema de gestión medioambiental de tal manera que se piense que el medio ambiente es parte del producto o servicio que la organización ofrece. El sistema debe ser simple y flexible para la organización; puesto que debe permitir que la misma se pueda adaptar rápidamente a cambios en el medioambiente y, además, ser comprensible para todos los empleados que deben ser parte de la implementación. También hay que considerar la cultura organizacional de la empresa; ya que o se elabora un sistema compatible con la cultura, o se cambia la cultura de tal forma que se adapte al Sistema de Gestión Ambiental.

Otro tema importante para la implementación de la norma es la constante capacitación de todo el personal en nuevas técnicas y tecnologías que faciliten la implementación de la misma. Para contrarrestar el que los empleados consideren al sistema burocrático, desgastante y sin sentido, la resistencia al cambio, el miedo a nuevas responsabilidades, etc. se debe asegurar que todo empleado de la organización comprenda la razón por la cual la empresa necesita de un efectivo sistema de gestión ambiental, el papel que juegan en el éxito del mismo y el beneficio que tendrá en la empresa y la sociedad.

Por último, la adopción de nuevas tecnologías para la producción puede lograr que esta genere menos contaminación acústica, emisiones, desechos, etc., lo cual permitirá cumplir con las normas de manera más eficiente.

Las fases de la metodología de implantación de un sistema de gestión medioambiental son:

- Compromiso de la dirección: En la declaración de la política, se sobreentiende un compromiso público y formal de la dirección de la organización para impulsar su efectiva implementación.
- Planificación de acciones ambientales: Se realiza un diagnóstico para evaluar la situación real y actual de la organización con respecto a temas ambientales, identificar los impactos significativos y la detección de los requisitos legales. Los objetivos y las metas ayudarán a identificar oportunidades de mejora y prioridades. Se debe asignar también recursos económicos y personales para garantizar la óptima consecución de los objetivos planteados.
- Implantación de las acciones planificadas: La estructura organizativa debe definir, documentar funciones y responsabilidades para la implantación, proporcionando medios técnicos, humanos y económicos. El personal debe realizar las actividades planteadas y participar activamente en la aplicación de los documentos que conforman el sistema de gestión.

- La documentación del sistema es de suma importancia pues además de ser la base para alcanzar los objetivos fijados por la organización es lo que permite la evaluación del éxito del sistema mediante la elaboración de manuales, procedimientos, instructivos técnicos y registros que deben ejecutarse en la práctica según fueron conceptualizados. Además, se deben contemplar e identificar riesgos y emergencias potenciales para prevenir dichas situaciones y tener capacidad de respuesta en caso de cualquier eventualidad.
- Controlar el sistema y corrección de las desviaciones: Mediante un procedimiento documentado para el seguimiento y medición a intervalos periódicos de las principales características de aquellas operaciones y actividades que puedan presentar un impacto significativo en el medio ambiente.
- La auditoría del sistema de gestión medioambiental permite comprobar la conformidad del mismo con los requisitos de la norma, así como garantizar que se cumpla con los requisitos internos planteados. Mediante acciones correctivas y preventivas se deben corregir las desviaciones detectadas en la auditoría o en las actividades de seguimiento y medición. Así, hay que investigar las causas de la desviación, implementar acciones concretas para evitar que la desviación se repita y para evitar que aparezca en otros puntos.
- Validación del funcionamiento del sistema: La dirección debe revisar el sistema periódicamente para verificar el cumplimiento de objetivos y metas planteadas, así como la posible necesidad de fijar otros nuevos en función del compromiso de mejora continua adoptado en la política. (Pousa, X. 2006)

Un sistema de gestión debe también considerar los siguientes elementos claves:

- Una política empresarial cuyo cumplimiento es la razón de ser del sistema. Además, se deben definir claramente los objetivos y el alcance de la política. El sistema de gestión ambiental debe de también establecer las responsabilidades y obligaciones a las que se compromete la empresa así como los recursos con los que cuenta para dichas actividades.

Los compromisos de la empresa al establecer un Sistema de Gestión Medioambiental se traducen en:

- Identificar las exigencias legales y los impactos medioambientales asociados a las actividades, productos y servicios de la empresa.

- Fomentar la responsabilidad de la dirección y del personal en la protección del medio ambiente.
 - Fomentar la planificación medioambiental en todo el ciclo de vida del producto y del proceso.
 - Establecer un sistema que permita alcanzar los objetivos definidos.
 - Fomentar que proveedores y contratistas establezcan también un sistema de gestión ambiental.
 - Evaluar los resultados medioambientales en base a lo establecido en la política y los objetivos.
- (Pousa, X. 2006)

Deben redactarse los procedimientos, tanto los propios para la operatividad del sistema, así como los necesarios para realizar tareas o actividades de riesgo. Los procedimientos operativos establecen las áreas y medidas de control necesarias para asegurar que se cumple con los requerimientos del sistema. Establece “Formas de Verificación y Medición”, requiere una “Revisión Gerencial” periódica y su “Retroalimentación” para corregir cualquier desviación y mejorar su funcionamiento y los componentes del SGA enuncian en forma amplia las áreas donde debe ejercerse una gestión efectiva para lograr una operación segura y ambientalmente bien concebida y operada (INDECO 1998)

En el tema de la documentación, es importante determinar que requisitos deben cumplirse en los procedimientos operativos, en los instructivos técnicos, en los registros medioambientales y demás documentos del sistema de gestión:

- Legibilidad.
- Fechados.
- Fácilmente identificables y localizables.
- Conservados ordenadamente.
- Archivados durante un período de tiempo.
- Periódicamente examinados, revisados y validados por personal autorizado.

La política medioambiental debe:

- Ser apropiada a la naturaleza, magnitud e impactos medioambientales de sus actividades, productos y servicios.
- Reflejar el compromiso con la mejora continua y la prevención de la contaminación.
- Asumir el cumplimiento de la legislación vigente y la reglamentación ambiental aplicable.
- Conformar el marco para establecer metas y objetivos.
- Estar documentada, implantada y comunicada a todos los empleados.
- Llevar una gestión eficiente de los recursos naturales y energéticos.
- Minimizar la generación de residuos.
- Gestionar las compras y el uso de productos conformes con la reglamentación medioambiental, que no generen efectos sobre el medio ambiente.

- Establecer programas de sensibilización social para difundir el valor y la necesidad de protección medioambiental.

I. Normas y leyes de protección ambiental en procesos de manufactura en el área de la construcción.

Existe una gran cantidad de documentos legales, que aportan directrices, para dar respuesta a la demanda de un nuevo concepto en la construcción: las edificaciones sostenibles. Estas normas y leyes se han redactado en cada país y abordan puntos como: la utilización responsable del agua, planes de acción de ahorro y eficiencia energética, el fomento al uso de energías renovables, la tala responsable de árboles y la delimitación de áreas protegidas, la preservación del medio ambiente y los ecosistemas, requisitos obligatorios que materiales deben cumplir para ser considerados seguros y adecuados para su uso en la construcción, etc. (Larraín, 2002)

Por ejemplo, en España destacan el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética y el Plan de Fomento de las Energías Renovables. Dirigidas a ofrecer guías para minimizar el impacto en el medio ambiente. (Rodríguez, 2010)

En los Estados Unidos (específicamente en el tema forestal), la Ley Lacey, aprobada el 22 de mayo de 2008, prohíbe la comercialización de plantas y productos derivados (incluyendo madera y productos maderables) de origen ilegal. Esta lucha contra delitos que atentan contra la vida silvestre, como lo es la tala ilegal, el robo de plantas, cosecha de áreas protegidas, etc. La comercialización de este tipo de productos en Estados Unidos puede ser penalizada con incautación de bienes, multas y encarcelamiento. (EIA, 2011)

Y así como estos, hay una infinidad de ejemplos de reglamentos, normas, leyes y planes de acción para fomentar una responsabilidad ambiental en la comunidad, las empresas, los gobiernos, etc.

En Guatemala, al promulgarse la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86 del Congreso de la República) quedó establecido el marco general para la protección ambiental al crearse la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, cuya función primordial es asesorar y coordinar todas las acciones tendientes a la formulación de la política nacional ambiental. y propiciar su aplicación a través de los distintos ministerios del Estado, municipalidades y el sector privado.

La CONAMA, que depende directamente de la presidencia de la República, está orientada a proteger, conservar y mejorar los recursos naturales del país, prevenir el deterioro y mal uso de los mismos y la restauración del medio ambiente.

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, responsable de velar por el cumplimiento de la Ley de Áreas Protegidas, tiene facultades de hacer aplicables las políticas, estrategias y directrices aprobadas por el Consejo y ejecutar las resoluciones aprobadas por el mismo (IDEADS, 1999).

Entre las disposiciones constitucionales en materia ambiental podemos nombrar los siguientes artículos:

El Derecho a un Ambiente Sano: «El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictaran todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación» (IDEADS, 1999).

Disposiciones sobre Protección al Ambiente: “Patrimonio natural. Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista” (IDEADS, 1999).

Disposiciones sobre Manejo de Recursos:

«Explotación de recursos naturales no renovables. Se declara de utilidad y necesidad públicas, la explotación técnica y racional de hidrocarburos, minerales y demás recursos naturales no renovables. El estado establecerá y propiciará las condiciones propias para su exploración, explotación y comercialización» (IDEADS, 1999).

«Reforestación. Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques, la ley determinará la forma y requisitos para la exploración racional de los recursos forestales y su renovación». «Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de fuentes de agua, gozarán de especial protección» (IDEADS, 1999).

«Régimen de aguas. Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, su uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social» (IDEADS, 1999).

En el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, se establece que: para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos naturales del patrimonio natural, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental (EIA, 2011), realizado por técnicos de la materia y aprobado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental será sancionado con multa de Q5,000.00 a Q.100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla (MARN, 2011).

Para el área de la construcción, en especial empresas de fabricación de materiales de construcción, es importante saber que actualmente en Guatemala, no se cuenta con normas técnicas para mejorar la calidad de aire; ya que la que más se le acercaba era el Reglamento de Control de Emisiones de Vehículos Automotores. No obstante, es importante que se esté a la vanguardia, puesto que es factible que este reglamento entre nuevamente en vigencia o que se elabore uno específico que también abarque al área industrial. El artículo 14 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, establece que se deben emitir reglamentos para:

- Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes.
- Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera.
- Regular las sustancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes a la atmósfera
- Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones.
- Regular la contaminación producida por el consumo de diferentes energéticos.
- Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica.
- Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.

(IARNA, 2010)

Así, también hay normas para Uso de Aguas como acuerdos gubernativos que establecen los aspectos técnicos para el uso del agua potable, que regulan la creación del Consejo Nacional da Agua y Saneamiento, protección de cuencas hidrográficas, aguas subterráneas, manejo de aguas negras, etc.

La Ley Forestal, es también de suma importancia en el área de la construcción. Este Decreto No. 101-96, dirigido por el INAB trata temas sobre las licencias para el manejo forestal, la protección de áreas protegidas, el comercio de productos forestales, control de aserraderos, etc.

Así, podemos continuar citando un gran número de entidades, artículos y leyes en la constitución que velan por el cuidado del medio ambiente. Al momento de optar por una certificación, se deben tomar en consideración todas estas leyes y normas; puesto que es un requisito obligatorio el cumplirlas.

En la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, se establece la Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR. Su principal función es desarrollar actividades de Normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional. La aplicación de dichas normas es voluntaria; sin embargo, es de importancia para las industrias considerarlas para poder optar a una certificación en temas de calidad (COGUANOR, 2009). En los anexos, se muestra El Catálogo de Normas Técnicas de Guatemala enfocadas en el área de la construcción.

VII. GENERACIÓN DE ENERGÍA

A. **Objetivos**

1. **Generales**

- Dar a conocer los diferentes métodos de generación de energía renovables que se pueden implementar en la construcción y realizar una guía para la implementación de estos en donde se pueda observar financieramente la rentabilidad de diferentes escenarios.

2. **Específicos**

- Proponer métodos de generación de Energía Solar y eólica, que sean rentables según los diferentes tamaños y tipos de proyectos que se realicen.
- Analizar, financieramente, en cuanto tiempo se recuperan las inversiones al utilizar Energía Solar y eólica, como el ahorro en el mediano o largo plazo, para así determinar si la inversión en estos métodos es rentable o no.
- Realizar un análisis de los beneficios y perjuicios que conlleva utilizar métodos amigables con el medio ambiente en comparación con los métodos tradicionales en la construcción.
- Utilizar herramientas de análisis de inversiones para determinar la rentabilidad de los proyectos que utilicen Energía Solar y eólica.
- Promover el estudio de métodos alternos de producción de energía renovable.
- Introducir las bases y conocimientos que se deben tener para iniciar un proyecto de Energía Hidráulica, implementando microcentrales hidroeléctricas.

La hipótesis se basa en que la implementación de la generación de energía renovable por medio de paneles solares fotovoltaicos y generadores eólicos es una inversión rentable en la mayoría de los escenarios, tomando en cuenta siempre factores importantes como la demanda energética del proyecto y la ubicación del mismo.

El proyecto se limitara a realizar una base teórica de tres tipos específicos de energía renovable: Energía Solar, Eólica e Hidráulica junto con sus tecnologías para la generación de energía.

A analizar económicamente 3 diferentes escenarios enfocados únicamente en la implementación de Energía Solar y eólica para la generación de energía, en donde se determinarán si son o no rentables.

El análisis de rentabilidad se realizará mediante herramientas financieras, entre las que se puede mencionar el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo estimado de retorno de inversión.

Mediante estas herramientas mencionadas anteriormente y un análisis de campo de los principales factores que afectan la generación de energía se pudo determinar que la implementación de paneles solares fotovoltaicos es rentable en departamentos como Huehuetenango y Guatemala por sus altos niveles de radiación solar horizontal u horas pico. En cuanto a la implementación de aerogeneradores se determinó que las características del viento son óptimas en el departamento de Jalapa.

En general, se puede determinar que en una construcción cuya demanda energética sea menor a 300KWH (tarifa social) no es rentable la implementación de métodos renovables de generación de energía. Para demandas mayores dependerá de factores como la ubicación y el modelo de panel fotovoltaico o aerogenerador que se utilice.

B. Generación de energía eléctrica

Este proceso consiste en transformar cualquier tipo de energía (Química, mecánica, térmica, cinética, luminosa, entre otras) en Energía Eléctrica para su utilización en la vida cotidiana de las personas y la gran mayoría de sectores industriales.

Durante el transcurso de los años se han realizado actividades tecnológicas para llevar la Energía Eléctrica a todos los lugares habitados del mundo, sin embargo al igual que la gran mayoría de factores en este planeta, han sido los países del llamado Primer mundo los que han aprovechado la generación de Energía Eléctrica. A pesar que países subdesarrollados, tal es el caso de Guatemala, han aprovechado de forma menos eficiente la electricidad, hoy en día este recurso es clave para el diario vivir.

La Energía Eléctrica se ha convertido en un factor indispensable para el desarrollo de un país, sin embargo los métodos utilizados para la generación de ésta en la mayoría de casos no son amigables con el medio ambiente, en otras palabras contaminan el medio ambiente. Esto sucede debido a que estos métodos trabajan con combustibles fósiles los cuales emiten gases que contaminan la atmosfera y resultan dañinos para los seres vivos. Sin mencionar que son recursos que

en un periodo de tiempo determinado se pueden agotar. Es por estas razones, entre otras, que las personas no se pueden dar el lujo de depender de estos métodos de generación de energía.

C. Energías renovables

Se denomina energía renovable o energía limpia a la energía que es producida por medio de fuentes naturales, las cuales son inagotables, y son procesos amigables con el medio ambiente, que no emiten gases dañinos para la salud.

Las energías renovables son métodos implementados recientemente en países subdesarrollados para generar Energía Eléctrica, es importante mencionar que estos desde la antigüedad son utilizados en países desarrollados, estos cumplen la misma tarea que los métodos mencionados anteriormente, con las ventajas ya estipuladas en el párrafo anterior, entre otras.

1. **Ventajas de la utilización de energías renovables.** Las energías renovables cuentan con muchas ventajas entre las que podemos mencionar:

- Inagotables
- Limpias (no emiten gases dañinos)
- Autogestionables (Se aprovechan en el mismo lugar en que se producen)

2. **Fuentes de energías renovables.** El término, energía renovable, se refiere a fuentes de energía que teóricamente son inagotables, por lo cual estas fuentes son utilizadas como alternativas de los métodos convencionales, produciendo un impacto ambiental mínimo.

Los principales recursos utilizados como fuentes de recursos renovables son el sol, el agua, el viento, la tierra y la biomasa. Produciendo los términos ya conocidos como:

- Energía Solar
- Energía Eólica
- Energía Hidráulica
- Energía Geotérmica
- Biomasa

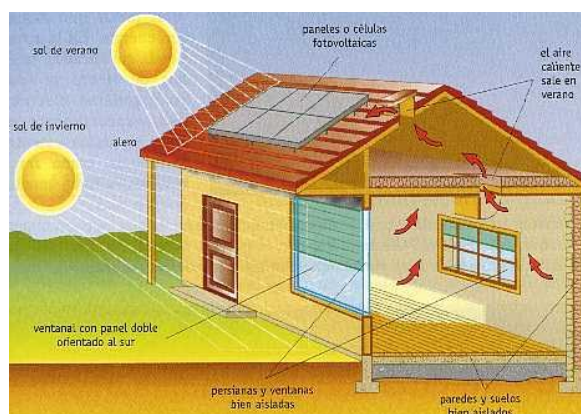
En la presente investigación se ampliará acerca de los tres primeros recursos y los métodos utilizados en la actualidad para la generación de Energía Eléctrica limpia en urbanizaciones creyentes de las ventajas que la utilización de estos métodos conllevan y la responsabilidad social que los caracteriza, también llamadas "Urbanizaciones Verdes".

D. Energía solar

Como el término lo indica, es la energía producida por medio del sol, siendo esta convertida a energía utilizable por el ser humano. Entre sus principales aplicaciones se puede mencionar la generación de Energía Eléctrica y el calentamiento.

Según estudios realizados, se ha determinado que el sol produce una cantidad excesivamente mayor a la que las personas utilizan hoy en día para la generación de Energía Eléctrica, lo que nos indica que el potencial del sol es ilimitado. Es importante mencionar que la disponibilidad del potencial de energía que el sol puede brindar, depende de factores como, el día, la hora, el año, latitudes y no menos importante la orientación o posición del dispositivo receptor.

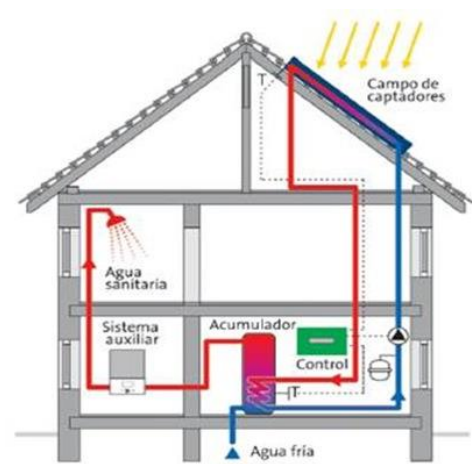
Ilustración 63: Energía Solar



1. **Tipos de energía solar.** Según la aplicación que se le quiera dar a la Energía Solar recibida, es el método utilizado para convertir esta energía en utilizable. Los métodos hasta hoy desarrollados en lo que a Energía Solar se refiere se mencionaran a continuación.

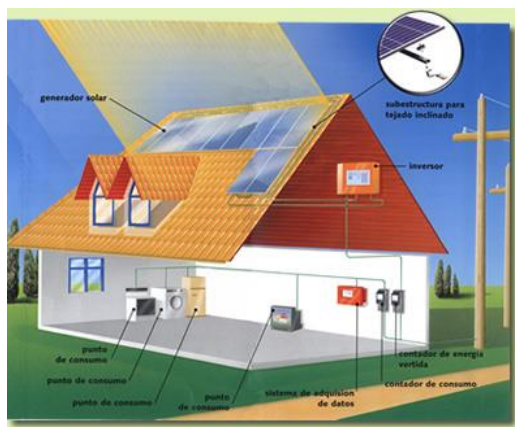
a. **Energía solar térmica.** Esta técnica consiste en utilizar el calor de la radiación solar; esta se puede presentar de diferentes maneras: Centrales solares termodinámicas, agua caliente y calefacción, refrigeración solar, cocinas y secadores solares.

Ilustración 64: Energía Solar térmica.



b. **Energía solar fotovoltaica.** Se conoce como energía fotovoltaica a la que se produce al transformar una parte de la radiación solar con una célula fotoeléctrica (componente electrónico que al exponerse a la luz produce una tensión). Varias de estas células se agrupan entre sí para así formar una planta de Energía Solar fotovoltaica.

Ilustración 65: Energía Solar Fotovoltaica



c. **Energía solar pasiva.** Este método consiste en utilizar o aprovechar el aporte directo de la radiación solar, esto se puede lograr tomando en cuenta la Energía Solar en el diseño arquitectónico de la construcción (orientando la edificación hacia el sur, superficies de vidrio, fachadas dobles, entre otros). Estos detalles son muy importantes ya que representan un ahorro energético importante y pueden ayudar a optimizar o reducir los gastos de calefacción e iluminación.

Ilustración 66: Energía Solar Pasiva (Edificio crece en la Ciudad de Guatemala).



2. **Paneles solares.** Se definen como dispositivos diseñados y utilizados para captar parte de la radiación solar para convertirla en calor o Energía Eléctrica utilizable por los seres humanos. Generalmente los paneles solares son construidos de una forma plana, diseñados de forma que facilitan su instalación en cualquier edificación. Es importante mencionar que las dimensiones de los paneles solares varían.

El termino, panel solar, comprende tanto las placas fotovoltaicas como las térmicas, ambas ya definidas con anterioridad. En este proyecto se profundizara únicamente en la utilización y funcionamiento de los paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad.

a. **Paneles solares fotovoltaicos.** Los paneles solares fotovoltaicos, también llamados módulos fotovoltaicos, se definen como un conjunto de celdas las cuales producen electricidad utilizando la luz solar que recae sobre estas.

Ilustración 67: Paneles solares fotovoltaicos



Este tipo de módulos se divide en 2 grupos:

- **Cristalinas:** Las cuales se subdividen en otros 2 grupos
 - **Monocristalinas:** Compuestas por secciones de un solo cristal de silicio. Estos paneles han alcanzado rendimientos de hasta 24,7% en laboratorio y en los comercializados de 16%.
 - **Policristalinas:** Formadas por pequeñas partículas cristalizadas, se basan en una barra de silicio estructurada desordenadamente en forma de pequeños cristales. Su rendimiento es mucho menor que el de los monocristalinos, en laboratorio de un 19.8% y 14% en los módulos comerciales.
- **Amorfas:** Se les conoce de esta forma a las celdas cuando el silicio no se ha cristalizado.

b. Funcionamiento de los paneles fotovoltaico (Efecto Fotovoltaico).

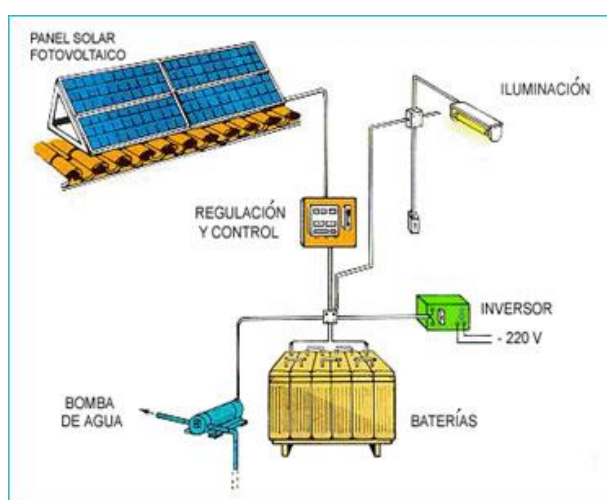
Los paneles solares se encuentran compuestos por una o varias celdas solares.

El proceso de producción de electricidad solar da inicio cuando el sol refleja su luz sobre una de las celdas solares, estas partículas de luz, también llamadas fotones, son absorbidos por el material de las celdas. Paralelo a este proceso de absorción, se liberan electrones en una proporción de uno a uno. (por cada protón absorbido, se libera un electrón). Luego, corriente directa (corriente eléctrica que se describe como un movimiento de cargas en la misma dirección y sentido) fluye ya que la celda

se encuentra conectada eléctricamente por un cable en sus dos extremos. La corriente directa se conduce a un circuito electrónico conversor, el cual transforma esta corriente en corriente alterna de 120 o 240 voltios, disponible en el suministro eléctrico de cualquier hogar.

Ya realizada la conversión de corriente, la potencia de corriente abierta entra en el panel eléctrico de la casa, generando electricidad la cual generalmente es cedida a la línea de distribución de los dispositivos eléctricos de la casa, debido a que la cantidad de energía que estos necesitan es relativamente poca. Por último, la electricidad que no se use inmediatamente puede ser almacenada en una batería o entregarse a la corriente pública.

Ilustración 68: Equipo solar de generación de energía



Es importante mencionar que las celdas que componen los paneles solares se encuentran fabricadas por materiales semiconductores, los cuales permiten el llamado efecto fotovoltaico mencionado con anterioridad. La utilización de este material garantizará que mientras los paneles se encuentren expuestos a la luz solar, el proceso de generación de electricidad continuará.

c. Ensamble y geometría de paneles solares fotovoltaicos.

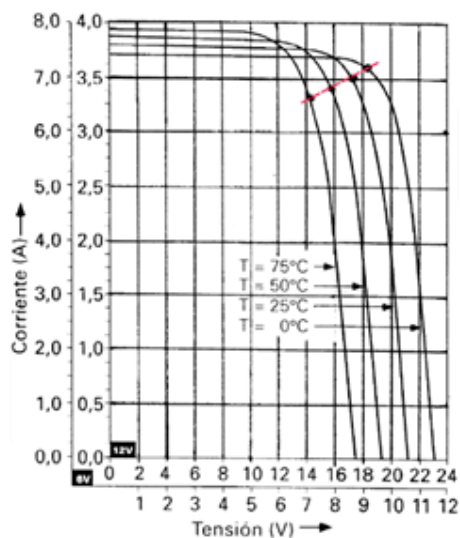
Generalmente los paneles solares son diseñados en una forma cuadrada, esto se realiza con el objetivo de lograr la superficie del panel mínima posible al colocar en él cierto número de celdas con un espacio entre ellas prácticamente nulo, ya que actualmente las celdas implementadas en los paneles tienen generalmente una forma geométrica cuadrada. Esta estrategia ayuda a minimizar los costos de producción y de transporte del panel, sin tomar en cuenta la ventaja que adquiere por la reducción del espacio necesario para su instalación.

A pesar que los detalles de ensamble varían según cada fabricante, existen patrones comunes para la realización de los paneles solares. Las celdas son colocadas en un soporte con el objetivo de protegerlas. Luego se colocan dos capas plásticas de protección. El frente del panel contiene un vidrio especial con bajo contenido de plomo (para no reducir la transmisión de luz) que protege a las celdas de situaciones meteorológicas como la lluvia, nieve, entre otras. La parte posterior se caracteriza por una capa dieléctrica o aisladora y una cubierta de protección. El marco exterior es de aluminio para evitar cualquier tipo de oxidación y brindar rigidez a este soporte.

- **Relación de corriente y voltaje en paneles solares fotovoltaicos (Curvas I-V).**

Suponiendo que un panel solar fotovoltaico será colocado en un lugar fijo donde la potencia luminosa entregada por los rayos solares permanezca constante, se puede determinar que la corriente entregada o de salida de esté variara con el valor del voltaje en la carga y su temperatura de trabajo, debido a las características intrínsecas de los materiales semiconductores.

Ilustración 69: Curvas I-V, Paneles fotovoltaicos.



Como se puede observar en la gráfica anterior, el valor máximo del voltaje de salida corresponde a un valor nulo de corriente, denominado voltaje a circuito abierto. Por otro lado, el valor máximo de corriente corresponde a un voltaje de salida nulo o también llamado salida cortocircuitada.

A lo largo de la curva se puede observar una zona donde el valor de la corriente permanece constante mientras los valores del voltaje de salida siguen aumentando, hasta llegar a una zona de transición, en donde pequeños aumentos en el voltaje ocasionan disminuciones drásticas en los

valores de la corriente. Es importante mencionar que entre más alta sea la temperatura de trabajo, la zona de transición se alcanzará para menores valores del voltaje.

E. Energía hidráulica

Consiste en el aprovechamiento del movimiento del agua para generar energía, de forma más específica la caída de agua desde cierta altura, en donde la energía potencial producida por el agua se convierte en energía cinética.

Básicamente se da en un proceso en el cual la corriente de agua cae a gran velocidad sobre turbinas, lo cual produce un movimiento de rotación provocando Energía Eléctrica por medio de generadores.

La utilización de Energía Hidráulica representa una inversión grande, por otro lado su mantenimiento es bastante económico. Para que una central hidráulica trabaje de forma eficiente es importante que esté ubicada en un sitio donde la corriente de agua sea suficiente para producir la electricidad.

Ilustración 70: Energía Hidráulica



1. **Evaluación del recurso hídrico.** Un programa de abastecimiento energético en áreas rurales, debe contar con un estudio o análisis del territorio en donde se pretende llevar a cabo el proyecto. El objetivo principal en este caso es garantizar que las fuentes hídricas en esta área son aptas y suficientes para la generación de energía necesaria.

Las cuencas (tipo de drenaje natural rodeado por elevaciones geográficas) que atraviesan las regiones de un país son una de las principales fuentes hidráulicas. Las zonas donde el recurso hídrico cuenta con un potencial elevado son determinados mediante indicadores de calidad con los que se determina si esta es adecuada para satisfacer los requerimientos eléctricos del proyecto que se

llevara a cabo. Por último, se estudian las áreas de interés para determinar el lugar adecuado para realizar el proyecto.

Esta fase de evaluación puede resumirse en dos etapas: La primera, en donde se identifica la aptitud del recurso y las áreas de interés para el aprovechamiento hidroeléctrico y la segunda la cual localiza puntos específicos donde el área y el potencial sean adecuados para situar generadores eléctricos como las Microcentrales Hidroeléctricas.

2. **Análisis de regiones (Indicadores de calidad).** Como se mencionó anteriormente, las cuencas son una de las principales fuentes hidráulicas. Estas son alimentadas principalmente por la lluvia, por lo cual su comportamiento estará determinado por una serie de factores entre los que se pueden mencionar: la intensidad, duración y distribución de las precipitaciones, la capacidad del suelo para retener el agua, entre otros.

Determinar el comportamiento de los caudales (cantidad fluido por unidad de tiempo) en estas cuencas es el punto de inicio para determinar el área adecuada para realizar un proyecto basado en Energía Hidráulica. Esto puede definirse mediante un análisis de mediciones en donde se registren los patrones que se han tenido anteriormente, en un periodo de tiempo considerable. Sin embargo, cambios en el calentamiento global, corrientes marinas o deforestaciones en áreas aledañas reducen la confiabilidad de las proyecciones que se puedan realizar mediante el conocimiento de los datos históricos.

Es probable que en algunas regiones no se cuente con información (caudales específicos, información topográfica, entre otros) que permita analizar las cuencas directamente, pero seguramente se tendrán registros de lluvias en los últimos años. En este caso se puede apoyar con datos de cuencas con características similares, lo cual ayudara a tener una proyección bastante apegada a la realidad.

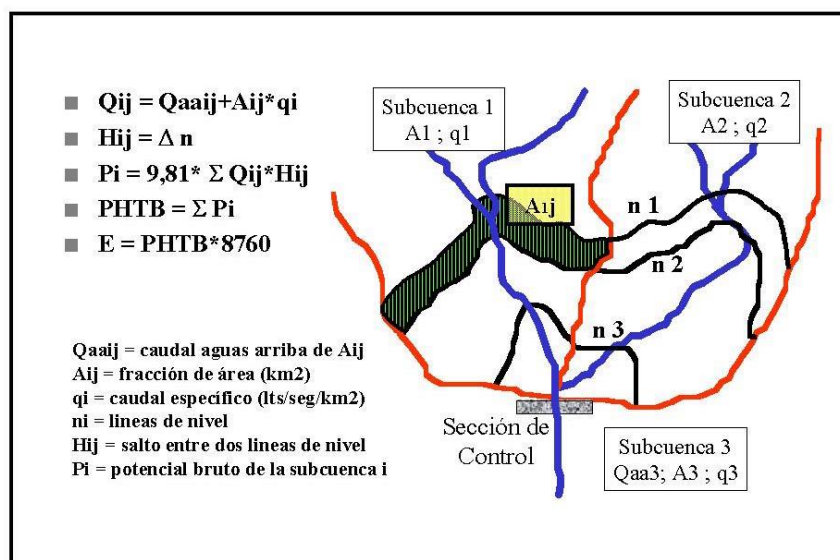
Luego de obtener esta importante información, se procede al cálculo de indicadores los cuales ayudan a evaluar el potencial hídrico de una región. Entre los principales se pueden mencionar:

- **Potencial Hidroeléctrico Teórico Bruto (P.H.T.B.).**

Se define como la potencia total entregado por el caudal de agua al pasar por un desnivel natural, suponiendo que no existen perdidas de ninguna naturaleza. Es importante mencionar que es un valor teórico, prácticamente imposible de alcanzar debido a las perdidas y a los factores que no son tomados en cuenta en el cálculo.

La potencia continua producida por una cuenca en una sección de control, viene dada como resultado de integrar los productos de caudal y desniveles en cada una de las sub áreas de la cuenca, y sumar el resultado de cada una de estas.

Ilustración 71: Cálculo del Potencial Hidroeléctrico.



En la gráfica anterior se puede observar un ejemplo del cálculo del potencial hidroeléctrico bruto de una cuenca, en razón de cada una de sus subáreas.

El valor del caudal aguas arriba (Q_{ij}) es calculado como la suma del caudal específico calculado o estimado previamente y la multiplicación de cada área y caudal específico de las subcuencas hasta llegar al tramo analizado. Es importante mencionar que los caudales pueden variar conforme al tiempo, por lo cual el valor utilizado es el valor medio anual, aquel que permanecerá por lo menos 50% del tiempo.

A continuación, se muestran un resumen de los pasos a seguir para determinar el potencial hídrico de una cuenca y la energía teórica que esta puede lograr generar:

1. Fraccionar la cuenca en subcuencas.
2. Calcular el área de cada subcuenca.

3. Estimar o calcular el caudal específico en cada subcuenca.
4. Calcular la diferencia de niveles entre el tramo inicial y final de cada subcuenca.
5. Con el modelo mostrado con anterioridad, calcular la potencia continua para cada subcuenca.
6. Realizar el cálculo acumulativo de cada subcuenca, determinando el P.H.T.B de la cuenca completa.
7. Por último, calcular mediante el modelo la Energía Teórica Anual de la cuenca. (El número 8760 en el modelo, representa la cantidad de horas anuales)

- **Densidad del P.H.T.B.**

El P.H.T.B es un valor muy útil, sin embargo no permite una amplia visualización de la calidad de la cuenca para los fines energéticos que se tienen. Al referir este potencial a factores como la superficie de cuenca o la longitud del cauce, se tiene una idea más precisa de la forma en que el potencial se concentra en un área o un tramo y de la probabilidad de que la cuenca se apta para la generación de energía.

La densidad superficial del P.H.T.B. es la división entre el P.H.T.B. y el área superficial de la cuenca. Otro indicador similar es la densidad lineal la cual se calcula con la única diferencia que se sustituye el área por una longitud (por ejemplo: km de río). El valor de la densidad superficial estará dado por las dimensionales (KW/Km²).

A modo de ejemplo, para la mejor comprensión del término, dadas dos cuencas con el mismo P.H.T.B., una con mayor área superficial que la otra. Se puede observar que la cuenca con menor superficie tendrá una mayor densidad de potencial, por lo cual es más probable que esta cuenca sea técnica y económicamente viable en cualquiera de sus puntos comparada con aquella cuya densidad de potencial es menor.

- **Potencial Hidroeléctrico Técnico Aprovechable (P.H.T.A.).**

Se ha mencionado que el P.H.T.B. es una cifra en la cual no se toman en cuenta factores que afectaran representativamente el potencial de una cuenca y la cantidad de energía que se pueda generar en un proyecto utilizando este recurso.

Un índice mucho más apegado a la realidad, y de mayor utilidad al planificar el equipamiento eléctrico de una determinada región es el Potencial Hidroeléctrico Técnico Aprovechable (P.H.T.A), el cual se define como el potencial utilizable, tomando en cuenta que existen pérdidas como las

complicaciones topográficas o factores como la tecnología a utilizar o la presencia de obras o proyectos preexistentes en zonas cercanas.

Se ha observado que este índice es relativo y específico de cada región que se evalúa, por lo cual instituciones como la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas han realizado una relación utilizando algunas cuencas de estudio, la cual permite aproximar el P.H.T.A. en función de la densidad del P.H.T.B. el cual es un dato sencillo de calcular.

Tabla 1: Relación densidad P.H.T.B y P.H.T.A.

Densidad del P.H.T.B. (KW/km²)	P.H.T.A. como porcentaje del P.H.T.B.
10	00-25
50	00-30
100	05-35
150	10-40
200	15-45
250	20-50
300	25-55
350	30-60

En la tabla se muestran porcentajes mínimos y máximos del P.H.T.A. para ciertos valores de densidad en una cuenca.

- **Potencial aprovechable a escala según tecnología a utilizar.**

En términos del proyecto que se desea realizar, en este caso la implementación de microcentrales hidroeléctricas, es importante calcular el potencial que realmente se podrá utilizar para efectos de esta tecnología.

Actualmente, proyectos de esta naturaleza se han realizado con el único respaldo que la experiencia les da a ingenieros hidráulicos.. Es por esto que se recomienda realizar una campaña la cual incluye estudios de campo con visitas a los puntos donde se pueda identificar el potencial, analizar cuencas que se consideren representativas en la región de estudio apoyadas con cartografía y aerofotogrametría, ciencias que muestran gráficamente el área de estudio y mediciones reales de la misma.

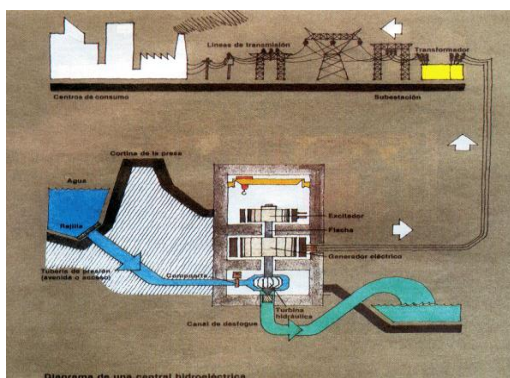
Con la información recopilada, se podrá calcular los índices mencionados anteriormente (P.H.T.B. y densidad de P.H.T.B.), además de tener una buena idea del potencial real que las microcentrales hidroeléctrica puedan aprovechar de dicha cuenca, el cual será básicamente un porcentaje del P.H.T.B.

Con la experiencia obtenida en los estudios de campo de diferentes cuencas y conociendo las dimensiones, características específicas, y la densidad de potencial bruto de estas, se puede realizar una tabla estándar que muestre los patrones que se han observado, y como se relacionan la densidad de potencial bruto con el porcentaje real utilizable en las cuencas de la región. Esto podrá ser una estimación muy aceptable del potencial a disposición de las Microcentrales eléctricas.

3. **Microcentrales hidroeléctricas (MCH).** Instalaciones en donde se transforma la energía potencial, generada por las elevaciones geográficas de las cuencas, y la cinética por la velocidad del recurso hídrico, en Energía Eléctrica.

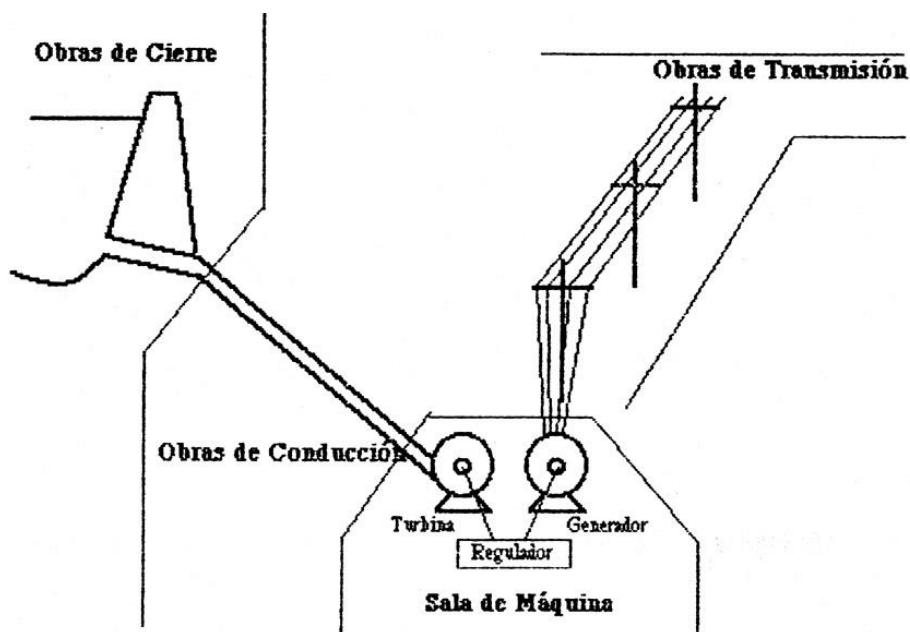
De forma resumida, las MCH trabajan de la siguiente forma: El agua cae sobre las turbinas las cuales giran por la fuerza ejercida sobre éstas. Las turbinas se encuentran conectadas a unos generadores de electricidad la cual pasa por unos transformadores encargados de elevar la tensión para poder transportarla hasta los centros de consumo.

Ilustración 72: Microcentral Hidroeléctrica



a. **Componentes de una MCH.** En el gráfico mostrado a continuación, se puede observar de forma básica como funciona una Micro Central Hidroeléctrica, El recurso hídrico entra por la parte de Obras de Captación o Cierre, en donde canales lo conducen hacia la sala de máquinas compuesta básicamente por una turbina y un generador, por último la energía producida es transmitida, lista para su utilización.

Ilustración 73: Componentes Microcentral Hidroeléctrica.



A continuación, se explicará de una forma más amplia la función que realiza cada componente en una MCH.

- **Área de cierre y captación.**

La función del área de captación es la recepción del agua, parte más importantes en el proceso, ya que de esta dependerá la calidad del recurso hídrico, por lo que debe construirse con la idea de captar la mayor cantidad de agua limpia posible. La selección del área para la captación debe realizarse considerando el comportamiento del flujo de agua, con relación a los sólidos en suspensión, en otras palabras, un área donde la corriente cuente con la menor cantidad de cuerpos sólidos posibles, y donde la erosión sea mínima. La separación de piedras, ramas y otros objetos es importante, ya que si estos ingresan y son conducidos al área de máquinas, pueden provocar un estancamiento del agua o daños severos a la maquinaria. Otro factor a evitar es la erosión en los conductos, la cual puede ser provocada por las arenas u partículas sólidas, dañando los mismos y reduciendo su vida útil.

- **Área de conducción o derivación.**

Se encuentra formada por una serie de tuberías cerradas individuales o combinadas con canales a cielo abierto, las cuales son las encargadas de transportar el recurso hídrico desde el área de captación hasta la turbina ubicada en la sala de máquinas, para su aprovechamiento energético.

Los canales a cielo abierto son una solución efectiva para reducir los costos de tubería, tomando en cuenta que deben estar bien diseñados para reducir los costos por mantenimiento. Deben ser diseñados de tal forma que eviten un escurrimiento del agua, por lo que se recomienda construirlos con una pendiente mínima, con una sección trapezoidal que optimice los costos, en otras palabras el mínimo perímetro para igual caudal. Ésta es aquella en la que la base y las paredes laterales, construidas a 45°, son tangentes a una circunferencia con un diámetro que permita estar por encima del nivel del agua.

Ilustración 74: Área de conducción, canal trapezoidal.



Cámara de carga, es necesaria para limpiar las aguas de arenas y partículas sólidas, como también para aquietar la misma. Ésta debe contar con las dimensiones adecuadas, generalmente están construidas con hormigón o piedra. La cámara está formada por cierto número de “coladores”, estos con el objetivo de eliminar las partículas sedimentarias o excedentes los cuales no serán turbinados.

Con respecto a la tubería empleada en el proyecto, se debe tomar en cuenta la velocidad que admitirá la microcentral, como también las pérdidas por altura a las que se enfrentara el producto hídrico, ya que esto determinará el diámetro del tubo a utilizar.

- **Sala de máquinas o microcentral.**

Es el área en donde se encuentra ubicado todo el equipamiento hidroelectromecánico, como la turbina, regulador de velocidad, tablero de comando y el generador. Consiste en un área cerrada, relativamente pequeña, la cual es alimentada de agua por los canales del área de conducción. Esta debe ser construida tomando en cuenta los niveles de corriente y los cambios de comportamiento de los arroyos, para evitar un daño en las instalaciones. En esta área surge todo el proceso de transformación de energía, de hidráulica a mecánica, y posteriormente de mecánica a eléctrica. Es

importante mencionar que esta Energía Eléctrica debe llenar ciertos requisitos de calidad, tales como los niveles de tensión y frecuencia, ya que deben estar en un rango de tolerancia específico.

- **Área de distribución.**

Permite el transporte de Energía Eléctrica hasta donde será demandada.

F. **Energía eólica.** Este tipo de energía está muy relacionada con la Energía Solar, es por esto que se dice que es una forma indirecta de ésta. La Energía Eólica depende en gran parte de los movimientos de las masas de aire o viento, las cuales dependen de las diferencias de temperatura y de presiones en la atmosfera, que son provocadas por la radiación solar.

Es importante mencionar que es la energía limpia menos costosa en lo que ha generación de energía se refiere.

Ilustración 75: Energía Eólica.

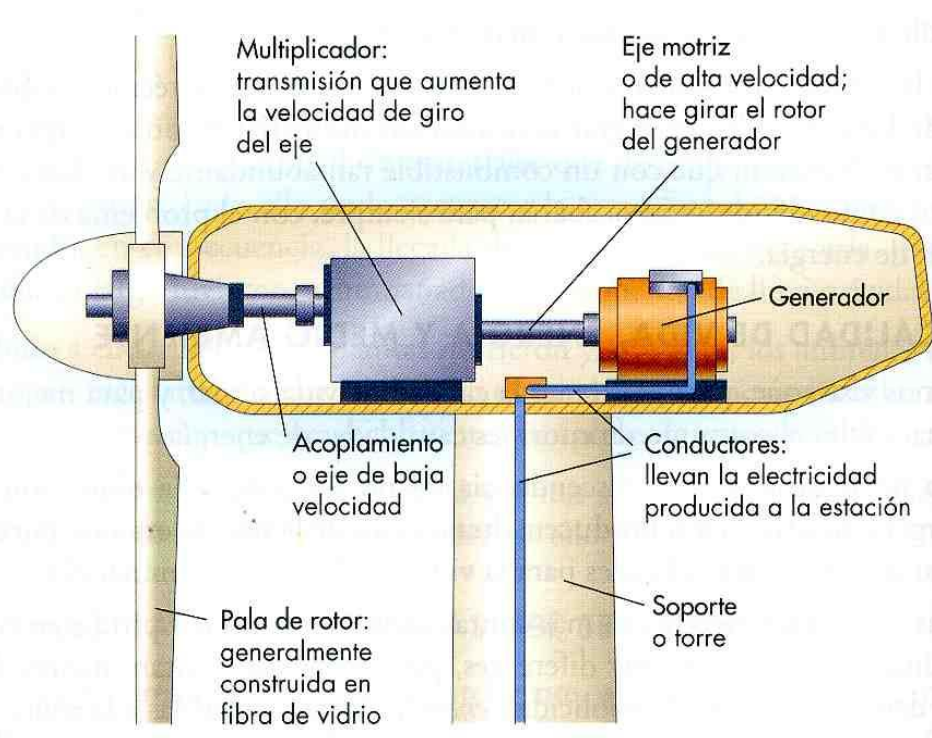


1. **Aerogeneradores o generadores eólicos.** Se define como un generadores eólicos a las maquinas las cuales transforman la energía cinética del viento en electricidad. Estos se colocan sobre una torre debido a que la velocidad del viento aumenta según la altura respecto al suelo. Compuestos por una turbina la cual rota debido a las corrientes de viento en el ambiente. Fueron emitidos secundando a sus precedentes, los molinos de viento, los cuales eran utilizados para la molienda y obtención de harina.

Es recomendable colocar estos en lugares alejados de obstáculos como edificios o árboles, los cuales pueden provocar turbulencia en el aire, también es importante que estén ubicados en lugares donde el viento sopla con una intensidad constante todo el tiempo, para optimizar su rendimiento.

A continuación, se presenta un diagrama del interior de un aerogenerador y una breve explicación de cómo cada una de sus partes contribuye para la generación de Energía Eléctrica.

Ilustración 76: Componentes de un generador eólico.



Palas de rotor: Son componentes importantes y la parte más representativa de los aerogeneradores, las cuales generalmente son construidas de plástico reforzado con fibra de vidrio, y una sección transversal similar a la de las alas de un avión. Es aquí donde la energía cinética producida por el viento se convierte en energía mecánica por medio de la rotación.

Acoplamiento o Eje de baja velocidad: Este se encuentra conectado a las palas del rotor y es el encargado de transmitir el movimiento rotatorio de este hasta el multiplicador.

Multiplicador: Este aumenta la velocidad transmitida por el eje de baja velocidad, por medio de un cambio en la frecuencia de giro, y así entregarle al generador, por medio del eje matriz, una frecuencia apropiada para un funcionamiento adecuado.

Generador: Sin duda alguna una de las partes más importantes en el proceso, aquí la energía mecánica producida por el rotor se convierte en Energía Eléctrica.

Pitch Controlled: Este componente también llamado regulador de ángulo de paso, este por medio de un controlador electrónico lleva un registro de las potenciales entregadas por el aerogenerador, si ésta alcanza un valor demasiado alto, manda una señal y el controlador hace que el ángulo de la superficie donde se recibe el viento cambie, por lo tanto el área efectiva de impacto disminuye y por consiguiente la potencia absorbida, si la potencia recibida fuese muy pequeña, se realiza el proceso contrario.

Además de estos componentes principales, cuenta con una serie de partes secundarias las cuales colaboran para el buen funcionamiento del aerogenerador, entre los que podemos mencionar una unidad de refrigeración que mantiene al generador en una temperatura óptima y la veleta la cual calcula la velocidad y dirección del viento.

G. Descripción de la problemática

1. **Situación actual.** A lo largo de este proyecto se han mencionado los beneficios al implementar métodos renovables de generación de energía en proyectos. Sin embargo en un porcentaje representativo de la población Guatemalteca, estos métodos no han tenido aun el impacto necesario.

El país cuenta actualmente con muy pocos expertos, concuerdan en que el primer cimiento para iniciar una “Guatemala Verde” consisten en que todos y cada uno de los participantes estén convencidos de los beneficios que conllevan la utilización de recursos renovables y cuenten con conciencia social o ambiental, la cual es muy difícil de encontrar.

La problemática actual en el país está dado porque la mayoría de las personas no están familiarizadas con el término “Energías Renovables”, y las que si conocen el término no han realizado la magnitud de los beneficios de estas y se han mostrado indiferentes ante estos métodos por lo que sus conocimientos en el tema son prácticamente nulos.

La Energía Hidráulica es la principal fuente de generación de energía actualmente, por medio de las centrales hidroeléctricas entre las que se pueden mencionar: Hidroeléctrica Chixoy, Aguacapa, Jurun Marinala, Los Esclavos, Santa María, El Porvenir entre otras. Estas satisfacen la demanda energética de la mayoría de sectores en el país por medio de las distribuidoras eléctricas, sin embargo

esta fuente también puede ser aprovechada en proyectos pequeños, llenando las necesidades de una obra o sector pequeño, ha esto se le llama microcentrales hidroeléctricas.

Por otro lado, en el caso de la Energía Solar y eólica, no ha sido explotada a pesar que en los últimos años se ha introducido en el mercado nacional sistemas en base a estas fuentes. Tanto los paneles solares como los generadores eólicos se pueden conectar a la red pública de energía, lo cual permite realizar un balance entre la energía producida de forma verde, y la consumida, la cual es distribuida por empresas eléctricas, generando esto un ahorro considerable en el consumo eléctrico mensual.

La creciente demanda de energía, la cual supera los niveles de oferta en los últimos años, ha obligado al gobierno y al Ministerio de Energía y Minas de Guatemala a crear leyes que promuevan el uso y aprovechamiento de las energías renovables. En el año 1986 se publicó el Decreto Ley 20-86, Ley de Fomento al Desarrollo de Fuentes Nuevas y Renovables de Energía, el cual decreta la necesidad de implantación de políticas energéticas para promover el desarrollo y uso eficiente de las fuentes renovables de energía. Esta ley beneficia a los titulares de proyectos a través de incentivos fiscales. Más adelante, en los años 2003 y 2005, se aprobó el decreto 52-2003 Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable y el 211-2005 Reglamento de la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable. Los cuales establecen que las personas o instituciones que realicen proyectos con energías renovables gozaran de los siguientes incentivos: Exención de pago de derechos arancelarios para las importaciones, Impuesto al Valor Agregado (IVA), Impuesto Sobre la Renta (ISR) e Impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias (IEMA).

Para países subdesarrollados, tal es el caso de Guatemala, el impacto que una implementación ejemplar de métodos renovables traería, serían representativos tanto económica como ambientalmente. Actualmente en Guatemala un escaso número de viviendas y edificaciones generan energía en base a sistema de luz solar u otros métodos en base a recursos limpios o inagotables. Se puede pensar que la implementación de las energías renovables puede llevar al país a un avance económico importante, además de crear una cultura en donde la preocupación por un mejor país es uno de los principales objetivos.

Es parte de la cultura que se desea cambiar el pensamiento, que una inversión por pequeña que sea, no traerá beneficios económicos representativos en un corto o mediano plazo, y un mejor lugar para vivir para futuras generaciones además de una Guatemala más desarrollada.

H. **Investigación de campo.** Este proyecto tiene como uno de sus principales objetivos formar una guía teórica y práctica, la cual ayude a evaluar, proyectar y tomar una decisión adecuada con relación a la producción y consumo de energía que se utilizará en un proyecto, más específicamente paneles solares fotovoltaicos, por el crecimiento en el mercado de estos en los últimos años en el país en comparación a las microcentrales hidroeléctricas o generadores eólicos, sin embargo puede servir como línea a seguir para la evaluación de cualquier proyecto que involucre métodos de generación de energía renovable.

Es importante que se aclaren todos los factores económicos, ambientales, sociales, legales, entre otros, que influyen al momento de realizar una inversión. Es importante analizar de igual forma otras opciones que cumplan los mismos objetivos del proyecto que se pretende realizar, y de esta forma comparar si el proyecto elegido es rentable o no en comparación a estas otras posibilidades.

La generación de energías basada en energías no renovables, predominan actualmente en la mayoría de países del mundo, Guatemala no es la excepción. Se realizará un análisis completo de lo que comprende la utilización de Energía Eléctrica, desde la instalación de la misma, cotización de los materiales necesarios para esta, cotización de mano de obra, hasta los costos mensuales que estos comprenden.

Con el objetivo de plantear un panorama más preciso de los costos completos que representan la implementación de energía en una obra, se presentarán una serie de escenarios en donde se evaluarán los costos de utilización de Energía Eléctrica y métodos renovables de generación de energía. Además, un análisis de rentabilidad para determinar cuál de los proyectos es más factible, o las diferencias en la utilización de ambos.

1. ***Integración a la red pública (contador bidireccional).*** En Guatemala la forma más común de instalación de los paneles solares fotovoltaicos, es incorporándolos a la red pública.

Esta metodología consiste en lo siguiente, al producir cierto número de KWH, los cuales van a ser enviados a la red pública, el contador bidireccional girará en sentido contrario a lo tradicional, lo cual indica que se está generando electricidad. Por otro lado, cuando se consume electricidad, el contador girará en sentido de las manecillas del reloj, mostrando al final de cada mes cuando se realiza la lectura del contador, un saldo dado por: KWH Consumidos-KWH Producido, lo cual obviamente reduce el consumo el valor de la lectura de KWH en la factura al final de cada mes.

Al utilizar esta tecnología, no es necesaria la implementación de baterías en el sistema eléctrico, ya que la energía producida se envía directamente a la red pública, por lo cual podemos obviar las pérdidas de eficiencia que estas generarían al almacenar la energía. Los cableados y demás instrumentos conectados al sistema representan un porcentaje de pérdidas reducido, por lo cual para efectos de este proyecto no se tomarán en cuenta, ya que son despreciables.

Cualquier panel solar fotovoltaico puede interconectarse a la red, sin embargo ya existen en el mercado equipos completos listos para la integración a la red. Para efectos de este proyecto se cotizaron ambas opciones y se utilizara en los escenarios únicamente los paneles solares fotovoltaicos, ya que se desea estimar el número adecuado a instalar en los diferentes proyectos.

2. **Cotización Energía Eléctrica (Distribuidoras de Energía Eléctrica en Guatemala).** En Guatemala existen tres distribuidoras eléctricas, las cuales se encargan de abastecer las necesidades energéticas en gran parte del país, Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., Distribuidora Eléctrica de Oriente, S.A., y Distribuidora Eléctrica de Occidente, S.A. (25)

El Ministerio de Energía y Minas actualiza trimestralmente las tarifas por KW de cada una de las distribuidoras en el país.

Tabla 2: Tarifas eléctricas del mercado guatemalteco. (MEM)

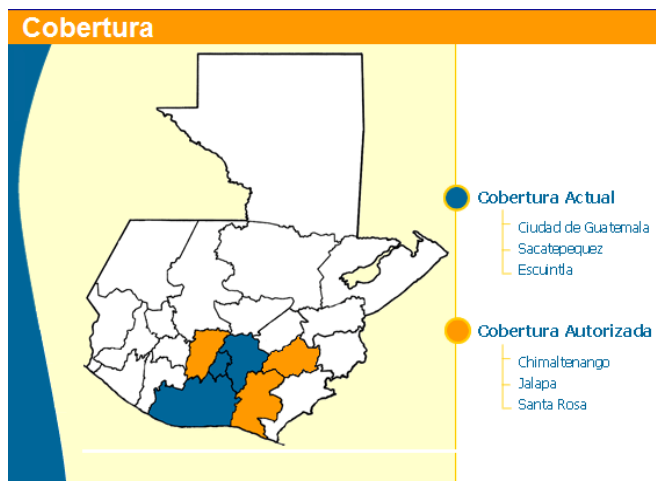
TARIFA NO SOCIAL						
Distribuidora	TARIFA*	TARIFA*	Variación unitaria	Variación Porcentual	Cantidad de usuarios	Porcentaje sobre el total de usuarios
	MAY-JUL 2011	AGO-OCT 2011				
DEOCSA	1.755157	1.784950	0.029793	1.7%	20,048	0.84%
DEORSA	1.842492	1.946297	0.103805	5.6%	22,975	0.96%
EEGSA	1.720579	1.928136	0.207557	12.1%	103,947	4.35%

TARIFA SOCIAL						
Distribuidora	TARIFA*	TARIFA*	Variación unitaria	Variación Porcentual	Cantidad de usuarios	Porcentaje sobre el total de usuarios
	MAY-JUL 2011	AGO-OCT 2011				
DEOCSA	1.689258	1.769207**	0.079949	4.7%	878,581	36.78%
DEORSA	1.692442	1.782452**	0.090010	5.3%	505,249	21.15%
EEGSA	1.548148	1.608964**	0.060816	3.9%	858,020	35.92%

Los datos en la tabla anterior están dados en (KW/Q), es importante mencionar que los usuarios de estas distribuidoras seguirán gozando del ajuste a la tarifa social que otorga el INDE, el cual consiste en un pago de únicamente 0.50 Q/KW por consumos entre (0 W -50 W), 0.75 Q/KW por consumos entre (51 W – 100 W) y 1.50 Q/KW para los primeros 100 KW y el resto en la tarifa social cuando se consume entre (101 W-300 W).

EEGSA, Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. cuenta con cobertura en los departamentos de la ciudad de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla, con proyecciones a expandir sus horizontes como se muestra en el gráfico.

Ilustración 77: Cobertura eléctrica, Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.



DEORSA (Distribuidora Eléctrica de Oriente, S.A.) es la distribuidora encargada de abastecer al oriente del país, y DEOCSA (Distribuidora Eléctrica de Occidente, S.A.) el occidente del país.

3. ***Demanda energética.*** En los diferentes escenarios referentes, se determinó la cantidad de energía promedio por mes, para abastecer las necesidades de dichas obras.

En el escenario 1 referente a Energía Solar fotovoltaica, se tomó como referencia facturas de consumo eléctrico de meses anteriores, con lo que se pudo determinar un valor muy apegado a la realidad de KWH al mes. En este caso como la obra se encuentra en Huehuetenango, la empresa encargada de proveer el recurso eléctrico es la Distribuidora Eléctrica de Occidente, S.A., por lo cual se emplearon las tarifas correspondientes a esta empresa.

En el Escenario 2 (paneles solares), el cual se encuentra en fase de construcción, resulta más difícil la determinación de consumo de energía mensual. Al no tener historia de meses anteriores, se realizó una proyección. Este escenario se encuentra ubicado en un condominio en el departamento de Guatemala, por lo cual se analizaron consumos eléctricos (mediante facturas de la empresa eléctrica) de casas con características similares a esta, las cuales se encuentran ubicadas en la misma área residencial.

Otra forma de calcular la demanda energética de una obra en fase de construcción, en donde no se cuenta con datos históricos de la demanda mensual, es determinando el consumo de cada uno de los electrodomésticos o equipo eléctrico que se planea tener en la obra, esto mediante una tabla donde se detalle las cantidades de cada uno de estos, el tiempo que se utilizarán, y por lo tanto su consumo individual, para después calcular el consumo total esta obra específica, esta técnica fue empleada en el escenario 3, donde se evalúa la Energía Eólica.

Ilustración 78: Potencia consumida por electrodoméstico.



Conociendo la demanda energética que se debe satisfacer en cada escenario propuesto se puede determinar la cantidad KWH que se requiere producir mensual o anualmente. Según expertos en el tema, el equipo de generación de energía renovable ideal, es aquel que genera una cantidad de energía muy cercana a la demanda, sin superar la misma, ya que sobrepasarla representaría producir más electricidad de la que se necesita. Se debe procurar que este saldo de KWH restante sea mínimo, lo suficiente para estar en el rango con derecho a una tarifa económica, lo que representara costos mensuales mínimos. Si el saldo de KWH es positivo, se estaría produciendo más KWH de los necesarios.

4. ***Cotización instalaciones eléctricas y mano de obra.*** El

requerimiento eléctrico en una obra necesita de una planificación y un diseño, los cuales son generalmente realizados por arquitectos paralelamente con el diseño de planos de la obra. Las instalaciones eléctricas en su mayoría no son visibles, por motivos de seguridad y estética, sin embargo representan una inversión inicial. Es importante tomar en cuenta que una instalación eléctrica está compuesta desde el entubado, el alambrado, tableros, contadores, hasta los acabados como bombillos e interruptores.

Las instalaciones eléctricas deben realizarlas personas expertas en el tema para no tener problemas posteriores, para lo que se requiere que un electricista realice la instalación. Para efecto de estos escenarios, se cotizo a electricistas en la ciudad de Guatemala.

A continuación, se presenta un detalle de los materiales requeridos para la realización de una instalación eléctrica, más específicamente los necesario para realizar la instalación del escenario 2 planteado en este proyecto, (el cual se detallara más adelante), junto con la cotización de los mismos la cual fue realizada en el departamento de Guatemala, en el segundo semestre del año 2011. También se muestra un costo aproximado de mano de obra. Se cotizó en diferentes proveedoras buscando calcular un precio promedio de los materiales, misma metodología que fue empleada para la mano de obra. Para los dos escenarios restantes estos costos fueron estimados según la magnitud de la demanda energética, tomando como referencia los valores otorgados por estas tablas.

Tabla 3: Materiales para instalación eléctrica

Materiales instalación eléctrica				
Cantidad	Material	Unidad	Precio (Q)	Costo Total (Q)
11	Pegamento para PVC	1/4 de galón	93.89	1,032.79
865	Tubo PVC gris 3/4	Unidad	7.7	6,660.50
735	Unión 3/4	Unidad	0.3	220.50
1450	Vuelta 3/4	Unidad	0.9	1,305.00
62	Tubo PVC gris 1/2	Unidad	5.6	347.20
50	Unión 1/2	Unidad	0.2	10.00
80	Vuelta 1/2	Unidad	0.75	60.00
40	Tubo PVC gris 1 1/2	Unidad	17.4	696.00
60	Unión 1 1/2	Unidad	1.3	78.00
40	Vuelta 1 1/2	Unidad	4.3	172.00
300	Caja Rectangular	Unidad	1.7	510.00
195	Caja Octogonal	Unidad	1.7	331.50
5800	Cable calibre 12	Metro	3.03	17,574.00
1	Tablero de 24 circuitos	Unidad	643	643.00
200	Cable Paralelo	Metro	6.55	1,310.00
2	Tablero de 30 circuitos	Unidad	800	1,600.00
125	Tomacorriente	Unidad	20	2,500.00
65	Interruptor	Unidad	30	1,950.00
190	Bombillas	Unidad	6	1,140.00
190	Flaponeras	Unidad		
TOTAL				38,140.49

Tabla 4: Mano de obra por instalación eléctrica

Mano de Obra	
Descripción	Costo (Q)
Electricista 1	50,000.00

A pesar de ser cantidades de materiales y cifras validas únicamente para un escenario específico, es un modelo a seguir para tener una idea de los materiales que se necesitan. Nótese que estas instalaciones deben realizarse independientemente del método que se utilice para generación de energía (solar, eólico o eléctrico).

5. Energía Solar

a. Radiación Solar Horizontal Máxima Diaria (Horas Pico, Watts

Pico). La radiación solar es el conjunto de emisiones electromagnéticas emitidas por el sol. Por medio de las coordenadas de un sitio (longitud y latitud), se puede determinar el tiempo en que la radiación máxima del sol es aprovechable en una determinada área terrestre. Cada punto en la superficie terrestre cuenta con un número determinado de horas en que el sol irradia de forma ideal para aprovechar estos rayos y convertirlos en energía. Esto se encuentra sustentada por el hecho que nuestro planeta tiene un movimiento anual alrededor del sol el cual describe una trayectoria elíptica en un plano inclinado en unos 23.5º aproximadamente con relación al plano ecuatorial, además la humedad y la nubosidad en cada país también contribuyen a esta variación de radiaciones.

National Aeronautics and Space Administration es una institución la cual se preocupa por encontrar nuevos horizontes y la realización de estudios a nivel mundial y espacial que revelen lo desconocido para los seres humanos, y que estos conocimientos ayuden a los seres humanos tengan una mejor calidad de vida. La NASA mediante su sofisticada tecnología cuenta con la capacidad de determinar la cantidad exacta de horas diaria que el sol irradia a su máxima intensidad en un determinado punto.

Estas horas mencionadas en el párrafo anterior son las conocidas con el nombre “hora solar pico” (HSP), el cual es utilizado en el campo de la Energía Solar fotovoltaica, ya que su conocimiento resulta útil al analizar sistemas fotovoltaicos. La HSP es el tiempo en horas de una hipotética radiación solar constante de 1000 W/m^2 .

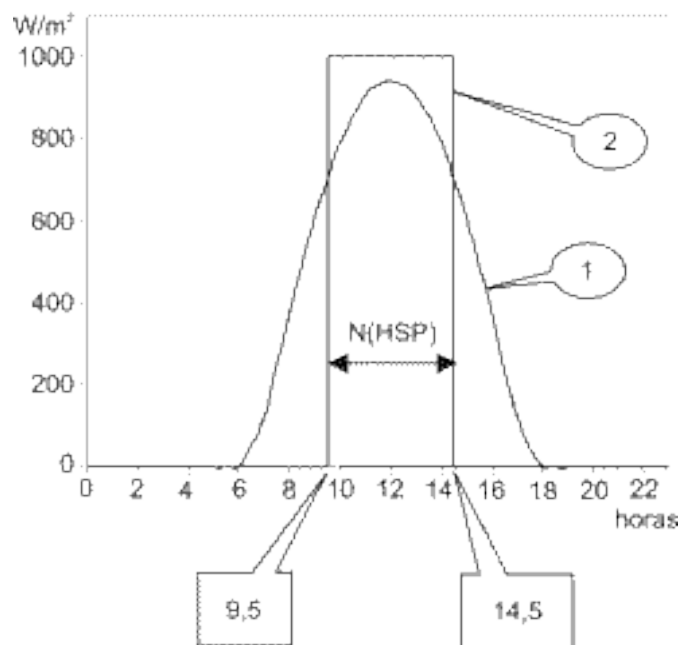
La radiación solar diaria en la superficie terrestre, puede ser afectada por la presencia de nubes, lo cual es variable, o dependiendo de la estación del año, invierno o verano, por lo cual en este análisis no serán tomadas en cuenta, sin embargo al analizar la eficiencia de los equipos fotovoltaicos se trabaja con un margen de error ya que la radiación no será 100% efectiva durante estas horas pico.

En la industria de paneles solares fotovoltaicos, con el objetivo de facilitar cálculos, se asume que el sol logra una irradiación constante de 1000 W/m^2 durante ciertas horas del día, y que cada metro cuadrado de un panel fotovoltaico recibirá los rayos solares al 100% durante cierto periodo de tiempo.

A pesar que el número de HSP es variable en cada lugar del mundo, se ha determinado mediante estudios que este valor es de aproximadamente en 5 horas, es decir la radiación máxima solar 1000 W/m^2 aproximadamente, es aprovechable en la superficie terrestre por 5 horas diarias, esto nos lleva a un valor de $5,000 \text{ WH/m}^2$ al día.

Por otro lado, la potencia entregada por los paneles solares fotovoltaicos cuando la radiación es de 1000 W/m^2 , a una temperatura de 25° , viene dado por la unidad de medida Watt Pico (Wp), y depende de la eficiencia del equipo fotovoltaico.

Ilustración 79: Relación radiación horizontal Vs. Horas al día.



Para los cálculos a continuación, se debe aclarar que 5 HSP no significa que existan únicamente 5 horas de sol al día, como se muestra en el gráfico anterior existen aproximadamente 12 horas de sol diarias, las 5 HSP se refieren al sol hipotético de 1000 W/m^2 que se logra únicamente en esas 5 horas.

A continuación, se mostrará matemáticamente, que la aproximación realizada por las HSP, es apegada a la realidad al determinar la radiación solar diaria. Primero se calcula el área bajo la curva del rectángulo, que muestra el caso hipotético de las 5 HSP:

Ilustración 80: Cálculo área bajo la curva hipotética, gráfica de relación radiación horizontal Vs. Horas al día.

$$\int_{0 \text{ H.P.}}^{5 \text{ H.P.}} 1000 dx = 1000x \Big|_{0 \text{ H.P.}}^{5 \text{ H.P.}} = 5,000 \text{ WH/m}^2 - 0 \text{ WH/m}^2 = 5,000 \text{ WH/m}^2$$

Luego, se determina el área sombreada en el dibujo la cual muestra el verdadero valor de radiación solar diaria (WH/m²) que irradia el sol durante estas 5 horas de aprovechamiento máximo.

Ilustración 81: Cálculo área bajo la curva real, gráfica de relación radiación horizontal Vs. Horas al día Parte I

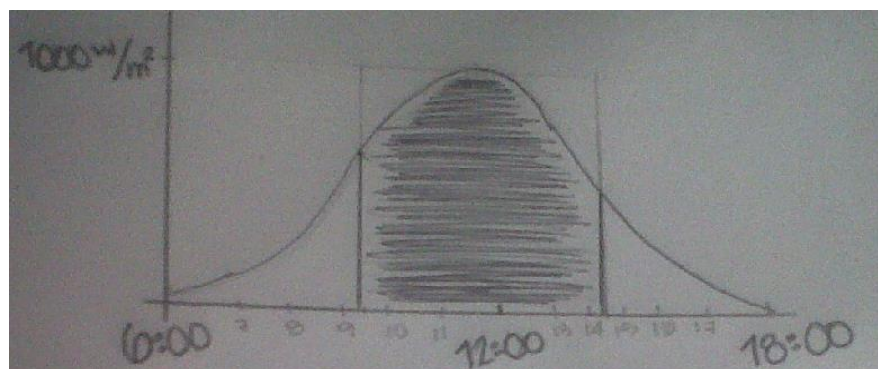


Ilustración 82: Cálculo área bajo la curva real, gráfica de relación radiación horizontal Vs. Horas al día Parte II

$$\int_{9.5}^{14.5} 1000 e^{-\frac{(x-12)^2}{20}} dx = 6,000 \sqrt{2\pi} e^{\frac{(x-12)^2}{20}} \Big|_{9.5}^{14.5}$$

$$= 6,000 \sqrt{2\pi} \left[e^{-\frac{2.5}{20}} - e^{-\frac{12.5}{20}} \right] = 4,446.91$$

Suponiendo que la radiación solar se comporta como una distribución normal o campana de Gauss, se determinó la función a la que más se apegaba la relación entre radiación solar y las horas del día.

$$f(x) = ae^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}}$$

Donde:

a = Altura de la campana

b =Centro de la campana, en el eje X.

c =Ancho de la campana

a, b y c son constantes reales

Como se puede observar el valor es bastante aproximado a los 5,000WH/m², y a pesar que se encuentra por debajo de este número, es algo no significativo ya que en el transcurso de las 7 horas de sol que no se han tomado en cuenta en esta área (horas no pico), porque no representan una radiación significativa, también se recibe un pequeño porcentaje de WH/m², los cuales colaboran para que el valor sea todavía más cercano a los 5,000WH/m² que se suponen para efectos prácticos.

b. Horas pico en Guatemala. Como ya se ha mencionado con anterioridad, la NASA en base a su tecnología espacial ha publicado para uso popular datos, los cuales se pueden encontrar en bases de datos de diferentes software, tal es el caso del programa “RETScreen” en donde se pueden consultar datos como la radiación solar diaria (KWh/m²), en diferentes puntos del planeta. Dividiendo este valor entre la radiación máxima del sol 1 KW/m², se puede determinar la cantidad de “horas pico”. (NOTA: La radiación solar diaria es igual al número de horas pico, siendo la única variante las dimensionales).

RETScreen, presenta en su base de datos valores promedio de la radiación solar diaria en algunos departamentos de Guatemala, tomando en cuenta que no se cuenta con información de todos los departamentos.

Ilustración 83: Radiación solar horizontal en Guatemala.

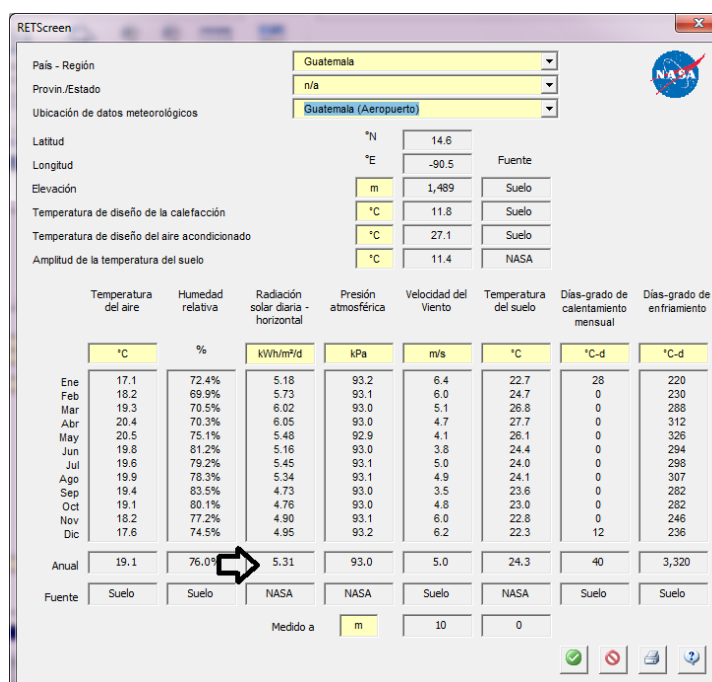


Ilustración 84: Radiación solar horizontal en Puerto Barrios.

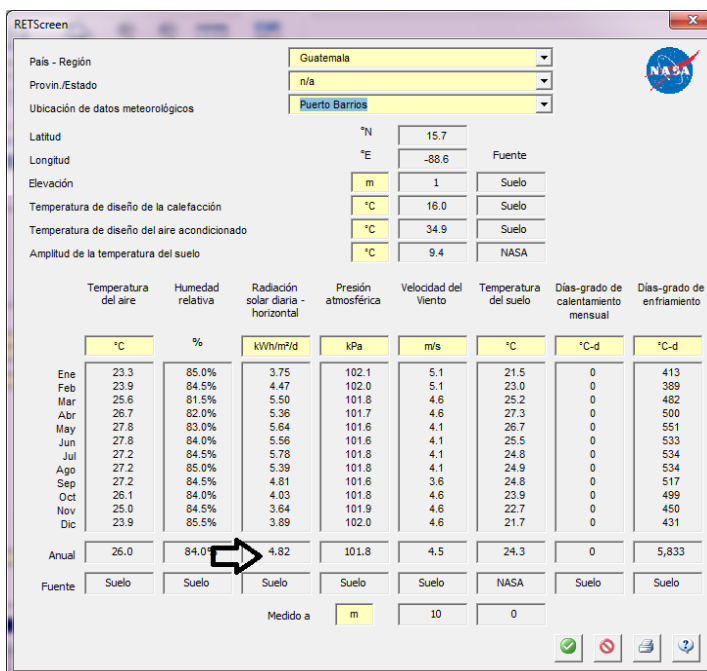


Ilustración 85: Radiación solar horizontal en Quetzaltenango.

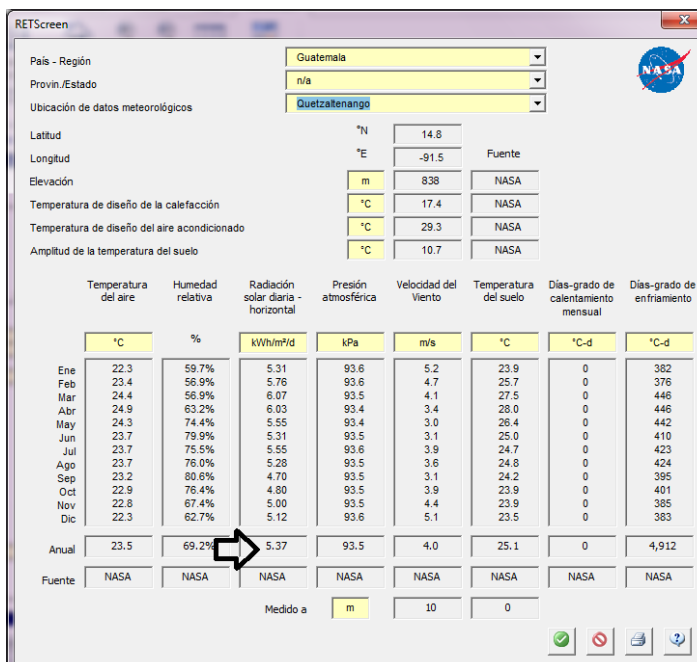
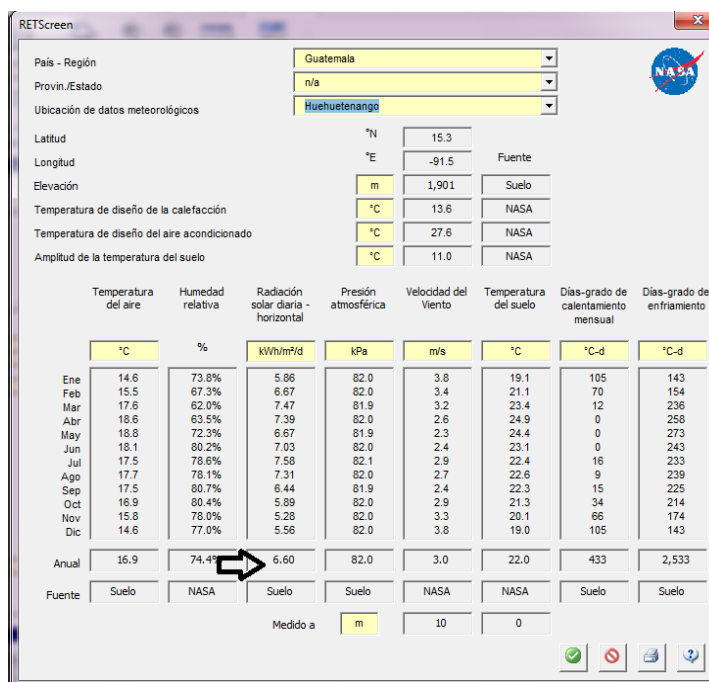


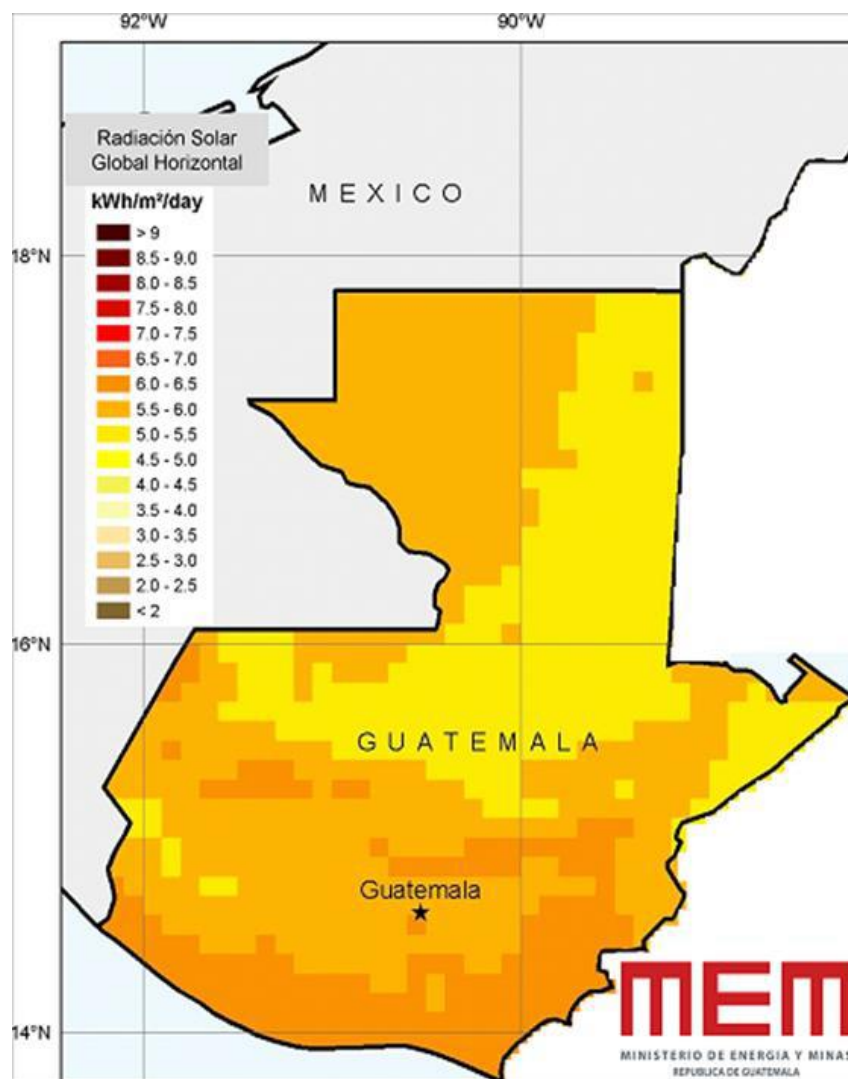
Ilustración 86: Radiación solar horizontal en Huehuetenango.



Se puede observar que la radiación solar diaria y horas pico en Guatemala, se encuentran entre los valores 4.82 a 6.60, siendo el departamento de Huehuetenango una de las regiones que cuenta con un mayor número de horas pico al día, y por otro lado Puerto Barrios, municipio del departamento de Izabal, con un número reducido de horas aprovechables.

Para tener una idea clara, el Ministerio de Energía y Minas de la República de Guatemala publicó este mapa en donde se aprecian los 22 departamentos del país y una escala de colores los cuales representan diferentes niveles de horas aprovechables de radiación solar. Este fenómeno también es conocido como la radiación solar horizontal, la cual consiste en los rayos del sol aprovechables al 100% en un área específica.

Ilustración 87: Mapa de radiación solar horizontal en Guatemala.



c. **Cotización paneles solares.** Se realizaron cotizaciones de paneles solares monocristalinos, policristalinos, y equipos completos preparadas para conectarlos a la red pública. Estas fueron realizadas por dos medios: empresas dedicadas a la venta e instalación de equipos renovables de generación de energía en el país, y en su mayoría en páginas web de empresas internacionales con el mismo giro de negocio.

Tabla 5: Cotización paneles solares fotovoltaicos.

1. Paneles Fotovoltaicos						
PANELES FOTOVOLTAICOS MONO Y POLICRISTALINOS						
1.1 Paneles SOLARWORLD		T. máxima	Pnominal/ salida	Pmax	alto-ancho-fondo (mm)	P.V.P.
	2230802	P. SOLARWORLD MONOCRISTALINOS SW 230	20V	230W	1675x1001x34	502,00
	2230803	P. SOLARWORLD MONOCRISTALINOS SW 235	20V	235W	1675x1001x34	512,00
	2230804	P. SOLARWORLD MONOCRISTALINOS SW 240	20V	240W	1675x1001x34	523,00
	2230805	P. SOLARWORLD MONOCRISTALINOS SW 245	20V	245W	1675x1001x34	534,00
	2235210	P. SOLARWORLD POLICRISTALINOS SW 210 Texturizado	20V	210W	1675x1001x34	683,00
	2235215	P. SOLARWORLD POLICRISTALINOS SW 215 Texturizado	20V	215W	1675x1001x34	468,00
	2235220	P. SOLARWORLD POLICRISTALINOS SW 220 Texturizado	20V	220W	1675x1001x34	479,00
	2235225	P. SOLARWORLD POLICRISTALINOS SW 225 Texturizado	20V	225W	1675x1001x34	491,00
	2235230	P. SOLARWORLD POLICRISTALINOS SW 230 Texturizado	20V	230W	1675x1001x34	502,00
	2235235	P. SOLARWORLD POLICRISTALINOS SW 235 Texturizado	20V	235W	1675x1001x34	512,00
	2235240	P. SOLARWORLD POLICRISTALINOS SW 240 Texturizado	20V	240W	1675x1001x34	523,00

Tabla 6: Cotización paneles solares fotovoltaicos.





1.2 Paneles Policristalinos REC						
		T. máxima	Pnominal/ salida	Pmax	alto-ancho-fondo (mm)	P.V.P.
	2239032	P. POLIC. REC 220PE 20V	20V	220W	1665X991X38	395,00
	2239034	P. POLIC. REC 225PE 20V	20V	225W	1665X991X38	404,00
	2239035	P. POLIC. REC 230PE 20V	20V	230W	1665X991X38	412,00
	2239240	P. POLIC. REC 235PE 20V	20V	235W	1665X991X38	422,00
	2239041	P. POLIC. REC 240PE 20V	20V	240W	1665X991X38	431,00
	2239043	P. POLIC. REC 245PE 20V	20V	245W	1665X991X38	439,00
	2239045	P. POLIC. REC 250PE 20V	20V	250W	1665X991X38	448,00
1.3 Paneles Policristalinos KYOCERA*						
		T. máxima	Pnominal/ salida	Pmax	alto-ancho-fondo (mm)	P.V.P.
	2240258	P. POLIC. KD50SE-1P	12V	50W	706x744x46	270,00
	2240257	P. POLIC. KD95SX-1P	12V	95W	1043x656x45	439,00
	2240256	P. POLIC. KD135GH-2P (con cable)	12V	135W	1500x668x36	304,00
	2240259	P. POLIC. KD135SX-1PU (sin cable)	12V	135W	1500x668x46	304,00
	2240260	P. POLIC. KD140GH-2PU	20V	140W	1500x668x46	315,00
	2240253	P. POLIC. KD190GH-2PU	20V	190W	1993x990x46	379,00
	2240252	P. POLIC. KD210GH-2P	20V	210W	1500x990x36	419,00
	2240215	P. POLIC. KD215GH-2PB	20V	215W	1500x959x46	428,00
	2240240	P. POLIC. KD240GH-2PB	20V	240W	1662x990x46	479,00
	2240245	P. POLIC. KD245GH-2PB	20V	245W	1662x990x46	488,00

Tabla 7: Cotización paneles solares fotovoltaicos.

1.5 Paneles Policristalinos HYUNDAI						
		T. máxima	Pnominal/ salida	Pmax	alto-ancho-fondo (mm)	P.V.P.
	2243000	P. POLICRISTALINOS HYUNDAI	30,1V	230Wp	383x1645x35	359,00
	2243005	P. POLICRISTALINOS HYUNDAI	30,3V	235Wp	383x1645x35	366,00
1.6 Paneles SOLARFABRIK						
		T. máxima	Pnominal/ salida	Pmax	alto-ancho-fondo (mm)	P.V.P.
	2240018	P. POLIC. SOLARFABRIK SF200A	20V	200W	1667x998x50	Consultar Precio
	2240019	P. POLIC. SOLARFABRIK SF210A	20V	210W	1667x998x50	Consultar Precio
	2240020	P. POLIC. SOLARFABRIK SF220A	20V	220W	1667x998x50	Consultar Precio


1.7 Paneles Monocristalinos ET			T. máxima	Pnominál/ salida	Pmax	alto-ancho-fondo (mm)	P.V.P.
	2240111	P. ET M53605	12V	5 Wp			22,80
	2240110	P. ET M53610	12V	10 Wp			45,10
	2240113	P. ET M53620	12V	20 Wp			83,00
	2240114	P. ET M53650	12V	50 Wp			178,00

Tabla 8: Cotización paneles solares fotovoltaicos.

PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS		
05PAN180/24	180 W / 24 v - 72 células - Venta a red -1578x808 mm	397,00
05PAN230/24	230 W / 24 v - Venta a red	495,00
PANELES SOLARES POLICRISTALINOS		
05PAN10/12	10 W / 12 - 458x254x25mm - 3 kg - sin cables	45,00
05PAN20/12	20 W / 12v - 460x350x25mm - 5kg - sin cables	85,00
05PAN30/12	30 W / 12v - 40 células-724x350x25mm - 7kg - sin cables	110,00
05PAN50/12	50 W / 12v - 40 células-670x588x30mm - 8kg - sin cables	185,00
05PAN80/12	80 W / 12 Vdc - 36 células- 1210x490x35 - 10kg	255,00
05PAN130/12	130 W / 12v / 40 células- 1644x669x35mm -12kg	365,00

Tabla 9: Cotización paneles solares fotovoltaicos.



Módulos Fotovoltaicos



Módulos Fotovoltaicos		
Producto	Descripción	P. Lista
J-50	Módulo Multicristalino Eco de 50 W	\$180.68
J-80	Módulo Multicristalino Eco de 80 W	\$289.10
J-120	Módulo Multicristalino Eco de 120 W	\$433.64
C-10	Módulo Monocristalino Conermex de 10 W, certificación IEC en trámite	\$61.48
C-15	Módulo Monocristalino Conermex de 15 W, certificación IEC en trámite	\$68.32
C-50	Módulo Monocristalino Conermex de 50 W, certificación IEC en trámite	\$228.77
C-60	Módulo Monocristalino Conermex de 60 W, certificación IEC en trámite	\$250.01
C-90	Módulo Monocristalino Conermex de 90 W, certificación IEC en trámite	\$397.88
C-95	Módulo Monocristalino Conermex de 95 W, certificación IEC en trámite	\$395.83
C-120	Módulo Monocristalino Conermex de 120 W, certificación IEC en trámite	\$507.73

Tabla 10: Cotización de equipo interconectado a la red pública.

CNX-RED 0.7K	Sistema solar para interconexión a red pública a 127 VCA, a base de paneles solares fotovoltaicos con capacidad nominal de 700 Wp y cuya generación a la red se entrega mediante un inversor CD/CA de 700 W. Incluye: módulos solares, soporte para fijación a techo de concreto, seccionador CD, inversor CD/CA, seccionador térmico CA, cable, tubería conduit, herrajes, conectores, accesorios, etc. (no incluye medidor bidireccional).	\$5,336.57
CNX-RED 3K	Sistema solar para interconexión a red pública a 220 VCA, a base de paneles solares fotovoltaicos con capacidad nominal de 3.0 kWp cuya generación eléctrica es inyectada a la red mediante un inversor CD/CA con capacidad de salida de 3.0 kW. Incluye: módulos solares, soporte para fijación a techo de concreto, seccionador CD, inversor CD/CA, seccionador térmico CA, cable, tubería conduit, herrajes, conectores, accesorios, etc. (no incluye medidor bidireccional).	\$17,867.96
CNX-RED 5K	Sistema solar para interconexión a red pública a 220 VCA, a base de paneles solares fotovoltaicos con capacidad nominal de 5.0 kWp cuya generación eléctrica es inyectada a la red mediante un inversor CD/CA con capacidad de salida de 5.0 kW. Incluye: módulos solares, soporte para fijación a techo de concreto, seccionador CD, inversor CD/CA, seccionador térmico CA, cable, tubería conduit, herrajes, conectores, accesorios, etc. (no incluye medidor bidireccional).	\$26,614.78

Los precios de los paneles solares fotovoltaicos en el mercado actual fluctúan entre Q2,000 a Q6,000, dependiendo de la potencia o eficiencia con la que estos generen energía.

d. Gastos de instalación (paneles fotovoltaicos).

Se determinó un porcentaje de instalación según la experiencia de personas relacionadas con el tema y cotizaciones realizadas a nivel nacional se acordó un 5% de gasto de instalación por cada panel fotovoltaico instalado.

e. Vida útil.

Luego de realizar las cotizaciones de los diferentes paneles solares fotovoltaicos, se pudo determinar que la vida útil de los diferentes paneles solares es aproximadamente 20 años, con sus respectivos mantenimientos, se considera es un tiempo adecuado en donde generalmente ya se ha recuperado la inversión económica realizada en ellos y se ha obtenido un ahorro considerable. Es importante mencionar que en el periodo establecido para realizar el análisis de inversiones (diez años), los paneles solares fotovoltaicos tendrán pérdidas insignificantes de eficiencia.

f. Mantenimiento.

A diferencia de los equipos que no están conectados a la red pública y que almacenan energía en baterías, este equipo no necesita de un mantenimiento completo de forma periódica. Es suficiente con una limpieza externa cada cierto periodo de tiempo, la cual no es necesaria que la realice un técnico, el usuario la puede realizar por sus propios medios.

6. Energía eólica

a. Potencia del aerogenerador. El rotor, es el conjunto formado por las palas y el eje en un aerogenerador, entre más grande sea este, más energía de las moléculas de aire se puede capturar. La potencia que es capaz de generar un aerogenerador es proporcional a la superficie de barrida de su rotor.

El área de un disco circular viene dada por el siguiente modelo:

$$A = \pi r^2 = \pi (\frac{1}{2}D)^2$$

Donde:

r = radio del disco circular formado por el rotor

La potencia disponible eólica que atraviesa la superficie A, en el tiempo t, viene dada por la expresión:

$$\text{Potencia del viento (W)} = (d \cdot A \cdot v^3) / 2$$

Donde:

d = densidad del aire

v = velocidad del aire

A = Área o Superficie de contacto

Es importante tener en cuenta que la densidad del aire varía según la temperatura en el ambiente.

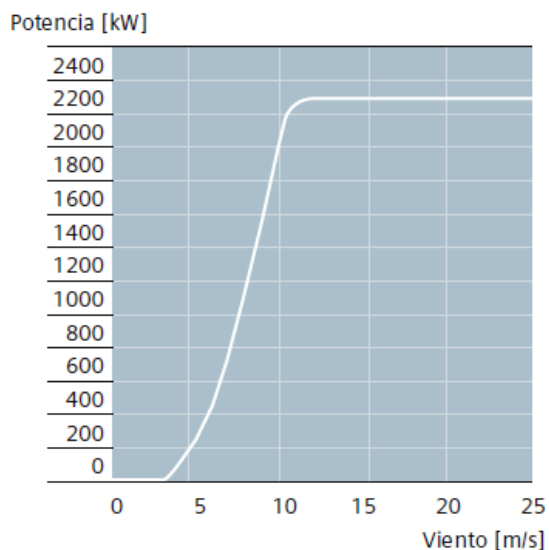
Esta potencia máxima aprovechable será afectada directamente por pérdidas innatas al propio generador, entre las que se pueden mencionar la fricción de los rodamientos, perdidas por calor, y por componentes electrónicos como los transformadores e inversores.

Todas estas pérdidas mencionadas en el párrafo anterior determinan el coeficiente de potencia, el cual toma valores desde 0 hasta 1. Un coeficiente de 0 representaría un rendimiento nulo del aerogenerador, mientras un valor de 1 un rendimiento del 100%. Actualmente los coeficientes de los aerogeneradores oscilan entre 0.25 y 0.45.

Para determinar el coeficiente de potencia de un aerogenerador específico, se debe determinar su curva de potencia. Esto es posible mediante la medición de velocidad y potencia del viento en tiempo real. Es importante saber que la potencia generada por el aerogenerador dependerá de las características del viento en la región estudiada. Se coloca un anemómetro delante del aerogenerador, el cual medirá la velocidad de llegada y la energía cinética, como la potencia de salida

del aerogenerador. La unión de un conjunto de datos registrados nos configura una curva similar a la que se muestra a continuación:

Ilustración 88: Relación Viento Vs. Potencia generada por un aerogenerador.



A pesar que esta gráfica siempre tendrá una forma similar, cada aerogenerador cuenta con su propia curva, la cual dependerá de condiciones específicas como la temperatura y presión ambiental, la altura y la densidad del viento

b. Densidad y velocidad del viento en Guatemala. El Ministerio de Energía y Minas presenta publicada una tabla con mediciones a 50m de altura de las características más importantes del viento en los diferentes departamentos del país.

Ilustración 89: Características del viento en Guatemala.

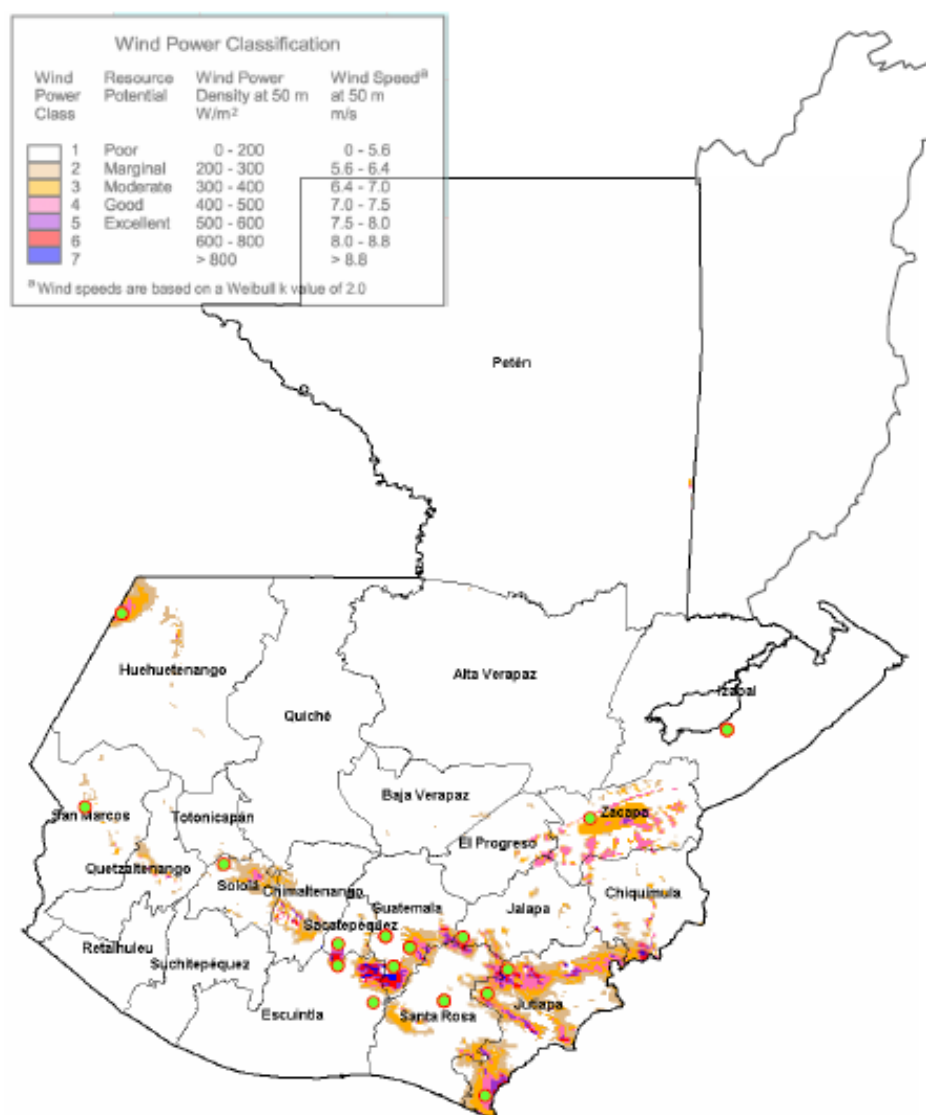


Tabla 11: Mediciones de la velocidad del viento en Departamentos de Guatemala.

2006	VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO en m/s_ a 30 metros						
	Estanzuela, Zacapa	San Marcos, San Marcos	Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá	Alotenango, Sacatepéquez	Mataques cuintla, Jalapa	Durazno, Jutiapa, Jutiapa	Salamar, Moyuta, Jutiapa
Enero	4.7	7.8	5.4	9.0			
Febrero	4.9	6.2	4.5	8.3			
Marzo	4.9	6.5	4.1	6.7			
Abril	5.0	5.7	3.8	4.9			
Mayo	4.0	4.4	2.9	3.6			
Junio	3.2	5.0	3.8	4.0			
Julio	3.3	5.9	4.6	5.0			
Agosto	3.8	5.8	4.4	4.7			
Septiembre	3.5	5.0	3.6	3.9			
Octubre	3.6	5.1	3.4	3.8	5.5	4.9	3.8
Noviembre	3.8	5.6	3.6	7.1	7.9	7.0	4.9
Diciembre	4.5	6.8	4.7	8.2	9.3	7.5	4.7
Promedio	4.1	5.8	4.1	5.8	7.6	6.5	4.5

Estas mediciones se han realizado en puntos específicos del país, y en cada sector las condiciones del viento son muy diferentes, ya que el viento cambia de dirección y de características frecuentemente, es esta la razón por el ingreso de esta industria en el mercado nacional ha sido lento y dubitativo, ya que se debe realizar un estudio a lo largo del tiempo de las características del viento en el lugar específico donde se desea montar el aerogenerador.

c. Cotización de generadores eólicos

Ilustración 90: Cotización generadores eólicos.

Aerogenerador para instalaciones industriales

Modelo	i12Power
Tipo generador	synchronous with gearbox
Diámetro Rotor (m)	5,98 m
Dimensiones torre (m)	18 m
Potencia nominal (kW)	12 kW
Voltaje	Trifásico 400V/50Hz o 60Hz
Tipo de conexión	Conexión a red
FUNCIONAMIENTO Velocidad de viento	
Para arranque (m/s)	3,5
Para potencia nominal (m/s)	13,0
Para frenado automático (m/s)	20,0



Listado de precios

Modelo	i12Power
Aerogenerador i12Power 12kW max. Incluye Torre 18m, inversor a red, cableado	30.000

Precios indicados en EURO
IVA no incluido

Ilustración 91: Cotización generadores eólicos.

Aerogenerador para instalaciones industriales

Modelo	i10GridPower
Tipo generador	Permanent excited synchronous
Diámetro Rotor (m)	7,10 m
Dimensiones torre (m)	18 m
Potencia nominal (kW)	9,8 kW
Voltaje	Trifásico 400V/50Hz o 60Hz
Tipo de conexión	Conexión a red
FUNCIONAMIENTO Velocidad de viento	
Para arranque (m/s)	3,5
Para potencia nominal (m/s)	11,0
Para frenado automático (m/s)	25,0

Producción anual									
Velocidad de Viento (m/s)	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5				
Potencia [kWh]	21.900	26.300	30.400	34.200	41.400				
Curva de potencia									
Velocidad de Viento (m/s)	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Potencia [kW]	0,2	0,8	2,0	3,0	4,5	6,4	7,8	9,5	9,8

Listado de precios

Modelo	i10GridPower
Aerogenerador i10GridPower 9,8kW max.	42.520
Sistema de monitorización Siemens S-7	1.044
Torre de celosía galvanizada 18m	9.468
Torre de celosía galvanizada 24m	19.984
Torre de celosía galvanizada 30m	26.340

Precios indicados en EURO
IVA no incluido



Robusta turbina de 10kW

Es un sistema de tres paletas con eje horizontal. El mismo posee un rotor con velocidad variable y puede funcionar por tanto en el margen de carga parcial, o sea, de 7,7 a 8,5 m/s, con un rendimiento óptimo. El sistema genera la potencia nominal de 10 kW a una velocidad de viento de 11 m/s.

Los precios de los aerogeneradores eolicos en el mercado actual fluctuan entre Q20,000 a Q2,780,000, dependiendo de la potencia o eficiencia con la que estos generen energía.

d. **Gastos de instalación (generadores eólicos).** Se determinó un porcentaje de instalación de aerogeneradores, según la experiencia de personas relacionadas con el tema y cotizaciones realizadas a nivel nacional se acordó un 5% de gasto de instalación por cada generador eólico instalado.

e. **Vida útil.** Luego de realizar las cotizaciones de los diferentes aerogeneradores, se pudo determinar que la vida útil de los diferentes tipos y marcas de paneles solares es aproximadamente 20 años, con sus respectivos mantenimientos, se considera es un tiempo adecuado en donde generalmente ya se ha recuperado la inversión económica realizada en ellos y se ha obtenido un ahorro considerable.

I. Datos y cálculos

1. **Paneles solares fotovoltaicos.** Para cada uno de los escenarios que se plantearan más adelante se presentaron una serie de cálculos los cuales se describirán a continuación:

Tabla 12: Ejemplo tabla de descripción panel solar fotovoltaico para escenarios 1 y 2.

Nombre	I12 POWER
Potencia (KW)	3.00
Vida útil (años)	20
Precio (€)	30000
Precio (Q)	319842
Gastos de instalación aerogenerador (Q)	15,992.10

Esta tabla muestra las características principales de los equipos que se propondrán en los escenarios 1 y 2.

En los escenarios referentes a Energía Solar, se determinó el número de paneles fotovoltaicos que se debían instalar en cada uno de estos, se tomó como referencia la demanda energética mensual del escenario. El objetivo principal es instalar un equipo solar que se aproxime lo máximo posible a la demanda mensual, el cálculo de lo producido y lo consumido, explicado anteriormente, genera un saldo de KWH el cual deberá ser pagado a la distribuidora eléctrica, lo ideal

es que este saldo se encuentre en el rango para la tarifa social establecida por el Ministerio de Energía y Minas, para que los desembolsos mensuales sean mínimos.

El equipo adicional, gastos de instalación eléctrica y mano de obra, se refieren a gastos adicionales que se deberán realizar el año de la inversión en equipo solar. En cuanto a Energía Eléctrica los gastos de instalación eléctrica y mano de obra es el único desembolso que se realiza para la inversión inicial.

Inversión Inicial = (Número de paneles(Precio del panel + gastos de instalación paneles) + Equipo Adicional + Gastos de Instalación Eléctrica + Mano de Obra*

El gasto mensual eléctrico promedio es el desembolso mensual que se tiene utilizando Energía Eléctrica, la demanda mensual eléctrica es la energía necesaria para satisfacer las necesidades del escenario, anteriormente se explicó cómo se calculó este dato para cada escenario.

Gasto Mensual Eléctrico Promedio = Demanda Mensual Eléctrica Precio KWH*

Tabla 13: Ejemplo tabla de datos iniciales, escenarios 1 y 2.

AEROGENERADOR EÓLICO	
Nombre	I12 POWER
Potencia (KW)	3.00
Vida útil (años)	20
Precio (€)	30000
Precio (Q)	319842
Gastos de instalación aerogenerador (Q)	15,992.10

El ahorro energético mensual, es la cantidad de KWH que produce el equipo fotovoltaico cada mes en las condiciones específicas de cada escenario, y el ahorro económico mensual es la traducción de esto en dinero.

*Ahorro Energético Mensual (KWH) = Número de Paneles*Potencia*Horas Pico*Días al mes*

*Ahorro Económico (Q) = Ahorro Energético Mensual * Precio por KWH*

Nota: En el precio para calcular el ahorro económico, se debe tomar en cuenta la tarifa en la que se encuentra ubicado el escenario.

Tabla 14: Ejemplo tabla de resultados escenarios 1 y 2.

RESULTADOS	
Ahorro energético mensual (KWH))	297
Ahorro económico mensual (Q)	498.49
Precio por KWH (Q)	1.769
Precio por KW (paneles solares) (Q)	1.68
Disminución de precio por KW	5.16%

La tabla que se muestra a continuación contiene datos adicionales los cuales serán útiles para los cálculos que se mostraron anteriormente.

La radiación solar diaria horizontal es diferente para cada sector en el país, por lo que en algunos escenarios este valor variara. El precio por KWH dependerá de la distribuidora eléctrica que abastezca al departamento en donde se ubica el escenario.

Tabla 15: Ejemplo tabla de datos adicionales escenarios 1 y 2.

DATOS ADICIONALES	
Tipo de cambio (Q)	10.6614
Rad. Solar Diaria Hori. (KWH/m2/d)	6.6
Horas pico	6.6
Días al mes	30
Precio por KWH (Q)	1.769

2. **Generadores eólicos.** Para cada uno de los escenarios que se plantearan más adelante se realizaron una serie de cálculos los cuales se describirán a continuación:

Tabla 16: Ejemplo tabla de descripción de aerogenerador eólico escenario 3.

AEROGENERADOR EÓLICO	
Nombre	I12 POWER
Potencia (KW)	3.00
Vida útil (años)	20
Precio (€)	30000
Precio (Q)	319842
Gastos de instalación aerogenerador (Q)	15,992.10

Esta tabla muestra las características principales de los equipos que se propondrán en el escenario

En los escenarios referentes a Energía Eólica, se determinó el número de aerogeneradores que se debían instalar en cada uno. Esto se realizó tomando como referencia la demanda energética mensual del escenario. El objetivo principal es instalar un equipo eólico que se aproxime lo máximo posible a la demanda mensual. El cálculo de lo producido y lo consumido, explicado anteriormente, genera un saldo de KWH el cual deberá ser pagado a la distribuidora eléctrica, lo ideal es que este saldo se encuentre en el rango para la tarifa social establecida por el Ministerio de Energía y Minas, para que los gastos mensuales sean los mínimos posibles.

El equipo adicional, gastos de instalación eléctrica y mano de obra, se refieren a gastos adicionales que se deberán realizar el año de la inversión en equipo solar. En cuanto a Energía Eléctrica los gastos de instalación eléctrica y mano de obra es el único desembolso que se realiza para la inversión inicial.

Inversión Inicial = Número de Aerogeneradores(Precio del Aerogenerador + Gastos de Instalación Aerogeneradores) + Gastos de Instalación Eléctrica + Mano de Obra*

El gasto mensual eléctrico promedio es el desembolso mensual que se tiene utilizando Energía Eléctrica, la demanda mensual eléctrica es la energía necesaria para satisfacer las necesidades del escenario, anteriormente se explicó cómo se calculó este dato para cada escenario.

Gasto Mensual Eléctrico Promedio = Demanda Mensual Eléctrica Precio KWH*

Tabla 17: Ejemplo tabla de datos iniciales, escenario 3.

DATOS INICIALES	
Número de aerogeneradores	1
Gastos de instalación eléctrica (Q)	64076.02
Mano de obra (electricista)	84000
Inversión inicial (Q)	483,910.12
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	4182.0489
Demanda mensual eléctrica (KWH)	2169

El ahorro energético mensual, es la cantidad de KWH que produce el equipo fotovoltaico cada mes en las condiciones específicas de cada escenario, y el ahorro económico mensual es la traducción de esto en dinero.

*Ahorro Energético Mensual (KWH) = Número de Aerogeneradores*Potencia*Días al mes*

*Ahorro Económico (Q) = Ahorro Energético Mensual * Precio por KWH*

Nota: En el precio para calcular el ahorro económico, se debe tomar en cuenta la tarifa en la que se encuentra ubicado el escenario.

Tabla 18: Ejemplo tabla de resultados, escenario 3.

RESULTADOS	
Ahorro energético mensual (KWH)	2160
Ahorro económico mensual (Q)	4164.70
Costo por KW (Q)	1.9281
Precio por KW (paneles solares) (Q)	0.933468596
Disminución de precio por KW (%)	51.59%

La tabla que se muestra a continuación contiene datos adicionales los cuales serán útiles para los cálculos que se mostraron anteriormente.

La velocidad del Viento es diferente para cada sector en el país, por lo que en algunos escenarios este valor variará. El precio por KWH dependerá de la distribuidora eléctrica que abastezca al departamento en donde se ubica el escenario.

Tabla 19: Ejemplo tabla de datos adicionales, escenario 3.

Datos adicionales	
Tipo de cambio (Q)	10.6614
Velocidad del viento (m/s)	7.6
Días al mes	30
Precio por KW (Q)	1.9281

J. Discusión y resultados (escenarios)

Es importante mencionar que para este proyecto no se tomó en cuenta la inflación que podría existir en los diez años que se tomó como tiempo estándar para realizar el análisis de rentabilidad. Se tenía historia de los precios de la electricidad en los últimos dos años, sin embargo estos fueron bastante fluctuantes, lo que no permitió sacar un promedio aproximado de lo que sería el incremento en los próximos años de estos precios. Sin embargo, la inflación en los precios de electricidad, causaría un efecto positivo en el ahorro que representaría la implementación de paneles solares o generadores eólicos, por lo que los siguientes escenarios estarán planteados en el peor de los escenarios. Si para efectos de sus cálculos el lector desea realizar los análisis tomando en cuenta un porcentaje de inflación, los resultados serán más alentadores todavía.

1. Escenario 1 (Paneles fotovoltaicos)

Tabla 20: Descripción escenario 1A, paneles fotovoltaicos.

ESCENARIO 1 A. Paneles fotovoltaicos			
Datos generales		Datos adicionales	
Ubicación	Huehuetenango, Guatemala	Tipo de cambio (Q)	10.66
Construcción	500m ²	Rad. Solar Diaria Hori. (KWH/m2/d)	6.6
Número de habitantes	2 ó 3 personas	Horas pico	6.6
Situación actual		NOTA:	
Demanda mensual eléctrica (KWH)	300.00	La energía es distribuida por La Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Por el bajo consumo la vivienda aplica tanto para la tarifa social como para el ajuste social.	
Precio por KWH (Q)	1.77		
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	503.80		
Descripción de panel fotovoltaico		Propuesta	
Nombre	P. POLIC. KD50SE-1P	Número de paneles	30
Potencia (KW)	0.05	Inversión inicial (paneles solares) (Q)	121,252.07
Voltaje (V)	12		
Vida útil (años)	20		
Dimensiones (M)	0.706x0.744x0.046		
Precio (€)	270		
Precio (Q)	2878.578		
Gastos de instalación paneles (Q)	143.93		
Resultados		Análisis de beneficios	
Análisis de rentabilidad		Ahorro energético mensual (KWH)	297.00
VAN (Q) Energía Eléctrica	57,259.38	Ahorro económico mensual (Q)	498.49
VAN (Q) Energía solar	121,391.05	Ahorro económico anual (Q)	5,981.92
		Precio por KWH (Q)	1.77
TIR	-10%	Precio por KW (paneles solares) (Q)	1.68
		Disminución de precio por KW	5.16%
Conclusiones			
El VAN al utilizar Energía Eléctrica es menor en comparación al VAN de energía solar.			
La TIR es menor a la TEMAR estimada.			
El riesgo sobre esta inversión es bastante elevado según los dos métodos utilizados para la evaluación.			
Se recomienda conservar el consumo bajo de energía no renovable, para seguir optando a la tarifa social.			

El proyecto a analizar consiste en una obra de 500 m² de construcción, ubicado en el departamento de Huehuetenango en Guatemala (debido al alto número de horas pico en esta región). La obra, esta planteada para que sea habitada por 2 ó 3 personas. El consumo eléctrico en este hogar se encuentra en la tarifa social otorgada por su distribuidora, esto quiere decir que consumen menos de 300 KW al mes, además por su bajo consumo tienen derecho al ajuste social. A pesar de encontrarse en una tarifa baja, se evaluará la implementación de paneles solares fotovoltaicos para satisfacer la demanda eléctrica de este hogar.

La cantidad adecuada de este modelo de paneles que producen 0.05KW es 30, tomando como valor de referencia 300 KWH de demanda energética, los cuales generan 297 KWH, un número bastante cercano a la demanda, por lo que únicamente se deberá saldar mensualmente 3 KWH a DEOCSA.

Tabla 21: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 1A.

Energía Eléctrica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	10576.86	0	10576.86
1	0.00	6045.6	6045.60
2	0.00	6045.6	6045.60
3	0.00	6045.6	6045.60
4	0.00	6045.6	6045.60
5	0.00	6045.6	6045.60
6	0.00	6045.6	6045.60
7	0.00	6045.6	6045.60
8	0.00	6045.6	6045.60
9	0.00	6045.6	6045.60
10	0.00	6045.6	6045.60
VAN	Q57,259.38		

Utilizar Energía Eléctrica en el escenario representa una inversión inicial aproximada de Q10,500.00, y desembolsos anuales por pago de electricidad de Q6,045.00.

Tabla 22: Valores Presentes Netos Costos Energía Solar, escenario 1A.

Energía Solar			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	121252.07	0	121252.07
1	0.00	18	18.00
2	0.00	18	18.00
3	0.00	18	18.00
4	0.00	18	18.00
5	0.00	18	18.00
6	0.00	18	18.00
7	0.00	18	18.00
8	0.00	18	18.00
9	0.00	18	18.00
10	0.00	18	18.00
VAN	Q121,391.06		

El equipo de Energía Solar representa una inversión inicial mayor a los Q120,000.00, y un desembolso anual de Q18.00, por el saldo restante de KWH.

Tabla 23: Flujo incremental, escenario 1A.

Flujo incremental		
Energía Solar	Energía Eléctrica	Incremental
121252.07	10576.86	-110675.21
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
18.00	6045.60	6027.60
TIR	-10%	

La Energía Solar en comparación a la Energía Eléctrica, representa una inversión inicial bastante mayor, la Tasa Interna de Retorno calculada en base a la diferencia de los flujos es -10%.

Según los Valores Actuales Netos de los costos, los cuales fueron calculados con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 5%, a diez años, de las dos diferentes alternativas, no es rentable la implementación de Energía Solar en este proyecto, ya que el VAN de los costos de Energía Eléctrica es menor.

La Tasa Interna de Retorno es negativa y menor a la TMAR estipulada para este proyecto, lo cual indica que es más rentable seguir utilizando Energía Eléctrica, ya que no se estarán obteniendo beneficios económicos extras al implementar Energía Solar en el periodo de diez años.

Tabla 24: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 1A.

Análisis de rentabilidad	
VAN (Q) Energía Eléctrica	57,259.38
VAN (Q) Energía Solar	121,391.06
TIR	-10%

Según la gráfica mostrada a continuación la inversión por la implementación de paneles solares fotovoltaicos no se recupera en el periodo estipulado de diez años.

Ilustración 92: Años Vs. Valores Actuales de costos, escenario 1A.

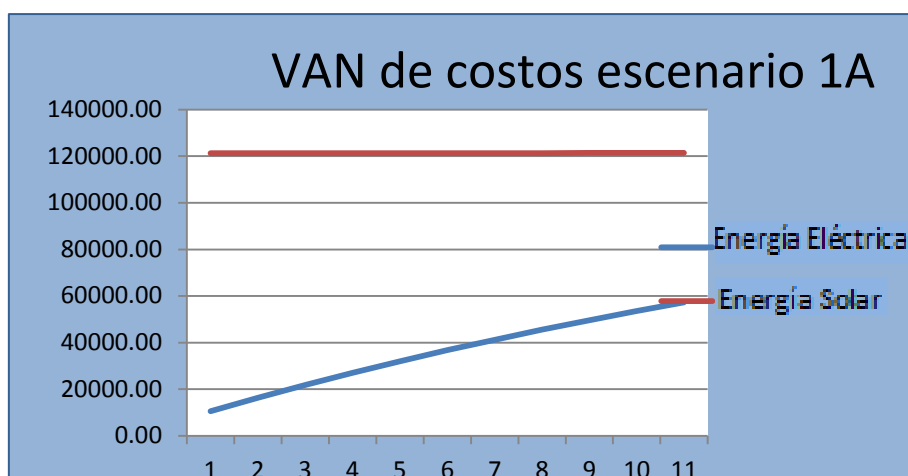
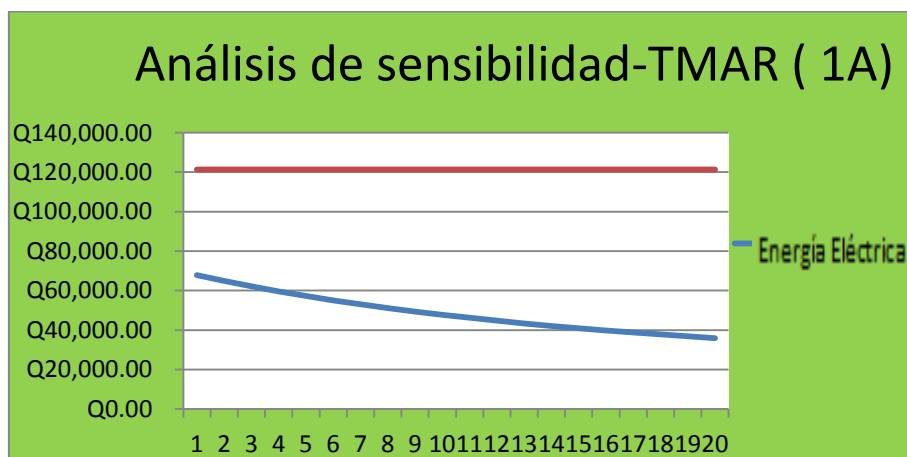


Ilustración 93: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 1A.



Se realizó una gráfica la cual muestra posibles valores de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno TMAR, para los VAN de los costos, estos dependerán de la persona o empresa que realice la inversión. En este escenario se observa que para cualquier valor de TMAR ubicado entre 0% y 20%, es más rentable la utilización de Energía Eléctrica. No es recomendable la implementación de paneles solares fotovoltaicos.

Tabla 25: Descripción escenario 1B, paneles fotovoltaicos.

ESCENARIO 1 B. Paneles fotovoltaicos			
Datos generales		Datos adicionales	
Ubicación	Huehuetenango, Guatemala	Tipo de cambio (Q)	10.66
Construcción	500m ²	Rad. Solar Diaria Hor. (KWH/m2/d)	6.6
Número de habitantes	2 ó 3 personas	Horas pico	6.6
Situación actual		NOTA:	
Demanda mensual eléctrica (KWH)	300.00	La energía es distribuida por La Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Por el bajo consumo la vivienda aplica tanto para la tarifa social como para el ajuste social.	
Precio por KW (Q)	1.61		
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	471.78		
Descripción de panel fotovoltaico		Propuesta	
Nombre	P. SOLARWORLD MONO. SW 245	Número de paneles	5
Potencia (KW)	0.25	Inversión inicial (Q)	50,466.09
Voltaje (V)	20		
Vida útil (años)	20		
Dimensiones (M)	1.662x0.990x0.045		
Precio (€)	534		
Precio (Q)	5693.1875		
Gastos de instalación (Q)	284.66		
Resultados		Análisis de beneficios	
Análisis de rentabilidad		Ahorro energético mensual (KWH)	242.55
VAN (Q) Energía Eléctrica	57,259.38	Ahorro económico mensual (Q)	402.17
VAN (Q) Energía solar	54,458.62	Ahorro económico anual (Q)	4,826.05
TIR	6%	Precio por KW (Q)	1.61
		Precio por KW (paneles solares) (Q)	0.86
		Disminución de precio por KW	51.66%
Conclusiones			
Los Valores Presentes Netos de los costos de estas inversiones son muy similares, sin embargo son menores al invertir en energía solar.			
La TIR es mayor a la TEMAR estimada por 1%.			
Se recomienda invertir en este modelo de panel solar fotovoltaico (P. SOLARWORLD MONO. SW 245)			

La cantidad adecuada de este modelo de paneles que producen 0.25KW es 5, tomando como valor de referencia 300 KWH de demanda energética, los cuales generan 242.55 KWH, un número bastante cercano a la demanda, por lo que únicamente se deberá saldar mensualmente aproximadamente 57 KWH a DEOCSA.

Tabla 26: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 1B.

Energía Eléctrica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	10576.86	0	10576.86
1	0.00	6045.6	6045.60
2	0.00	6045.6	6045.60
3	0.00	6045.6	6045.60
4	0.00	6045.6	6045.60
5	0.00	6045.6	6045.60
6	0.00	6045.6	6045.60
7	0.00	6045.6	6045.60
8	0.00	6045.6	6045.60
9	0.00	6045.6	6045.60
10	0.00	6045.6	6045.60
VAN	Q57,259.38		

Utilizar Energía Eléctrica en el escenario representa una inversión inicial aproximada de Q10,500.00, y desembolsos anuales por pago de electricidad de Q6,045.00.

Tabla 27: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 1B.

Energía Solar			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	50466.09	0	50466.09
1	0.00	517.05	517.05
2	0.00	517.05	517.05
3	0.00	517.05	517.05
4	0.00	517.05	517.05
5	0.00	517.05	517.05
6	0.00	517.05	517.05
7	0.00	517.05	517.05
8	0.00	517.05	517.05
9	0.00	517.05	517.05
10	0.00	517.05	517.05
VAN	Q54,458.62		

El equipo de Energía Solar representa una inversión inicial mayor a los Q54,400.00, y un desembolso anual de Q517.00, por el saldo restante de KWH.

Tabla 28: Flujo incremental, escenario 1B.

Flujo incremental		
Energía Solar	Energía Eléctrica	Incremental
50466.09	10576.86	-39889.23
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
517.05	6045.60	5528.55
TIR	6%	

La Energía Solar en comparación a la Energía Eléctrica, representa una inversión inicial bastante mayor, sin embargo la Tasa Interna de Retorno calculada en base a la diferencia de los flujos es 6%.

Según los Valores Actuales Netos de los costos, los cuales fueron calculados con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 5%, a diez años, de las dos diferentes alternativas, es rentable la implementación de Energía Solar en este proyecto, ya que el VAN de costos de Energía Solar es menor.

La Tasa Interna de Retorno es 1% mayor a la TMAR estipulada para este proyecto, lo cual indica que es más rentable utilizando Energía Solar, ya que se estará obteniendo beneficios económicos más altos en el periodo de diez años o menos.

Tabla 29: Análisis de rentabilidad (TIR), Escenario 1B.

Análisis de rentabilidad	
VAN (Q) Energía Eléctrica	57,259.38
VAN (Q) Energía Solar	54,458.62
TIR	6%

Según la gráfica que se muestra a continuación, la inversión por la implementación de paneles solare fotovoltaicos es recuperada en un periodo aproximado de nueve a diez años.

Ilustración 94: Años vs. Valores actuales de costos, escenario 1B.

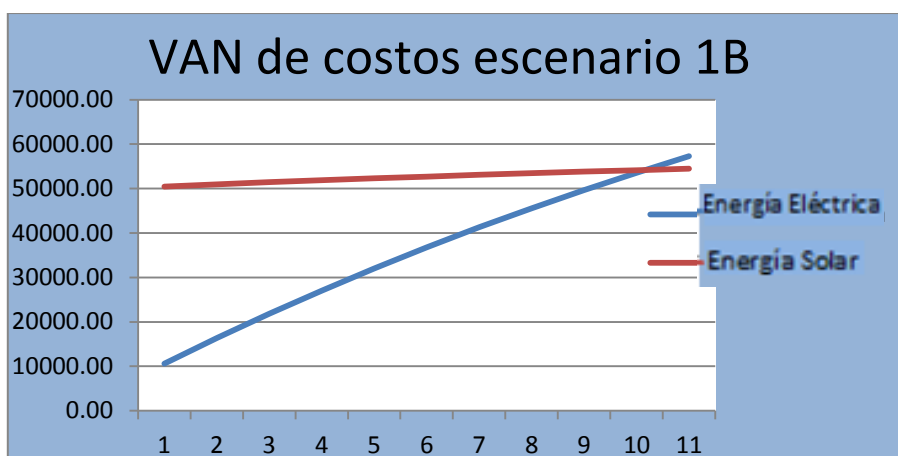
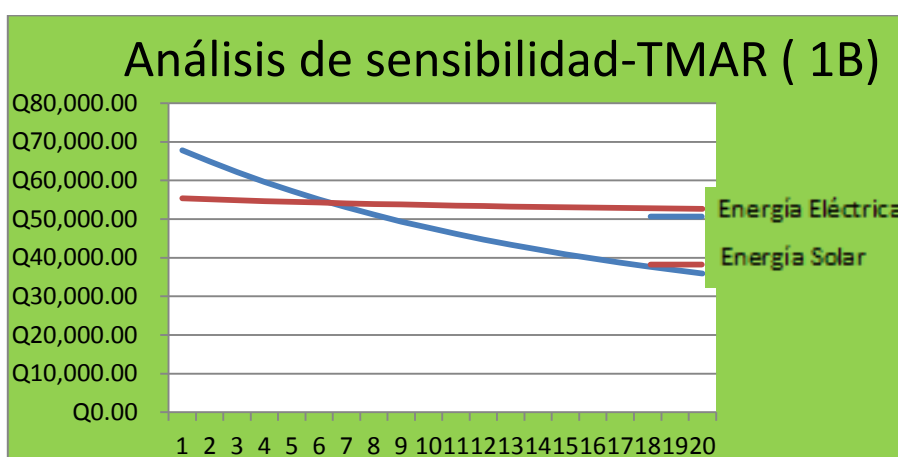


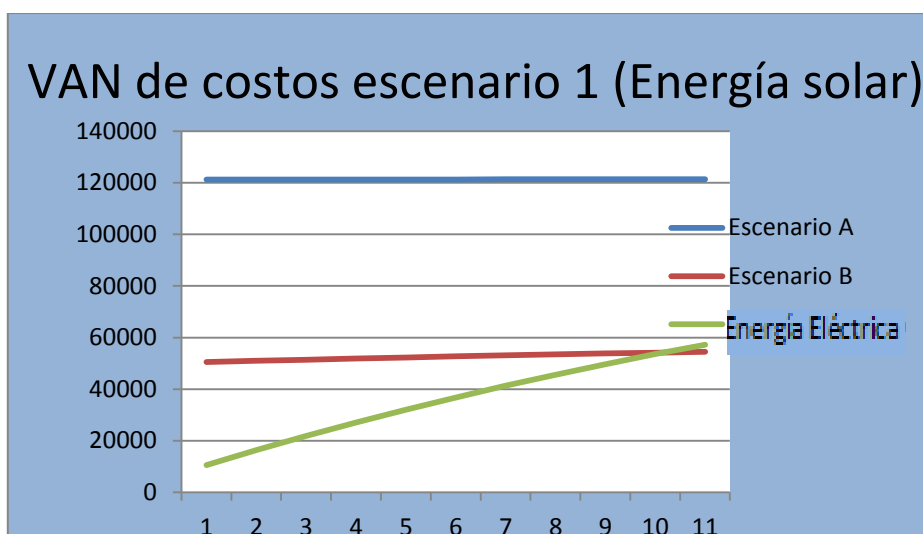
Ilustración 95: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 1B.



Se realizó una gráfica la cual muestra posibles valores de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno TMAR, para los VAN de los costos, estos dependerán de la persona o empresa que realice la inversión. En este escenario se observa que para cualquier valor de TMAR ubicado entre 0% y 6%, es más rentable la utilización de Energía Solar. Para cualquier valor mayor a 6% ya no es recomendable la implementación de paneles solares fotovoltaicos.

a. **Decisión escenario 1.** El mejor escenario es el B, por lo que se recomienda instalar únicamente cinco paneles solares que entreguen potencia de 0.25 KW, ya que al utilizar una gran cantidad de paneles menos eficientes, la inversión en Energía Solar no es rentable, lo cual puede observarse en la gráfica de Valores Actuales Netos de costos.

Ilustración 96: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 1.



2. **Escenario 2 (paneles fotovoltaicos).** Se determinará el mejor escenario para construir una obra la cual se describirá a continuación, para tomar la decisión, en qué lugar es más rentable realizar el proyecto (Guatemala, Huehuetenango o Puerto Barrios).

Tabla 30: Descripción escenario 2A, paneles fotovoltaicos.

ESCENARIO 2 A. Paneles fotovoltaicos, Guatemala			
Datos generales		Datos adicionales	
Ubicación	Guatemala, Guatemala	Tipo de cambio (Q)	10.66
Construcción	1000m ²	Rad. Solar Diaria Hor. (KWH/m2/d)	5.31
Número de habitantes	12 personas	Horas pico	5.31
Situación actual		NOTA:	
Demanda mensual eléctrica (KWH)	1296.61	La energía es distribuida por La Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Por el alto consumo la vivienda no goza de la tarifa social.	
Precio por KW (Q)	1.93		
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	2500.00		
Descripción de panel fotovoltaico		Propuesta	
Nombre	P. SOLARWORLD MONO. SW 230	Número de paneles	35
Potencia (KW)	0.23	Inversión inicial (Q)	304,827.38
Voltaje (V)	20 V		
Vida útil (años)	20		
Dimensiones (M)	1.675x1.001x0.034 (mm)		
Precio (€)	502.00		
Precio (Q)	5352.02		
Gastos de instalación (Q)	267.60		
Resultados		Análisis de beneficios	
Análisis de rentabilidad		Ahorro energético mensual (KWH)	1,282.37
VAN (Q) Energía Eléctrica	319,792.54	Ahorro económico Mensual (Q)	2,472.53
VAN (Q) Energía solar	305,487.45	Ahorro económico anual (Q)	29,670.34
		Precio por KW (Q)	1.93
TIR	6%	Precio por KW (paneles solares) (Q)	0.98
		Disminución de precio por KW	49.33%
Conclusiones			
Los Valores Presentes Netos de los costos de estas inversiones son muy similares, sin embargo son menores al invertir en energía solar.			
La TIR es mayor a la TEMAR estimada por 1%.			
Se recomienda invertir en este modelo de panel solar fotovoltaico (P. SOLARWORLD MONO. SW 230), en la ciudad de Guatemala.			

El proyecto a analizar consiste en una obra de 1000 m² de construcción, dentro de un área de aproximadamente 4500 vrs². Ubicado en el km. 18.5 Carretera a El Salvador, Fraijanes, Guatemala. La obra, que se encuentra en fase de construcción, esta planteada para que sea habitada por 12 personas.

Se instalarán 35 paneles solares o menos si fuera posible, (P. SOLARWORLD MONOCRISTALINOS SW 230), con potencia de 230W, considerados de los más eficientes en el mercado, se realizará una comparación en tres diferentes puntos en el país, y se determinará cuál escenario es el más rentable.

La cantidad adecuada de este modelo de paneles que producen 0.23KW es 35, tomando como valor de referencia 1296 KWH de demanda energética, los cuales generan 1282 KWH, un número bastante cercano a la demanda, por lo que únicamente se deberá saldar mensualmente aproximadamente 14 KWH a EEGSA.

Tabla 31: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 2A.

Energía eléctrica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	88140.49	0	88140.49
1	0.00	30000	30000.00
2	0.00	30000	30000.00
3	0.00	30000	30000.00
4	0.00	30000	30000.00
5	0.00	30000	30000.00
6	0.00	30000	30000.00
7	0.00	30000	30000.00
8	0.00	30000	30000.00
9	0.00	30000	30000.00
10	0.00	30000	30000.00
VAN	Q319,792.54		

Utilizar Energía Eléctrica en el escenario representa una inversión inicial aproximada de Q88,140.00, y desembolsos anuales por pago de electricidad de Q30,000.00.

Tabla 32: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 2A.

Energía solar			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	304827.33	0	304827.33
1	0.00	85.48947721	85.49
2	0.00	85.48947721	85.49
3	0.00	85.48947721	85.49
4	0.00	85.48947721	85.49
5	0.00	85.48947721	85.49
6	0.00	85.48947721	85.49
7	0.00	85.48947721	85.49
8	0.00	85.48947721	85.49
9	0.00	85.48947721	85.49
10	0.00	85.48947721	85.49
VAN	Q305,487.45		

El equipo de Energía Solar representa una inversión inicial mayor a los Q304,827.00, y un desembolso anual de Q85.00, por el saldo restante de KWH.

Tabla 33: Flujo incremental, escenario 2A.

Flujo incremental		
Energía Solar	Energía Eléctrica	Incremental
304827.33	88140.49	-216686.84
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
85.49	30000.00	29914.51
TIR	6%	

La Energía Solar en comparación a la Energía Eléctrica, representa una inversión inicial bastante mayor, sin embargo la Tasa Interna de Retorno calculada en base a la diferencia de los flujos es 6%.

Según los Valores Actuales Netos de los costos, los cuales fueron calculados con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 5%, a diez años, de las dos diferentes alternativas, es rentable la implementación de Energía Solar en este proyecto, ya que el VAN de costos de Energía Solar es menor.

La Tasa Interna de Retorno es 1% mayor a la TMAR estipulada para este proyecto, lo cual indica que es más rentable utilizando Energía Solar, ya que se estará obteniendo beneficios económicos más altos en el periodo de diez años o menos.

Tabla 34: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 2A.

Análisis de rentabilidad	
VAN (Q) Energía Eléctrica	319,792.54
VAN (Q) Energía Solar	305,487.45
TIR	6%

Según la gráfica mostrada a continuación, la inversión por la implementación de paneles solares fotovoltaicos se recupera en un período de nueve a diez años aproximadamente.

Ilustración 97: Años Vs. Valores Actuales de costos, escenario 2A.

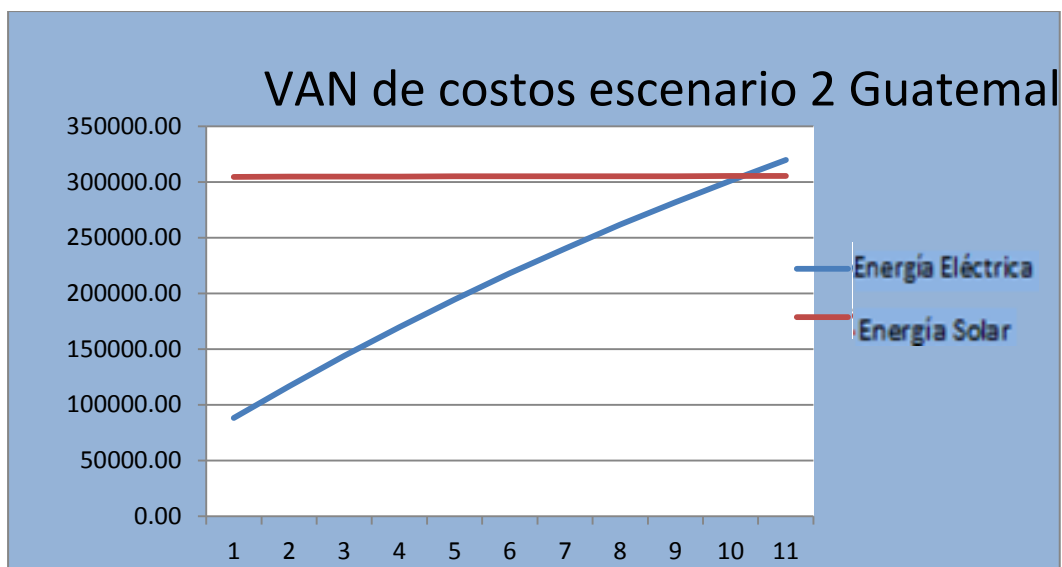
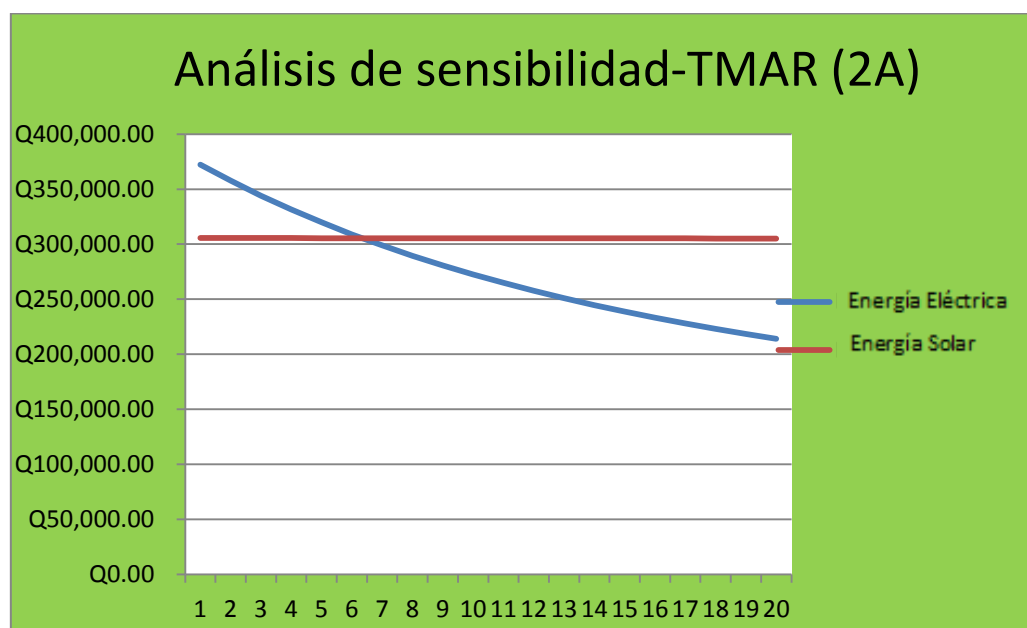


Ilustración 98: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 2A.



Se realizó una gráfica la cual muestra posibles valores de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno TMAR, para los VAN de los costos, estos dependerán de la persona o empresa que realice la inversión. En este escenario se observa que para cualquier valor de TMAR ubicado entre 0% y 6%, es más rentable la utilización de Energía Solar. Para cualquier valor mayor a 6% ya no es recomendable la implementación de paneles solares fotovoltaicos.

Tabla 35: Descripción escenario 2B, paneles fotovoltaicos.

ESCENARIO 2 B. Paneles fotovoltaicos, Izabal			
Datos generales		Datos adicionales	
Ubicación	Izabal, Guatemala	Tipo de cambio (Q)	10.66
Construcción	1000m ²	Radiación Solar Diaria Horizontal (KWH/m2/d)	4.82
Número de habitantes	12 personas	Horas pico	4.82
Situación actual		NOTA:	
Demanda mensual eléctrica (KWH)	1296.51	La energía es distribuida por La Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Por el alto consumo la vivienda no goza de la tarifa social.	
Precio por KW (Q)	1.95		
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	2,523.00		
Descripción de panel fotovoltaico		Propuesta	
Nombre	P. SOLARWORLD MONO. SW 230	Número de paneles	35
Potencia (KW)	0.23	Inversión inicial (Q)	304,827.33
Voltaje (V)	20		
Vida útil (años)	20		
Dimensiones (M)	1.675x1.001x0.034		
Precio (€)	502.00		
Precio (Q)	5352.02		
Gastos de instalación (Q)	267.60		
Resultados		Análisis de beneficios	
Análisis de rentabilidad		Ahorro energético mensual (KWH)	1,164.03
VAN (Q) Energía eléctrica	321,923.74	Ahorro económico mensual (Q)	2,265.20
VAN (Q) Energía solar	324,088.88	Ahorro económico anual (Q)	27,182.43
		Precio por KW (Q)	1.95
TIR	5%	Precio por KW (paneles solares) (Q)	1.08
		Disminución de precio por KW	39.61%
Conclusiones			
Los Valores Presentes Netos de los costos de estas inversiones son muy similares, sin embargo son mayores al invertir en energía solar.			
La TIR es igual a la TEMAR estimada.			
No se recomienda invertir en este modelo de panel solar fotovoltaico (P. SOLARWORLD MONO. SW 230), en este departamento.			

El proyecto a analizar consiste en una obra de 1000 m² de construcción, dentro de un área de aproximadamente 4500 vrs². Ubicado en Puerto Barrios Izabal. La obra, que se encuentra en fase de construcción, esta planteada para que sea habitada por 12 personas.

Se instalarán 35 paneles solares o menos, si fuera posible, (P. SOLARWORLD MONOCRISTALINOS SW 230), con potencia de 230W, considerados de los más eficientes en el mercado, se realizará una comparación al realizar el proyecto en tres diferentes puntos en el país, y se determinará cuál escenario es el más rentable.

La cantidad adecuada de este modelo de paneles que producen 0.23KW es 35, tomando como valor de referencia 1296 KWH de demanda energética, los cuales generan 1164 KWH, un número bastante cercano a la demanda, por lo que únicamente se deberá saldar mensualmente aproximadamente 120 KWH a DEORSA.

Tabla 36: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 2B.

Energía Eléctrica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	88140.49	0	88140.49
1	0.00	30276	30276.00
2	0.00	30276	30276.00
3	0.00	30276	30276.00
4	0.00	30276	30276.00
5	0.00	30276	30276.00
6	0.00	30276	30276.00
7	0.00	30276	30276.00
8	0.00	30276	30276.00
9	0.00	30276	30276.00
10	0.00	30276	30276.00
VAN	Q321,923.74		

Utilizar Energía Eléctrica en el escenario representa una inversión inicial aproximada de Q88,140.00, y desembolsos anuales por pago de electricidad de Q30,276.00.

Tabla 37: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 2B.

Energía Solar			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	304827.33	0	304827.33
1	0.00	2494.459356	2494.46
2	0.00	2494.459356	2494.46
3	0.00	2494.459356	2494.46
4	0.00	2494.459356	2494.46
5	0.00	2494.459356	2494.46
6	0.00	2494.459356	2494.46
7	0.00	2494.459356	2494.46
8	0.00	2494.459356	2494.46
9	0.00	2494.459356	2494.46
10	0.00	2494.459356	2494.46
VAN	Q324,088.88		

El equipo de Energía Solar representa una inversión inicial mayor a los Q304,827.00, y un desembolso anual de Q2494.00, por el saldo restante de KWH.

Tabla 38: Flujo incremental, escenario 2B.

Flujo incremental		
Energía solar	Energía Eléctrica	Incremental
304827.33	88140.49	-216686.84
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
2494.46	30276.00	27781.54
TIR	4.794%	

La Energía Solar en comparación a la Energía Eléctrica, representa una inversión inicial mayor, la Tasa Interna de Retorno calculada en base a la diferencia de los flujos es 4.794%.

Según los Valores Actuales Netos de los costos, los cuales fueron calculados con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 5%, a diez años, de las dos diferentes alternativas, no es rentable la implementación de Energía Solar en este proyecto, ya que el VAN de costos de Energía Solar es mayor, sin embargo los valores son bastante parecidos.

La Tasa Interna de Retorno es muy similar a la TMAR estipulada para este proyecto, lo cual indica que es más rentable utilizar Energía Eléctrica. Por lo que se considera la implementación de Energía Solar en este escenario no es rentable.

Tabla 39: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 2B.

Análisis de rentabilidad	
VAN (Q) Energía Eléctrica	321,923.74
VAN (Q) Energía solar	324,088.88
TIR	4.79%

Según la gráfica mostrada a continuación, la inversión por la implementación de paneles solares fotovoltaicos no se recupera en un periodo diez años, sin embargo, se cree que ésta será recuperable en un periodo menor a doce años.

Ilustración 99: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 2B.

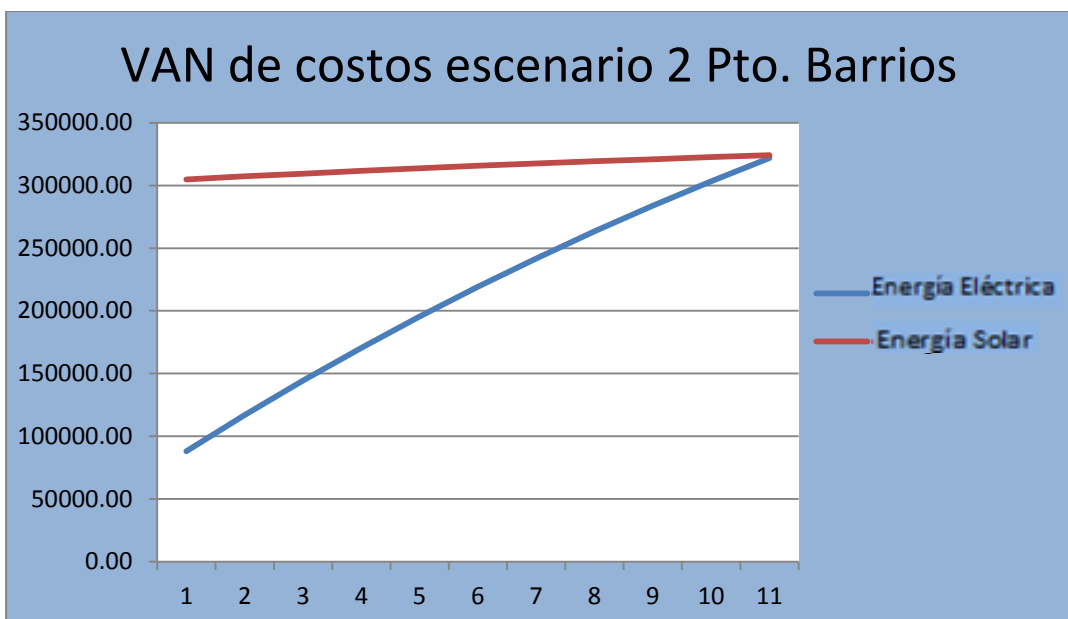
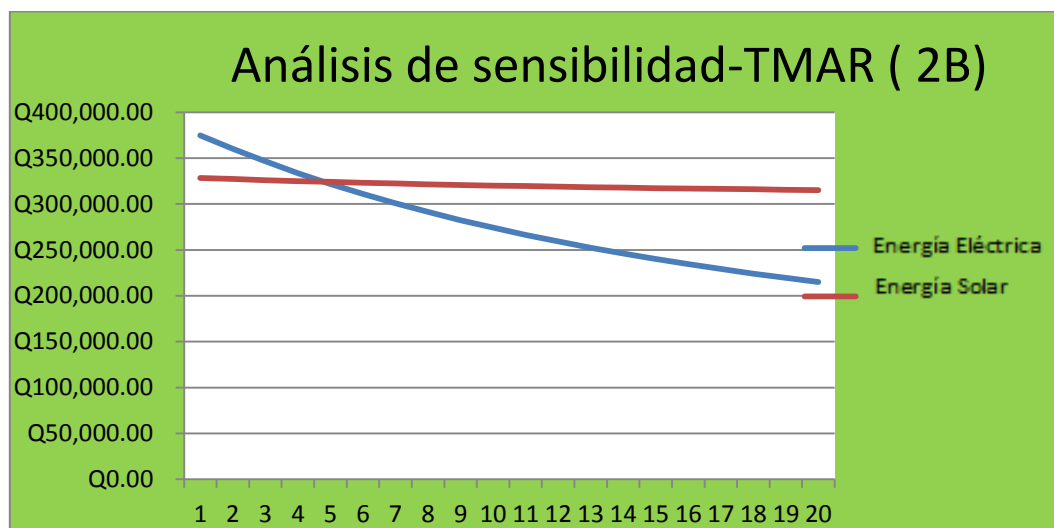


Ilustración 100: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 2B.



La gráfica anterior muestra posibles valores de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno TMAR, para los VAN de los costos, estos dependerán de la persona o empresa que realice la inversión. En este escenario se observa que para cualquier valor de TMAR ubicado entre 0% y 4.79%, es más rentable la utilización de Energía Solar. Para cualquier valor mayor a 4.79% ya no es recomendable la implementación de paneles solares fotovoltaicos.

Tabla 40: Descripción escenario 2C, paneles fotovoltaicos.

ESCENARIO 2 C. Paneles fotovoltaicos, Huehuetenango			
Datos generales		Datos adicionales	
Ubicación	Huehuetenango , Guatemala	Tipo de cambio (Q)	10.66
Construcción	1000m ²	Radiación Solar Diaria Horizontal (KWH/m2/d)	6.6
Número de habitantes	12 personas	Horas pico	6.6
Situación actual		NOTA:	
Demanda mensual eléctrica (KWH)	1296.50	La energía es distribuida por La Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Por el alto consumo la vivienda no goza de la tarifa social.	
Precio por KW (Q)	1.78		
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	2,314.12		
Descripción de panel fotovoltaico		Propuesta	
Nombre	P. SOLARWORLD MONO. SW 230	Número de paneles	28
Potencia (KW)	0.23	Inversión inicial (Q)	265,489.96
Voltaje (V)	20 V		
Vida útil (años)	20		
Dimensiones (M)	1.675x1.001x0.034 (m)		
Precio (€)	502.00		
Precio (Q)	5352.02		
Gastos de instalación (Q)	267.60		
Resultados		Análisis de beneficios	
Análisis de rentabilidad		Ahorro energético mensual (KWH))	1,275.12
VAN (Q) Energía Eléctrica	302,569.01	Ahorro económico mensual (Q)	2,275.96
VAN (Q) Energía solar	266,500.47	Ahorro económico anual (Q)	27,311.54
		Precio por KW (Q)	1.78
TIR	9%	Precio por KW (paneles solares) (Q)	0.86
		Disminución de precio por KW	52.06%
Conclusiones			
El Valor Presente Neto de los costos de la inversión en energía solar es menor.			
La TIR es igual a la TEMAR estimada.			
Se recomienda invertir en este modelo de panel solar Fotovoltaico (P. SOLARWORLD MONO. SW 230), en este departamento.			

El proyecto a analizar consiste en una obra de 1000 m² de construcción, dentro de un área de aproximadamente 4500 vrs², ubicado en Huehuetenango. La obra, que se encuentra en fase de construcción, esta planteada para que sea habitada por doce personas.

Se instalarán 35 paneles solares o menos, si fuera posible, (P. SOLARWORLD MONOCRISTALINOS SW 230), con potencia de 230W, considerados de los más eficientes en el mercado, se realizará una comparación en tres diferentes puntos en el país, y se determinará cuál escenario es el más rentable.

La cantidad adecuada de este modelo de paneles que producen 0.23KW es 28, mucho menor que en las dos opciones anteriores, tomando como valor de referencia 1296 KWH de demanda energética, los cuales generan 1275 KWH, un número bastante cercano a la demanda, por lo que únicamente se deberá saldar mensualmente aproximadamente 21 KWH a DEOCSA.

Tabla 41: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 2C.

Energía Eléctrica		
Inversión	Gastos	Flujo
88140.49	0	88140.49
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
0.00	27769.4742	27769.47
VAN	Q302,569.01	

Utilizar Energía Eléctrica en el escenario representa una inversión inicial aproximada de Q88,140.00, y desembolsos anuales por pago de electricidad de Q27,769.47

Tabla 42: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 2C.

Energía Solar			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	265489.96	0	265489.96
1	0.00	130.865952	130.87
2	0.00	130.865952	130.87
3	0.00	130.865952	130.87
4	0.00	130.865952	130.87
5	0.00	130.865952	130.87
6	0.00	130.865952	130.87
7	0.00	130.865952	130.87
8	0.00	130.865952	130.87
9	0.00	130.865952	130.87
10	0.00	130.865952	130.87
VAN	Q266,500.47		

El equipo de Energía Solar representa una inversión inicial mayor a los Q265,489.00, y un desembolso anual de Q130.00, por el saldo restante de KWH.

Tabla 43: Flujo incremental, escenario 2C.

Flujo incremental		
Energía Solar	Energía Eléctrica	Incremental
265489.96	88140.49	-177349.47
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
130.87	27769.47	27638.61
TIR	9%	

La Energía Solar en comparación a la Energía Eléctrica, representa una inversión inicial mayor, sin embargo la Tasa Interna de Retorno calculada en base a la diferencia de los flujos es 9%.

Según los Valores Actuales Netos de los costos, los cuales fueron calculados con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 5%, a diez años, de las dos diferentes alternativas, es rentable la implementación de Energía Solar en este proyecto, ya que el VAN de costos de Energía Solar es menor.

La Tasa Interna de Retorno es mucho mayor a la TMAR estipulada para este proyecto, lo cual indica que es más rentable utilizar Energía Solar. Por lo que se considera la implementación de paneles solares fotovoltaicos en este escenario es rentable.

Tabla 44: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 2C.

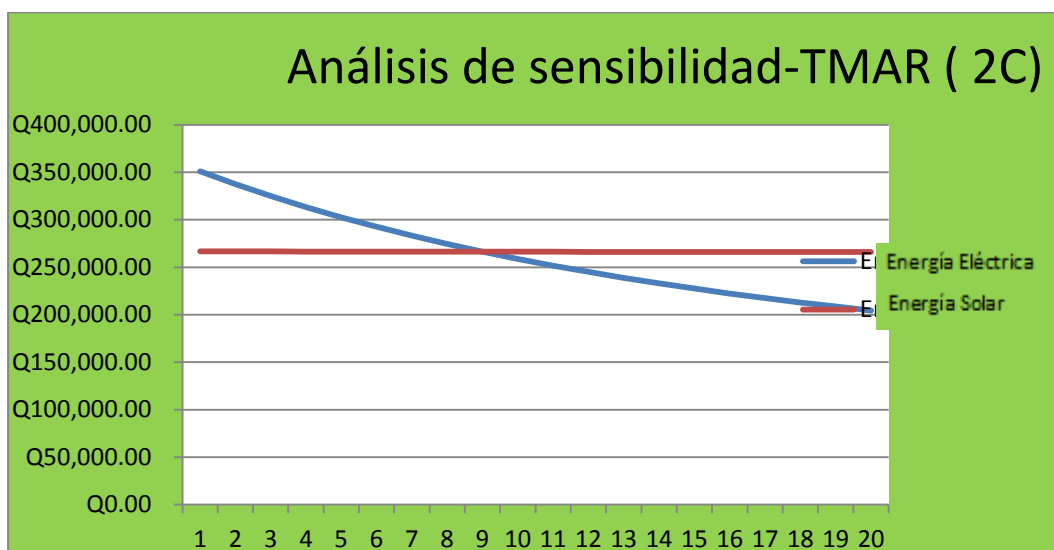
Análisis de rentabilidad	
VAN (Q) Energía Eléctrica	302,569.01
VAN (Q) Energía Solar	266,500.47
TIR	9%

Según la gráfica mostrada a continuación, la inversión por la implementación de paneles solares fotovoltaicos se recupera en un periodo de ocho a nueve años aproximadamente.

Ilustración 101: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 2C.



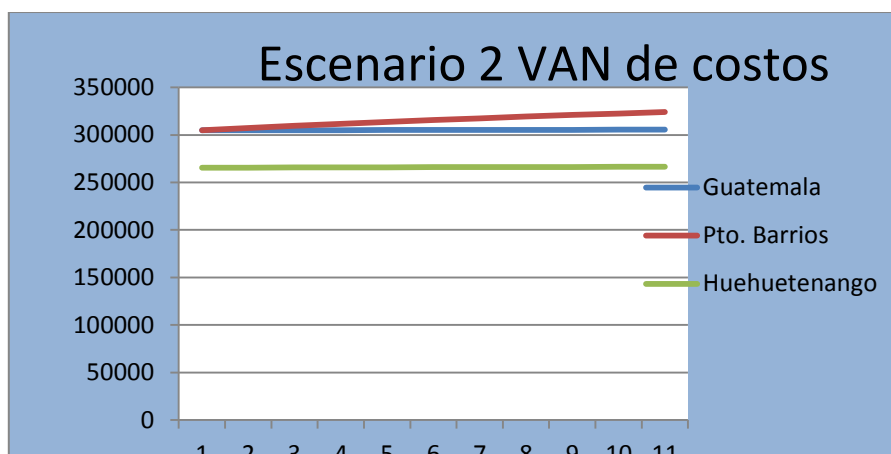
Ilustración 102: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 2B.



La gráfica anterior muestra posibles valores de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno TMAR, para los VAN de los costos, estos dependerán de la persona o empresa que realice la inversión. En este escenario se observa que para cualquier valor de TMAR ubicado entre 0% y 9%, es más rentable la utilización de Energía Solar. Para cualquier valor mayor a 9% ya no es recomendable la implementación de paneles solares fotovoltaicos.

a. **Decisión escenario 2.** Se considera el mejor departamento de los evaluados para realizar este proyecto es Huehuetenango, ya que representa los menores costos y el período de recuperación de inversión es menor. La radiación del sol el Huehuetenango es aprovechable en su mayor esplendor un mayor número de horas en este departamento en comparación a los otros dos.

Ilustración 103: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 2.



El VAN de los costos más bajos en 10 años es el de Huehuetenango como se observa en la gráfica. La ubicación más rentable para el proyecto.

3. **Escenario 3 (aerogeneradores).** El proyecto a analizar consiste en una obra, la cual se decidirá si se debe realizar en Jalapa o Guatemala. La obra está planteada para que sea una industria con:

- 20 máquinas de coser de un consumo nominal de 200W/h, por 11 horas diarias de uso ($20 \times 200 \times 11 = 44,000W = 44Kw/h$ diarios).
- 20 lámparas de 40W de consumo nominal c/u, por 11 horas de uso ($20 \times 40 \times 11 = 8,800W = 8.8Kw/h$ diarios).
- Un combo de dos computadoras con pantalla LCD por 11 horas de uso + 1 impresora 1 hora de uso. Consumo total diario de $4,500W = 4.5Kw/h$ diarios.
- 5 planchas de 1,000W de consumo nominal c/u, por 3 horas diarias de uso ($5 \times 1,000 \times 3 = 15,000W = 15Kw/h$ diarios).

Total: $44,000W \times 8,800W + 4,500W + 15,000W = 72,300W$ diarios de consumo = $72.3Kw/h$
 diarios x 30 días mes = $2,169Kw/h$ mensuales

Tabla 45: Descripción escenario 3A, generadores eólicos.

ESCENARIO 3 A. Generador eólico, Jalapa			
Datos generales		Datos adicionales	
Ubicación	Mataquescuintla, Jalapa	Tipo de cambio (Q)	10.66
		Velocidad del viento (m/s)	7.6
Situación actual		NOTA:	
Demanda mensual eléctrica (KWH)	2169.00	La energía es distribuida por La Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Por el alto consumo la empresa no goza de la tarifa social.	
Precio por KW (Q)	1.93		
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	4182.05		
AEROGENERADOR EOLICO		Propuesta	
Nombre	I12 POWER	Número de aerogeneradores	1
Potencia (KW)	3.00	Inversión inicial (Q)	346,410.96
Vida útil (años)	20		
Precio (€)	30000		
Precio (Q)	319842		
Gastos de instalación aerogenerador(Q)	15992.10		
Resultados		Análisis de beneficios	
Análisis de rentabilidad		Ahorro energético mensual (KWH))	2,160.00
VAN (Q) Energía Eléctrica	398,088.94	Ahorro económico mensual (Q)	4,164.70
VAN (Q) Energía Eolica	348,018.89	Ahorro económico anual (Q)	49,976.35
		Precio por KW (Q)	1.93
TIR	8%	Precio por KW (G. Eolico) (Q)	0.67
		Disminución de precio por KW	65.34%
Conclusiones			
El VAN de costos para la energía eolica es más favorable.			
La TIR es mayor a la TEMAR estimada por 3%.			
Se recomienda invertir en este modelo de generador eolico.			

La cantidad adecuada de este modelo de aerogeneradores es 1, el cual produce 3KW de potencia en este departamento específico, tomando como valor de referencia 2169 KWH de demanda energética, el cuales genera 2160 KWH, un número bastante cercano a la demanda, por lo que únicamente se deberá saldar mensualmente aproximadamente 9 KWH a EEGSA.

Tabla 46: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 3A.

Energía Eléctrica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	148076.02	0	148076.02
1	0.00	50184.5868	50184.59
2	0.00	50184.5868	50184.59
3	0.00	50184.5868	50184.59
4	0.00	50184.5868	50184.59
5	0.00	50184.5868	50184.59
6	0.00	50184.5868	50184.59
7	0.00	50184.5868	50184.59
8	0.00	50184.5868	50184.59
9	0.00	50184.5868	50184.59
10	0.00	50184.5868	50184.59
VAN	Q535,588.10		

Utilizar Energía Eléctrica en el escenario representa una inversión inicial aproximada de Q148,076.00, y desembolsos anuales por pago de electricidad de Q50,184.00.

Tabla 47: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, Escenario 3A.

Energía Eólica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	483910.12	0	483910.12
1	0.00	208.2348	208.23
2	0.00	208.2348	208.23
3	0.00	208.2348	208.23
4	0.00	208.2348	208.23
5	0.00	208.2348	208.23
6	0.00	208.2348	208.23
7	0.00	208.2348	208.23
8	0.00	208.2348	208.23
9	0.00	208.2348	208.23
10	0.00	208.2348	208.23
VAN	Q485,518.05		

El equipo de Energía Eólica representa una inversión inicial mayor a los Q483,910.00, y un desembolso anual de Q208.00, por el saldo restante de KWH.

Tabla 48: Flujo incremental, escenario 3A.

Flujo incremental		
Energía Solar	Energía Eléctrica	Incremental
483910.12	148076.02	-335834.10
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
208.23	50184.59	49976.35
TIR	8%	

La Energía Eólica en comparación a la Energía Eléctrica, representa una inversión inicial mayor, sin embargo la Tasa Interna de Retorno calculada en base a la diferencia de los flujos es 8%.

Según los Valores Actuales Netos de los costos, los cuales fueron calculados con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 5%, a diez años, de las dos diferentes alternativas, es rentable la implementación de aerogeneradores en este proyecto, ya que el VAN de costos de Energía Eólica es menor.

La Tasa Interna de Retorno es mucho mayor a la TMAR estipulada para este proyecto, lo cual indica que es más rentable utilizar Energía Eólica. Por lo que se considera la implementación de generadores eólicos en este escenario es rentable.

Tabla 49: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 3A.

Análisis de rentabilidad	
VAN (Q) Energía Eléctrica	535,588.10
VAN (Q) Energía Eólica	485,518.05
TIR	8%

Según la gráfica mostrada a continuación, la inversión por la implementación de aerogeneradores se recuperará en un periodo de nueve a diez años aproximadamente.

Ilustración 104: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 3A.

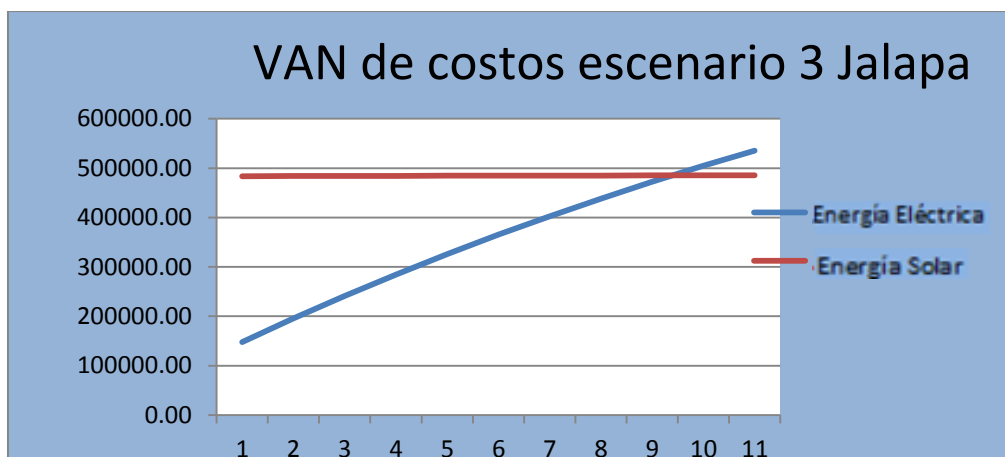


Ilustración 105: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 3A.

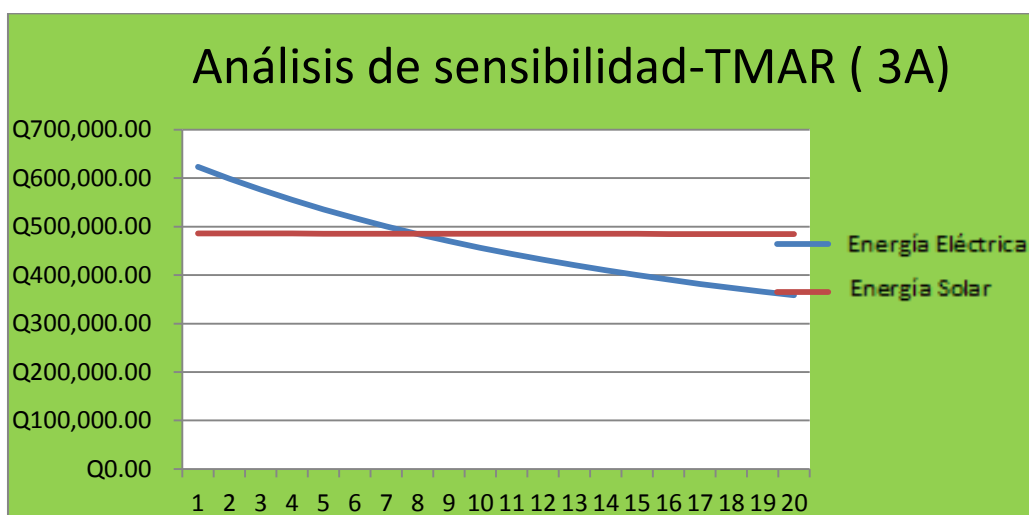


Tabla 50: Descripción escenario 3B, generadores eólicos.

ESCENARIO 3 B. Generador eólico, Guatemala			
Datos generales		Datos adicionales	
Ubicación	Guatemala	Tipo de cambio (Q)	10.66
		Velocidad del viento (m/s)	5.5 - 6
Situación actual		NOTA:	
Demanda mensual eléctrica (KWH)	2169.00	La energía es distribuida por La Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. Por el alto consumo la empresa no goza de la tarifa social.	
Precio por KW (Q)	1.93		
Gasto mensual eléctrico promedio (Q)	4182.05		
AEROGENERADOR EOLICO		Propuesta	
Nombre	I12 POWER	Número de aerogeneradores	1
Potencia (KW)	2.00	Inversión inicial (Q)	483,910.12
Vida útil (años)	20		
Precio (€)	30000		
Precio (Q)	319842		
Gastos de instalación aerogenerador(Q)	15992.10		
Resultados		Análisis de beneficios	
Análisis de rentabilidad		Ahorro energético mensual (KWH))	1,440.00
VAN (Q) Energía Eléctrica	535,588.10	Ahorro económico mensual (Q)	2,776.46
VAN (Q) Energía Eólica	614,152.77	Ahorro económico anual (Q)	33,317.57
		Precio por KW (Q)	1.93
TIR	0%	Precio por KW (G. Eólico) (Q)	1.40
		Disminución de precio por KW	27.38%
Conclusiones			
El VAN de costos para la Energía Eléctrica es más favorable.			
La TIR es menor a la TEMAR estimada.			
No se recomienda invertir en generadores eólicos, para este escenario.			

La cantidad adecuada de este modelo de aerogeneradores es 1, el cual produce 2KW de potencia en este departamento específico, tomando como valor de referencia 2169 KWH de demanda energética, el cuales genera 1440 KWH, un número bastante cercano a la demanda, por lo que únicamente se deberá saldar mensualmente aproximadamente 729 KWH a EEGSA.

Tabla 51: Valores Presentes Netos costos Energía Eléctrica, escenario 3B.

Energía Eléctrica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	148076.02	0	148076.02
1	0.00	50184.5868	50184.59
2	0.00	50184.5868	50184.59
3	0.00	50184.5868	50184.59
4	0.00	50184.5868	50184.59
5	0.00	50184.5868	50184.59
6	0.00	50184.5868	50184.59
7	0.00	50184.5868	50184.59
8	0.00	50184.5868	50184.59
9	0.00	50184.5868	50184.59
10	0.00	50184.5868	50184.59
VAN	Q535,588.10		

Utilizar Energía Eléctrica en el escenario representa una inversión inicial aproximada de Q148,076.00, y desembolsos anuales por pago de electricidad de Q50,184.00.

Tabla 52: Valores Presentes Netos costos Energía Solar, escenario 3B.

Energía Eólica			
Año	Inversión	Gastos	Flujo
0	483910.12	0	483910.12
1	0.00	16867.0188	16867.02
2	0.00	16867.0188	16867.02
3	0.00	16867.0188	16867.02
4	0.00	16867.0188	16867.02
5	0.00	16867.0188	16867.02
6	0.00	16867.0188	16867.02
7	0.00	16867.0188	16867.02
8	0.00	16867.0188	16867.02
9	0.00	16867.0188	16867.02
10	0.00	16867.0188	16867.02
VAN	Q614,152.77		

El equipo de Energía Eólica representa una inversión inicial mayor a los Q483,910.00, y un desembolso anual de Q16,867.00, por el saldo restante de KWH.

Tabla 53: Flujo incremental, escenario 3B.

Flujo incremental		
Energía Solar	Energía Eléctrica	Incremental
483910.12	148076.02	-335834.10
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
16867.02	50184.59	33317.57
TIR	-0.144%	

La Energía Eólica en comparación a la Energía Eléctrica, representa una inversión inicial mayor, la Tasa Interna de Retorno calculada en base a la diferencia de los flujos es bastante cercana a 0%.

Según los Valores Actuales Netos de los costos, los cuales fueron calculados con una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) de 5%, a diez años, de las dos diferentes alternativas, no es rentable la implementación de aerogeneradores en este proyecto, ya que el VAN de costos de Energía Eólica es mayor.

La Tasa Interna de Retorno es mucho mayor a la TMAR estipulada para este proyecto, lo cual indica que es más rentable utilizar Energía Eléctrica si el proyecto se realiza en Guatemala.

Tabla 54: Análisis de rentabilidad (TIR), escenario 3B.

Análisis de rentabilidad	
VAN (Q) Energía Eléctrica	535,588.10
VAN (Q) Energía Eólica	614,152.77
TIR	0%

Según la gráfica mostrada a continuación, la inversión por la implementación de aerogeneradores no se recuperará en el período estipulado de diez años.

Ilustración 106: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 3B.

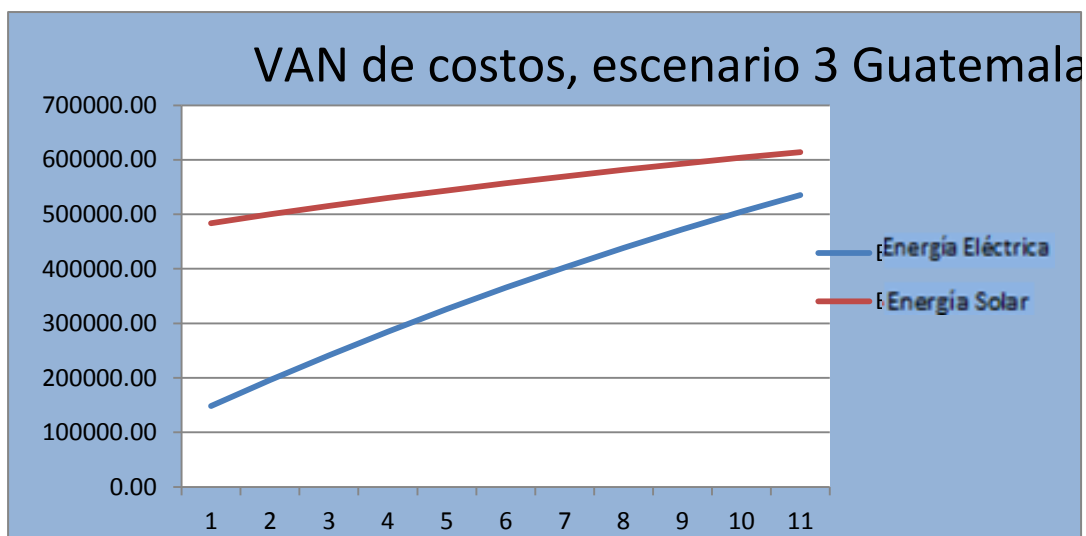
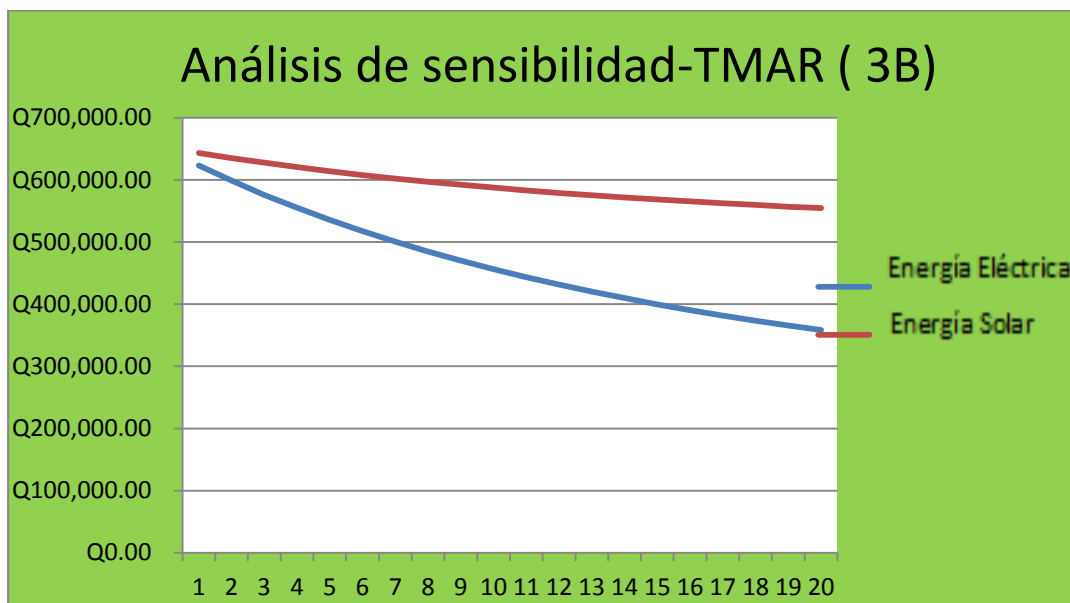
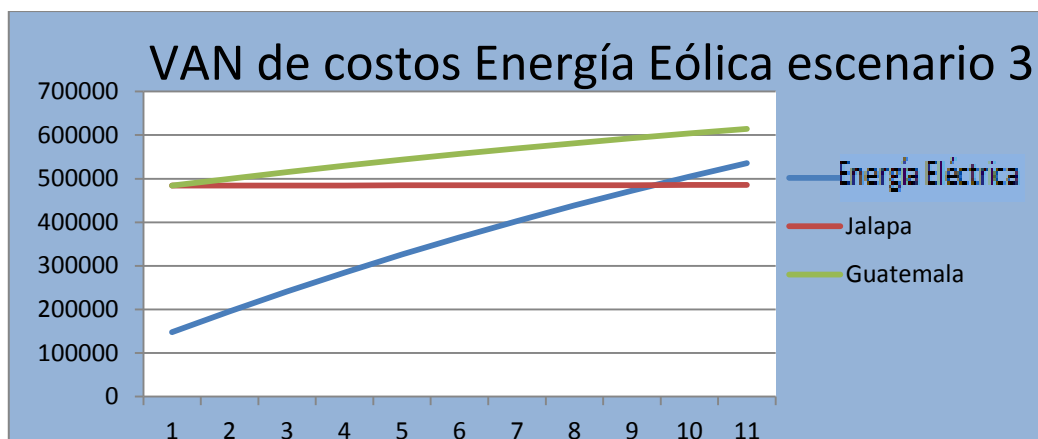


Ilustración 107: Análisis de rentabilidad TMAR, escenario 3B.



a. **Decisión escenario 3.** La industria con generadores eólicos para el abastecimiento de la demanda eléctrica es más rentable si se realiza en Jalapa, ya que la velocidad promedio del viento en este departamento es mayor, lo cual permite que este modelo de aerogenerador trabaje a una potencia de 3KW. Según los criterios de el VAN de los costos y la TIR, el escenario más favorable es el 3B (Jalapa).

Ilustración 108: Años Vs. Valores actuales de costos, escenario 3.



VIII. Eficiencia en la iluminación

A. Introducción

Actualmente alrededor del mundo, se vive bajo la premisa que las tecnologías amigables con el ambiente son extremadamente costosas, requieren una gran inversión y que al final no se recupera lo invertido. Sin embargo no se toma en cuenta que los beneficios son muchos y que además se está creando un ambiente más sostenible.

La iluminación es un servicio en el cual actualmente se paga mucho y sin embargo con unos pequeños cambios se puede lograr tener un ahorro sustancial. La utilización de diferentes sistemas brinda los mismos beneficios, únicamente requiere una inversión un poco mayor y tiene un consumo mucho menor de energía. En la actualidad la tendencia es lo ecológico, lo que no daña el medio ambiente, energías verdes y lo que supone un ahorro para el usuario. Con esta guía se espera que muchos de los desarrolladores de construcciones tomen conciencia de esto y empiecen a optar por diferentes tecnologías en la rama de la iluminación para ser más eficientes.

El motivo principal de este trabajo es presentar escenarios y situaciones reales para el ámbito guatemalteco y que sirva de guía para que se empiece a implementar las nuevas tecnologías amigables con el ambiente que presentaran un ahorro en el largo plazo.

En este proyecto se realizó una investigación acerca de los diferentes tipos de iluminación que existen en el mercado guatemalteco para entender los diferentes beneficios que tienen cada uno de ellos en el corto y en el largo plazo. Se definieron los procesos de funcionamiento y las partes de cada uno de los tipos de iluminación.

Para el desarrollo de la investigación de campo se cotizaron cada uno de los tipos de iluminación, sus equivalencias en luminosidad para hacer un estudio bastante acertado. Con esto se tomaron las bombillas incandescentes de 70 watts, la CFL de 20 Watts y la LED de 9 Watts. Además se llevaron a cabo tres escenarios con diferentes salidas de iluminación para ver en que escenarios es más rentable utilizar algún sistema en específico. Se utilizaron herramientas como el flujo incremental, el flujo de efectivo, el Valor Presente Neto y los análisis de sensibilidad. Con estas herramientas se determinaron que alternativa era mejor para cada escenario.

Algunas de las delimitaciones del trabajo fueron que para poder presentar los resultados de manera escrita no se consideró la inflación del precio de la energía en ningún escenario. Sin embargo

si se hubiera tomado en cuenta este factor los resultados hubieran sido aun más favorables para la iluminación LED pues esta es la que menos consume de los tres tipos de iluminación evaluados.

Como resultados se obtuvieron que la opción más conveniente para las dos residencias más pequeñas es la LED, sin embargo en el tercer escenario se obtuvo que la mejor opción eran las bombillas CFL pues por ser una residencia de mayor tamaño, la inversión de poner toda la iluminación LED era muy grande y no se recuperaba en el plazo evaluado de diez años. Por esto se recomendó que para escoger la bombilla más adecuada se debe de analizar cuanto tiempo se va a utilizar esa salida de luz. Pues dependiendo de esto se recomienda utilizar una bombilla CFL o una LED, las incandescentes no se recomiendan pues tienen muy poca vida útil y un consumo energético elevado.

1. **Objetivo general**

- Investigar sobre los diferentes tipos de iluminación existentes, sus ventajas y desventajas para identificar cuales convienen en cada situación para compararlos en vida útil y consumo con el fin de observar cuales son a la larga más rentables.

2. **Objetivos específicos**

- Analizar las diferentes alternativas de iluminación para Guatemala para observar cual es la más rentable en el largo plazo.
- Investigar los diferentes tipos de iluminación que actualmente existen en el mercado, sus características, beneficios, etc.
- Recopilar información en los mercados locales acerca de los costos de bombillas con los diferentes tipos de iluminación (incandescente, fluorescente y led)

B. **HISTORIA DE LA ILUMINACIÓN**

La iluminación artificial ha modificado la vida humana permitiendo realizar actividades que eran posibles de realizar antes únicamente durante horas diurnas.

1. **El fuego.** La primera forma de iluminación artificial fue el fuego, los hombres primitivos encendían fogatas para calentarse, protegerse y ahuyentar a los animales salvajes. Las chispas que saltaban de estas fogatas se convirtieron en las primeras antorchas. Por muchos milenios la antorcha continuó siendo una fuente importante de iluminación. Luego, en la Edad Media, las antorchas ancladas en soportes sirvieron de alumbrado público.

2. **Lámparas de aceite.** En 1000 A.C. la eficiencia luminaria se debía a sus mechas vegetales que quemaban aceites de olivo o nuez. Alrededor de 500 A.C estas lámparas ya eran de uso común doméstico. Los romanos desarrollaron lámparas de terracota con o sin esmaltar, con una o más salidas para las mechas. Luego con el bronce y posteriormente con el hierro fueron evolucionando los diseños de las lámparas haciéndose cada vez más y más elaborados.

Se intentó mejorar la eficiencia de estas lámparas, por ello en el último antes siglo antes de Cristo, Hero de Alejandría inventó una lámpara en la que por una columna de presión, el aceite que alimentaba la mecha iba subiendo. Leonardo Da Vinci, modificó este diseño y añadió un lente de cristal. La luz que provenía de esta nueva lámpara se lograba por una mecha que se quemaba en forma constante y gracias al lente de cristal la superficie de trabajo recibía niveles de iluminación que permitían la lectura nocturna.

3. **Velas.** Las velas comenzaron en la era cristiana y su fabricación es probablemente de las industrias más antiguas. Las primeras velas se elaboran con palos de madera recubiertos con cera de abeja. Se cree que fueron los fenicios los primeros en utilizar las velas de cera (alrededor de 400 d.C.) El uso de las velas no era tan común como el de las lámparas de aceite, sin embargo el uso incrementó durante la Edad Media. Durante los siglos XVI al XVIII las velas fueron la forma más común para la iluminación de interiores de edificios.

En el siglo XVIII la industria ballenera introduce el aceite de ballena (spermaceti). La vela spermaceti, gracias a su nítida y constante flama, se convirtió en medida estándar (la candela) para la iluminación artificial. La candela era la luz producida por una vela spermaceti con un peso de 1/6 de libra quemándose a un ritmo de 120 gramos por hora. Posteriormente, con la aparición de la parafina, se dejó de utilizar la spermaceti, ya que era mucho más económica. Los candelabros se quedaron como la fuente de iluminación hasta el surgimiento de la iluminación de gas.

4. **Lámparas de gas.** Alrededor del año 1795, William Murdock, en Inglaterra, ideó una instalación de luz a gas de hulla para iluminar una fábrica. De ese momento en adelante se inició la iluminación a gas, empleándose en un principio para alumbrado público ya que no se le consideraba lo suficientemente segura para instalar dentro de los edificios. Posteriormente fue aceptada para viviendas y edificios, de todos modos la luz no tenía la intensidad suficiente hasta que en 1880 aparece la lámpara incandescente, que mejoró la iluminación; sin embargo este sistema generaba mucho calor y la disminuía la calidad del aire dentro de las habitaciones.

5. **Iluminación eléctrica.** A principios del siglo XX la iluminación a base de gas fue reemplazada por la Energía Eléctrica. Los primeros experimentos los realizó el británico sir Humphry Davy, quien fabricó arcos eléctricos y provocó la incandescencia de un fino hilo de platino en el aire al hacer pasar una corriente a través de él. Luego, el 27 de octubre de 1879, Thomas Alva Edison perfeccionó la lámpara eléctrica de filamento de carbono, que permaneció encendida en Nueva York por casi dos días. En 1882 Edison instala la primera central eléctrica en Pearl Street, que es la primera calle iluminada con electricidad. Luego se impone el uso de la lámpara incandescente, con la cual se consigue una notable mejora en la iluminación artificial, en relación a las antiguas formas de iluminación.

C. TIPOS DE ILUMINACIÓN

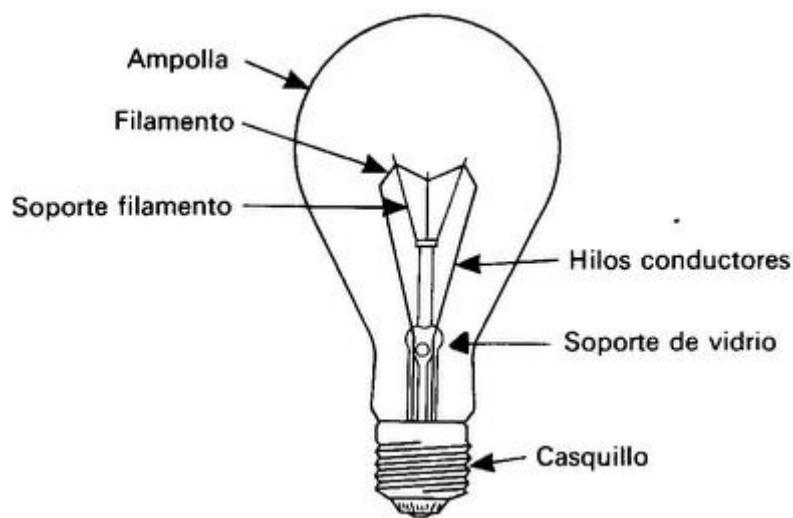
1. **Iluminación incandescente.** La iluminación incandescente es básicamente el tipo de iluminación eléctrica más antiguo que existe y es de las más conocidas actualmente en la iluminación eléctrica. La iluminación incandescente es la emisión de luz por medio de la excitación térmica de los átomos o las moléculas. Los bombillos están compuestos por:

- Filamento: normalmente está fabricado de Tungsteno (también conocido como Wolframio)
- Gas: En las lámparas de más de 40 watts se usa generalmente una mezcla de nitrógeno y argón, la función de este gas es retardar la evaporación del filamento.
- Casquillo: es la parte de la lámpara cuya función fundamental radica en conectar la lámpara a la red de alimentación.
- Cúpula o ampolla: se fabrica normalmente en un vidrio blando.

La manera en la que funciona este tipo de iluminación es de tal manera que la corriente de la electricidad es desviada a la lámpara, luego esta corriente transfiere energía a los átomos de

tungsteno (wolframio) que comienzan al calor. El filamento luego se calienta hasta alcanzar temperaturas mayores a 2000 grados centígrados, si hubiera oxígeno en el bulbo este podría atraparse en llamas, es aquí donde entra el papel del gas, ya sea argón o nitrógeno. La iluminación es el resultado de la radiación térmica que es emitida desde el filamento, únicamente un bajo porcentaje de esa radiación es la luz visible. Por esto mismo este tipo de iluminación no es muy eficiente, la mayoría de energía se libera en forma de calor y no de luz. Además por esto mismo esta iluminación tiene la desventaja que calienta mucho los lugares de trabajo.

Ilustración 109: Partes de una bombilla incandescente.



(19)

2. Iluminación incandescente de atmósfera inerte. Este tipo de iluminación es básicamente la que se menciona anteriormente, en la que la “atmósfera” del interior de contiene gases inertes que no reaccionan con el filamento. Esta mezcla se introduce al bulbo a una presión del 80% atmosférica, cuando alcanza el equilibrio los gases elevan la temperatura, cuando funciona la lámpara. La emisión luminosa de este tipo de iluminación va decreciendo gradualmente en el transcurso de su vida útil, debido a que el filamento se evapora lo que ocasiona que en el bulbo se produzca un cierto ennegrecimiento.

a. Vida útil y eficacia. La iluminación incandescente de atmósfera inerte tiene aproximadamente una vida útil de 1000 horas. Sin embargo existe la posibilidad que algunas fallen antes de lo estipulado y otras fallen después. Además se debe tomar en cuenta que algún aumento en la tensión aplicada produce que la vida útil disminuya aun más. La eficiencia que normalmente tiene este tipo de iluminación es entre 8-20 lúmenes por watt. Esta eficiencia además hace que se tengan que instalar una mayor cantidad de luminarias lo que a su vez provoca que haya más calor en los lugares.

Estas luminarias no están propensas a la influencia de la temperatura ambiente, ya que sus rendimientos se mantienen muy estables. Por su costo bajo y fácil instalación son las más usadas en el mercado.

3. Incandescentes de atmósfera halogenada. En este tipo de iluminación, la atmosfera adentro de la ampolla contiene también una mezcla de gases inertes que no reaccionan con el filamento, como es el argón y el nitrógeno (de igual manera que en las luces incandescentes de atmosfera inerte) sin embargo en estas lámparas se les agrega una determinada cantidad de algunos elementos halógenos tales como el yodo o bromo, que se combinan con el tungsteno que se evapora para sustituirlo en el filamento. En este caso la mezcla se introduce en el bulbo a presiones mayores a la atmosférica, por lo cual el bulbo debe ser fabricado con un material resistente a las altas temperaturas que se emplean, por lo general el cuarzo.

El proceso de iluminación es el siguiente: el tungsteno que se evapora se combina con los elementos halógenos en la cercanía de la ampolla, lo que forma una combinación de tungsteno y el halógeno en estado gaseoso, en este estado permite pasar el flujo luminoso. Luego el flujo gaseoso lleva esa molécula hacia el filamento (a una temperatura cerca de los 1800 K) donde nuevamente se disocian el tungsteno y el halógeno. Aquí el halógeno queda nuevamente libre para repetir el ciclo mientras que el tungsteno es captado por el filamento, por esto se va regenerando. Esta regeneración hace que la duración de la lámpara aumente y también se obtenga una más alta constancia en los flujos luminosos (ya que no se ennegrece la ampolla).

Un aspecto a considerar en la instalación de estas lámparas es que no se debe de reducir la tensión de las lámparas por debajo de un 60%, ya que si se baja más no se alcanzan las temperaturas internas que son necesarias para establecer el ciclo del halógeno. Usualmente estas lámparas son fabricadas en forma de tubo recto para proyectores o con un bulbo protector de base rosca.

a. **Vida útil y eficacia.** Las lámparas incandescentes halogenadas tienen una vida útil de aproximadamente 2,000 horas, que es el doble de las lámparas incandescentes comunes por razones que mencionábamos anteriormente. Además la eficacia luminosa oscila entre 20 a 25 lúmenes por Watt. Lo cual también la hace un poco más eficiente que la incandescente común. Sin embargo, tienen la misma desventaja, no tienen tanto haz de iluminación por lo cual se deben instalar bastantes lámparas que trabajan a temperaturas altas, lo cual a su vez crea un ambiente de trabajo muy cálido e incluso incómodo.

4. **Iluminación fluorescente.**

La iluminación fluorescente o ahorradora, es en la actualidad el medio de iluminación de uso más general en oficinas, comercios, hogares, oficinas, etc. Además tienen la ventaja, en comparación con las incandescentes, que emiten más luz sin generar calor. La tecnología más antigua en lo que son las lámparas fluorescentes es el encendido por precalentamiento. De este tipo aun se observan miles en lugares de trabajo, en universidades, colegios, etc. a pesar de los avances tecnológicos que han desarrollado últimamente.

a. **Principales partes.** Las partes principales que componen las lámparas fluorescentes son:

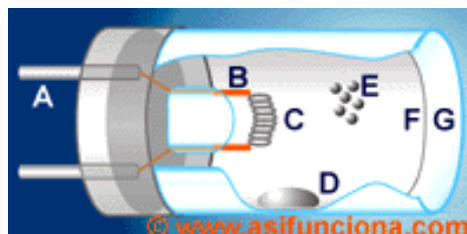
- El tubo de descarga
- Los casquillos
- El encendedor
- Balasto

Tubo de descarga: El tubo de descarga de las lámparas fluorescentes generalmente se fabrica de vidrio, de diferentes diámetros y longitudes. El diámetro se ha ido generalizando en una pulgada para la mayoría de los tubos. Las longitudes varían según la potencia en Watt que se desarrolle en las lámparas. Generalmente son rectos, sin embargo también se encuentran en forma circular. En la pared interior del tubo está recubierta con una capa de una sustancia fluorescente, cuyo fin es convertir los rayos ultravioleta en radiaciones de luz visible. Para que esto se lleve a cabo, el interior se encuentra relleno con un gas inerte, mismo mecanismo que en las incandescentes, el cual usualmente es el argón y tiene también una pequeña cantidad de mercurio líquido. El argón facilita el surgimiento del arco eléctrico lo cual posibilita el arranque de la lámpara, al igual que controla también la intensidad del flujo de electrones.

Casquillos: Los tubos de descarga poseen en los extremos un casquillo de dos pines de contactos eléctricos externos, que se conectan interiormente con los filamentos de precalentamiento.

Estos filamentos son fabricados con metal de tungsteno, recubiertos con calcio y magnesio. Su función principal en los tubos es calentar previamente el gas argón que contienen en su interior para que se puedan encender.

Ilustración 110: Partes de un tubo fluorescente.



A. Pines de contacto. B. Electrodo. C. Filamento de tungsteno. D. Mercurio líquido. E. Átomos de gas argón. F. Capa o recubrimiento fluorescente de fósforo. G. Tubo de descarga de cristal.

El recubrimiento que tienen los filamentos hace más sencilla la aparición del flujo de electrones necesario para que se efectuara el encendido de la lámpara. En este proceso los filamentos se apagan y luego se convierten en dos electrodos, por los cuales se logra establecer ese flujo de corriente.

El Encendedor: Las lámparas fluorescentes por precalentamiento necesitan de un dispositivo para el proceso inicial de encendido; este se conoce como el encendedor o estárter. Este dispositivo está compuesto de una lámina bimetalica encerrada en una cápsula de gas Neón, que tiene la propiedad de curvarse al recibir calor del gas cuando se encuentra encendido con el objetivo de cerrar un contacto que logra el paso de la corriente eléctrica por medio del circuito en derivación donde está conectado el cebador.

También se encuentra un capacitor antiparasitario conectado en paralelo con la lámina bimetalica, que se encarga de evitar que se produzcan interferencias audibles a través del altavoz de un receptor de radio o ruidos en una televisión que encuentren funcionando cerca de la lámpara. Existe también la lámpara fluorescente de encendido rápido que no requiere de encendedor, ya que los electrodos se encuentran permanentemente calientes los electrodos de los extremos del tubo.

Por otro lado también existen lámparas de encendido instantáneo que tampoco utilizan encendedor, estas no tienen filamentos y es encendida cuando se le aplica directamente a los electrodos una tensión o voltaje más elevado que el que se emplea para el resto de lámparas fluorescentes. Sin embargo la mayoría de las lámparas fluorescentes de tecnología moderna

sustituyen el encendedor por un dispositivo de encendido más rápido, más eficiente que todos los demás; este se conoce como el Balasto electrónico.

El balasto electromagnético: Fue el primer tipo de inductancia utilizado en la iluminación fluorescente, está formado por un transformador de corriente o reactancia por inducción, compuesto por un enrollado único de alambre de cobre. Los balastos cuentan con las siguientes partes:

- Núcleo: El elemento fundamental del balasto que está compuesto de chapas metálicas que forman la parte principal del transformador, en donde se coloca el enrollado de alambre de cobre.
- Carcasa: Es la envoltura metálica que protege el balasto, del enrollado de los balastos magnéticos salen 2 o 3 cables (dependiendo de la potencia de la lámpara) que son conectados al circuito externo. De los balastos electrónicos salen 4.
- Sellador: Es un compuesto, generalmente de poliéster, que se deposita entre la carcasa y el núcleo del balasto. La función que desempeña el sellador es actuar como aislante entre el enrollado, las chapas metálicas y la carcasa.
- Capacitor: Es utilizado para mejorar el factor de potencia de la lámpara, haciendo que funcione más eficientemente. (También se conoce como filtro)

En la iluminación fluorescente, la función del balasto es generar arco eléctrico que requiere el tubo en el encendido y para mantenerlo posteriormente, al igual que limita la cantidad de intensidad que fluye por el circuito del tubo. Los balastos magnéticos que se utilizan en tiempo extendido son fabricados para que trabajen conectados a una línea de suministro de 110 volt 0 220 de tensión de corriente alterna y entre 50 y 60 hertz de frecuencia, dependiendo de las características de suministro eléctrico de cada país. Según la forma de encendido de cada lámpara, así es el balasto que utiliza. Las formas de encendido más comunes en lámparas fluorescentes son:

- Por precalentamiento
- Rápido
- Instantáneo
- Electrónico

b. **Proceso de emisión de luz fluorescente.** La luz en sí mismo es una forma de energía que se libera como fotón, este es una pequeña partícula que posee energía pero no contiene masa. Para que un átomo libere fotones es necesario excitar sus electrones, por medio de la física o la química. El núcleo de un átomo ejerce una gran atracción sobre los electrones, por lo cual no es normal que abandonen su órbita a menos que sean excitados por un agente externo, sin embargo cuando esto sucede el electrón “salta” de órbita a otra superior dentro del mismo átomo, que por estar más alejada posee mayor nivel de energía.

Debido a la atracción que el núcleo continúa ejerciendo sobre el electrón, el que abandona su órbita es obligado a que se reincorpore a la propia suya. Es aquí cuando la energía extra que adquirió el electrón en la otra órbita se libera en forma de fotón. En el tubo de descarga de alguna lámpara fluorescente los electrones libres y los iones de un gas inerte (caso del argón) crean las condiciones necesarias para la creación de un puente de plasma, por el cual puede fluir la corriente eléctrica.

En el momento en que los electrones libres se mueven por el puente de plasma, chocan los electrones de los átomos de mercurio dentro del tubo y los saca de sus órbitas. Inmediatamente el núcleo de mercurio obliga que los electrones desprendidos se reintegren de nuevo a sus correspondientes órbitas, es aquí cuando se liberan fotones de luz blanca fluorescentes visibles al ojo humano. Todo este proceso causa que el tubo de descarga se ilumine, proporcionando luz.

Debido a que el proceso de encendido de lámparas fluorescentes utiliza solo un instante los filamentos de tungsteno, no permite que se calienten tanto como en las lámparas incandescentes. Por esto mismo es mucho menor la pérdida de energía por disipación de calor al medio ambiente, provocando que el consumo eléctrico se reduzca. Por esto es más económica, eficiente y duradera que la incandescente.

c. **Funcionamiento de lámparas fluorescentes.** Las lámparas fluorescentes funcionan de la manera descrita a continuación:

- Al activar el interruptor de una lámpara fluorescente, que está conectada a la red de corriente alterna, los electrones comienzan a fluir por el circuito eléctrico al igual que por el estárter.
- Al llegar el flujo de electrones al estárter se produce un arco entre los electrodos situados en el interior causando que el gas Neón contenido dentro de la cápsula también se encienda. El calor que ocasiona el gas Neón encendido provoca que la plaquita bimetálica que forma parte de uno

de los electrodos del estárter se curve y por consiguiente cierre un contacto eléctrico dispuesto entre ambos electrodos.

- Cuando este contacto se cierra, se establece el flujo de corriente eléctrica necesaria para que los filamentos se enciendan, al mismo tiempo se apaga el gas neón.
- Posteriormente los filamentos de tungsteno encendidos provocan la emisión de electrones por calentamiento y la ionización del gas Argón que hay dentro del tubo. Esto crea las condiciones para que luego se logre establecer un puente de plasma conductor de la corriente por el interior del tubo, entre un filamento y otro.
- La plaquita bimetálica del estárter se enfría, pues ya no está encendido el gas Neón, y abre el contacto dispuesto entre los dos electrodos. Así se interrumpe el flujo de corriente a través del circuito, lo que provoca dos cosas:
 - Los filamentos se apagan cuando deja de pasar la corriente por el circuito.
 - El campo electromagnético que crea en el enrollado del balasto la corriente que también fluye por el circuito donde éste está conectado se interrumpe. Por lo cual en el enrollado se genera una fuerza contra electromotriz, de la cual la energía se descarga dentro del tubo en forma de arco eléctrico. Este arco pasa de extremo a extremo haciendo uso de los filamentos que estando apagados se convierten en electrodos.
- Bajo las nuevas condiciones, los electrones, que antes fluía a través del circuito de la lámpara donde se encuentra conectado el estárter, comienza hacerlo ahora atravesando por el interior el tubo de un extremo a otro, haciéndose valer de los electrodos.
- La corriente que fluye por dentro del tubo provoca, por consiguiente, que los electrones comiencen a chocar con los átomos del gas argón, causando que aumente la cantidad de los iones y de electrones libres. Esto da como resultado el puente de plasma, que es un gas compuesto por una gran cantidad de iones y de electrones libres, que permiten que estos se muevan de un extremo a otro.
- Los electrones libres comienzan a chocar con una parte de los átomos de mercurio que están contenidos dentro del tubo, estos átomos han pasado de estado líquidos a gaseoso debido a la

energía que liberan los electrones dentro del tubo. Los choques de los electrones libres contra los átomos de mercurio excitan a sus electrones haciendo que liberen fotones de luz ultravioleta.

- Luego los fotones de la luz ultravioleta, que son invisibles para los humanos, impactan contra la capa de fósforo que recubre la pared interna del tubo fluorescente. Este impacto causa una excitación en los átomos de fósforo, que a su vez emiten los fotones de la luz visible, que hacen que el tubo se ilumine con una luz fluorescente blanca.
- El impacto de los electrones que se mueven por el puente de plasma contra los electrodos, hacen que estos se mantengan calientes. Mantener calientes los electrodos es necesario para que la emisión de electrones continúe y el puente de plasma no se extinga, hasta que se active de nuevo el interruptor que apaga la lámpara y deja de circular la corriente eléctrica.

d. Ventajas del uso de las lámparas fluorescentes. Las ventajas de utilizar las lámparas fluorescentes en lugar de las halogenadas son bastantes, a continuación se mencionan algunas de las más importantes:

- Aportan más luminosidad con un menor consumo de watts.
- Poseen una vida útil prolongada (Entre 5,000 y 8,000 horas de vida)
- Tienen muy poca pérdida de energía en forma de calor.
- Tienen bajo consumo de corriente eléctrica.

Sin embargo hay que tomar también en cuenta que la vida útil de estas lámparas se pueden ver reducidas por algunos motivos tales como:

- El ennegrecimiento del tubo en sus extremos
- Pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes que recubren el interior del tubo
- Un excesivo número de veces que se encienden y apagan de forma habitual la lámpara en períodos cortos.

5. Iluminación fluorescente CFL (Compact Fluorescent Lamps)

a. Historia. Las lámparas fluorescentes CFL son una modificación de las lámparas de tubos rectos fluorescentes descritos anteriormente, en el año 1976 Edward Hammer, que trabajaba para la empresa “General Electric” creó una lámpara fluorescente que estaba compuesta por un tubo de vidrio largo con un diámetro reducido, el cual dobló en una forma de espiral para reducir las dimensiones, pues las anteriores eran muy largas y pesadas. Con esto él dio origen a una lámpara fluorescente de un tamaño aproximado a las bombillas comunes incandescentes; esta nueva lámpara tenía propiedades muy similares a la lámpara incandescente en cuanto a iluminación pero **con un consumo bastante más bajo de energía y sin disipar calor al ambiente.**

A pesar de que esta nueva lámpara tenía muy buenas perspectivas para explotarse masivamente, sin embargo no se logró producir en serie pues la tecnología en ese momento no permitía que se produjera en masa un espiral de vidrio tan frágil, como lo requería la lámpara.

Ilustración 111: Bombilla CFL.



Posteriormente, con el avance en la tecnología se logró producir las lámparas CFL con tubos rectos, al igual que en forma de espiral como se concibió en los orígenes y se puede apreciar en la foto de arriba.

b. **Principales partes.** Las partes principales que componen las lámparas CFL son:

- Los tubos fluorescentes
 - Balasto electrónico
 - Base
 - Casquillo con Rosca
-
- Tubos fluorescentes: están compuestos de un tubo de aproximadamente 6 o 7 milímetros de diámetro, pueden ser en forma de “U” o espiral, cuya longitud depende de la potencia de watt que tenga la lámpara. En todas las lámparas CFL existen siempre 2 filamentos que pueden ser ya sea de tungsteno o wolframio, que están ubicados en los extremos libres del tubo. Estos sirven para calentar los gases inertes como el Neón o Argón, que se encuentran ubicados en el interior. Además de los gases inertes el tubo también contiene vapor de mercurio. Las paredes del tubo están recubiertas por la parte de adentro con una capa de fósforo.
 - Balasto electrónico: Las lámparas CFL, al contrario de las fluorescentes de tubo, encienden rápido por lo cual no requieren de un encendedor o estárter para encender el filamento, estas emplean un balasto electrónico, que se encuentra ubicado en la base que separa la rosca del tubo de la lámpara. El balasto es el encargado de suministrar el voltaje que se necesita para encender el tubo y para regular, posteriormente, la intensidad de corriente que circula por dentro del tubo después de encendido.
 - Este balasto está compuesto básicamente de un circuito rectificador de onda completa y un oscilador, que sirve para elevar la frecuencia de la corriente de trabajo de la lámpara entre 20,000 y 60,000 hertz. Por el contrario de los 50 y 60 que oscilan los balastos electromagnéticos.
 - Base: Las bases de las lámparas CFL están compuestas de un depósito de material plástico, en el cual en el interior hueco se encuentra el balasto electrónico. Junto a la base se encuentra un casquillo con rosca normal, rosca E27 que es la misma que utilizan la mayoría de las bombillas incandescentes. Sin embargo no solo existen este tipo de conectores; pues también están los de presión en lugar de casquillos con rosca y que funcionan con un balasto electrónico externo.

c. Funcionamiento de lámparas CFL. Básicamente, el funcionamiento de una lámpara fluorescente CFL es el mismo que el de un tubo fluorescente común, como el que se describió anteriormente sólo que es mucho más pequeña y manual. Al enroscar la lámpara CFL (igual que con la mayoría de las lámparas incandescentes) y se enciende el interruptor la corriente fluye hacia el balasto electrónico, en donde el rectificador de onda completa se encarga de convertirla en corriente directa y mejora así la potencia de la lámpara. Luego el oscilador se encarga de originar una corriente alterna con una frecuencia que alcanza entre 20,000 y 60,000 hertz. La frecuencia elevada tiene su razón, ya que sirve para que disminuya el “parpadeo” que provoca el arco eléctrico que se encuentra en las lámparas fluorescentes cuando están encendidas.

En el momento en el cual los filamentos de las lámparas CFL se encienden, el calor producido por estos ionizan el gas inerte dentro del tubo, con lo cual se crea un puente de plasma entre ambos filamentos; por medio de este puente se origina un flujo de electrones que dan lugar a condiciones necesarias para que el balasto electrónico genere una chispa y se encienda el arco eléctrico entre los dos filamentos. Es aquí donde se apagan los filamentos y se convierten en dos electrodos que sirven para mantener el arco eléctrico mientras la lámpara siga encendida.

A partir del momento en el que los filamentos se apagan, la labor del arco eléctrico es continuar el proceso de ionización del gas inerte. Con esto se logra que los iones desprendidos del gas inerte al chocar con los átomos del vapor de mercurio, provoquen la excitación de los electrones de mercurio y esto causa la emisión de fotones de luz ultravioleta. Estos fotones a su vez chocan con las paredes de cristal del tubo que, a su vez, provocan que los átomos de flúor se exciten y también emitan fotones; estos si de luz blanca que son visibles para el ojo humano.

d. Ventajas del uso de las lámparas fluorescentes

- Tiempo de vida útil entre 8,000 y 10,000 horas, comparado con las 1,000 de las incandescentes.
- Generan el 80% menos de calor que las incandescente, con lo cual el riesgo de incendios por calentamiento es casi nulo en dado caso se encontraran cerca de materiales combustibles.
- Tienen un flujo luminoso mayor en lúmenes por watt, al compararla con una incandescente de igual potencia.
- Es posible adquirirlas en diferentes formas, bases, potencias, tamaño y tonos de blanco.

6. **Iluminación LED.** Los LED son dispositivos semiconductores que emiten una luz al ser atravesados por una corriente pequeña. El LED es un tipo especial de diodo que trabaja como un diodo común, sin embargo al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Usualmente este dispositivo está encapsulado en una cubierta de plástico, la cual tiene una mayor resistencia que el vidrio que usualmente se utiliza en las lámparas incandescentes.

a. **Historia.** El primer dispositivo LED se desarrolló alrededor de 1962, éste surgió combinando galio, arsénico y fósforo. Con esto se consiguió un led de color rojo. El siguiente desarrollo en los LED ocurre cuando combinan el fósforo con el galio, con esto se consiguió aumentar la frecuencia de emisión que la obtenida anteriormente; y a pesar de que tenía una eficiencia de conversión corriente-luz mejor que al combinar los elementos con el arsénico, se observó que un incremento en la corriente no generaba un aumento de manera lineal en la luz emitida.

Los siguientes desarrollos, ya en los años 70, introdujeron nuevos colores. Cambiando las proporciones de los materiales se lograron obtener diferentes colores. De igual manera al mismo tiempo se desarrollaron los leds infrarrojos, que se hicieron muy populares para el uso en los controles remotos. Posteriormente se introdujo un nuevo elemento, el cual fue el aluminio. Esta combinación (Galio, Aluminio y Arsénico) produjo un brillo casi diez veces mayor y además, tenía la ventaja que se podía utilizar con corrientes elevadas, dando así la posibilidad de ser utilizados en letreros y displays. Sin embargo la limitación que tenía esta combinación es que solamente se lograba obtener colores rojos y además se degradaba más rápido que los demás a temperaturas altas y mucha humedad.

Ya en la década de los 90 se deja de utilizar el arsénico, pues se introducen dos elementos en lugar de este: el fósforo y el indio. Con esto se logra obtener una amplia variedad de colores desde el rojo al amarillo, únicamente haciendo modificaciones en las proporciones de los materiales que lo componen. Además se obtiene una vida útil mucho mayor que en los anteriores intentos. (6, 9)

b. **Partes.** Las partes principales que componen las lámparas LED son:

- Driver
- Disipador de calor
- LED
- Difusor

Ilustración 112: Partes de una bombilla LED E27.



- Driver o controlador: Es el encargado de proveer niveles de voltaje y corriente adecuados para la fuente emisora de luz, en este caso el o los LED's. su funcionamiento consiste en transformar, rectificar y regular el voltaje de entrada así como limitar la corriente para un aprovechamiento óptimo del LED.
- Disipador de calor: como su nombre lo indica, se encarga de disipar el calor, con esto se puede transferir más corriente al LED para obtener de esta manera un mayor flujo luminoso. Este está hecho de aluminio, pues es el material más reflectivo y no emana calor al exterior, lo conserva adentro.
- LED SMD: Es un diodo emisor de luz de montaje de superficie, sus siglas provienen del inglés "Light Emitting Diode Surface Mount Device". Es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando es atravesado por una corriente eléctrica. Es la parte más importante de la luminaria LED.
- Difusor: Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa.

c. Funcionamiento.

El proceso de funcionamiento de una luminaria LED comienza con la polarización del driver o controlador. Dentro del controlador, hay un proceso de transformación, rectificación y regulación del voltaje. Dentro de los elementos internos del driver tenemos:

- Transformador
- Rectificador
- Filtros y Reguladores.
- Controlador de corriente

El transformador, como su nombre lo indica, pasa de un nivel de voltaje (120 voltios) a un más adecuado para el LED, que normalmente es de 12 a 24 voltios. El transformador para estas luminarias es uno de reducción de tensión. Luego de pasar por el transformador se va al rectificador. El rectificador es un elemento que permite convertir de la corriente alterna a corriente directa pulsante. Esto se realiza utilizando diodos rectificadores configurados en una estructura llamada puente de diodos. Esto da al final una rectificación de onda completa. Posteriormente los filtros o condensadores aplanan la onda anterior, eliminando el componente de corriente alterna que entregó el rectificador. Luego llega el turno del regulador de voltaje, que es un componente electrónico que se encarga que el voltaje de salida no varíe de su valor nominal. El controlador de corriente provee la corriente adecuada para el máximo aprovechamiento del LED.

El LED produce luz cuando los electrones se mueven dentro de su estructura semiconductor, esta estructura semiconductor está hecha a base de silicio. Un semiconductor está hecho de un componente positivamente cargado y un componente negativamente cargado. La capa positiva tiene “hoyos” o deficiencia de electrones, en los cuales fluyen los electrones. La capa negativa tiene electrones libres rodeándola. Cuando una carga eléctrica llega al semiconductor, activa el flujo de electrones de la capa negativa hacia la positiva. Estos electrones excitados emiten luz mientras fluyen por los hoyos positivamente cargados.

d. Ventajas

- Bajo consumo de electricidad, se puede ahorrar desde un 70 hasta un 95% dependiendo contra la iluminación con la que se compara.
- Es una luz fría, es decir que al contrario de una bombilla incandescente o ahorradora que utilizan un porcentaje bajo de cada vatio para iluminación y el resto se va en calor, en las bombillas LED se utiliza el 90% para iluminación y únicamente alrededor del 10% se pierde en calor.
- Tienen una larga vida útil, dependiendo de qué bombilla LED sea pueden durar entre desde 30,000 horas hasta 75,000 horas en comparación de las 8,000 de las CFL y las 1,000 de las incandescentes.
- No desperdicia luz, pues no tiene pérdidas por reflexión. Los demás sistemas necesitan reflectores para concentrar la luz al lugar donde se desea iluminar.
- Al terminar su vida útil todos los materiales son reciclables, pues los materiales son de estado sólido, a diferencia de los demás. Con esto se logra proteger también el medio ambiente.

D. ANÁLISIS FINANCIERO

1. **Suposiciones y factores tomados en cuenta.** Para realizar la comparación efectiva entre los distintos mecanismos de iluminación se elaboraron tres escenarios, cada uno con diferentes cantidades de salidas de iluminación, con base en un conjunto de planos de proyectos reales. Se tomó una residencia de 56 metros cuadrados, de 73 metros cuadrados y una residencia de 200 metros cuadrados. Además se cotizaron los precios de los diferentes tipos de iluminación la bombilla incandescente de 70 Watts la bombilla de 20 Watts CFL y una bombilla de 9 Watts LED. Éstas son las que normalmente se utilizan en las instalaciones residenciales.

TARIFA NO SOCIAL						
Distribuidora	TARIFA*	TARIFA*	Variación unitaria	Variación Porcentual	Cantidad de usuarios	Porcentaje sobre el total de usuarios
	MAY-JUL 2011	AGO-OCT 2011				
DEOCSA	1.755157	1.784950	0.029793	1.7%	20,048	0.84%
DEORSA	1.842492	1.946297	0.103805	5.6%	22,975	0.96%
EEGSA	1.720579	1.928136	0.207557	12.1%	103,947	4.35%

Ilustración 113: Tarifas de energía en Guatemala (MEM).

Para efectos de este estudio se consideró el precio de la electricidad según el INDE que se presentan a continuación, y se tomo el precio que da la empresa eléctrica de Guatemala. 0

Además, no se consideró en ningún escenario la inflación del consumo energético, pues si en el escenario sin inflación sale más rentable la opción LED si hubiera inflación el ahorro sería aún mayor. Además el precio de sustituir las bombillas por nuevas se mantienen los precios, pues con los avances de la tecnología las bombillas han ido bajando sus precios.

2. **Escenario 1.** Para el primer escenario se consideraron los siguientes parámetros:

Cuadro 4: Condiciones, escenario 1.

Salidas de luz	10
Horas de luz	6
Precio kWh	Q 1.92
Porcentaje de utilización	60%
Inflación consumo	0%

En una residencia de 56 metros cuadrados se considera que tienen diez salidas de iluminación, según los planos presentados en los anexos. Además, se tomó bajo consideración que al ser una residencia de ese tamaño cada una de las salidas utiliza diferentes cantidades de horas. Para el cálculo se desglosó cada área y se hicieron mediciones aproximadas de horas al día de utilización. Estos datos se presentan a continuación:

Cuadro 5: Salidas de iluminación, escenario 1

Residencia 56 mts	Salidas	Horas	Total
Cuarto principal	1	4	4
Cuarto 1	1	3	3
Cuarto 2	1	3	3
Baño	1	4	4
Patio	2	2	4
Entrada	1	8	8
Comedor	2	3	6
Cocina	1	2	2
Total			34

Con base en las dos tablas mostradas anteriormente se tiene que en un día se consumen alrededor de 34 horas de iluminación artificial. Es por esto que se consideró que de las diez salidas cada una se utiliza un 60% y que el tiempo de iluminación por salida es de 6 horas, con esto se consigue aproximadamente 36 horas de iluminación artificial.

Cuadro 6: Valor Presente Neto para cada alternativa en el escenario 1

	RESIDENCIA 56 Metros cuadrados			Unidad
	Bombilla incandescente	Bombilla CFL	Bombilla LED	
Consumo real	70	20	9	W
Consumo a la hora	0.07	0.02	0.009	kWh
Horas de iluminación al día	6	6	6	Horas de luz
Consumo total durante 1 año	153.3	43.8	19.71	kWh
Importe en consumo eléctrico	Q 294.34	Q 84.10	Q 37.84	Quetzales
Importe total	Q 1,766.02	Q 504.58	Q 227.06	Quetzales
Precio	5	30	170	
Vida útil (horas)	1000	8000	50000	
Sustituciones en un año	1.314	0.16425	0.02628	
Cambios en 10 años	13.14	1.6425	0.2628	
TMAR	5%	5%	5%	
Año 0	-50	-300	-1700	
Año 1	Q (1,766.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 2	Q (1,796.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 3	Q (1,826.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 4	Q (1,796.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 5	Q (1,826.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 6	Q (1,796.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 7	Q (1,796.02)	Q (684.58)	Q (227.06)	
Año 8	Q (1,826.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 9	Q (1,796.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
Año 10	Q (1,826.02)	Q (504.58)	Q (227.06)	
VPN	(Q13,977.93)	(Q4,324.12)	(Q3,453.29)	

En el cuadro anterior, se puede apreciar que al calcular el Valor Presente Neto con una Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) de un 5% la opción más rentable es la de utilizar la iluminación LED; pues se puede observar que tiene el valor menos negativo, es decir que es la alternativa en la que hay menos desembolsos tanto por consumo energético, como por compras de bombillas. Además, se realizó un análisis de flujo incremental de la opción LED contra las bombillas incandescentes y las fluorescentes para poder calcular la tasa interna de retorno. También se realizó un gráfico de los desembolsos que se harían con cada uno de los sistemas en un plazo de diez años para observar el año en el cual ya se paga la inversión de optar por el sistema de iluminación LED en comparación con los demás sistemas.

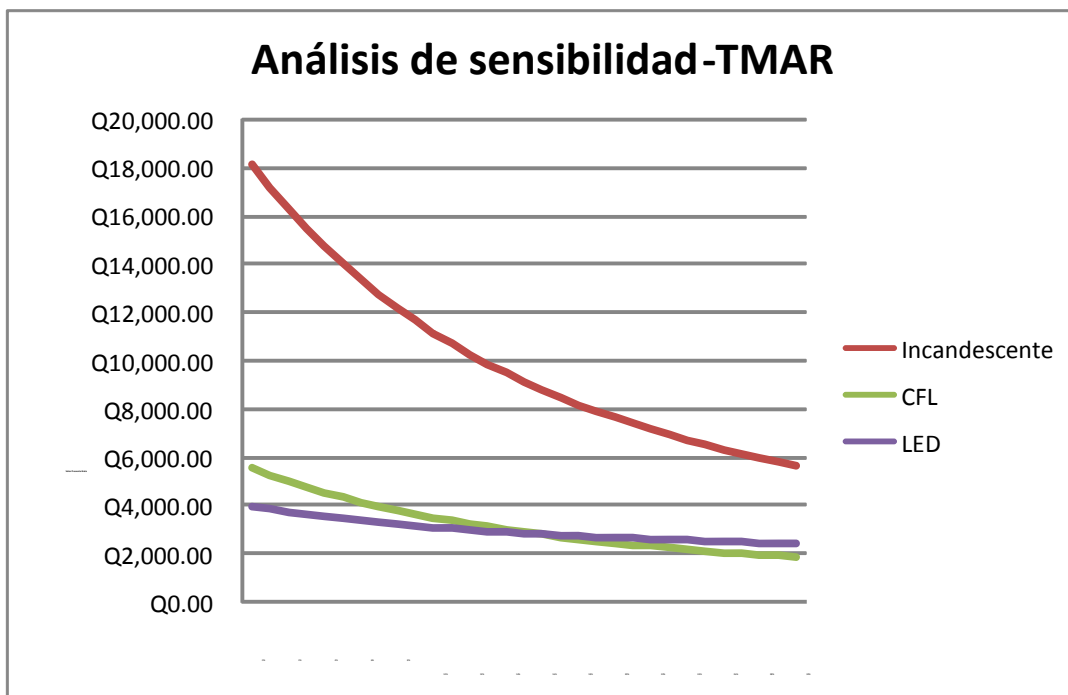
Cuadro 7: Flujo incremental (Cálculo TIR).

Flujo incremental (LED vrs CFL)	Flujo incremental (LED vrs Incandescente)
Q (1,400.00)	Q (1,650.00)
Q 277.52	Q 1,538.96
Q 277.52	Q 1,568.96
Q 277.52	Q 1,598.96
Q 277.52	Q 1,568.96
Q 277.52	Q 1,598.96
Q 277.52	Q 1,568.96
Q 457.52	Q 1,568.96
Q 277.52	Q 1,598.96
Q 277.52	Q 1,568.96
Q 277.52	Q 1,598.96
16%	94%

Al comparar la alternativa más “ecológica” contra la alternativa de iluminación incandescente y fluorescente se obtiene que en ambos casos es rentable pues se tiene una tasa interna de retorno del 94% al comparar LED versus Incandescente y al comparar LED versus fluorescente se obtiene una tasa del 16% por lo cual se comprueba que en este escenario si son buenas las inversiones de optar por la iluminación LED. Al comparar estos porcentajes con la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento que se tomó de 5% se observa que la Tasa Interna de Retorno es mayor por lo que se conviene hacer el cambio.

Sin embargo, las Tasas Mínimas Atractivas de Retorno dependen de cada persona o proyecto, por lo tanto también se decidió hacer una gráfica para observar con diferentes tasas cual proyecto es el más rentable. En esta gráfica se tomaron en cuenta los tres sistemas de iluminación que se utilizaron a lo largo de todo el estudio y se proyecto hasta una tasa del 30%

Ilustración 114: Análisis de sensibilidad, escenario 1.

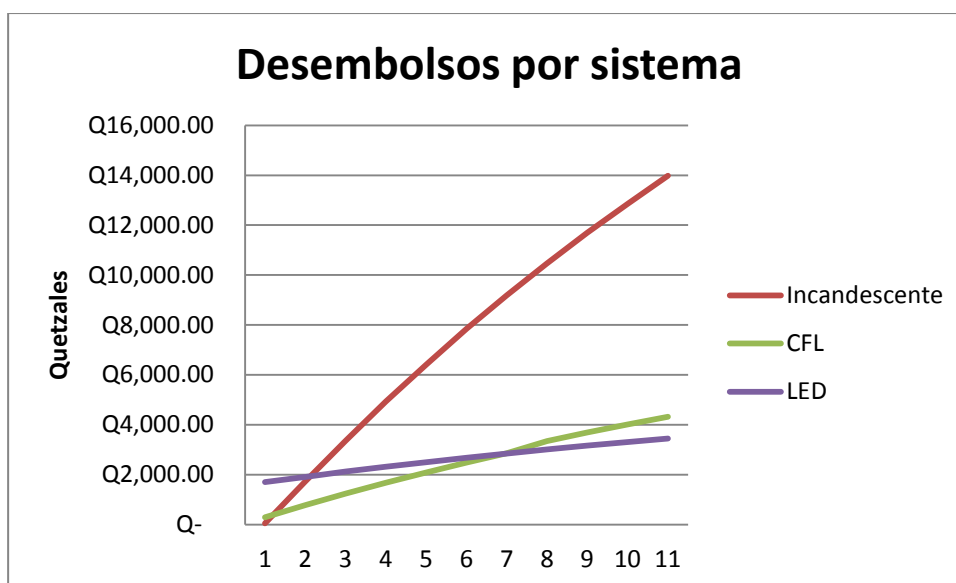


Además, a continuación, se presenta una tabla y una gráfica de los desembolsos que se tendrían que hacer con cada una de las alternativas de iluminación con lo cual se observa cual alternativa conviene a lo largo del tiempo. Además en el intercepto entre las líneas es el año en el que ya se paga la inversión.

Cuadro 8: Desembolsos acumulados para cada alternativa en el escenario 1.

Año	Incandescente	CFL	LED
0	Q 50.00	Q 300.00	Q 1,700.00
1	Q 1,731.92	Q 780.55	Q 1,916.25
2	Q 3,360.96	Q 1,238.21	Q 2,122.20
3	Q 4,938.34	Q 1,674.09	Q 2,318.34
4	Q 6,415.93	Q 2,089.20	Q 2,505.14
5	Q 7,846.66	Q 2,484.55	Q 2,683.05
6	Q 9,186.87	Q 2,861.07	Q 2,852.48
7	Q 10,463.27	Q 3,347.59	Q 3,013.85
8	Q 11,699.19	Q 3,689.10	Q 3,167.53
9	Q 12,856.92	Q 4,014.36	Q 3,313.90
10	Q 13,977.93	Q 4,324.12	Q 3,453.29

Ilustración 115: Desembolsos en el tiempo escenario 1.



Se observa que la decisión está entre la iluminación CFL y la iluminación LED. Sin embargo, con la TMAR del 5% se observa que entre el año cinco y seis se paga la inversión de utilizar iluminación LED y de ahí en adelante conviene la iluminación LED.

3. **Escenario 2.** En el segundo escenario los parámetros fueron los siguientes:

Cuadro 9: Condiciones, escenario 2.

Salidas de luz	13
Horas de luz	6
Precio kWh	1.92
Porcentaje de utilización	50%
Inflación consumo	0%

En una residencia de 73 metros cuadrados se considera que tienen 13 salidas de iluminación, según los planos presentados en los anexos. Además, se tomó bajo consideración que al ser una residencia de ese tamaño cada una de las salidas utiliza diferentes cantidades de horas. Para el cálculo se desglosó cada área y se hicieron mediciones aproximadas de horas al día de utilización. Estos datos se presentan a continuación:

Cuadro 10: Salidas de iluminación, escenario 2.

Residencia 73 mts	Salidas	Horas	Total
Cuarto principal	1	4	4
Cuarto 1	1	3	3
Cuarto 2	1	3	3
Baño 2do piso	1	4	4
Patio	1	2	2
Vestíbulo	1	2	2
Sala	1	2	2
Gradas	1	2	2
Baño visitas	1	2	2
Entrada	1	8	8
Comedor	1	3	3
Cocina	1	2	2
Total	12		37

Con base en las dos tablas mostradas anteriormente se tiene que en un día se consumen alrededor de 37 horas de iluminación artificial. Es por esto que se consideró que de las 13 salidas cada una se utiliza un 50% y que el tiempo de iluminación por salida es de 6 horas, con esto se consigue aproximadamente 39 horas de iluminación artificial.

Cuadro 11: Valor Presente Neto para cada alternativa en el escenario 2.

	RESIDENCIA 73 Metros cuadrados			Unidad
	Bombilla incandescente	Bombilla CFL	Bombilla LED	
Consumo real	70	20	9	W
Consumo a la hora	0.07	0.02	0.009	kWh
Horas de iluminación al día	6	6	6	Horas de Luz
Consumo total durante 1 año	153.3	43.8	19.71	kWh
Importe en consumo eléctrico	Q 294.34	Q 84.10	Q 37.84	Quetzales
Importe en consumo por todas las salidas	Q 1,913.18	Q 546.62	Q 245.98	Quetzales
Precio	5	30	170	
Vida útil (horas)	1000	8000	50000	
Sustituciones en un año	1.095	0.136875	0.0219	
Cambios en 10 años	10.95	1.36875	0.219	
Año 0	-65	-390	-2210	
Año 1	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 2	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 3	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 4	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 5	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 6	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 7	Q (1,945.68)	Q (741.62)	Q (245.98)	
Año 8	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 9	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
Año 10	Q (1,945.68)	Q (546.62)	Q (245.98)	
VPN	(Q15,089.06)	(Q4,749.47)	(Q4,109.40)	

En el cuadro anterior se puede apreciar que al calcular el Valor Presente Neto con una Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) de un 5% la opción más rentable es la de utilizar la iluminación LED; pues se puede observar que tiene el valor menos negativo, es decir que es la

alternativa en la que hay menos desembolsos tanto por consumo energético como por compras de bombillas. Además, se realizó un análisis de flujo incremental de la opción LED contra las bombillas incandescentes y las fluorescentes para poder calcular la Tasa Interna de Retorno. También se hizo un gráfico de los desembolsos que se harían con cada uno de los sistemas en un plazo de diez años para observar el año en el cual ya se paga la inversión de optar por el sistema de iluminación LED en comparación con los demás sistemas.

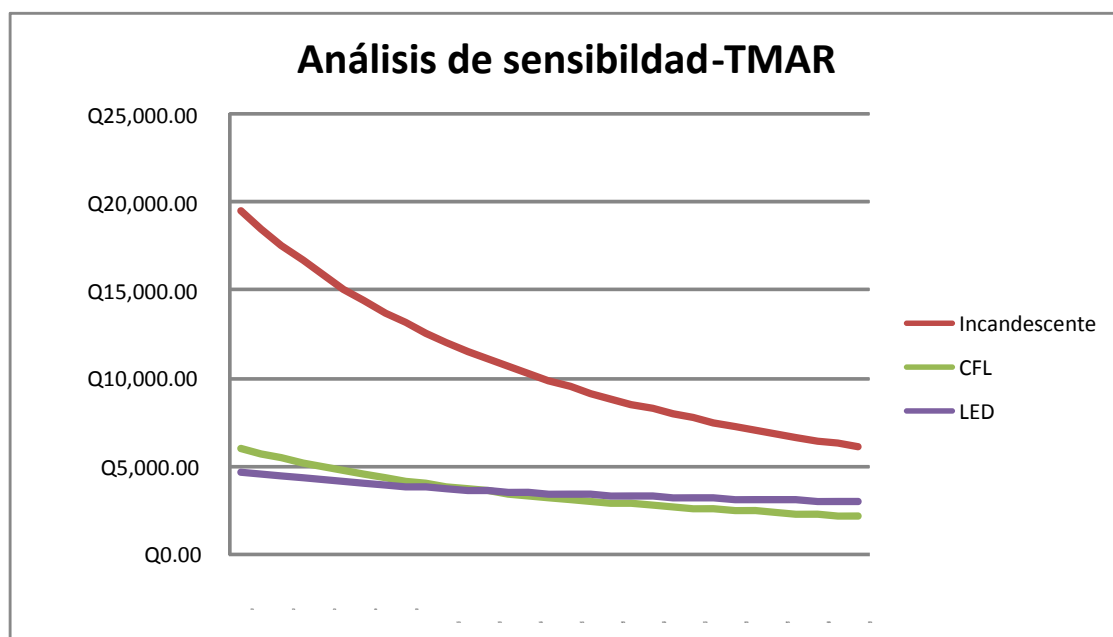
Cuadro 12: Flujo incremental (Cálculo TIR).

Flujo incremental (LED vrs CFL)	Flujo incremental (LED vrs Incandescente)
Q (1,820.00)	Q (2,145.00)
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 495.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
Q 300.64	Q 1,699.70
12%	79%

Al comparar la alternativa más “ecológica” contra la alternativa de iluminación incandescente y fluorescente se obtiene que en ambos casos es rentable pues se tiene una Tasa Interna de Retorno del 79% al comparar LED versus Incandescente y al comparar LED versus Fluorescente se obtiene una tasa del 12% por lo cual se comprueba que en este escenario si son buenas las inversiones de optar por la iluminación LED. Al comparar estos porcentajes con la tasa mínima de rendimiento atractiva que se tomo de 5% se observa que la tasa interna de retorno es mayor por lo que se conviene hacer el cambio.

De igual manera que en el escenario anterior, se conoce que las Tasas Mínimas Atractivas de Retorno dependen de cada persona o proyecto, por lo tanto también se decidió hacer una gráfica para observar con diferentes tasas cual proyecto es el más rentable. En esta gráfica se tomaron en cuenta los tres sistemas de iluminación que se utilizaron a lo largo de todo el estudio y se proyecto hasta una tasa del 30%.

Ilustración 116: Análisis de sensibilidad escenario 2.



Además, a continuación, se presenta una tabla y una gráfica de los desembolsos que se tendrían que hacer con cada una de las alternativas de iluminación con lo cual se observa cual alternativa conviene a lo largo del tiempo. Además en el intercepto entre las líneas es el año en el que ya se paga la inversión.

Cuadro 13: Desembolsos acumulados para cada alternativa en el escenario 2.

Año	Incadescente	CFL	LED
0	Q 65.00	Q 390.00	Q 2,210.00
1	Q 1,918.03	Q 910.59	Q 2,444.27
2	Q 3,682.83	Q 1,406.40	Q 2,667.38
3	Q 5,363.58	Q 1,878.59	Q 2,879.87
4	Q 6,964.30	Q 2,328.30	Q 3,082.24
5	Q 8,488.79	Q 2,756.60	Q 3,274.97
6	Q 9,940.69	Q 3,164.50	Q 3,458.52
7	Q 11,323.45	Q 3,691.55	Q 3,633.34
8	Q 12,640.37	Q 4,061.53	Q 3,799.83
9	Q 13,894.57	Q 4,413.89	Q 3,958.39
10	Q 15,089.06	Q 4,749.47	Q 4,109.40

Ilustración 117: Desembolsos en el tiempo, escenario 2.



Nuevamente se observa que la decisión está entre la iluminación CFL y la iluminación LED. Sin embargo, con la TMAR del 5% se observa que entre el año seis y siete se paga la inversión de utilizar iluminación LED y de ahí en adelante conviene la iluminación LED.

4. **Escenario 3.** En el tercer escenario los parámetros fueron los siguientes:

Cuadro 14: Condiciones, escenario 3.

Salidas de luz	25
Horas de luz	5
Precio kWh	1.92
Porcentaje de utilización	40%
Inflación precio energía	0%

En una residencia de 200 metros cuadrados se considera que tienen 25 salidas de iluminación, según los planos presentados en los anexos. Además, se tomó bajo consideración que al ser una residencia de ese tamaño cada una de las salidas utiliza diferentes cantidades de horas. Para el cálculo se desglosó cada área y se hicieron mediciones aproximadas de horas al día de utilización. Estos datos se presentan a continuación

Cuadro 15: Salidas de iluminación, escenario 3.

Residencia 200 mts	Salidas	Horas	Total
Cuarto principal	2	4	8
Cuarto 1	1	3	3
Cuarto 2	1	3	3
Cuarto 3	1	2	2
Baño cuarto principal	1	2	2
Baño cuartos 1 y 2	1	2	2
Baño cuarto 3	1	1	1
Patio	1	2	2
Vestíbulo	2	1	2
Sala arriba	1	2	2
Cuarto de servicio	1	3	3
Baño de servicio	1	1	1
Gradas	1	2	2
Sala abajo	2	2	4
Baño visitas	1	0.5	0.5
Lavandería	2	0.5	1
Entrada	1	8	8
Comedor	2	3	6
Cocina	1	2	2
Total	24		54.5

Con base en las dos tablas mostradas anteriormente se tiene que en un día se consumen alrededor de 54.5 horas de iluminación artificial. Es por esto que se consideró que de las 25 salidas cada una se utiliza un 40% y que el tiempo de iluminación por salida es de cinco horas, con esto se consigue aproximadamente 50 horas de iluminación artificial.

Cuadro 16: Valor Presente Neto para cada alternativa en el escenario 3.

	RESIDENCIA 200 Metros cuadrados			Unidad
	Bombilla incandescente	Bombilla CFL	Bombilla LED	
Consumo real	70	20	9	W
Consumo a la hora	0.07	0.02	0.009	kWh
Horas de iluminación al día	5	5	5	Horas de luz
Consumo total durante 1 año	127.75	36.5	16.425	kWh
Importe en consumo eléctrico	Q 245.28	Q 70.08	Q 31.54	Quetzales
Importe en consumo por todas las salidas	Q 2,452.80	Q 700.80	Q 315.36	Quetzales
Precio	5	30	170	
Vida útil (horas)	1000	8000	50000	
Sustituciones en un año	0.73	0.09125	0.0146	
Cambios en 10 años	7.3	0.9125	0.146	
Año 0	-125	-750	-4250	
Año 1	Q (2,452.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 2	Q (2,502.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 3	Q (2,502.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 4	Q (2,452.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 5	Q (2,502.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 6	Q (2,502.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 7	Q (2,502.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 8	Q (2,452.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 9	Q (2,502.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
Año 10	Q (2,502.80)	Q (700.80)	Q (315.36)	
VPN	(Q19,328.36)	(Q6,161.39)	(Q6,685.13)	

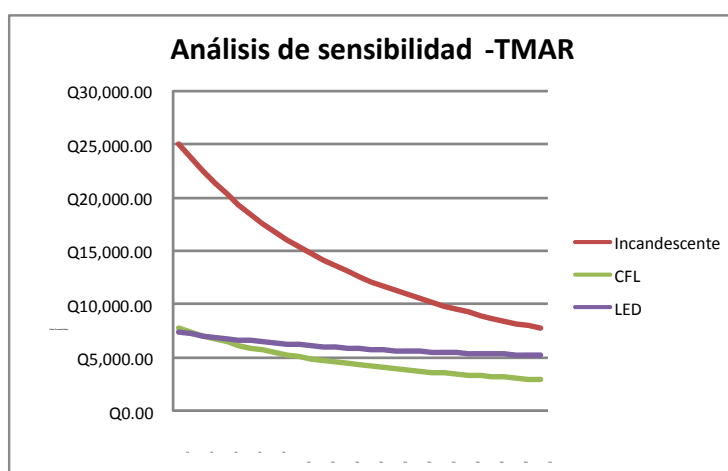
En el cuadro anterior se puede apreciar que al calcular el Valor Presente Neto con una Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) de un 5% la opción más rentable es la de utilizar la iluminación CFL; pues se puede observar que tiene el valor menos negativo, es decir que es la alternativa en la que hay menos desembolsos tanto por consumo energético como por compras de bombillas. Para este escenario también se realizó un análisis de flujo incremental de la opción LED contra las bombillas incandescentes y las fluorescentes para poder calcular la Tasa Interna de Retorno. También se realizó un gráfico de los desembolsos que se harían con cada uno de los sistemas en un plazo de diez años para observar el año en el cual ya se paga la inversión de optar por el sistema de iluminación LED en comparación con los demás sistemas.

Cuadro 17: Flujo incremental (Cálculo TIR).

Flujo incremental (LED vrs CFL)	Flujo incremental (LED vrs Incandescente)
-3500	-4125
385.44	2137.44
385.44	2187.44
385.44	2187.44
385.44	2137.44
385.44	2187.44
385.44	2187.44
385.44	2187.44
385.44	2187.44
385.44	2137.44
385.44	2187.44
385.44	2187.44
385.44	2187.44
1.793%	52%

Al comparar la alternativa más “ecológica” contra la alternativa de iluminación incandescente y fluorescente se obtiene al comparar la iluminación incandescente la Tasa Interna de Retorno es del 52%, por lo cual comparado con la Tasa Mínima Atractiva de Retorno sí es conveniente optar por el sistema LED, sin embargo, al hacer la comparación de utilizar fluorescente o LED se observa que la TIR es menor que la TMAR y por eso en este escenario no conviene utilizar LED, pues en diez años no se ha recuperado la inversión.

Nuevamente, se considera que las Tasas Mínimas Atractivas de Retorno dependen de cada persona o proyecto, por lo tanto también se realizó la gráfica para observar con diferentes tasas cual proyecto es el más rentable. En esta gráfica se tomaron en cuenta los tres sistemas de iluminación que se utilizaron a lo largo de todo el estudio y se proyectó hasta una tasa del 30%.

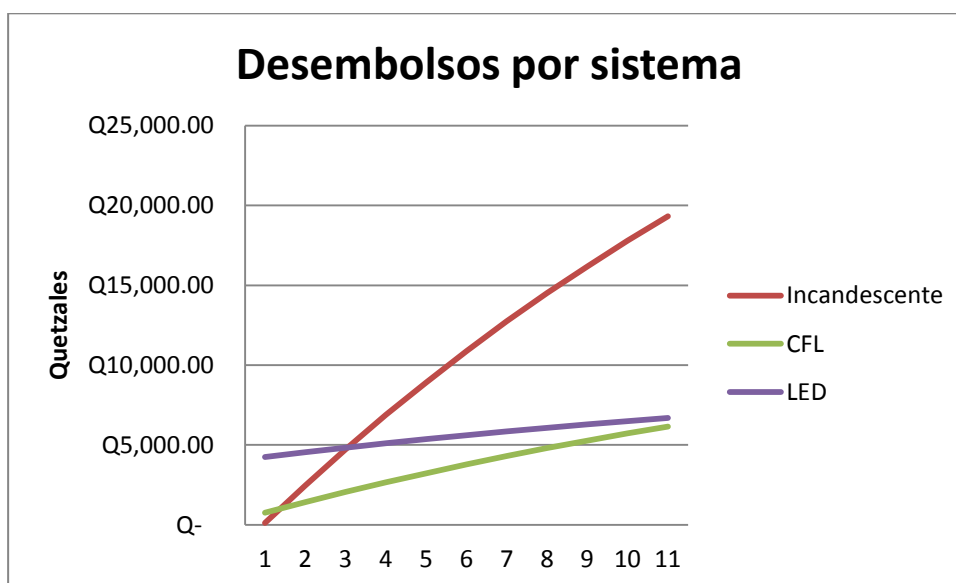
Ilustración 118: Análisis de sensibilidad, escenario 3.

De igual manera que en los escenarios anteriores, a continuación, se presenta una tabla y una gráfica de los desembolsos que se tendrían que hacer con cada una de las alternativas de iluminación con lo cual se observa cual alternativa conviene a lo largo del tiempo. Además, en el intercepto entre las líneas es el año en el que ya se paga la inversión.

Cuadro 18: Desembolsos acumulados para cada alternativa en el escenario 3.

Año	Incandescente	CFL	LED
0	Q 125.00	Q 750.00	Q 4,250.00
1	Q2,461.00	Q1,417.43	Q4,550.34
2	Q4,731.11	Q2,053.07	Q4,836.38
3	Q6,893.13	Q2,658.45	Q5,108.80
4	Q8,911.05	Q3,235.00	Q5,368.25
5	Q10,872.06	Q3,784.10	Q5,615.34
6	Q12,739.69	Q4,307.05	Q5,850.67
7	Q14,518.38	Q4,805.09	Q6,074.79
8	Q16,178.53	Q5,279.42	Q6,288.24
9	Q17,791.86	Q5,731.16	Q6,491.52
10	Q19,328.36	Q6,161.39	Q6,685.13

Ilustración 119: Desembolsos en el tiempo escenario 3.



En este escenario se observa, con ayuda de la gráfica, que si se hace la proyección a más de diez años se van a interceptar la opción de la iluminación LED y la CFL. Sin embargo, estos resultados dieron origen a un último escenario en el cual se combinan sistemas de iluminación dependiendo de las horas que se les va a dar de uso a cada salida de iluminación.

Con la tabla anterior se realizó el nuevo escenario en el cual se combinan las salidas de iluminación tanto las CFL y las LED. Los resultados de este escenario se presentan a continuación.

a. **Escenario 3 con combinación de luces.** En el tercer escenario con las salidas de iluminación combinadas los parámetros fueron los siguientes:

Cuadro 20: Condiciones escenario 3 con combinación de luces.

Salidas de iluminación	24
Precio kWh	1.92
Inflación precio energía	0%

Se tomó la misma residencia que en el escenario anterior, sin embargo, en este escenario no se optó por únicamente un tipo de iluminación, sino que se combinaron las dos mejores alternativas de iluminación que eran la LED y CFL. Y se colocó cada una de estas según el consumo esperado de cada una. Para calcular cuántas luces LED y cuántas luces CFL se utilizó el siguiente cuadro, las celdas en color azul son las correspondientes a las luces LED y las celdas en color verdes son las luces CFL.

Cuadro 21: Salidas de iluminación escenario 3 con combinación de luces.

Residencia 200 mts	Salidas de luz	Horas al día	Total
Cuarto principal	2	4	8
Cuarto 1	1	3	3
Cuarto 2	1	3	3
Cuarto 3	1	2	2
Baño cuarto principal	1	2	2
Baño cuartos 1 y 2	1	2	2
Baño cuarto 3	1	1	1
Patio	1	2	2
Vestíbulo	2	1	2
Sala arriba	1	2	2
Cuarto de servicio	1	3	3
Baño de servicio	1	1	1
Gradas	1	2	2
Sala abajo	2	2	4
Baño visitas	1	0.5	0.5
Lavandería	2	0.5	1
Entrada	1	8	8
Comedor	2	3	6
Cocina	1	2	2
Total	24		54.5

Con base en las dos tablas mostradas anteriormente se tiene que en un día se consumen alrededor de 54.5 horas de iluminación artificial igual que en el escenario planteado anteriormente.

Cuadro 22: Valor Presente Neto escenario 3 con combinación de luces.

Residencia 200 metros cuadrados		
	Bombilla CFL y LED combinado	Unidad
Consumo real CFL	20	W
Consumo a la hora CFL	0.02	kWh
Consumo real LED	9	kWh
Consumo a la hora LED	0.009	kWh
Consumo total de luces CFL	171.55	kWh
Consumo total de luces LED	101.835	kWh
Importe en consumo eléctrico por todas las salidas	Q	524.90
Precio CFL	Q	30.00
Precio LED	Q	170.00
Vida útil (horas)		8000
Unidades CFL		16
Unidades LED		8
Año 0		-1840
Año 1	Q	(524.90)
Año 2	Q	(524.90)
Año 3	Q	(524.90)
Año 4	Q	(524.90)
Año 5	Q	(524.90)
Año 6	Q	(524.90)
Año 7	Q	(524.90)
Año 8	Q	(524.90)
Año 9	Q	(524.90)
Año 10	Q	(524.90)
VPN		(Q5,893.13)

Se observa que en este escenario, combinando la iluminación LED y la CFL se obtiene (en el período evaluado de diez años) que el Valor Presente Neto es menos negativo, por ende mayor, que en el mismo escenario con iluminación solo LED o solo CFL.

E. Análisis y discusión

Como se logró apreciar con los escenarios planteados la iluminación LED es la más rentable en los dos primeros escenarios y sólo en el tercero quedó mejor la opción de la iluminación CFL. Al hablar de este tema con expertos de la industria, argumentaban que actualmente estas son los tipos de iluminación más comúnmente utilizados. La mayoría de las personas opta por irse a menudo por lo más barato en el momento, como es el caso de la iluminación incandescente, sin embargo no se dan cuenta que el consumo energético es considerablemente mayor y que además la vida útil de estos sistemas es mucho menor que la iluminación LED o CFL.

La iluminación incandescente, que es la más primitiva, quedó en los tres escenarios planteados como la opción menos viable. En países más desarrollados ya incluso se está prohibiendo el uso de estas bombillas pues son las que más impacto ambiental causan por consumir más energía.

Sin embargo en Guatemala muchas personas optan por lo que ven como lo más económico en el corto plazo ya que ven los otros sistemas como gastos muy elevado cuando en realidad son inversiones a largo plazo, más que todo con los LED, pues duran aproximadamente 50,000 horas y actualmente se están desarrollando tecnologías nuevas de LED que pueden llegar a dar 75,000 horas de iluminación.

Al hacer proyecciones a diez años se puede considerar que dependiendo del uso que se le va dar a cada salida de iluminación y el tiempo promedio que estará prendida al día se puede analizar que alternativa conviene. Como sucedió con el escenario tres combinado, pues aquí dependiendo del uso que se le daba a cada salida se decidió utilizar iluminación LED o CFL.

En otros países ya se da financiamiento para comprar sistemas de iluminación LED, como ocurre con las compras de casas, carros, etc. pues ya se ven a los sistemas de iluminación como inversiones y, como se comprobó en este estudio, son rentables a largo plazo.

Otro factor que también afecta el estudio es que no se logró sacar una proyección de cómo ha estado el precio de la Energía Eléctrica a lo largo del tiempo, ya que solamente se encontró información histórica de dos años atrás. Por esto se consideró una inflación del 0% en el consumo energético siendo así el peor escenario posible, ya que a medida que la energía es más cara es más rentable tener la opción LED como alternativa de iluminación.

IX. Domótica

En Guatemala la domótica no ha tenido el auge como en otros países probablemente por el subdesarrollo que existe, aunque actualmente ya el tema se empieza a hacer popular por el término “automatización”.

La automatización no sólo es buena en la industria como todos bien saben. La automatización aprovecha los recursos naturales y este estudio específicamente hacer énfasis en la gestión del consumo energético.

Existen muchas formas de reducir el consumo energético pero la idea de la domótica es eliminar el factor humano para el aprovechamiento de los recursos naturales y al mismo tiempo se tienen una herramienta de confort y seguridad.

El tema domótica es muy extenso y en este trabajo se cubre la mayoría de temas relevantes y se profundiza en la teoría y conceptos. También se incluyen estudios para saber la tendencia en otros países más desarrollados y se evalúa si al invertir en un sistema de domótica, se puede recuperar la inversión.

La tendencia actual es que este tipo de sistemas no van a ser ajenos al conocimiento de las personas. Este tipo de sistemas van a ser parte del equipamiento básico en las construcciones del futuro.

A. Metodología

Para la realización de este trabajo de investigación, se llevó a cabo una investigación teórica en internet y otras fuentes sobre los conceptos básicos de la domótica y sus aplicaciones. Se investigó sobre las diferentes tecnologías, redes y equipo que comprende esta rama. Se realizó también una investigación del mercado, que comprendió algunas de las empresas distribuidoras de estos sistemas, así como el precio e implementación de los mismos.

Para la realización de este trabajo también se llevó a cabo un análisis financiero, sobre la viabilidad de estos sistemas y la recuperación de inversión en el plazo del tiempo. La idea fue que con el análisis del Valor Presente Neto se demostrara que la implementación de estos sistemas puede contribuir con la reducción del consumo energético convencional y por ende del impacto ambiental.

B. Justificación

En la actualidad, la tecnología está cambiando el mundo, es por eso que la domótica se vuelve parte esencial en este estudio. Esta tecnología se vende más por confort y seguridad, que por lo ecológico. Si esta tecnología se maneja de forma eficiente, se puede llegar a volver una inversión a largo plazo y beneficiar al medio ambiente.

La aplicación de estos sistemas puede optimizar el uso de los recursos naturales, como la luz, el agua y el aire. Dependiendo de las diferentes necesidades se puede lograr mantener estándares de condiciones en diferentes ambientes y es por eso que la domótica tiene un roll ambiental.

La domótica es una herramienta que optimiza la utilización del recurso natural y que facilita a las personas el manejo de sus inmuebles. Las empresas están innovando constantemente y han llegado a crear una herramienta que satisface las necesidades del cambiante mercado y del día a día de las empresas como también de las familias o personas individuales.

La domótica es capaz de disminuir el consumo energético de los inmuebles lo que implica un ahorro económico como la disminución del impacto ambiental, es por eso que la domótica y sus aplicaciones pueden ayudar al ambiente, reduciendo las emisiones de CO₂ que producen las plantas de generación eléctrica y aprovechando las fuentes naturales.

C. Objetivos

1. Objetivos generales

Dar a conocer la domótica. Al mismo tiempo evaluar las tendencias de países más desarrollados en cuanto a domótica y evaluar la domótica como una herramienta para hacer un inmueble ecológico y auto sostenible. Por último, evaluar los beneficios, en el corto y largo plazo, de la aplicación de la domótica en los inmuebles.

2. Objetivos específicos

- Dar a conocer aplicación de la domótica en los inmuebles.
- Dar a conocer los elementos que componen la domótica.
- Dar a conocer los tipos de sistemas que existen en la domótica.
- Dar a conocer los distintos tipos redes de comunicación en la domótica.

- Analizar financieramente la implementación de domótica en un inmueble con un análisis de Valor Presente Neto.
- Analizar financieramente la implementación de domótica en un inmueble con un análisis de Tasa Interna de Retorno.
- Determinar tiempo de recuperación de inversión.
- Guía para aprovechar evaluar el nivel de domótica en un inmueble.

D. Domótica

1. **Definición.** Proviene de la unión de las palabras *domus* (que en latín significa casa) y *tica* (de automática, que en griego implica “que funciona por sí sola”). (CIEC, 2011)

Se entiende por el término domótica el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda/inmueble. El automatizar implica la aportación de servicios de gestión energética, bienestar, comunicación, seguridad, confort y todo esto se realiza e integra a través de redes interiores y exteriores de comunicación, ya sea alambicadas (cableadas) o inalámbricas. El control de estas redes cuenta con una universalidad tanto para adentro como afuera del inmueble. (CIEC, 2011)

2. **Elementos.** Las instalaciones domóticas cuentan con una serie de distintos elementos para el funcionamiento sincrónico de todo el sistema. Algunos sistemas utilizan estos elementos para comunicarse entre ellos y lograr expandir la cobertura del sistema. (CIEC, 2011)

a. **Central de gestión.** Es la unidad central encargada del procesamiento de información de los demás elementos y desde aquí se maneja todos los elementos que componen al sistema. Por lo general son computadoras con alta capacidad de procesamiento y puede que sea más de una computadora. (CIEC, 2011)

b. **Sensores.** Se encargan de proporcionar información para que el sistema inteligente pueda realizar acciones. Existen sensores de movimiento, de temperatura y de iluminación entre otros. Estos se consideran como dispositivos de entrada al sistema. (CIEC, 2011)

c. **Actuadores.** Se encargan de realizar las acciones provenientes de la unidad central. Entre las acciones de estos elementos están la activación o inactivación de dispositivos o aparatos terminales. Estos se consideran como dispositivos de salida del sistema. (CIEC, 2011)

d. **Soporte de comunicación.** Se encarga de expandir la señal inalámbrica de las instalaciones o los conocidos puntos de acceso (“HotSpot”) donde se integra la comunicación de los elementos. También se consideran los enrutadores (“Routers”) como soportes de comunicación. (CIEC, 2011)

e. **Aparatos terminales.** Son los dispositivos encargados de realizar las funciones físicas. Estos pueden ser toma corrientes, sistemas de sonido, aires acondicionados inteligentes, cerraduras electrónicas y motores eléctricos entre otros. (CIEC, 2011)

3. **Arquitectura de sistemas**

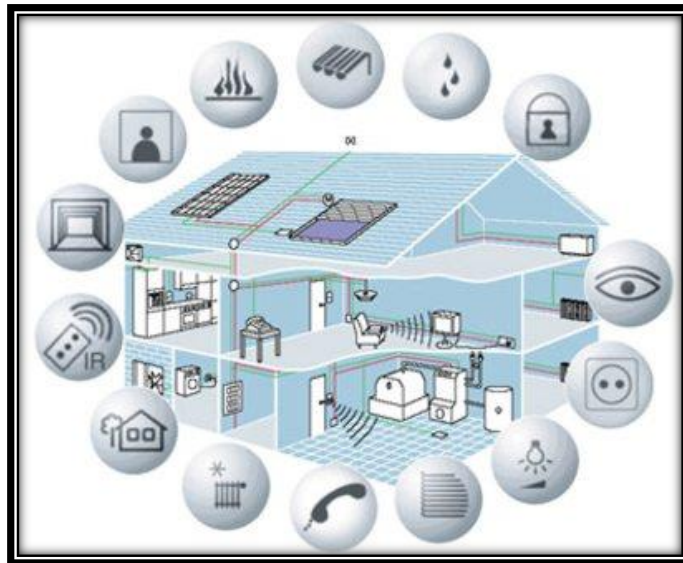
a. **Arquitectura centralizada.** En estos se cuenta con una unidad central con la cual se controla todo los equipos. En algunos casos la unidad central puede estar compuesta por más de una computadora, para poder administrar los recursos de forma eficaz ya que estos sistemas exigen un alto procesamiento de información. La unidad central recibe información de los sensores y es procesada, para generar comandos para los actuadores. **(CIEC, 2011) (Gijón, 2009)**

b. **Arquitectura descentralizada.** Estos son conocidos como sistemas de arquitectura distribuida. Se caracterizan por tener la inteligencia distribuida por el sistema, no existe una unidad central para el control de todo el inmueble. (Gijón, 2009)

c. **Arquitectura mixta.** En estos existen varios elementos de control que pasan la información al resto de los elementos. Existen sistemas que los mismos funcionan en forma de cadena para expandir la señal de la red inalámbrica del sistema. **(CIEC, 2011) (Gijón, 2009)**

4. **Topología de los sistemas.** El término topología hace referencia a la forma en que se diseña la red, sea físicamente o lógicamente. Basándose físicamente por las características de hardware o lógicamente por las características internas de su software. **(CIEC, 2011)**

Ilustración 120: Arquitectura y topología.



a. **Topología estrella.** Los dispositivos no están conectados directamente entre sí, tienen un enlace punto a punto dedicado con la unidad central. Conexión típica en los sistemas centralizados. **(CIEC, 2011)**

b. **Topología en anillo.** Los dispositivos tienen una línea directa de conexión y punto a punto solamente con los dos dispositivos adyacentes más cercanos. La señal se transmite a lo largo del anillo en una sola dirección o de dispositivo a dispositivo. Estos dispositivos del anillo incorporan un repetidor. **(CIEC, 2011)**

c. **Topología en bus.** Existe un cable largo que actúa como una red truncada que conecta los dispositivos en la red, con estructura multipunto. **(CIEC, 2011)**

d. **Topología malla.** Conexión utilizada típicamente por los sistemas distribuidos, cada dispositivo tiene un enlace punto a punto y dedicado con cualquier otro dispositivo. El término dedicado es cuando el enlace conduce el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que se conectan. **(CIEC, 2011)**

e. **Topología árbol.** Similar a la topología tipo estrella, los nodos están conectados a la unidad central pero no todos los dispositivos se conectan directamente. Se maneja a través de un concentrador secundario y éste es el que se conecta directamente a la unidad central. **(CIEC, 2011)**

f. **Topología mixta.** La combinación de dos o más topologías en un mismo sistema. (CIEC, 2011)

5. *Medios de interconexión y redes*

a. **Protocolos.** En el campo de telecomunicaciones se utiliza un protocolo de comunicaciones que es un conjunto de reglas normalizadas para representar, autenticar, señalar y detectar errores. Es necesario para enviar la información a través de un canal de comunicación. (Martín Domínguez & Sáez Vacas, 2006)

b. **Interconexión de dispositivos:**

- **IEEE 1394:**

Se utiliza para la interconexión de dispositivos digital como video cámaras, audio y computadoras, es un estándar multiplataforma para entrada y salida de datos en serie a gran velocidad. Se conoce como FireWire por Apple y como i.Link por Sony. (Apple, 2011)

- **Bluetooth:**

Se utiliza para dispositivos de bajo consumo con una baja cobertura y se basa en transceptores de bajo costo. (Bluetooth, 2011)

- **USB (Universal Serial Bus):**

Puerto para conectar periféricos con una computadora. Surge en necesidad de eliminar la variedad de puertos y tarjetas que se utilizan para la comunicación con diferentes dispositivos. (USB, 2011)

- **IrDa (Infrared Data Association):**

Se utiliza para la transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojos y soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, de comunicación e informáticos que permiten comunicación bidireccional entre dos extremos, con velocidades desde 9.6bps hasta los 4Mbps. (Universidad Nacional de Colombia, 2011)

c. Redes de control y automatización:

- **KNX - EIB:**

Es un sistema de domótica basado en un Bus de datos, conocido como el EIB, Bus de Instalación Europeo. Este sistema utiliza su propio cableado lo que implica que este sistema se debe implementar desde la edificación del inmueble. KNX es un estándar de la domótica. (EuroX10, 2011)

- **Batibus:**

Es un protocolo que puede ser implementado por cualquier empresa de domótica, es completamente abierto y se utilizaba en el pasado pero debido al competitivo mercado, ésta tecnología quedó obsoleta. (SIEMENS, 2004)

d. Redes de cableado:

- **ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*):**

Línea de abonado digital asimétrica, consiste en una transmisión analógica de datos digitales apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica.

- **Fibra óptica:**

Es un medio de transmisión empleado en redes de datos, que consiste en un hilo fino de material transparente por el cual se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir, pueden ser de vidrio o materiales plásticos.

- **Power Line Communications y X10:**

X10 es un protocolo de comunicaciones para el control remoto de dispositivos eléctricos, el cual viaja a través de una banda estrecha en las líneas de Energía Eléctrica convencional para transmitir señales de radio.

- **Cable coaxial:**

Este cable se utiliza para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores, el central llamado vivo, encargado de llevar la información y el exterior, llamado malla o blindaje, que su función es la tierra y retorno de corrientes.

- **Par trenzado:**

Este cable se utiliza en telecomunicaciones en el que dos conductores eléctricos aislados son entrelazados para anular las interferencias externas de cables adyacentes.

e. Redes inalámbricas:

- **Wi-fi:**

Es un medio de comunicación inalámbrica para conectar dispositivos tales como computadoras o dispositivos móviles. Crea una red para la conexión entre dispositivos y/o para navegar a internet. (Tanenbaum)

- **GPRS (*General Packet Radio Service*):**

Es un servicio general de paquetes vía radio, es una extensión del Sistema Global de comunicaciones móviles (GSM) para la transmisión de datos por paquetes. Las conexiones conocidas son EDGE (2G) y 3G, variando entre esas la velocidad de comunicación de 56kps a 144kbps.

- **Bluetooth:**

es protocolo para redes inalámbricas que es capaz de transmitir voz y datos entre diferentes dispositivos por medio de un enlace de radiofrecuencias de la banda ISM de la frecuencia 2.4GHz, que es la utilizada por los celulares. (Apple, 2011)

- **Radiofrecuencia:**

se utiliza la radiocomunicación para la interacción de audio, video, transmisión de datos como método alternativo.

- **Infrarrojos:**

Se utiliza para el control de los dispositivos, que funcionan para activar o desactivar algunos dispositivos por un control remoto que envía señales. (Universidad Nacional de Colombia, 2011)

- **ZigBee:**

Es un protocolo cuyo objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras pero que utilizan una baja tasa de envío de datos y maximizar la vida útil de las baterías de estos dispositivos. (Hasse, 2011)

6. Estándares

a. **X10:** Es un protocolo para el control remoto de dispositivos eléctricos. Este protocolo es inestable ante el ruido eléctrico. Es el protocolo más difundido ya que es de código abierto, se utiliza para toma corrientes por ejemplo y no hay necesidad de realizar un nuevo cableado. (EuroX10, 2011)

b. **IEEE 802.15.4:** Es un estándar que especifica el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con bajas tasas de transmisión de datos. También define el nivel físico de la red. Derivado del IEEE 802 que es un estudio de estándares realizado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Es sub-derivado de los estándares IEEE 802.15 que se especializan en redes inalámbricas. (Cisco, 2011)

Este estándar es utilizado por los protocolos Zigbee, que como se menciona anteriormente maneja bajas tasas de envío de datos.

c. **LonWorks:** Es una plataforma remota estandarizada para el manejo y control de inmuebles automatizados con sistemas de domótica. (LonMark International, 2011)

d. **Universal Plug and Play (UPnP):** Es una arquitectura software abierta y distribuida que de forma independiente al fabricante, sistema operativo, lenguaje de programación, etc. permite el intercambio de información y datos a los dispositivos conectados a una red. (UPnP Forum, 2011)

7. Aplicaciones

a. **Energía:** En el ámbito de energía la principal función de la domótica es el ahorro energético y es a lo que más va enfocado este estudio. El ahorro no se da por la utilización de equipos de menor consumo energético, sino se da por la gestión o manejo eficiente de los distintos equipos y recursos con los que se cuenta.

b. **Utilización de energía renovable:** La aplicación de estos sistemas puede incrementar la rentabilidad generada por la utilización de domótica, ya que estos recursos se pueden manejar, con el fin de aprovechar al máximo, para alimentar las distintas herramientas o aplicaciones que se utilicen en el inmueble.

Es decir por ejemplo, que el manejo de la temperatura del agua que se utilice en las distintas instalaciones del inmueble, se maneje en base a la capacidad del calentador solar que está instalado para el inmueble.

c. **Climatización y gestión eléctrica:** La climatización en este tipo de inmuebles se maneja de distintas formas. Climatización no solo implica temperatura, sino también iluminación y la audición de los distintos ambientes o zonas.

La base para la implementación de la domótica en el aspecto de climatización, es zonificar. Esto significa segmentar bien las zonas dentro del inmueble para optimizar la gestión de los recursos tanto naturales como artificiales.

La zonificación se vuelve tan importante debido a que la intención es aprovechar el recurso natural para que en las zonas deseadas se maneje una climatización “natural” y no incurrir en recursos artificiales. Por esto podemos entender una zona exterior o inclusive un área verde dentro del inmueble.

Por otro lado, la programación es otro aspecto base en la climatización. Por ejemplo, con la zonificación se puede programar diferentes funciones:

- **Activación/Desactivación Automática:** Se puede programar que la climatización artificial se active o desactive con una programación diaria, semanal, mensual, trimestral, etc. Esto con el fin que se maneje de forma eficiente el recurso y no se requiera el recurso humano para depender del manejo de estos sistemas.

- **Sincronización:** Los equipos permiten que dependiendo de las condiciones, el sistema se va adaptando.

En el caso de iluminación, si se requiere cierta cantidad de luz en un ambiente y la luz natural ya no es suficiente, el sistema va graduando la iluminación artificial para compensar la pérdida de iluminación natural.

En el caso de temperatura funciona de forma similar, si se desea un ambiente a cierta temperatura, el sistema se activa o desactiva dependiendo si la temperatura es la deseada o inferior.

- **Modalidades:** Estas modalidades es en función de cuando se desea tener ciertas condiciones en diferentes escenarios, que se repiten de forma semi-periódica. Estas modalidades son con el fin de no incurrir en gastos de consumo eléctrico innecesarios. Por ejemplo la modalidad de “dormido” minimiza los consumos de diferentes electrodomésticos y se reducen riesgos como corto circuitos.

d. **Comunicaciones:** Los sistemas o infraestructuras de comunicación con los que cuenta el inmueble para las distintas funciones que se desean.

e. **Control:** Para el control de los sistemas debe existir universalidad tanto para el control externo como interno.

Estos sistemas se manejan desde una computadora con internet hasta con un dispositivo portátil. Para estos controles existe un dispositivo central que integra y maneja todos los sistemas del inmueble. La conexión a internet se vuelve indispensable para la comunicación remota con la interfaz que maneja todos los sistemas.

Todos los controles son personalizables. La programación y configuraciones son personalizadas por el usuario, con una interfaz amigable y practica con el fin que se logre ajustar al modelo del inmueble, es decir por ejemplo el manejo de áreas o ambientes, para gestionar en especifico esas áreas.

f. Seguridad:

La domótica tiene la aplicación también para el área de seguridad. Está enfocado tanto en seguridad personal como en la protección de los bienes y activos dentro del inmueble.

g. Alarmas: La domótica integra los sistemas de alarmas para detectar o prevenir la presencia de personas no deseadas en el inmueble. Para esto los sistemas de alarmas utilizan sensores de movimiento, perimetrales o volumétricos.

También existen alarmas para la detección de fugas de gas, escapes de agua, incendios, acumulación de monóxido de carbono en los garajes (en caso haya un vehículo encendido.)

También cuentan con sistemas de alertas médicas, donde una persona dentro del inmueble con un control puede activar la necesidad de asistencia y el sistema manda una alarma para que haya tele-asistencia o comunicación con una persona deseada.

h. Sincronización y modalidades: En el aspecto de seguridad estas funciones garantizan la seguridad, ya que se puede sincronizar que se cierre todos los posibles accesos (ventanas, puertas, portones) a la vivienda y que se realice de forma puntual y segura.

i. Simulación: En caso se desee se puede programar con una modalidad o en caso se dispare una alarma, los sistemas de la domótica permiten simular presencia dentro del inmueble, activando luces y sonidos.

j. Cámaras IP: Con los sistemas necesarios se puede monitorear de forma remota los puntos donde se desea tener control con audio y video.

k. Confort: Todos los equipos que conforman la automatización por lo general llevan mejoras. Estas mejoras están orientadas y pensadas para simplificarle la vida al usuario, sin salirse de lo práctico.

Por ejemplo la funcionalidad de manejar desde móviles las casas, pueden hacer que el manejo de la luces sea cómodo para el usuario y no tenga que ir manualmente a realizarlo, sino que lo puede hacer desde la palma de su mano.

l. Accesibilidad: La domótica pretende ofrecer autonomía personal tanto para una persona normal como para una persona con discapacidades. El diseño tiene que realizarse tan flexible como sea posible ya que en la actualidad este tipo de tecnología se busca para facilitarle las cosas a los que padecen de discapacidades físicas.

El objetivo radica en que todas las personas puedan acceder a este tipo de tecnología. Las tecnologías no son un objetivo en sí, sino que son un medio para favorecer la autonomía personal.

8. **Estudios.** El enfoque principal de este proyecto es evaluar que tan rentable es la implementación de un sistema de domótica en un hogar. Para eso se va tomar referencia de algunos estudios e información que proveen los vendedores de estos sistemas, para determinar cuánto se logra ahorrar con esta tecnología. No obstante la idea es evaluar en cuanto tiempo se recupera la inversión con los ahorros que se pueden lograr obtener si se gestiona de manera eficiente estos sistemas de automatización.

• **Estudio Bernardo Devereux.** Según Bernardo Devereux especialista en Automatización y Domótica, de Argentina, la automatización de los inmuebles tiene un coste adicional sobre una edificación sin estos sistemas cuantificable en porcentajes.

Basándose con información de edificios, según el Instituto de Edificios Inteligentes (IBI) el costo adicional de construir con estos sistemas varía entre un 2% y un 15%. Según una consultora inglesa el costo incrementa entre un 8% y un 10%. (Devereux, 2006)

En su estudio, dice que se generan ahorros en mantenimiento de un 1% a 1.5% anual. Existen factores influyentes en la gestión del mantenimiento. Los factores cuantificables con estos sistemas son reducción de gastos constantes de mantenimiento, disminución de gastos de renovación de materiales, compra de equipos, se mejora la productividad, mantenimientos predictivos y preventivos y el más importante la detección de averías, como parte de los sistemas de seguridad. Al mismo tiempo existen factores no cuantificables como la imagen corporativa, seguridad patrimonial y personal, adaptabilidad, diseño, menor costo de adaptación a las necesidades del usuario, entre otras. (Devereux, 2006)

Por último, se considera que se puede ahorrar un 17.5% de energía con un sistema de gestión energético y ahorros de un 60% en iluminación al igual que un 20% en climatización. (Devereux, 2006)

• **Estudio Instituto para Sistemas de Edificios y de la Energía, Universidad Biberach y AVANC.**

La base para los cálculos de ahorro se basa en un estudio realizado por en el Instituto para Sistemas de Edificios y de la Energía, de la universidad alemana Biberach, realizado por el Dr. Becker. (AVANC, 2007)

Los estudios realizados se complementan con normativas europeas, que se utilizan para la regulación en la construcción de edificios las cuales han generado ahorros muy grandes en Europa:


- Norma DIN V18599: Se basa en el cálculo de la demanda neta de energía, primaria y final para la calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente y sanitaria, e iluminación (balance energético) de los edificios. (AVANC, 2007)
- Norma UNE EN 15232: Ofrece métodos para estimar el impacto de los sistemas de control y gestión en la eficiencia energética de edificios. (AVANC, 2007)

Estos porcentajes se han calculado en los edificios pero aplica a cualquier inmueble en general, ya que se puede gestionar con todos los equipos al igual que un edificio. (AVANC, 2007)

Según este estudio, en cuanto a iluminación se puede obtener un 50% de ahorro con una gestión eficiente a través de una regulación constante de lux (lúmenes). Esto quiere decir que lo que se desea es mantener cierto nivel de iluminación, por lo que a través de sensores de luminosidad, se regula la luz artificial con la natural para cumplir con los requerimientos de iluminación. Si se gestiona la iluminación con la regulación por presencia, se logra obtener ahorros de un 15%. Este método de regulación por presencia es mas general ya que no regula la luminosidad, únicamente activa y desactiva con la presencia de personas, comúnmente se ve en los baños de los edificios este método de gestión energética. (AVANC, 2007)

En cuanto a climatización se segmenta en dos categorías, calefacción y acondicionamiento de aire. Para la calefacción se puede obtener un 25% de ahorro con la regulación por tiempo o presencia y un 15% con la regulación de apertura de persianas. Estos métodos lo que buscan es disminuir el uso del calefactor. Para el acondicionamiento de aire se puede obtener un 15% de ahorro con la regulación por tiempo o presencia, un 10% con la regulación de ventanas y un 15% con regulación de ventiladores. (AVANC, 2007)

Ilustración 121: Estudio de la eficiencia energética.

 ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA - V	
PRINCIPALES PORCENTAJES DE AHORROS OBTENIDOS CON ELEMENTOS DE GESTIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (DOMÓTICA E INMÓTICA): (1/3)	
• ILUMINACIÓN:	
• CON REGULACIÓN CONSTANTE DE LUX	50%
• CON REGULACIÓN (I/O) POR PRESENCIA	15%
• CLIMATIZACIÓN:	
• CALEFACCIÓN:	
• CON REGULACIÓN POR TIEMPO O PRESENCIA	25%
• CON REGULACIÓN APERTURA VENTANAS	15%
• AIRE ACONDICIONADO:	
• CON REGULACIÓN POR TIEMPO O PRESENCIA	15%
• CON REGULACIÓN DE PERSIANAS	10%
• CON REGULACIÓN (I/O) VENTILADORES	15%

(AVANC, 2007)

Ambos métodos se pueden llegar a gestionar con sensores de temperatura con el fin de mantener una temperatura ideal en el ambiente del inmueble. Para esto se hace una combinación de ventilación natural con apertura de ventanas y si no se logra obtener la temperatura deseada, se recurre al uso de aires acondicionados o calefactores. Estos también se puede manejar que se activen cuando uno desee para no tener que dejar encendidos los aires acondicionados y/o calefactores.

● **Estudio MINT-CASADOMO 2007-2008:** Sistemas de Domótica y Seguridad en Viviendas de Nueva Promoción. La empresa Casadomo Soluciones realizó un estudio en el año 2008 sobre el mercado de la Construcción Sostenible y el Hogar Digital en relación con la promoción de nuevas viviendas en España. El estudio también analizó la profundidad de los Sistemas de Domótica y la Seguridad. (MINT - Casadomo, 2007)

Para fines de este nuestro estudio, sólo se incluirá información relevante para complementar el mismo y proporcionar información sobre las tendencias actuales en países más desarrollados que Guatemala.

● **Conceptos del estudio.**

Existen, entre los actores del mercado, diferentes ideas de lo que se entiende por algunos conceptos básicos para este estudio, sobre todo el “Hogar Digital”, la “Domótica” y la “Seguridad”. En este estudio se utiliza; “Hogar Digital” como un concepto “paraguas” que define la integración de sistemas como la domótica, la seguridad, las telecomunicaciones, el audio/video, etc. en el contexto de la vivienda; “Domótica” para definir la automatización y control; y “Seguridad” para el control de la intrusión. A continuación se presentan las definiciones utilizadas para varios conceptos con un significado especialmente relevante en este estudio (MINT - Casadomo, 2007)

- **Construcción sostenible.** Se entiende como un proceso que conforma el ciclo de la vida del edificio, desde la planificación y adaptación del proyecto a su entorno, el diseño y elección de métodos y materiales de construcción, los procesos constructivos, pasando por la gestión y el uso del edificio y hasta la demolición del mismo con la reutilización de los materiales o su regreso al medio. (MINT - Casadomo, 2007)
- **Fabricante de sistemas de domótica y seguridad.** Incluye en este estudio tanto a las empresas que fabrican, como a aquellas que importan sistemas de Domótica o Seguridad para su instalación en viviendas de nueva promoción en España. (MINT - Casadomo, 2007)
- **Hogar digital.** Es una vivienda y su entorno próximo que, a través de equipos y sistemas tecnológicos, ofrecen funciones y servicios que simplifican la gestión y el mantenimiento de la misma, aumentan la seguridad, incrementan el confort, facilitan la accesibilidad, mejoran las telecomunicaciones, ahorran energía, agua y tiempo; y permiten nuevas formas de entretenimiento y ocio, etc. para los habitantes, a través de la integración de sistemas de

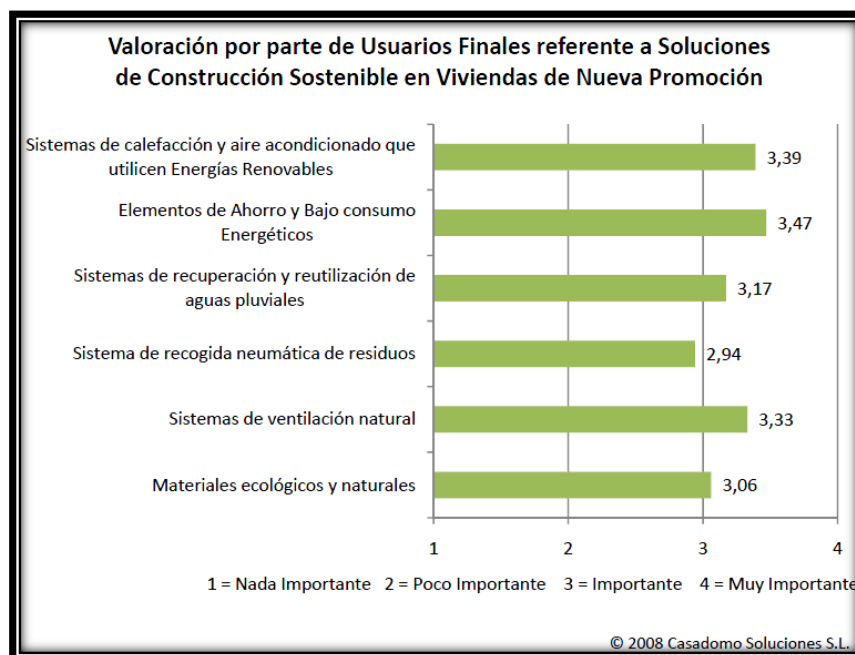
domótica, seguridad, telecomunicaciones, audio/video, control de accesos, electrodomésticos inteligentes, etc. (MINT - Casadomo, 2007)

- **Sistemas de domótica.** se define en este estudio como un conjunto de dispositivos (controladores, sensores, actuadores e interfaces) cuya función principal es la automatización y el control (apagar, encender, regular, subir, bajar) de elementos de la instalación eléctrica (iluminación, persianas, climatización, etc.), las alarmas técnicas (alarmas de escape de agua, gas, incendio, humo, etc.) y otros sistemas y aparatos en la vivienda. No se han incluido aquí sistemas que únicamente controlan un sistema cerrado, como por ejemplo la climatización, o actuadores y sensores sencillos de tipo “módulos domóticos”. (MINT - Casadomo, 2007)
- **Sistemas de Seguridad.** se refieren aquí a un conjunto de dispositivos (sensores, actuadores e interfaces) que tienen como controlador una Centralita de Alarma y cuya función principal es la detección de intrusión, aunque estos sistemas también pueden incluir las alarmas técnicas (alarmas de escape de agua, gas, incendio, humo, etc.) y alguna función de domótica como complemento. (MINT - Casadomo, 2008)

- **Encuesta Usuarios Finales (Parte I).**

La encuesta dirigida a Usuarios Finales recoge datos sobre la valoración por parte de Usuarios Finales referente a soluciones relacionadas con la Construcción Sostenible y el Hogar Digital en la nueva vivienda en España. (MINT - Casadomo, 2007)

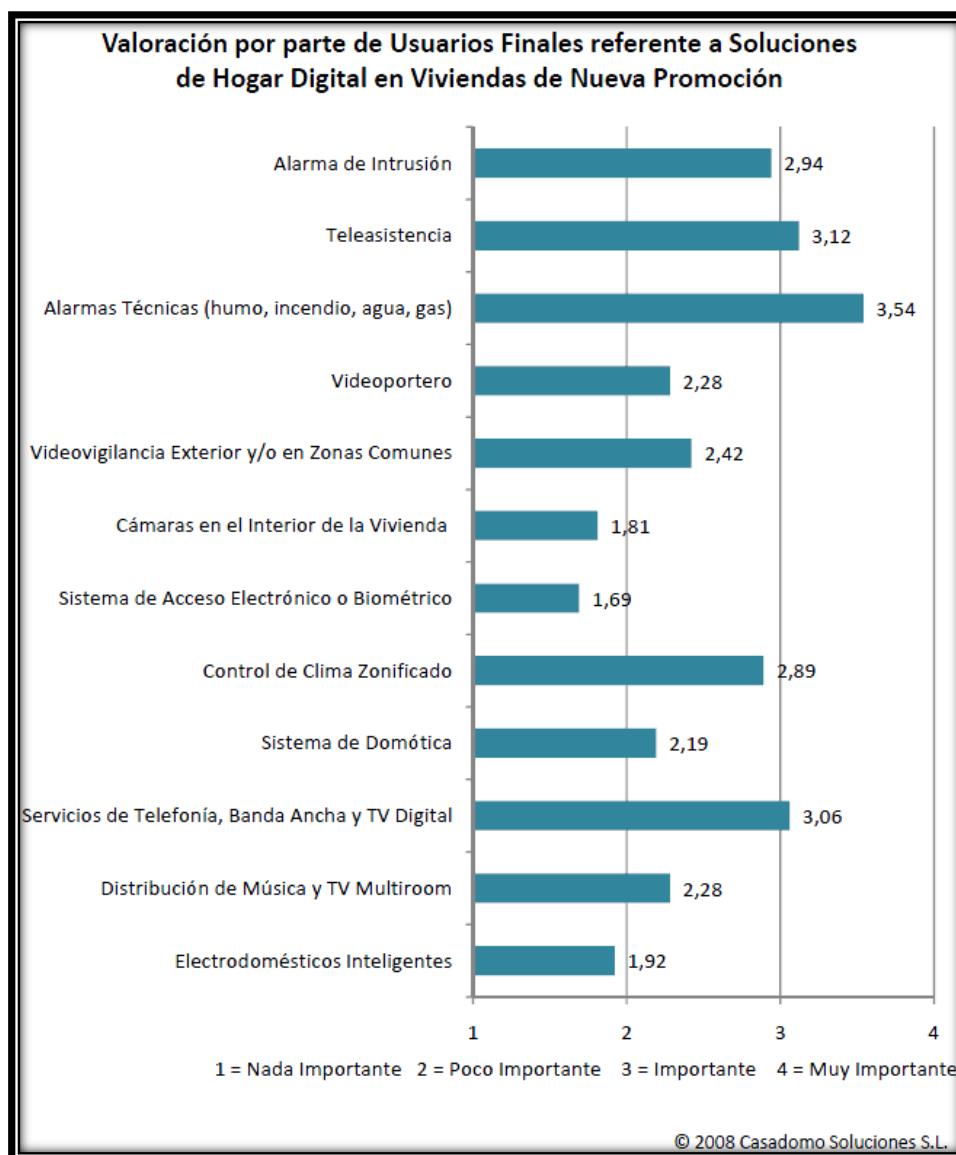
Ilustración 122: Valoración por parte de usuarios finales referente a Soluciones de Construcción Sostenible en Viviendas de Nueva Promoción.



(MINT - Casadomo, 2007)

En los resultados referentes a la Construcción Sostenible destaca, por un lado, la homogeneidad en la alta valoración recibida sobre las distintas soluciones y por otro, el hecho de que 5 de 6 soluciones han sido valoradas entre “Importante” y “Muy Importante”. También es notable que las dos soluciones más valoradas (“Elementos de Ahorro y Bajo consumo Energético” y “Sistemas de calefacción y aire acondicionado que utilicen Energías Renovables”) sean soluciones relacionadas directamente con el tema Energético. (MINT - Casadomo, 2008)

Ilustración 123: Valoración por parte de Usuarios Finales referente a Soluciones de Hogar Digital en Viviendas de Nueva Promoción.



(MINT - Casadomo, 2007)

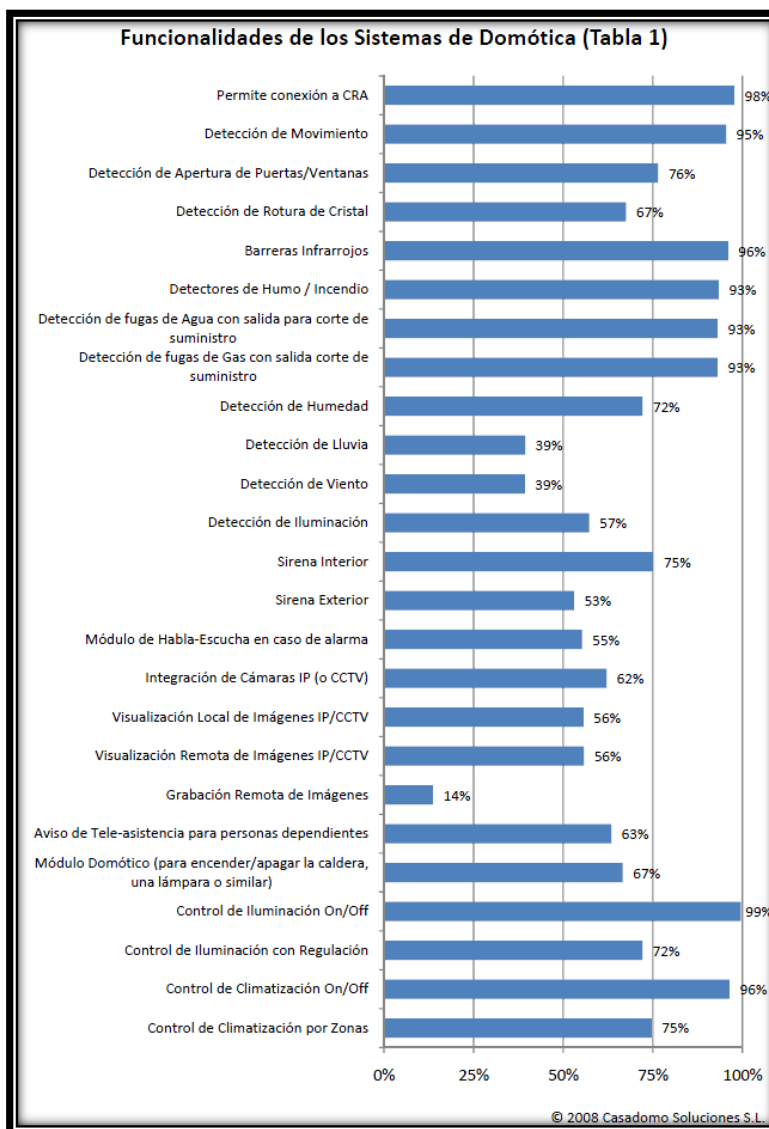
Los resultados referentes al Hogar Digital presentan una gran diversidad. Destaca la alta valoración de las “Alarmas Técnicas (humo, incendio, agua, gas)” y la menor valoración de “Sistemas

de Acceso Electrónico o Biométrico”, “Cámaras en el Interior de la Vivienda” y “Electrodomésticos Inteligentes”. (MINT - Casadomo, 2008)

- **Funcionalidades de los Sistemas de Domótica.**

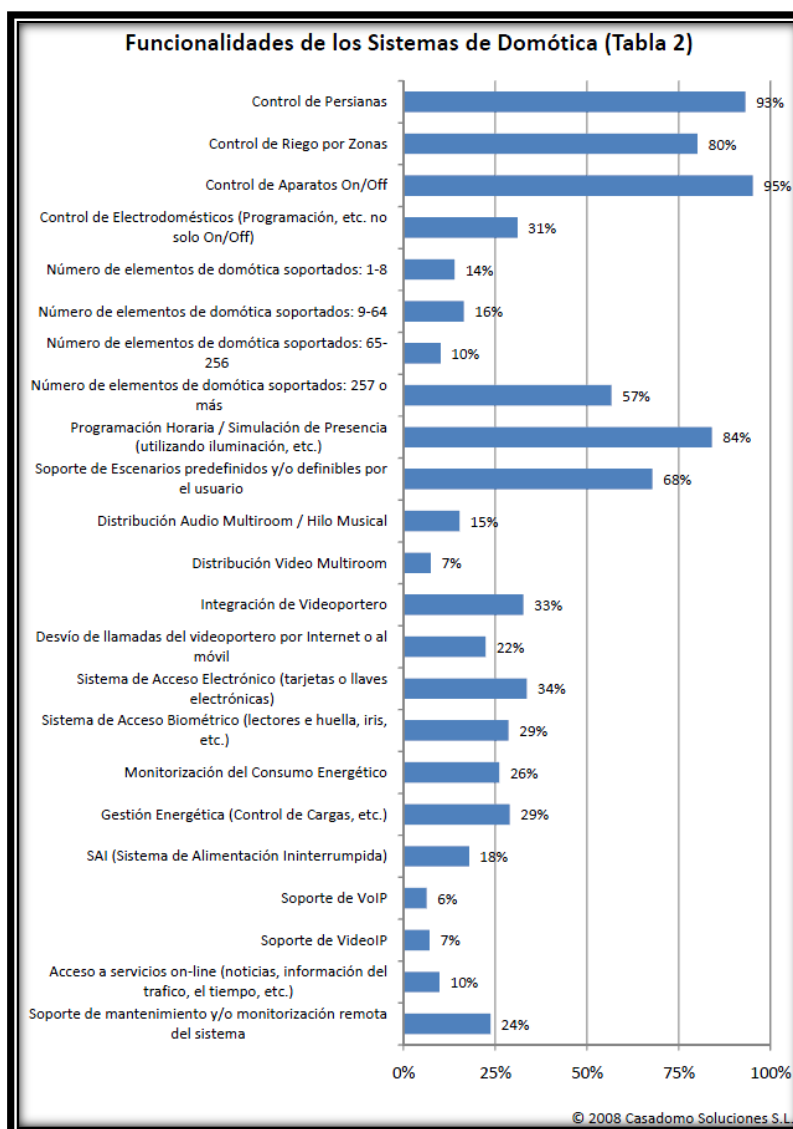
Los dos gráficos siguientes muestran las diferentes Funcionalidades de los Sistemas de Domótica. Destaca la gran variedad de funcionalidades que integran los Sistemas de Domótica.

Ilustración 124: Funcionalidades de los Sistemas de Domótica instalados en Viviendas de Nueva Promoción en 2007.



(MINT - Casadomo, 2007)

Ilustración 125: Funcionalidades de los Sistemas de Domótica instalados en Viviendas de Nueva Promoción en 2007.

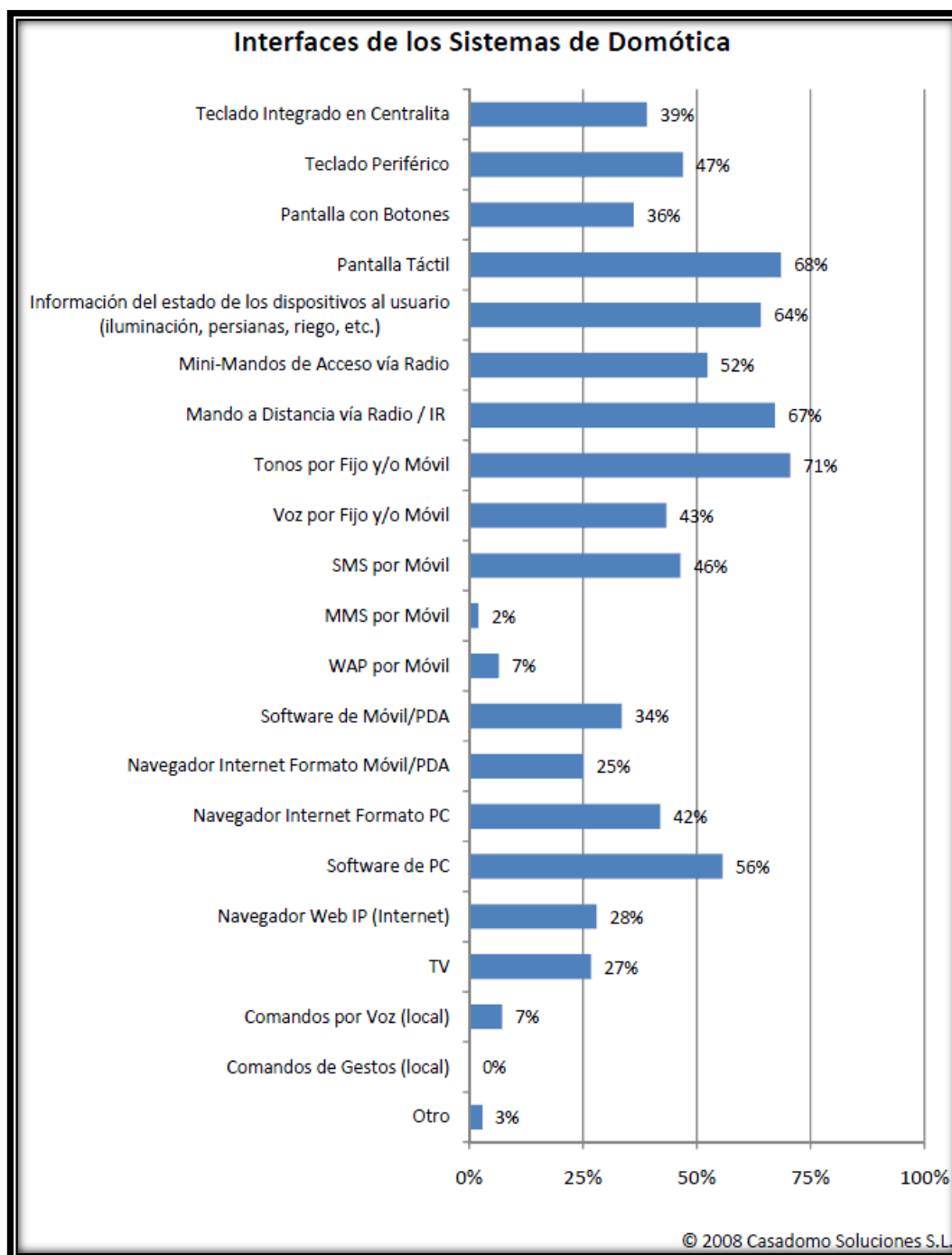


(MINT - Casadomo, 2007)

- **Interfaces de los Sistemas de Domótica.**

El gráfico enumera los interfaces de los Sistemas de Domótica. Es notable el elevado número y la gran variedad de Interfaces que ofrecen los Sistemas de Domótica. (MINT - Casadomo, 2008)

Ilustración 126: Interfaces de los Sistemas de Domótica.

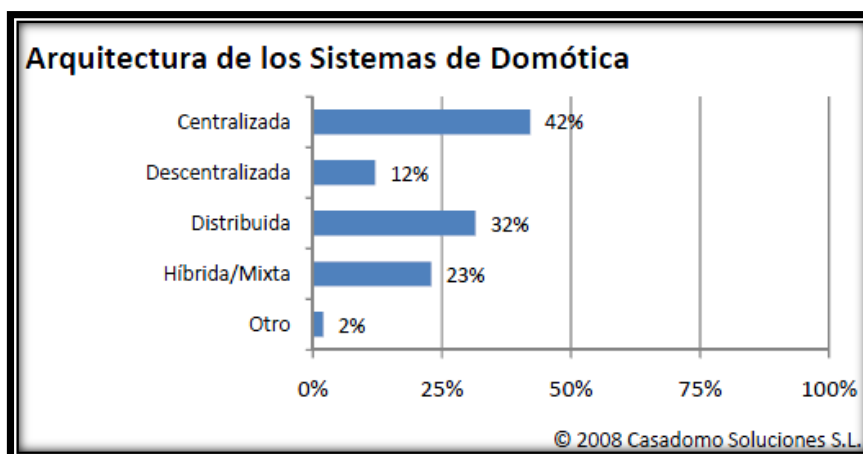


(MINT - Casadomo, 2007)

- **Arquitectura de los Sistemas de Domótica.**

El siguiente gráfico presenta la Arquitectura de los Sistemas de Domótica. (MINT - Casadomo, 2008)

Ilustración 127: Arquitectura de los Sistemas de Domótica.

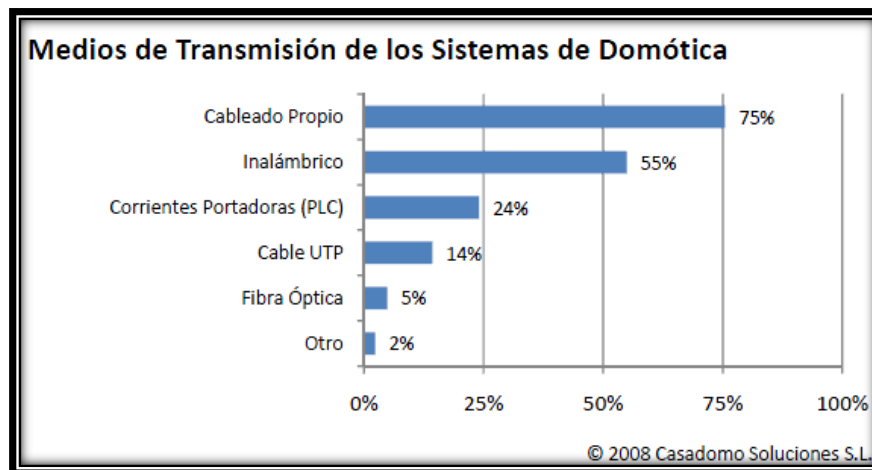


(MINT - Casadomo, 2007)

- **Medios de Transmisión de los Sistemas de Domótica.**

El gráfico de los Medios de Transmisión de los Sistemas de Domótica. Deja ver la clara dominancia del cableado propio y la alta representación del Inalámbrico como Medio de Transmisión para los Sistemas de Domótica. (MINT - Casadomo, 2008)

Ilustración 128: Medios de Transmisión de los Sistemas de Domótica.

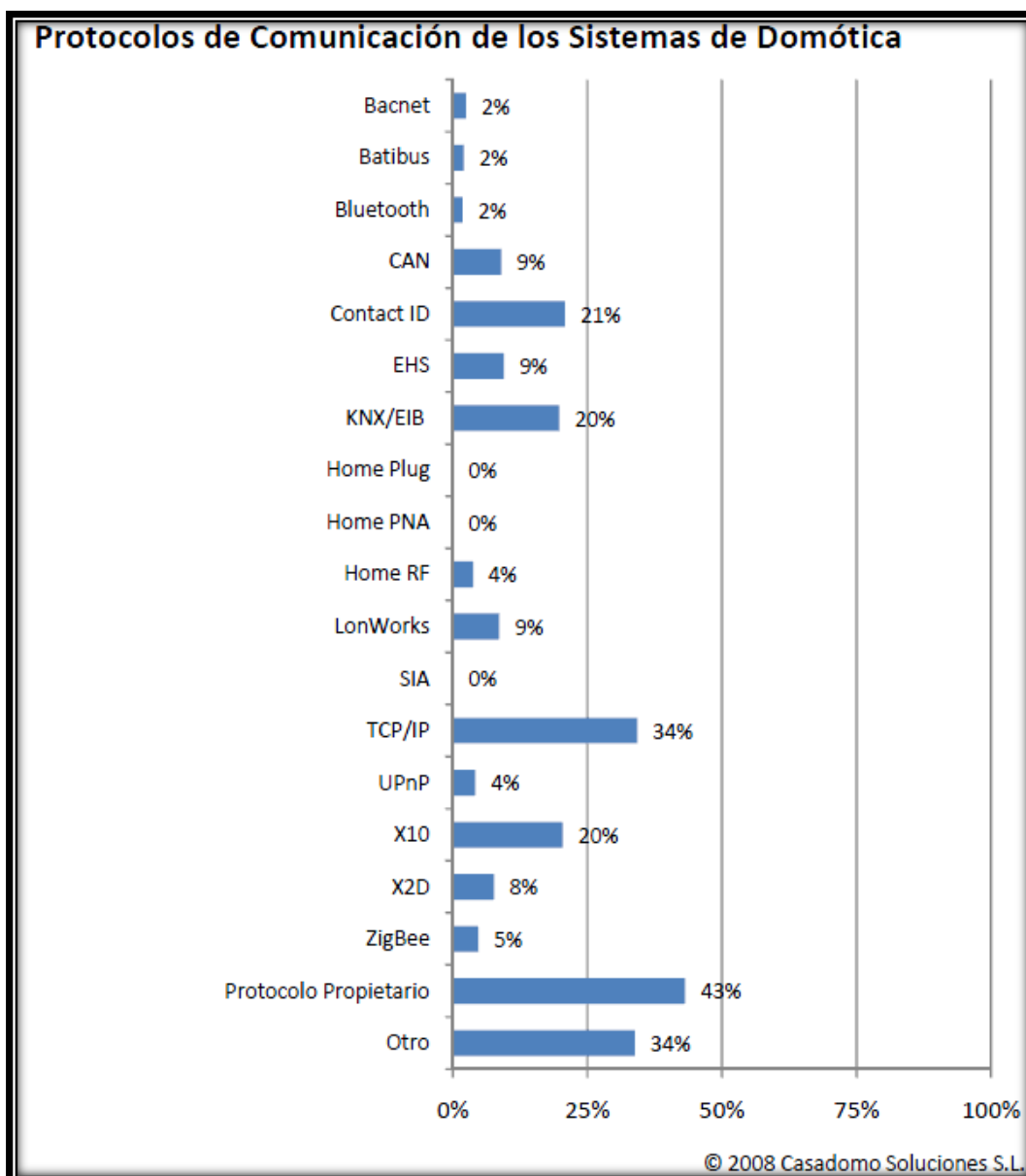


(MINT - Casadomo, 2007)

- **Protocolos de comunicación de los Sistemas de Domótica.**

El siguiente gráfico muestra los Protocolos de Comunicación de los Sistemas de Domótica donde domina el uso de Protocolos Proprietarios aunque tienen gran representación también los protocolos abiertos de tipo TCP/IP, CONTACT ID, KNX/EIB, X10.

Ilustración 129: Protocolos de comunicación de los Sistemas de Domótica.

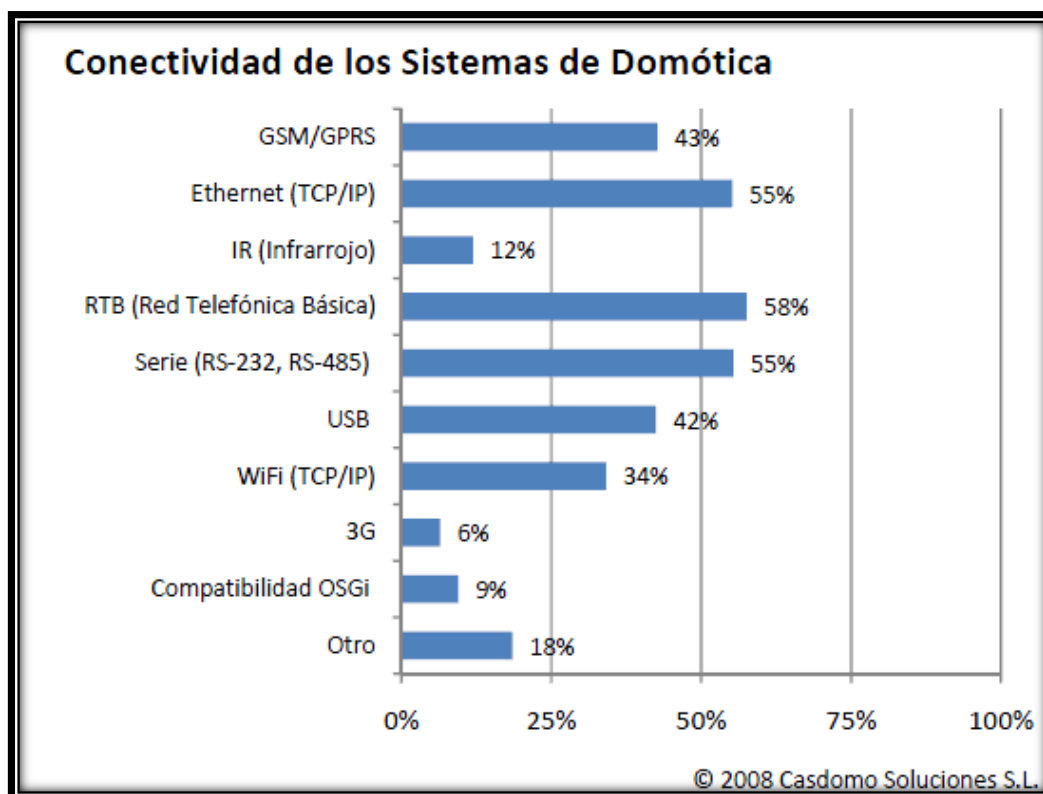


(MINT - Casadomo, 2007)

- **Conectividad de los Sistemas de Domótica.**

A continuación, se muestra el gráfico de la Conectividad de los Sistemas de Domótica. Los sistemas presentan amplias posibilidades de conectividad a través de múltiples tecnologías.

Ilustración 130: Conectividad de los Sistemas de Domótica.



(MINT - Casadomo, 2007)

- **Conclusiones del estudio.**

Para facilitar la identificación de las cuestiones más relevantes del presente estudio, se presenta a continuación las conclusiones más destacadas, agrupadas en temas con la misma estructura que el resto del estudio.

Respeto a la valoración por el Usuario Final referente a Soluciones de Construcción Sostenible:

- Los Usuarios Finales valoran de forma muy alta las soluciones de Construcción Sostenible (ahorro energético, diseño bioclimático, ahorro de agua, materiales ecológicos y recogida de residuos) en la compra de viviendas de nueva promoción.

- Las soluciones de Construcción Sostenible que son más relevantes para el Usuario Final en la compra de una vivienda de nueva promoción son las que están relacionadas con el Ahorro Energético y el uso de Energías Renovables.

En cuanto a la valoración por el Usuario Final referente a Soluciones de Hogar Digital:

- Las Alarmas Técnicas (humo, incendio, agua, gas) son las soluciones de Hogar Digital más valoradas por los Usuarios Finales en el momento de la compra de viviendas de nueva promoción.

- Disponer de Telefonía, Banda Ancha y TV Digital en la compra de una vivienda de nueva promoción es considerado como Importante para el Usuario Final.

Referente a los Sistemas de Domótica en viviendas de nueva promoción:




- Los Sistemas de Domótica en viviendas de nueva promoción presentan una gran variedad de funcionalidades e interfaces.

- El Cableado Propio es el Medio de Transmisión más común para los Sistemas de Domótica en viviendas de nueva promoción, aunque también tiene una alta representación los sistemas Inalámbricos.

- Los Protocolos Propietarios son dominantes entre los Sistemas de Domótica en viviendas de nueva promoción, pero también tienen una alta representación de los protocolos TCP/IP, CONTACT ID, KNX/EIB y X10.

9. Simbología de domótica

Tabla 55: Simbología de componentes básicos (Parte I).

Nombre del Producto	Abreviatura	Símbolo
Conector		
Filtro de bloqueo de banda (Band Stop)		
Acoplador de fase / repetidor (Phase coupler / repeater)		

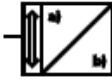
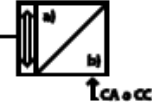
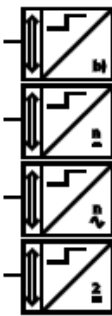




(CIEC, 2011)

Tabla 56: Simbología de componentes básicos (Parte II).

Nombre del Producto	Abreviatura	Símbolo
Unidad de acoplamiento al bus	UAB (BCU)	
Bobina o filtro (Choke)	BO (CH)	
Fuente de alimentación	FA (PSU)	
Fuente de alimentación con bobina	FABO (PSUTCH)	
Acoplador de Línea (Line coupler)	AL (LC)	
Acoplador de Área (Area coupler)	AA (AC)	
Repetidor	RE	
Interface de datos RS 232 (Data interface RS 232)	RS232 (V24)	
Interface Externo (Gateway) Por ejemplo: con RDSI (ISDN)	GAT	
Interface con autómatas (PLC interface)		
Interface con Bus de campo (Field bus interface)		
Interface DCF77 (señal horaria europea)		
Controladores de aplicaciones Elemento de control Elemento de escena Elemento lógico Elemento de enlace Control de perfil de tiempos		

(CIEC, 2011)

Tabla 57: Simbología de sensores (Parte I).

Nombre del producto	Abreviatura	Símbolo
Sensor genérico a) Campo para identificar el programa de aplicación b) Campo para introducir el número y naturaleza de los canales de entrada		
Sensor genérico • Con alimentación auxiliar		
Sensor binario (dos únicos estados) a) Entrada binaria Componente binario Terminal de entrada Interface de pulsadores b) Campo para introducir el número y naturaleza de los canales de entrada Por ejemplo para CC Por ejemplo para CA Por ejemplo dos entada AC		
Sensor binario / analógico Entrada binaria / analógica Componente binario / analógico		
Sensor analógico Entrada analógica Componente analógico		
Sensor táctil Pulsador		
Sensor de regulación Pulsador de regulación (dimming)		


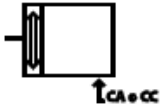

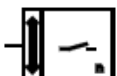
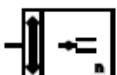




(CIEC, 2011)

Tabla 58: Simbología de sensores (Parte II).

Nombre del Producto	Abreviatura	Símbolo
Sensor táctil de control Pulsador para persianas		
Sensor para persianas Pulsador para persianas		
Transmisor IR (infrarrojo)		
Receptor IR		
Receptor de IR con pulsador de n teclas		
Decodificador IR		
Receptor / decodificador IR		
Sensor de luminosidad		
Detector de luminosidad Interruptor crepuscular Pulsador crepuscular		
Sensor de temperatura		
Detector de temperatura Interruptor de temperatura Termostato de habitación		
Sensor de movimiento PIR=Infrarrojo pasivo US=Ultrasonido		
Detector de movimiento / presencia		
Reloj Sensor de tiempo		


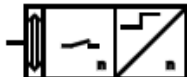


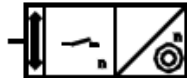
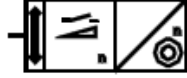
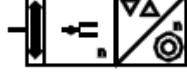
(CIEC, 2011)

Tabla 59: Simbología de actuadores.

Nombre del producto	Abreviatura	Símbolo
Actuador genérico		
Actuador con alimentación auxiliar		
Actuador genérico con retardos programables		
Actuador de conmutación Componente de conmutación Salida binaria Componente binario Extremo de salida (carga...)		
Actuador de persianas Conmutador de persianas		
Actuador de regulación Actuador de conmutación / regulación		
Panel de visualización (display) Unidad de visualización Terminal de visualización Display de información		
Actuador analógico Salida analógica Componente analógico Regulador Unidad de control		
Interruptor por pulsos por ejemplo para calefacción eléctrica o válvula de calefacción. *) Función. Salida conmutada ON/OFF (0-100%); por ejemplo, si se programa un valor analógico de un 60%, la salida estará a ON un 60% del tiempo y a OFF el 40%		

(CIEC, 2011)

Tabla 60: Simbología de componentes combinados.

Nombre del producto	Abreviatura	Símbolo
Combinación de funciones de sensor en un componente Por ejemplo: Sensor de temperatura e interruptor horario		
Componente para conmutación Por ejemplo: Entrada y salida binaria		
Componente para conmutación Por ejemplo: Regulador dimmer y entrada binaria		
Módulo BCU con reloj temporizador e interruptor crepuscular (con sensor de luminosidad externo)		
Actuador de conmutación con receptor infrarrojo de n canales incorporados		
Actuador de regulación (dimming) con pulsador de n teclas incorporado		
Actuador de persianas (dimming) con pulsador de n teclas incorporado		

(CIEC, 2011)

E. Análisis financiero.

1. **Planteamiento de escenarios.** Para el análisis financiero se propone un escenario donde se evalúa el consumo energético de algunos electrodomésticos y la iluminación para un inmueble sencillo.

El escenario se analiza basándose en el horario de las horas del día. Para la propuesta con domótica se hacen ajustes según el criterio desarrollado, para simular un escenario optimista en base a la información de los estudios que se presentan anteriormente.

2. **Consideraciones del escenario.** Se utilizaron las siguientes especificaciones para los electrodomésticos y distintos tipos de iluminación. La potencia está dada en Watt por hora y se obtuvo de las especificaciones técnicas que cada electrodoméstico contiene en una calcomanía adherida. Ésta calcomanía forma parte de un estándar que todo electrodoméstico debe tener a nivel mundial.

Tabla 61: Especificaciones de iluminación.

ILUMINACIÓN	POTENCIA (W/h)
ILUMINACIÓN TIPO "A"	75
ILUMINACIÓN TIPO "B"	40

Tabla 62: Especificaciones de equipos.

EQUIPOS		POTENCIA (W/h)
A	Refrigerador	350
B	TV 1	100
C	TV 2	75
D	Computador	125
E	Microondas	850
F	Plancha	800
G	Lavadora	800
H	Secador de pelo	1000
I	Ventilador	100
J	Cocina	500
K	Aspiradora	1200
L	Aire acondicionado	3000

Adicionalmente, se realizaron otras consideraciones con el fin de hacer más preciso el análisis financiero y ajustarlo a un cálculo anual, para luego poder realizar los análisis de Valor Presente Neto y análisis de sensibilidad con la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) variable. (Tarquin & Blank, 2006)

Tabla 63: Cálculo de días promedio al mes.

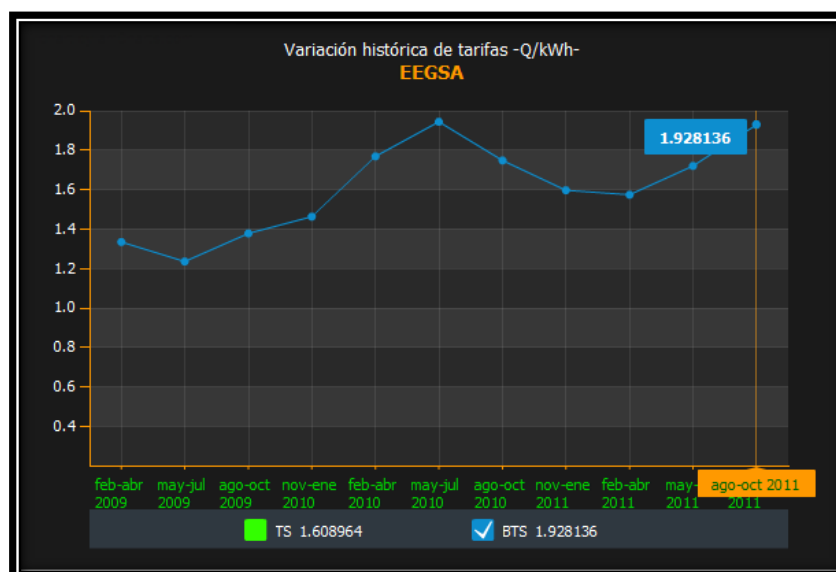
Días al año	365
Meses al año	12
Promedio días al mes	30.42

Tabla 64: Historial de tarifas trimestrales 2009 - 2011 EEGSA.

TRIMESTRE	AÑO		
	2009	2010	2011
Febrero - Abril	1.3353	1.7693	1.5741
Mayo - Julio	1.235	1.9437	1.7205
Agosto - Octubre	1.3783	1.7482	1.9281
Noviembre - Enero (año siguiente)	1.4637	1.59978	

(CNEE - EEGSA, 2011)

Ilustración 131: Historial de tarifas trimestrales EEGSA.



(CNEE - EEGSA, 2011)

Con esta información y el criterio propio desarrollado en este trabajo, se plantearon dos escenarios para comparar un inmueble convencional sin domótica y otro con domótica. Los escenarios se realizaron en condiciones iguales.

Tabla 65: Consumo diario del inmueble convencional.

H.SOLAR	ILUMINACIÓN				TOTAL W/h	EQUIPOS												TOTAL Wh	Total Wh	
	Tipo A	Cant.	Tipo B	Cant.		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
00:00	75	0	40	0	0	350	100	0	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3575	3575	
01:00	75	0	40	0	0	350	100	0	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3575	3575	
02:00	75	0	40	0	0	350	0	0	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3475	3475	
03:00	75	0	40	0	0	350	0	0	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3475	3475	
04:00	75	0	40	0	0	350	0	0	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3475	3475	
05:00	75	0	40	1	40	350	0	0	125	0	0	0	0	0	0	0	0	475	515	515
06:00	75	4	40	1	340	350	0	0	125	0	0	0	0	100	0	0	0	575	915	915
07:00	75	4	40	2	380	350	50	0	62.5	85	0	0	100	100	125	0	0	872.5	1252.5	1252.5
08:00	75	0	40	2	80	350	0	0	0	0	0	0	0	100	0	125	0	575	655	655
09:00	75	0	40	0	0	350	0	75	0	0	0	0	0	100	0	125	0	650	650	650
10:00	75	0	40	0	0	350	0	75	0	0	0	533.33	0	100	0	125	0	1183.333333	1183.333333	1183.333333
11:00	75	0	40	0	0	350	0	75	0	0	0	0	0	100	0	125	0	650	650	650
12:00	75	0	40	0	0	350	0	75	0	0	0	0	0	100	0	0	0	525	525	525
13:00	75	0	40	0	0	350	0	75	0	0	0	0	0	100	0	0	0	525	525	525
14:00	75	0	40	0	0	350	0	75	0	0	0	0	0	100	0	0	0	525	525	525
15:00	75	0	40	0	0	350	0	75	0	0	0	0	0	100	0	0	0	525	525	525
16:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	300	0	0	100	0	0	0	750	750	750
17:00	75	3	40	1	265	350	50	0	62.5	0	0	0	0	0	0	0	0	462.5	727.5	727.5
18:00	75	4	40	2	380	350	100	0	125	0	0	0	0	0	0	0	0	575	955	955
19:00	75	4	40	2	380	350	0	75	250	0	0	0	0	0	500	0	0	1175	1555	1555
20:00	75	4	40	4	460	350	50	75	250	85	0	0	0	0	50	0	0	860	1320	1320
21:00	75	3	40	2	305	350	100	75	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3650	3955	
22:00	75	2	40	1	190	350	100	75	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3650	3840	
23:00	75	0	40	0	0	350	100	75	125	0	0	0	0	0	0	0	3000	3650	3650	

Tabla 66: Consumo diario del inmueble con domótica.

H.SOLAR	ILUMINACIÓN				TOTAL W/h	EQUIPOS												TOTAL Wh	Total Wh	
	Tipo A	Cant.	Tipo B	Cant.		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
00:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2250	2600	2600	
01:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2250	2600	2600	
02:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2250	2600	2600	
03:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2250	2600	2600	
04:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2250	2600	2600	
05:00	75	0	40	0.3	12	350	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	425	437	437
06:00	75	1.5	40	0.5	132.5	350	0	75	0	0	0	0	0	25	0	0	0	450	582.5	582.5
07:00	75	1.8	40	1	175	350	50	0	125	85	0	0	100	25	125	0	0	860	1035	1035
08:00	75	0	40	1	40	350	100	0	62.5	0	0	0	0	25	0	125	0	662.5	702.5	702.5
09:00	75	0	40	0	0	350	100	0	0	0	0	0	0	25	0	125	0	600	600	600
10:00	75	0	40	0	0	350	0	0	125	0	0	533	0	25	0	125	0	1158.333333	1158.333333	1158.333333
11:00	75	0	40	0	0	350	0	0	125	0	0	0	0	25	0	125	0	625	625	625
12:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	375	375	375
13:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	375	375	375
14:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	375	375	375
15:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	375	375	375
16:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	300	0	0	25	0	0	0	675	675	675
17:00	75	1.5	40	0.3	124.5	350	0	75	125	0	0	0	0	0	0	0	0	550	674.5	674.5
18:00	75	1.5	40	1	152.5	350	0	75	125	0	0	0	0	0	0	0	0	550	702.5	702.5
19:00	75	1.8	40	1	175	350	0	0	250	0	0	0	0	0	500	0	0	1100	1275	1275
20:00	75	1.8	40	2	215	350	0	75	250	85	0	0	0	0	50	0	0	810	1025	1025
21:00	75	1.5	40	1	152.5	350	100	75	125	0	0	0	0	0	0	0	2250	2900	3052.5	
22:00	75	1	40	0.3	87	350	100	0	125	0	0	0	0	0	0	0	2250	2825	2912	
23:00	75	0	40	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2250	2600	2600	

Como se logra apreciar en la Tabla 4 del escenario con domótica, existen números que varían respecto al escenario convencional y esto es debido a que con el sistema de domótica se logra gestionar de manera más eficiente el consumo energético.

Los consumos que varían surgen a partir de la información de los estudios que se describen anteriormente y se toma en consideración el estudio mensual del ángulo solar de la Ciudad de Guatemala proporcionado por la empresa “Arquitectos P & M”. (Pieratinni, 2011)

Tabla 67: Estudio mensual del ángulo solar de la Ciudad de Guatemala.

HORA	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az	Alt solar	az
1	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
2	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
3	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
4	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
5	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
6	0.0	-	0.0	-	0.0	-	2.3	80.9	4.4	71.9	5.5	67.4	5.2	68.8	3.6	75.5	1.1	85.7	0.0	-	0.0	-	0.0	-
7	8.4	114.7	10.8	107.0	14.0	95.9	16.7	84.3	18.4	74.7	19.0	69.9	18.8	71.3	17.8	78.5	15.6	89.2	12.7	100.8	9.7	110.6	7.8	116.5
8	21.3	120.1	24.5	112.2	28.4	100.4	31.2	87.4	32.5	76.6	32.8	71.2	32.7	72.8	32.1	81.0	30.2	93.0	26.8	105.6	23.1	116.0	20.5	121.9
9	33.4	128.0	37.6	119.8	42.5	106.5	45.8	90.9	46.7	77.6	46.5	70.9	46.6	72.9	46.5	82.9	44.7	97.7	40.6	112.5	35.7	123.7	32.3	129.8
10	43.9	139.7	49.5	131.5	56.1	116.3	60.3	95.7	60.9	76.8	60.2	67.6	60.5	70.3	61.0	84.4	58.9	105.0	53.5	123.5	47.0	135.6	43.5	141.5
11	51.6	157.2	58.7	151.0	68.0	136.4	74.6	105.9	74.9	70.3	73.1	54.8	73.7	59.1	75.4	84.5	72.4	121.4	64.1	143.9	55.4	154.2	49.9	158.3
11:59	54.1	170.2	61.8	167.3	72.7	156.0	82.4	127.0	82.5	51.2	79.1	31.4	80.2	35.9	84.0	80.3	78.7	147.0	68.0	168.5	58.2	168.8	52.2	170.8
13	51.6	157.2	58.7	151.0	68.0	136.4	74.6	105.9	74.9	70.3	73.1	54.8	73.7	59.1	75.4	84.5	72.4	121.4	64.1	143.9	55.4	154.2	49.9	158.3
14	43.9	139.7	49.5	131.5	56.1	116.3	60.3	95.7	60.9	76.8	60.2	67.6	60.5	70.3	61.0	84.4	58.9	105.0	53.5	123.5	47.0	135.6	43.5	141.5
15	33.4	128.0	37.6	119.8	42.5	106.5	45.8	90.9	46.7	77.6	46.5	70.9	46.6	72.9	46.5	82.9	44.7	97.7	40.6	112.5	35.7	123.7	32.3	129.8
16	21.3	120.1	24.5	112.2	28.4	100.4	31.2	87.4	32.5	76.6	32.8	71.2	32.7	72.8	32.1	81.0	30.2	93.0	26.8	105.6	23.1	116.0	20.5	121.9
17	8.4	114.7	10.8	107.0	14.0	95.9	16.7	84.3	18.4	74.7	19.0	69.9	18.8	71.3	17.8	78.5	15.6	89.2	12.7	100.8	9.7	110.6	7.8	116.5
18	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
19	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
20	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
21	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
22	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
23	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-

Basándonos en el estudio de ángulo solar de la Ciudad de Guatemala, podemos ver cuantas horas de luz solar al día podemos aprovechar como fuente natural de iluminación, lo que nos implicaría un ahorro económico que se refleja en la Tabla 4. El rango de horas donde no se utiliza luz

es desde las 08:00hrs a las 17:00hrs que es un rango común de luz durante todo el año ya que en algunos meses se logra apreciar que amanece más temprano y en algunos meses atardece mas tarde.

3. Descripción de costos. Toda la iluminación y electrodomésticos representan inversión ya que para gestionar el uso de éstos, se requiere de equipo de domótica así como también servicios adicionales como se detalla a continuación:

Tabla 68: Tasa de cambio.

Tipo de Cambio de Referencia vigente para el Domingo 23 de Octubre, 2011
7.80420

(Banguat, 2011)

Tabla 69: Costo de equipos.

EQUIPO	USD	QUETZ ALES
Interruptores no regulados	\$ 42.00	Q 327.78
Interruptores regulados	\$ 48.00	Q 374.60
Toma corrientes	\$ 42.00	Q 327.78
Sensores de luz	\$ 30.00	Q 234.13
Sensores de presencia IR	\$ 15.00	Q 117.06
Unidad central VERA	\$ 250.00	Q 1,951.05
Sensor de temperatura	\$ 50.00	Q 390.21
Tablet o Smartphone	\$ 500.00	Q 3,902.10

El costo de los equipos se obtiene de la cotización ofertada por la empresa GRUPO PROYECT de Guatemala adjunta en el apéndice.

Tabla 70: Costo de servicios.

Costo mensual de internet	\$ 20.00	Q 156.08
----------------------------------	----------	----------

El costo mensual del servicio de internet es indispensable para el funcionamiento del sistema que se cotizó. Es el paquete básico que ofrece el internet de Claro en Guatemala.

Tabla 71: Costos de equipo para el escenario con domótica.

ILUMINACIÓN		CANTIDAD	EQUIPO DE DOMÓTICA	COSTO
ILUMUNACIÓN TIPO "A"		10	Interruptores regulados	Q 3,746.02
		10	Sensores de Luz	Q 2,341.26
ILUMUNACIÓN TIPO "B"		8	Interruptores no regulados	Q 2,622.21
		8	Sensores de presencia IR	Q 936.50
EQUIPOS		CANTIDAD	EQUIPO DE DOMÓTICA	COSTO
	Refrigerador	1	Toma corrientes	Q 327.78
	TV 1	1	Toma corrientes	Q 327.78
	TV 2	1	Toma corrientes	Q 327.78
	Computador	2	Toma corrientes	Q 655.55
	Microondas	1	Toma corrientes	Q 327.78
	Plancha	1	Toma corrientes	Q 327.78
	Lavadora	1	Toma corrientes	Q 327.78
	Secador de Pelo	1	Toma corrientes	Q 327.78
	Ventilador	5	Sensores de presencia IR	Q 1,638.88
		5	Toma corrientes	Q 1,638.88
	Cocina	3	Toma corrientes	Q 983.33
	Aspiradora	1	Toma corrientes	Q 327.78
	Aire acondicionado	1	Toma corrientes	Q 327.78
		1	Sensor de temperatura	Q 390.21
	Varios	1	Unidad central VERA	Q 1,951.05
		1	Tablet o Smatphone	Q 3,902.10
			TOTAL	Q 23,755.98

4. Resultados y discusión.

Tabla 72: Resumen de consumo anual del escenario convencional.

Wh diarios	42248.33
Wh mensual	1285053.47
KWh mensual	1285.05
KWh anual	15420.64
Costo mensual	Q 2,477.76
Costo anual	Q 29,733.09

Tabla 73: Resumen de consumo anual del escenario con domótica.

Wh Diarios	32556.83
Wh Mensual	990270.35
KWh Mensual	990.27
KWh Anual	11883.24
Costo mensual	Q 1,909.38
Costo anual	Q 22,912.51

Tabla 74: Diferencia de consumo anual del escenario convencional vs con domótica.

Ahorro Wh Diarios	9691.50
Ahorro Wh Mensual	294783.13
Ahorro KWh Mensual	294.78
Ahorro KWh Anual	3537.40
Ahorro mensual	Q 568.38
Ahorro anual	Q 6,820.58

Con la Tabla 72 se logra apreciar que en efecto existe una reducción en el consumo de Energía Eléctrica diario, por lo que existe una diferencia mensual y anual. Con esta información se realizó un análisis para calcular si se logra recuperar la inversión que se realiza al instalar equipos de domótica en el escenario propuesto. Los ahorros se obtienen a partir de una gestión eficiente de la iluminación y electrodomésticos que no son indispensables y se pueden regular.

Tabla 75: Datos para análisis VPN o VNA.

Inflación	0%
TMAR	5%
Con Domótica	Q23,755.98
Operación anual	Q1,873.01
Convencional	Q0.00
Operación anual	Q0.00
Costo anual convencional	Q29,733.09
Ahorro de un año por gestión eléctrica	Q6,820.58
Costo anual con domótica	Q22,912.51

Se utilizó una TMAR del 5% que es lo que se utiliza en el área de domótica para la evaluación del rendimiento ya que es el costo de oportunidad de ahorrar en una cuenta bancaria en Guatemala. Las tasas de interés a plazo fijo pagan en promedio un 5%.

No se está considerando la inflación del precio de la Energía Eléctrica debido a que existen variables que influyen en el precio de la Energía Eléctrica, tales como el costo del petróleo y depende de la estación del año ya que en las épocas lluviosas las hidroeléctricas bajan sus precios.

Tabla 76: Análisis VPN escenario convencional.

Año	Inversion	Mantenimiento	Costo electrico	Ahorro Economico Anual	Costo Anual	Costo Anual con inflación	Flujo de Caja	VPN	VPN
0	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -		Q -
1	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (28,317.23)
2	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (55,286.03)
3	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (80,970.59)
4	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (105,432.08)
5	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (128,728.74)
6	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (150,916.03)
7	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (172,046.79)
8	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (192,171.31)
9	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)		Q (211,337.53)
10	Q -	Q -	Q 29,733.09	Q -	Q 29,733.09	Q 29,733.09	Q (29,733.09)	Q (229,591.07)	Q (229,591.07)

Tabla 77: Análisis VPN escenario con domótica

Año	Inversion	Mantenimiento	Costo electrico	Ahorro Economico Anual	Costo Anual	Costo Anual con inflación	Flujo de Caja	VPN	VPN
0	Q 23,755.98	Q -	Q -		Q 23,755.98	Q 23,755.98	Q (23,755.98)		Q (23,755.98)
1	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (47,361.24)
2	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (69,842.44)
3	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (91,253.10)
4	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (111,644.21)
5	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (131,064.31)
6	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (149,559.65)
7	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (167,174.25)
8	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (183,950.07)
9	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)		Q (199,927.03)
10	Q -	Q 1,873.01	Q 22,912.51	Q 6,820.58	Q 24,785.52	Q 24,785.52	Q (24,785.52)	Q (215,143.19)	Q (215,143.19)

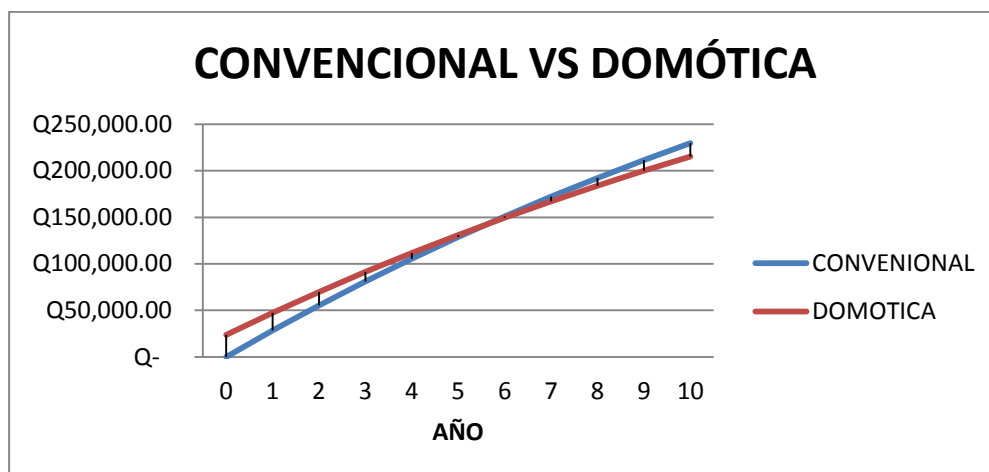
A simple vista se logra apreciar con el análisis de Valor Presente Neto, a diez años, que es más rentable el escenario con domótica. Es notable que ambos representen un VPN negativo, pero en este caso es más conveniente el que es menos negativo, ósea el escenario con domótica.

El resultado obtenido era predecible ya que es notable que existe un ahorro económico anual total de Q6820.58, a eso se le descuenta el costo anual de operación, que en este caso sería el internet por año Q1873.01 y tenemos que anualmente en total se ahorra Q4947.57. Por lo que recuperar la inversión total de domótica, de Q23755.58 y considerando el TMAR del 5% se da antes de los diez años.

Con este análisis se demuestra que en un plazo de diez años, es más conveniente implementar domótica ya que estos se logran gestionar más eficientemente los recursos. Por otro lado hay beneficios implícitos que no se reflejan en este estudio cuantitativamente:

- Se prolonga la vida útil de los equipos: Lámparas/bombillas y electrodomésticos.
- Se reduce el impacto ambiental.
- Control y confort.

Ilustración 132: Gráfica convencional vs Domótica.



En la gráfica de la ilustración 132, se logra apreciar el comportamiento de los dos escenarios en el tiempo. Se puede observar que se interceptan entre el año cinco y seis, lo que en este caso representa el punto de recuperación de inversión. A partir de ese punto el diferencial que se logra apreciar son ahorros que se dan para el futuro.

Tabla 78: VPN Convencional vs domótica.

AÑO	CONVENIONAL	DOMÓTICA
0	Q -	Q 23,755.98
1	Q 28,317.23	Q 47,361.24
2	Q 55,286.03	Q 69,842.44
3	Q 80,970.59	Q 91,253.10
4	Q 105,432.08	Q 111,644.21
5	Q 128,728.74	Q 131,064.31
6	Q 150,916.03	Q 149,559.65
7	Q 172,046.79	Q 167,174.25
8	Q 192,171.31	Q 183,950.07
9	Q 211,337.53	Q 199,927.03
10	Q 229,591.07	Q 215,143.19

Con los datos de la tabla 76 y la gráfica de la ilustración 132 se logra evaluar que el costo de la inversión se recupera entre el año cinco y el año seis. Considerando que la vida útil de un inmueble

es inferior a los 20 años, sin remodelar, la implementación de domótica se puede considerar viable. Se puede apreciar que a partir del año 6 el VPN para el escenario con domótica es inferior lo que implica que a partir de ese año, los ahorros económicos anuales dejan de ser parte de la recuperación de inversión.

El análisis del sistema se realizó con el equipo básico que cotizó la empresa Grupo PROYECT en Guatemala y estos precios ya incluyen IVA e instalación. Un sistema más completo o avanzado puede que se pague hasta después de los diez años ya que la inversión en otros sistemas es considerablemente mayor por los equipos y la unidad central que usualmente se utiliza en cuanto a domótica.

Tabla 79: Análisis de flujo incremental entre ambos escenarios y TIR.

Año	Flujo incremental	IR
0	Q(23755.98)	
1	Q4947.58	
2	Q4947.58	
3	Q4947.58	
4	Q4947.58	
5	Q4947.58	
6	Q4947.58	
7	Q4947.58	
8	Q4947.58	
9	Q4947.58	
10	Q4947.58	6.18%

La Tasa Interna de Retorno obtenida del 16.18% anual es buena, ya que es bastante más alta que el costo de oportunidad del capital de la mayoría de los ahorrantes, es decir la TMAR. La inversión se paga entre los años cinco y seis, como lo demuestran los flujos y la inversión no es tan grande como para que limitar a muchas personas a su acceso. Consideró que los desarrolladores de proyectos deben considerar la domótica como una herramienta de ahorro y como argumento de venta, ya que los inversionistas tendrán ahorros en el consumo de energía desde el inicio de uso de sus inmuebles.

En este caso se recupera la inversión y se da un ahorro a futuro. Se tiene un nivel 1 de domotización según la Guía de evaluación para el nivel de Domotización de CIEC.

Según las encuestas realizadas por Casadomo indican que los usuarios finales de la domótica se interesan más por gestionar la calefacción y acondicionamiento de aire con energías renovables y principalmente se enfocan en comprar elementos de ahorro y bajo consumo energético. Es por eso

que la domótica se vuelve indispensable para gestionar estos elementos y ayuda a reducir los consumos.

También indican que los usuarios finales de la domótica se interesan más en las funcionalidades como Control de Aparatos On/Off, programación horaria, control de iluminación On/Off, control de climatización On/Off y es por eso que se focalizó este estudio en esas funcionalidades para plantear un escenario con Domótica donde se gestiona eficientemente esas funcionalidades.

Al mismo tiempo, las encuestas indican que la arquitectura de los sistemas de domótica más comunes es la centralizada. En el mercado la mayoría de sistemas ya cuentan con una unidad central como requerimiento indispensable puesto que se utiliza como medio de comunicación entre los elementos y la interfaz de usuario que ofrecen para el manejo de los inmuebles.

Por último, indican que la mayoría de sistemas utilizan como medio de transmisión un cableado propio o por medio inalámbrico. La tendencia de cableado propio puede ser porque en el pasado no se contaba con la tecnología inalámbrica y probablemente da una percepción de robustez un sistema con cableado propio. A pesar que esto implica mayores costos de instalación y probablemente de reparación/mantenimiento garantiza que no haya ruido o interferencia en la comunicación.

Los resultados de la encuesta pueden servir como una estadística y tendencia hacia donde puede orientarse el mercado en Guatemala a futuro ya que toda esta información es de España, un país bastante avanzado en el tema.

F. Guía de evaluación para el nivel de domótica

La presente guía fue realizada por el CIEC (Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba), en Argentina. En ésta guía se evalúa el nivel de domótica por las distintas áreas de aplicación con el fin de evaluar que tan completo es el equipo que se instaló en el inmueble. (CIEC, 2011)

Niveles de domótica:

- NIVEL 1 - Puntuación obtenida ≤ 100
- NIVEL 2 - $100 < \text{Puntuación obtenida} \leq 200$
- NIVEL 3 - $200 < \text{Puntuación obtenida} \leq 300$
- NIVEL 4 - $300 < \text{Puntuación obtenida} \leq 400$
- NIVEL 5 - $400 < \text{Puntuación obtenida}$

Lógicamente un sistema de domótica entre más completo sea, más costoso será. Un sistema de Nivel 5 probablemente nunca se llegue a recuperar la inversión, al menos no durante la vida útil de un inmueble, que se considera es de 20 años. (CIEC, 2011)

1. Ejemplo de aplicación. En el caso de haber obtenido por ejemplo 352 puntos al evaluar el proyecto con las tablas respectivas, se deberá anexar a la memoria descriptiva del proyecto una copia de las tablas (en donde figuren los puntos obtenidos) y a partir de allí el proyecto tendrá la siguiente valoración: (CIEC, 2011)

Proyecto de domótica NIVEL 4 - 352

a. Gestión energética

Tabla 80: Guía para evaluación de gestión energética. (CIEC, 2011)

Aplicaciones	Primera Subcategoría	Segunda Subcategoría	Aplicación específica en cuestión	Aplicación específica en cuestión	Puntos
Gestión Energética	Ahorro Energético	Ahorro eléctrico	Desconexión automatizada de circuitos eléctricos según ciertos	Control de tres circuitos o más	2
			Apertura/cierre automático de aberturas para aprovechar	Control de dos circuitos o menos	4
			Gestión de tarifa (Encendido de aparatos o circuitos enhorarios de tarifa reducida)	Control de cuatro aberturas o menos	2
			Monitorización de consumo eléctrico	Control de cinco aberturas o más	4
			Aviso de puertas o ventanas abiertas cuando esta encendida la calefacción	Control de dos circuitos o menos	2
		Ahorro de combustible	Regulación de la calefacción en función de la temperatura externa, hora del día, presencia de personas, etc.	Control de tres circuitos o más	4
			Monitorización de consumo de gas	Una sola monitorización general	2
			Grifos inteligentes	Monitorizaciones parciales por cada circuitos eléctricos	4
			Duchas inteligentes	Monitorización de cuatro aberturas o menos	2
			Corrector de factor de potencia	Monitorización de cinco aberturas o más	4
	Eficiencia eléctrica	Eficiencia eléctrica	Control de grupos generadores	Regulación teniendo en cuenta solo un parámetro	2
			Generación eléctrica con grupo generador	Regulación teniendo en cuenta mas de un parámetro	4
			Generación eléctrica solar	Una sola monitorización general	2
			Generación eléctrica eólica	Monitorizaciones parciales por cada circuitos de gas	4
			Sistema automático de reciclaje de agua	Dos grifos inteligentes o menos	2
	Eficiencia Energética	Eficiencia energética	Control de factor de potencia	Tres grifos inteligentes o mas	4
			Encendido/apagado de un solo grupo generador	Solo una ducha inteligente	2
			Encendido/apagado de varios grupos generadores a demanda	Mas de una ducha inteligente	4
			Corrector de factor de potencia fijo (ON/OFF)	Corrector de factor de potencia fijo (ON/OFF)	2
			Corrector de factor de potencia automático por pasos	Corrector de factor de potencia automático por pasos	4
Generación Energética	Generación energética	Generación eléctrica con grupo generador	Encendido/apagado de un solo grupo generador	2	
		Generación eléctrica solar	Encendido/apagado de varios grupos generadores a demanda	4	
		Generación eléctrica eólica	Cierta potencia del inmueble	2	
		Control de calentamiento de agua con energía solar	Abastecimiento total	4	
		Sistema automático de reciclaje de agua	Abastecimiento total	4	
			Cierta potencia del inmueble	2	
			Abastecimiento total	4	
			Hasta 1000 litros de agua por día	2	
			Mas de 1000 litros de agua por día	4	
			Hasta 1000 litros de agua por día	2	
			Mas de 1000 litros de agua por día	4	

b. Confort

Tabla 81: Guía para evaluación de confort. (CIEC, 2011)

Aplicaciones	Primera Subcategoría	Segunda Subcategoría	Aplicación específica en cuestión	Aplicación específica en cuestión	Puntos
Confort	Control de dispositivos	Control de luminosidad	Regulación lumínica ON/OFF en interiores por escenas	Algunos ambientes	1
			Regulación lumínica ON/OFF en exteriores mediante sensor	Todos los ambientes	2
			Regulación lumínica lineal en interiores	Algunos ambientes	1
			Regulación lumínica lineal en exteriores	Todos los ambientes	2
			Conexión/desconexión general de la iluminación	Algunos ambientes	1
				Todos los ambientes	2
		Control de clima	Control de refrigeración	Solo ambientes necesarios	1
			Control de calefacción	Control total o central de ambientes	2
			Control de humedad	Solo ambientes necesarios	1
			Riego automático por horario	Control total o central de ambientes	2
			Riego automático según humedad	Menos de 100m2 de superficie de riego	1
			Más de 100m2 de superficie de riego	2	
	Control multimedia ambiente	Control de audio ambiente	Más de 100m2 de superficie de riego	1	
		Control de video ambiente	Más de 100m2 de superficie de riego	2	
		Control de persianas	Control de audio ambiente	Solo una habitación	1
			Control de video ambiente	Más de una habitación	2
		Control de aberturas	Control de persianas	Solo una habitación	1
			Generación eléctrica solar	Más de una habitación	2
	Generación - programación de escenas	Generación eléctrica eólica	Algunas persianas	Algunos todos	1
			Todas las persianas	Todos los toldos	2
		Escenas luminosas	Algunas cortinas	Algunas cortinas	1
			Todas las cortinas	Todas las cortinas	2
		Escenas de clima	Hasta 2 escenas luminosas	Hasta 2 escenas luminosas	1
			Más de 2 escenas luminosas	Más de 2 escenas luminosas	2
	Escenas multimedia	Hasta 2 escenas luminosas	Hasta 2 escenas luminosas	1	
		Más de 2 escenas luminosas	Más de 2 escenas luminosas	2	
	Escenas con aberturas	Hasta dos escenas multimedia	Hasta dos escenas multimedia	1	
Más de dos escenas multimedia		Hasta dos escenas de aberturas	2		
Sistema de soporte a decisiones	DSS Pasivo	Escenas con aberturas	Hasta dos escenas de aberturas	1	
			Más de 2 escenas luminosas	2	
Sistema de soporte a decisiones	DSS Pasivo	Por ejemplo: software que indique según datos meteorológicos la mejor alternativa de vestimenta	Un solo DSS	1	
			Más de un DSS	2	

c. Seguridad

Tabla 82: Guía para evaluación de seguridad. (CIEC, 2011)

Aplicaciones	Primera Subcategoría	Segunda Subcategoría	Aplicación específica en cuestión	Aplicación específica en cuestión	Puntos
Seguridad	Sistema de prevención	Prevención de intrusión	Control de acceso por código o llave electrónica	Algunas puertas Todas las puertas	2 4
			Control de acceso por huella digital	Algunas puertas Todas las puertas	2 4
			Control de acceso por reconocimiento facial	Algunas puertas Todas las puertas	2 4
			Video portero	Video portero definición blanco y negro Video portero definición color	2 4
		Sistema de video vigilancia	Hasta 4 cámaras de video vigilancia Mas de 4 cámaras de video vigilancia	2 4	
		Detector predictivo de incendio	Un sensor Todos los necesarios	2 4	
		Mantenimiento de la alimentación en caso de fallo	Menos de 2hs de mantenimiento Mas de 2hs de mantenimiento	2 4	
		Válvula de corte de Gas	Solo una Mas de una	2 4	
		Válvula de corte de Agua	Solo una Mas de una	2 4	
		Sistema de luz de emergencia	Solo lugares necesarios Todos los ambientes	2 4	
	Sistema de aviso para resolución de problemas	Simulación de presencia	Sensores de viento o lluvia para el cierre de ventanas y	Solo sensor de viento Estación meteorológica completa	2 4
			Relacionada con la iluminación	Algunos ambientes Todos los ambientes	2 4
			Relacionada con la motorización de aberturas	Algunas aberturas Todas las aberturas	2 4
			Relacionada con encendido/apagado de circuitos o	Un electrodoméstico Mas de un electrodoméstico	2 4
			Alarma con conexión con central	Solo aviso Aviso con envío de información	2 4
			Alarma con conexión comunitaria	Solo aviso Aviso con envío de información	2 4
		Aviso de intrusión	Detector de movimiento	Ambientes necesarios Todos los ambientes	2 4
			Sirena interior	Solo una Mas de una	2 4
			Sirena exterior	Solo una Mas de una	2 4
			Detector de apertura en puertas y ventanas	Algunas puertas Todas las puertas	2 4
Otros avisos	Sensores de rotura de cristales	Algunos cristales Todos los cristales	2 4		
	Pulsadores para pedido de auxilio	Ambientes necesarios Todos los ambientes	2 4		
	Detector de inundación	Un sensor Todos los necesarios	2 4		
	Detector de fuga de gas	Un sensor Todos los necesarios	2 4		
Aviso de problemas técnicos	Detección de falla en suministro eléctrico	Solo detección de corte eléctrico Detección de corte y otros factores del suministro	2 4		
	Detector de incendio	Un sensor Todos los necesarios	2 4		
	Detector de dióxido de carbono	Un sensor Todos los necesarios	2 4		

d. Comunicación

Tabla 83: Guía para evaluación de comunicación. (CIEC, 2011)

Aplicaciones	Primera Subcategoría	Segunda Subcategoría	Aplicación específica en cuestión	Aplicación específica en cuestión	Puntos
Comunicación	Telegestión	Control a distancia	Controles remotos vía RF	Solo un control	1
			Más de un control	2	
			Controles remotos vía Infrarrojo	Solo un control	1
				Más de un control	2
			Control vía internet	Control parcial (algunas cosas)	1
				Control total	2
		Control vía línea telefónica	Control parcial (algunas cosas)	1	
			Control total	2	
		Control vía línea celular/SMS/MMS	Control parcial (algunas cosas)	1	
			Control total	2	
		Monitoreo a distancia	Monitoreo remoto vía RF	Monitoreo parcial (algunas cosas)	1
				Monitoreo total	2
			Monitoreo vía Infrarrojo	Monitoreo parcial (algunas cosas)	1
				Monitoreo total	2
	Monitoreo vía internet		Monitoreo parcial (algunas cosas)	1	
			Monitoreo total	2	
	Monitoreo vía línea telefónica		Monitoreo parcial (algunas cosas)	1	
			Monitoreo total	2	
	Monitoreo vía línea celular/SMS/MMS		Monitoreo parcial (algunas cosas)	1	
			Monitoreo total	2	
	Conectividad - Interactividad	Red LAN	Cableada 100Mb/s	Bocas de conexión en algunos ambientes	1
				Bocas de conexión en todos los ambientes	2
			Cableada 1Gb/s	Bocas de conexión en algunos ambientes	1
				Bocas de conexión en todos los ambientes	2
			Fibra óptica	Bocas de conexión en algunos ambientes	1
				Bocas de conexión en todos los ambientes	2
Red WiFi		IEEE 802.11 a	Cobertura parcial	1	
			Cobertura total	2	
		IEEE 802.11 b	Cobertura parcial	1	
			Cobertura total	2	
		IEEE 802.11 g	Cobertura parcial	1	
			Cobertura total	2	
IEEE 802.11 n	Cobertura parcial	1			
	Cobertura total	2			
Video conferencia	Sistema de video conferencia	Sistema de video conferencia a través de PC	1		
		Sistema de video conferencia dedicado	2		

e. Accesibilidad

Tabla 84: Guía para evaluación de accesibilidad. (CIEC, 2011)

Aplicaciones	Primera Subcategoría	Segunda Subcategoría	Aplicación específica en cuestión	Aplicación específica en cuestión	Puntos		
Accesibilidad	Deambulación	Movilidad	Sistema de movilidad vertical	Ascensores en algunos pisos	2		
			Ascensores en todos los pisos	4			
		Accesos automáticos	Sistema de movilidad horizontal	Algunos lugares accesibles por cintas transportadoras	Todos los lugares accesibles por cintas transportadoras	2	
				Hasta 2 puertas automáticas en ambientes comunes	Todos los ambientes comunes con puertas automáticas	4	
	Iluminación	Acción - ejecución	Sistema automático de encendido de luces por presencia en	Algunos ambientes	2		
			Acción por voz para ciegos	Todos los ambientes	4		
		Sistema de acción visual para sordomudos	Información por voz para ciegos	Más de una acción	Solo una acción	2	
				Solo una acción	Más de una acción	4	
	Información	Localización	Sistema de información visual para sordomudos	Información por voz general	Información por voz por sectores	2	
				Información visual general	Información visual por sectores	4	
		Comunicación	Comunicación	Sistema de comunicación visual para sordomudos	Comunicación por voz en un ambiente	Comunicación visual en varios ambientes	2
					Comunicación visual en un ambiente	Comunicación visual en varios ambientes	4

X. Sistemas de calentamiento de agua

A. Introducción

Este trabajo es la continuación de “Guía para la evaluación del impacto ambiental de construcciones”, donde se agrega el tema de la calefacción del agua y los diferentes sistemas que existen en el mercado guatemalteco para lograrlo de una manera eficiente y amigable con el ambiente.

Actualmente, Guatemala es el país con la mayor emisión de dióxido de carbono de Centro América. Gran parte de esta emisión proviene de la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles. Esto se debe al desconocimiento de la población de métodos, sistemas y normas de construcción verdes que tienen un impacto ambiental mínimo.

Para lograr mejorar esta situación debemos investigar y resaltar los beneficios monetarios de la utilización de métodos renovables de calentar el agua, iluminar espacios, reutilización de aguas grises, entre otras. Debemos demostrarles a los constructores, desarrolladores de proyecto y a las personas en general que al usar métodos de construcción verdes no solo se está cuidando a nuestro planeta sino que también significa un ahorro en los costos.

Se hará un breve estudio de la teoría detrás de los sistemas y cómo funcionan. Luego se hará un análisis financiero evaluando los costos de inversión, costos de operación, etc. al igual que el ahorro en energía. Se determinará en cuántos años se pagan cada uno de los sistemas y que sistema conviene más de acuerdo a escenarios específicos. Se presentaran los resultados de manera que sea rápido y fácil ver los beneficios, costos y ahorros de cada sistema.

Para este análisis financiero se utilizaron las herramientas de flujo efectivo para cada sistema en cada escenario, se realizó un análisis de flujo incremental entre las dos mejores opciones en cada escenario. Por último, se realizó un análisis de sensibilidad de la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento, por si una persona tiene una TMAR diferente a la TMAR utilizada en el trabajo, que fue del 5% por ser la tasa pasiva que ofrecen los bancos.

Con los resultados se podrá ver que los sistemas solares representan un menor costo en un largo plazo, ya que a pesar de su fuerte inversión inicial sus costos de operación son mínimos. Los sistemas de gas de paso son los segundos mejores en cuanto a costos a largo plazo, su inversión inicial es relativamente pequeña y los costos de operación son bajos. Los sistemas eléctricos de paso representan los costos de operación más altos, por lo que a pesar de su inversión inicial baja resultan los más costosos. La decisión final de qué sistema conviene más en una casa se dependerá

principalmente por la demanda de agua caliente en la casa, por la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento del dueño (TMAR) y de la disponibilidad de dinero para la inversión inicial.

B. Objetivos

1. Generales

- Demostrar los beneficios, en el corto y largo plazo, que conlleva utilizar sistemas de calentamiento de agua que son amigables con el ambiente, a través de análisis financieros y de impacto ambiental.

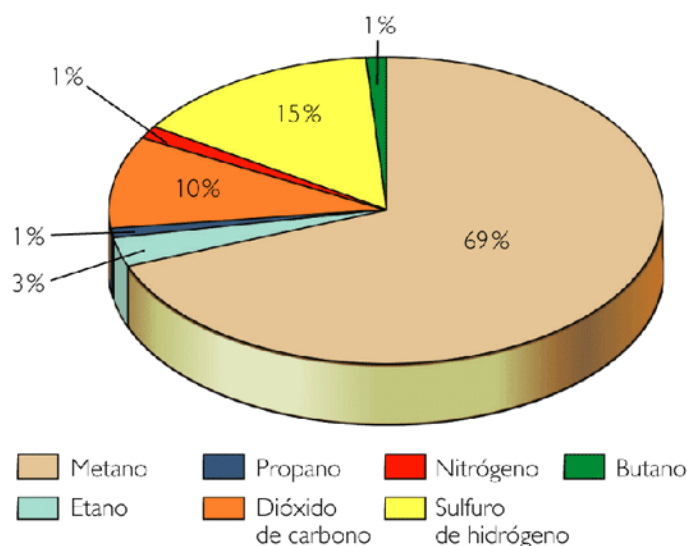
2. Específicos

- Evaluar la rentabilidad de utilizar sistemas de calentamiento de agua “ecológicos” contra los sistemas convencionales.
- Analizar, financieramente, en cuanto tiempo se recuperan las inversiones iniciales y el ahorro en el largo plazo.
- Facilitar el entendimiento del ahorro, al consumidor, al utilizar sistemas de calentamiento de agua amigables con el medio ambiente.

C. Combustibles

1. **Gas natural/GPS.** El gas natural es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire, y se forma por la descomposición de materia orgánica. Es una mezcla de hidrocarburos ligeros en la que el metano se encuentra en grandes proporciones acompañado de Etano, Propano, Nitrógeno, Butano, Dióxido de Carbono y sulfuro de hidrógeno. Las concentraciones de estos dependen de la localización de la reserva. La siguiente gráfica muestra la composición de gas natural según su volumen:

Ilustración 133: Porcentajes de compuestos según el volumen del gas natural.



Comúnmente, se encuentra disuelto en petróleo a una presión muy elevada o como una capa de gas sobre el petróleo dentro de la reserva, a este gas natural se le llama gas asociado (también se le conoce como gas húmedo). Además se puede encontrar en reservas en la que no hay petróleo presente, a este gas se le llama gas no-asociado.

El gas natural es la fuente de energía más eficaz y limpia de los combustibles fósiles. Es el combustible fósil con menor impacto al medio ambiente, y esto no se refiere solo durante su utilización; también en su extracción, producción y distribución. Esto se debe a que la emisión de gases contaminantes por unidad de energía producida es menor que la del carbón, petróleo, etc.

Las emisiones de dióxido de carbono son un 40-50% menor que las del carbón y un 25-30% menor que la del petróleo. También la propia composición y estructura del gas natural hace que emita 2 veces menos dióxido de nitrógeno y óxido nítrico que el carbón y 2.5 veces menos que el

petróleo. La emisión de dióxido de azufre también es mínima a comparación de los otros combustibles fósiles, ya que el gas natural solo tiene 10 ppm (partes por millón) de este componente. El metano (principal componente del gas natural) es un causante del efecto invernadero más fuerte que el dióxido de carbono pero su tiempo de vida en la atmósfera es más reducido. Por último, el gas natural se caracteriza por su completa falta de impurezas y partículas sólidas, lo que descarta cualquier tipo de emisión sólida, humo, etc.

El gas licuado de petróleo o GLP por sus siglas, es una mezcla de hidrocarburos livianos en la que su componente principal es el Propano y derivados de este al igual que el Butano y sus derivados. En condiciones normales es un gas, pero se comprime a un estado líquido que luego se introduce a los tanques que conocemos. Al hacer esto se logra reducir su volumen 250 veces lo que facilita su transporte y manejo.

Ilustración 134: Tanque de gas GLP.



En estado gaseoso, este producto puede causar asfixia y deprimir el sistema nervioso central, y en el estado líquido puede ocasionar quemaduras por congelamiento al tener contacto con la piel. Debido a estos peligros y a que es un producto inodoro, se le agrega azufre o algún odorizante para que sea fácil identificar una fuga.

Es usado especialmente en casas como combustible para calentadores de agua, hornos, y secadores entre otros. También se utiliza como combustible para calderas, motores, etc. para diferentes industrias. El GLP es inflamable a temperatura ambiente y presión atmosférica por lo que debe de tratarse con cuidado. La densidad del GLP es 1.8 veces la del aire por lo que a la hora de una fuga este se mantiene en las zonas bajas y aumenta el riesgo de encenderse y de ocasionar un accidente.

Se debe de prestar mucha atención a las válvulas, conexiones, tanques, cisternas, y cilindros que se usen para almacenar este producto ya que son los puntos que más riesgo tienen de tener una fuga. También los lugares en donde se almacena el tanque deben de tener suficiente ventilación para que en caso de una fuga se evite una alta concentración del mismo.

Al igual que el gas natural, el GLP no tiene impurezas sólidas por lo que no su uso no genera residuos sólidos que puedan afectar directamente a los suelos, agua o al aire. Las fugas del producto además de poder encenderse y explotar causan una contaminación de los aires. Es un combustible fósil muy limpio a comparación del resto.

2. Electricidad. La electricidad es un fenómeno físico que se origina de la diferencia entre cargas negativas y positivas de las partículas y al flujo de los electrones. Actualmente la gran mayoría de las aplicaciones que usamos usan electricidad como su fuente de energía. La generación consiste en transformar otro tipo de energía, ya sea química, mecánica, térmica, etc. en Energía Eléctrica.

Las centrales generadoras de electricidad se clasifican como termoeléctricas, hidroeléctricas, eólicas o solares fotovoltaicas (hay mas pero estas son las cuatro principales). Casi todas estas centrales funcionan de la misma manera, tienen un alternador el cual es movido mediante una turbina que variara dependiendo del tipo de energía primaria que se utiliza.

Las centrales termoeléctricas generan electricidad a partir del calor. Este calor se puede obtener de combustibles fósiles o de fisión nuclear del uranio. El modo en que funcionan normalmente estas centrales es que en una caldera, o maquina diseñada para crear vapor saturado, se quema algún combustible fósil para calentar agua por una tubería convirtiéndola en vapor. Este vapor circula a través de la tubería hasta llegar a una turbina donde es expandido e impulsa un alternador que genera la electricidad.

Estas centrales termoeléctricas liberan gases que son dañinos para el medio ambiente. Los gases que emite dependen del combustible fósil o fusión nuclear que utilice. Con los combustibles fósiles como fuente generadora de energía se emiten gases como el dióxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas sólidas, etc. Con las fusión nuclear se corre un gran riesgo de accidentes, por ejemplo Chernóbil o como la situación actual de Japón.

3. Fuentes renovables

a. Solar.

Una fuente renovable de energía que es básicamente ilimitada e inagotable es la energía de la estrella de nuestro sistema solar, el Sol. El Sol esta irradiando constantemente nuestro planeta con ondas electromagnéticas y lo calientan por medio de radiación. El uso principal que se le está dando a

esta energía es la de generación de electricidad por medio de celdas fotovoltaicas y la de calentamiento de agua.

Todo empezó en el 1838, con unas publicaciones por Edmund Becquerel, sobre la posibilidad de convertir la luz a energía. En su momento se oía como algo imposible pero fue en el 1860's que Auguste Mouchout patentó el diseño de un motor de vapor que utilizaba el calor del Sol como su combustible. Su investigación fue financiada por la realeza francesa, pero esta inyección de dinero paro cuando Francia renegocio con Inglaterra el precio del carbón, con precios más bajos del carbón la realeza ya no vio necesidad de financiar el trabajo de Becquerel. Luego en el 1880's Charles Tellier, famoso francés que es considerado como el padre de la refrigeración, instaló el primer sistema de calentamiento de agua en una casa. Pero el área de interés de Tellier era la refrigeración, así que abandono sus experimentos de Energía Solar y se dedico solamente a la refrigeración.

Hoy en día la atención en los medios y el conocimiento de la gente sobre la Energía Solar es inmensa. Esto se debe a los problemas de contaminación y la conciencia de las personas sobre el impacto que tienen en el medio ambiente. También los avances tecnológicos han hecho de esta tecnología más accesible al público en general. Gobiernos ofrecen asistencia financiera para estudios y experimentos dentro de esta área. Hoy en día muchos carros, hogares, negocios, aleas, etc. reciben su energía del Sol y ganan cada vez más terreno con el tiempo.

La manera en que se captura y transforma la Energía Solar a Energía Eléctrica es por medio de paneles solares. Estos paneles se instalan en puntos específicos (se seleccionan dependiendo de la época del año, latitud, hora del día, etc.), estos paneles son básicamente una serie de celdas fotovoltaicas interconectadas. Estas celdas son impactadas por los fotones presentes en la luz, estos fotones son absorbidos por materiales semiconductores presentes en la celda. Los electrones son separados de sus átomos y transferidos por diferentes bandas dentro del material, creando así voltaje entre dos electrodos.

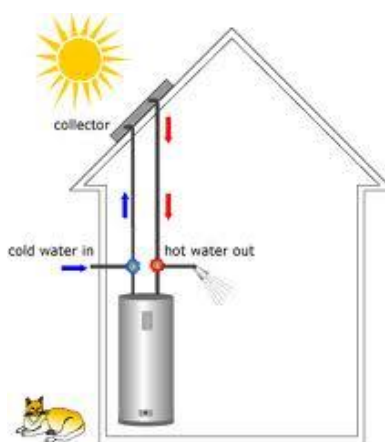
Ilustración 135: Celda fotovoltaica**Ilustración 136: Paneles solares.****Ilustración 137: Aplicación de celdas solares.**

La generación de electricidad por medio de la luz del Sol es el uso principal que se le da, pero también existe el uso de su capacidad térmica. Se ha avanzado mucho en esta tecnología desde que Charles Tellier hizo el primer sistema casero de calentamiento de agua usando la Energía Solar. Hoy en día se cuenta con una variedad de diseños de sistemas para la calefacción del agua, y ya han logrado competir en el mercado contra los calentadores eléctricos y de gas.

Ilustración 138: Sistema solar de calefacción de agua.



Ilustración 139: Diagrama de sistema solar



D. Calentadores

Un calentador de agua es un dispositivo que aumenta la temperatura del agua por medio de una fuente de energía, sea este gas, electricidad, carbón, etc. Se usa en hogares y en locales de uso comercial e industrial para calentar el agua de las duchas, para cocinar, lavar, agua de proceso, etc.

Existen diferentes tipos de calentadores, de paso, con tanque, de punto, etc. Independientemente del tipo de calentador el costo más elevado que tienen estos sistemas es el combustible. En Guatemala los principales combustibles utilizados son el gas propano, la electricidad y se está empezando a utilizar la tecnología de la Energía Solar.

Un factor muy importante es el aislamiento que tienen estos sistemas, ya que una vez calentada el agua se deberá de trasladar al punto donde será utilizada. Estos aislamientos también resultan caros, pero sin ellos se tendría una gran pérdida de calor al ambiente lo que significa un

mayor consumo de combustible. Este aislamiento se aplica tanto en el tanque o punto en el que se está calentando el agua y también en toda la tubería por donde pasara el agua calentada.

Un punto importante es la calidad y características del agua que está ingresando al sistema de calentamiento, aguas con alto contenido de minerales pueden llegar a dañar y obstruir el paso por el sistema. Existen métodos preventivos para asegurar que el agua tenga las condiciones deseadas, uno de estos métodos es la descalcificación del agua o suavizadores de agua. De esta forma se remueve cualquier sal mineral del agua. Claro que no son necesarios, todo depende del agua al que uno tiene acceso.

Los tanques o depósitos requieren de su mantenimiento de vaciado y limpieza; nuevamente la regularidad de estos servicios depende del tipo de agua que se está utilizando. Para prevenir la corrosión y oxidación del tanque se practica la protección catódica por ánodo de sacrificio. Esta protección consiste en colocar un ánodo dentro del tanque, volviendo al tanque mismo en el cátodo del sistema y así protegiéndolo de la corrosión; el estado del ánodo debe ser revisado anualmente.

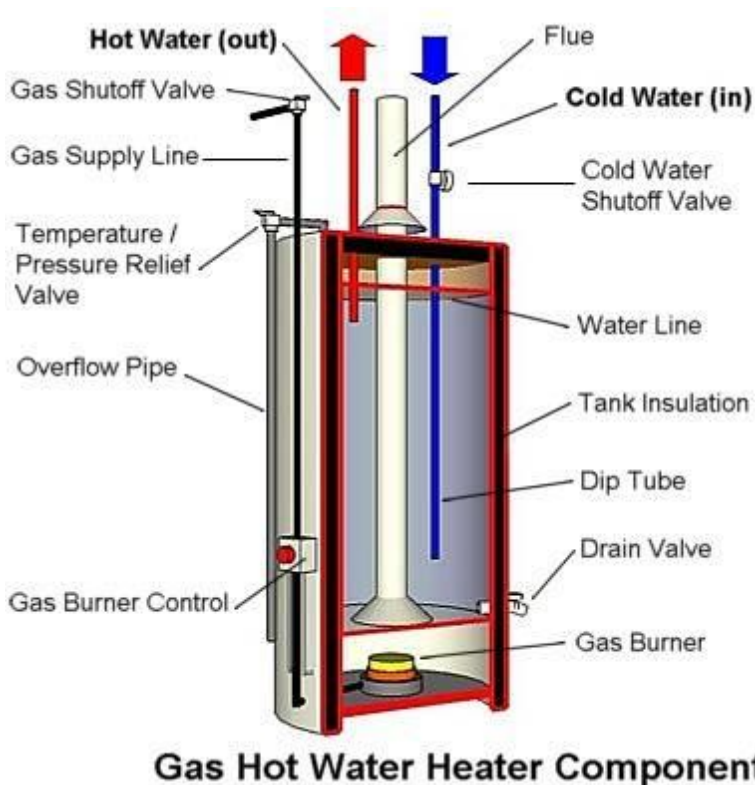
La mayoría de calentadores con tanque funcionan por medio de la convección. La convección es la transferencia de calor por medio de un fluido. Como funciona es que el agua al calentarse, sus partículas se aceleran y aumentan su volumen. De esta forma el volumen que ocupan estas partículas aumenta creando una disminución en su densidad. Al tener un flujo de entrada de agua a un tanque donde se calienta el agua, se crea una diferencia de temperatura, y por lo tanto de densidad, en el fluido. Las partes del fluido con menor densidad suben y las de mayor densidad bajan hasta el fondo.

1. **Gas.** Existen varios tipos de calentadores de de agua con gas pero los dos sistemas principales son los calentadores de gas con tanque y los calentadores de gas de paso. Ambos tienen sus ventajas y desventajas prácticas y también varían considerablemente en el consumo de combustible. Algo que se debe de tomar en cuenta al utilizar gas como combustible es primero que se deberá contar con algún tipo de contenedor o tanque para guardar el gas, contar con tubería de cobre o manguera de gas para conectar dicho tanque al sistema y se debe colocar el tanque en un lugar techado y ventilado.

a. Calentadores de gas con tanque.

Estos calentadores utilizan gas propano y gas natural como su combustible, y tienen un tanque de depósito donde se mantiene el agua calentada hasta que sea necesario su uso. La siguiente imagen muestra los componentes y las partes que lleva este sistema de calefacción de agua.

Ilustración 140: Sistema de calefacción de agua con tanque de gas.



El tanque está hecho de varias capas, es básicamente un tanque de agua que soportará la presión al que estará expuesto, luego se le coloca una capa de algún aislante térmico y de último una capa de metal para darle un aspecto estético al tanque

La tubería de ingreso de agua, es aquí donde entra el flujo de agua al tanque, y del lado izquierdo esta la tubería por donde saldrá el agua caliente y será transportada al punto de la residencia donde se esté solicitando el agua. En la imagen se puede ver que este tubo de entrada de agua llega casi hasta el fondo del tanque y el de salida del agua caliente se mantiene hasta arriba. Esto se debe a que la imagen es de un tanque que funciona por convección. Como se explicó antes, este principio hace que el agua a mayor temperatura se mantenga en la parte de arriba del tanque y la fría abajo. De esta forma el flujo de agua que estará llegando a las regaderas, chorros, lavadora, etc. sea el agua más caliente dentro del tanque.

En esta imagen hace falta un componente muy importante para cualquier sistema con tanque, éste es el ánodo de sacrificio. De esta forma se protege de corrosión y abrasión al tanque por el método de protección catódica por ánodo de sacrificio, el cual ya se explicó anteriormente.

Luego está el módulo de control para el gas, en donde se regula el consumo del gas de acuerdo a la temperatura que se desea mantener el agua dentro del tanque. En este módulo hay un

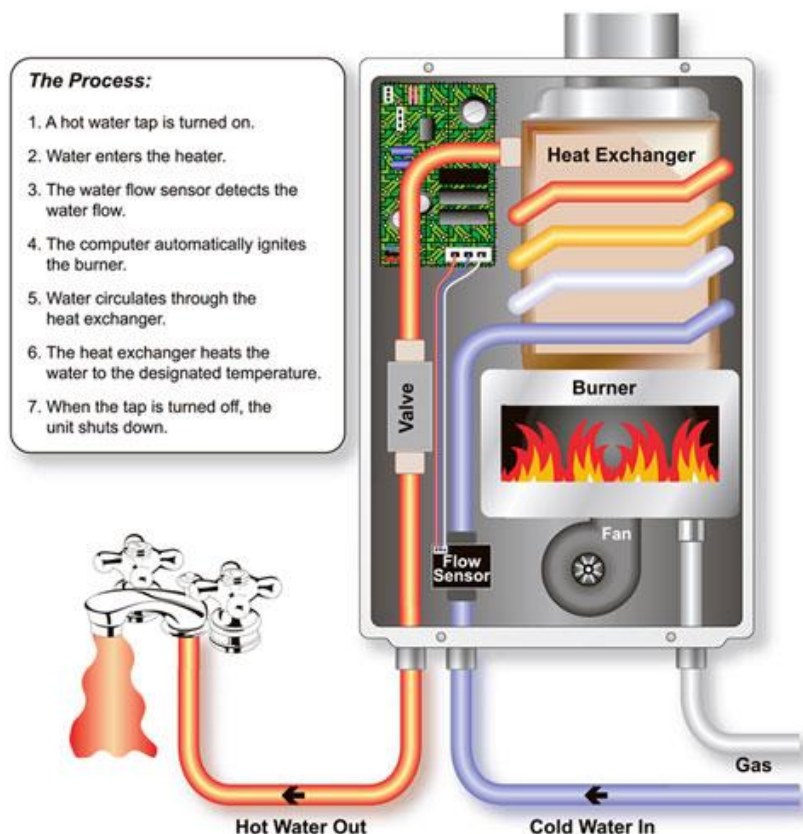
termostato que mide la temperatura del agua dentro, y dependiendo de los requerimientos y deseos del usuario se mantendrá el agua sobre una temperatura mínima. El gas tiene su tubería que va a dar a este módulo de control, también tiene una válvula de flujo para el gas. Es muy importante que los usuarios sepan dónde está esta válvula, para que a la hora de una emergencia o de mantenimiento se apague antes de manipular los componentes del sistema. La combustión del gas propano tiene como producto emisiones, debido a estas emisiones el sistema de calefacción debe contar con una tubería para expulsarlas fuera de la casa.

Estos tanques también tienen una válvula para regular la presión dentro del tanque, se dan situaciones en que la temperatura del agua se eleva demasiado y la presión dentro llega a exceder la capacidad que tiene el tanque. En estas situaciones es cuando esta válvula es de suma importancia. Al abrirla disminuye la presión y se previene un accidente.

b. Calentadores de gas de paso. El otro tipo de calentadores de gas que existen son los de paso, estos sistemas no tienen tanque ahorrando espacio, consumo de gas, y ofrecen una cantidad de agua caliente ilimitada siempre y cuando el consumo no pase de su capacidad. El gran ahorro que traen estos sistemas es que solo calienta el agua que se usará.

La siguiente imagen muestra cómo funcionan estos sistemas. Al abrir una llave, ya sea un lavamanos, ducha, lavadoras, etc., ingresa agua a cierto flujo caudal (dependiendo de la cantidad y del tipo de llave que se abrió) al sistema. El sensor mide el caudal que esta ingresando y modula la cantidad de gas quemado para que el agua salga a la temperatura deseada. El agua pasa por encima de la llama por medio de una tubería, comúnmente de cobre, donde se calienta. Luego el agua sale del sistema y se dirige a la/las llave donde se solicitó. Una vez se sierran las llaves el sistema se apaga.

Ilustración 141: Sistema de calefacción de agua de paso de gas.



En caso se abran varias llaves al mismo tiempo y la cantidad de agua solicitada sea mayor a la capacidad del sistema, lo que sucede es que el agua llegara a todos los diferentes punto a la temperatura deseada pero a un presión muy baja ya que se está dividiendo la capacidad del sistema en todas los puntos.

2. **Eléctricos.** Al igual que los sistemas que funcionan a base de gas, los eléctricos se dividen principalmente en sistemas con tanque y sistemas de paso. Cada uno ofrece algo distinto y a continuación se explicará su funcionamiento y sus diferencias. Unos factores importantes que deben tomarse en cuenta con estos sistemas es primero que cuente con una instalación exclusiva por cualquier emergencia (flip-on) y que la ubicación del sistema sea techado y ventilado.

a. **Calentadores eléctricos con tanque.** El funcionamiento de estos sistemas es básicamente igual a los sistemas de calefacción de agua de gas con tanque. Cuentan con un tanque que soportara la presión del agua, forrado con algún material aislante y con un recubrimiento de metal para darle una apariencia estética. Cuenta con uno o dos termostatos para medir la temperatura del agua y así poder regularla. Luego están los materiales conductores que tienen una resistividad relativamente alta. El calor que se genera en estos conductores viene dado por la ley de Joule:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Q= calor

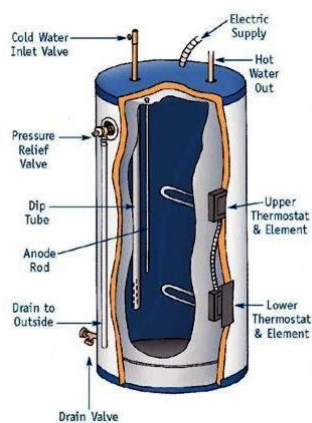
I=corriente eléctrica

R=resistividad

t=tiempo

Luego, tienen las tuberías de ingreso y de salida del agua, al igual que los sistema de gas explicados anteriormente la tubería de entrada llega hasta el fondo y la de salida esta en al área de arriba del tanque. Esto es por el cambio en la densidad del agua por su temperatura por la convección, de esta forma el agua que sale del tanque es la de mayor temperatura.

Ilustración 142: Sistema de calefacción de agua con tanque eléctrico.

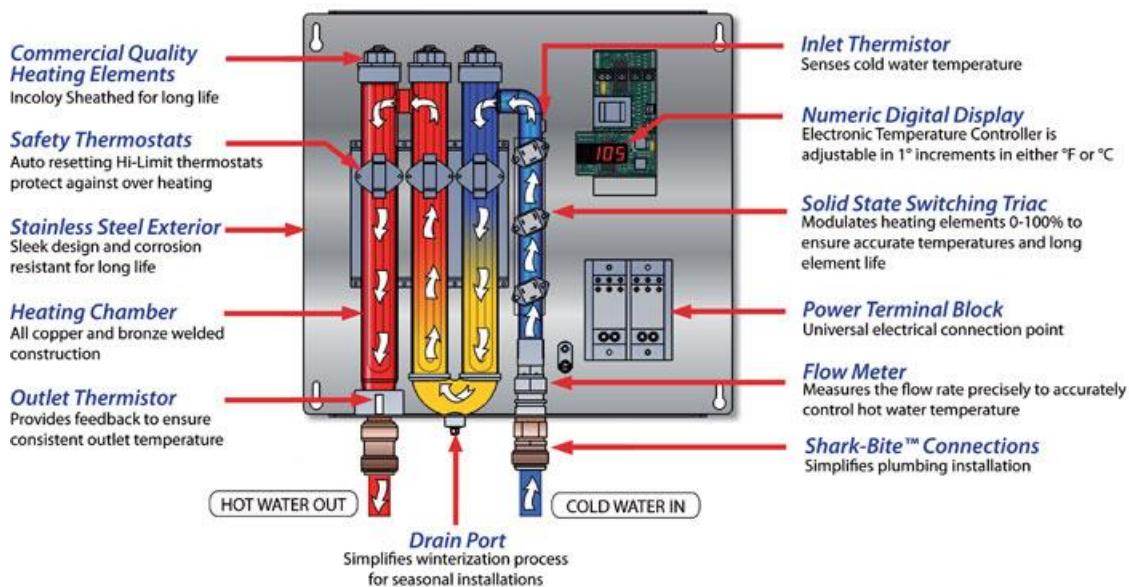


Los sistemas de calefacción de agua eléctrica no son muy utilizados por el alto costo de la Energía Eléctrica, pero para reducir esto estos sistema cuentan con una opción para programar los intervalos entre el día en los cuales funcionara. Por ejemplo, si en un hogar solo utilizan agua caliente en la mañana para bañarse y luego en la noche para la lavadora de platos, se podría programar al sistema para que funcione de 5 a.m. a 8 a.m. y de 5 p.m. a 8 p.m. De esta forma se cuenta con el suministro de agua caliente necesario y el sistema solo trabaja una fracción del día.

b. Calentadores eléctricos de paso.

Su funcionamiento es básicamente igual a los calentadores de gas de paso, solo que utilizan conductores de alta resistividad para transferir el calor al agua en vez que gas propano o gas natural. La siguiente imagen muestra el proceso en el cual estos sistemas calientan el agua.

Ilustración 143: Sistema de calefacción de agua de paso eléctrico.



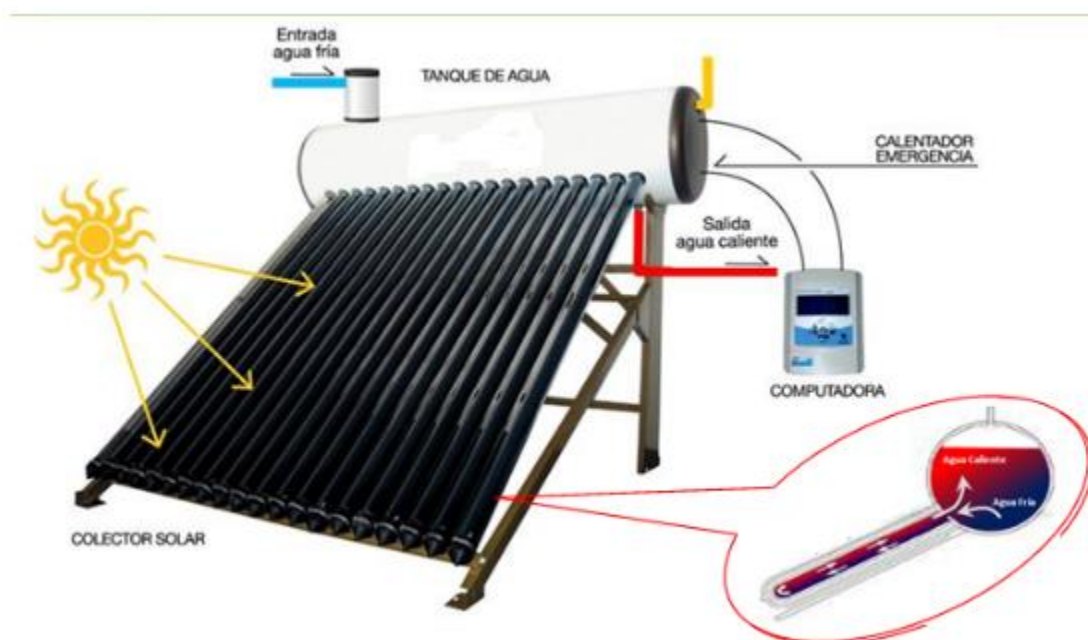
Estos sistemas proveen una cantidad ilimitada de agua caliente pero están limitadas, al igual que los sistemas a base de gas, por su capacidad máxima de flujo. Si la demanda de agua caliente se mantiene por debajo de dicho límite estos sistemas pueden proveer sin límite agua caliente. En caso se demande por encima del límite, aun llegara agua caliente pero la presión será mucho menor los puntos de demanda.

3. **Solares.** Como se mencionó anteriormente, el uso de la Energía Solar para calentar el agua inicio en la década del 1880's cuando Charles Tellier instaló el primer sistema solar de calefacción de agua. La tecnología ha avanzado inmensamente en esta área desde ese día. Hoy en día se cuentan con sistemas solares de calefacción de agua que compiten contra sistemas de gas o eléctricos, la inversión inicial es alta pero al no tener gastos de combustible y costos mínimos de mantenimiento y operación, estos sistemas resultan rentables en muchas situaciones. A continuación se explicará cómo funcionan los diseños actuales y sus características.

a. **Funcionamiento.** Un sistema solar de calefacción de agua cuenta con:

- Colectores o resistencias solares
- Tanque con aislamiento térmico
- Termostato y controladores del sistema
- Sistema eléctrico como respaldo

Ilustración 144: Sistema de calefacción de agua solar.



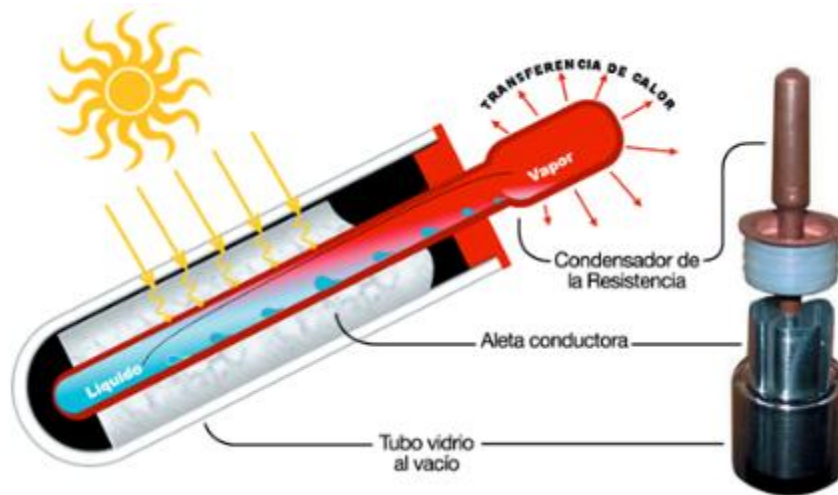
El sistema se coloca en un lugar sin sombra donde la luz y la radiación solar estarán sobre él la mayor cantidad de tiempo posible al día. Lo ideal es colocar el sistema y las resistencias solares en dirección al ecuador de nuestro planeta y con una inclinación cuyo ángulo es igual a la latitud del lugar. De esta forma se aprovecha más la energía que nos da el sol. El tanque que se utiliza es prácticamente el mismo que en los otros sistemas, está térmicamente aislado y cuenta con medida preventivas como lo son la protección catódica por ánodo de sacrificio.

Como se puede ver en la imagen el equipo lleva cierta inclinación, aparte de la razón que recién se explicó (mejor aprovechamiento de la Energía Solar) también ayuda a que el flujo del agua por el tanque y los tubos se dé por medio de la convección. El principio por el cual funciona es exactamente el mismo que en los sistemas de tanque de gas o eléctricos; el agua fría es más densa por lo que se mueva al fondo del tanque, o en este caso de los tubos, y el agua caliente se queda en la parte superior donde se extrae para los puntos de demanda en el hogar.

El agua fría baja a los tubos donde están colocados las resistencias solares las cuales absorben la radiación solar y se calientan para luego transferirlo al agua. Existen dos tipos de dispositivos, están las resistencias que están directamente en contacto con el agua y las resistencias

que calientan un fluido, muchas veces es agua con algunos aditivos, que luego transfiere el calor al agua.

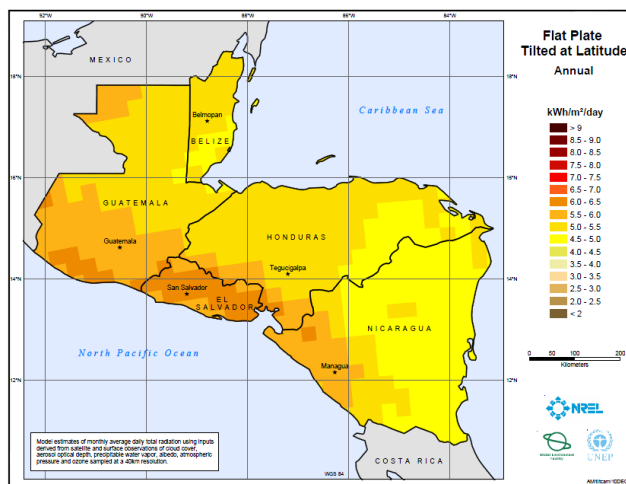
Ilustración 145: Resistencia solar.



b. Consideraciones.

Para instalar uno de estos sistemas en una ubicación es importante hacer un análisis del la cantidad de radiación solar en el lugar. El mapa que está a continuación muestra la radiación solar promedio en diferentes áreas de Guatemala. La unidad de medida que utilizan es de kW/m²/día. Los distribuidores y productores de los sistemas solares recomiendan que como mínimo se cuente con 4.0 kW/m²/día para que el sistema tenga el desempeño necesario para competir contra los otros sistemas. Claro todo esto depende del costo local del gas licuado y del kWh eléctrico.

Ilustración 146: Radiación solar promedio kW m²/día.



En el mapa se puede ver que todas las áreas de Guatemala están sobre dicho valor mínimo, por lo que no debemos preocuparnos de este factor en el país. El clima de Guatemala beneficia de muchas formas a estos sistemas, no solo en la radiación solar que tienen sino que no cuenta con inviernos como los que tiene Canadá o Estados Unidos. Esas condiciones extremas obligan a agregarle otros dispositivos al sistema aumentando el costo.

Los costos de operación y mantenimiento son bastante menores que los otros sistemas, son aproximadamente un 0.5-2% anual del costo del sistema. Es importante revisar e inspeccionar las condiciones del sistema regularmente, uno debe ponerle atención principalmente a:

- El estado de las resistencias solares.
- El aislamiento de la tubería de agua caliente y del tanque.
- Ningún objeto este tapando o dando sombra al sistema (vegetación nueva, etc.).
- El estado del ánodo de sacrificio dentro del tanque.

4. Determinación del tamaño de sistema. Los dos tipos de sistemas de calefacción del agua para un hogar son de paso o con tanque de depósito. Para poder determinar el tamaño del sistema ideal para distintos escenarios se utilizan diferentes metodologías dependiendo del tipo de sistema. Antes de explicar cómo se determinan los tamaños es importante ver el consumo de los diferentes puntos de demanda en un hogar, la siguiente tabla nos lo muestra:

Cuadro 23: Consumo de agua caliente en diferentes puntos de una casa.

Punto de demanda	lts/min	Litros diarios
Regadera	6 - 7	48-56
Lavamanos	1	5
Lavadora ropa	1	20
Lavadora platos	1	20

tomando como prom. duchas de 8min.
tomando como prom. Que estan trabajando 5min diarios

Los sistemas de paso se dividen por su capacidad de calentar cierto volumen de agua en determinado tiempo. En Guatemala se usa más que todo litros por minuto para los sistemas de paso. De modo que para poder escoger el sistema de paso correcto para un hogar es preciso saber cuánto sería la demanda máxima de agua caliente al mismo tiempo.

Por ejemplo, hay dos casas y en ambas viven tres personas cada una con ducha y tienen lavadora de platos y de ropa; pero en la Casa 1 todos se bañan al mismo tiempo y en la Casa 2 nunca se bañan dos personas al mismo tiempo. En la Casa 1 la demanda más alta durante el día de agua caliente sería cuando se bañan las tres personas al mismo tiempo, que viene dado por el siguiente cuadro:

Cuadro 24: Demanda máxima diaria en la Casa 1.

CASA 1			
Punto de demanda	lts/min	Personas	Demanda max (lts/min)
Regadera	6	3	18

Para la Casa 1 un calentador de paso con una capacidad de 18 lts/min sería el sistema más pequeño que podría instalarse. En cambio en la Casa 2 que nunca se bañan ni usan las lavadoras al mismo tiempo, la demanda máxima durante el día sería la de dos regaderas al mismo tiempo:

Cuadro 25: Demanda máxima diaria en la Casa 2.

CASA 2			
Punto de demanda	lts/min	Personas	Demanda max (lts/min)
Regadera	6	2	12

Para la Casa 2 un sistema que tenga una capacidad superior a los 12 lts/min sería suficiente. En este ejemplo se demuestra que para determinar el tamaño de un sistema de paso lo importante es la demanda máxima de agua caliente durante el día y no el consumo total. Si la demanda se mantiene por debajo de la capacidad máxima del sistema de paso se podría contar con agua caliente ilimitada y el caudal adecuado, si se pasa de dicho límite aun llegaría el agua caliente pero esos litros de agua se dividirían entre todos los puntos de demanda por lo que se entregaría el agua a un caudal mucho menor.

Ahora, para determinar el tamaño de un sistema con tanque de depósito lo que se ve es la demanda total de galones de agua caliente diarios en el hogar. Tomando el ejemplo anterior se calcula la máxima demanda diaria para cada casa:

Cuadro 26: Consumo máximo diario de agua caliente Casa 1 y Casa 2.

CASA 1		
Punto de demanda	Valor	Litros
Regaderas	7 lts/min	168
Personas	3	
Lavamanos	1 lt/min	20
Cantidad	4	
Lavadora ropa	1 lt/min	20
Lavadora platos	1 lt/min	20
		228

CASA 2		
Punto de demanda	Valor	Litros
Regaderas	7 lts/min	168
Personas	3	
Lavamanos	1 lt/min	20
Cantidad	4	
Lavadora ropa	1 lt/min	20
Lavadora platos	1 lt/min	20
		228

Al analizarlos desde el punto de vista de un sistema con tanque no hay ninguna diferencia entre una casa y la otra, ya no importa si se bañan todos al mismo tiempo con las dos lavadoras trabajando al mismo tiempo o solo una a la vez. Con estos valores el sistema de tanque indicado sería uno con una capacidad mayor a los 228. En caso se consumieran más litros de agua que los de la capacidad del tanque aun llegaría agua al caudal deseado pero sería agua fría.

En resumen, para un sistema de paso lo importante es la demanda máxima en un momento durante el día y para un sistema con tanque lo importante es la demanda diaria total de agua caliente. Si se excede la capacidad de un sistema de paso aun llegaría agua caliente a los diferentes puntos pero el caudal sería menor ya que la capacidad se dividiría entre todos los puntos de demanda que trabajan al mismo tiempo. Si se excede la capacidad de un sistema con tanque, el caudal se mantendría en todos los puntos de demanda pero el agua estaría a una temperatura baja.

E. Análisis financiero

1. **Suposiciones y cálculos.** Para el análisis financiero se tomaron en cuenta solamente tres tipos de sistemas, los calentadores de paso eléctrico, calentador de paso de gas y los calentadores solares. La razón de esto es que son los más económicos dentro de sus categorías, si se analiza un sistema de gas o eléctrico con tanque de depósito el consumo eléctrico o de gas es mucho mayor que los sistemas de paso y la inversión inicial es básicamente lo mismo.

Para calcular el consumo de electricidad de los calentadores de paso eléctrico se platicó con técnicos y vendedores de dichos sistemas. Lo que dijeron es que el consumo de electricidad depende mucho del comportamiento de las personas que lo están utilizando; si todos se bañan al mismo tiempo, si lavan ropa tres veces a la semana, etc. Para poder determinar el consumo de electricidad en un hogar se tendría que hacer un análisis bastante personalizado.

Para determinar el consumo de estos sistemas en los escenarios que se analizan, los vendedores proporcionaron un estimado del consumo de acuerdo a las especificaciones que se les dieron. Este consumo que proporcionaron lo obtuvieron de clientes con características iguales a las de los escenarios, que compraron dichos sistemas y a los cuales les dieron un seguimiento.

Para determinar el consumo de gas en los hogares fue un poco más complicado, los vendedores de sistemas de gas no fueron de mucho ayuda así que se analizó desde un punto de vista termodinámico. Se resolvió la ecuación de energía que está a continuación:

$$Q_{\text{propano}} * m_{\text{propano}} = m_{\text{agua}} C_{\text{agua}} (\Delta T)$$

Q = calor de combustión del propano

m_{propano} = masa del propano

m_{agua} = masa del agua

C_{agua} = calor específico del agua

ΔT = aumento de temperatura

Se calculó la demanda de agua caliente que tendría un hogar, luego cuántos grados de temperatura se tendría que elevar dicha agua, suponiendo que el agua entra al sistema a unos 15-20 Celsius y se calienta a 45-50 Celsius, el sistema debe calentar el agua aproximadamente 30 Celsius. Con esto se puede determinar la energía necesaria para calentar dicha cantidad de agua los 30 grados Celsius, que es el lado derecho de la ecuación. Las siguientes imágenes son de las tablas en la hoja de Excel, donde sólo se ingresa la demanda de litros de agua y esta calculará la energía total requerida para calentarla 30 grados Celsius, como ejemplo se introdujo una demanda de 100 litros de agua:

Cuadro 27: Cálculo de energía requerida para calentar una masa de agua.

CALOR ESPECÍFICO H2O	1.007	cal/(g*K)
	4.184	J/(g*K)
Densidad del agua	1000	kg/m ³

Demanda anual	100.00
m ³	0.10
kg	100.00
g	100000.00
Delta T	30.00
Joules necesarios	12552000.00

Después, se tuvo que calcular la cantidad de gas necesaria para poder transmitirle al agua esta energía. Lo que hice fue investigar el calor de combustión del gas propano y con ese valor determinar la cantidad de gas necesaria para llegar a los Joules requeridos por el sistema, es el lado izquierdo de la ecuación con la masa del propano como la incógnita. Las siguientes tablas también son de Excel, y en ellas se calcula la cantidad de libras de gas propano que serían necesarias para calentar 30 Celsius los 100 litros de agua:

Cuadro 28: Cálculo de masa de gas propano para transferir cierta cantidad de energía.

Demanda anual	100.00
m³	0.10
kg	100.00
g	100000.00
Delta T	30.00
Joules necesarios	12552000.00

Gas Propano	Calor de combustión	2217.90	kJ/mol
	kJ/gramo	50.41	
	J/gramo	50406.82	

Gramos propano	249.01
libras	0.55

Entonces, con estas 0.55 libras de gas se podrían calentar los 100 litros de agua 30 grados Celsius, esto sería cierto en condiciones ideales pero estos sistemas de gas no lo son, por lo tanto se debe estimar una eficiencia del sistema. Nuevamente, los vendedores no sabían las eficiencias de sus sistemas por lo que se investigó acerca de sistemas similares en Estados Unidos y se utilizó la eficiencia de ellos, los cuales estaban entre el 85%. Entonces, se dividieron las libras de gas propano necesarias entre la eficiencia y se obtuvo un dato más real de consumo de gas. Luego, se multiplicó el gas necesario por su costo que es aproximadamente de Q6.00 la libra y se esta manera se obtuvo el gasto en gas por los sistemas. Al incluir la eficiencia del sistema a la ecuación, la nueva ecuación sería la siguiente:

$$\mu * Q_{propano} * m_{propano} = m_{agua} C_{agua} (\Delta T) \quad (13)$$

μ = eficiencia del sistema 85%

Cuadro 29: Cantidad de gas propano requerido con eficiencia del 85%.

Gramos propano	249.01
Libras	0.55
Q/libra	Q 6.00
Q	Q 3.29
Con 85% eficiencia	Q 3.88

Para los sistemas de calentadores solares el consumo es nulo, el combustible que usan es la radiación solar. Al cotizar estos sistemas los vendedores comentaban que estos traen un sistema de calentador eléctrico de respaldo para los días cuando no se de abasto, los cuales según sus estudios, eran aproximadamente unas dos semanas al año. Además, se encontró información de productores

de estos sistemas que decían que como gasto de mantenimiento se podía calcular un 2% de la inversión inicial al año.

Otro factor importante es que en la mayoría de los edificios en Guatemala está prohibida la instalación de sistemas de gas en los apartamentos. La razón de esto es que si cada apartamento tiene un tanque de gas el riesgo y las consecuencias de un accidente aumenta, ya que no sólo afectaría al apartamento donde ocurre sino que a sus vecinos también. Para que se puedan utilizar sistemas de gas en edificios, se debe tomar en cuenta desde la construcción del edificio. El edificio debe contar con un tanque de gas general con capacidad para todos los apartamentos, luego cada apartamento tendría un contador para medir su consumo de gas individual, bajo el cual se les cobraría. El edificio tendría que contar con tubería de cobre y las instalaciones adecuadas para poder proporcionar ese servicio, pero esto significa una inversión mayor y muchos de los constructores de Guatemala prefieren no hacerla, aunque como se puede notar en el análisis financiero esto significaría un ahorro para los inquilinos.

Por último, la TMAR (Tasa Mínima Atractiva de Retorno) que se utilizó fue del 5.00%, siendo esta la tasa pasiva que ofrecen los bancos, pero además se realizó un análisis de sensibilidad para que cualquier persona pueda comparar el rendimiento de estas inversiones contra una TMAR propia. Además, no se tomó en cuenta la inflación, al no tener inflación los costos del gas y del kWh no aumentan haciendo que los ahorros por los sistemas solares sean menores. Si en estas condiciones estos sistemas resultan rentables, con inflación lo serían aún más.

2. Escenario 1. El primer escenario es el de una pareja que vive en una casa con una ducha, dos lavamanos y una lavadora de ropa que utiliza dos veces a la semana. Con la tabla de consumo de agua de los diferentes puntos de demanda en la casa se calculó el gasto promedio de litros de agua al día.

Cuadro 30: Consumo promedio diario, escenario 1.

DUCHAS DIARIAS	2
Lavamanos	2
Lavadora ropa	1
Lavadora platos	0
GALONES DIARIOS	127.36

Para esta situación los sistemas correspondientes son los siguientes:

Cuadro 31: Sistema eléctrico, gas y solar para escenario 1.

	SISTEMAS		
	ELÉCTRICO	GAS	SOLAR
Capacidad	12 lts/min	12 lts/min	150 litros
Costo	Q 2,450.00	Q 2,699.00	Q 9,445.00

Para calcular los gastos eléctricos se utilizó la información de casos específicos que fueron proporcionados por los vendedores de estos sistemas. Para los sistemas de gas se resolvió la ecuación explicada anteriormente y para los sistemas solares se calculó un 2% anual de mantenimiento preventivo y gasto del funcionamiento del respaldo eléctrico dos semanas al año. Para los sistemas de gas y eléctricos se despreciaron los gastos de instalación y mantenimiento ya que según las entrevistas realizadas, su costo es mínimo y no representaría algo significativo. El siguiente cuadro muestra los cálculos para el consumo de gas:

Cuadro 32: Consumo de gas propano, escenario 1.

Demanda anual	46488.00	
m³	46.49	
kg	46488.00	
g	46488000.00	
Delta T	30.00	
Joules necesarios	5835173760.00	

Gas Propano	Calor de combustión	2217.90	kJ/mol
	kJ/gramo	50.41	
	J/gramo	50406.82	

Gramos propano	115761.60
Libras	255.21
Q/libra	Q 6.00
Q	Q 1,531.27
Con 85% eficiencia	Q 1,801.50
Q/mes	Q 150.12

Cuadro 33: Gasto mensual y anual de los diferentes sistemas, escenario 1.

SISTEMA	GASTO/MES	ANUAL
ELÉCTRICO	Q 300.77	Q 3,609.22
GAS	Q 150.12	Q 1,801.50
SOLAR	Q 28.24	Q 338.90

Ya con la inversión inicial y los gastos anuales de cada sistema, se realizó un flujo de efectivo para cada sistema y luego un análisis de flujo incremental para comparar las dos mejores opciones.

Cuadro 34: Flujo de efectivo para sistema eléctrico, escenario 1.

FLUJO DE EFECTIVO ELÉCTRICO			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 2,450.00	Q -	Q 2,450.00
1	Q -	Q 3,609.22	Q 3,609.22
2	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
3	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
4	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
5	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
6	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
7	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
8	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
9	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
10	Q -	Q3,609.22	Q 3,609.22
VPN			Q30,319.41

Cuadro 35: Flujo de efectivo para sistema de gas, escenario 1.

FLUJO DE EFECTIVO GAS			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 2,699.00	Q -	Q 2,699.00
1	Q -	Q 1,801.50	Q 1,801.50
2	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
3	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
4	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
5	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
6	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
7	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
8	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
9	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
10	Q -	Q1,801.50	Q 1,801.50
VPN			Q16,609.68

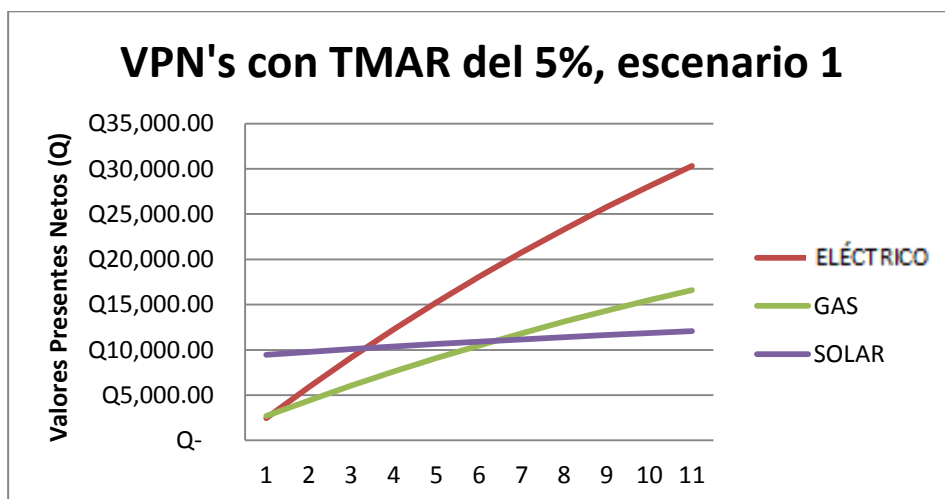
Cuadro 36: Flujo de efectivo para sistema solar, escenario 1.

FLUJO DE EFECTIVO SOLAR			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 9,445.00	Q -	Q 9,445.00
1	Q -	Q 338.90	Q 338.90
2	Q -	Q338.90	Q 338.90
3	Q -	Q338.90	Q 338.90
4	Q -	Q338.90	Q 338.90
5	Q -	Q338.90	Q 338.90
6	Q -	Q338.90	Q 338.90
7	Q -	Q338.90	Q 338.90
8	Q -	Q338.90	Q 338.90
9	Q -	Q338.90	Q 338.90
10	Q -	Q338.90	Q 338.90
VPN			Q12,061.90

Cuadro 37: Valores Presentes Netos de los diferentes sistemas, escenario 1.

SISTEMA	VPN
ELÉCTRICO	Q30,319.41
GAS	Q16,609.68
SOLAR	Q12,061.90

Al comparar los VPN's (Valor Presente Neto) de los tres sistemas, vemos que el eléctrico es casi el doble en costos en diez años. La siguiente gráfica muestra los costos en Valor Presente Neto utilizando la TMAR del 5%. Como se puede ver la inversión en el sistema solar contra el sistema de gas se paga entre el año 6-7, y contra el sistema eléctrico se paga entre el año 3-4.

Ilustración 147: VPN's TMAR 5%, escenario 1.

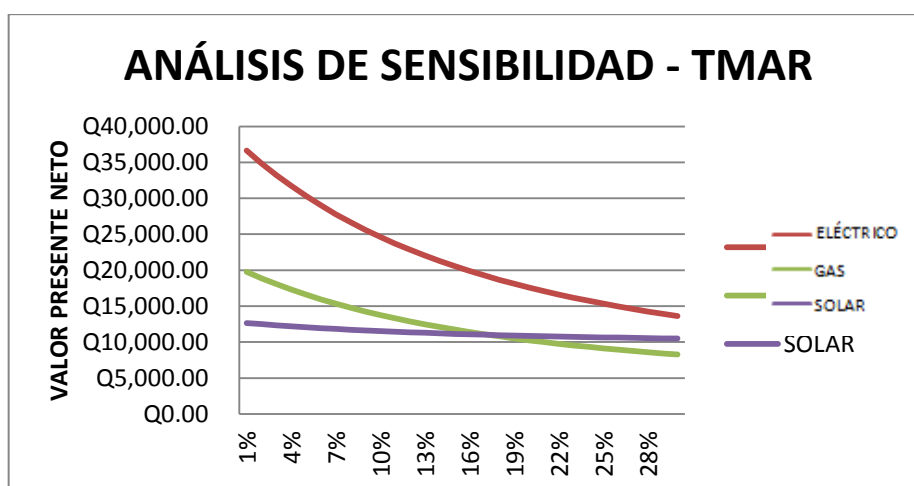
Debido a que la diferencia entre los sistemas de gas y solar es poca, se realizó un análisis de flujo incremental para ver si la inversión adicional en el solar vale la pena.

Cuadro 38: Flujo incremental de sistema solar vs Sistema de gas, escenario 1.

AÑO	GAS	SOLAR	FLUJO INCREMENTAL
0	Q 2,699.00	Q 9,445.00	Q (6,746.00)
1	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
2	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
3	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
4	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
5	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
6	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
7	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
8	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
9	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
10	Q 1,801.50	Q 338.90	Q 1,462.60
		TIR	17.28%

La TIR del flujo incremental fue de 17.28%, esto significa que cuando la TMAR sea menor que este valor la inversión adicional en un sistema solar será rentable, en caso que la TMAR sea mayor convendrá más el sistema de gas. La siguiente gráfica muestra el VPN del flujo de caja de las tres alternativas. El momento en que se cruzan dos líneas marca el punto en que se cambia de decisión entre alternativas, en este caso las líneas de flujo del sistema de gas cruza con el solar cuando la TMAR es de 17.28%, si la TMAR es mayor se cambia a gas. La línea del flujo de efectivo del sistema eléctrico nunca cruza a las demás por lo que nunca entra a ser una alternativa.

Ilustración 148: Análisis de sensibilidad TMAR, escenario 1.



Para todas las TMAR que están del lado izquierdo del punto que las líneas se cruzan si valdría la pena la inversión extra de un sistema solar contra un sistema de gas; para las TMAR del lado derecho, la inversión no es lo suficientemente rentable.

3. **Escenario 2.** En este escenario se analiza una casa donde vive una familia de cuatro personas, cuatro lavamanos, una lavadora de ropa y una lavadora de platos que la utilizan dos veces a la semana. Con la tabla de consumo de agua de los diferentes puntos de demanda en la casa se calculó el gasto promedio de litros de agua al día.

Cuadro 39: Consumo promedio diario, escenario 2.

DUCHAS DIARIAS	4
Lavamanos	4
Lavadora ropa	1
Lavadora platos	1
LITROS DIARIOS	254.73

Para esta situación los sistemas correspondientes son los siguientes:

Cuadro 40: Sistema eléctrico, gas y solar para escenario 2.

	SISTEMAS		
	ELÉCTRICO	GAS	SOLAR
Capacidad	18 lts/día	18 lts/día	300 litros
Costo	Q 3,600.00	Q 3,699.00	Q 19,099.00

Para calcular los gastos eléctricos se utilizó la información de casos específicos proporcionados por los vendedores de estos sistemas. Para los sistemas de gas se resolvió la ecuación explicada anteriormente y para los sistemas solares se calculó un 2% anual de mantenimiento preventivo y gasto del funcionamiento del respaldo eléctrico dos semanas al año. Para los sistemas de gas y eléctricos se depreciaron los gastos de instalación y mantenimiento ya que según las entrevistas realizadas su costo es mínimo y no representaría algo significativo. El siguiente cuadro muestra los cálculos para el consumo de gas:

Cuadro 41: Consumo de gas propano, escenario 2.

	Demanda anual	92976.00	
	m ³	92.98	
	kg	92976.00	
	g	92976000.00	
	Delta T	30.00	
	Joules necesarios	11670347520.00	
Gas Propano	Calor de combustión	2217.90	kJ/mol
	kJ/gramo	50.41	
	J/gramo	50406.82	
	Gramos propano	231523.19	
	Libras	510.42	
	Q/libra	Q 6.00	
	Q	Q 3,062.54	
	Con 85% eficiencia	Q 3,602.99	
	Q/mes	Q 300.25	

Cuadro 42: Gasto mensual y anual de los diferentes sistemas, escenario 2.

SISTEMA	GASTO/MES	ANUAL
ELÉCTRICO	Q 601.54	Q 7,218.43
GAS	Q 300.25	Q 3,602.99
SOLAR	Q 56.83	Q 681.98

Ya con la inversión inicial y los gastos anuales de cada sistema se realizó un flujo de efectivo para cada sistema y luego un análisis de flujo incremental para comparar las dos mejores opciones

Cuadro 43: Flujo de efectivo para sistema eléctrico, escenario 2.

FLUJO DE EFECTIVO ELÉCTRICO			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 3,600.00	Q -	Q 3,600.00
1	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
2	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
3	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
4	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
5	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
6	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
7	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
8	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
9	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
10	Q -	Q 7,218.43	Q 7,218.43
		VPN	Q 59,338.82

Cuadro 44: Flujo de efectivo para sistema de gas, escenario 2.

FLUJO DE EFECTIVO GAS			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 3,699.00	Q -	Q 3,699.00
1	Q -	Q 3,602.99	Q 3,602.99
2	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
3	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
4	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
5	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
6	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
7	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
8	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
9	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
10	Q -	Q3,602.99	Q 3,602.99
		VPN	Q31,520.35

Cuadro 45: Flujo de efectivo para sistema solar, escenario 2.

FLUJO DE EFECTIVO SOLAR			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 19,099.00	Q -	Q 19,099.00
1	Q -	Q 681.98	Q 681.98
2	Q -	Q681.98	Q 681.98
3	Q -	Q681.98	Q 681.98
4	Q -	Q681.98	Q 681.98
5	Q -	Q681.98	Q 681.98
6	Q -	Q681.98	Q 681.98
7	Q -	Q681.98	Q 681.98
8	Q -	Q681.98	Q 681.98
9	Q -	Q681.98	Q 681.98
10	Q -	Q681.98	Q 681.98
		VPN	Q24,365.07

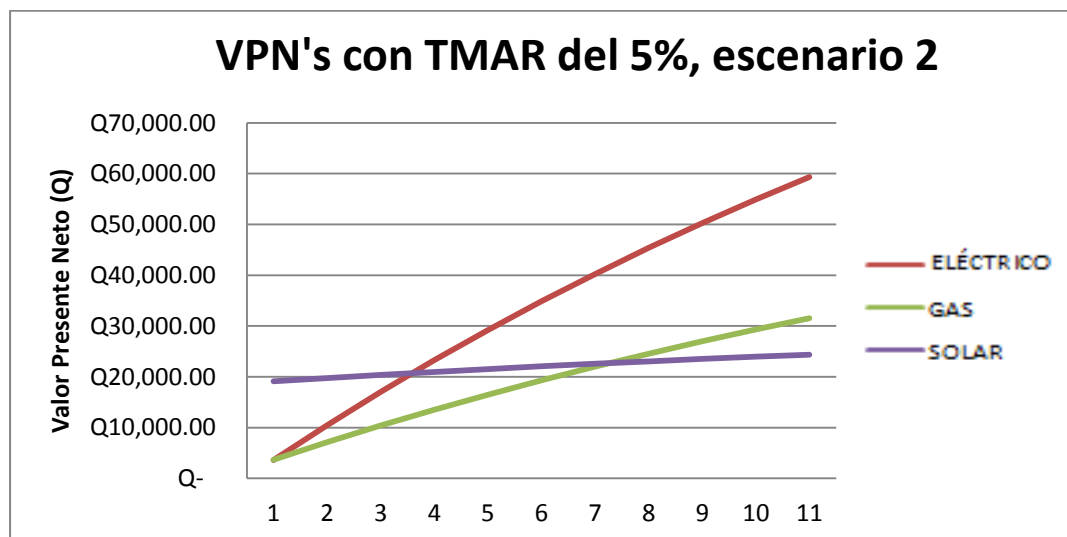
Cuadro 46: Valores Presentes Netos de los diferentes sistemas, escenario 2.

SISTEMA	VPN
ELÉCTRICO	Q59,338.82
GAS	Q31,520.35
SOLAR	Q24,365.07

Nuevamente el VPN del sistema eléctrico está muy por encima de los otros sistemas. La siguiente gráfica muestra los costos en Valor Presente Neto utilizando la TMAR del 5%. Como se

puede ver la inversión en el sistema solar contra el sistema de gas se paga entre el año 7-8, y contra el sistema eléctrico se paga entre el año 3-4.

Ilustración 149: VPN's TMAR 5%, escenario 2.



En este escenario la diferencia entre el sistema solar y de gas es menos pronunciada pero se realizara el análisis de flujo incremental para decidir si la inversión adicional vale la pena o no.

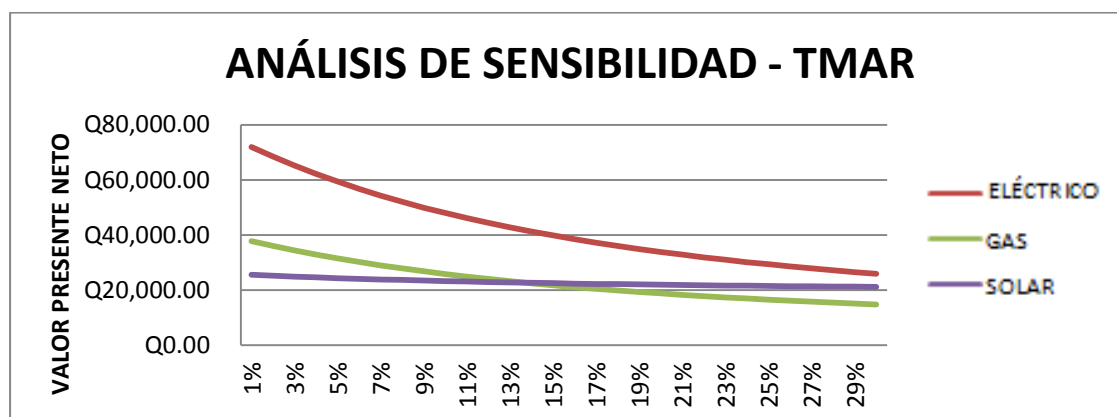
Cuadro 47: Flujo incremental de sistema solar vs. sistema de gas, escenario 2.

AÑO	GAS	SOLAR	FLUJO INCREMENTAL
0	Q 3,699.00	Q19,099.00	Q (15,400.00)
1	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
2	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
3	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
4	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
5	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
6	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
7	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
8	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
9	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
10	Q 3,602.99	Q 681.98	Q 2,921.01
		TIR	13.73%

La TIR del flujo incremental fue de 13.73%, esto significa que cuando le TMAR sea menor que este valor la inversión adicional en un sistema solar será rentable, en caso que la TMAR sea mayor ya no valdrá la pena la inversión extra. La siguiente gráfica muestra el VPN del flujo de caja de las tres alternativas. El momento en que se cruzan dos líneas marca el punto en que se cambia de decisión entre alternativas, en esta caso las líneas de flujo del sistema de gas cruza con el solar cuando la

TMAR es de 13.73%, si la TMAR es mayor se cambia a gas. La línea del flujo de efectivo del sistema eléctrico nunca cruza a las demás por lo que nunca entra a ser una alternativa.

Ilustración 150: Análisis de sensibilidad TMAR, escenario 2.



Para todas las TMAR que están del lado izquierdo del punto que las líneas se cruzan si valdría la pena la inversión extra de un sistema solar contra un sistema de gas; para las TMAR del lado derecho la inversión no es lo suficientemente rentable.

4. **Escenario 3.** En este escenario se analiza una casa donde vive una familia de cinco personas con una empleada, seis lavamanos, una lavadora de ropa y una lavadora de platos que la utilizan dos veces a la semana. Con la tabla de consumo de agua de los diferentes puntos de demanda en la casa se calculó el gasto promedio de litros de agua al día.

Cuadro 48: Consumo promedio diario, escenario 3.

DUCHAS DIARIAS	6
Lavamanos	6
Lavadora ropa	1
Lavadora platos	1
LITROS DIARIOS	376.39

Para esta situación los sistemas correspondientes son los siguientes:

Cuadro 49: Sistema eléctrico, gas y solar para escenario 3.

	SISTEMAS		
	ELÉCTRICO	GAS	SOLAR
Capacidad	18 lts/día	18 lts/día	200 litros
Costo	Q 3,600.00	Q 3,699.00	Q 14,199.00
Cantidad	2	2	2
	Q 7,200.00	Q 7,398.00	Q 28,398.00

Para calcular los gastos eléctricos se utilizó la información de casos específicos que me fueron proporcionados por los vendedores de estos sistemas, para los sistemas de gas se resolvió la ecuación explicada anteriormente y para los sistemas solares se calculó un 2% anual de mantenimiento preventivo y gasto del funcionamiento del respaldo eléctrico dos semanas al año. Para los sistemas de gas y eléctricos se depreciaron los gastos de instalación y mantenimiento ya que según las entrevistas realizadas su costo es mínimo y no representaría algo significativo. El siguiente cuadro muestra los cálculos para el consumo de g

Cuadro 50: Consumo de gas propano, escenario 3.

	Demanda anual	137384.00	
	m³	137.38	
	kg	137384.00	
	g	137384000.00	
	Delta T	30.00	
	Joules necesarios	17244439680.00	
Gas Propano	Calor de combustión	2217.90	kJ/mol
	kJ/gramo	50.41	
	J/gramo	50406.82	
	Gramos propano	342105.30	
	Libras	754.22	
	Q/libra	Q 6.00	
	Q	Q 4,525.30	
	Con 85% eficiencia	Q 5,323.88	
	Q/mes	Q 443.66	

Cuadro 51: Gasto mensual y anual de los diferentes sistemas, escenario 3.

SISTEMA	GASTO/MES	ANUAL
ELÉCTRICO	Q 802.05	Q 9,624.58
GAS	Q 443.66	Q 5,323.88
SOLAR	Q 80.66	Q 967.96

Ya con la inversión inicial y los gastos anuales de cada sistema, se realizó un flujo de efectivo para cada sistema y luego un análisis de flujo incremental para comparar las dos mejores opciones.

Cuadro 52: Flujo de efectivo para sistema eléctrico, escenario 3.

FLUJO DE EFECTIVO ELÉCTRICO			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 7,200.00	Q -	Q 7,200.00
1	Q -	Q 9,624.58	Q 9,624.58
2	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
3	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
4	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
5	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
6	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
7	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
8	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
9	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
10	Q -	Q9,624.58	Q 9,624.58
		VPN	Q81,518.42

Cuadro 53: Flujo de efectivo para sistema de gas, escenario 3.

FLUJO DE EFECTIVO GAS			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 7,398.00	Q -	Q 7,398.00
1	Q -	Q 5,323.88	Q 5,323.88
2	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
3	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
4	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
5	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
6	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
7	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
8	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
9	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
10	Q -	Q5,323.88	Q 5,323.88
		VPN	Q48,507.63

Cuadro 54: Flujo de efectivo para sistema solar, escenario 3.

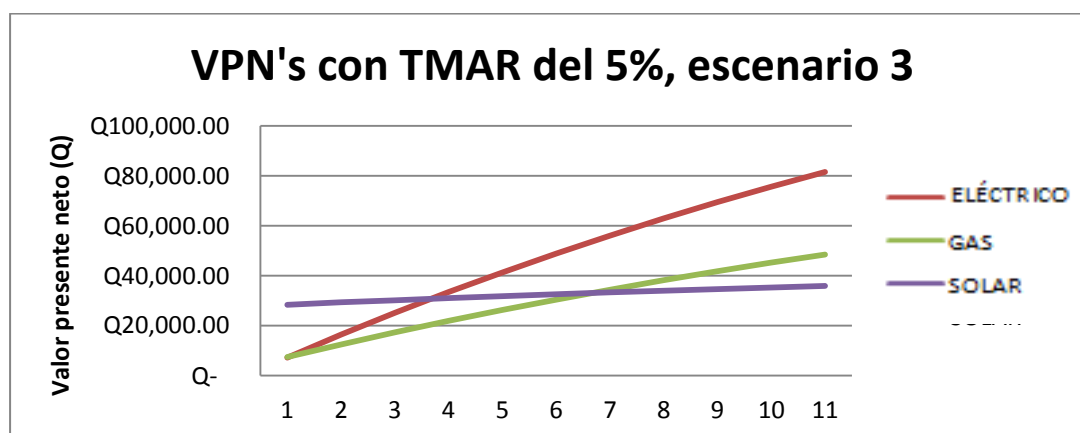
FLUJO DE EFECTIVO SOLAR			
AÑO	INVERSIÓN	GASTO	FLUJO
0	Q 28,398.00	Q -	Q 28,398.00
1	Q -	Q 967.96	Q 967.96
2	Q -	Q967.96	Q 967.96
3	Q -	Q967.96	Q 967.96
4	Q -	Q967.96	Q 967.96
5	Q -	Q967.96	Q 967.96
6	Q -	Q967.96	Q 967.96
7	Q -	Q967.96	Q 967.96
8	Q -	Q967.96	Q 967.96
9	Q -	Q967.96	Q 967.96
10	Q -	Q967.96	Q 967.96
		VPN	Q35,872.33

Cuadro 55: Valores presentes netos de los diferentes sistemas, escenario 3.

SISTEMA	VPN
ELÉCTRICO	Q81,518.42
GAS	Q48,507.63
SOLAR	Q35,872.33

Al comparar los VPN's vemos que el valor del sistema eléctrico está muy por encima de los otros sistemas. La siguiente gráfica muestra los costos en Valor Presente Neto utilizando la TMAR del 5%. Como se puede ver la inversión en el sistema solar contra el sistema de gas se paga entre el año 6-7, y contra el sistema eléctrico se paga entre el año 3-4.

Ilustración 151: VPN's TMAR 5%, escenario 3.



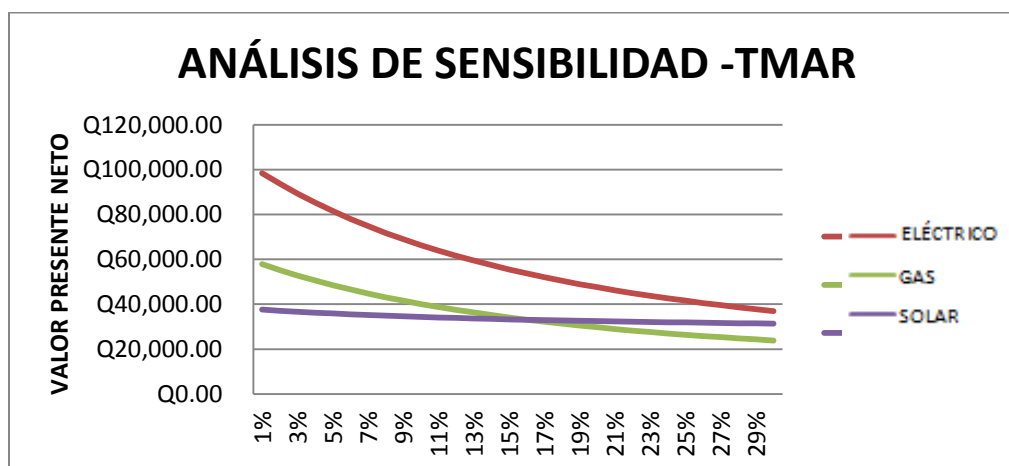
Las dos mejores opciones son otra vez el sistema de gas y el solar, se realizará el análisis de flujo incremental para decidir si la inversión adicional vale la pena o no utilizando diferentes TMAR.

Cuadro 56: Flujo incremental de sistema solar vs sistema de gas, escenario 3.

AÑO	GAS	SOLAR	FLUJO INCREMENTAL
0	Q 7,398.00	Q28,398.00	Q (21,000.00)
1	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
2	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
3	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
4	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
5	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
6	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
7	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
8	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
9	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
10	Q 5,323.88	Q 967.96	Q 4,355.92
		TIR	16.07%

La TIR del flujo incremental fue de 16.07%, esto significa que cuando le TMAR sea menor que este valor la inversión adicional en un sistema solar será rentable, en caso que la TMAR sea mayor ya no valdrá la pena. La siguiente gráfica muestra el VPN del flujo de caja de las tres alternativas. El momento en que se cruzan dos líneas marca el punto en que se cambia de decisión entre alternativas, en esta caso las líneas de flujo del sistema de gas cruza con el solar cuando la TMAR es de 16.07%, si la TMAR es mayor se cambia a gas. La línea del flujo de efectivo del sistema eléctrico nunca cruza a las demás por lo que nunca entra a ser una alternativa.

Ilustración 152: Análisis de sensibilidad TMAR, escenario 3.



Para todas las TMAR que están del lado izquierdo del punto que las líneas se cruzan si valdría la pena la inversión extra de un sistema solar contra un sistema de gas; para las TMAR del lado derecho la inversión no es lo suficientemente rentable.

5. **Análisis y discusión.** Como pudimos ver en los diferentes escenarios los sistemas eléctricos para calentar agua tienen una inversión inicial baja pero los gastos eléctricos están muy por encima de los del gas. El precio kWh está demasiado caro como para que estos sistemas puedan competir contra los de gas o los solares. Un dato curioso es que en la mayoría de casas que se visitaron utilizan sistemas eléctricos. Al preguntársele a los dueños de casa por qué no utilizan un sistema de gas o solar, ya que son muchas más eficientes en cuanto a costos, lo que respondían es que en un sistema eléctrico se desentiende de todo el proceso y la inversión inicial es relativamente baja. Sólo se instala y punto, no tienen que estar comprando y llevando control del gas y del solar pues lo miraban como una inversión demasiado grande.

Mucha gente le tiene miedo al gas, ven peligroso tener tanques de 35, 50 o 100 libras de gas dentro de su casa donde está su familia. Pero la realidad es que es muy seguro, tomando ciertas medidas de seguridad básicas el tener un tanque de gas dentro del hogar no debería presentar riesgo alguno.

Otro punto muy importante es que en casi todos los edificios de Guatemala está prohibido el uso de sistemas que utilicen gas como combustible. Las razones son muchas, una es que los tanques de gas necesitan estar en un espacio abierto para que en caso de una fuga no se concentre mucho el gas. También, el miedo al gas que le tienen las personas a mantener un gas dentro de su hogar, aumenta cuando es un edificio con varios apartamentos y que el riesgo ya no sería solo el tanque propio sino que también el de los vecinos.

En Guatemala las personas tienen una percepción de que es peligroso mantener un tanque de gas en la casa y también prefieren la comodidad de poder desentenderse de todo el proceso de calefacción de agua y no tener que estar comprando gas. Lo importante es que sepan cuánto les está costando el poder desentenderse del proceso. Al ver los resultados de los escenarios es evidente que los sistemas eléctricos son la alternativa más costosa, la de gas requiere una inversión inicial igual de pequeña que la de los sistemas eléctricos y el gasto en gas es mucho menor.

Al comparar los sistemas de gas a los solares la decisión depende básicamente de la TMAR que tiene la persona, para los tres escenarios se determinó que la TIR del flujo incremental fue 17.28%, 13.73% y 16.07% para los escenarios 1, 2 y 3 respectivamente. Como se explicó en los resultados de cada caso, la decisión de si vale la pena la inversión extra en los sistemas solares depende de si la TMAR es mayor o menor que la TIR obtenida.

XI. Reutilización de aguas grises

A. INTRODUCCIÓN

En Guatemala se registra un período de seis meses de sequía todos los años, esto genera problemas de escases de agua. De esta afirmación proviene la importancia de la reutilización y reciclaje del vital líquido. Las aguas residuales o de desecho se pueden dividir en dos grupos principales: las aguas grises y las aguas negras. Muchas veces se trata a estas de la misma manera, pero demandan tratamientos diferentes pues las aguas grises no contienen materiales orgánicos y dañinos.

Actualmente, hay comunidades en el país, como Baja Verapaz y algunas en la cuenca del lago de Atitlán, en donde se benefician de estos sistemas. Sin embargo no se conoce completamente las tecnologías disponibles ni los beneficios ambientales y económicos que estos sistemas traen.

En Guatemala y en muchas partes del mundo, las personas tiene la idea que las tecnologías amigables con el ambiente son extremadamente caras debido a que requieren de una fuerte inversión inicial. Lo que no saben es que el ahorro que este trae luego es grande y además que se estará contaminando menos nuestro planeta y se estará desarrollando una economía, industrialización y construcción mucho más sostenible.

Por lo tanto, la razón de realizar este trabajo es presentar los costos y beneficios reales para los guatemaltecos y funcionar como una guía para que se empiecen a implementar las tecnologías amigables con el ambiente como se ha hecho en países más desarrollados que el nuestro.

La tendencia del mundo actual son las energías verdes, la reducción impacto ambiental y por supuesto el ahorro por lo que con este trabajo se pretende poner a Guatemala a la altura de los países desarrollados y que por medio de esto se pueda crecer económicamente. En Guatemala no se conoce cómo tratar aguas grises y aguas de lluvia, por lo que este trabajo será de gran utilidad para empresarios, industrias, residencias y personas individuales que quieran tener una guía de procesos y tratamientos, y sus costos y utilidades, para tratar aguas pluviales y grises.

Se cree, y se pretende demostrar que los sistemas de tratamiento y reutilización de aguas grises y pluviales son de gran beneficio ambiental y económico en las construcciones.

En este trabajo de graduación se hará una investigación profunda de las aguas grises y las aguas pluviales para entender por qué se deben tratar separadas del resto de aguas residuales. Se

definirán los procesos y sistemas de tratamiento y reutilización de las mismas y se dará un análisis financiero de los beneficios económicos que estas traen. Además se darán los beneficios ambientales.

La investigación está delimitada a tres escenarios de diferentes tamaño y tipo ubicadas en Guatemala. Los análisis económicos se hacen en la moneda Quetzales.

Para la realización de esta investigación, se llevará a cabo la recopilación de información acerca de los sistemas de tratamiento, procesos que existen y áreas de aplicación para fundamentar una base teórica. Luego de esto se hará un análisis financiero, comparándolo con los sistemas convencionales y se podrá determinar el tiempo que se tarda la inversión en convertirse en un ahorro.

Los resultados obtenidos nos indican que para un tiempo de proyecto de diez años, en todos los escenarios existe un sistema que trae un ahorro y es rentable para la construcción. Esto añadido al beneficio ambiental que conlleva la utilización de sistemas amigables con el medio ambiente.

B. OBJETIVOS

1. Generales

- Ser parte de la guía para Guatemala de cómo realizar una construcción verde reduciendo el impacto ambiental describiendo los procesos y sistemas de tratamiento y reutilización de aguas grises y pluviales. Demostrar y facilitar el entendimiento de los beneficios y ahorro que conlleva utilizar sistemas amigables con el ambiente para tratar y reutilizar aguas grises y pluviales, a través de análisis financieros y de impacto ambiental.

2. Específicos

- Definir la composición de las aguas grises y pluviales
- Mostrar que la diferencia entre las aguas negras y las grises y pluviales hace que los tratamientos para ambas sean distintos y enfatizar en la necesidad de separarlas.
- Definir los diferentes tipos de agua y los parámetros para su clasificación así como las fuentes de contaminación de las mismas.
- Diferenciar la calidad de agua necesaria para cada uno de los procesos para los que se usa este recurso.

- Definir 9 sistemas diferentes para la reutilización y tratamiento de aguas grises. Definir sistemas para reutilización y tratamiento de aguas pluviales.
- Definir los beneficios que trae la reutilización y tratamiento de aguas grises y pluviales.
- Dar informes financieros de tasa de retorno interna, retorno sobre inversión y consumos de agua al utilizar sistemas amigables de reutilización en contraste con los sistemas convencionales.
- Identificar qué sistema es más recomendable para 3 diferentes escenarios de consumo de agua exponiendo ahorro anual, tasa de retorno interna y retorno de inversión a diez años.

C. CONTENIDO

1. **Composición de aguas grises y pluviales.** El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. A presión atmosférica el punto de congelación es 0°C y el de ebullición 100°C, alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C y se expande al congelarse. Se le conoce como el disolvente universal. Esta sufre de contaminación, y en el presente trabajo se habla específicamente de las aguas grises y pluviales.

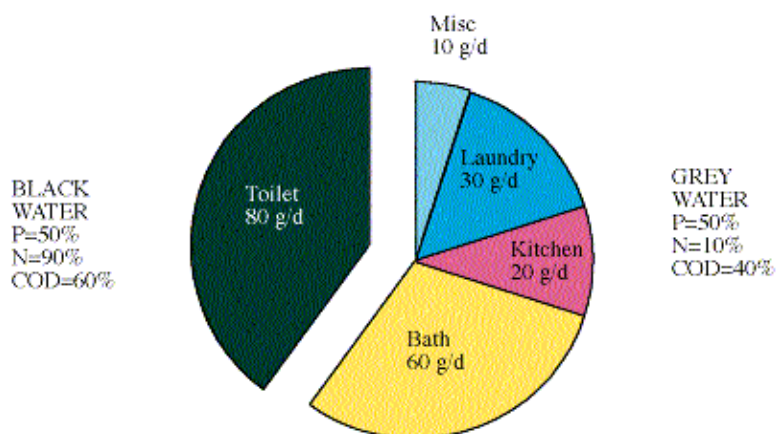
Las aguas grises y pluviales se caracterizan por sus bajos niveles de contaminación dañina para el ser humano y ambos tipos de agua pueden ser tratados de una manera sencilla para ser reutilizadas. A continuación se definen los dos conceptos.

a. **Aguas grises.** Las aguas grises son las aguas generadas en los procesos de un hogar, tales como las descargadas por lavadoras de platos, en el lavado de utensilios, lavadoras de ropa, pilas, desagües de bañeras, cocinas, etc. Exceptuando el agua de los inodoros. Las aguas grises comprenden del 60-80% del desperdicio de agua residencial. Se les conoce también como aguas usadas, porque fueron previamente utilizadas para la higiene o lavado. Estas se distinguen de las aguas negras porque no contienen bacterias *Escherichia Coli* y además no arrastra los organismos que usualmente contienen enfermedades. No es tampoco agua potable, ya que contiene contaminantes dañinos para su ingesta.

Éstas son de vital importancia pues pueden ser reutilizadas fácilmente y reducir el consumo de agua potable para ciertas actividades cotidianas. Esto se logra si se separan las aguas grises de las negras y se separa también el suministro de diferentes calidades de agua a las áreas del hogar.

Tienen comúnmente un alto contenido de productos químicos como fosfatos y clorados y se descomponen más rápido que las aguas negras pues también tienen menos nitrógeno y fósforo. Contiene también potasio y otros componentes orgánicos que pueden ser beneficiosos si se manejan y tratan correctamente. Contienen algún porcentaje de aguas negras, como algunos patógenos, pero no en cantidades grandes.

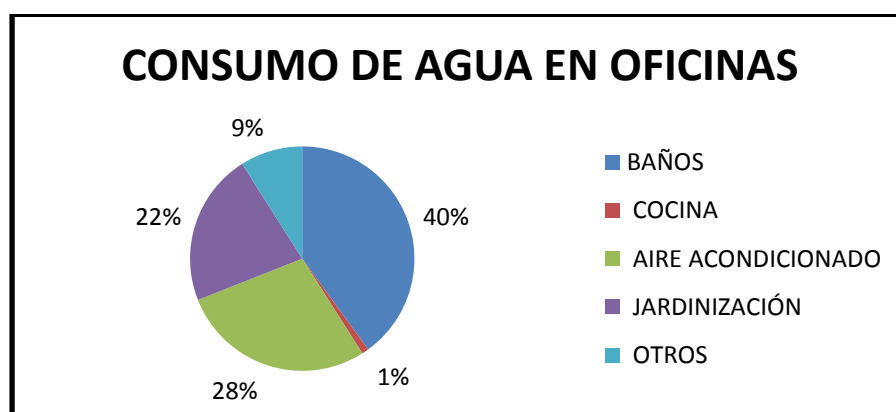
Ilustración 153: Clasificación de aguas residuales.



En esta ilustración se puede apreciar la diferencia en cantidad de aguas negras y aguas grises y su origen. Las aguas negras provienen de inodoros y las aguas grises de baño, cocina, lavadoras y otros usos. Las aguas grises representan el 60% de las aguas residuales.

Además, la tendencia se mantiene en las oficinas, colegios, hoteles, hospitales e industrias, no solamente en los hogares. Aproximadamente el 40% de las aguas residuales son negras y el resto son aguas grises. A continuación se presenta el detalle de consumo en oficinas:

Ilustración 154: Consumo de agua en oficinas.



Entre otras características del agua gris se puede decir que se descompone mucho más rápido que las aguas negras, por lo tanto para su tratamiento hay que conservarlas fuera del alcance del oxígeno para que no sufran contaminación orgánica inmediata. Además las aguas grises contienen

solo una décima parte del nitrógeno que contienen las aguas negras.

La Demanda Biológica de Oxígeno o DBO es la medida en la que el material oxidable afecta la cantidad de oxígeno en el agua. Esta relación se gráfica en curvas relacionando la cantidad de oxígeno demandado y el tiempo, y estas son muy diferentes para las aguas negras y las grises. En los estudios que se han realizado se demuestra que luego de cinco días el agua negra sólo ha logrado el 40% de descomposición, pero en el agua gris se ha logrado un 90%.

Esta rápida tasa de descomposición puede ser explicada por la presencia de compuestos diferentes y pesados en el agua negra como orina, heces, celulosa, compuestos de nitrógeno y otros. El proceso entonces se vuelve más lento y el inicio de la nitrificación toma mucho tiempo.

Las aguas grises tienen una tasa de descomposición mucho más rápida, esto significa que al descargarse en un río o un lago, tendrán un impacto negativo más inmediato en el cuerpo receptor. Por esta misma razón las aguas grises se descomponen más rápido en los suelos después de la infiltración y no recorren mucha distancia, por lo que la probabilidad que contamine un cuerpo de agua se reduce. Si las aguas negras y grises no son divididas, las grises recorren tanta distancia como las negras y consumen mucho oxígeno.

A continuación, un diagrama de comparación entre la descomposición o consumo de oxígeno de las aguas negras y grises:

Ilustración 155: Tasa de descomposición en agua gris y negra.

Comparative Rates of Decomposition in Greywater and Blackwater.

(greywater = bath, dish and wash water; blackwater = water from flush toilets)

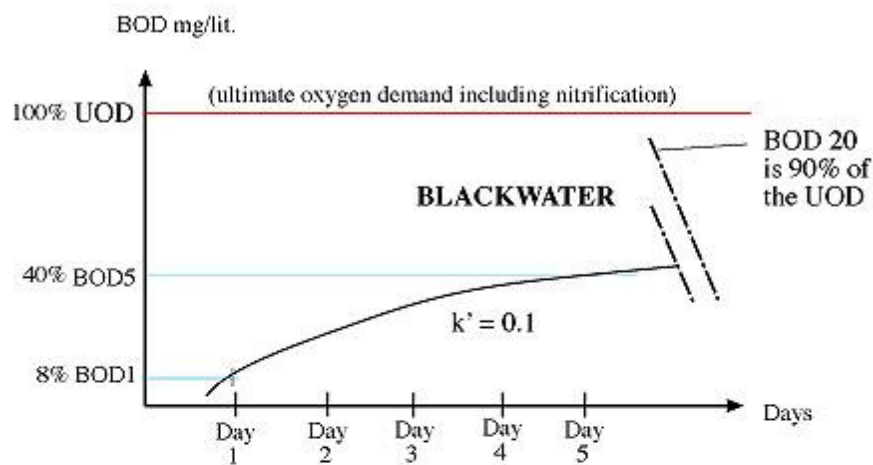


Fig. 1

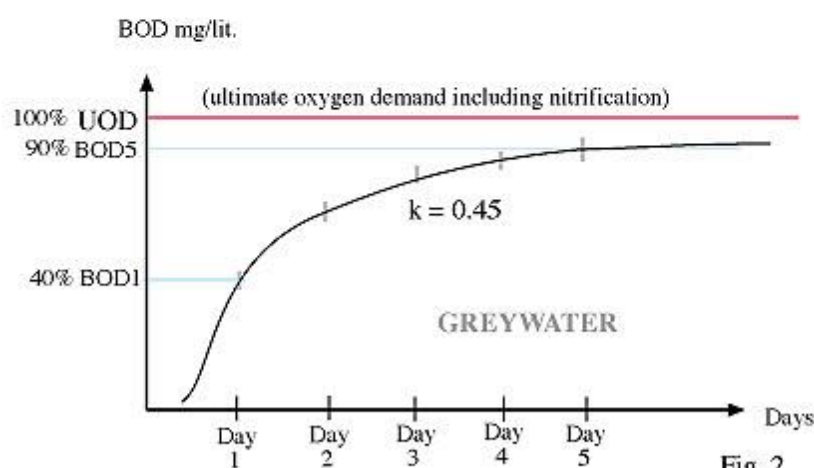


Fig. 2

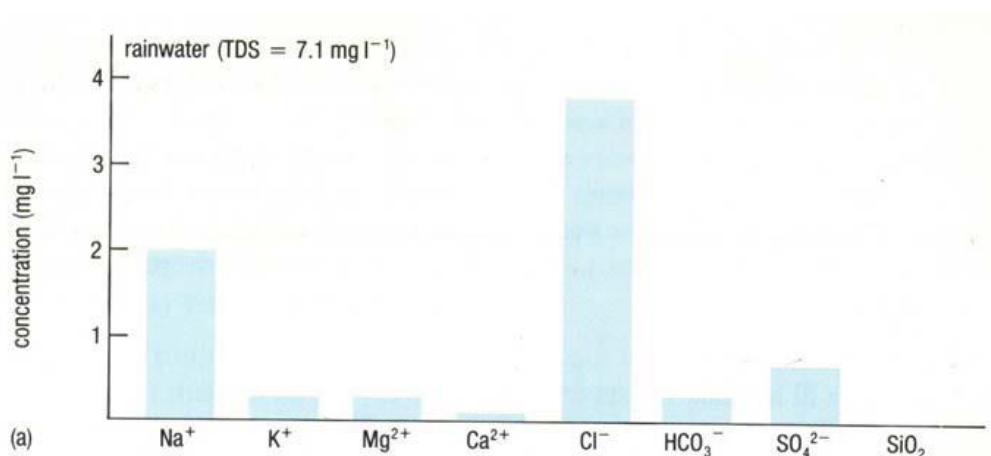
Source: Olson E. et al. "Residential waste waters" - The Swedish National Institute of Building Research. 1967

b. Aguas pluviales.

Las aguas pluviales son las que resultan de la lluvia o precipitación, la que a su vez resulta de la condensación del vapor acuoso de la atmósfera y de los cuerpos de agua de la tierra. Sus características la hacen perfectamente utilizable para uso doméstico e industrial. La obtenemos sin ningún costo y usualmente es desperdiciada o conducida al sistema de alcantarillado, pero podríamos aprovecharla.

Las aguas de lluvia se caracterizan por ser bajas en salinidad, ricas en gases y además pueden tener cierta carga microbiana por lo que arrastran en la atmósfera. En la atmósfera hay diversos gases como N₂, O₂, vapor de agua, aerosoles, polvo y otros los cuales reaccionan con el agua de lluvia. En áreas no contaminadas el agua de lluvia tiene una débil mineralización y una acidez moderada (pH entre 5 y 6), tiene carácter oxidante y gran capacidad como consecuencia de los materiales que posee. El clima, la actividad biológica, el tipo de suelo y la contaminación condicionan la composición química del agua de lluvia. En la siguiente tabla se puede ver la concentración de minerales que tiene el agua de lluvia:

Ilustración 156: Concentración de minerales en agua pluvial.



2. **Historia.** Hace muchos años los pueblos antiguos no necesitaban obras de ingeniería para su aprovisionamiento de agua, vivían cerca de las fuentes naturales y la contaminación no era un problema. Al desarrollar la vida en comunidad, empezó el desarrollo agrícola y urbano, el suministro de agua se convirtió en problema ya que necesitaban riego.

Existen registros de métodos usados 4,000 años antes de Cristo en donde los griegos recomendaban métodos de cómo filtrar a través de carbón, rayos solares y ebullición para mejorar el sabor y olor del agua. Además se ha encontrado que en el antiguo Egipto dejaban reposar el agua en vasijas de barro para precipitar las partículas e impurezas y por medio de un sifón extraían el agua (decantación). También incorporaban sustancias minerales y extractos vegetales para clarificar el agua y precipitar las partículas suspendidas.

Se han encontrado alcantarillados en Creta y antiguas ciudades asirias, pero el pueblo romano fue el primero en tener en cuenta la sanidad del agua. Construyó acueductos para traer aguas limpias, poseían filtros en el recorrido y estanques para asegurar la claridad. En Siria y Babilonia

también se construyeron conducciones de albañilería y acueductos para acercar el agua desde sus fuentes a lugares próximos a las viviendas. Luego de la caída del Impero Romano esta construcción decayó y se siguió utilizando las fuentes de manantiales locales.

Pero los intentos por tratar el agua se remontan a la Edad Media. Las ciudades europeas estaban urbanizándose rápidamente y el saneamiento era un problema cada vez mayor. Por su parte las ciudades crecían cada vez más en agricultura controlada y eran fuente de nutrientes agrícolas. Se empezaron a usar excavaciones subterráneas privadas y más tarde letrinas. Durante esta época se empezó a utilizar aguas grises y excretas para el riego ya que contenía fertilizantes para producir más, esto beneficiaba además a la limpieza urbana.

Luego en Inglaterra se inventó la bomba a mediados del siglo XVI e impulsó la posibilidad de sistemas de suministro de agua. Ya en el siglo XVII se empezó a establecer la filtración como un medio efectivo pero todavía no era medible la claridad. En el siglo XVII se empezó a utilizar la filtración lenta sobre arena y luego más adelante en este siglo los científicos alcanzaron grandes conocimientos sobre las fuentes y los efectos de la contaminación y el contagio de enfermedades por este medio, entre ellos Pasteur que explicó como organismos microscópicos podían transmitir enfermedades graves a través del agua.

Se empezó a construir más ordenadamente desagües en forma de canales al aire o zanjas en las calles y luego en el siglo XIX se empezó a depositar desechos humanos a través de estos. Se desarrolló un sistema para desviar el agua de lluvia y las aguas residuales a los ríos y el abastecimiento municipal de agua y la instalación de cañerías impulsaron el desarrollo de los sanitarios.

A pesar de que había ciertas regulaciones a los desperdicios, los riesgos de la salud que planteaban eran grandes. A comienzos del siglo XX algunas ciudades e industrias empezaron a preocuparse ya que los desechos vertidos van directamente a los ríos provocando problemas sanitarios. Esto motivó la construcción de instalaciones de depuración. Durante estos mismos años se introdujo la fosa séptica para tratamiento de aguas residuales domésticas y para el tratamiento público se adoptó el filtro de goteo. Además se empezó a preocupar por la turbiedad del agua y las partículas como materia fecal y otros patógenos.

Durante la segunda década del siglo XX se aplicó el proceso de lodo activado y desde la década de 1970 se ha generalizado la cloración, un paso más significativo del tratamiento químico. Este fue un método efectivo para la turbiedad y la reducción de brotes epidémicos. El ozono también empezó a ser utilizado como desinfectante en Europa.

Recientemente se ha empezado a tratar el agua por osmosis inversa, técnicas de ionización, electrodiálisis, evaporación por congelación, destilación y otras técnicas dirigidas a eliminar mayor

número de contaminantes. Ha aumentado el interés en la conversión de agua de mar en agua potable en regiones muy secas como en Oriente Próximo.

Entre los avances de tratamiento de aguas grises, estos son recientes. Antes se unificaban las aguas residuales y lo que se pretende ahora es hacer énfasis en su división para que sean tratadas de manera distinta. En América Latina el 98% de las aguas negras y grises se descargan en ríos y mares sin tratamiento alguno por lo que es necesario tomar una acción como país, para tratar las aguas en drenajes y como personas individuales, para reutilizar estas aguas en nuestros procesos cotidianos.

3. Clasificación y diferencias entre los tipos de aguas. La clasificación y diferenciación entre las diferentes calidades de agua es de mucha importancia ya que ayuda a incrementar la calidad de vida del ser humano y de toda la biodiversidad como bacterias de suelos, peces, animales y plantas. Si conocemos la calidad de agua que poseemos y la aplicamos al uso para el cual es requerida no tendremos problemas de salud. Esto se debe, en gran parte, a que el 70% del volumen de nuestras células es agua, y más del 70% de enfermedades que los humanos sufrimos pueden transmitirse por medio del agua o provienen del uso de aguas con calidades inferiores para el uso en el que se aplican.

Se debe tener un estándar para clasificar el agua y que esta información pueda ser utilizada por instituciones oficiales, generadores de desechos, industrias contaminantes, productores de residuos sólidos y en general todos los ciudadanos. De esta manera se pueden tomar decisiones a favor del medio ambiente para mejorar la calidad de vida.

a. Parámetros para clasificación

- Concentración de Iones hidrógeno.

La presencia de sustancias ácidas y básicas disueltas en el agua provoca su ionización, formando iones de hidrógeno (H⁺) e iones negativos llamados hidroxilos (OH⁻). Si esta cantidad de iones negativos y positivos es la misma, se tiene un pH neutro, este valor puede variar si el líquido está saturado de ácido o cuando está saturado de sustancias alcalinas o básicas. El pH se expresa por un número entre 0 (ácido puro) y 14 (alcalinidad pura).

- Oxígeno disuelto.

Una concentración de oxígeno disuelto en el agua baja indica que hay una contaminación del líquido. Esto se debe a que hay organismos que están consumiendo este oxígeno y se están multiplicando más rápidamente que el proceso de difusión del oxígeno desde la atmósfera al agua.

Esto es señal de presencia de materia orgánica. Además, puede ser indicador de contaminación térmica por incremento en la energía cinética. Es ideal que el agua tenga una cantidad adecuada de oxígeno disuelto para que se conserve la vida acuática, aunque esto no es recomendable en aguas utilizadas para el funcionamiento de calderas pues tiende a corroer los sistemas de conversión de energía. Es indispensable que se evalúe antes la calidad de agua que se necesita para los procesos y de esta manera evaluar si la presencia o ausencia de oxígeno disuelto es ventaja o desventaja.

- Bacterias coliformes.

Se deben realizar exámenes bacteriológicos al agua para averiguar si esta tiene aguas negras y como consecuencia si esta agua puede causar enfermedades al consumirla. Con estos exámenes se determina que organismos patogénicos contiene la muestra de agua y verificar si existe algún organismo indicador de evacuaciones intestinales de animales o humanos. Los organismos indicadores ideales son los coliformes (como la *Escherichia Coli*) ya que habitan en animales de sangre caliente, se reproducen en un medio lactosado, crecen en presencia de aire y no forman esporas. Esto los vuelve evidencia de contaminación fecal y por lo tanto con su presencia se descarta el agua como potable. El agua para uso común es decir para bañarnos, cocer alimentos, lavar ropa, cepillarnos, beber y bañarnos, debe estar libre de estos organismos. Si este examen es positivo el agua amerita un tratamiento para eliminar patógenos.

- Sólidos disueltos.

El total de sólidos disueltos es directamente proporcional a la conductividad eléctrica. Es por esto que para conocer la cantidad de sólidos disueltos en el agua (indicador de contaminación) se utiliza un equipo electrométrico. La conductividad específica del agua destilada es igual a 0.5-3.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (micro Siemens por centímetro) y la presencia de una impureza aumentaría la conductancia en un orden de magnitud o más. Entonces se puede utilizar un factor entre 0.5 y 0.9 dependiendo del tipo de sólidos disueltos para determinar el total. Se multiplica este factor por la conductividad y nos da el TDS (total de sólidos disueltos) medido en miligramos por litro.

- Demanda química de oxígeno.

Esta es una medida compleja de la contaminación química del agua y se basa en los miligramos de oxígeno consumidos por litro de muestra sometida al proceso de digestión. Este proceso se lleva a cabo calentando el agua a 150°C durante dos horas en presencia de un agente oxidante fuerte. Un agente muy utilizado es el dicromato de potasio. Este proceso causa que los compuestos orgánicos oxidables reaccionen y se reduce entonces el ión dicromato en un ión crómico. Se mide la cantidad remanente del ión usando un espectrofotómetro y de esta manera se determina

la demanda química de oxígeno que tiene la muestra. El reactivo debe contener también iones de plata como catalizadores e iones de mercurio para evitar interferencias.

- Potasio.

El potasio en diferentes combinaciones: cloruro de potasio, hidróxido de potasio, carbonato de potasio y otros compuestos están asociados a jabones, detergentes, fertilizantes, polvos y otros. Estos últimos son contaminantes del agua y se puede determinar su presencia detectando presencia de potasio en la muestra analizada. Hay que buscar compuestos que contengan el metal, pues no se encuentra en estado libre.

- Cloruros.

Los cloruros son combinaciones de cloro con sustancias simples o compuestas (excepto hidrógeno u oxígeno). Los cloruros contaminan mucho el agua ya que son muy solubles en la misma y además el agua en sus recorridos naturales pasa por minas, intrusión salina en pozos, estuarios y otras fuentes de estos compuestos. El exceso de sales en el agua puede ocasionar o facilitar enfermedades por lo que debe mantenerse a no más de 100-1000 mg/L para no considerarse contaminada.

- Cobre.

Este metal y los compuestos que lo contienen puede producir contaminación en el agua, mal olor y daño a organismos acuáticos. Algunos compuestos, como el sulfato de cobre, pueden usarse para mejorar propiedades en el agua, pero no debe superar la concentración de 0.2 mg/L para no volverse dañino.

- Turbidez.

La turbidez es una contaminación que se determina a simple vista ya que se origina al dispersarse o interferirse el paso de los rayos de luz que atraviesan el agua a causa de partículas que el líquido contiene suspendidas. Estos pueden ser minerales u orgánicas tales como microorganismos, precipitaciones de óxidos, carbonato de calcio, arcilla, aluminio, etc. Este factor influye en la aceptación del agua por parte del usuario pues se determina visualmente. Además es un factor muy importante pues la presencia de turbidez en el líquido encarece mucho el tratamiento para mejorar su calidad.

- Alcalinidad y dureza.

La presencia de compuestos alcalinos o básicos presentes en el agua indica la alcalinidad o dureza del agua. Se presenta en forma de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos generalmente. Se debe mantener el agua entre los límites permitidos de alcalinidad total, es decir la suma de todas las alcalinidades específicas que produzca cada compuesto presente. Es importante mencionar que una alcalinidad muy baja tampoco es deseable pues vuelve corrosiva el agua.

- Cloro residual.

El cloro es desinfectante y anti bacterial pues al agregarse al agua este oxida la materia orgánica y bacterias presentes. El poder bactericida va disminuyendo por efectos de la luz y la desnaturalización por lo que es recomendable que en procesos de purificación en plantas de tratamiento, a nivel doméstico o en acueductos se agregue en una cantidad suficiente para que quede un exceso controlado. Este cloro residual o libre no debe exceder ciertos valores recomendados ya que pueden producir desde acidez estomacal hasta graves enfermedades. Concentraciones que superen el valor de 0.3 mg/L con consideradas contaminaciones indeseadas. Este factor es fácil de controlar por lo que la cloración del agua es muy utilizada a nivel general ya que es una alternativa al hervido de agua y más accesible.

- Temperatura *In Situ*.

La temperatura *in situ* se refiere a la temperatura del agua en el lugar o depósito de origen. Ésta es causada por la velocidad media del movimiento de átomos, iones o moléculas. Éste es un factor importante ya que influye en la obtención de resultados en el laboratorio. Si no tomamos en cuenta la temperatura podemos obtener resultados incorrectos como por ejemplo la conductividad. También afecta en el momento de ser tratada ya que si la temperatura es menor se requiere de una mayor dosis de desinfectantes. La temperatura ideal para realizar análisis y tratar el agua es 25°C. Es importante mencionar que temperaturas altas en fuentes de origen producen una disminución de oxígeno disuelto y como se mencionó anteriormente esto causa daños a los organismos. La temperatura influye también en ciertas características del agua como la fuerza iónica, constante dieléctrica, constante de disociación, pH, actividad mono y divalente, solubilidad, índice de Langelier, inactivación de bacterias, índice de Ryznar, etc.

- Olor.

El ideal para el agua es que sea inodora (además de insípida e incolora). Los olores que pueden presentarse en el agua son debido a compuestos volátiles producto de materia orgánica en descomposición. El origen de los compuestos determinará la intensidad y ofensibilidad del olor por lo que estos son buenos indicadores de contaminación en el agua además de influir en la aceptabilidad

del líquido. Este parámetro debe medirse por apreciación utilizando el sentido del olfato y es mejor si se realiza luego de calentar la muestra por un tiempo corto y agitarla para que despidiera el olor.

b. Clasificación de aguas

- Agua potable.

Este tipo de agua es el que utilizamos para beber. Esta debe ser incolora, insípida e inodora. Al tomarla el sabor es agradable pues no tiene gérmenes, no contiene componentes dañinos y no posee contaminación orgánica. Posee algunas sales disueltas y se necesita de procesos para volverla potable.

Se tolera un ligero olor y sabor, característico de los tratamientos empleados o de su procedencia natural. El color (en Pt-Co) puede ser de hasta veinte (20) miligramos por litro de agua. La turbidez puede ser de hasta seis unidades nefelométricas de formacina (en U.N.F). El PH debe ser de 6.5 a 9.5 y puede haber hasta 350mg cloruros, 400mg sulfatos, 200mg de calcio, 50mg de magnesio, 200 micro g de aluminio y 1500mg de residuo seco por litro de agua. Los niveles máximos de componentes no deseables son: 50mg de nitratos, 0.1 mg de nitritos, 0.5 mg de amoníaco, 5mg de oxidación, 1 migro gramo de fenoles, 1mg de detergentes, 200 microgramos de hierro, 50 micro gramos de manganeso, 1.5 microgramos de cinc, 2.15 microgramos de fósforo y 1.5 microgramos de flúor por litro de agua. Se admiten cantidades mínimas (1-50 microgramos) de sustancias toxicas como arsénico, cadmio, cianuros, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, plaguicidas e hidrocarburos aromáticos.

Entre las características microbiológicas como límites máximos se permiten bacterias aeróbicas hasta 200 por mililitro de agua, bacterias coliformes y estreptococos debe haber ausencia en cien mililitros, debe haber ausencia de microorganismos parásitos y patógenos y además ausencia de elementos formes a la vista.

- Agua sanitariamente permisible.

Se considera agua sanitariamente permisible aquella que en la que algunas características físicas o químicas sobrepasan los límites del agua potable. Los límites que no puede sobrepasar son los referentes a productos tóxicos, radiactivos y contaminación fecal. No podrá sobrepasar los siguientes limites microbiológicos: 10 coliformes y estreptococos fecales en cada 100 mililitros, 2 sulfito-reductores en 20 mililitros. Debe haber ausencia de coliformes fecales, de microorganismos parásitos y patógenos.

Puede haber un consumo humano excepcional de este tipo de agua en caso de falta de abastecimiento adecuado o de escasez.

- Agua negra.

Las aguas negras son aquellas que están contaminadas con restos fecales, y por lo tanto la bacteria *Escherichia Coli*. Son procedentes de desechos humanos o animales y también se les conoce como aguas servidas, aguas residuales, aguas fecales o aguas cloacales. Estas no sirven para ningún uso directo y el color que presentan es oscuro, tienen mal olor y son transportadas mediante cloacas.

No tienen muchos productos químicos por lo que son apropiadas para obtener ciertos tipos de abonos y subproductos, como el agua reciclada. Sin embargo requiere tratamiento pues no es útil para procesos directos.

Existen alternativas, como inodoros de compost, para que se traten las aguas negras de deposiciones humanas. Esos inodoros no consumen agua y ayudan a nutrir el suelo, además son limpios. Además de esto hay muchas otras maneras de purificar el agua, residencial o industrialmente, y se practican varias en nuestro país.

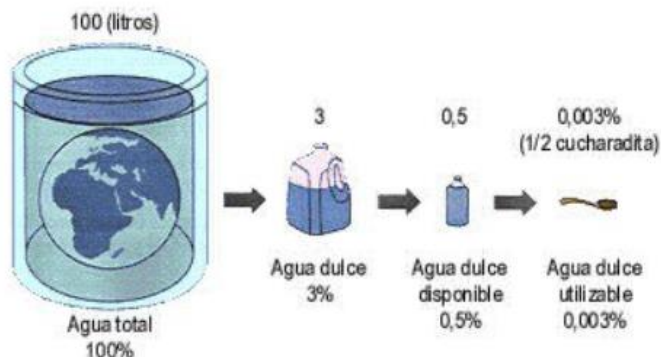
- Agua gris.
- Agua de lluvia.
- Otras clasificaciones.

Existen otras clasificaciones de aguas dependiendo de varias características, en algunas fuentes se encontraron las siguientes clasificaciones:

- Según su estado: líquido, sólido, gaseoso.
- Según su posición en el ciclo del agua: precipitación, en suspensión, en ascenso.
- Según su circunstancia: subterránea, meteórica, de deshielo, inherente (forma parte de rocas), fósil, dulce, superficial, mineral, salobre, muerta, salmuera.
- Según sus usos: entubada, embotellada, potable, purificada (destilada o des ionizada).
- Según sus propiedades: dura, blanda, de cristalización, hidratos, agua pesada, negra, gris, disfórica.
- Según su microbiología: potable, residual, de lluvia.

4. **Fuentes de contaminación del agua.** El agua es un recurso escaso.

Ilustración 157: Cantidad de agua dulce utilizable.

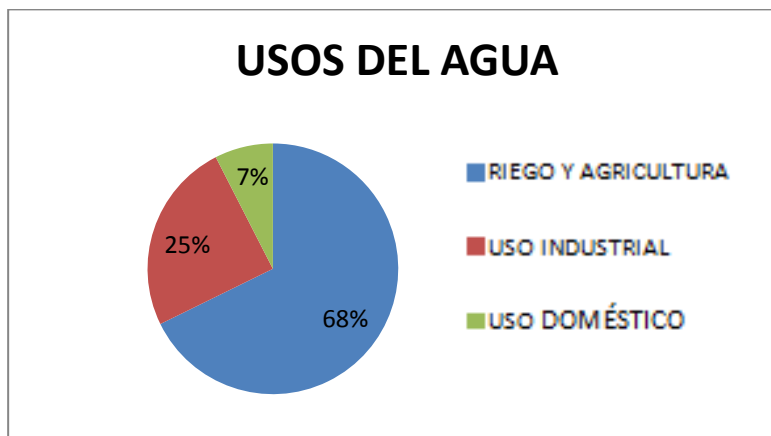


Además de ser un recurso escaso, poco valorado y derrochado, el agua está muy influenciada por la contaminación. En el ciclo del agua, ésta se ve afectada por los siguientes contaminantes:

- Sedimentos por erosión
- Agricultura y minería
- Desechos humanos o de animales

Los usos del agua en el mundo actualmente son aproximadamente los siguientes:

Ilustración 158: Usos del agua.



Es preocupante como la mayoría de agua se utiliza para riego y agricultura ya que esta podría estar obteniéndose de agua gris tratada.

a. **Principales contaminantes.** Los principales contaminantes del agua se pueden dividir en cuatro grandes grupos:

- Domésticos.

Residuos domiciliarios de la vida diaria. Dentro de estos hay aguas negras, y aguas grises. Las aguas negras o desechos cloacales tienen mucha materia orgánica y cuando ésta supera cantidades límites, las bacterias pueden consumir el oxígeno del agua afectando las funciones respiratorias de los animales y organismos que la habiten. También tienen presencia de cloruro, sulfato y sustancias nitrogenadas que pueden transformarse en nitritos y nitratos por oxidación y fertilizar.

Las grises contienen detergentes de ropa y detergentes de platos, los cuales tienen un núcleo bencénico, en el agua pueden convertirse en fenol y este es tóxico. Algunos también poseen fosfato que causa eutrofización. Además provoca espumas en la superficie, dificultando el intercambio gaseoso con la atmósfera; esto disminuye el oxígeno. Además incluyen productos de limpieza, aceites, medicamentos, pinturas, disolventes entre otros.

- Industriales.

Los contaminantes industriales son muy variados ya que dependen de la industria de la que provengan, por ejemplo de carácter mineral producidos por metalúrgicas, orgánicos como en los mataderos, tintes como en los textiles.

Entre los frecuentes encontramos los orgánicos derivados del petróleo utilizados en textiles, plástico, algodón, teñidos, medicinales. Estos son muy tóxicos pues inhiben la fotosíntesis. Otros son las sales inorgánicas como el plomo, arsénico y mercurio los cuales impiden el intercambio gaseoso y tienen efectos cancerígenos. Los ácidos son corrosivos y acidifican el agua, además de producir olores y destruir microorganismos; los hidrocarburos impiden la difusión del oxígeno.

Todos estos producen cambios físicos en las aguas: olor, color, transparencia, temperatura, dureza, etc. También es común la contaminación térmica provocada por sistemas de enfriamiento en siderúrgicas, papeleras y nucleares; esto afecta ya que demanda mayor consumo de oxígeno y puede afectar el crecimiento u ocasionar enfermedades y la muerte. Los contaminantes industriales incluyen todos residuos sin tratar, restos de fabricaciones industriales, productos químicos y lodos.

- Agrícolas y ganaderos.

Proviene del escurrimiento en el campo, cada vez se utilizan más fertilizantes aportando fósforo y nitrógeno. Mientras más materia orgánica hay, mayor es la demanda de oxígeno por lo que la cantidad disminuye y aparece la eutrofización. Aumenta exageradamente las poblaciones de algas ya que hay nutrientes adicionales, estas forman redes que luego mueren masivamente. La disminución de oxígeno promueve que aparezcan bacterias anaeróbicas las cuales descomponen la materia orgánica y liberan metano, amoníaco y ácido sulfúrico los cuales son muy dañinos y provocan

contaminación al agua en sabor, color y turbidez. Por las algas se obstruyen las tomas de agua y los filtros naturales por lo que mueren muchos organismos. Algunas bacterias producen toxinas, venenos y sustancias orgánicas. Si se agrega cloro para su limpieza puede transformarse en compuestos órgano clorados los cuales son cancerígenos. Estos desechos llegan al agua por el riego y la limpieza ganadera.

- Pluvial.

Contiene cualquier contaminante que arrastre el agua de lluvia en su paso. Arrastra una gran diversidad de contaminantes si no es recolectada apropiadamente y se deja caer al suelo en donde usualmente llega a mezclarse con el agua negra en los drenajes.

b. Contaminación de aguas grises y pluviales.

Las aguas grises son una parte de las aguas residenciales y las aguas pluviales no contienen grandes contaminantes, pues se recolecta antes de que caiga al suelo y arrastre los mismos.

En la siguiente ilustración podemos ver un consumo promedio en una residencia, y por lo tanto el desecho de la misma. La mayoría son aguas grises que se pudieran reutilizar en procesos que no requieran agua potable.

Ilustración 159: Consumo de agua típico.



Los principales contaminantes de aguas grises y pluviales son:

- Detergentes
- Productos de limpieza
- Shampoo y acondicionador
- Jabones
- Pinturas
- Aceites
- Disolventes

- Insecticidas
- Aerosoles
- Polvo

Los principales compuestos que tienen las aguas grises son fósforo, potasio, clorados y nitrógeno y estos pueden ser aprovechados para algunas aplicaciones en donde son beneficiosos, como en el riego. Las aguas pluviales tienen menos contaminantes si no se deja caer al suelo, entre los compuestos que posee están partículas de sal, nitrógeno, oxígeno y ciertos microbios. Ambas cuentan con una gran cantidad de límites permisibles para contaminantes de diferente índole definidos en el capítulo C inciso 3 de este trabajo.

Estas aguas grises contaminadas causan, a su vez, contaminación en otros cuerpos de agua si no son tratadas. Hay dos tipos de contaminación que causan las aguas grises:

- Contaminación primaria.

Los ríos y lagos reciben la contaminación de la industria y de las residencias, así como de las prácticas agrícolas, ganadería, etc. Estos componentes, al no ser tratados, llegan a los cuerpos de agua y se descomponen consumiendo el oxígeno en ella. Este proceso se conoce como la contaminación primaria y se mide utilizando la Demanda Biológica de Oxígeno o DBO y la Demanda Química de Oxígeno o DQO. Entre mayor sea la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer los contaminantes, mayor será la contaminación primaria.

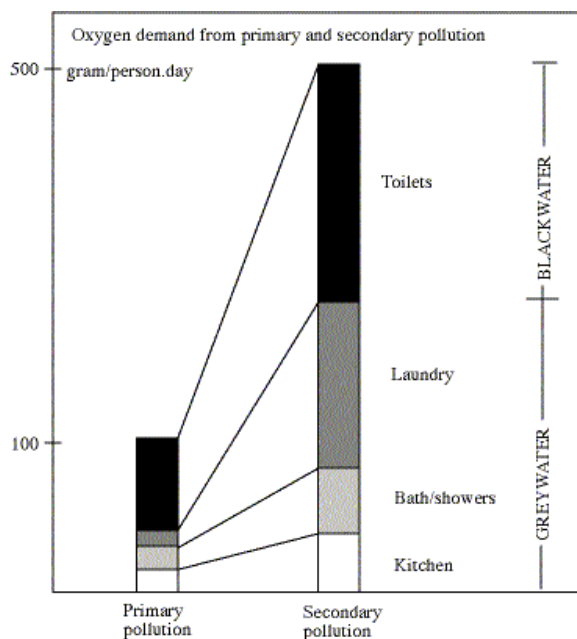
- Contaminación secundaria.

Como consecuencia de la contaminación primaria, algas y otras especies de plantas empiezan a crecer como resultado de ser fertilizadas por el aumento de nutrientes. Estas plantas, a su vez, mueren y se descomponen robando aún más el oxígeno que el agua tiene naturalmente. Esta fase se conoce también como eutrofización y es mucho más perjudicial para el nivel de oxígeno.

En las aguas grises la contaminación secundaria es muy común, ya que estas aguas contienen muchos minerales que funcionan como nutrientes y ocasionan el crecimiento fuera de control de muchas especies vegetales y de algas. Entre estos se mencionan el nitrógeno, fosforo y potasio.

El siguiente diagrama muestra la contaminación primaria y secundaria de las aguas grises y negras. Se observa la diferencia de la cantidad de oxígeno demandada:

Ilustración 160: Contaminación primaria y secundaria.



5. **Calidad de agua necesaria para procesos.** La calidad de agua es una variable ambiental y de planificación hidrológica. Es un conjunto de características físicas, químicas y biológicas que la hacen apropiada para algún uso determinado. Esta clasificación ha sido de mayor interés últimamente pues el vertido y la contaminación han aumentado y por lo tanto debe aumentar el énfasis de utilizar agua potable solamente dónde se requiera necesariamente.

Los criterios de calidad de agua deberían ser suficientes para garantizar la conservación de los recursos hídricos a futuro en calidad y en cantidad, pues permite su clasificación y uso diferenciado, permitiendo que se mantenga un equilibrio auto regulador de los ecosistemas acuáticos.

No toda el agua necesaria en el hogar, en las aplicaciones municipales o comerciales, tiene que ser potable. Se deben separar los requisitos de las actividades para ahorrar cantidades significativas recolectando y reutilizando las aguas grises.

En la siguiente ilustración podemos observar cuáles actividades en el hogar requieren agua potable y cuales pueden utilizar agua gris tratada o agua pluvial tratada.

Ilustración 161: Requerimiento de agua potable.



Se puede apreciar que un 56% del agua utilizada en domicilios no requiere calidad de agua potable. Esto significa que esta cantidad de agua puede ser aprovechada a partir de las aguas grises o aguas de lluvia, ahorrando más de la mitad del agua potable consumida en un hogar.

Este fenómeno se repite en las diferentes industrias, por ejemplo en la industria de agricultura se desperdicia gran cantidad de agua potable en riego. En fábricas es usual que el agua se desperdicie en enfriamiento y sea desechada, cuándo podría estar siendo reutilizada con un sencillo tratamiento.

6. Reutilización de aguas grises. Reutilizar las aguas grises corresponde a una nueva forma de pensar, en lugar de tener agua residual obtenemos una fuente de recursos hídricos.

Denominamos reutilización, reciclaje o tratamiento a un sistema que nos permita utilizar el agua gris para usos en donde no es necesario el uso de agua potable. Por ejemplo inodoros, riego, lavadoras, limpieza de pisos o vehículos. Se obtiene un agua higiénica pero no cumple con las características de agua potable por lo que no puede utilizarse para usos especializados.

La reutilización de aguas grises es muy demandada en viviendas familiares, comunidades de vecinos, instalaciones deportivas, piscinas, hoteles y universidades entre otros. Se puede conseguir ahorrar hasta sesenta litros por persona al día, por lo que traen un ahorro significativo en lugares con alto tráfico de personas.

Las aguas grises además tienen alto valor nutritivo para algunas especies vegetales y como abono si se utilizan para riego, sin embargo si se desechan estos componentes beneficiosos como

fósforo, potasio y nitrógeno pueden causar contaminación en lagos o ríos.

Es necesario que antes de reutilizar las aguas grises obtenidas de diferentes fuentes estas sean tratadas ya que si no pueden generar manchas o malos olores los cuales se generan por el tiempo ya que al momento de ser descargadas estas no tienen mal olor. Por la velocidad de descomposición que las caracteriza, las aguas grises estancadas, por medio de los microorganismos que las componen, usarán rápidamente el oxígeno disponible generando bacterias anaeróbicas. Esto podría generar además patógenos y desarrollar características que eviten su uso posterior.

Para que el tratamiento de aguas grises resulte eficaz, el proceso de reutilización tiene que ser inmediato. Estos sistemas pueden ahorrar entre un 30-45% el uso de agua potable, disminuyendo costos, protegiendo reservas de agua subterránea y reduciendo la carga de aguas residuales. Se puede incorporar un sistema de tratamiento a cualquier construcción, edificio, hogar o industria y se estima que el ahorro puede llegar hasta sesenta litros por persona en un día.

El tratamiento de aguas grises puede ser doméstico o industrial, el procedimiento es básicamente el mismo y solo varía el volumen de agua a tratar. Entre algunos de los requisitos indispensables que debe tener la residencia, edificio o industria en donde el agua va a ser tratada es tener dos sistemas hidráulicos independientes. Debe tener un sistema para aguas grises; es decir, aguas que provienen de lavabos, lavamanos, duchas, cocina etc. y otro separado para el resto de drenajes de aguas negras. Es recomendable planificar esta división desde el momento de la construcción de la casa, de lo contrario resulta bastante complicado.

Además, es esencial que en todos los sistemas de tratamiento de agua gris se construya un depósito de recogida dimensionado en base al número de personas con las que cuenta la construcción o el proyecto.

En escasez de aguas grises, contar con un suministro de agua en las instalaciones en donde se reutilice el agua gris para evitar la carencia de ésta. En abundancia de aguas grises, contar con un sistema de rebosadero que recoja aguas grises y las descargue hacia la planta de tratamientos de aguas residuales o hacia el colector municipal.

La reutilización se realiza por medio de diferentes métodos y procesos y trae a la sociedad una gran cantidad de beneficios. Estos temas se definen en los capítulos siguientes.

7. **Métodos y procesos para reutilización de aguas grises.** Hay diferentes sistemas de tratamiento, algunos son simples y otros más complejos. Varios de estos se definen a continuación:

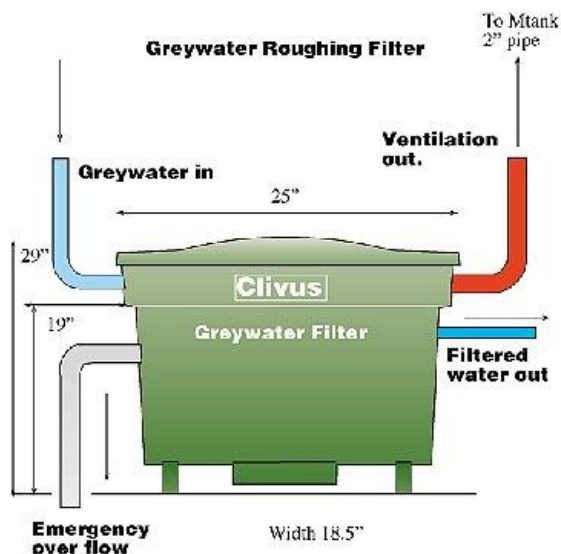
a. **Sistema reutilización sin tratamiento.** El tratamiento más simple consiste en introducir directamente aguas grises apenas fueron generadas. Este método requiere únicamente de la división de los sistemas hidráulicos, uno para aguas grises y otro para aguas negras. Existiendo esta división, se utiliza el agua gris proveniente de lavadoras, regaderas y lavatrastos para la cisterna del excusado.

Esto trae riesgos ya que si es un entorno altamente orgánico puede generar bacterias y puede ocasionar malos olores y generación de manchas. Además no puede ser almacenada por mucho tiempo, debe ser un flujo inmediato y continuo para evitar problemas. Lo único que se necesita para este sistema es un depósito de tamaño suficientemente grande para el flujo de aguas grises del lugar. Es por esto que se recomienda utilizar un método de tratamiento antes de la reutilización.

b. **Tratamiento aeróbico.** Éste es conveniente para agua proveniente de duchas, lavado de manos y lavandería. Consiste en la eliminación de las partículas grandes y las fibras por medio de un filtro angosto para proteger las tuberías de obstruirse y que la transferencia del agua se haga rápidamente hacia una zona biológicamente activa y aeróbica en donde los micro y macro organismos puedan prosperar.

Estos filtros estrechos dejan atrás las partículas y las fibras y permiten que el resto de materia orgánica viaje a la siguiente etapa de procesamiento. Esta etapa puede ocurrir tanto en hogares como en industrias pero no conviene en procesos con muchos restos de comida pues puede producir mal olor por la acumulación de estos restos haciéndolo anaeróbico. Este es un filtro típico usado para este tratamiento.

Ilustración 162: Filtro aeróbico.



c. Tratamiento combinado: Aeróbico anaeróbico. Este tratamiento

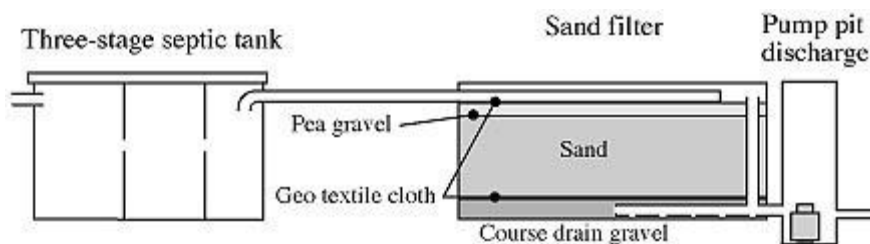
es más recomendado para cuando se trabaja con agua que tiene desechos de comida o grasas. El sistema es parecido al anterior pero el agua tratada resultante es de mejor calidad y contamina menos.

Para esta etapa se debe colocar una fosa séptica de tres etapas para que se haga la separación de la grasa y los lodos. Este lodo separado se puede remover con cierta frecuencia la cual es baja con respecto a otros sistemas (una vez cada cuatro años para una casa convencional). El efluente del sistema séptico es anaeróbico y seguido de este sistema se coloca un filtro de arena para restaurar las condiciones aeróbicas.

El filtro de arena es la última etapa del tratamiento el cual entrega agua purificada, no potable pero con calidade buena. Este filtro es caro pero es una solución eficaz y de fácil mantenimiento y es una de las técnicas más utilizadas en la actualidad.

En la ilustración que se muestra a continuación se puede ver la fosa séptica de tres etapas que funciona como trampa de grasa, el filtro de arena y por último la bomba desde el pozo.

Ilustración 163: Sistema combinado.



En las siguientes fotos se aprecia el resultado del tratamiento. Primero se puede ver las fosas sépticas, luego el filtro de arena y en las últimas dos fotos el resultado de la calidad de agua obtenida.

Ilustración 164: Resultado de tratamiento.

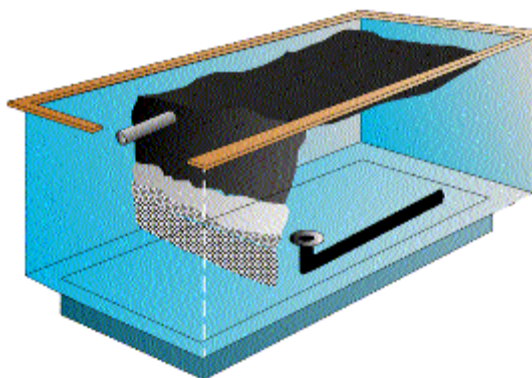


d. Filtros jardinera. Las cajas de arena se han utilizado desde 1975 para la purificación de agua, y el método es excelente para tratamiento de aguas grises. En la actualidad se han empezado a construir los filtros jardinera, los cuales son una variación de las cajas de arena y resultan útiles para el tratamiento de aguas grises de una manera económica.

Los filtros jardinera consisten en una trampa que retiene las grasas y contaminantes que tienen las aguas grises. Esta agua se dirige hacia una jardinera impermeable, donde se siembran planas (plantas de plátano son muy utilizadas por sus propiedades) y éstas se nutren de los detergentes y demás materia orgánica. El agua se evapora y por lo tanto se purifica, se puede rescatar hasta un 70% del agua introducida al inicio.

Para diseñar y construir correctamente el filtro jardinera deben tomarse varias consideraciones. La capa de arena donde se planta debe estar bien drenada. Para esto en la parte inferior se coloca una capa de polietileno o gravilla que proporciona un drenaje efectivo. En la parte superior de esta capa se pone un plástico el cual impide que la arena gruesa se caiga. Por último en la parte superior de la arena gruesa se encuentra la capa de arena de concreto mezclado y los últimos dos 25 centímetros, aproximadamente, consisten en arena rica en humus. Arenas arcillosas deben evitarse para esta planta de tratamiento de filtro jardinera.

Ilustración 165: Filtro jardinera.



También se utilizan sistemas de acolchado en donde el agua es dirigida hacia zangas rellenas de corteza de árbol triturada, paja, hojas y otros que forman una capa gruesa de materia orgánica. El agua se hace pasar por esta zanga y el “acolchado” se encarga de tratar las aguas y aumentar además la riqueza del suelo, siguiendo un proceso de compostaje.

e. Tratamiento Greywaternet (patente). La empresa Greywaternet desarrollo y patentizo un equipo propio para el tratamiento de aguas grises, el cual venden mundialmente. Además de reutilizar agua y tratarla, emplean sistemas de eficiencia energética. Tienen modelos de diferentes tamaños que se aplican a las industrias, residencias, edificios o a cualquier tamaño de proyecto en donde se quiera reutilizar el agua.

El equipo tiene un sistema de control propio, este detecta el volumen de producción de aguas grises y el consumo de agua tratada por parte del usuario. De esta manera se adaptan los procesos de depuración haciendo que se optimice la energía ya que no se activa si no hay necesidad. Los filtros ofrecen doble eliminación de gérmenes, incluyen rayos UVA y cloración.

El principio utilizado para el tratamiento es la depuración mediante lodos activos y oxidación total. En este método se genera una masa de microorganismos capaces de estabilizar el agua,

ayudados con la intervención del oxígeno presente en el aire.

El agua gris que proviene de duchas, bañeras, lavatrastos y lavamanos entre otros, es agitada mediante la acción de aire inyectado. La materia orgánica se mantiene entonces en suspensión y en contacto con el oxígeno presente en el aire. Luego de esta interacción, la materia degradada sedimenta debido a su propio peso haciendo que se separe en dos porciones. Una parte se recircula en el equipo para seguir manteniendo una población bacteriana que lleve a cabo el proceso y la parte sobrante se evacúa al desagüe.

Para finalizar el proceso se aplica una desinfección con rayos ultravioleta sobre el agua tratada para eliminar las bacterias presentes, adicionalmente se dosifica cloro para completar la desinfección.

Las tres etapas básicas del tratamiento Greywaternet son:

- Filtrado y primer tratamiento biológico: El agua gris es agitada por aire inyectado, esto mantiene a la materia orgánica en suspensión y en contacto con el oxígeno del aire. Las bacterias presentes en el agua descomponen la materia orgánica con ayuda del oxígeno.
- Segundo tratamiento biológico y clarificación: La materia que fue degradada se sedimenta por su propio peso y se separa en dos porciones. Una parte sigue circulando para mantener población bacteriana y otra parte se evacúa en el desagüe.
- Desinfección y servicio: Se aplica un tratamiento de desinfección sobre el agua con rayos ultravioleta para eliminar bacterias presentes.

f. Sistema profesional casero. El sistema casero para tratamiento de aguas grises es muy sencillo y es recomendado para flujos de agua pequeños provenientes de la regadera, lavatrastos, lavadora de ropa, etc. El agua que resulta del tratamiento posee la misma calidad del agua que se recibió y puede ser reutilizada para riego, para el inodoro o para la lavadora si se pasa el agua por un filtro de partículas sólidas.

El agua desemboca en un estanque, conocido como pequeño biotopo en equilibrio. En este estanque hay plantas acuáticas, algas, insectos, peces y ranas entre otros. Los peces y ranas mantienen el sistema libre de larvas y moscos y se crea un ambiente muy agradable en el jardín. Si el estanque llegara a llenarse puede utilizarse esta agua para regar las plantas, aunque el paso del agua por el sistema es lento y el riesgo de inundación es bajo.

- Componentes del sistema

- Trampa de grasas: esta trampa está compuesta por un registro abierto o cerrado. El agua entra en la parte superior del registro.

- Registros: se colocan aproximadamente 12 registros, pueden colocarse en línea, uno tras otro o en cuadros de 2x2 metros.
- Estanques: puede ser un estanque o varios, de forma irregular. En estos estanques debe haber flores, plantas acuáticas, peces, ranas y diferentes especies de animales y plantas. Este estanque funciona como un humedal y da la última limpieza al agua.

- Requerimientos.

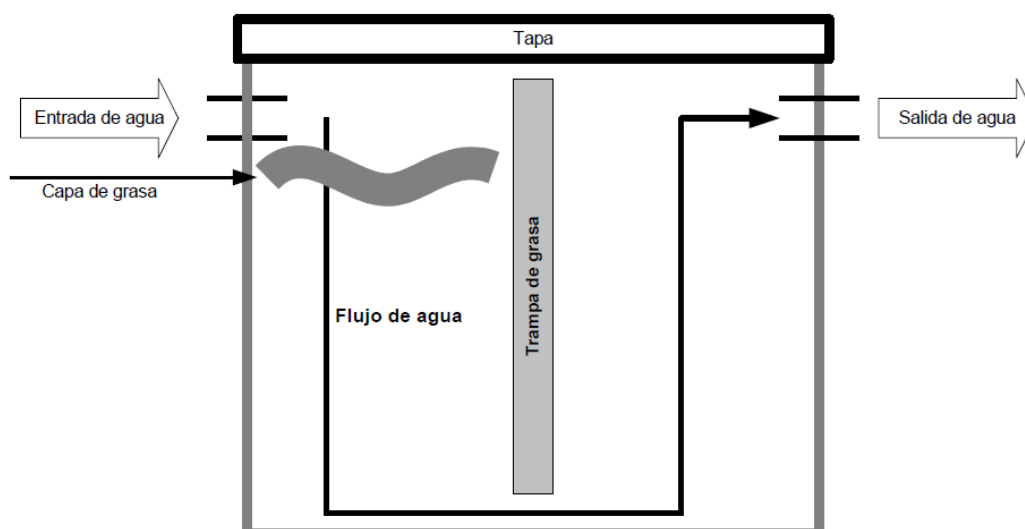
Para poder llevar a cabo este tratamiento casero es necesaria la separación de la tubería para aguas negras y las aguas grises. Esto además de ser requisito para el proceso descrito, puede ser útil para dar un tratamiento de post limpieza a las aguas negras luego de pasar por el digestor (aeróbico o anaeróbico) con el que cuenta la residencia.

Antes de que el agua entre a las cajas de tratamiento (registros), debe pasar por el registro de trampa de grasas. Esto sirve para que las grasas no lleguen a las cajas de tratamiento y se dañen. Además hay que saber que el sistema necesita mantenimiento y que hay que abrir los registros y sacar la capa de grasas acumulada para el buen funcionamiento de los mismos.

- Diseño del sistema.

Para diseñar el sistema de tratamiento casero de aguas grises se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones para cada una de las partes del sistema.

Ilustración 166: Registro de aguas jabonosas y trampa de grasas.



Las aguas grises pueden ingresarse en la parte lateral, como se observa en la foto, o desde la parte superior del registro. El tubo de salida comienza desde debajo de la trampa y sigue con un hasta

que pasa hasta el sistema de registros o cajas de tratamiento por medio de un codo. La capa de grasa se forma y sube por encima del agua y se queda atrapada del lado izquierdo de la trampa (la vista de la fotografía es lateral).

Cajas de tratamiento o sistema de registros

La trampa de grasas funciona como el primer registro, pero luego de este el agua se descarga al sistema de registros que está compuesto por aproximadamente 12 cajas. Hay un desnivel pequeño entre el registro de la trampa de grasas y el sistema de cajas, esto es para que al momento de una fuerte entrada de agua, el primer registro que es más grande y se encuentra más alto que el nivel del agua, pueda amortiguar el agua sin que se derrame. El primer registro es la caja de entrada, el nivel de la salida de agua de esta caja va a ser el nivel de entrada de los demás registros. Esto ocasiona que al salir una gota del registro de entrada, sale una gota del último registro de salida.

Ilustración 167: Corte transversal del primer registro del sistema.

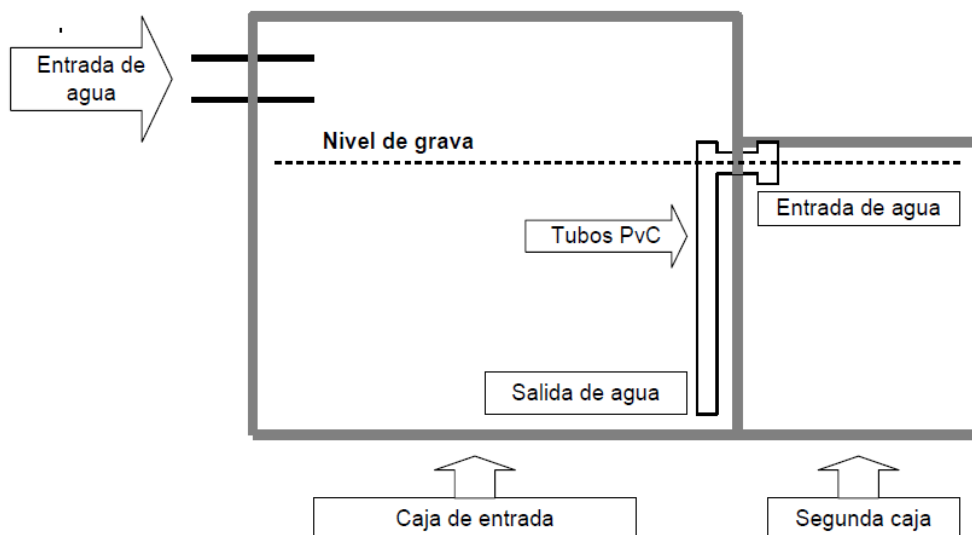
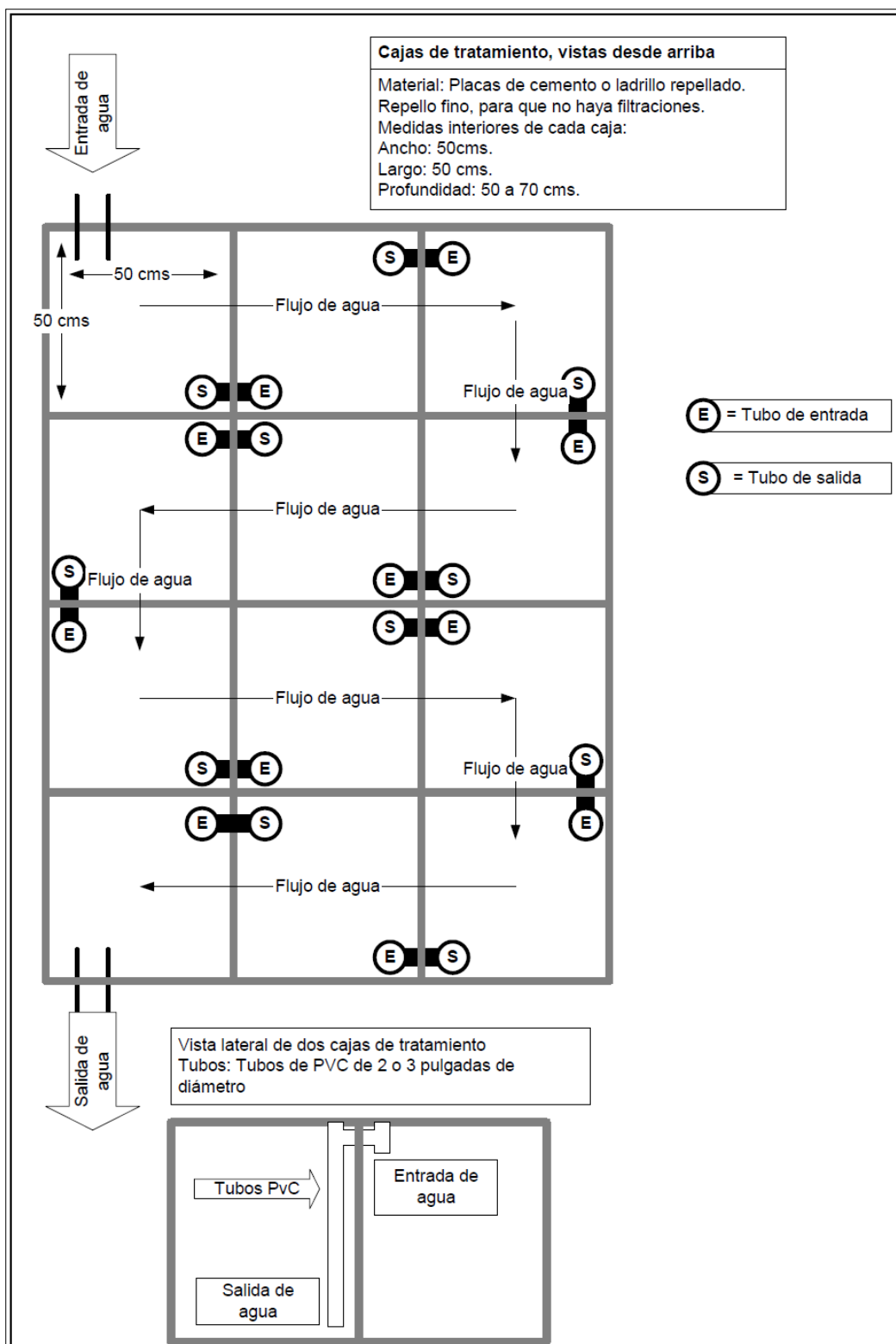


Ilustración 168: Sistema físicamente.



Todos los registros del sistema van a estar al mismo nivel de entrada y salida, por lo que el desnivel solamente es necesario en la primera caja. Luego de esta no necesita ningún desnivel entre el resto de registros. En el esquema siguiente se presenta un corte transversal de dos registros. Se puede ver que la entrada de agua es por arriba y viene del fondo del registro por medio de un tubo y un codo. De esta manera el agua es obligada a pasar por el entramado de raíces y por la grava.

Ilustración 169: Cajas de tratamiento.



Terminada la trampa de grasas y el sistema de registros se procede a llenarlos de grava hasta el nivel de salida, luego se siembran plantas acuáticas como: papiro, carrizo, tifa o lirio acuático. El

último registro tiene su salida hacia el estanque o estanques. Luego de un tiempo las cajas de tratamiento no se ven pues las plantas sembradas las han cubierto, como se ve a continuación:

Ilustración 170: Sistema maduro.



Luego se construye el estanque. Estos pueden tener una forma irregular y distintas profundidades y se pueden sembrar diferentes plantas como: alcatraces, cola de caballo, flor de loto, ninfas y otras que sean características de la zona en donde se está instalando el sistema. El estanque se ve de esta manera.

Ilustración 171: Estanque.



Luego de un tiempo madura y las plantas crecen. Dependiendo de la zona en donde se coloque el sistema el tiempo varía para su maduración, pero es usualmente tres meses para que madure. En la medida que pasa el tiempo el sistema se vuelve más complejo y el mismo encuentra su equilibrio según el flujo de aguas grises promedio que se tenga.

El agua del estanque es transparente y libre de olores. El sistema descrito funciona para una residencia con cinco habitantes utilizando menos de 300 litros de agua gris, si el consumo aumenta hay que aumentar la cantidad de registros. Se debe buscar un equilibrio entre el uso del agua y la capacidad del sistema para descomponer los jabones y grasas. Las raíces de las plantas introducen oxígeno al sistema y el mismo se vuelve disponible para bacterias y otros organismos descomponedores, quienes descomponen desechos orgánicos.

Se debe tener en cuenta que el sistema no limpia el cloro ni detergentes no biodegradables. Se debe usar detergentes biodegradables y jabón de pasta, los champús no tienen ningún problema.

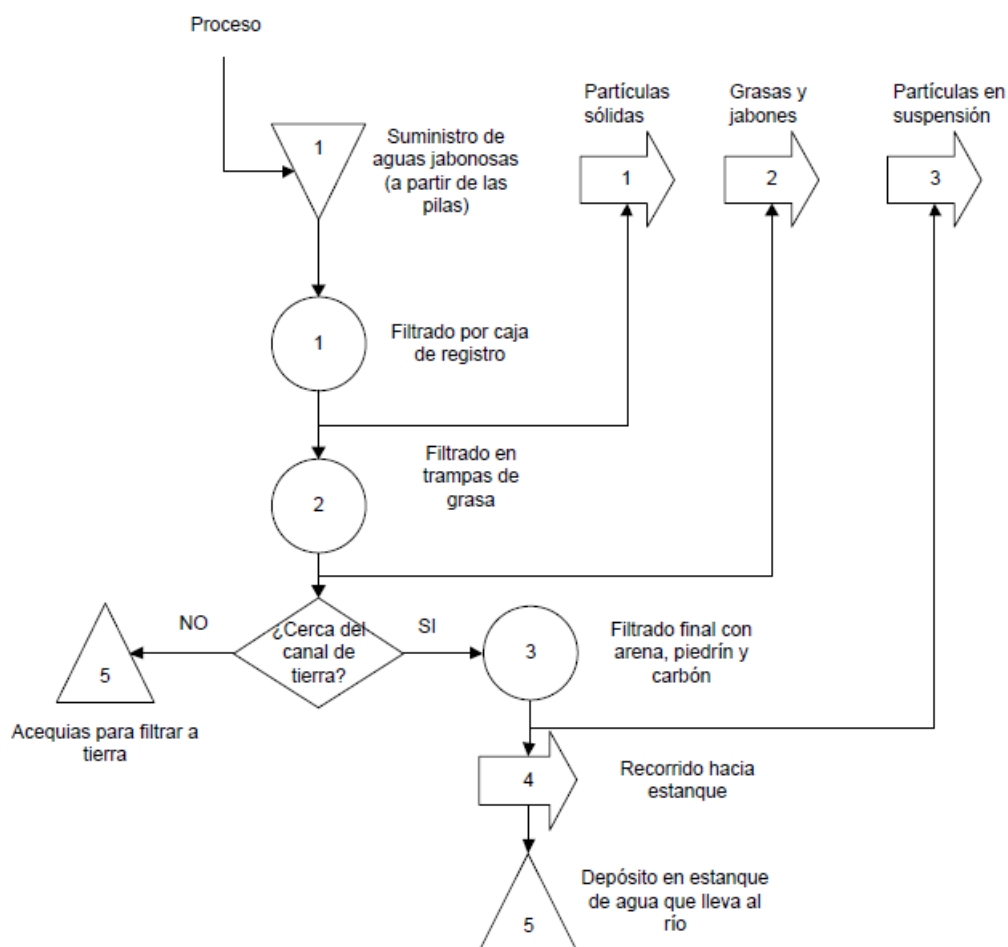
g. Tratamiento de aguas grises en fincas. Para implementar un sistema de aguas grises en lugares en donde el flujo de agua contaminada es grande, se cuenta con bastante espacio y además se encuentra al aire libre y cerca de fuentes naturales de agua (ríos o lagos) se sugiere hacerlo de la siguiente manera. El sistema consiste en tres componentes: una caja de registro con rejilla en donde entra el agua contaminada, una trampa de grasas separada de la misma y una sección de filtrado. Esta última se llena de carbón, piedrín y arena. Al inicio del sistema se coloca una reposadera para filtrar residuos sólidos.

El sistema de filtros se coloca desde la fuente de agua gris hasta un cuerpo de agua como río o lago. De esta manera se devuelve al sistema natural de agua que se utiliza como fuente para los procesos, agua de la misma calidad con la que se recibió. Además en el recorrido por el río o lago el agua termina su proceso de oxigenación.

En caso no existiera tal cuerpo de agua puede dársele un uso diferente al agua reutilizándola para riego. El agua, luego de ser tratada, es colocada en acequias o canales de riego.

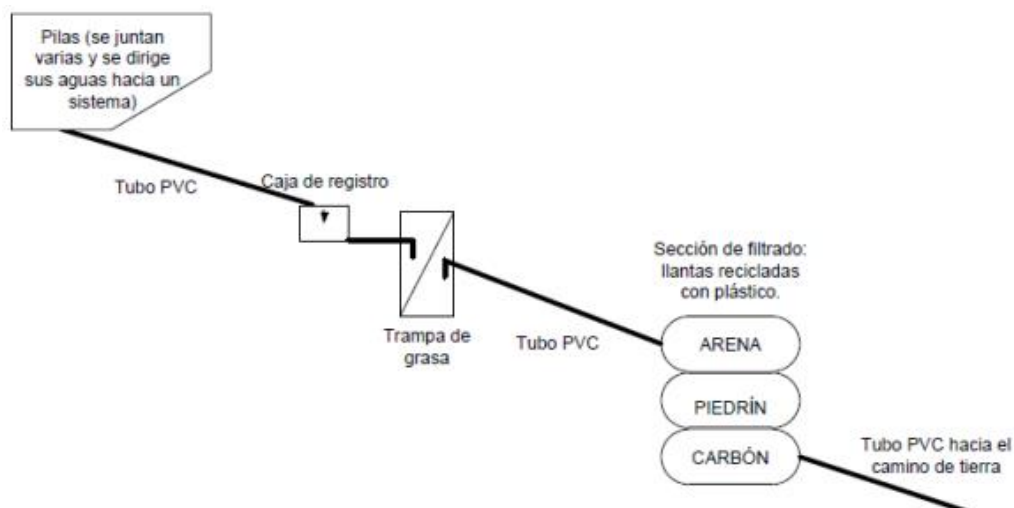
A continuación, se presenta un diagrama DOP del proceso. Se puede observar la división de aguas tratadas luego del proceso de trampa de grasa. Si no se encuentra cerca de cuerpos de agua se coloca en acequias, de lo contrario se dirige a un filtrado final para integrarse al cuerpo de agua.

Ilustración 172: DOP del sistema de fincas.



En el diagrama siguiente se puede observar gráficamente el sistema de tratamiento de aguas grises descrito. El filtro de arena, pedrín y carbón se realiza con llantas recicladas y las uniones con tubo PVC.

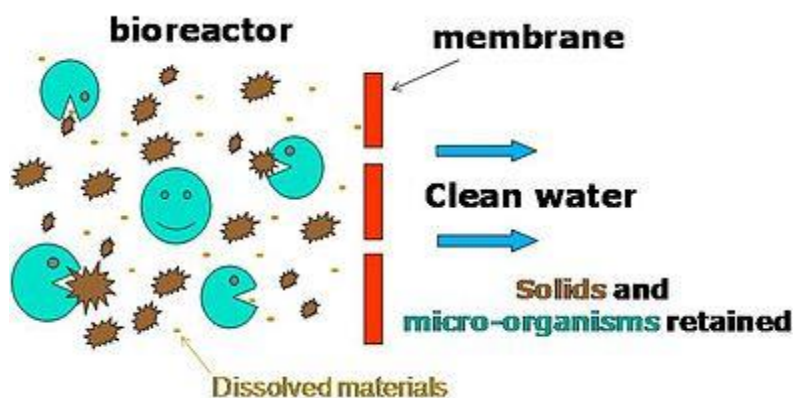
Ilustración 173: Diseño de sistema.



Este tratamiento nos permite asegurar que el agua que utilizamos de fuentes naturales es pura, pues es regresada a los cuerpos de agua de donde la extraemos luego de purificarla. Es por esto que no se puede analizar un beneficio en costos por reutilización, sino un beneficio en calidad de agua utilizada y beneficio al ambiente. Esto es también debido a que el agua no tiene ningún costo en lugares en donde hay cuerpos de agua cercanos.

h. Tratamiento MBR. El tratamiento de Reactor Biológico de Membrana, MBR por sus siglas en inglés, es un sistema que utiliza la micro filtración a través de una membrana.

Ilustración 174: Membrana MBR.



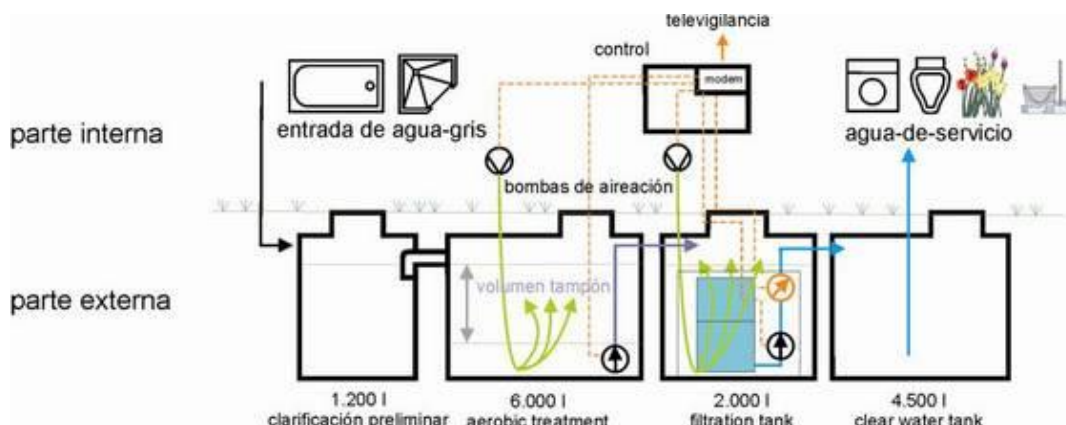
El agua gris es recolectada y luego filtrada por medio de este proceso. Es conveniente pues es pequeño, de fácil adaptación y sirve para actualizar viejas plantas de tratamiento. Luego de pasar por el filtro, el agua clara es almacenada en un tanque. Puede hacerse a pequeña o a gran escala, dependiendo del uso y el lugar en donde se vaya a instalar.

- Sistema grande.

El agua pasa por el proceso MBR: entra, se le da una clarificación preliminar, pasa al tratamiento aeróbico en donde hay bombas de aireación, luego al tanque de filtración en donde se encuentra la membrana y luego al tanque de agua clara en donde es almacenada hasta que vaya a ser utilizada para aguas de servicio. El tamaño de los poros de la membrana retiene partículas sólidas, bacterias, virus y otros contaminantes. La calidad de agua que sale de la membrana es mayor al establecido para aguas utilizadas para bañarse.

La capacidad de un sistema grande es de aproximadamente 6,000 litros que corresponden a una demanda diaria de agua de servicio para 120 personas. A continuación un esquema del sistema grande:

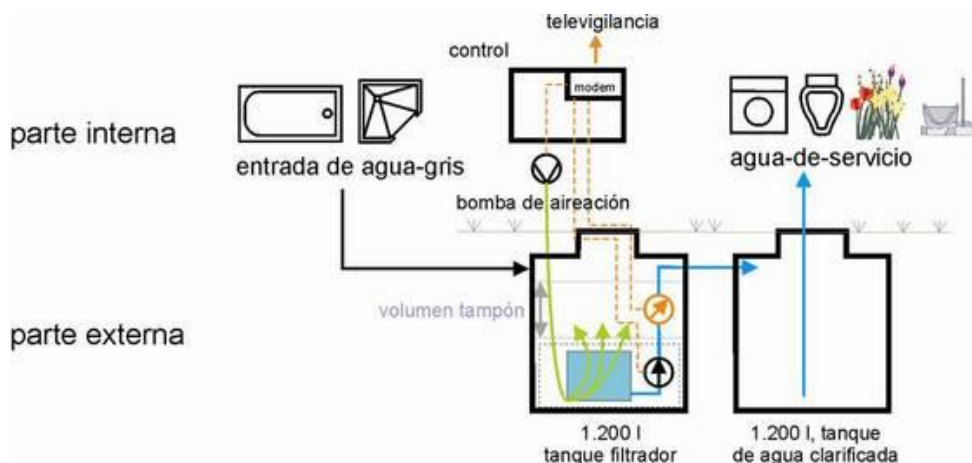
Ilustración 175: Sistema grande MBR.



- Sistema pequeño.

La filtración es igual que en el sistema grande, la diferencia es que las aguas grises entran directamente al tanque de filtración, pues por la cantidad la membrana MBR se da abasto para eliminar todas las impurezas. Se elimina el tanque de clarificación preliminar, y el tratamiento aeróbico con bombas de aireación se realiza en el mismo tanque de filtración. La calidad de agua obtenida es la misma y la membrana cumple con la misma función.

Ilustración 176: Sistema pequeño.



i. Tratamiento mediante sistema Solclima (patente).

El sistema Solclima es un dispositivo patentado en Alemania que tiene un tamaño aproximado al de un armario. Este es de fácil instalación y puede hacerse en cualquier sótano o

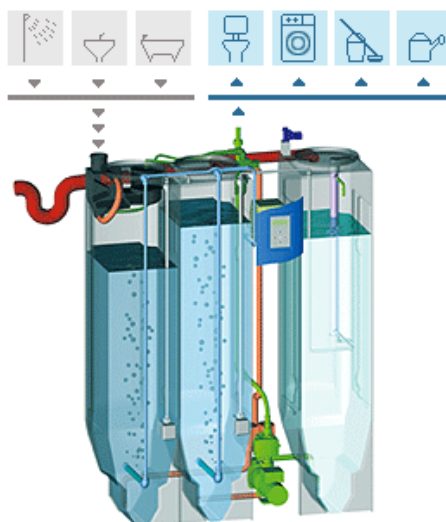
bodega. Su funcionamiento se basa en un filtro biomecánico libre de elementos químicos y el agua gris es esterilizada a través de una lámpara de rayos ultravioleta.

El sistema puede ahorrar hasta 90,000 litros anuales en una vivienda de cinco personas. Por su diseño puede ser ampliado agregando módulos adicionales. El sistema funciona en tres etapas:

- Filtrado: se realiza en dos cámaras diferentes. La primera cámara se encarga de recoger mecánicamente las partículas de mayores tamaños y las expulsa a las aguas residuales, en la segunda cámara se realiza un tratamiento con bio agentes.
- Esterilización: se lleva a cabo en la siguiente cámara por medio de una lámpara ultravioleta. Esta la desinfecta y da como resultado agua para uso domestico.
- Incorporación: si el agua necesaria es más elevada que la almacenada se incorpora el agua resultante en la red de agua potable.

Es necesario que se disponga de sistemas separados de tuberías para agua potable y agua reciclada. A continuación un esquema que ejemplifica el sistema de tratamiento Solclima.

Ilustración 177: Sistema Solclima.



- i. **Resultados de tratamientos.** En general los métodos de reutilización y los tratamientos antes descritos dan como resultado agua suficientemente limpia para utilizarla en procesos en donde no se demanda agua potable. Se puede resumir en el siguiente diagrama, aunque no todos los pasos se llevan a cabo en todos los procesos:

Ilustración 178: Ciclo aguas grises.



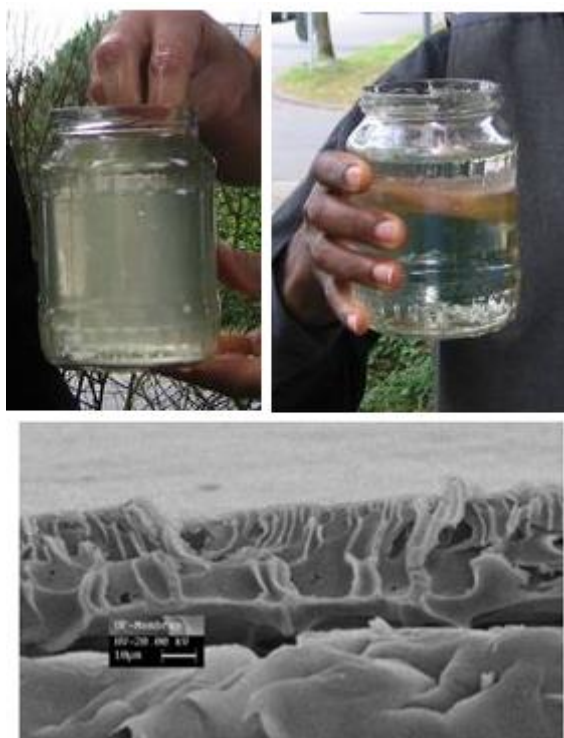
Dependiendo de los procesos con los que se trata, desde cisternas y tratamientos químicos hasta hortalizas, puede ahorrarse hasta el 80% del agua potable que se consume en un hogar.

También dependiendo de la pureza con la que salga puede reutilizarse para bañarse, lavar ropa o lavar platos si la calidad resultante es buena, o utilizarla únicamente para riego e inodoros si el tratamiento no es suficiente para dejarla con una calidad aceptable.

Mundialmente han sido instalados un número considerable de sistemas de tratamiento de aguas grises, en Guatemala todavía no es común pues se sigue pensando en sistema de tratamiento de aguas en general. Este tratamiento se enfoca básicamente en las aguas negras, desperdiciando esfuerzos y costos en aguas que podrían tratarse de una manera más sencilla o incluso reutilizarse directamente.

A continuación, se da un ejemplo del agua gris inicial y el agua tratada obtenida después de tratamiento. En este caso se realizó el tratamiento MBR de membrana de filtración.

Ilustración 179: Agua gris, agua tratada y membrana de filtración.



Independientemente del método de tratamiento utilizado, el agua resultante queda libre de grasas y jabones los cuales son característicos de las aguas grises. Además nos da como resultado agua con propiedades y elementos que benefician procesos como el riego de plantas.

El agua tratada puede ser reingresada a un sistema de filtros más avanzado, como ultravioleta, carbono activado o membranas para obtener agua potable. Esto es bastante viable ya que el agua no contiene bacterias (como el agua negra), por lo que el proceso se vuelve más sencillo y hay mayores posibilidades que el agua sea agradable al consumidor para el uso que quiera darle. Este puede ser para baño, lavado o incluso para beber.

8. Beneficios de reutilizar aguas grises. Los beneficios de la reutilización de aguas grises son muchos y muy importantes. Es esencial que la conciencia social sea adquirida por todos y se diseñen las construcciones con sistemas de reutilización y tratamiento de aguas grises. Grandes cantidades de agua potable se desperdician en procesos en donde no son requeridas. A diferencia de otras medidas tomadas para cuidar el medio ambiente, la reutilización de aguas grises es una parte fundamental que da solución a muchos problemas ecológicos al mismo tiempo.

Entre los beneficios podemos mencionar:

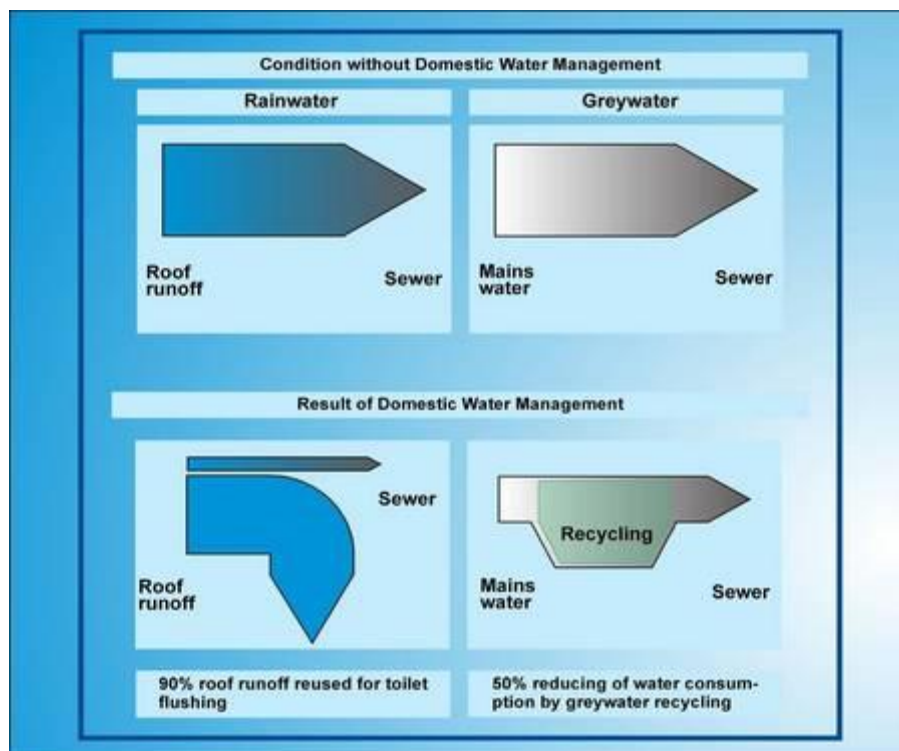
- Menor uso de las aguas potables hasta en un 70%: las aguas grises tratadas reemplazan al agua dulce en muchos casos ya que las sustituyen en procesos en donde no se requiere agua potable. Esto ahorra dinero y aumenta el suministro y disponibilidad de agua.
- Menor impacto a las aguas frescas: el agua fresca es un recurso que no abunda en muchas comunidades, reciclando el agua gris se evita el impacto y la extracción en grandes cantidades de las mismas.
- Recarga de aguas subterráneas: si se utilizan menos las aguas subterráneas, estas tienen más tiempo para recargarse con las fuentes naturales de donde proveen. La razón de recarga de estas debe ser mayor a la razón en la que las consumimos.
- Menor caudal a las fosas sépticas: usualmente toda el agua residual se dirige a las fosas sépticas, estas pueden llegar a contaminar las aguas frescas y provocar diversos problemas. Con el uso de sistemas para tratamiento y reutilización de aguas grises evitamos que el 100% de agua utilizada termine en fosas sépticas, solamente llegaría aproximadamente 44% de toda el agua utilizada (aguas negras).
- Menor caudal a plantas de tratamiento de agua negra: usualmente todas las aguas residuales se dirigen a plantas de tratamiento de aguas negras, haciendo la división se reducirá el caudal a estas plantas y a su vez los costos.
- Purificación efectiva: las aguas grises se purifican más fácilmente y el resultado es agua de calidad muy buena. Esto a diferencia de otros tipos de agua como la negra.
- Menor uso de energía para bombeo y tratamiento: se reduce el consumo de energía y consecuentemente se reducen costos.
- Menos uso de productos químicos: la utilización de aguas grises para riego disminuye la cantidad de químicos agregados como fertilizantes, ya que el agua gris contiene gran cantidad de elementos beneficiosos.

- Posibilidad de sembrar plantas en donde no se cuenta con fuentes agua natural: en lugares en donde el clima y las condiciones no favorecen el crecimiento de plantas, las aguas grises pueden dirigirse total o parcialmente al riego y apoyar el crecimiento de plantas. Además estas contienen elementos y nutrientes fertilizantes.
- Recuperación y uso de nutrientes que de otra manera se perderían: la pérdida de nutrientes a través de la eliminación de aguas residuales a cuerpos de agua ocurre mucho, si se reutiliza puede aprovecharse estos en procesos como el riego. Además al recuperarlos y desechar agua más pura se disminuye la erosión que estos nutrientes podrían ocasionar o la eutrofización que también es muy común.
- Los diseños de los sistemas se adaptan al flujo de aguas y tamaño del lugar: los sistemas son diversos y se pueden adaptar a cualquier tipo de construcción, ya sea residencia, complejo de residencias, centro comercial, industria o agricultura.
- Los sistemas son generalmente sencillos y de bajo costo: el diseño de los sistemas de reutilización y tratamiento de aguas grises no es complejo y el costo es relativamente bajo. En países en donde el agua representa un costo fuerte, el retorno de la inversión es rápido.
- Eficiencia en lugares con consumos altos de agua potable y pocas áreas de recolección de agua de lluvia (lugares secos): en lugares en donde no hay mucha lluvia y se demanda gran cantidad de agua potable, los sistemas de reutilización y tratamiento de aguas grises son muy demandados ya que el agua que dan como resultado es de buena calidad y puede emplearse para muchos procesos. Esto evita el uso desmesurado de agua potable.
- La reutilización es sencilla (sin tratamiento): el agua puede reutilizarse sin darle tratamiento alguno, ya que los contaminantes no son nocivos y pueden ser útiles para procesos como el riego o el inodoro.
- Existen tratamientos de agua gris para cualquier tipo de calidad de agua final deseada: puede obtenerse agua de diferentes calidades y adquirir sistemas distintos que den calidades de agua variadas. Esto es muy útil pues no se debe invertir gran cantidad de dinero si no se requiere agua pura como resultado.

- Se puede construir en zonas no aptas para el tratamiento convencional de aguas residuales: en lugares con filtración lenta u otros problemas, el sistema de aguas grises puede sustituir a otros sistemas de tratamiento de aguas.
- Se aumenta la sensibilización de los ciclos naturales: el uso de sistemas de aguas grises ayuda a que los ciclos naturales se reajusten pues han sido alterados en gran medida por la sobrepoblación y la explotación a los recursos naturales.
- Solución a varios problemas simultáneamente: como último beneficio general podemos decir que la reutilización de aguas grises da una solución simultánea a muchos problemas ecológicos, económicos, naturales, climáticos y de disponibilidad entre otros.

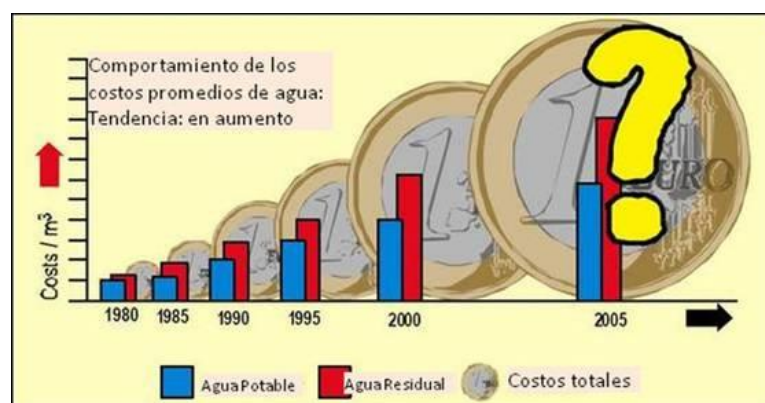
En la ilustración que se presenta a continuación, vemos la diferencia que hay entre usar un sistema de manejo de aguas y no usarlo. En el primer caso tanto el agua de lluvia como el agua gris se va directamente a la alcantarilla. En el segundo caso 90% del agua de lluvia es reutilizada y el 50% de agua potable es reducida al reutilizar agua gris.

Ilustración 180: Diferencia entre reutilizar y no reutilizar aguas.



9. **Reutilización de aguas pluviales.** Los sistemas de almacenamiento y distribución de agua de lluvia ayudan al medio ambiente además de ahorrar dinero. Los combustibles fósiles son cada vez más costosos y escasos por lo que el agua tratada es cada vez más cara. Esto puede ser apreciado en la siguiente ilustración:

Ilustración 181: Tendencia de costos de agua.



Aproximadamente la mitad del agua potable que se consume puede ser reemplazada aprovechando el agua de lluvia. Esta puede tratarse y reutilizarse para uso personal, uso en el lavabo, uso en duchas, para lavar utensilios de cocina, para cocinar e incluso para beber.

También, puede utilizarse el agua de lluvia, sin ningún tratamiento, para la descarga de inodoros, lavadora, riego de jardines, limpieza de autos y otros. Esto quiere decir que aproximadamente el 50% del agua que utilizamos diariamente puede ser de lluvia:

Ilustración 182: Sustitución pluvial por potable.



10. Métodos y procesos para reutilización de aguas pluviales.

Las aguas pluviales no necesitan un tratamiento si van a utilizarse para procesos que no requieran agua potable. La calidad de estas aguas es suficiente para muchos usos. Es muy útil conocer la precipitación en el país o municipio en donde se quiera colocar el sistema para evaluar si resulta viable y para hacer un estimado de la cantidad de agua con la que se va a contar.

Se tiene un estimado que por cada 2.5cm cúbicos de lluvia que cae en un techo de 600m cuadrados se obtienen 1,200 galones de agua escurrida. Esto es el equivalente al suplemento de agua de una semana para una familia de cinco personas aproximadamente.

Los componentes principales de un sistema de reutilización de agua de lluvia son:

- Tanque de almacenamiento
- Filtro de agua
- Sifón de reboso
- Sifón de entrada de agua pasiva
- Conexiones
- Suministro de agua potable
- Bombas
- Controles electrónicos

a. **Recogida de agua de lluvia.** Las instalaciones para recogida de aguas pluviales consisten en canales ubicados en el tejado que recolectan el agua y la conducen hasta un depósito. El sistema para una casa o una industria se ve como se muestra a continuación:

Ilustración 183: Sistemas de agua pluvial en casa e industria








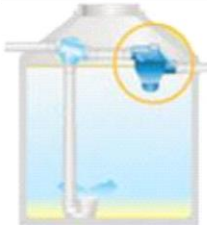
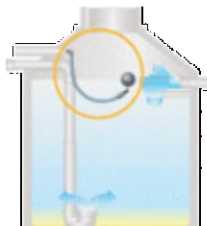
Este mismo sistema puede ser instalado en industrias en donde se disponga de un techo o áreas grandes en donde se pueda recolectar y almacenar el agua de lluvia para usarla posteriormente. Esto da un ahorro considerable y puede ser reutilizada para inodoros, urinarios, sistemas de enfriamiento en donde no haya contacto directo, etc.

b. Almacenamiento. Luego de recoger el agua por medio de canales, se pasa al almacenamiento en un depósito. El tamaño de este depósito dependerá de la precipitación del lugar en donde se instale y el área de recolección. Si el techo es grande se va a recolectar más agua aunque la precipitación no sea muy grande. Es importante considerar estos factores para el diseño del depósito.

En este depósito se conecta la salida de agua que muchas veces es para el riego, inodoros y lavadoras entre otros. Es importante que tenga una ubicación estratégica y de fácil conexión con el sistema de agua de la construcción.

c. Filtración. El agua de lluvia no contiene contaminantes dañinos, sin embargo es importante mantenerla limpia en el sistema de almacenamiento. Se recomienda colocar estos componentes:

Ilustración 184: Componentes de filtración.

<p>Filtro en el bajante pluvial para mantener el agua limpia de partículas grandes arrastradas durante la recogida y escurrimiento</p>	
<p>Un filtro en la entrada del tanque para que la calidad de agua sea mejor y no se acumulen impurezas en el tanque que, al almacenarse, puedan causar contaminación.</p>	
<p>Sifón de entrada de agua pasiva</p>	
<p>Sifón de reboso para arrastrar las partículas flotantes que estén contaminando el agua almacenada</p>	
<p>Manguera de succión con flotante para succionar cualquier impureza</p>	

d. Sistema alternativo. En lugares en donde la precipitación no es constante es recomendable colocar un sistema alternativo. Esto ocurre en la mayoría de los lugares, ya que la lluvia es abundante únicamente por estaciones.

Cuando una toma de agua se abre debe haber un conmutador que active los sistemas de suministro tanto de agua de lluvia como de agua potable. En caso de haber disponibilidad en el

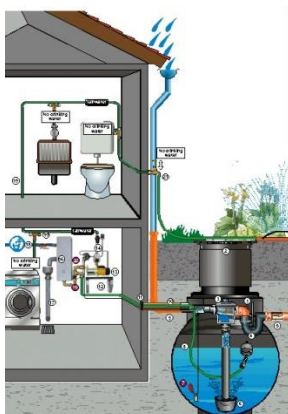
depósito de agua de lluvia se abre este suministro, en caso contrario este sistema no se abre y se prosigue a abrir el de agua potable.

Esto asegura la disponibilidad de agua y el ahorro de agua potable en la medida que haya precipitaciones. Un interruptor de nivel se ubica en el interior de la cisterna de agua pluvial y este es el que da la orden a la válvula selenoide de activar el suministro alterno, en este caso el de agua potable.

El agua potable, al ser activada, es conducida a través de la misma red de agua de lluvia. Una vez que el tanque alcanza el nivel mínimo de agua de lluvia el interruptor de nivel cierra la válvula selenoide y el suministro se hace nuevamente con agua de lluvia.

El sistema completo para tratamiento de agua de lluvia se presenta en la imagen siguiente. Este cuenta con un tanque soterrado, filtro y registro, salida al drenaje, reboso de emergencia, interruptor de nivel para la válvula, tubería de succión en forma de sifón, entrada de agua de lluvia, conexiones a la pared, tubería de agua potable con válvula selenoidal y grifo. Es un sistema complejo, pero existen también sistemas más sencillos que pueden ser suficientes dependiendo de la demanda de agua, cantidad de personas, precipitación y tamaño de la construcción.

Ilustración 185: Sistema de agua pluvial completo.



11. Beneficios de reutilizar aguas pluviales.

La reutilización del agua pluvial provee múltiples beneficios, entre estos:

- Sustitución de agua potable: el agua pluvial es de muy buena calidad por lo que puede reemplazar el uso de agua potable en muchos procesos como lavadoras, lava platos, inodoros, riego, etc. En un hogar de 5 personas podrían ahorrarse 50,000 litros anuales de agua potable.

- El agua de lluvia es más blanda que la del grifo por lo que tiene ventajas en el lavado de ropa, puede ahorrar hasta el 50% de detergente.
- Es recomendable utilizar el agua de lluvia para el lavado del cabello pues no contiene cal y otros minerales.
- Es excelente para el riego, pues es la fuente natural de riego que obtienen las plantas en época lluviosa.
- Contribuye a la sostenibilidad del hábitat pues reduce la explotación de aguas frescas.
- Ahorro en la factura del agua, puede reducir hasta 80% la demanda por lo que reduce en la misma cantidad el costo.
- Es un recurso gratuito y ecológico
- Se pueden recibir subvenciones por parte del gobierno
- Se dispone de agua en periodos de sequía o cuando la fuente de agua potable sea escasa, si se almacena correctamente
- La instalación es sencilla y los riesgos de que se dañen los sistemas son mínimos. Agregado a esto el mantenimiento de los sistemas es mínimo
- Los sistemas tienen costos bajos
- Los sistemas se adaptan al tamaño y al flujo de agua que haya en el lugar, solo se aumenta o disminuye el tamaño de los receptores y el depósito de almacenamiento.
- Se mitiga el efecto de erosión que tiene la lluvia: al ser recolectada se disminuyen las inundaciones y el crecimiento de ríos así como el efecto que estos tienen de erosión en calles, avenidas y al suelo en general.

- Disminuye el efecto de contaminación por arrastre, pues la mayoría del agua queda almacenada en los tanques de la comunidad que la almacene.
- Disminuye la dependencia de los surtidores públicos de agua, los cuales en algunos casos no son constantes.

D. Análisis financiero

Se realizó el análisis financiero solamente para los sistemas de tratamiento y reutilización de aguas grises y los resultados de los mismos. Esto debido a que la cantidad de agua pluvial reutilizada, que puede sustituir a la potable, es aproximadamente igual o mayor al agua gris reutilizada. Además los sistemas de aguas grises son usualmente más caros que los de aguas pluviales, además más complejos y variados. Por último las aguas grises son mucho menos conocidas que las pluviales, y se conoce menos de sus beneficios al reutilizarla. De esta manera, si este análisis es beneficioso para aguas grises definitivamente lo será para pluviales.

Para realizar una comparación efectiva entre los distintos sistemas de tratamiento de aguas grises se elaboraron 3 escenarios, cada uno con diferente consumo de agua. Se consideró un escenario de una vivienda media de 5 personas, un complejo de 12 casas con aproximadamente 60 personas en total y una industria de 150 empleados.

1. **Cálculo de datos.** Se obtuvieron datos financieros y costos de diferentes fuentes, para dar un estimado acertado acerca de los beneficios económicos que conlleva la reutilización de aguas grises. Basados en la siguiente tabla se aproximó la cantidad de aguas residuales para los escenarios.

Cuadro 57: Caudales típicos de aguas residuales.

Fuente	Unidad	Intervalo (L/unidad día)	Valor típico (L/unidad día)
Vivienda media	Persona	170 -340	265
Edificio industrial (Aguas sanitarias)	Empleado	30-45	50

Además, se cotizaron los precios de los diferentes sistemas y el precio del agua según el consumo aproximado para cada escenario. Esto se obtuvo de Empagua.

Cuadro 58: Precios del agua según Empagua.

Empagua				
		2007	2011	Inflación anual
1 m3	20 m3	1.12	1.88	16.96%
21 m3	40 m3	1.76	2.95	16.90%
41 m3	60 m3	2.24	3.75	16.85%
61 m3	120 m3	4.48	7.51	16.91%
121 m3	adelante	5.6	9.39	16.92%

Para el Escenario 1 y 2 se consideró la tarifa de 21 a 40 m3 de Q.2.95 por el consumo. Aunque en el Escenario 2 hay más consumo, cada una de las casas del complejo tiene un contador independiente evitando que la tarifa suba. Para el Escenario 3 se consideró la tarifa más grande de Q.9.39 pues el consumo se eleva por encima de los 200 m3 y es un solo contador de agua.

A continuación, se presenta la tabla en dónde se calculó la cantidad de agua consumida, la cantidad de agua gris que se genera (según capítulo C. inciso 1.a. el 60% de las aguas residuales es gris) y el costo del m3 para cada uno de los escenarios. Con esto se calcula el consumo anual de agua promedio utilizando sistemas convencionales y el costo que esto representa. Cabe mencionar que según Empagua el consumo diario promedio por persona es de 7 a 8 m3 mensuales, y concuerda con lo obtenido a continuación.

Cuadro 59: Costo de agua para escenarios.

	Casa	Complejo 12 casas	Industria
Número de personas	5	60	150
Litros de agua utilizados por persona al día	265	265	50
m3 de agua utilizados por persona al día	0.265	0.265	0.05
Litros de agua utilizados al día	1325	15900	7500
Litros de agua utilizados al año	483625	5803500	2737500
m3 de agua utilizada al día	1.325	15.9	7.5
<i>m3 de agua utilizadas al mes</i>	39.75	477	225
<i>m3 de agua utilizadas al mes por persona al mes</i>	7.95	7.95	1.5
m3 de agua utilizados al año	483.625	5803.5	2737.5
Litros de aguas grises residuales al día	795	9540	4500
Litros de aguas grises residuales al año	290175	3482100	1642500
m3 de aguas grises residuales al día	0.795	9.54	4.5
m3 de aguas grises residuales al año	290.175	3482.1	1642.5
Precio del metro cúbico de agua mensual	Q2.95	Q2.95	Q9.39
Costo anual de agua potable	Q1,426.69	Q17,120.33	Q25,705.13

a. Agua gris tratada. Como se menciona anteriormente, la calidad de agua necesaria es diferente para cada proceso para el cual se utiliza el vital líquido. Solamente es necesario que el 44% del agua total consumida sea potable, un 56% puede ser sustituido por agua gris tratada. A continuación, se presenta el cálculo del agua gris demandada.

Cuadro 60: Agua gris demandada.

AGUA GRIS TRATADA PUEDE USARSE SUSTITUYENDO 56% DE AGUA POTABLE			
Sustitución potable por gris tratada	56%	56%	56%
Litros de agua gris que sustituye potable	270830	3249960	1533000
m3 de agua gris que sustituye potable	270.83	3249.96	1533

Se calculó además, la diferencia entre el agua gris demandada y el agua gris obtenida. El número es negativo, lo que nos indica que se cuenta con suficiente agua gris para cubrir la necesidad que hay de la misma. Solamente se reutiliza el 93% y el resto puede desecharse o almacenarse.

Cuadro 61: Diferencia entre agua gris demandada y obtenida.

<i>Diferencia entre agua gris necesaria y obtenida</i>	-19345	-232140	-109500
<i>Porcentaje a reutilizar</i>	93%	93%	93%

Utilizando estos datos se obtiene el ahorro económico en un año al reutilizar agua gris tratada, presentados en la tabla siguiente.

Cuadro 62: Ahorro anual para agua gris tratada.

Ahorro de 1 año en agua potable por reutilización	Q798.95	Q9,587.38	Q14,394.87
Nuevo costo anual combinando potable/gris	Q627.75	Q7,532.94	Q11,310.26

b. Agua gris sin tratar. Como se menciona anteriormente, la calidad de agua necesaria es diferente para cada proceso. Si no se trata el agua gris y solamente se almacena y reutiliza en riego y en los inodoros, esta puede sustituir el 32% del consumo agua total. A continuación se presenta el cálculo del agua gris ST (sin tratar) demandada.

Cuadro 63: Agua gris demandada ST

AGUA GRIS SIN TRATAR PUEDE USARSE SUSTITUYENDO 32% DE AGUA POTABLE			
Sustitución potable por gris (ST= sin tratar)	32%	32%	32%
Litros de agua gris que sustituye potable (ST)	154760	1857120	876000
m3 de agua gris que sustituye potable (ST)	154.76	1857.12	876

Se calculó además la diferencia entre el agua gris sin tratar demandada y el agua gris obtenida. El número es negativo, lo que nos indica que se cuenta con suficiente agua gris para cubrir la necesidad que hay de la misma. Solamente se reutiliza el 53% y el resto puede desecharse o almacenarse.

Cuadro 64: Diferencia entre agua gris ST demandada y obtenida.

Diferencia entre agua gris necesaria y obtenida (ST)	-135415	-1624980	-766500
Porcentaje a reutilizar	53%	53%	53%

Utilizando estos datos se obtiene el ahorro económico en 1 año al reutilizar agua gris sin tratar, presentados en la tabla siguiente.

Cuadro 65: Ahorro anual para agua gris sin tratar.

Ahorro de 1 año en agua potable por reutilización (ST)	Q456.54	Q5,478.50	Q8,225.64
Nuevo costo anual combinando potable/gris (ST)	Q970.15	Q11,641.82	Q17,479.49

2. Costos de sistemas. En este trabajo se presentan ocho sistemas diferentes para tratamiento de aguas grises, sin embargo no se pudo obtener el costo de algunos de ellos. Es por esto que se presentan datos completos de inversión y mantenimiento para tres escenarios, solamente de cinco de sistemas. A continuación, el cuadro con los datos de costo para los diferentes escenarios.

Cuadro 66: Costo de sistemas para 3 escenarios.

COSTOS DE SISTEMAS	Casa	Complejo 12 casas	Industria
Sin tratamiento (3, 27 y 13 galones y bomba)	Q1,848.60	Q16,637.40	Q8,010.60
Mantenimiento anual (aproximado)	Q150.00	Q500.00	Q250.00
Aeróbico (filtro, tanque y bomba)	Q6,243.00	Q20,676.00	Q10,143.00
mantenimiento anual (cambios de filtro + mant)	Q242.00	Q684.00	Q342.00
Combinado aeróbico anaeróbico (septic, sand, bomba)	Q10,400.00	Q23,535.00	Q14,300.00
Mantenimiento anual (doble de sin trat)	Q300.00	Q1,000.00	Q500.00
Filtros Jardinera	No se consiguió precio		
Mantenimiento anual			
Tratamiento Greywater	No se consiguió precio		
Mantenimiento anual			
Sistema Profesional Casero	Q12,635.00	Q113,715.00	Q54,330.50
Mantenimiento anual (10% mat., no construcción)	Q243.50	Q2,191.50	Q1,047.05
Tratamiento en fincas	No evaluable pues el agua se devuelve a rios o lagos		
Mantenimiento anual			
Tratamiento MBR (5, 60, 30)	Q42,854.37	Q182,305.37	Q117,943.37
mantenimiento anual (E400 por cada 1000 l)	Q4,290.80	Q12,872.40	Q6,436.20
Solclima	No se consiguió precio		
Mantenimiento anual			

Se obtuvo cotizaciones de empresas diferentes y además, se realizaron algunos cálculos para estimar la cantidad de sistemas o materiales dependiendo de la capacidad. Para calcular la cantidad de toneles de almacenamiento se realizó el siguiente cálculo.

Cuadro 67: Cálculo de toneles.

CÁLCULO DE TONELES				
Lit día		424	5088	2400
Gal diarios		112.1693122	1346.031746	634.920635
Barriles		2.243386243	26.92063492	12.6984127
Aprox		3	27	13

Para calcular la cantidad de filtros, y por lo tanto el costo de su mantenimiento en cada escenario, se realizó el siguiente cálculo.

Cuadro 68: Cálculo de filtros.

CÁLCULO DE FILTROS				
Lit. día		742	8904	4200
Gal diarios		196.2962963	2355.555556	1111.111111
Gpm		0.136316872	1.635802469	0.77160494
Filtros		1	2	1
Mant.		92	184	92

Para el sistema profesional casero se calcularon los costos basándose en el precio por m2 de construcción que es de Q.600.00 para construcciones sin acabados. Se da el total para cada uno de los escenarios.

Cuadro 69: Cálculo de costo de construcción.

CÁLCULO DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA CASERO				
Construcción		Q10,200.00	Q91,800.00	Q43,860.00
Estanque		Q2,400.00	Q21,600.00	Q10,320.00
Tierra		Q10.00	Q90.00	Q43.00
Plantas		Q25.00	Q225.00	Q107.50
TOTAL		Q12,635.00	Q113,715.00	Q54,330.50

3. **Escenarios.** A continuación, se presentan los análisis financieros por escenario.

La TMAR que se utilizó es de 5% ya que se quiere tener una alternativa que traiga un ahorro mayor a la tasa pasiva que se obtendría si se metiera el dinero invertido a un banco. La inflación que se consideró fue de 0% ya que se quiere dar el resultado del análisis basándonos en el ejemplo más pesimista. Posteriormente se harán análisis con inflaciones mayores y se podrá observar como los resultados y ahorros se vuelven más atractivos a medida que el precio del agua aumenta.

Para cada uno de los escenarios se realizó un flujo de caja. Con este se calculó el Valor Presente Neto, el cual es siempre negativo pues el proyecto no tiene ingresos en ningún momento. Se debe analizar que VPN es “menos negativo” que el VPN que obtenemos continuando con la alternativa convencional.

Se realizó además un flujo incremental comparado con la alternativa convencional. Utilizando este flujo se obtiene la Tasa de Retorno Interna (únicamente para la TMAR de 5% que se está utilizando). Esta es la rentabilidad del proyecto a diez años.

También se realizó una columna de Valores Presentes Netos correspondientes a cada año del proyecto para TMAR de 5%. Estos valores se graficaron para cada sistema y para la alternativa convencional. En la intersección de cada sistema con la alternativa convencional se obtiene el pago de cada inversión en el intervalo de tiempo.

Por último se construyó una gráfica de los Valores Presentes Netos para diferentes TMAR con el fin de evaluar que alternativa se vuelve más atractiva al cambiarlas. Esta se hizo para inflación de 0% y luego para inflación del 15%, para cada uno de los escenarios.

a. Casa de cinco personas. A continuación, se presentan los análisis financieros para un sistema convencional y para cada uno de los sistemas de tratamiento cotizados. Se calcularon los valores de Valor Presente Neto y de Tasa Interna de Retorno para analizar el escenario.

Cuadro 70: Análisis de cada sistema para casa de cinco personas.

CONVENCIONAL: 100% AGUA POTABLE				Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN		vpn
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Anual	Anual	Anual				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
1	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-1358.76
2	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-2672.81
3	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-3885.24
4	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-5058.99
5	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-6176.84
6	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-7241.46
7	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-8255.38
8	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-9211.03
9	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66			-10140.68
10	0.00	0.00	1426.66	0.00	1426.66	1426.66	-1426.66	-11016.55		-11016.55

SIN TRATAMIENTO				Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental vs no tener sistema	TIR	vpn
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Anual	Anual	Anual					
0	1848.60	0	0		1848.60	1848.60	-1848.60		-1848.60		-1848.60
1	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-2913.41
2	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-3931.42
3	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-4899.05
4	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-5820.60
5	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-6698.27
6	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-7534.15
7	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-8330.23
8	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-9088.38
9	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11		306.54		-9810.64
10	0.00	150.00	970.11	456.54	1120.11	1120.11	-1120.11	-10498.11	306.54	10.44%	-10498.11

AERÓBICO				Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental vs no tener sistema	TIR	vpn
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Anual	Anual	Anual					
0	6243.00	0.00	0.00	0.00	6243.00	6243.00	-6243.00		-6243.00		-6243.00
1	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-7071.33
2	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-7860.21
3	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-8611.53
4	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-9327.03
5	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-10008.54
6	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-10657.58
7	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-11275.63
8	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-11864.35
9	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75		356.95		-12424.99
10	0.00	242.00	627.75	798.95	869.75	869.75	-869.75	-12958.94	356.95	-2.02%	-12958.94

COMBINADO AERÓBICO ANAERÓBICO				Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental vs no tener sistema	TIR	vpn
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Anual	Anual	Anual					
0	10400.00	0.00	0.00	0.00	10400.00	10400.00	-10400.00		-10400.00		-10400.00
1	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-11283.57
2	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-12125.08
3	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-12926.48
4	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-13688.71
5	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-14416.63
6	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-15108.93
7	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-15768.23
8	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-16396.21
9	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75		498.95		-16994.23
10	0.00	300.00	627.75	798.95	927.75	927.75	-927.75	-17563.80	498.95	-11.51%	-17563.80

SISTEMA PROFESIONAL CASERC											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental vs no tener sistema	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual					
0	12635.00	0.00	0.00	0.00	12635.00	12635.00	-12635.00		-12635.00		-12635.00
1	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-13464.78
2	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-14235.00
3	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-15007.63
4	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-15724.38
5	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-16407.04
6	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-17057.11
7	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-17576.54
8	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-18266.04
9	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21		555.42		-18827.68
10	0.00	243.30	627.77	798.94	871.21	871.21	-871.21	-19362.53	555.42	-12.70%	-19362.53

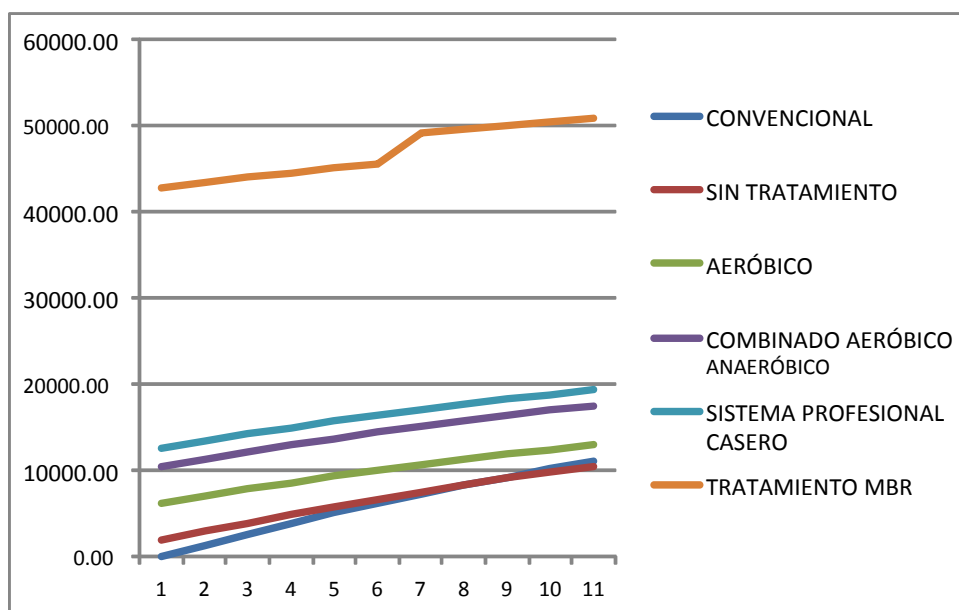
TRATAMIENTO MBR											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental vs no tener sistema	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual					
0	42854.37	0.00	0.00	0.00	42854.37	42854.37	-42854.37		-42854.37		-42854.37
1	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-43452.22
2	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-44021.68
3	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-44568.83
4	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-45080.33
5	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-45572.11
6	0.00	4290.90	627.77	798.94	4918.54	4918.54	-4918.54		-3491.82		-49242.47
7	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-49688.50
8	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-50113.48
9	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77		798.94		-50518.13
10	0.00	0.00	627.77	798.94	627.77	627.77	-627.77	-50903.54	798.94	#DIV/0!	-50903.54

Se puede observar que la TIR es aceptable únicamente para el sistema “Sin tratamiento”. Para todos los demás sistemas la TIR es negativa lo cual nos indica que para el período del proyecto, la inversión no es rentable. Además analizando los VPN se puede observar que solamente en el caso del sistema “sin tratamiento” el valor es menos negativo, es decir mayor. Esto explica por qué solamente en este caso, en el período de diez años, se recupera la inversión.

Cabe mencionar, que en el caso del “Tratamiento MBR” no se puede obtener un TIR ya que resulta más caro adquirir y mantener el equipo, en cualquier período de tiempo, que continuar con el convencional.

En el gráfico que se presenta a continuación, se puede observar que “Sin tratamiento” es la única línea que intercepta a “Convencional” si la inflación es 0% y la TMAR 5%. Es el único sistema que se paga con los ahorros que genera, luego de diez años.

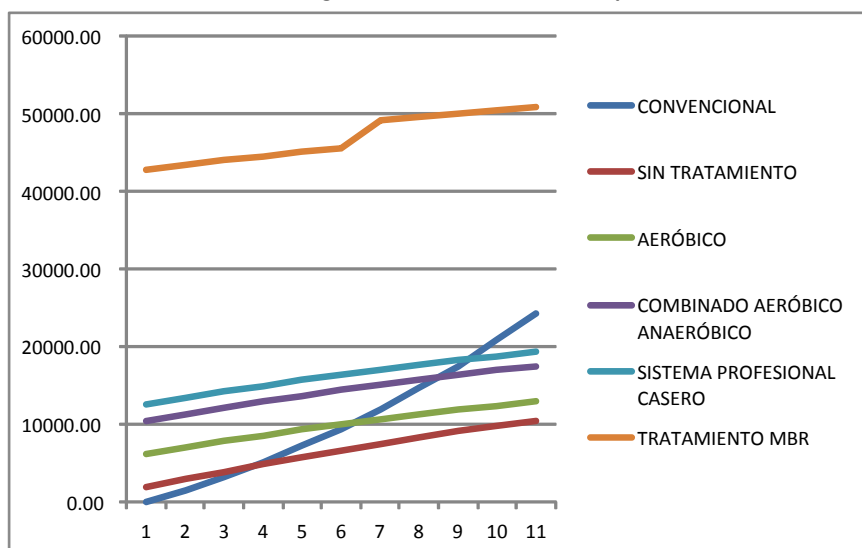
Ilustración 186: Pago de inversión casa de cinco personas sin inflación.



- **Con inflación.**

Basados en precios del agua en años anteriores y considerando que ha aumentado su precio considerablemente debido a su escases, se consideró una inflación del 15%. La gráfica que vimos anteriormente, ahora con inflación, se presenta a continuación.

Ilustración 187: Pago de inversión casa de cinco personas con inflación.



Es notable que si el precio del agua sube, con el paso del tiempo el sistema convencional se hace cada vez menos viable económicamente. En este caso todos los sistemas, excepto el MBR, se

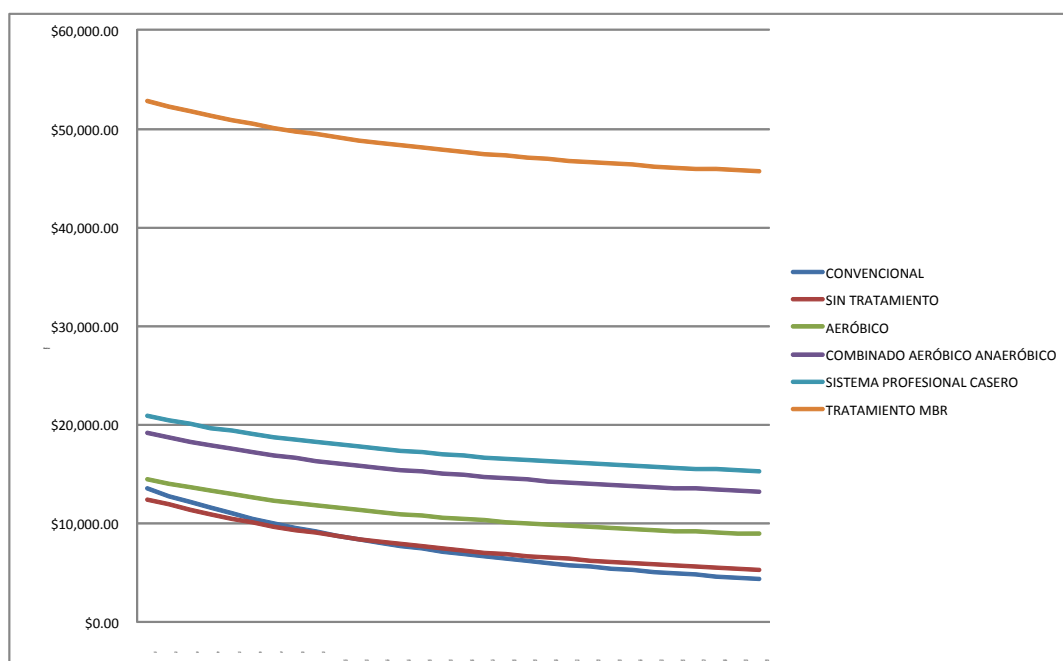
pagan y empiezan a dar ahorros en el período propuesto de diez años.

Se obtuvieron las TIR de cada sistema, exceptuando el “Tratamiento MBR” ya que para este escenario es más caro instalar y mantener el sistema que continuar con el convencional. Sin embargo para el “Sistema profesional casero” y para el “Combinado aeróbico anaeróbico” la TIR es menor a la TMAR por lo que es más recomendable, para el período de diez años, no invertir este dinero para obtener un ahorro. Esto se debe a que el interés que se pagaría por este dinero en el banco daría una TIR de 5% mínimo, dándonos una mayor cantidad de dinero que invirtiéndola en el sistema. Es conveniente utilizar el sistema “Sin tratamiento” y el “Aeróbico” pues sus TIR son mayores a la TMAR.

- Análisis de TMAR.

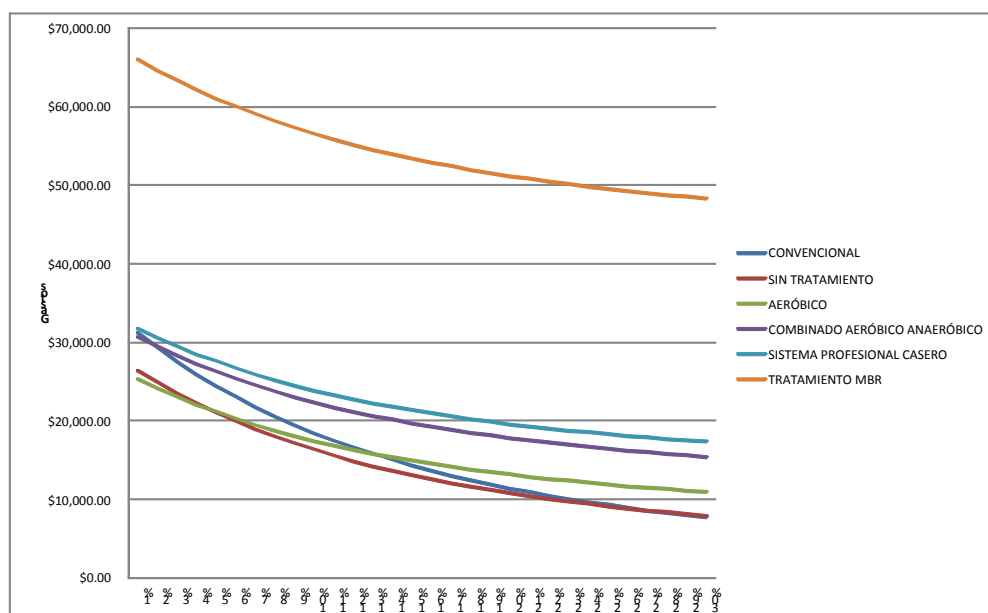
Luego se obtuvo la ilustración para diferentes TMAR sin inflación. El sistema que tenga el menor costo va a ser el que aparezca en la parte superior. Podemos ver que para 5% es justamente el “Sin tratamiento” el que es más atractivo. Mientras más grande es la TMAR el sistema convencional se vuelve más atractivo. A continuación, se presenta la gráfica.

Ilustración 188: Análisis de sensibilidad TMAR casa de cinco personas.



Se realizó el mismo análisis ahora para inflación del 15%. Las alternativas atractivas cambian, ahora para TMAR bajas es mejor el sistema aeróbico, luego el sistema sin tratamiento y por último el convencional para TMAR cerca de 30%.

Ilustración 189: Análisis de sensibilidad TMAR con inflación casa de cinco personas.



b. Complejo de casas. A continuación, se presentan los análisis financieros para un sistema convencional y para cada uno de los sistemas de tratamiento cotizados. Se calcularon los valores de Valor Presente Neto y de Tasa Interna de Retorno para analizar el escenario.

Cuadro 71: Análisis de cada sistema para complejo de casas.

CONVENCIONAL: 100% AGUA POTABLE									
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	vpn
				Anual	Anual	Anual			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
1	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-16305.07
2	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-31833.71
3	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-46622.89
4	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-60707.83
5	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-74122.05
6	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-86897.50
7	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-99064.59
8	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-110652.30
9	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33		-121688.21
10	0.00	0.00	17120.33	0.00	17120.33	17120.33	-17120.33	-132198.61	-132198.61

Continuación cuadro #71: Análisis de cada sistema para complejo de casas.

AERÓBICO											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual			vs no tener sistema		
0	20676.00	0.00	0.00	0.00	20676.00	20676.00	-20676.00		-20676.00		-20676.00
1	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-28201.68
2	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-37954.61
3	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-48002.77
4	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-58412.87
5	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-69291.00
6	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-81682.87
7	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-95622.30
8	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-111283.88
9	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94		8903.38		-128800.57
10	0.00	684.00	7532.94	9587.38	8216.94	8216.94	-8216.94	-84125.00	8903.38	41.73%	-84125.00

COMBINADO AERÓBICO ANAERÓBICO											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual			vs no tener sistema		
0	23595.00	0.00	0.00	0.00	23595.00	23595.00	-23595.00		-23595.00		-23595.00
1	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-31661.62
2	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-39401.24
3	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-46772.37
4	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-53792.38
5	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-60476.40
6	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-66845.39
7	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-72909.78
8	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-78689.23
9	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94		8587.38		-84189.64
10	0.00	1000.00	7532.94	9587.38	8532.94	8532.94	-8532.94	-89424.17	8587.38	34.61%	-89424.17

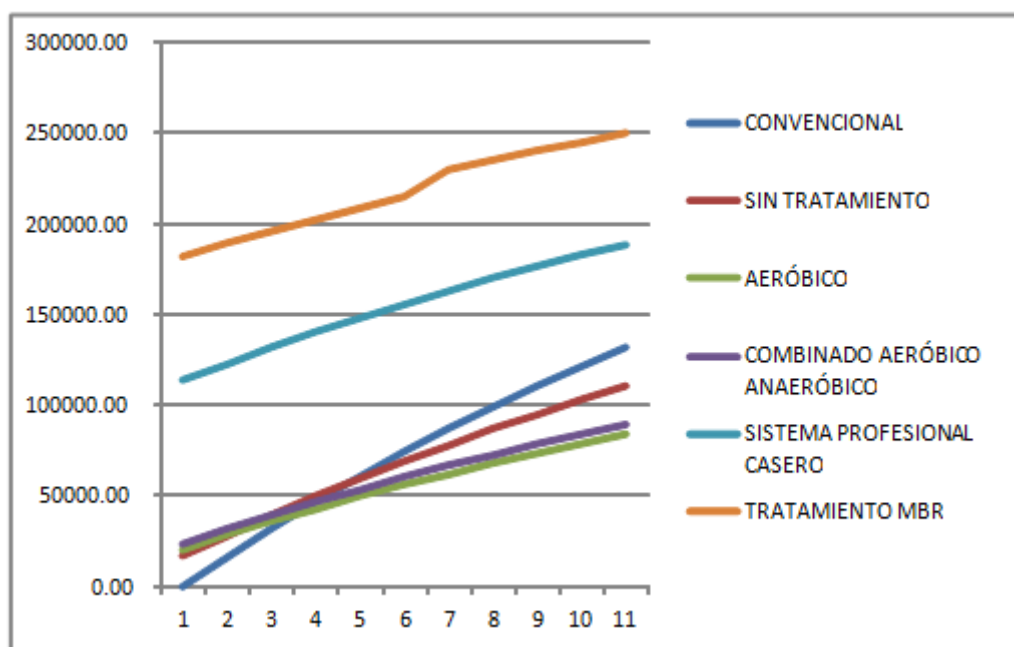
SISTEMA PROFESIONAL CASERC											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual			vs no tener sistema		
0	113715.00	0.00	0.00	0.00	113715.00	113715.00	-113715.00		-113715.00		-113715.00
1	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-122976.37
2	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-131796.73
3	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-140197.07
4	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-148197.39
5	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-155816.71
6	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-163073.28
7	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-169984.28
8	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-176566.14
9	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44		7395.88		-182894.61
10	0.00	2191.30	7532.94	9587.38	9724.44	9724.44	-9724.44	-188804.57	7395.88	-7.14%	-188804.57

TRATAMIENTO MBR											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual			vs no tener sistema		
0	182305.37	0.00	0.00	0.00	182305.37	182305.37	-182305.37		-182305.37		-182305.37
1	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-189479.69
2	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-196932.20
3	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-202819.44
4	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-208016.83
5	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-212491.07
6	0.00	12872.40	7532.94	9587.38	20405.34	20405.34	-20405.34		-3285.02		-230145.85
7	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-234499.37
8	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-240597.94
9	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94		9587.38		-245443.78
10	0.00	0.00	7532.94	9587.38	7532.94	7532.94	-7532.94	-250078.34	9587.38	-12.22%	-250078.34

Se puede observar que la TIR es aceptable para los sistemas “Sin tratamiento”, “Aeróbico” y “Combinado aeróbico anaeróbico”. Para los últimos dos sistemas, la TIR es negativa lo cual nos indica que para el período del proyecto, la inversión no es rentable. Además, analizando los VPN se puede observar que solamente en el caso de los sistemas con TIR positiva el valor es menos negativo, es decir mayor. Esto explica por qué solamente en estos casos, en el período de diez años, se recupera la inversión.

En la ilustración que se presenta a continuación, se puede observar que “Sistema profesional casero” y “Tratamiento MBR” son las únicas líneas que no interceptan a “Convencional” pues no se recuperan en este período.

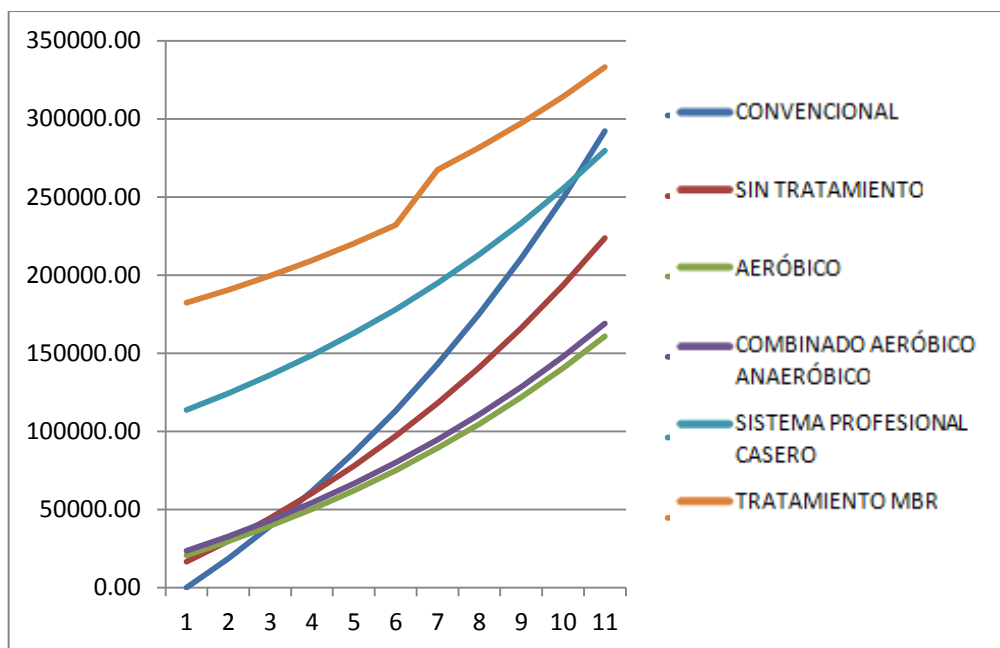
Ilustración 190: Pago de inversión complejo de casas sin inflación.



- **Con inflación.**

Basados en precios del agua en años anteriores y considerando que ha aumentado su precio considerablemente debido a su escases, se consideró una inflación del 15%. La ilustración que vimos anteriormente, ahora con inflación, se presenta a continuación.

Ilustración 191: Análisis de cada sistema para complejo de casas.



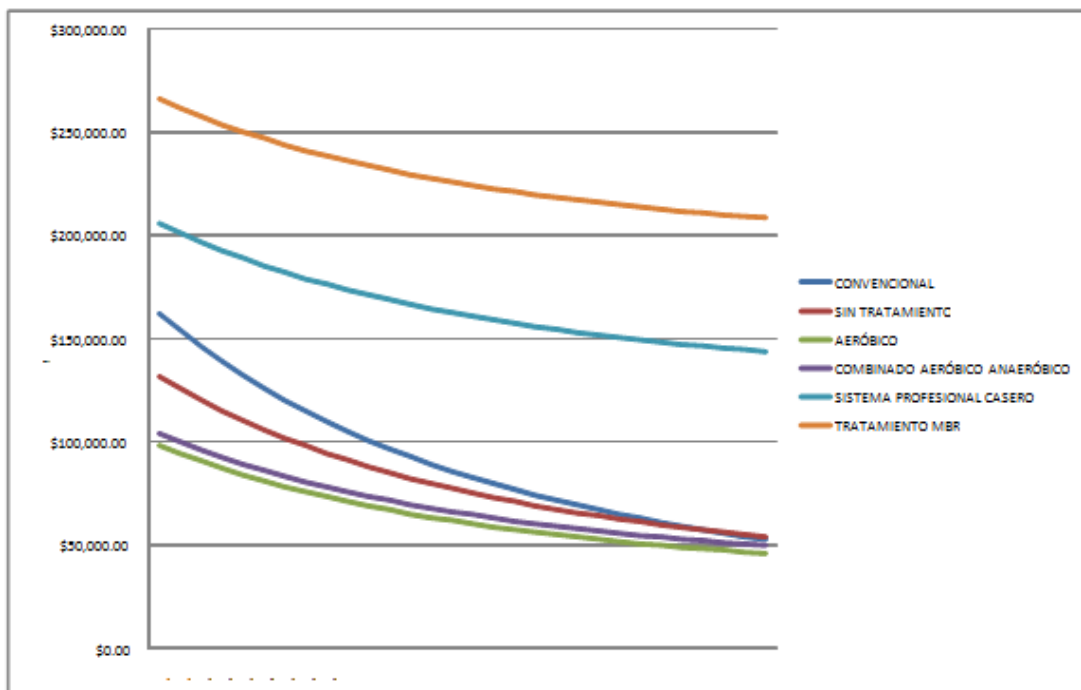
Es notable que si el precio del agua sube, utilizar el sistema convencional se hace cada vez menos viable económicamente. En este caso todos los sistemas se pagan y empiezan a dar ahorros en el período propuesto de diez años.

Se obtuvieron las TIR de cada sistema, todas fueron positivas. Sin embargo, para el "Tratamiento MBR" la TIR es menor a la TMAR por lo que es más recomendable, para el período de diez años, no invertir este dinero para obtener un ahorro. Esto se debe a que el interés que se pagaría por este dinero en el banco daría una TIR de 5% mínimo, dándonos una mayor cantidad de dinero que invirtiéndola en el sistema. Es conveniente utilizar todos los demás sistemas pues sus TIR son mayores a la TMAR. El sistema con la mayor TIR es el "Aeróbico" por lo que es el más recomendable para el escenario de un complejo de casas.

(1) Análisis de TMAR.

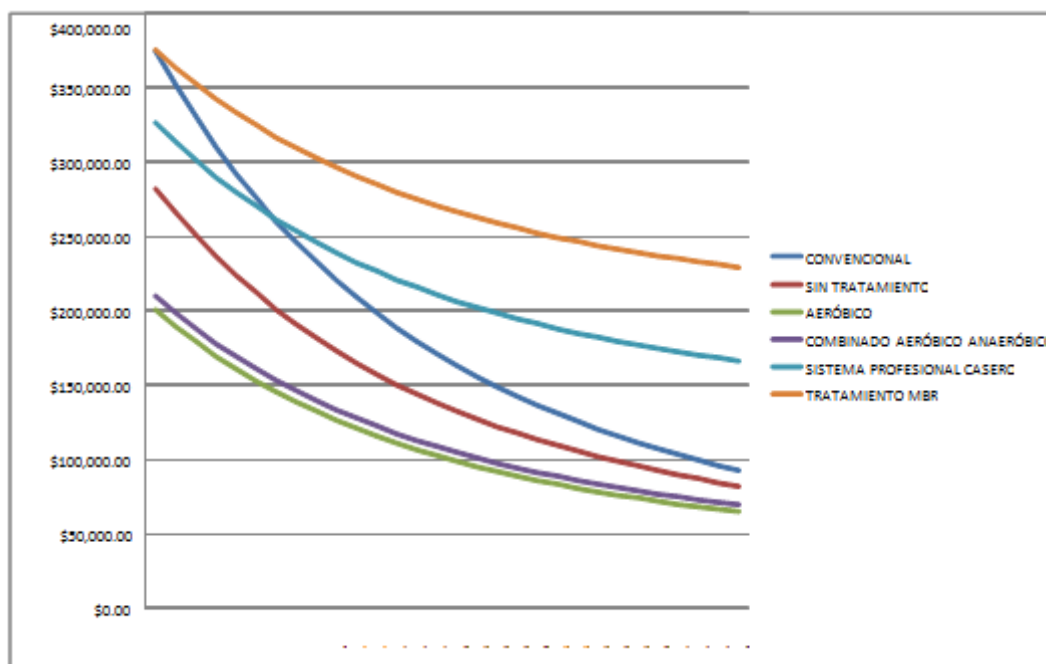
Luego se obtuvo la gráfica para diferentes TMAR sin inflación. El sistema que tenga el menor costo va a ser el que aparezca en la parte superior. Podemos ver que para 5% es justamente el "Aeróbico" y la tendencia se mantiene para todos los TMAR. A continuación, se presenta la gráfica.

Ilustración 192: Análisis de sensibilidad TMAR complejo de casas.



Se realizó el mismo análisis ahora para inflación del 15%. Se mantiene la tendencia y el sistema aeróbico es el más atractivo.

Ilustración 193: Análisis de sensibilidad TMAR con inflación complejo de casas.



c. **Industria.** A continuación, se presentan los análisis financieros para un sistema convencional y para cada uno de los sistemas de tratamiento cotizados. Se calcularon los valores de Valor Presente Neto y de Tasa Interna de Retorno para analizar el escenario.

Cuadro 72: Análisis de cada sistema para industria.

CONVENCIONAL: 100% AGUA POTABLE										
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico [Q]	Costo [Q]	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN		vpn
				Anual	Anual	Anual				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
1	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-24481.07
2	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-47796.33
3	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-70001.43
4	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-91148.10
5	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-111389.74
6	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-130471.30
7	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-148739.41
8	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-166137.68
9	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13			-182707.41
10	0.00	0.00	25705.13	0.00	25705.13	25705.13	-25705.13	-198488.16		-198488.16

SIN TRATAMIENTO											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico [Q]	Costo [Q]	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental vs no tener sistema	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual					
	8010.60	0	0		8010.60	8010.60	-8010.60		-8010.60		-8010.60
1	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-24895.83
2	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-40976.99
3	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-56292.38
4	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-70878.48
5	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-84769.99
6	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-98000.00
7	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-110600.00
8	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-122600.00
9	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49		7975.64		-134028.63
10	0.00	250.00	17479.49	8225.64	17729.49	17729.49	-17729.49	-144912.98	7975.64	99.46%	-144912.98

AERÓBICO											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico [Q]	Costo [Q]	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental vs no tener sistema	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual					
0	10143.00	0.00	0.00	0.00	10143.00	10143.00	-10143.00		-10143.00		-10143.00
1	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-21240.38
2	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-31809.33
3	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-41874.98
4	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-51461.33
5	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-60591.17
6	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-69286.28
7	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-77567.30
8	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-85434.00
9	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28		14052.87		-92882.11
10	0.00	342.00	11310.28	14394.87	11652.28	11652.28	-11652.28	-100118.62	14052.87	139%	-100118.62

Continuación cuadro #72: Análisis de cada sistema para industria.

COMBINADO AERÓBICO ANAERÓBICO											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual			vs no tener sistema		
0	14300.00	0.00	0.00	0.00	14300.00	14300.00	-14300.00		-14300.00		-14300.00
1	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-23547.87
2	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-36260.11
3	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-46462.21
4	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-55178.58
5	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-62432.21
6	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-74243.27
7	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-82638.51
8	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-90632.18
9	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26		13894.87		-98243.18
10	0.00	300.00	11310.26	14394.87	11810.26	11810.26	-11810.26	-105492.64	13894.87	97.06%	-105492.64

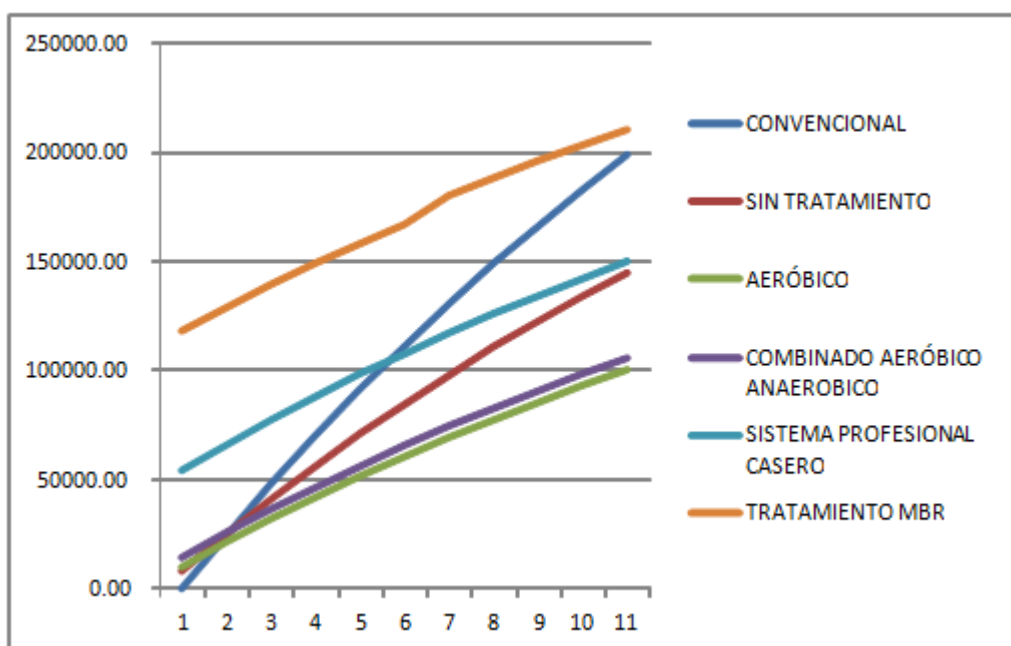
SISTEMA PROFESIONAL CASERO											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual			vs no tener sistema		
0	54330.50	0.00	0.00	0.00	54330.50	54330.50	-54330.50		-54330.50		-54330.50
1	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-66099.38
2	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-77807.80
3	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-87982.51
4	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-96148.88
5	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-107831.18
6	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-117052.31
7	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-122834.48
8	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-134198.38
9	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31		13347.82		-142164.00
10	0.00	1047.02	11310.26	14394.87	12357.31	12357.31	-12357.31	-149750.33	13347.82	20.88%	-149750.33

TRATAMIENTO MBR											
Año	Inversión	Mantenimiento	Costo agua	Ahorro Económico (Q)	Costo (Q)	Costo+ inf	Flujo de Caja	VPN	Flujo incremental	TIR	vpn
				Anual	Anual	Anual			vs no tener sistema		
0	117943.37	0.00	0.00	0.00	117943.37	117943.37	-117943.37		-117943.37		-117943.37
1	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-128715.00
2	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-138973.77
3	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-148743.99
4	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-158048.87
5	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-166910.81
6	0.00	6436.10	11310.26	14394.87	17746.46	17746.46	-17746.46		7928.67		-180153.51
7	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-188191.51
8	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-195846.74
9	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26		14394.87		-203137.41
10	0.00	0.00	11310.26	14394.87	11310.26	11310.26	-11310.26	-210080.50	14394.87	2.91%	-210080.50

Se puede observar que la TIR es aceptable para los sistemas "Sin tratamiento", "Aeróbico", "Combinado aeróbico anaeróbico" y "Sistema profesional casero". Para el "Tratamiento MBR" la TIR es positiva pero es menor que la TMAR indicando que no es recomendable hacer la inversión. Además, analizando los VPN se puede observar que en todos los sistemas que es menor que el convencional se recupera la inversión en el período de diez años. En el caso de "Tratamiento MBR" el VPN es menor que el convencional por lo que no se recupera la inversión en diez años.

En la ilustración que se presenta a continuación, se puede observar que "Tratamiento MBR" no intercepta a "Convencional" pues no se recupera en este período.

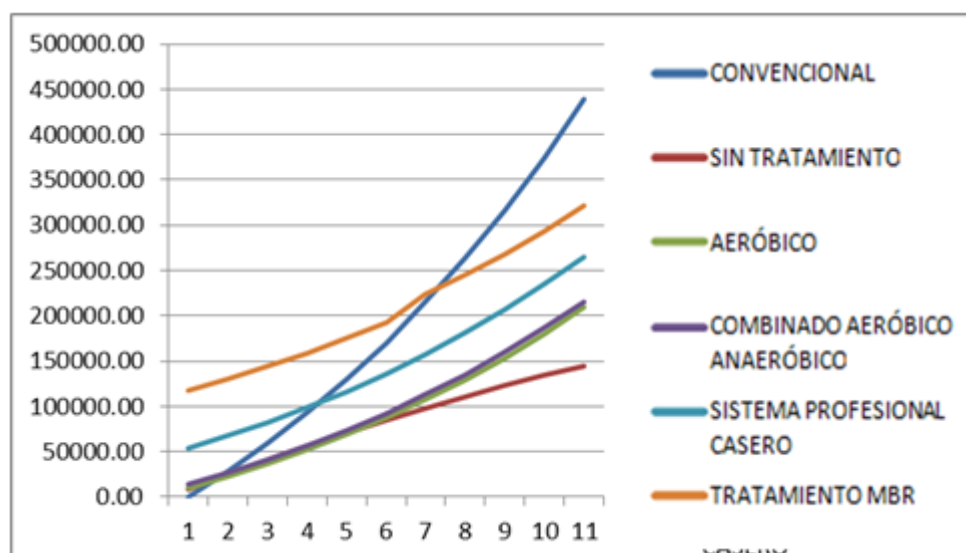
Ilustración 194: Pago de inversión industria sin inflación.



- Con inflación.

Basados en precios del agua en años anteriores y considerando que ha aumentado su precio considerablemente debido a su escases, se consideró una inflación del 15%. La ilustración que vimos anteriormente, ahora con inflación, se presenta a continuación.

Ilustración 195: Pago de inversión industria con nflación.



Es notable que si el precio del agua sube, utilizar el sistema convencional se hace cada vez menos viable económicamente. En este caso todos los sistemas se pagan y empiezan a dar ahorros en

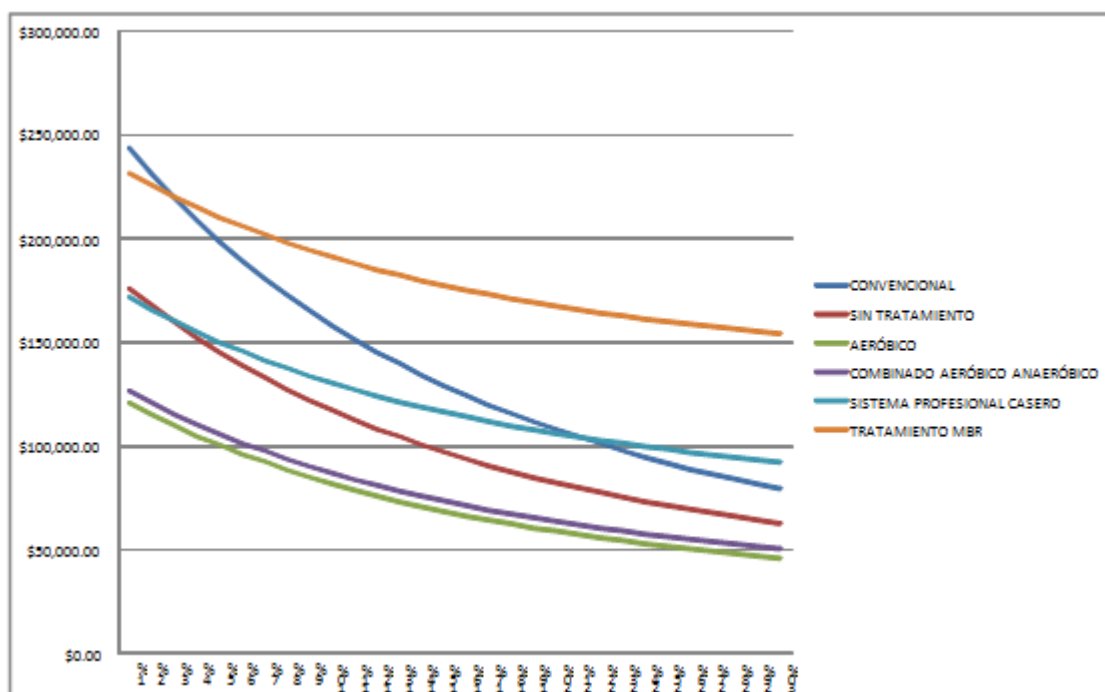
el período propuesto de diez años.

Se obtuvieron las TIR de cada sistema, todas fueron positivas y mayores que la TMAR. Es conveniente utilizar todos los demás sistemas y todos son rentables en el período propuesto. Es más evidente en el caso de una industria pues la tarifa que se paga es muy alta, y el ahorro es mayor para cada uno de los sistemas. El sistema con la mayor TIR es el “Aeróbico” por lo que es el más recomendable para el escenario de una industria.

- **Análisis de TMAR.**

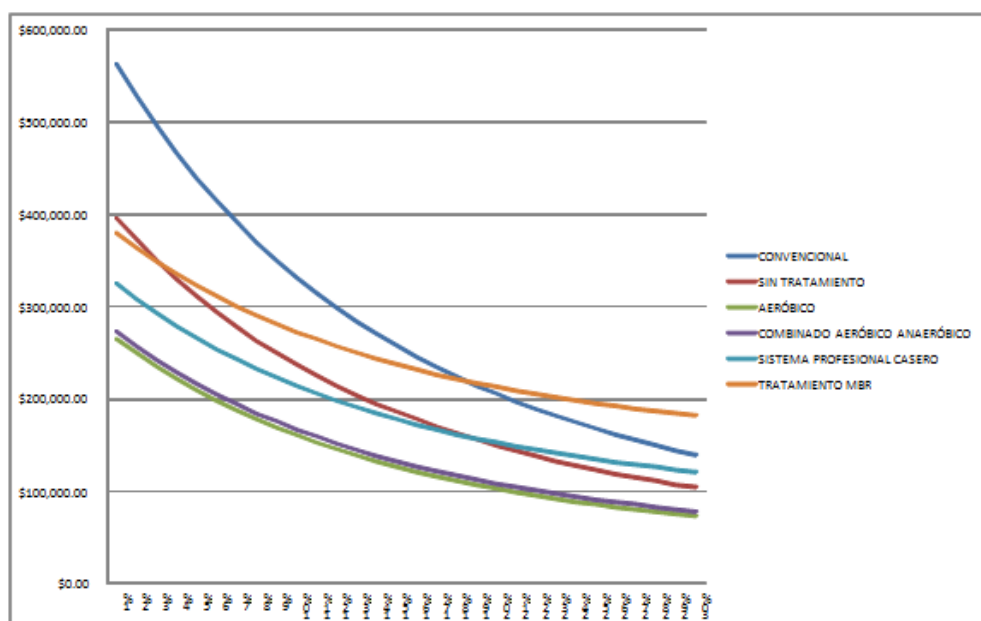
Luego se obtuvo la ilustración para diferentes TMAR sin inflación. El sistema que tenga el menor costo va a ser el que aparezca en la parte superior. Podemos ver que para 5% es justamente el “Aeróbico” y la tendencia se mantiene para todos los TMAR. A continuación, se presenta la ilustración.

Ilustración 196: Análisis de sensibilidad TMAR industria.



Se realizó el mismo análisis ahora para inflación del 15%. Se mantiene la tendencia y el sistema aeróbico es el más atractivo.

Ilustración 197: Análisis de sensibilidad TMAR con inflación industria.



4. **Interpretación.** Los resultados obtenidos anteriormente nos dan una idea de que sistema utilizar para cada uno de los escenarios, los cuales ejemplifican tres de las construcciones más comunes en Guatemala. Es importante mencionar que, a pesar del bajo precio del agua y en escenarios sin inflación, es viable en todos los casos la instalación de un sistema de tratamiento. Esto es un indicador que estos sistemas son eficientes y ahorradores para todo tipo de construcciones, además de cumplir con su objetivo primordial que es preservar el medio ambiente y los ciclos naturales.

Además, en Guatemala no se cobra el agua residual a diferencia de muchos otros países como Estados Unidos y Alemania. Esto nos indica que la tendencia es que se cobre la misma, haciendo a largo plazo mucho más eficientes los sistemas económicamente. Cabe mencionar también que, según datos obtenidos de Empagua, el precio del agua tiene un aumento anual mucho más grande que el valor de la inflación del país. Esto se debe a que es un recurso que es cada vez más escaso ya que las aguas subterráneas que necesitamos para la vida son recursos no renovables. Lo antes mencionado es otro factor que hace más importante contar con sistemas de tratamiento en todas las construcciones del país.

Algunos de los sistemas investigados no se adaptan para el país en que vivimos. Por ejemplo el sistema MBR es un sistema de gran eficiencia en Europa, ya que aquí la tarifa de agua residual es más alta que la de agua potable. Esto lo hace viable económicamente y es por esto que se utiliza. Sin embargo para fines de este trabajo, delimitado para Guatemala, no es viable. Es imprescindible hacer

un análisis del tamaño de la construcción y demanda de agua para poder evaluar a qué escenario se asemeja más y así recomendar el sistema más conveniente.

Adicional a este trabajo escrito, se cuenta con el archivo Excel de todas las tablas presentadas. Aquí los escenarios pueden ser modificados, en caso existan variantes a lo largo del tiempo, para que sean más reales y cercanos al tipo de construcción que se esté realizando. De esta manera quien utilice esta guía podrá solicitar la tabla mencionada y tener un aproximado más acertado del ahorro que tendrá, los precios que deberá pagar y el sistema que más le conviene.

Por último, se quiere hacer una aclaración que los beneficios económicos son solamente parte de la gran cantidad de beneficios que los sistemas de reutilización y tratamiento de aguas grises y pluviales traen al usuario y al país. Por medio de su utilización se contribuye a la sostenibilidad de la construcción a realizar, sostenibilidad de la comunidad, del país y finalmente del mundo. Es importante que se tenga una conciencia social y responsabilidad ecológica en todas las actividades que se realicen, y en este caso específico al desechar las aguas residuales.

El planeta es un sistema vivo en donde todos los ciclos naturales están conectados, cuidando el ciclo del agua se ayuda al planeta en general. Guatemala está en necesidad de nueva tecnología e innovación, se debe trascender y empezar a concientizar para estar a la altura de los países más industrializados.

XII. Tratamientos de aguas residuales

A. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

1. Introducción a los tratamientos de aguas residuales. El

objetivo de tratamiento de aguas residuales es reducir los contaminantes que están presentes para no contaminar el cuerpo donde yacen los residuos, ya que los contaminantes pueden crear un impacto en el medio ambiente, incluso pueden llegar a impactar más que solo el cuerpo donde yacen los residuos. Los medios para tratar las aguas residuales pueden llegar a ser los siguientes:

- Plantas de tratamientos aeróbicas
- Plantas de tratamiento anaeróbicas
- Micro plantas
- Biodigestores
- Trampas de grasa (Como un pre-tratamiento)
- Fosa séptica

Estos métodos tienden a ser los más generales a la hora de determinar que método se va a utilizar para tratar las aguas negras de una casa, complejo de casas, edificio, industria, etc. por lo que es esencial conocer los aspectos importantes y el funcionamiento de estos métodos antes de tomar una decisión.

Los sistemas de tratamientos de aguas residuales pueden ser la diferencia entre un mejor futuro para las siguientes generaciones, así como pueden llegar a ser los causantes de un peor futuro. Esto se debe a que hoy en día puede que el impacto ambiental de las aguas residuales no causen mayor problema, pero tarde o temprano los mantos acuíferos pueden llegar a ser contaminados a tal escala, que las próximas generaciones no tengan agua para beber. Como ejemplo de lo mencionado anteriormente esta el lago de Atitlan y Amatitlán. En cambio hoy en día el lago de Amatitlán esta tan contaminado que es difícil encontrar vida en él.

Manejo de aguas residuales en Guatemala. Las aguas residuales de residencias individuales y otras instalaciones comunitarias en localidades sin alcantarillados son administradas usualmente con el sistema más común, el cual es un tanque séptico para el tratamiento parcial de las aguas residuales y el almacenamiento prolongado de los solidos. El vertimiento del efluente luego es desechado en ríos, océanos, lagos, campos, etc.

En Guatemala se tiene la costumbre de utilizar las fosas sépticas, ya que son el medio más barato y común. Este medio por definición es un tratamiento primario, por lo que luego de este proceso se debe llevar a cabo un tratamiento secundario para lograr la eficiencia necesaria para eliminar los residuos sin crear contaminación alguna, sin embargo en Guatemala no se tiende a utilizar un tratamiento secundario, por lo que a la hora de desechar los residuos tienden a contaminar el lugar donde yacen. En Guatemala existen empresas que pueden ser contratadas para retirar las aguas residuales de las fosas sépticas y ser llevadas a que se traten antes de ser vertidas en el medio ambiente. Así como hay empresas que tratan el agua de la forma que se debe, otras solo retiran el agua residual y lo vierten en ríos, lagos, océanos, etc. sin ser tratada.

a. **Niveles de tratamiento.** Los niveles de tratamiento pueden constituirse de la siguiente forma:

- **Preliminar: Remoción de constituyentes del agua residual que puedan causar problemas operacionales o de mantenimiento con los procesos y operaciones de tratamiento, y sistemas auxiliares.**
- **Primario: Remoción de parte de los sólidos y material orgánica suspendidas presentes en el agua residual.**
- **Primario avanzado: Remoción intensiva de sólidos suspendidos y material orgánica presentes en el agua residual, en general llevado a cabo mediante la adición de insumos químicos o filtración.**
- **Secundario: Remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos. La desinfección también se incluye dentro del concepto de tratamiento secundario convencional.**
- **Secundario con remoción: Remoción de compuestos orgánicos biodegradables, sólidos suspendidos y nutrientes(nitrógeno o fósforo por separado o en conjunto)**
- **Terciario: Remoción de sólidos suspendidos residuales, en general por filtración en medio granular. La desinfección hace siempre parte del tratamiento terciario, incluyéndose a menudo en esta definición la remoción de nutrientes.**

- **Avanzado: Remoción de materiales disueltos o en suspensión que permanecen después del tratamiento biológico convencional. Este nivel se aplica en casos donde se requiere reutilizar el agua tratada o en el control de utroficación de fuentes receptoras.**

b. Consumo de agua en Guatemala. Los niveles de consumo promedio de agua se pueden observar en el cuadro No. 73, y mediante esta tabla se pueden analizar las diferentes fuentes y cual es el valor típico de litros diario de una persona en determinada fuente. Para llevar a cabo los análisis financieros se tomara el dato de una vivienda media, la cual son 265 litros por persona y para el escenario de la industria se tomara el valor de 50 litros por persona. Como podemos observar, la diferencia en el valor promedio de litros entre la vivienda media y la industria, se debe a que en la industria las personas no tienden a bañarse, utilizar tanto el baño, lavar sus medios de transportes y lavar la ropa.

Cuadro 73: Cuadro de consumo de agua.

Fuente	Unidad	Intervalo (L/unidad día)	Valor típico (L/unidad día)
Apartamento alto standing	Persona	132-280	190
Apartamento nivel medio	Persona	198-300	245
Apartamento zona turística	Persona	190-265	225
Refugio zona turística	Persona	30-190	150
Hotel	Cliente	115-210	170
	Empleado	25-50	40
Hotel zona turística	Cliente	150-225	190
Vivienda media	Persona	170-340	265
Vivienda clase alta	Persona	225-380	300
Vivienda de lujo	Persona	280-570	360
Vivienda antigua	Persona	115-225	170
Segunda residencia	Persona	95-190	150
Motel con cocina	Unidad	340-680	380
Motel sin cocina	Unidad	285-570	360
Dormitorio, barracón	Persona	75-190	150
Zona caravaning	Persona	115-190	150

Fuente	Unidad	Intervalo (L/unidad día)	Valor típico (L/unidad día)
Zona acampada, desarrollada	Persona	75-150	115
Club de campo	Sociopresente	225-490	380
	Empleado	40-55	50
Campamento de día sin comidas	Persona	40-55	50
Aereopuerto	Pasajero	40770.00	11
Tienda zona turística	Cliente	40648.00	11
	Empleado	30-45	40
Estación de servicio	Carro servido	25-50	40
	Empleado	35-55	45
Bar	Cliente	40683.00	10
	Empleado	40-60	50
	Asiento	45-95	75
Cafetería	Cliente	40643.00	8
	Empleado	30-45	40
Comedor	Por comida	15-40	26
Grandes almacenes	Lavabo	1500-2250	1900
	Empleado	30-45	40
	Cliente	150-210	180
Edificio industrial (aguas sanitarias)	Empleado	25-60	50
Lavanderías (self-service)	Lavadora	1700-2500	2100
	Lavado	170-210	190
	Empleado	25-60	50
Oficina	Empleado	25-60	50
Restaurante	Comida	40770.00	10
Centro comercial	Aparcamiento	40641.00	8
	Empleado	25-50	40
Hospital Médico	Cama	470-900	625

	Empleado	20-50	40
Hospital psiquiátrico	Cama	285-530	380
	Empleado	20-55	40
Prisión	Recluso	285-570	435
	Empleado	20-55	40
Asilo	Residente	190-455	320
Colegio con cafetería, gimnasio y duchas.	Estudiante	55-115	95
Colegio con cafetería	Estudiante	40-75	55
Colegio sin cafetería ni gimnasio	Estudiante	20-65	40
Colegio, internado	Estudiante	190-380	285
Piscina	Usuario	20-45	40
	Empleado	30-45	40
Cine	Butaca	40770.00	10
Centro de visitas	Visitante	15-30	20

El promedio del consumo de agua en los inodoros y riego son de un 35%, por lo que aquellos sistemas que pueden reutilizar el agua para inodoros y riegos, solo pueden reutilizar el 35%, por lo que el resto del agua debe ser desechada. Este porcentaje es el requerido para llevar a cabo los análisis financieros, ya que este porcentaje determina la cantidad de agua que se puede ahorrar.

c. **Ciclo aeróbico.** El oxígeno se emplea para la oxidación del material orgánico, mientras que en un ciclo anaeróbico la degradación del material orgánico ocurre en ausencia del oxígeno y se utilizan bacterias para descomponer el material. En el ciclo de productos finales en estado de oxidación mayor poseen menor nivel de energía en comparación con los productos finales del ciclo anaeróbico, por lo que da como resultado un efluente más limpio. En un ciclo aeróbico los procesos son más eficientes que un ciclo anaeróbico, ya que el oxígeno permite una mejor remoción y degradación de los sólidos suspendidos. Debido a lo siguiente, los sistemas que utilizan un ciclo aeróbico tienden a ser más eficientes, pero debido a que requieren bombas para el oxígeno, el costo tiende a elevar.

d. **Ciclo anaeróbico.** Cuando el oxígeno disponible disminuye, los organismos facultativos y anaeróbicos suplantán a los organismos aeróbicos en el proceso de descomposición de los sólidos suspendidos y vegetales, ya que con menor oxígeno se generan las bacterias que se encargan de descomponer los materiales, y de esta manera eliminar ciertas impurezas en el agua que ha de ser tratada. Para los procesos que utilizan el ciclo anaeróbico, muchas veces requieren de lugares dentro de los sistemas para cultivar las bacterias que deben descomponer los desechos. En caso de ciertos sistemas como lo es el biodigestor se tienden a utilizar recipientes con orificios, donde se introducen materiales plásticos para que se cultiven las bacterias.

2. Plantas de tratamiento. Las normas y criterios sobre la calidad del agua y reglamentos de requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación para la construcción de las plantas de tratamiento son las siguientes:

Nacionales:

- a. Coguanor NGO-29-002-H.
- b. Acuerdo Gubernativo 60-89 / hoy acuerdo 236-2006 incluye lodos.
- c. Estándares de Calidad de Agua para la Ciudad Capital Dra. Alba Tabarini de Abreu.
- d. Estándares de la Calidad de los Efluentes de agua de la Ciudad Capital, Dra. Alba Tabarini de Abreu.

Internacionales:

- c. American Waters Works Association.
- d. River Valley Water Sanitation Commission.
- e. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Protección Ambiental.
- f. Normas y Criterios Internacionales para el Agua Potable establecidas por, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Entre las plantas de tratamiento se encuentran las plantas de tratamiento aeróbicas y las anaeróbicas, ya que dependiendo del consumidor la planta puede ser desarrollada con el ciclo y sistema que la persona desee.

a. Consideraciones para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los pasos para el proceso de análisis y diseño de plantas de tratamiento ya sean pequeñas o grandes es el siguiente:

- Estudios de caracterización y conducción del caudal de las aguas residuales a tratar.
- Elección preliminar de procesos.
- Realización de estudios a nivel de laboratorio y planta piloto.
- Elaboración de alternativas de diagramas de flujo de tratamiento.
- Definición de los criterios de diseño.
- Distribución física de los elementos de la planta de tratamiento.
- Preparación de perfiles hidráulicos.
- Elaboración del balance de sólidos.
- Realización de planos de construcción, especificaciones y documentos para la licitación.
- Estimación de costos de ingeniería.

Siguiendo estos pasos se puede y debe de llegar a determinar que tipo de planta de tratamiento es la necesaria para determinado escenario.

b. Plantas de tratamiento aeróbicas

- Concepto.

Ésta se puede definir como un sistema de tratamiento en el cual una masa biológica heterogénea (lodo activado), es continuamente reciclada y puesta en contacto con la material orgánica del desecho líquido afluente al sistema, en presencia de oxígeno molecular por difusión de aire comprimido. El presente sistema posee tres procesos unitarios básicos, oxidación biológica (en la unidad de aireación o reactor biológico), sedimentación (en la unidad de separación o recuperación de sólidos o también llamado sedimentado secundario), de donde el lodo separado, en su gran mayoría, es retornado a la unidad de aireación para que se mezcle con las aguas residuales afluentes y el agua restante ya tratada es eliminada del sistema. Debido a lo mencionado anteriormente, este tipo de ciclo tiende a ser más eficiente a la hora de tratar las aguas residuales, ya que puede llegar alcanzar hasta el 95% de limpieza.

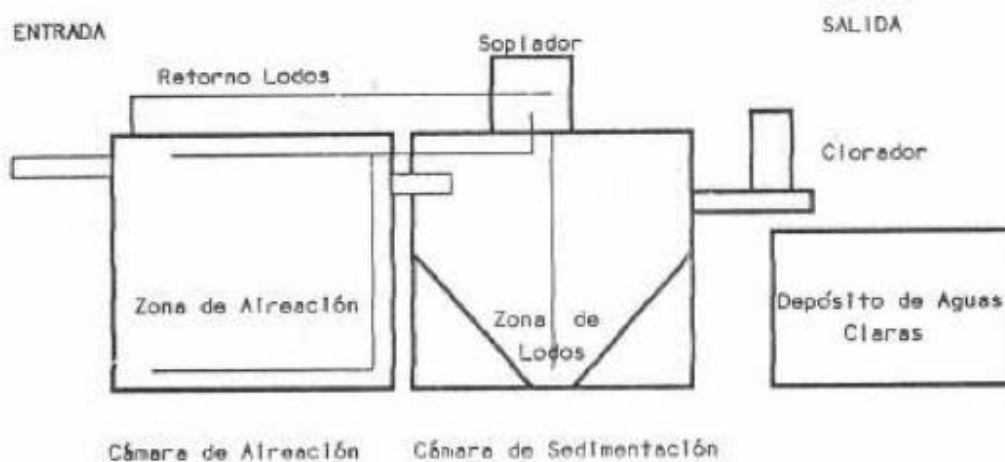
- Proceso de aireación extendida.

En forma esquematizada el proceso esta compuesto por cinco etapas esenciales, las cuales están indicadas en la ilustración 197.

La primera etapa se da cuando el afluente del proceso del agua residual cruda o sedimentada es mezclada con el lodo reciclado procedente del sedimentado secundarios. Todo esto ocurre en el tanque de aireación. En el mismo tanque de aireación ocurre la segunda etapa en donde se mantiene la mezcla llamada también “licor mezclado” aeróbico, en el cual se mantiene en agitación por medio de la introducción de oxígeno a través de difusión de aire comprimido. Durante este proceso también se da la biodegradación de los compuestos solubles y coloidales, y también se da la destrucción de la biomasa por respiración endógena.

La siguiente etapa de clarificación que consiste en la separación del licor tratado. Esta se da en el tanque de sedimentación que luego el licor no tratado a la eficiencia necesaria es retornado al tanque de aireación en una cuarta etapa de recirculación, y el exceso de sólidos es retirado del sistema por una quinta etapa llamada “disposición”.

Ilustración 198: Cinco etapas de aireación extendida.



- **Elementos para plantas de tratamientos aeróbicas.**

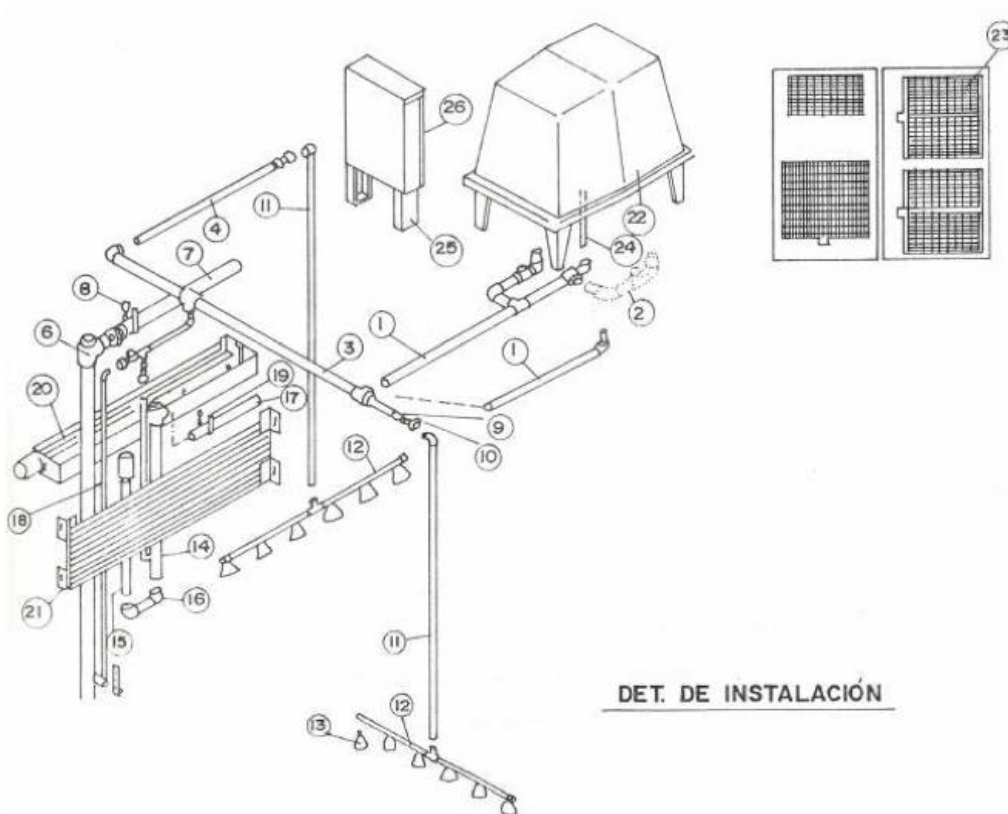
Los elementos que se pueden observar en el siguiente cuadro, son los elementos necesarios para la construcción de una planta de tratamiento aeróbica, y se pueden observar en el cuadro no.74. Uno de los contra beneficios que tienen las plantas de tratamiento es que se requiere de ciertos meses para la construcción, ya que como se puede observar en la siguiente tabla, requiere de 26 elementos adicionales a parte de la obra gris. En cambio los otros métodos que se analizarán pueden ser colocados en menos de una semana

Cuadro 74: Elementos para plantas de tratamientos aeróbicas.

1	Tubería conducción de agua
2	Tubería extra acople equipo de reserve
3	Tubería distribución de aire
4	Tubería aire para ramal difusión cámara inicial
5	Apoyos de tubería de lodos
6	Tubería succión de lodos
7	Tubería retorno de lodos
8	Apoyo de tubería
9	Válvula de reingreso de aire
10	Unión universal
11	Tubería de aire para ramal de difusión
12	Ramal de difusión
13	Difusores
14	Tubería sifón de retorno de flotantes
15	Tubería principal retorno de flotantes
16	Tubería de aire retorno de flotantes
17	Tubería retorno material biológico flotante
18	Tubería de aire para retorno de lados
19	Apoyo de tubería retorno de material flotante
20	Canal de recolección y tubería de solidos
21	Cortina de retención de solidos flotantes
22	Cubierta de motor y sopladores
23	Rejilla
24	Elemento sobrepresión
25	Apoyos de control eléctrico
26	Control eléctrico

En la ilustración No. 199 se puede observar los elementos de una planta de tratamiento aeróbica, donde estos elementos deben ser colocados en la obra gris, la cual no se muestra en la figura.

Ilustración 199: Accesorios instalados de una planta de tratamiento aeróbico.



El principal punto de una planta de tratamiento aeróbica es que utilizan oxígeno para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales. En una planta como la que se muestra en la imagen el nivel de oxígeno disuelto y el grado de mezcla dentro de la cámara de ventilación son determinados por la cantidad de aire difundido y normalmente se puede ajustar la rata de ventilación para ajustar la cantidad de oxígeno que entra.

c. Plantas de tratamiento anaeróbicas

- Concepto.

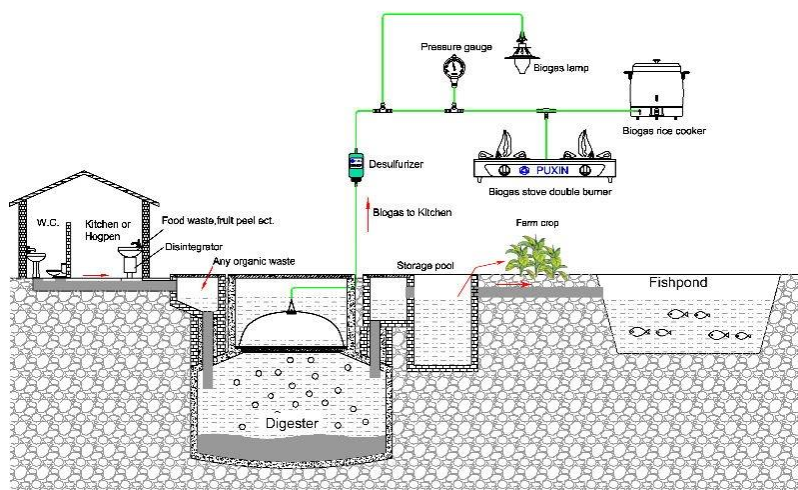
Como el mismo nombre lo indica, la siguiente planta de tratamiento lleva un proceso anaeróbico, el cual consta de un procedimiento en ausencia de oxígeno. El objetivo de la planta es descomponer las aguas residuales que entran en dióxido de carbono y metano, y eliminar los residuos que pueden crear un impacto ambiental. Este tipo de sistema puede llegar a tener una eficiencia aproximada del 80%.

El proceso que conlleva este tipo de planta de tratamiento se puede observar en la ilustración no. 199, y el proceso es el siguiente: El agua residual puede pasar por una trampa de grasa o pasar directamente a la planta de tratamiento, luego que el agua residual entra a la planta, éste entra en contacto con el medio bacteriológico. Al entrar el agua residual con el medio

bacteriológico se inicia la liberación de ciertos gases como lo son el dióxido de carbono y el metano. El agua que ha pasado por el medio bacteriológico es retirado y puede ser utilizado en plantaciones o riego, ya que luego de este proceso esta ha sido tratado a una eficiencia hasta del 80%.

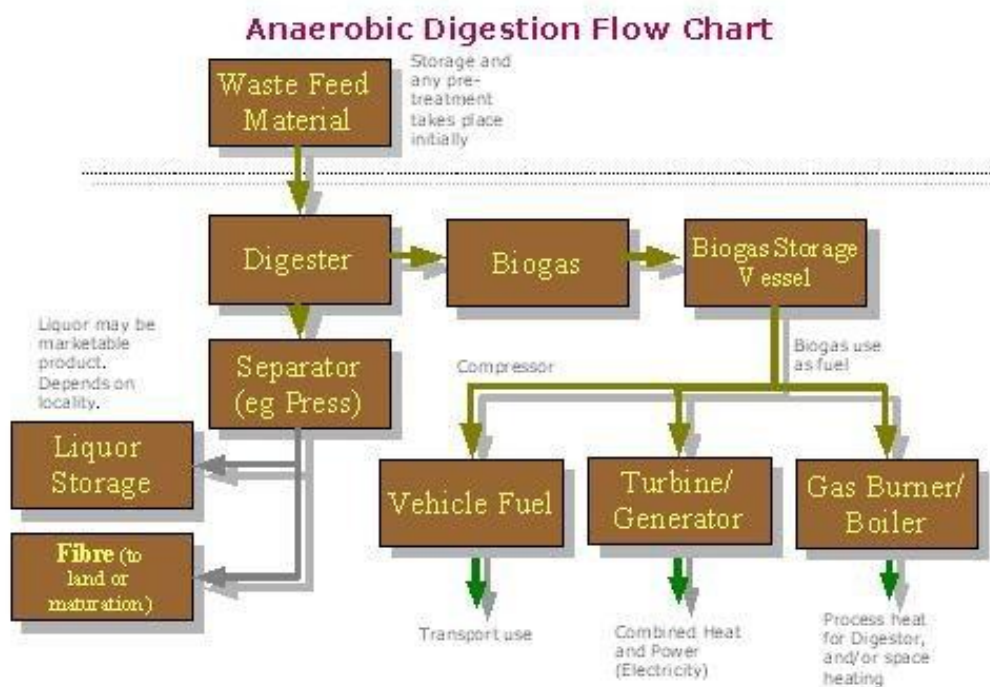
Ahora los gases producidos deben ser liberados, ya que de no liberarse pueden causar un accidente. El gas metano que es producido por la descomposición del medio bacteriológico puede ser reutilizado como gas de cocina, como se muestra en la ilustración No. 199. Debido a que este tratamiento no requiere de una bomba de aire y produce gas metano, es la planta que se tiende a utilizar con mayor frecuencia en áreas donde es un beneficio reutilizar el gas metano para cocinar, y donde el mantenimiento de la bomba se puede dificultar debido a que es un área muy retirada.

Ilustración 200: Proceso de una planta de tratamiento anaeróbica.



En la ilustración No. 201 podemos observar como en otros países como lo es Estados Unidos ha logrado utilizar el gas que es emitido por un proceso anaeróbico como el de la planta de tratamiento anaeróbica en biogás para vehículos, turbinas o calderas. De ser posible la reutilización de los gases de la manera en que otros países han logrado, este tipo de tratamiento podría generar un mayor porcentaje de ahorro que los demás métodos. Actualmente en Guatemala, el gas metano que es expulsado por este tipo de tratamiento solo es utilizado para estufas para cocinar.

Ilustración 201: Diagrama de flujo del tratamiento anaeróbico.



d. **Mantenimiento para plantas de tratamiento.** Las plantas deben recibir cierto tratamiento semanal, mensual o anual, dependiendo del proceso o incluso de los elementos de una planta. A continuación, en el cuadro No.75 se presenta una tabla para determinar el mantenimiento de una planta. En una planta de tratamiento es sumamente importante seguir las indicaciones con respecto al mantenimiento, ya que a la hora que una planta no recibe el tratamiento indicado se puede averiar y de esta forma no tratar de forma adecuada el agua desechada.

Cuadro 75: Mantenimiento para plantas de tratamiento.

No	RUTINA DE MANTENIMIENTO	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	ANUAL
1	Ajustes de rutina	X			
2	Balance del flujo de aire	X			
3	Revisión del retorno de lodos	X			
4	Limpieza y revisión de vertederos	X			
5	Raspado de tolvas	X			
6	Desnate del tanque final	X			
7	Revisión de fugas en válvulas de aire			X	
8	Revisión de tensión y uso en bandas		X		
9	Revisión de programación del reloj		X		
10	Revisión y cambio de puntas eléctricas dañadas				X
11	Revisión de taponamientos en pretratamiento				X
12	Muestreo del efluente para color y claridad	X			
13	Revisión de la estabilidad relativa del efluente		X		
14	Limpieza y pintura de las superficies metálicas				X
15	Limpieza general de la planta	X			
16	Revisión y cierre del tablero de instrumentos	X			
17	Cambio de fusibles quemados		X		
18	Revisión de nivel de aceite del soplador		X		
19	Lubricación de baleros de transmisión del soplador			X	
20	Limpieza de las ventilas del motor			X	
21	Limpieza de la válvula relevadora de presión			X	
22	Limpieza de filtro de aire			X	
23	Revisión de las terminales y laminillas del reloj				X
24	Revisión de alineación de poleas del soplador			X	
25	Lubricación de todas las cerraduras y visagras			X	

3. Micro plantas

a. **Concepto.** Las micro plantas son plantas de tratamiento compactas y de alta eficiencia, que permiten dar un nivel de tratamiento óptimo a las aguas residuales generadas por residencias, parques o comunidades. Este tipo de concepto puede remover más del 85% de los agentes contaminantes del agua residual, así como también pueden remover los nutrientes (nitrógeno y fosforo). La idea de este concepto es sustituir las plantas de tratamiento artesanales por una planta compacta y de rápida instalación.

Estas micro plantas son ofrecidas por varias empresas en Guatemala, la presentación de las micro plantas pueden ser como se muestra en las ilustraciones No. 201, No. 202 y No. 203 a continuación, y dependiendo del tamaño de la residencia se puede escoger en ciertos casos el tamaño de la micro planta.

El tipo de planta compacta más común para el tratamiento biológico es el proceso de lodos activados con aireación extendida. El desempeño de la mayoría de las plantas compactas se puede mejorar dimensionando de forma conservadora las instalaciones de tratamiento, y especificando las formas adecuadas de manejo y bombeo del flujo de las corrientes laterales.

Ilustración 202: Micro planta pre-fabricada.

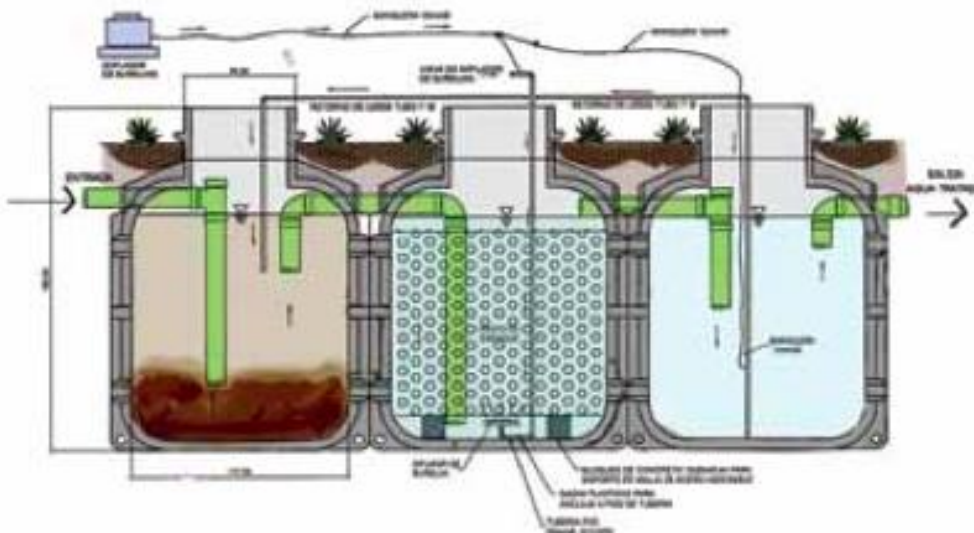


Ilustración 203: Micro planta de concreto, vista I.

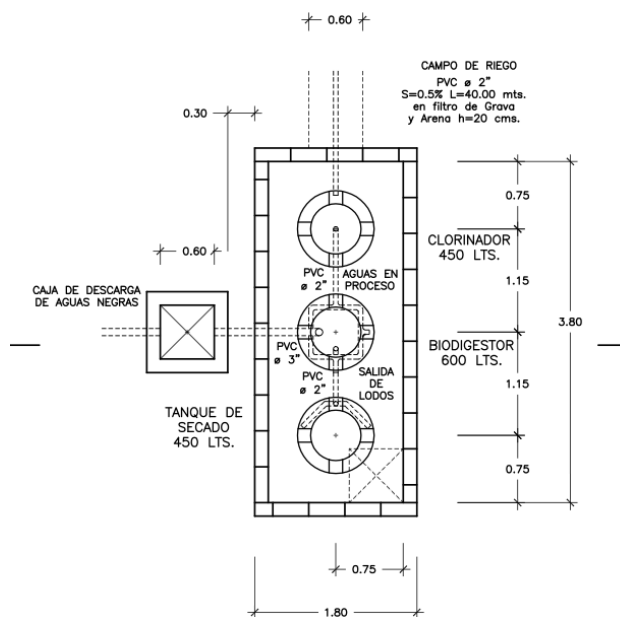
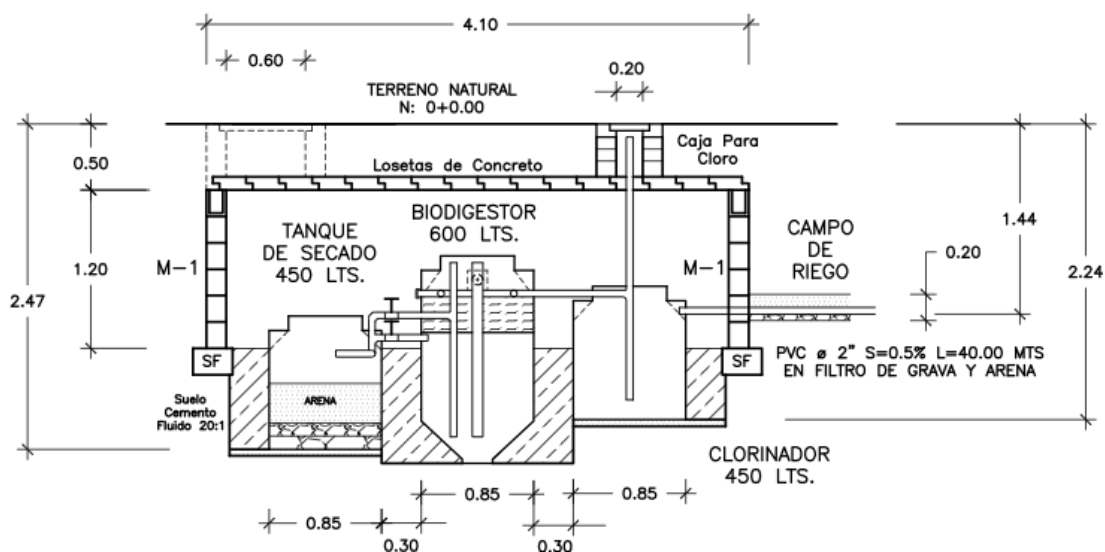


Ilustración 204: Micro planta de concreto, vista II.



b. Aplicaciones. Las aplicaciones para este tipo de planta pueden ser las siguientes:

- Residenciales.
- Fraccionamientos.
- Escuelas.
- Comunidades rurales.
- Parques Eco-Turísticos.
- Zonas Arqueológicas.
- Paraderos turísticos.
- Gasolineras.
- Campamentos.

Ahora el efluente final de las micro plantas pueden ser reutilizadas al igual que en las plantas de tratamiento normales. Las aplicaciones para el efluente final pueden ser:

- Riego de áreas verdes.
- Disposición en cuerpos receptores (lagos, ríos, arroyos, drenajes pluviales creados por la naturaleza).
- Infiltración al subsuelo.
- Descarga en redes de atarjeas.
- Reutilización para inodoros.

c. **Beneficios.** Las micro plantas al igual que las plantas convencionales detiene y evita la contaminación de cuerpos receptores (ríos, lagos, mantos freáticos), por lo que contribuye a mejorar la salud pública y a la conservación del medio ambiente. Al reusar el agua en riego de jardines o inodoros, se reduce la explotación de fuentes de abastecimiento de agua y permite tratar eficientemente el agua en zonas que no cuentan con acceso a redes de drenajes.

Los beneficios para los constructores y desarrolladores es que el uso de las micro plantas puede sustituir la necesidad de construir una planta de tratamiento centralizada (convencional) para dar servicio a todo un fraccionamiento o desarrollo, y ayuda a reducir la inversión inicial de la construcción así como los costos subsecuentes de operación y mantenimiento.

4. Fosas sépticas

a. **Concepto.** Un tanque séptico se usa para recibir la descara de aguas residuales provenientes de residencias individuales y de otras instalaciones sin red de alcantarillado. Estos son usados principalmente en el tratamiento de aguas residuales de viviendas individuales, un ejemplo de estos se puede observar en la ilustración No. 204. Los sólidos sedimentados que se encuentran en el agua residual cruda, forma una capa de lodo en el fondo del tanque séptico. Las grasas, aceites y demás material ligero tiende a acumularse en la superficie donde forman una capa flotante de espuma en la parte superior, ahora la capa de lodo sedimentada en el fondo corresponde al agua tratada y el agua libre de lodo se puede llevar a disposición en campos de infiltración o ser sometida a una unidad de tratamiento avanzada. Ahora si el agua residual que se encuentra dentro del tanque es retirado y desechado en el medio ambiente sin pasar por un tratamiento secundario o avanzado causa un impacto ambiental, ya que la eficiencia de este sistema es de solo el 40% aproximadamente.

Ilustración 205: Fosa séptica pre-fabricada.

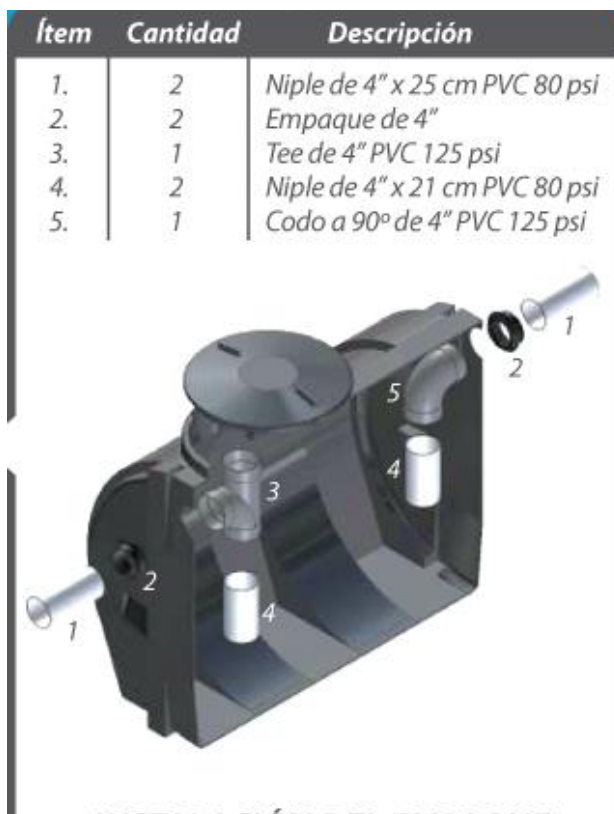


b. **Problemas con las fosas sépticas.** El problema más serio que se presentan en sistemas individuales, locales y en sistemas con tanque séptico se relaciona con el arrastre de sólidos, grasas y aceites, debido a la deficiencias en los diseños o por la falta de un apropiado mantenimiento a las fosas.

La presencia de grasas y aceites en efluentes de tanques sépticos residenciales, y especialmente en tanques sépticos de restaurantes, ocasiona fallas en las unidades de tratamiento siguientes como los tratamientos secundarios (plantas de tratamiento) y con recirculación y pueden contaminar el ambiente en una mayor proporción si es desechado al ambiente sin algún tratamiento secundario o avanzado.

c. **Accesorios de una fosa séptica.** Una fosa séptica con sus respectivos accesorios se pueden observar en la ilustración No. 205, donde podemos ver que son un sistema bastante simple, ya que no requiere de más de cinco accesorios a parte de la obra gris o del tanque pre-fabricado.

Ilustración 206: Accesorios de una fosa séptica.



d. **Inspección de rutina para una fosa séptica.** La inspección rutinaria de los tanques sépticos se debe realizar una o dos veces al año, y debe contemplar lo siguiente: 1) revisión de la impermeabilidad del tanque, 2) revisión del ingreso de aguas extrañas al tanque, 3) revisión de empaques en las conducciones, que conectan el tanque séptico con el sistema de disposición en campos de infiltración, y 4) revisión de la acumulación de lodo y espuma. Siguiendo estas inspecciones necesarias el sistema tiende a tener un mejor funcionamiento que aquel que no es revisado constantemente.

e. **Beneficios.** El beneficio de una fosa séptica va a recaer en la eliminación de los sólidos a la hora de desechar el agua residual, ya que el único propósito de la fosa séptica es este beneficio mismo. El agua residual que sale de una fosa séptica no está lo suficientemente tratada para poder ser reutilizada, por lo que es el sistema con menos eficiencia.

5. Biodigestor

a. **Concepto.** El biodigestor es una manera más simple dentro del cual se deposita aguas residuales para que luego en determinado proceso anaeróbico y de flujo ascendente, el agua se fermente y produzca gas metano y fertilizantes orgánicos. El biodigestor sustituye de manera más eficiente los sistemas tradicionales como lo son: fosas sépticas de concreto o prefabricadas, las cuales son focos de contaminación, ya que no son sistemas suficientemente eficientes.

Actualmente, los biodigestores pueden ser prefabricados o fabricados de concreto, pero los prefabricados son los que actualmente son más utilizados en Guatemala. Un biodigestor va contar con el proceso anaeróbico, ya que utiliza una canasta que por medio de flujo ascendente el agua pasa a través de ella como se puede observar en la ilustración No. 206. Esta canasta que se muestra en la ilustración No. 207 va contar con unos microorganismos que descomponen desechos y ciertas bacterias del agua residual. Por lo que el diseño de la canasta es primordial para la eficiencia del sistema, ya que es en esta parte del sistema en la cual se da el tratamiento.

Un biodigestor puede llegar a ser aeróbico si se introduce una bomba de oxígeno que oxigene el agua por medio de oxígeno comprimido como se puede observar en la ilustración No. 208, y por medio de este proceso se puede llegar incluso a tener una eficiencia del 85 %, ya que actualmente el biodigestor anaeróbico puede llegar a tener una eficiencia del 70% - 80%, por lo que puede ser un sustituto de una planta de tratamiento para viviendas pequeñas.

Ilustración 207: Diseño de un Biodigestor.

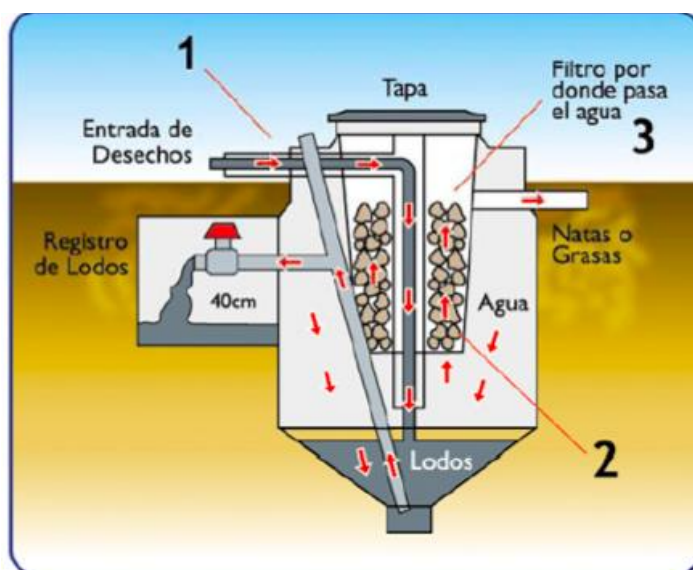


Ilustración 208: Diseño de la canasta de un Biodigestor.

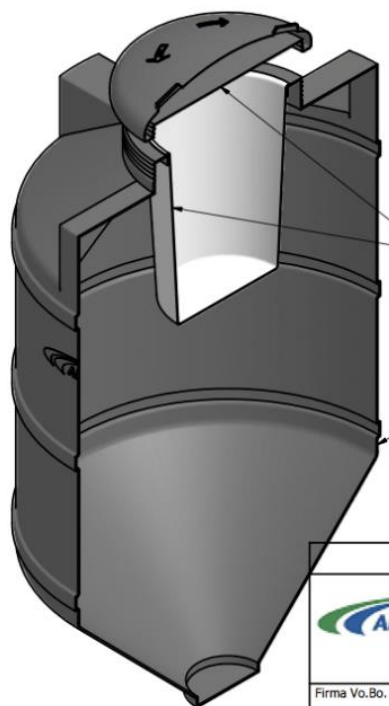
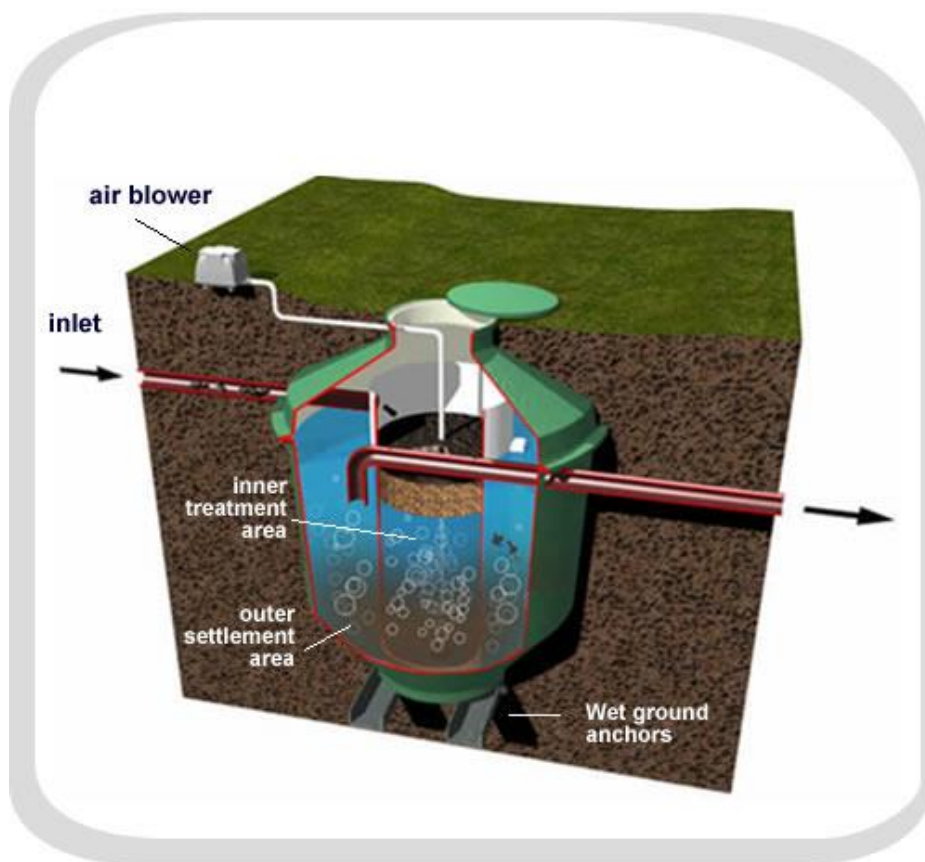


Ilustración 209: Biodigestor aeróbico.



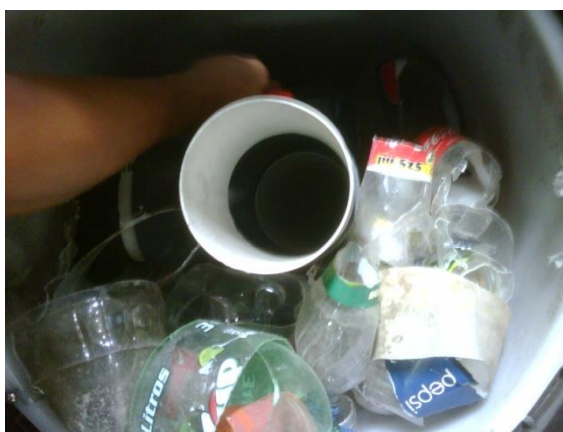
b. Aplicaciones. Las aplicaciones para un biodigestor pueden ser las mismas aplicaciones de una fosa séptica o de una micro planta, ya que por ser de tamaños pequeños pueden ser mayormente utilizadas para aplicaciones donde el agua residual no es lo suficientemente grande como para utilizar una planta de tratamiento. En ciertos departamentos de Guatemala se han aprobado leyes que prohíben el uso de fosas sépticas, debido a la alta contaminación del medio ambiente (por ejemplo el lago de Amatitlán), por lo que los biodigestores serían el perfecto reemplazo de las fosas, ya que pueden tratar a una eficiencia del 70% - 80%.

c. **Estudio de campo.** Los biodigestores son un nuevo mecanismo de limpieza para aguas residuales, por lo que actualmente solo se cuenta con un proveedor en Guatemala para los biodigestores pre-fabricados. El biodigestor es un tratamiento anaeróbico como se ha mencionado anteriormente, por lo que requiere de un medio bacteriológico para cultivar las bacterias que luego se encargan de la descomposición de todos los desechos. El biodigestor cuenta con un recipiente con orificios como una canasta donde se debe introducir unas rosetas de plástico para cultivar las bacterias, pero muchas veces para ahorrarse dinero las empresas pueden sustituir las rosetas de plástico por plásticos reciclados (basura) como se muestra en la siguiente ilustración No. 209 e ilustración No. 210, lo cual puede causar que el funcionamiento del biodigestor no sea el adecuado, y muchas veces puede causar que la salida de la descarga se bloquee a causa de la basura.

Ilustración 210: Mal diseño de un biodigestor, vista I.



Ilustración 211: Mal diseño de un biodigestor, vista II.



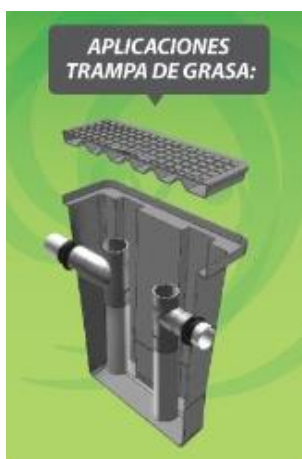
d. Beneficios. Los beneficios de los biodigestores son varios, ya que por ser un tratamiento con alta eficiencia y bajo costo, puede ser instalado por cualquier persona en su hogar. Este tipo de tratamiento ayuda a reducir el impacto ambiental, así como se puede utilizar para crear gas metano y de esta forma utilizarlo para el gas de cocina. El mayor beneficio de un biodigestor es que es higiénico, seguro y económico en su mantenimiento así como también no se requiere de un equipo mecánico y eléctrico para su limpieza.

6. Trampas de grasa

a. Concepto. La trampa de grasa es un dispositivo que puede ser fabricado o prefabricado como se puede observar en la ilustración No. 211, este generalmente se utiliza para la separación de los residuos sólidos y las grasas que son desechados. Dependiendo del volumen, esto va garantizar un tiempo de permanencia de las aguas dentro de la trampa, lo que logra una separación efectiva de las grasas y los residuos sólidos. La mayor aplicación para la trampa de grasa, es como su nombre lo indica, para la separación de las grasas en el agua que es desechada. La trampa de grasa tiende a ser un mecanismo mayormente utilizado en restaurantes, hoteles e industrias, ya que estos desechan una mayor cantidad de grasa, por lo que requieren de un medio para separar las grasas y luego tratar el agua residual.

La trampa de grasa debe ser colocada antes de un tratamiento de agua, ya que esta separa las grasas antes de entrar a una planta de tratamiento, micro planta, biodigestor, etc. para que de esta forma el tratamiento sea más eficiente. La trampa de grasa no puede ser utilizado como un medio de tratamiento de agua solitario, ya que este solo remueve las grasas y ciertos residuos solidos, por lo que la descarga de la trampa de grasa sigue estando contaminada.

Ilustración 212: Trampa de grasa pre-fabricada.



b. Aplicaciones. Las trampas de grasa pueden ser utilizados para diferentes aplicaciones, entre ellas están:

- Caja de registro
- Caja sifón
- Caja re unidora de caudal
- Caja trampa de grasa.

c. Beneficios. El beneficio del siguiente proceso es que ayuda a separar ciertos desechos y grasas antes de entrar a una planta de tratamiento, micro planta, biodigestor, etc. por lo que al separa las grasas, el próximo proceso puede fácilmente llevar a cabo una mejor limpieza del agua y ser más eficiente, ya que la grasa es un desecho que es más difícil de tratar. A la hora que entra a una planta de tratamiento, micro planta o biodigestor cierta cantidad de grasa puede quedar en el agua que es desechada, por lo que la eficiencia de la planta no es la máxima. Este problema suele suceder en situaciones donde se desecha mucha grasa, como un restaurante, hotel e industria, ya que en una casa la poca grasa que es desechada se puede tratar mediante los mecanismo tradicionales.

7. **Cotización de los diferentes métodos de tratamiento.**

Siguiendo la finalidad de la investigación, la cual es determinar que método de tratamiento es más eficiente para determinados escenarios, se llevo a cabo un estudio de campo donde se cotizó con diferentes empresas los métodos de tratamientos y se determinó un precio promedio para las diferentes capacidades, volúmenes o galones por descarga, y por medio de lo siguiente se llevó a cabo un análisis financiero para determinar el flujo de caja de cada método de tratamiento en los escenarios ya determinados, y por medio del flujo de caja se determinó un Valor Presente Neto luego de diez años. Las siguientes tablas muestran el precio de los diferentes métodos de tratamiento de agua.

Cuadro 76: Costos de una planta e tratamiento aeróbica.

Caudal (gpd)	No. Casas	No. Habitantes	Equipamiento (\$)	Obra civil (\$)	Total (\$)	Total (Q)
500	1	8	2000	1500	3500	28000
1500	10	55	4500	3500	8000	64800
2000-3500	15	75	6000	6000	12000	96000
4000-9000	30	140	8000	1200	20000	160000
10000-12000	50	275	10000	1500	25000	200000

Cuadro 77: Costos de otro tipo de Caudal

Otro tipo de Caudal	Precio (Q)
Centro comercial pequeño	Q 90,000
Edificio de 20 apartamentos	Q 120,000

Cuadro 78: Costos de una planta de tratamiento anaeróbica.

Caudal (gpd)	No. Casas	No. Habitantes	Equipamiento (\$)	Obra civil (\$)	Total (\$)	Total (Q)
500		8	650	1650	2300	18400
1500	10	55	1500	3850	5350	42800
2000-3500	15	75	2000	6600	8600	68800
4000-9000	30	140	2700	13200	15900	127200
10000-12000	50	275	3300	16500	19800	158400

Cuadro 79: Costos de micro planta.

Tamaño	Precio pre fabricada	Precio de concreto
5 personas	Q. 45000	Q. 35000
12 personas	Q. 53700	Q. 43700

Cuadro 80: Costos de fosas sépticas.

Capacidad	Precio
450 LTS	Q 900
750 LTS	Q 1223
1000 LTS	Q 1423
1100 LTS	Q 1500
1700 LTS	Q 1904
2050 LTS	Q 2225
2500 LTS	Q 2543
3200 LTS	Q 2763
4100 LTS	Q 3044
5000 LTS	Q 5730
10000 LTS	Q 9205

Cuadro 81: Costos de biodigestores.

Capacidad	Precio
600 Lts. (5 personas)	Q. 4500
1300 Lts. (10 personas)	Q. 5660
7000 Lts. (57 personas)	Q. 31900

Cuadro 82: Costos de trampas de grasa.

Capacidad	Precio
70 Lts	Q268
90 Lts	Q216

B. Resultados

1. **Escenarios.** Para llevar a cabo el análisis financiero y determinar que métodos de tratamientos son los más adecuados se van a establecer tres distintos escenarios con distintos volúmenes de descarga, para que de esta forma se pueda analizar el flujo de caja y flujo incremental de los distintos métodos de tratamiento en distintos escenarios. Los escenarios que se determinaron fueron los siguientes: una casa con cinco personas, un complejo de casas con cinco personas cada una, por lo que son 60 personas, y una industria que cuenta 150 personas. El objetivo del siguiente análisis es poder concluir que método es más recomendable para determinado escenario bajo el estudio del Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y comparándola con la Tasa Mínima Atractiva de retorno (TMAR). Así mismo se utilizó como valor para la inflación el valor 0, esto debido a que es el peor escenario y de esta manera podemos suponer que para cualquier valor arriba de 0 en la inflación tendríamos un escenario que beneficia al consumidor.

En los siguientes escenarios el costo del consumo de agua fue determinado bajo los datos que se muestran en el cuadro No. 82, donde se puede observar que de 1 metro cúbico de agua a 20 metros cúbicos de agua, el metro cúbico de agua cuesta Q. 1.88, y así sucesivamente.

Cuadro 83: Datos de Empagua.

Empagua		
1 m3	20 m3	Q. 1.88
21 m3	40 m3	Q. 2.95
41 m3	60 m3	Q. 3.75
61 m3	120 m3	Q. 7.51
121 m3	en adelante	Q. 9.39

Para determinar el consumo diario de una persona se determinó bajo el cuadro No. 83, donde podemos observar que el consumo típico de una persona en una vivienda media son 265 litros diarios, y para una industria el consumo diario es de solamente 50 litros, ya que una persona al estar en el ambiente de trabajo no utiliza tan a menudo el baño, en ciertos casos no se bañan en la empresa, tienden a estar solamente ocho horas, no deben de lavar la ropa y debido a lo mencionado anteriormente en el capítulo de consumo de agua en Guatemala.

Cuadro 84: Consumo diarios de una persona.

Fuente	Unidad	Intervalo (L/unidad día)	Valor típico (L/unidad día)
Vivienda media	Persona	170-340	265
Edificio industrial (aguas sanitarias)	Empleado	25-60	50

Para determinar el mantenimiento y limpieza de los sistemas se cotizó con diferentes empresas el costo del servicio. El promedio del determinado servicio se puede observar en la Cuadro No. 84, donde un sistema con capacidad debajo de 2000 Lts. cuesta Q. 550. El precio incluye el camión con el tanque de 2000 Lts. para poder vaciar el sistema y así mismo el personal para hacer el mantenimiento debido. Ahora un sistema con capacidad de 2100 Lts. debe pagar el costo del mantenimiento de 4000 Lts, ya que a la hora de la limpieza deben utilizar el camión con el tanque de 4000 Lts. para que abarquen la descargar de todos los desechos del sistema.

Cuadro 85: Costos de mantenimiento y limpieza.

Mantenimiento y Limpieza	
Lts	Q.
2000	550
4000	1100
8000	2200
10000	4400
12000	8800

2. **Escenario 1: una casa.** El siguiente escenario va ser una casa, en la cual residen cinco personas y cada persona desecha aproximadamente 265 litros diarios, por lo que al año las cinco personas desechan aproximadamente 483,625 litros como se pueden observar en los datos iniciales para el Escenario 1 en el cuadro No. 85. Debido a la cantidad de litros se van a analizar una fosa séptica de 5000 litros, biodigestor de 600 litros, micro planta de 3750 litros, una planta de tratamiento aeróbica de 500 galones por descarga y una planta de tratamiento anaeróbica de 500 galones por descarga. Estos son los valores de volumen y descarga requeridos para 483,625 litros anuales.

Como podemos observar en el cuadro No. 85, solamente la fosa séptica no contiene un ahorro de agua, esto se debe a que la eficiencia es tan baja que el agua no puede ser reutilizada en inodoros o riego. Así mismo podemos ver que el Gasto Anual Promedio cambia dependiendo del sistema, ya que cada sistema tiene diferente capacidad y debido a esto el costo de mantenimiento y

limpieza varía. El costo de mantenimiento y limpieza se pueden observar en el cuadro No. 85, mencionado en el Capítulo A.

Cuadro 86: Datos iniciales para escenario 1.

Datos Iniciales Casa		Biodigestor	
Tipo de Cambio	7.8	Eficiencia	80%
Días al mes	30	Capacidad	600 Lts
Costo del Agua	2.95	Precio (\$)	576.92
Tasa	5%	Precio (Q)	4500.00
Número de personas	5	Número de Biodigestor	1
Litros por Persona	265	Inversión inicial	4500.00
Litros Diarios	1325	Gasto Anual Promedio	550
Litros Mensuales	39750	Ahorro de Agua	35%
Litros Anuales	483625	Ahorro económico mensual	41.041875
TMAR	5%	Ahorro económico anual	499.342813
Inflación	0%		

Fosa Séptica		Microplanta	
Eficiencia	20%	Eficiencia	90%
Capacidad	5000	Capacidad	3750 Lts
Precio (\$)	734.62	Precio (\$)	4487.18
Precio (Q)	5730.00	Precio (Q)	35000.00
Número de fosas	1	Número de Microplantas	1
Inversión inicial	5730.00	Inversión inicial	35000.00
Gasto Anual Promedio	1650	Gasto Anual Promedio	1100
Ahorro de Agua	0	Ahorro de Agua	35%
Ahorro económico mensual	0	Ahorro económico mensual	41.041875
Ahorro económico anual	0	Ahorro económico anual	499.342813

Planta de Tratamiento Aeróbica		Planta de Tratamiento Anaeróbica	
Eficiencia	90%	Eficiencia	95%
Capacidad	500	Capacidad	500
Precio (\$)	3589.74	Precio (\$)	2358.97
Precio (Q)	28000.00	Precio (Q)	18400.00
Número de plantas	1	Número de plantas	1
Inversión inicial	28000.00	Inversión inicial	18400.00
Gasto Anual Promedio	550	Gasto Anual Promedio	550
Ahorro de Agua	35%	Ahorro de Agua	35%
Ahorro económico mensual	41.041875	Ahorro económico mensual	41.041875
Ahorro económico anual	499.342813	Ahorro económico anual	499.342813

A la hora de realizar el análisis financiero se determinó un escenario sin sistema de tratamiento para poder compararlo contra los sistemas que tratan el agua y reutilizan el agua. En cada sistema se determinó el flujo de caja mediante el costo de agua, mantenimiento e inversión como se puede observar en el cuadro No. 85, y mediante el flujo de caja se determinó el Valor Presente Neto. Para determinar el flujo incremental se determinó mediante la resta del sistema de tratamiento vrs. el sistema sin tratamiento, y mediante el flujo incremental se determinó la TIR (Tasa Interna de Retorno).

Observando el cuadro No. 86 podemos ver que para el escenario de una casa el sistema con mejor Valor Presente Neto es el sistema sin tratamiento, esto se debe al poco consumo de agua y el costo del agua para determinado volumen, ya que el ahorro de los sistemas con tratamiento es muy bajo. Ahora observando la TIR, podemos ver que aquellos sistemas que salieron con un valor de #NUM! nunca se va a recuperar la inversión, ahora aquellos sistemas con TIR negativa indica que dentro de diez años no se puede recuperar la inversión, pero eventualmente se va a llegar

recuperar. Siguiendo el análisis de la TIR se puede observar que no hay ningún sistema que se pueda recuperar la inversión en el periodo de diez años. Esto se debe a que el precio del agua es muy bajo y el consume de agua es relativamente baja, por lo que el ahorro no es significativo. Así mismo, es importante mencionar que debido a que el valor que se utilizó para la inflación fue 0%, es más difícil recuperar la inversión.

Cuadro 87: Análisis financiero, escenario 1.

Sin Tratamiento					
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN
0	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)
1	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q2,785.45)
2	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q4,079.50)
3	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q5,311.93)
4	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q6,485.68)
5	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q7,603.53)
6	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q8,668.15)
7	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q9,682.08)
8	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q10,647.72)
9	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q11,567.38)
10	Q0.00	Q0.00	(Q1,426.69)	(Q1,426.69)	(Q12,443.24)

Fosa Séptica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q5,730.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q8,806.69)	(Q8,806.69)	(Q7,380.00)	#NUM!
1	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q11,736.88)	(Q1,650.00)	
2	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q14,527.53)	(Q1,650.00)	
3	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q17,185.29)	(Q1,650.00)	
4	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q19,716.50)	(Q1,650.00)	
5	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q22,127.17)	(Q1,650.00)	
6	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q24,423.04)	(Q1,650.00)	
7	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q26,609.59)	(Q1,650.00)	
8	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q28,692.02)	(Q1,650.00)	
9	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q30,675.28)	(Q1,650.00)	
10	Q0.00	Q1,650.00	(Q1,426.69)	(Q3,076.69)	(Q32,564.11)	(Q1,650.00)	

Biodigestor							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q4,500.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q5,427.35)	(Q5,427.35)	(Q4,000.66)	-9%
1	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q6,834.35)	(Q50.66)	
2	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q7,675.49)	Q499.34	
3	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q8,951.68)	(Q50.66)	
4	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q9,714.61)	Q499.34	
5	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q10,872.15)	(Q50.66)	
6	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q11,564.16)	Q499.34	
7	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q12,614.08)	(Q50.66)	
8	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q13,241.75)	Q499.34	
9	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q14,194.07)	(Q50.66)	
10	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q14,763.38)	Q499.34	

Microplanta							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q35,000.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q35,927.35)	(Q35,927.35)	(Q34,500.66)	#NUM!
1	Q0.00	Q1,100.00	(Q927.35)	(Q2,027.35)	(Q37,858.16)	(Q600.66)	
2	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q38,699.30)	Q499.34	
3	Q0.00	Q1,100.00	(Q927.35)	(Q2,027.35)	(Q40,450.60)	(Q600.66)	
4	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q41,213.53)	Q499.34	
5	Q0.00	Q1,100.00	(Q927.35)	(Q2,027.35)	(Q42,802.01)	(Q600.66)	
6	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q43,494.02)	Q499.34	
7	Q0.00	Q1,100.00	(Q927.35)	(Q2,027.35)	(Q44,934.82)	(Q600.66)	
8	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q45,562.49)	Q499.34	
9	Q0.00	Q1,100.00	(Q927.35)	(Q2,027.35)	(Q46,869.33)	(Q600.66)	
10	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q47,438.65)	Q499.34	

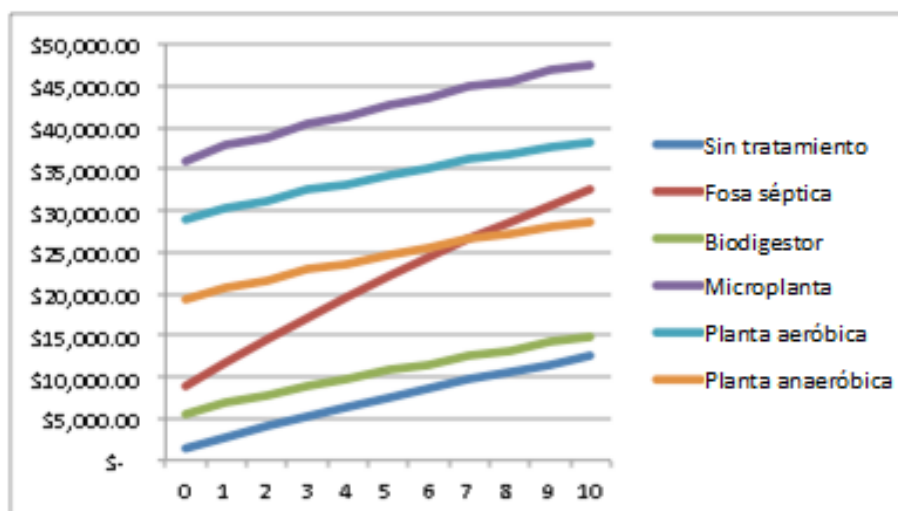
Continuación cuadro No. 86: Análisis financiero, escenario 1.

Planta de Tratamiento Aerobica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q28,000.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q28,927.35)	(Q28,927.35)	(Q27,500.66)	-29%
1	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q30,334.35)	(Q50.66)	
2	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q31,175.49)	Q499.34	
3	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q32,451.68)	(Q50.66)	
4	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q33,214.61)	Q499.34	
5	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q34,372.15)	(Q50.66)	
6	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q35,064.16)	Q499.34	
7	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q36,114.08)	(Q50.66)	
8	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q36,741.75)	Q499.34	
9	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q37,694.07)	(Q50.66)	
10	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q38,263.38)	Q499.34	

Planta de Tratamiento Anaerobica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q18,400.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q19,327.35)	(Q19,327.35)	(Q17,900.66)	-25%
1	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q20,734.35)	(Q50.66)	
2	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q21,575.49)	Q499.34	
3	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q22,851.68)	(Q50.66)	
4	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q23,614.61)	Q499.34	
5	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q24,772.15)	(Q50.66)	
6	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q25,464.16)	Q499.34	
7	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q26,514.08)	(Q50.66)	
8	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q27,141.75)	Q499.34	
9	Q0.00	Q550.00	(Q927.35)	(Q1,477.35)	(Q28,094.07)	(Q50.66)	
10	Q0.00	Q0.00	(Q927.35)	(Q927.35)	(Q28,663.38)	Q499.34	

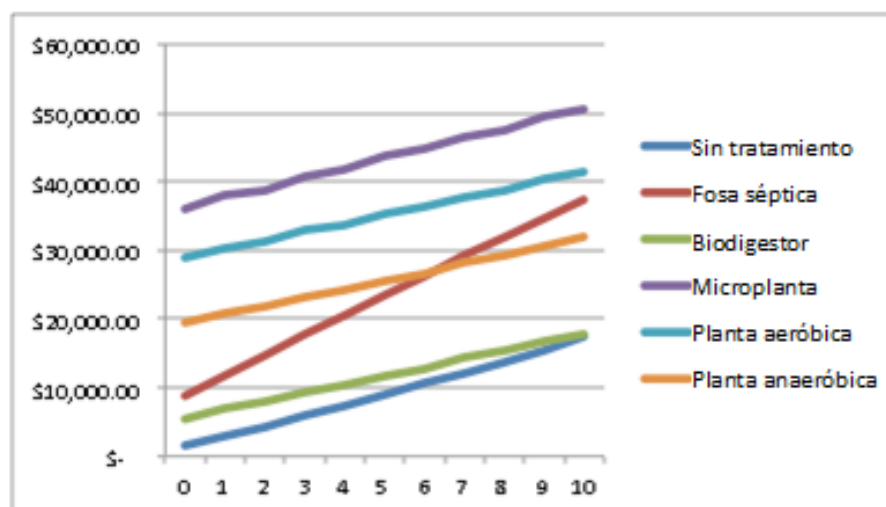
Observando la ilustración No. 212, podemos ver la gráfica de los distintos sistemas en el periodo de los diez años. El punto donde se intersece la línea del sistema sin tratamiento con alguno de los sistemas, sería el año en el cual se daría el retorno de la inversión. Analizando la gráfica podemos ver que para el escenario de una casa, ninguno de los sistemas se interseca con el sistema sin tratamiento. Por lo que en un periodo de diez años, ninguno de los sistemas podría recuperar su inversión. Esto se debe a que primero se esta tomando como inflación 0% y a que el precio del agua es sumamente bajo, por lo que el ahorro no es significativo, y en el caso de la fosa séptica, debido a que es un sistema que no tiene ahorro, nunca se puede llegar a pagar.

Ilustración 213: Gráfica de escenario 1 con inflación 0%.



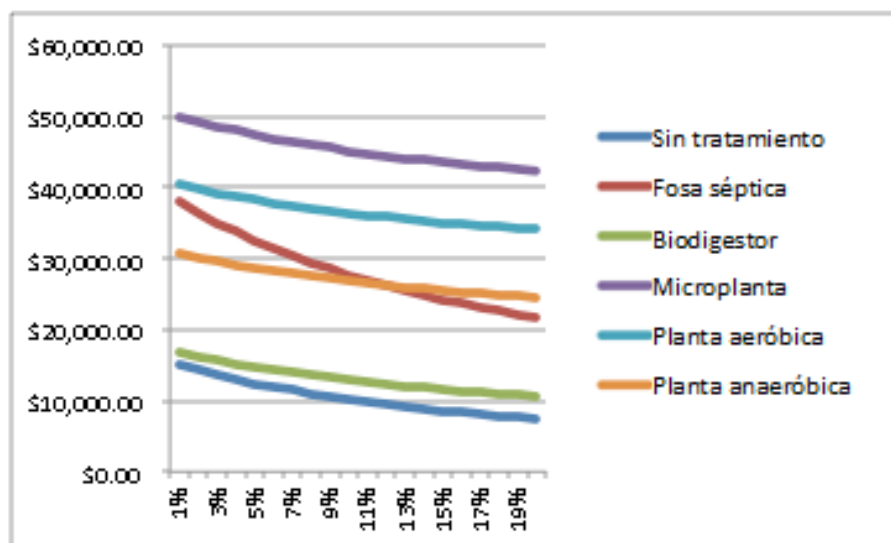
Si observamos la ilustración No. 213, podemos ver la misma gráfica de la ilustración No. 212 pero con inflación del 7%. Con la inflación en un 7% podemos observar que el biodigestor para el año diez la inversión ha sido recuperada, ya que la línea del biodigestor se intersecta con la línea del sistema sin tratamiento.

Ilustración 214: Gráfica de escenario 1 con inflación 7%.



Observando la ilustración No. 214, podemos ver la gráfica del escenario 1 donde se compara los diferentes sistemas con el Valor Presente Neto y la TMAR. El sistema que se encuentra más abajo es el sistema conveniente a utilizar para debidos TMAR. Analizando la gráfica, tomando en cuenta la inflación 0%, podemos observar que el sistema sin tratamiento es el sistema más conveniente para una TMAR de 1% a 20%, esto debido a que como se ha mencionado anteriormente se debe a que el ahorro no es significativo para determinado volumen y la inflación es 0% por lo que es más conveniente no utilizar un sistema de tratamiento.

Ilustración 215: Gráfica TMAR, escenario 1.



3. **Escenario 2: complejo de 12 casas.** El siguiente escenario va ser un complejo de 12 casas, en la cual residen cinco personas por cada casa, y cada persona desecha aproximadamente 265 litros diarios, por lo que al año las 60 personas desechan aproximadamente 5,803,500 litros como se observan en el cuadro No. 87. Debido a esta cantidad se van a analizar seis fosas sépticas de 10000 litros, dos biodigestores, uno de 7000 Litros y otro de 600 litros, cinco micro plantas de 75000 litros, una planta de tratamiento aeróbica de 2000 - 3500 galones por descarga y una planta de tratamiento anaeróbica de 2000 - 3500 galones por descarga. Éstos son los valores de volumen y descarga requeridos para 5,803,500 litros anuales.

Como podemos observar en el cuadro No. 87, solamente la fosa séptica no contiene un ahorro de agua, esto se debe a que la eficiencia es tan baja que el agua no puede ser reutilizada en inodoros o riego. Asimismo, podemos ver que el Gasto Anual Promedio cambia dependiendo del sistema, ya que cada sistema tiene diferente capacidad y debido a esto el costo de mantenimiento y limpieza varía. El costo de mantenimiento y limpieza se pueden observar en el cuadro No. 84, mencionado en el Capítulo A.

Cuadro 88: Datos iniciales para escenario 2.

Datos Iniciales Complejo de Casas		Biodigestor	
Tipo de Cambio	7.8	Eficiencia	70% - 80%
Días al mes	30	Capacidad 1	7000 Lts
Costo del Agua	2.95	Capacidad 2	600 Lts
Tasa	5%	Precio 1 (\$)	4089.74359
Número de personas	60	Precio 1 (Q)	31900
Litros por Persona	265	Precio 2 (\$)	576.923077
Litros Diarios	15900	Precio 2 (Q)	4500
Litros Mensuales	477000	Número de Biodigestores: 1 de 7000 Lts y 1 de 600 Lts	2
Litros Anuales	5803500	Inversión inicial	36400
TMAR	5%	Gasto Anual Promedio	2200
Inflación	0%	Ahorro de Agua	35%
		Ahorro económico mensual	492.5025
		Ahorro económico anual	5992.11375
Fosa Séptica		Microplanta	
Eficiencia	20%	Eficiencia	90%
Capacidad	10000 Lts	Capacidad	7500 Lts
Precio (\$)	1180.13	Precio (\$)	5602.5641
Precio (Q)	9205	Precio (Q)	43700
Número de fosas	6	Número de Microplantas	5
Inversión inicial	55230	Inversión inicial	218500
Gasto Anual Promedio	26400	Gasto Anual Promedio	26950
Ahorro de Agua	0	Ahorro de Agua	35%
Ahorro económico mensual	0	Ahorro económico mensual	492.5025
Ahorro económico anual	0	Ahorro económico anual	5992.11375
Planta de Tratamiento Aeróbica		Planta de Tratamiento Anaeróbica	
Eficiencia	90% - 95%	Eficiencia	80% - 90%
GPD	2000 - 3500	GPD	2000 - 3500
Precio (\$)	12307.6923	Precio (\$)	8820.51282
Precio (Q)	96000	Precio (Q)	68800
Número de plantas	1	Número de plantas	1
Inversión inicial	96000.00	Inversión inicial	68800
Gasto Anual Promedio	4950	Gasto Anual Promedio	4950
Ahorro de Agua	35%	Ahorro de Agua	35%
Ahorro económico mensual	492.5025	Ahorro económico mensual	492.5025
Ahorro económico anual	5992.11375	Ahorro económico anual	5992.11375

Al momento de realizar el análisis financiero se determinó un escenario sin sistema de tratamiento para poder compararlo contra los sistemas que tratan el agua y reutilizan el agua. En cada sistema se determinó el flujo de caja mediante el costo de agua, mantenimiento e inversión como se puede observar en el cuadro No. 88, y mediante el flujo de caja se determinó el Valor Presente Neto. Para determinar el flujo incremental se determinó mediante la resta del sistema de tratamiento vs. el sistema sin tratamiento, y mediante el flujo incremental se determinó la TIR (Tasa Interna de Retorno).

Observando el cuadro No. 88 podemos ver que para el escenario de un complejo de 12 casas el sistema con mejor Valor Presente Neto es el biodigestor, ya que es un sistema con eficiencia de 70% - 80% por lo que se puede reutilizar el 35% del agua para los inodoros y riego, al igual que el resto de los sistemas sin incluir la fosa séptica. Así mismo es un sistema prefabricado de polietileno por lo que se requiere de una inversión menor que el resto de los sistemas. Ahora observando la TIR, podemos ver que aquellos sistemas que salieron con un valor de #NUM! nunca se va a recuperar la inversión, ahora aquellos sistemas con TIR negativa indica que dentro de diez años no se puede recuperar la inversión pero eventualmente se va a llegar a recuperar. Esto se debe a que el precio del agua es muy bajo y el consume de agua es relativamente baja, por lo que el ahorro no es significativo. Ahora el sistema que salió con una TIR positiva es aquel sistema que un periodo de diez años es recomendable la inversión, ya que la inversión se llega a recuperar en el periodo de diez años, y el único sistema que se recupera su inversión en diez años es el biodigestor.

Cuadro 89: Análisis financiero, escenario 2.

Sin Tratamiento					
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN
0	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)
1	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q33,425.40)
2	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q48,954.04)
3	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q63,743.22)
4	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q77,828.15)
5	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q91,242.37)
6	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q104,017.82)
7	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q116,184.92)
8	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q127,772.63)
9	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q138,808.54)
10	Q0.00	Q0.00	(Q17,120.33)	(Q17,120.33)	(Q149,318.94)

Fosa Séptica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	55230.00	26400	-17120.325	-98750.325	Q (98,750.33)	(Q81,630.00)	#NUM!
1	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q140,198.25)	(Q26,400.00)	
2	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q179,672.47)	(Q26,400.00)	
3	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q217,266.96)	(Q26,400.00)	
4	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q253,071.24)	(Q26,400.00)	
5	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q287,170.56)	(Q26,400.00)	
6	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q319,646.09)	(Q26,400.00)	
7	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q350,575.18)	(Q26,400.00)	
8	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q380,031.44)	(Q26,400.00)	
9	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q408,085.03)	(Q26,400.00)	
10	0	26400	-17120.325	-43520.325	(Q434,802.74)	(Q26,400.00)	

Biodigestor							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q36,400.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q47,528.21)	(Q47,528.21)	(Q30,407.89)	9%
1	Q0.00	Q2,200.00	(Q11,128.21)	(Q13,328.21)	(Q60,221.75)	Q3,792.11	
2	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q70,315.36)	Q5,992.11	
3	Q0.00	Q2,200.00	(Q11,128.21)	(Q13,328.21)	(Q81,828.77)	Q3,792.11	
4	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q90,983.98)	Q5,992.11	
5	Q0.00	Q2,200.00	(Q11,128.21)	(Q13,328.21)	(Q101,426.98)	Q3,792.11	
6	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q109,731.02)	Q5,992.11	
7	Q0.00	Q2,200.00	(Q11,128.21)	(Q13,328.21)	(Q119,203.13)	Q3,792.11	
8	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q126,735.15)	Q5,992.11	
9	Q0.00	Q2,200.00	(Q11,128.21)	(Q13,328.21)	(Q135,326.63)	Q3,792.11	
10	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q142,158.39)	Q5,992.11	

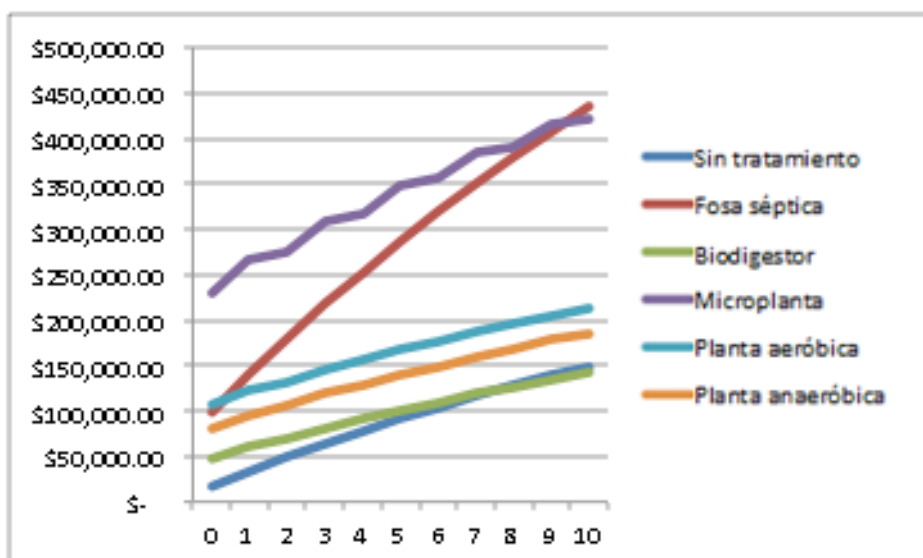
Continuación cuadro No. 88: Análisis financiero, escenario 2

Microplanta							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q218,500.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q229,628.21)	(Q229,628.21)	(Q212,507.89)	#NUM!
1	Q0.00	Q26,950.00	(Q11,128.21)	(Q38,078.21)	(Q265,893.17)	(Q20,957.89)	
2	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q275,986.79)	Q5,992.11	
3	Q0.00	Q26,950.00	(Q11,128.21)	(Q38,078.21)	(Q308,880.18)	(Q20,957.89)	
4	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q318,035.39)	Q5,992.11	
5	Q0.00	Q26,950.00	(Q11,128.21)	(Q38,078.21)	(Q347,870.66)	(Q20,957.89)	
6	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q356,174.70)	Q5,992.11	
7	Q0.00	Q26,950.00	(Q11,128.21)	(Q38,078.21)	(Q383,236.18)	(Q20,957.89)	
8	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q390,768.19)	Q5,992.11	
9	Q0.00	Q26,950.00	(Q11,128.21)	(Q38,078.21)	(Q415,313.74)	(Q20,957.89)	
10	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q422,145.50)	Q5,992.11	

Planta de Tratamiento Anaerobica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q68,800.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q79,928.21)	(Q79,928.21)	(Q62,807.89)	-9%
1	Q0.00	Q4,950.00	(Q11,128.21)	(Q16,078.21)	(Q95,240.79)	Q1,042.11	
2	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q105,334.41)	Q5,992.11	
3	Q0.00	Q4,950.00	(Q11,128.21)	(Q16,078.21)	(Q119,223.37)	Q1,042.11	
4	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q128,378.58)	Q5,992.11	
5	Q0.00	Q4,950.00	(Q11,128.21)	(Q16,078.21)	(Q140,976.28)	Q1,042.11	
6	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q149,280.32)	Q5,992.11	
7	Q0.00	Q4,950.00	(Q11,128.21)	(Q16,078.21)	(Q160,706.81)	Q1,042.11	
8	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q168,238.82)	Q5,992.11	
9	Q0.00	Q4,950.00	(Q11,128.21)	(Q16,078.21)	(Q178,602.98)	Q1,042.11	
10	Q0.00	Q0.00	(Q11,128.21)	(Q11,128.21)	(Q185,434.73)	Q5,992.11	

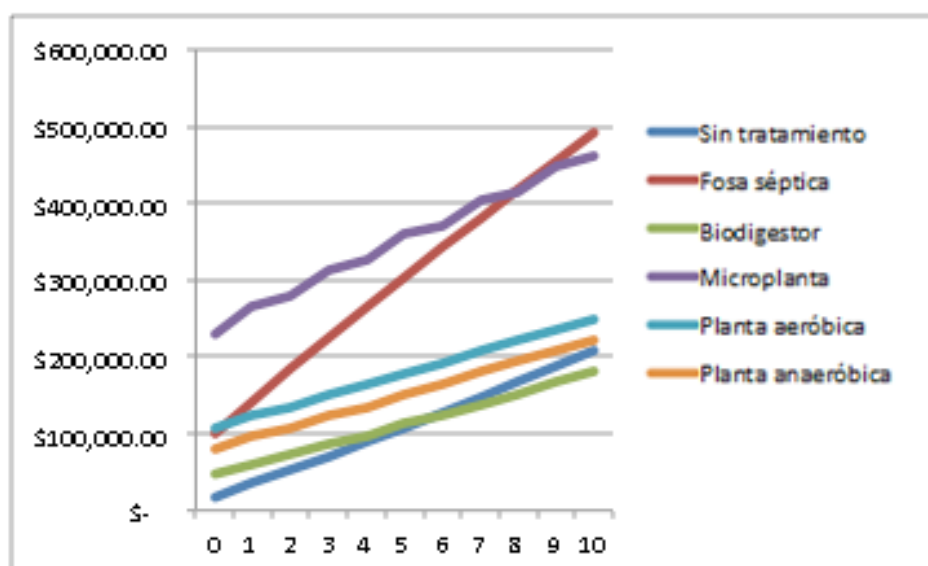
Observando la ilustración No. 216, podemos ver la gráfica de los distintos sistemas en el periodo de los diez años. El punto donde se intersece la línea del sistema sin tratamiento con alguno de los sistemas, sería el año en el cual se daría el retorno de la inversión. Analizando la gráfica podemos observar que para el escenario de un complejo de casa, solamente el biodigestor se interseca con el sistema sin tratamiento, por lo que el biodigestor en un periodo de diez años se puede llegar a recuperar la inversión. Sin embargo, los demás sistemas no se intersecan, debido a que primero se esta tomando como inflación 0% y a que el precio del agua es sumamente bajo, por lo que el ahorro no es significativo, y en el caso de la fosa séptica, debido a que es un sistema que no tiene ahorro, nunca se puede llegar a pagar.

Ilustración 216: Gráfica de escenario 2 con inflación 0%.



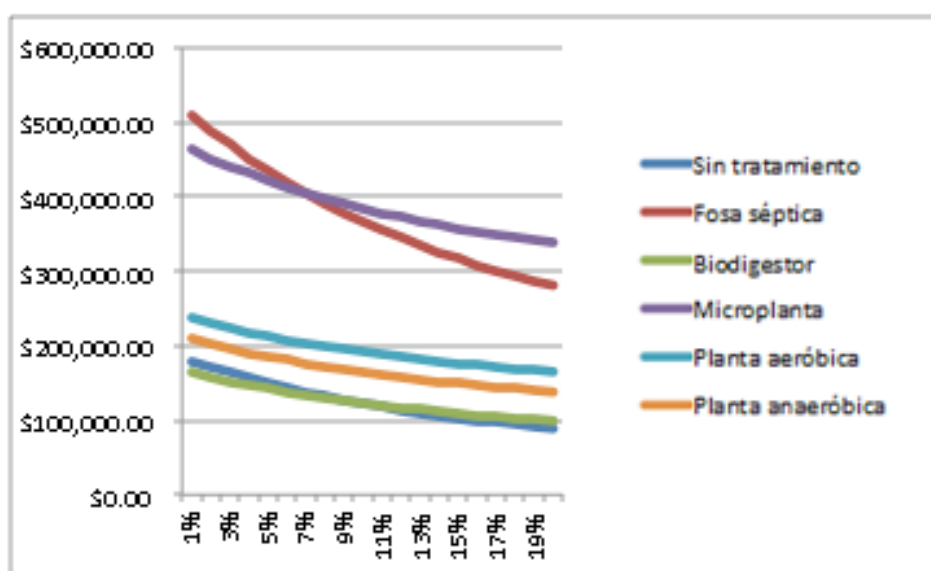
Si observamos la ilustración No. 217, podemos ver la misma gráfica de la Ilustración No. 215 pero con inflación del 7%. Con la inflación en un 7% podemos observar que el biodigestor entre el año 5-6 la inversión ha sido recuperada, ya que la línea del biodigestor se intersecta con la línea del sistema sin tratamiento. Así mismo podemos observar para el año diez la planta de tratamiento anaeróbica esta muy cerca de ser recuperada la inversión.

Ilustración 217: Gráfica de escenario 2 con inflación 7%.



Observando la ilustración No. 217, podemos ver la gráfica del escenario 2 donde se compara los diferentes sistemas con el Valor Presente Neto y la TMAR. El sistema que se encuentra más abajo es el sistema conveniente a utilizar para debidos TMAR. Analizando la gráfica, tomando en cuenta la inflación 0%, podemos observar que el biodigestor es el sistema más conveniente para una TMAR de 1% a 9%, y para una TMAR de 9% a 20% es más conveniente no utilizar un sistema de tratamiento. Esto debido a que como se ha mencionado anteriormente es debido a que el ahorro no es significativo para determinado volumen y la inflación es 0%.

Ilustración 218: Gráfica TMAR, escenario 2.



4. **Escenario 3: Industria de 150 personas.** El siguiente escenario va ser una industria de 150 personas, en la cual por ser una industria las personas desechan aproximadamente 50 litros diarios, por lo que al año las 150 personas desechan aproximadamente 2,737,500 litros. Debido a esta cantidad se van a analizar tres fosas sépticas de 10000 litros, tres biodigestores de 1300 Litros, tres micro plantas, dos de 7500 litros y una de 3750 litros, una planta de tratamiento aeróbica de 1500 galones por descarga y una planta de tratamiento anaeróbica de 1500 galones por descarga. Estos son los valores de volumen y descarga requeridos para 2,737,500 litros anuales.

Como podemos observar en el cuadro No. 89, solamente la fosa séptica no contiene un ahorro de agua, esto se debe a que la eficiencia es tan baja que el agua no puede ser reutilizada en inodoros o riego. Así mismo podemos ver que el Gasto Anual Promedio cambia dependiendo del sistema, ya que cada sistema tiene diferente capacidad y debido a esto el costo de mantenimiento y

limpieza varia. El costo de mantenimiento y limpieza se pueden observar en el Cuadro No. 84, mencionado en el capítulo A.

Cuadro 90: Datos iniciales para escenario 3

Datos Iniciales Industria		Biodigestor	
Tipo de Cambio	7.8	Eficiencia	70% - 80%
Días al mes	30	Capacidad	1300 Lts
Costo del Agua	9.39	Precio (\$)	725.641026
Tasa	5%	Precio (Q)	5660
Número de personas	150	Número de Biodigestores	3
Litros por Persona	50	Inversión Inicial	16980
Litros Diarios	7500	Gasto Anual Promedio	1100
Litros Mensuales	225000	Ahorro de Agua	35%
Litros Anuales	2737500	Ahorro económico mensual	739.4625
TMAR	5%	Ahorro económico anual	8996.79375
Fosa Séptica		Planta de Tratamiento Aeróbica	
Eficiencia	0.2	Eficiencia	90% - 95%
Capacidad	10000 Lts	GPD	1500
Precio (\$)	1180.12821	Precio (\$)	8307.69231
Precio (Q)	9205	Precio (Q)	64800
Número de fosas	3	Número de plantas	1
Inversión inicial	27615	Inversión inicial	64800
Gasto Anual Promedio	13200	Gasto Anual Promedio	1650
Ahorro de Agua	0	Ahorro de Agua	35%
Ahorro económico mensual	0	Ahorro económico mensual	739.4625
Ahorro económico anual	0	Ahorro económico anual	8996.79375
Microplanta		Planta de Tratamiento Anaeróbica	
Eficiencia	90%	Eficiencia	80% - 90%
Capacidad 1	7500 Lts	GPD	1500
Capacidad 2	3750	Precio (\$)	5487.17949
Precio 1 (\$)	4487.17949	Precio (Q)	42800
Precio 1 (Q)	35000	Número de plantas	1
Precio 2 (\$)	5602.5641	Inversión inicial	42800
Precio 2 (Q)	43700	Gasto Anual Promedio	1650
Número de Microplantas: 2 de 12 personas y 1 de 5 personas	3	Ahorro de Agua	35%
Inversión inicial	122400	Ahorro económico mensual	739.4625
Gasto Anual Promedio	11000	Ahorro económico anual	8996.79375
Ahorro de Agua	35%		
Ahorro económico mensual	739.4625		
Ahorro económico anual	8996.79375		

Al momento de realizar el análisis financiero se determinó un escenario sin sistema de tratamiento para poder compararlo contra los sistemas que tratan el agua y reutilizan el agua. En cada sistema se determinó el flujo de caja mediante el costo de agua, mantenimiento e inversión como se puede observar en el cuadro No. 90, y mediante el flujo de caja se determinó el Valor Presente Neto. Para determinar el flujo incremental se determinó mediante la resta del sistema de tratamiento vrs. el sistema sin tratamiento, y mediante el flujo incremental se determinó la TIR (Tasa Interna de Retorno).

Observando el cuadro No. 90 podemos ver que para el escenario de una industria el sistema con mejor Valor Presente Neto es el biodigestor, ya que es un sistema con eficiencia de 70% - 80% por lo que se puede reutilizar el 35% del agua para los inodoros y riego, al igual que el resto de los sistemas sin incluir la fosa séptica. Así mismo es un sistema prefabricado de polietileno por lo que se requiere de una inversión menor que el resto de los sistemas. Ahora observando la TIR, podemos ver que aquellos sistemas que salieron con un valor de #NUM! nunca se va a recuperar la inversión, que en este caso solo fue la fosa séptica, ya que no se puede reutilizar el agua con este sistema. Ahora aquellos sistemas con TIR negativa indica que dentro de diez años no se puede recuperar la inversión pero eventualmente se va a llegar a recuperar. Ésto se debe a que el precio del agua es muy bajo y el consumo de agua es relativamente bajo, por lo que el ahorro no es significativo. Ahora los sistemas que salieron con una TIR positiva son aquellos sistemas que un periodo de diez años es recomendable la inversión, ya que la inversión se llega a recuperar en el periodo de diez años. En este caso el biodigestor y las plantas de tratamiento salieron con una TIR positiva, por lo que en diez años se podría recuperar la inversión de estos sistemas.

Cuadro 91: Análisis financiero, escenario 3.

Sin Tratamiento					
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN
0	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)
1	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q50,186.20)
2	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q73,501.50)
3	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q95,706.56)
4	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q116,854.23)
5	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q136,994.86)
6	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q156,176.42)
7	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q174,444.58)
8	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q191,842.82)
9	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q208,412.57)
10	Q0.00	Q0.00	(Q25,705.13)	(Q25,705.13)	(Q224,193.29)

Continuación cuadro No. 90: Análisis financiero, escenario 3.

Fosa Séptica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q27,615.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q66,520.13)	(Q66,520.13)	(Q40,815.00)	#NUM!
1	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q103,572.63)	(Q13,200.00)	
2	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q138,860.72)	(Q13,200.00)	
3	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q172,468.43)	(Q13,200.00)	
4	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q204,475.77)	(Q13,200.00)	
5	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q234,958.96)	(Q13,200.00)	
6	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q263,990.56)	(Q13,200.00)	
7	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q291,639.71)	(Q13,200.00)	
8	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q317,972.23)	(Q13,200.00)	
9	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q343,050.82)	(Q13,200.00)	
10	Q0.00	Q13,200.00	(Q25,705.13)	(Q38,905.13)	(Q366,935.19)	(Q13,200.00)	

Biodigestor							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q16,980.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q33,688.33)	(Q33,688.33)	(Q7,983.21)	103%
1	Q0.00	Q1,100.00	(Q16,708.33)	(Q17,808.33)	(Q50,648.65)	Q7,896.79	
2	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q65,803.60)	Q8,996.79	
3	Q0.00	Q1,100.00	(Q16,708.33)	(Q17,808.33)	(Q81,187.10)	Q7,896.79	
4	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q94,933.09)	Q8,996.79	
5	Q0.00	Q1,100.00	(Q16,708.33)	(Q17,808.33)	(Q108,886.38)	Q7,896.79	
6	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q121,354.39)	Q8,996.79	
7	Q0.00	Q1,100.00	(Q16,708.33)	(Q17,808.33)	(Q134,010.44)	Q7,896.79	
8	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q145,319.30)	Q8,996.79	
9	Q0.00	Q1,100.00	(Q16,708.33)	(Q17,808.33)	(Q156,798.71)	Q7,896.79	
10	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q167,056.17)	Q8,996.79	

Microplanta							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q122,400.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q139,108.33)	(Q139,108.33)	(Q113,403.21)	-16%
1	Q0.00	Q11,000.00	(Q16,708.33)	(Q27,708.33)	(Q165,497.22)	(Q2,003.21)	
2	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q180,652.17)	Q8,996.79	
3	Q0.00	Q11,000.00	(Q16,708.33)	(Q27,708.33)	(Q204,587.67)	(Q2,003.21)	
4	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q218,333.65)	Q8,996.79	
5	Q0.00	Q11,000.00	(Q16,708.33)	(Q27,708.33)	(Q240,043.85)	(Q2,003.21)	
6	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q252,511.87)	Q8,996.79	
7	Q0.00	Q11,000.00	(Q16,708.33)	(Q27,708.33)	(Q272,203.66)	(Q2,003.21)	
8	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q283,512.52)	Q8,996.79	
9	Q0.00	Q11,000.00	(Q16,708.33)	(Q27,708.33)	(Q301,373.55)	(Q2,003.21)	
10	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q311,631.02)	Q8,996.79	

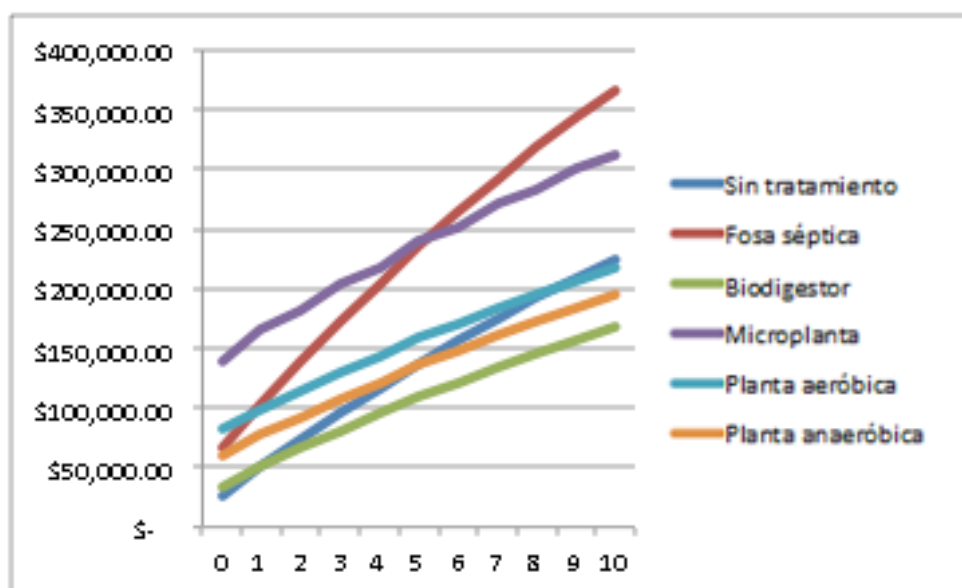
Planta de Tratamiento Aerobica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q64,800.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q81,508.33)	(Q81,508.33)	(Q55,803.21)	8%
1	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q98,992.46)	Q7,346.79	
2	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q114,147.41)	Q8,996.79	
3	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q130,006.02)	Q7,346.79	
4	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q143,752.01)	Q8,996.79	
5	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q158,136.24)	Q7,346.79	
6	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q170,604.25)	Q8,996.79	
7	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q183,651.18)	Q7,346.79	
8	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q194,960.03)	Q8,996.79	
9	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q206,793.98)	Q7,346.79	
10	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q217,051.44)	Q8,996.79	

Continuación cuadro No. 90: Análisis financiero, escenario 3.

Planta de Tratamiento Anaerobica							
Año	Inversion	Mantenimiento	Costo de Agua	Flujo de Caja	VPN	Flujo Incremental	TIR
0	Q42,800.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q59,508.33)	(Q59,508.33)	(Q33,803.21)	20%
1	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q76,992.46)	Q7,346.79	
2	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q92,147.41)	Q8,996.79	
3	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q108,006.02)	Q7,346.79	
4	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q121,752.01)	Q8,996.79	
5	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q136,136.24)	Q7,346.79	
6	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q148,604.25)	Q8,996.79	
7	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q161,651.18)	Q7,346.79	
8	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q172,960.03)	Q8,996.79	
9	Q0.00	Q1,650.00	(Q16,708.33)	(Q18,358.33)	(Q184,793.98)	Q7,346.79	
10	Q0.00	Q0.00	(Q16,708.33)	(Q16,708.33)	(Q195,051.44)	Q8,996.79	

Observando la ilustración No. 218, podemos ver la gráfica de los distintos sistemas en el periodo de los diez años. El punto donde se interseca la línea del sistema sin tratamiento con alguno de los sistemas, sería el año en el cual se daría el retorno de la inversión. Analizando la gráfica podemos ver que para el escenario de una industria, las plantas de tratamiento y el biodigestor se interseca con el sistema sin tratamiento, por lo que estos sistemas en un periodo de diez años se puede llegar a recuperar la inversión. Sin embargo, los demás sistemas no se intersecan, debido a que primero se esta tomando como inflación 0% y a que el precio del agua es sumamente bajo, por lo que el ahorro no es significativo, y en el caso de la fosa séptica, debido a que es un sistema que no tiene ahorro, nunca se puede llegar a pagar.

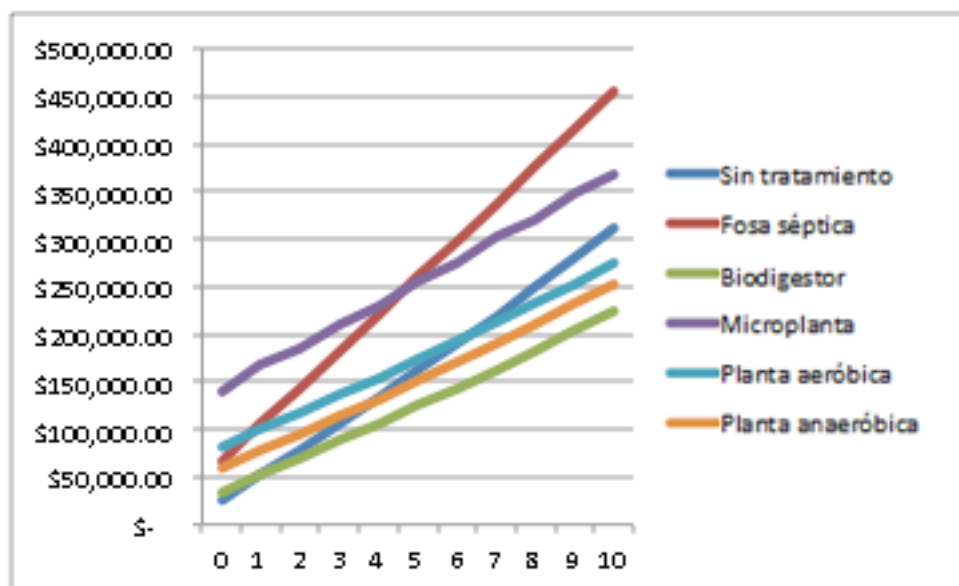
Ilustración 219: Gráfica de escenario 3 con inflación 0%.



Si observamos la ilustración No. 219, podemos ver la misma gráfica de la ilustración No. 218 pero con inflación del 7%. Con la inflación en un 7% podemos observar que el biodigestor entre el año 1-2 la inversión ha sido recuperada, ya que la línea del biodigestor se interseca con la línea del sistema sin tratamiento. Así mismo podemos ver que entre el año 3-4 la inversión de la planta de

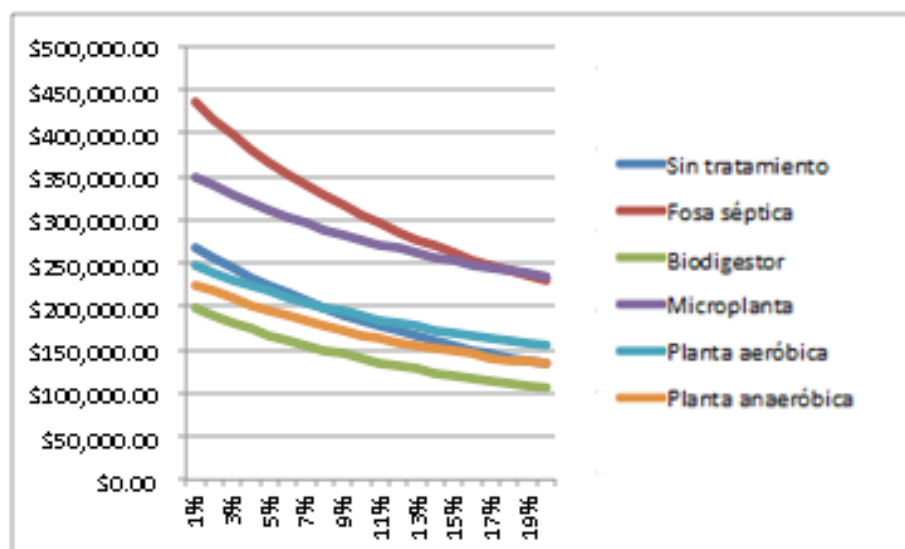
tratamiento aeróbica se recupera y que entre el año 6-7 la inversión de la planta de tratamiento anaeróbica se recupera.

Ilustración 220: Gráfica de escenario 3 con inflación 7%.



Observando la ilustración No. 221, podemos ver la gráfica del escenario 3 donde se compara los diferentes sistemas con el Valor Presente Neto y la TMAR. El sistema que se encuentra más abajo es el sistema conveniente a utilizar para debidos TMAR. Analizando la gráfica, tomando en cuenta la inflación 0%, podemos observar que el biodigestor es el sistema más conveniente para una TMAR de 1% a 20%, el segundo sistema más conveniente sería la planta de tratamiento aeróbica para una TMAR de 1% a 20%, y luego el tercer sistema más conveniente sería la planta de tratamiento anaeróbica para una TMAR de 1% a 7%. Como se ha mencionado anteriormente es debido a que el ahorro no es significativo para determinado volumen y la inflación es 0%, que es más complicado que los sistemas ahorrativos sean más convenientes que no utilizar un sistema de tratamiento.

Ilustración 221: Gráfica TMAR, escenario 3.



XIII. CONCLUSIONES

- La Energía Solar (paneles solares fotovoltaicos), la Energía Eólica (generadores eólicos) y la Energía Hidráulica (microcentrales eléctricas), son métodos de generación de energía renovable los cuales pueden implementarse en proyectos.
- Las tecnologías renovables son una forma limpia e inagotable de producir energía, a diferencia de la Energía Eléctrica la cual se genera en base a recursos que producen emisiones contaminantes para el medio ambiente.
- Las tecnologías de generación de energía renovable representan una inversión más alta en comparación con la implementación de energía eléctrica en proyectos, sin embargo en algunos casos la inversión es rentable y recuperable en poco tiempo.
- La rentabilidad de un proyecto de paneles solares fotovoltaicos, depende en gran porcentaje de la ubicación (horas de máximo aprovechamiento de las radiaciones solares) del proyecto y la demanda energética del mismo.
- La rentabilidad de los proyectos de generadores eólicos para la producción de energía, depende de las características del viento en la ubicación de éstos.
- Las principales bases para la implementación de una microcentral hidroeléctrica son la evaluación de la región donde se desea realizar el proyecto y la evaluación del recurso hídrico.
- Los principales componentes de una microcentral hidroeléctrica son: área de captación, área de conducción, sala de máquinas y área de distribución.
- Los sistemas de iluminación incandescentes tienen la ventaja de que son económicamente muy accesibles, sin embargo no son muy eficientes pues pierden mucha energía en forma de calor y consumen mucha energía.
- La iluminación LED puede reducir el consumo de energía desde un 50% hasta un 95% dependiendo de la alternativa con la que se compare.

- Los sistemas de iluminación fluorescente son muy utilizados en la actualidad, pues tienen una vida útil considerablemente mayor que las bombillas incandescentes y consumen mucho menos energía dando una similar luminosidad.
- Los sistemas de iluminación LED en la actualidad son los sistemas más innovadores, pues son los que tienen una vida útil mayor que los sistemas fluorescentes y además tienen un consumo de energía menor que los mismos.
- Para los primeros dos escenarios considerados, con las suposiciones y consideraciones descritas se observa que en el plazo evaluado la mejor alternativa es utilizar la iluminación LED.
- En el tercer escenario, el cual era la residencia más grande evaluada, se obtuvo un resultado diferente que en los escenarios anteriores en este caso, se observa que la diferencia entre el sistema CFL y el sistema LED no es mucha, sin embargo es más rentable las bombillas CFL en los diez años evaluados.
- La domótica no es simplemente un equipamiento de lujo que se puede implementar en los proyectos de edificaciones si no que es una herramienta para disminuir el impacto ambiental y al mismo tiempo generar ahorros económicos para el usuario final.
- La implementación de domótica en un inmueble genera ahorros con una gestión de los recursos eficiente. Aprovechando los recursos naturales y personalizando las modalidades para que se adapten al inmueble, se puede lograr obtener un ahorro superior al 10% en cualquier escenario o tamaño. No necesariamente se logra recuperar la inversión pero los ahorros existen.
- El nivel de domotización según la Guía de evaluación para el nivel de Domotización de CIEC plantea una escala y contempla todos los posibles rubros para evaluar el nivel de domotización. El ahorro puede ser proporcional a ese nivel al mismo tiempo que la inversión inicial.
- El escenario con domótica planteado está en el nivel 1 según la Guía de evaluación para el nivel de Domotización de CIEC, ya que es un sistema centralizado muy básico y con pocos elementos.

- Se comprueba que el área de domótica es demasiado amplia y que con un nivel 1 se logra recuperar la inversión en un término menor a 6 años. Lo que implica que es una inversión viable en cuanto tiempo.
- El análisis Valor Presente Neto a diez años nos indica que es más rentable el escenario con domótica que el convencional por una diferencia de Q14,447.88, utilizando un TMAR de 5%.
- La TIR nos indica que es más rentable invertir en la domotización del inmueble que invertir el dinero en un banco a plazo fijo, en este caso presentado para Guatemala en un escenario aplicado a las condiciones naturales y económicas del país.
- En el Escenario 1 describe una casa donde habitan dos personas con dos lavamanos y una lavadora de ropa, que equivale a un consumo de aproximadamente 130 litros de agua caliente al día, el sistema con mayor costo es el eléctrico y el de menor costo es el solar. El Sistema Solar conviene más que el sistema de gas siempre y cuando la TMAR del dueño de la casa sea menor que 17.28%.
- En el Escenario 1 al comparar el Sistema Solar con el sistema eléctrico, se recuperaba la inversión entre los años 3-4. Al comparar el sistema solar con el de gas la inversión se recupera entre los años 6-7.
- En el Escenario 2 describe una casa donde habitan cuatro personas con cuatro lavamanos y una lavadora de ropa y una lavadora de platos, que equivalen aproximadamente a 255 litros de agua caliente al día, el sistema con mayor costo es el eléctrico y el mejor es el solar. El Sistema Solar conviene más que el sistema de gas siempre y cuando la TMAR del dueño de la casa es menor que 13.73%.
- En el Escenario 2 al comparar el sistema solar con el sistema eléctrico, se recuperaba la inversión entre los años 3-4. Al comparar el sistema solar con el de gas la inversión se recupera entre los años 7-8.
- En el Escenario 3 describía una casa donde habitan seis personas con seis lavamanos, una lavadora de ropa y una lavadora de platos, que equivalen aproximadamente a 377 litros de agua caliente al día, el sistema con mayor costo es el eléctrico y el mejor es el solar. El sistema solar conviene más que el sistema de gas siempre y cuando la TMAR del dueño de la casa sea menor que 16.07%.

- En el Escenario 3 al comparar el sistema solar con el sistema eléctrico, se recuperaba la inversión entre los años 3-4. Al comparar el sistema solar con el de gas la inversión se recupera entre los años 6-7.
- La decisión entre instalar un sistema de gas o un sistema solar en una casa dependerá al final de la disponibilidad de dinero para la inversión inicial y de la TMAR del dueño de la casa. En los escenarios evaluados la TIR del flujo incremental entre las dos alternativas ronda entre el 13%-18% (con el precio de Q. 6.00 la libra de gas propano).
- Estos resultados se obtuvieron con los precios actuales tanto de los sistemas como de los combustibles que se utilizan. Para el kWh el costo utilizado fue de Q. 1.928 y para el gas propano el costo por libra utilizada fue de Q. 6.00. En caso estos valores cambiaran de manera relevante el estudio debería modificarse.
- Las aguas grises se distinguen de las aguas negras pues no contienen la bacteria *Escherichia Coli*, son resultado de procesos como lavado y cocina. Se distinguen del agua potable pues tienen productos químicos y orgánicos que evitan su ingesta.
- La descomposición del agua gris es mucho más rápida que la del agua negra debido a su demanda biológica de oxígeno ocasionando nitrificación si se desecha a cuerpos de agua. Las aguas pluviales son ricas en gases, bajas en salinidad y con cierta carga microbiana.
- El tratamiento de aguas residuales se remonta a 4,000 años A.C. y sigue la investigación para nuevos y mejores métodos para los diferentes tipos de agua residual. El agua es un recurso escaso y se ve afectado por contaminantes domésticos, industriales, agrícolas, ganaderos y arrastre pluvial.
- La contaminación secundaria es muy común en cuerpos de agua que reciben aguas grises por sus minerales y nutrientes que causan eutrofización.
- El 60% de las aguas residuales son aguas grises. Los sistemas de reutilización y tratamiento de aguas grises permiten reducir en 56% el consumo de agua potable si son tratadas y el 32% si son reutilizadas inmediatamente sin tratamiento. El agua gris demandada es menor que el agua gris que dan como resultado los tratamientos.
- Sistemas de reutilización y tratamiento de aguas grises:
 - Para el sistema de reutilización sin tratamiento solamente se requiere de un depósito y una bomba. El agua no puede ser almacenada por mucho tiempo.

- El tratamiento aeróbico consiste en un filtro que elimina partículas y fibras, posteriormente se almacena y se distribuye al hogar por medio de una bomba.
 - El tratamiento combinado aeróbico-anaeróbico consiste en un tanque séptico, un filtro de arena, almacenaje y bomba.
 - Los filtros jardinera son muy eficientes y consisten en trampas de arena, plantas que se nutren de detergentes y sistemas de acolchado con corteza de árbol, paja u hojas.
 - El sistema Greywaternet y Solclima son sistemas patentados por empresas y son muy utilizados mundialmente.
 - El sistema profesional casero consiste en trampas de grasas, registros de filtración y estanques. Este es muy eficiente y de diseño sencillo, pero requiere de espacio.
 - El tratamiento de aguas grises en fincas se utiliza para devolver el agua gris tratada a los cuerpos de agua de donde se obtiene el recurso para uso de la finca.
 - El tratamiento MBR es un sistema de alto costo que filtra el agua por medio de una membrana de alta tecnología. El sistema es muy costoso y no se recomienda para Guatemala.
- La reutilización y tratamiento de aguas grises permite un menor uso de aguas potables, menor impacto a aguas frescas y menor caudal a fosas sépticas o a sistemas de tratamiento de aguas negras. Se da una purificación efectiva además de aumentar la posibilidad de sembrar plantas en donde no se cuenta con agua abundante pues se recuperan nutrientes que se perderían desechándolas.
 - Al reutilizar y tratar aguas residuales se aumenta la sensibilización de los ciclos naturales y se da la solución a muchos problemas simultáneamente. El agua de lluvia puede sustituir aproximadamente el 50% del agua utilizada en el hogar (similar a la cantidad que sustituye el tratamiento de aguas grises).
 - Para tratar el agua pluvial se siguen los siguientes pasos: recogida de agua, almacenamiento y filtración. Se recomienda siempre tener un sistema alternativo de agua pues la precipitación no es constante durante todo el año.
 - La reutilización y tratamiento de aguas pluviales permite reducir el uso de agua potable y al mismo tiempo reducir la contaminación por arrastre y el efecto de erosión que tiene la lluvia, pues se almacena. Puede ser reutilizada directamente para lavado de ropa y cabello pues es blanda.

- Para una casa de cinco personas, sin inflación y utilizando TMAR de 5%, conviene utilizar únicamente el sistema de Reutilización Sin Tratamiento pues tiene mayor TIR y además se paga en el período del proyecto.
- Para una casa de cinco personas, con 15% de inflación y TMAR de 5%, conviene utilizar el sistema de reutilización sin tratamiento pero también son rentables todos los demás sistemas excepto el sistema MBR.
- Para una casa de cinco personas, sin inflación, si la TMAR es mayor que 10% es más conveniente continuar con el sistema convencional. De lo contrario es más atractivo el sistema sin tratamiento.
- Para una casa de cinco personas, con inflación de 15%, si la TMAR es de 1% a 4% es más conveniente el sistema aeróbico. Si la TMAR está entre 4% y 28% es conveniente el sistema sin tratamiento y para TMAR mayores a 28% es conveniente continuar con el convencional.
- Para un complejo de casas, sin inflación y utilizando TMAR de 5%, conviene utilizar el sistema aeróbico pero también son rentables los sistemas sin tratamiento y combinado aeróbico anaeróbico. Estos se pagan en el periodo del proyecto y traen ahorro.
- Para un complejo de casas, con 15% de inflación y TMAR de 5%, conviene utilizar todos los sistemas menos el tratamiento MBR. El más recomendable es el aeróbico.
- Para un complejo de casas, sin inflación, independientemente de la TMAR el sistema que conviene es el aeróbico.
- Para un complejo de casas, con inflación de 15%, independientemente de la TMAR, el sistema que conviene es el aeróbico.
- Para una industria, sin inflación y utilizando TMAR de 5%, conviene utilizar el Sistema aeróbico. Sin embargo son rentables todos los sistemas a excepción del MBR ya que este último no trae ahorro y no se paga en el tiempo del proyecto.
- Para una industria, con 15% de inflación y TMAR de 5%, todos los sistemas se vuelven rentables para el período del proyecto. El más recomendable es el sistema aeróbico por su TIR.
- Para una industria, sin inflación, independientemente de la TMAR, el sistema que conviene es el aeróbico.

- Para una industria, con inflación de 15%, independientemente de la TMAR, el sistema que conviene es el aeróbico.
- Los sistemas tienen una TIR y una recuperación de inversión baja debido a que en Guatemala el agua no tiene un precio muy elevado. Agregado a esto, en el país todavía no se cobra una tarifa específica por aguas residuales como en otros países, lo cual hace más beneficiosos los sistemas de reutilización y tratamiento.
- El planeta es un sistema vivo en donde los ciclos se relacionan entre sí, se contribuye a la sostenibilidad del mismo utilizando sistemas de reutilización de aguas residuales.
- Por medio de esta investigación se determinó que existen diferentes tipos de sistemas para tratar el agua residual que tienen un bajo costo y tienen el beneficio que reducen los desechos que son desechados por las personas. Estos sistemas son los siguientes: biodigestor como el más conveniente en costos, planta de tratamiento aeróbica como el segundo sistema, planta de tratamiento anaeróbica como tercer sistema, micro planta como cuarto sistema y como quinto sistema y menos conveniente debido al costo de inversión la fosa séptica.
- Se logró determinar que sistemas tienen mayor capacidad para reducir el impacto ambiental, ya que por medio de la eficiencia de los sistemas se pudo determinar que la planta de tratamiento aeróbica es el sistema que tiene menor impacto ambiental, ya que puede llegar a una eficiencia del 95%, seguido por la micro planta con 90% y la planta de tratamiento anaeróbica entre 80% - 90% y como cuarto sistema con menor impacto ambiental se determinó el biodigestor el cual puede llegar a una eficiencia entre el 70% - 80%.
- Por medio de los análisis financieros que se llevaron a cabo, se pudo determinar que el biodigestor es el método más conveniente para una casa ya que es el sistema que más rápido puede recuperar la inversión. Ahora para un complejo de casas se determinó que los métodos más convenientes son el biodigestor que se puede recuperar en el 8avo año y la planta de tratamiento anaeróbica que tarda un poco más de diez años pero tarda menor que el resto. Ahora para una industria se determinó que los métodos más convenientes son el biodigestor y las plantas de tratamiento, ya que estos sistemas pueden recuperar la inversión en menos de diez años.

- Al finalizar los análisis financieros se pudo concluir que el biodigestor es el sistema de tratamiento más eficiente y conveniente para el tratamiento de agua residual. Esto se debe a que es un sistema de bajo costo pre-fabricado de polipropileno y con alta eficiencia. El biodigestor es uno de los métodos de tratamiento más reciente en la sociedad Guatemalteca, por lo que actualmente sólo se encuentra un proveedor para determinado sistema.
- La fosa séptica por ser el método de tratamiento más antiguo es el sistema que menos beneficio trae para aquella persona que busca un sistema que no contamine el ambiente y que desea reutilizar el agua para obtener un ahorro. Esto se dio debido a que este sistema por ser tan simple la eficiencia no puede pasar el 40%. Siendo el método que menos conviene es el más utilizado por la sociedad guatemalteca, ya que tiene un costo bajo y los guatemaltecos no conocen los diferentes métodos para tratar el agua.

XIV. RECOMENDACIONES

- Es recomendable la implementación de paneles solares en proyectos, cuya demanda energética promedio es de 300 KWH o mayor, la radiación solar horizontal es 6.6 KWH/m²/d y se elige adecuadamente el modelo de panel solar fotovoltaico (en los criterios precio y potencia), ya que es rentable y recuperable en un periodo de ocho a diez años aproximadamente.
- Es recomendable la inversión en un proyecto de paneles fotovoltaicos, cuyas ubicaciones cuenten con características de radiación solar horizontal de 5.31 KWH/m²/d o mayor y su demanda energética sea de 1296KWH, serán rentables, y su inversión será recuperable en un periodo de 8 a 10 años aproximadamente, siempre y cuando se elija adecuadamente el modelo del panel solar fotovoltaico (en los criterios de precio y potencia). Es recomendable la inversión en un proyecto similar.
- No es recomendable la implementación de paneles fotovoltaicos en proyectos cuyas ubicaciones cuenten con características de radiación solar horizontal de 4.82 KWH/m²/d o menor y su demanda energética sea de 1296KWH, ya que no serán rentables.
- Los proyectos de generadores eólicos, son rentables si la demanda energética es de 2169 KWH o mayor, la velocidad del viento es de 7.6 m/s o mayor y se elige de forma adecuada el modelo de generador eólico. (en los criterios de precio y potencia). Además la recuperación de la inversión será en un periodo aproximado de nueve a diez años.
- Para un proyecto de generadores eólicos, es recomendable realizar la evaluación de las características del aire en el área específica, durante un periodo representativo de años, para garantizar las óptimas condiciones de éste y que el proyecto sea rentable.
- Para la implementación de un proyecto de microcentrales hidroeléctricas, se recomienda realizar la evaluación del recurso hídrico y la región en donde se pretende realizar el proyecto.

- Los sistemas de iluminación más nuevos permiten tener una igual o mayor luminosidad sin consumir tanta energía como la iluminación incandescente.
- La utilización de bombillas LED para la construcción en Guatemala es fundamental para reducir el impacto ambiental y además de esto se obtienen ahorros en el largo plazo.
- La iluminación LED cuenta con la característica que una vez la bombilla ya no funcione, estas se pueden reciclar; pues no tiene ningún material tóxico en contra de las CFL que no se pueden reciclar.
- Al utilizar el mismo escenario de 200 metros cuadrados con combinación de luces, tanto de LED y CFL en base al consumo se observa que al compararlas con los Valores Presentes Netos del sistema LED y CFL por sí solo. Con lo cual se comprueba que es mejor combinar estas dos tecnologías.
- Si los consumos de las bombillas son de tres horas o más al día se observa que la bombilla más conveniente es la LED, pues si se paga la inversión a lo largo del tiempo evaluado que fueron diez años y con una TMAR de 5%.
- Conocer bien los diferentes sistemas de domótica, la arquitectura y topología se vuelven importantes dependiendo de las necesidades del usuario pero se debe buscar la indicada que mejor se adapte y reduzca la inversión inicial para justificar la viabilidad del proyecto y la domotización del mismo.
- Evaluar las necesidades que se tengan en el proyecto para tomar la decisión en la compra de los equipos y basándose en la guía que se ofrece pueden encontrar las áreas donde pueden existir oportunidades de mejora y poder evaluar que tan completo es el sistema que se desea implementar.
- La utilización de sistemas con protocolo propio pueden ser útiles y prácticos en el presente, pero se debe tomar en consideración que puede que no hagan actualizaciones para esos sistemas y se vuelvan obsoletos antes del periodo de recuperación.
- Los sistemas con cableado propio presentan mayor fidelidad en cuanto a comunicación ya que estos no se ven afectados por el ruido de la línea eléctrica o línea telefónica como otros sistemas, el inconveniente es que se encarece la inversión inicial por el material y la

instalación. En el caso de revisión, reparación o mantenimiento puede ser costos en el caso que tenga que sea necesario sustituir el cable por algún tipo de daño.

- En el caso de los sistemas inalámbricos presentan una instalación más fácil debido a que no es necesario romper paredes ni instalar desde que se construye el inmueble, da la versatilidad de instalar post construido. La única desventaja que presenta este tipo de comunicación es que dependen de la cobertura de los dispositivos y están expuestos a interferencia.
- Zonificar es importante en la domótica para el manejo apropiado de los instrumentos y asignar los recursos en base a las necesidades de las zonas.
- Los ahorros económicos se dan principalmente por la gestión eléctrica, por lo que hay que enfatizar que se configuren las modalidades o escenas en base a las necesidades de las zonas que se manejen en el inmueble.
- Para seleccionar el sistema de calefacción de paso correcto para un hogar, sin importar si es eléctrico o de gas, se debe de ver la demanda máxima que se podría llegar a tener en la casa en algún momento del día. Dependiendo de este valor se elige el sistema con una capacidad suficiente como para proveer agua caliente en este punto de demanda máxima. En caso la demanda sea mayor que la capacidad del sistema el agua aun se calentaría a la temperatura deseada pero el caudal del sistema sería dividido entre los diferentes puntos de la casa.
- Para seleccionar el sistema de calefacción con tanque correcto para un hogar, sin importar si es eléctrico, de gas o solar, se debe de calcular la demanda total diaria de agua caliente que tendrá el hogar. Se debe elegir un sistema que cuente con un tanque que tenga una capacidad igual o mayor a esta demanda total diaria. En caso la demanda total diaria de agua caliente fuera mayor a la capacidad del tanque el caudal de agua se mantendría pero el agua llegaría fría.
- Los sistemas de calefacción de agua con tanque eléctricos y de gas tienen un consumo de combustible (electricidad y gas respectivamente) mucho mayor a comparación de los sistemas de paso. Para un hogar es mejor un sistema de paso que un sistema de tanque.
- Los sistemas de calefacción de agua de paso eléctricos tienen un consumo de electricidad que representa un gasto mayor al de un sistema de paso de gas o a un sistema solar. Es importante recordar que estos resultados se obtuvieron con el precio por kWh de Q. 1.92 y

la libra del gas a Q. 6.00, en caso variaran significativamente estos precios se debería de analizar nuevamente los gastos de los sistemas.

- Para la mayoría de los edificios en Guatemala está prohibida la instalación de sistemas de gas, para que sea posible el uso de dichos sistemas se debe de contar con las instalaciones y tuberías correctas. Estas consideraciones deben tomarse en cuenta desde el inicio de la construcción del edificio.
- Se recomienda utilizar el agua resultante de los procesos para bañarse, lavar ropa, lavar platos, riego e inodoros.
- La reutilización de aguas grises y pluviales es esencial para una Construcción Verde en Guatemala pues ayuda a reducir el impacto ambiental y trae ahorros a largo plazo. Sin embargo es esencial hacer un análisis de costos para evaluar el sistema más conveniente dependiendo del consumo de agua en la construcción.
- Para una casa de cinco personas se recomienda utilizar el sistema Reutilización y tratamiento.
- Para un complejo de casas se recomienda utilizar el sistema aeróbico.
- Para una industria se recomienda utilizar el sistema aeróbico.
- Se recomienda a constructores y arquitectos utilizar la “Guía Para el impacto ambiental en Construcciones” al momento de realizar una construcción en Guatemala.
- Se recomienda que en Guatemala se haga una ley para imponer en las construcciones los sistemas de reutilización y tratamiento de aguas grises.
- Se recomienda en futuros estudios realizar un análisis financiero de los sistemas de reutilización de aguas pluviales.
- Se recomienda en futuros estudios ampliar el tema de sistemas de reutilización de aguas pluviales de acuerdo con la precipitación y las condiciones de lluvia en Guatemala.
- Se recomienda que a la hora de tomar en cuenta un escenario se tome en cuenta la inflación, ya que esta es un beneficio para determinar qué sistema se utilizará en

determinados escenarios. Esto se debe a que la inflación hace que el precio del agua aumente, y debido a lo siguiente el ahorro económico tiende a crecer año por año.

- Se recomienda que por medio de las gráficas de Valor Presente Neto y TMAR que para el primer escenario el sistema que más conviene para TMARs de 1% a 20% es el sistema sin tratamiento, pero debido a que la ley prohíbe no tener ningún sistema de tratamiento el sistema de tratamiento más conveniente es el biodigestor. Ahora para el segundo escenario el biodigestor es el sistema más conveniente y como segundo sistema la planta de tratamiento aeróbica, y en el tercer escenario el biodigestor y las plantas de tratamiento son los más convincentes cuando se analiza una TMAR de 1% - 20%.
- Se recomienda que la sociedad guatemalteca se informe con respecto a los diferentes métodos de tratamientos de aguas residuales para que de esta forma las personas tomen en cuenta aquellos sistemas que generan un menor impacto ambiental a la hora de construir.

XV. BIBLIOGRAFÍA

1. 12ª LECCION EFECTO FOTOVOLTAICO I.
http://www.iesdef.upm.es/EnergiaSolar/OLD_TR_LECCI%C3%93N-12.PDF
2. A & C Pumps. 2011. Sewage Treatment Plants. <http://www.acpumps.co.uk/sewaqetreat.asp>
3. Activehouse. <http://www.activehouse.info/cases/sunlighthouse>
4. AENOR 1996. Sistema de gestión medio ambiental. Especificaciones y directrices para su utilización (ISO 14001:1996) norma española, UNE-EN ISO 14001. Asociación Española de Normalización y Certificación.
5. Aguado Alonso, J. (1 de diciembre de 2006). Reactores biológicos secuenciales (SBR): una tecnología versátil para el tratamiento de aguas residuales industriales. Recuperado el 2009, de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/12/01/53336>
6. Agua-Mineral. Aguas Residuales, Grises y Negras. 2009. Disponible en la web en: HYPERLINK "<http://www.agua-mineral.net/574/aguas-residuales-grises-y-negras/>"
<http://www.agua-mineral.net/574/aguas-residuales-grises-y-negras/>
7. Air Liquide, Enciclopedia de los Gases. Gas Propano. 2009 Air Liquide. HYPERLINK "<http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?languageid=9&GasID=53&CountryID=19>"
<http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?languageid=9&GasID=53&CountryID=19>
8. Alert me, controla el gasto de luz. <http://www.xataka.com/hogar-digital/alertme-controla-el-gasto-de-luz>
9. Alta costura a precio de saldo.

10. *Álvarez, J. (2008) La certificación "Rainforest Alliance".*
<http://www.elperiodico.com.gt/es/20051014/opinion/20949>
11. *Amanco. 2011. Fichas Técnicas de Fosa Séptica, Trampa de Grasa y Plantas de Tratamiento. Guatemala. Guatemala.*
12. *American Water Heaters. Installation/Instruction Manuals. 2000-2011 American Water Heaters. HYPERLINK "http://www.americanwaterheater.com/support/manuals.aspx" <http://www.americanwaterheater.com/support/manuals.aspx>*
13. *American Water Works Association. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.awwa.org/" <http://www.awwa.org/>*
14. *Anaerobic Digestion. 2011. Anaerobic Digestion Process Flow. http://www.anaerobic-digestion.com/html/anaerobic_flow_diagram.html*
15. *AO Smith Innovation has a name. Water Heaters. 2011 A.O. Smith. HYPERLINK "http://www.hotwater.com/water-heaters/" <http://www.hotwater.com/water-heaters/>*
16. *Apple. (2011). Hardware and Drivers. <http://developer.apple.com/hardwaredrivers/>*
17. *Arquitectura ecológica, ventajas y desventajas. <http://www.arquigrafico.com/arquitectura-ecologica-ventajas-y-desventajas>*
18. *Atk, Jorge. 2009. Bombilla incandescente, filamento, casquillo, ampolla. <http://jorgeatk.blogspot.com/2009/03/bombilla-incandescente-filamento.html>*
19. *Australian Design Award – James Dyson Award. http://www.student.designawards.com.au/application_detail.jsp?status=2&applicationID=5974*
20. *AVANC. (2007). Estudio Instituto para Sistemas de Edificios y de la Energía, Universidad Biberach y AVANC.*

21. *Aventuras Verdes (2006) Rainforest Alliance.*
http://www.discoveringcostarica.com/rainforest_alliance_costarica.htm
22. *Banguat. (23 de 10 de 2011). Banco de Guatemala. Recuperado el 23 de 10 de 2011, de*
<http://www.banguat.gob.gt/cambio/default.asp>
23. *Barillas, Regina. 2011. Plan de negocio para la implementación de un sistema de agricultura sostenible en una finca de Quetzaltenango. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 126 páginas.*
24. *Barreondo, Henry. Ingeniero Civil (2 de junio del 2010) Funcionamiento de un Biodigestor. Entrevista Personal.*
25. *Base Valley House – Modern Japanese house with natural energy source.*
26. *BIFMA International. (2011) The Industry Voice for Workplace Solutions.*
<http://www.bifma.org/>
27. *Blank, Leland y Anthony Tarquin. 2002. Ingeniería Económica. 5ta Edición. Mexico, D.F. 796 páginas.*
28. *Blank, Leland y Anthony Tarquin. 2002. Ingeniería Económica. 5ta Edición. México, D.F. 796 páginas.*
29. *Blank, Leland y Anthony Tarquin. 2002. Ingeniería Económica. 5ta Edición. México, D.F. 796 páginas.*
30. *Blank, Leland; Tarquin, Anthony. Ingeniería Económica. Quinta Edición. 2004 McGraw Hill, México, 796 págs.*
31. *Bluetooth. (2011). Bluetooth. Recuperado el 23 de Octubre de 2011, de*
<http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx>

32. Bongiorno, Lori. *How Do I Choose a Tankless Water Heater?* *thegreenguide.com*, June 13, 2006. HYPERLINK "<http://www.thegreenguide.com/doc/ask/tankless>"
<http://www.thegreenguide.com/doc/ask/tankless>
33. Bradford White Corporation. *Water Heating, Combination Heating, Storage Tanks*. 2005
Bradford White Corporation 725 Talamore Drive, Amble. HYPERLINK
"<http://www.bradfordwhite.com/products.asp>"
<http://www.bradfordwhite.com/products.asp>
34. Braungart, Michael y McDonough, William. 2005. *Cradle to Cradle*. Traducido por Gregorio Pérez Van Kappel. Madrid. McGraw-Hill. 186 págs.
35. *Camouflage house: A greenhouse residence*. <http://inhabitat.com/camouflage-house-a-greenhouse-residence/>
36. *Características de una casa sostenible*. <http://www.comprarcasas.org/caracteristicas-de-una-casa-sostenible/>
37. Carson, Rachel. 1962. *Silent Spring*. Boston. Houghton Mifflin.
38. Carter, Tim. *Do tankless water heaters pay off?* *clarionledger.com*, February 1, 2008.
HYPERLINK
"<http://www.clarionledger.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20080201/FEAT03/802010303/1194/FEAT03>"
<http://www.clarionledqer.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20080201/FEAT03/802010303/1194/FEAT03>
39. *Casa 108/H Arquitectes*. <http://www.plataformaarquitectura.cl/2007/12/26/casa-108-h-arquitectes/>
40. *Casa Cape Schanck / Jackson Clement Burrows*.
41. *Casa de árbol prefabricada por Baumraum*. <http://www.lascasaprefabricadas.com/casas-prefabricadas/casa-de-arbol-prefabricada-por-baumraum.html>
42. *Casa Hof / Studio Granda*. <http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/12/14/casa-hof-studio-granda/>

43. Casadomo. (2008). Estudio MINT - Casadomo. Madrid.
44. Casas pasivas. <http://www.lacasasostenible.com/sistemas-sostenibles/casas-pasivas.html>
45. CENADOJ. <http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/energia/legislacion/Ley%20de%20Incentivos%20para%20el%20desarrollo%20de%20proyectos%20de%20energia%20renovable1.pdf>
46. Censolar (2009) Energías Renovables en la Construcción.
47. Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América (2000) Saber más... ISO 14000.
48. Cervantes Picazo, Juan. Tratamiento de Aguas. 2011. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/aguas.htm"
<http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/aguas.htm>
49. CIEC. (2011). Guía de Contenidos Mínimos para la Elaboración de un Proyecto de Domótica. Córdoba: Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba.
50. Cisco. (2011). Token Ring/IEEE 802.5. Recuperado el 23 de 10 de 2011, de http://docwiki.cisco.com/wiki/Token_Ring/IEEE_802.5
51. CNEE - EEGSA. (Octubre de 2011). Empresa Eléctrica de Guatemala. Obtenido de Comisión Nacional de Energía Eléctrica: <http://www.cnee.gob.gt/Calculadora/index3.php>
52. Cobiella, Nidia. La iluminación. <http://www.educar.org/inventos/iluminacion.asp>
53. COGUANOR (2009) Catálogo de Normas Técnicas Guatemaltecas.
<http://www.coquanor.gob.gt/index.php?id=119>
54. Cómo ahorrar energía. <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=572>
55. Cómo diseñar una casa. <http://www.comodisenarunacasa.com/2010/07/las-10-mejores-tecnologias-para.html>
56. Composición química de las aguas Subterráneas Naturales. Agua de lluvia. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/1_1.pdf"

http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/1_1.pdf

57. Coneno, C. 1997. Comercio y Medio Ambiente: el caso de Costa Rica (informe final) Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo.
58. Consentino (2010) Certificaciones.
<http://www.grupocosentino.es/certificaciones/greenguard/>
59. CONSTRUIBLE. (2011). Energías renovables.
<http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=17&idm=156>
60. Construmática. Iluminación Artificial.
http://www.construmatica.com/construpedia/Iluminaci%C3%B3n_Artificial
61. Construsur. Tratamiento de Aguas grises. 2010. Disponible en la web en: *HYPERLINK*
"http://www.construsur.com.ar/Noticias-article-sid-290.html"
<http://www.construsur.com.ar/Noticias-article-sid-290.html>
62. Construyendo la casa bioclimática. <http://construccionbioclimatica.blogspot.com/>
63. Delhi Energy Efficiency & Renewable Energy Management Centre. Solar Water Heater a device operating on renewable energy. 2do piso, Edificio SLDC, calle Minto, New Delhi.
64. Depósito de Documentos de la FAO, Reunión regional sobre generación de electricidad,
<http://www.fao.org/docrep/T2363s/t2363s0w.htm>
65. Deverux, B. (2006). SOLUCIONES PARA AUTOMATIZACIÓN DE CASAS Y EDIFICIOS. Buenos Aires.
66. Distribución Normal. <http://www.uv.es/ceaces/pdf/normal.pdf>
67. Dómina, Juliana Sofía. 2010. Doble envolvente transparente. Tesis de la Universidad de Belgrano, Buenos Aires. 48 págs
68. Durman. 2011. Fichas Técnicas de Micro Plantas. Guatemala. Guatemala.

69. *Dusseldorf's energy-efficient Stadttor Gate.* <http://inhabitat.com/dusseldorfs-hi-tech-energy-efficient-gate/>
70. *Eckart, Boege y Rolf Kral. Paginas Verdes Xalpa. Sistema Casero de Tratamiento de Aguas Jabonosas. 2011. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.paginasverdesxalapa.com/ecoideas.php" <http://www.paginasverdesxalapa.com/ecoideas.php>*
71. *Eco friendly spinning dome house.* <http://www.thenews.com.pk/latest-news/3715.htm>
72. *Educa Sitios. Fuentes de contaminación del Agua. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://educasitios.educ.ar/grupo348/?q=node/64" <http://educasitios.educ.ar/grupo348/?q=node/64>*
73. *Efilux. Iluminación Eficiente.* http://www.efilux.com/ventajas_led_5.html
74. *El "Arca hotel" que salvará el planeta.* <http://www.abc.es/20110110/tecnologia/abci-arca-hotel-alexander-remizov-201101101509.html>
75. *El Agua Potable. Tratamiento del Agua 2005. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.fortunecity.es/felices/andorra/51/tratamiento_del_agua.htm" http://www.fortunecity.es/felices/andorra/51/tratamiento_del_agua.htm*
76. *El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental.* <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tend.pdf>
77. *El Blog Verde, Paneles Solares.* <http://elblogverde.com/paneles-solares/>
78. *El Panel Fotovoltaico, Capítulo 4.* <http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch04a.pdf.pdf>
79. *EMPAGUA. 2011. Tabla de Costos de Agua en Guatemala.*
80. *Empresa Eléctrica de Guatemala. HYPERLINK "http://www.eegsa.com/" <http://www.eegsa.com/>*
81. *Empresa Eléctrica de Guatemala.* <http://www.eegsa.com/>
82. *Empresa Municipal de Agua. Datos obtenidos por llamada telefónica. 2285-8000.*

83. *En buenas Manos, Energías Renovables.*
<http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=243>
84. *Energía Eólica.*
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujo/gases/energiaeolica/energiaeolica.html>
85. *Energía Solar Fotovoltaica, La Energía Solar es el futuro.*
<http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2011/05/la-energia-solar-es-el-futuro.html>
86. *Energía Solar, Lista de Precios 11/4.2.*
<http://www.jhroerden.com/solar/descargas/Lista%20de%20precios.pdf>
87. *Energías Renovables, Planeta Neutro Blog Personal sobre las Energías del Futuro.*
<http://www.renovables-energia.com/2009/05/funcionamiento-aerogeneradores-eolicos/>
88. *Energy Information Administration. (2011) Short-Term Energy and Winter Fuels Outlook.*
<http://www.eia.gov/emeu/steo/pub/contents.html>
89. *Entrevista con el Ingeniero Civil Guillermo Ramos Alavedra. 22 de septiembre 2011.*
90. *Entrevista con Regina Incer. 3 de octubre de 2011.*
91. *ENVIRO (2008) Las organizaciones que eligen para evaluar su negocio y / o productos institucionales.* http://aimenviro.org/BIFA_Certification.html
92. *Environmental Investigation Agency. (2011) La Ley Lacey.*
93. *Estrucplan. Fuentes de contaminación del agua. 2002. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1795" <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1795>*
94. *Europea, D. (1991). Directiva 91/271/CEE Sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas. Recuperado el Julio de 2010, de http://www.mma.es/secciones/acm/fondo_docu_descargas/publi_manuales/pdf/03_Manual_Directiva_91_271_CEE.pdf*
95. *EuroX10. (2011). What is X-10? <http://www.eurox10.com/Content/X10Information.htm>*

96. *Eve, controla el consume energético de la vivienda.* <http://ecolosfera.com/eve-controla-el-consumo-energetico-de-la-vivienda/>
97. *Faunatura. Recolectar Agua de Lluvia. 2009.* <http://www.faunatura.com/recolectar-agua-lluvia.html>
98. *Fernández Muerza, Alex. Reutilización de Aguas Grises. 2006. Disponible en la web en: HYPERLINK*
"http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/02/14/149371.php"
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/02/14/149371.php
99. *Fletcher, James H. Analysis of Solar Thermal Water Heaters on Peak Demand. 2008*
University of North Florida, Jacksonville, Florida, USA.
100. *Flower power,* <http://www.guardian.co.uk/artanddesign/2004/sep/20/architecture>
101. *Formisano, Bob. Tankless Water Heater: What you need to know. about.com, 2008.*
HYPERLINK "http://homerepair.about.com/od/plumbingrepair/ss/tankless_hwh_2.htm"
http://homerepair.about.com/od/plumbingrepair/ss/tankless_hwh_2.htm
102. *Fratz, Fredy Heriberto Guillermo. Ingeniero Civil y Maestría en Ingeniería Sanitaria y Ambiental (...) Tratamiento de Aguas Residuales y Funcionamiento de Plantas de Tratamientos. Entrevista Personal.*
103. *Fratz, Fredy Heriberto Guillermo. Ingeniero Civil y Maestría en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 2007. Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas. Honduras.*
104. *Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (2011) POLÍTICA DE CALIDAD Y AMBIENTE.* <http://www.cqpl.org.gt/calidadyambiente>
105. *García, Jose. 2007. Así Funcionan las Lámparas Ahorradoras CFL.*
http://www.asifunciona.com/electronica/af_cfl/af_cfl_2.html
106. *García, Jose. 2007. Así Funcionan las Lámparas Fluorescentes.*
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_fluorescentes/af_fluorescentes_1.htm

107. *García, M. (2003) MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD EN LOS PROCESO.*
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6_n1/pdf/mejora.pdf
108. *Generación de Energía, cómo se fabrica la Energía Eléctrica,*
<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/energia-vs-ambiente/generaci.htm>
109. *Gijón, C. M.-A. (2009). Guia de Negocio: Domótica e Inmótica. Gijon.*
110. *Google quiere ayudarte a monitorear la energía consumida en tu hogar.*
111. *GREENGUARD Environmental Institute (2011) About GEI.*
<http://www.greenguard.org/en/about.aspx>
112. *Gregg, M. Scott. Tankless Water Heaters 101. tankless101.com, 2008. HYPERLINK*
 "http://tankless101.com/" <http://tankless101.com/>
113. *GreyWaterNet. Sistemas de Tratamiento de Aguas. Disponible en la web en: HYPERLINK*
 "http://www.greywaternet.com/sistemas-tratamiento-aguas.html"
<http://www.greywaternet.com/sistemas-tratamiento-aguas.html>
114. *GreyWaterNet. Tratamiento de Aguas Grises. Disponible en la web en: HYPERLINK*
 "http://www.greywaternet.com/tratamiento-aguas-grises.html"
<http://www.greywaternet.com/tratamiento-aguas-grises.html>
115. *GreyWaterNet. Ventajas del Tratamiento de Aguas grises. Disponible en la web en:*
 HYPERLINK "http://www.greywaternet.com/ventajas-tratamiento-aguas-grises.html"
<http://www.greywaternet.com/ventajas-tratamiento-aguas-grises.html>
116. *Gridded Modular Eco Home in the Hills Outside Sao Pablo. <http://inhabitat.com/gridded-modular-eco-home-in-the-hills-outside-sao-paulo/>*
117. *Grupo Hidro-ecológico Nacional, Inc. 2005. Artículo: Evaluación Rápida de la calidad del Agua.*

118. Harris, Tom. Fenlon, Wesley. *How Light Emitting Diodes Work*.
<http://www.howstuffworks.com/led.htm>
119. Harris, Tom. *How Fluorescent Lamps Work*. <http://www.howstuffworks.com/fluorescent-lamp.htm>
120. Harris, William. *How CFL Bulbs Work*.
<http://science.howstuffworks.com/environmental/green-tech/sustainable/cfl-bulb1.htm>
121. Hasse. (2011). *Zigbee, a technical overview of wireless technology*. <http://zigbee.hasse.nl/>
122. HOUSEBANC, *Energía Solar Pasiva*. http://www.housebanc.com/energia_solar_pasiva.htm
<http://blogs.tudiscovery.com/descubre-el-verde/2009/04/google-quiere-ayudarte-a-monitorear-la-energ%C3%ADa-consumida-de-tu-hogar.html>
<http://blogs.tudiscovery.com/descubre-el-verde/2009/05/primera-casa-activa-del-mundo-genera-m%C3%A1s-energ%C3%ADa-de-la-que-consume-.html>
<http://faircompanies.com/news/view/propuestas-viviendas-sostenibles-paraproximos-anos/>
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/12378/10/ISO%2014000.pdf>
http://www.construmatica.com/construpedia/Energ%C3%ADas_Renovables_en_la_Construcci%C3%B3n
http://www.eia-global.org/PDF/LaceyFAQ_Spanish_EIA.pdf
<http://www.focus-domus.com/DatosInteresantes/tabid/60/EntryId/9/LAS-TENDENCIAS-2011-EN-EDIFICIOS-VERDES.aspx>
<http://www.imcyc.com/ct2008/jun08/sustentabilidad.htm>

http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_5221_23684.pdf?PHPSESSID=b14e21381a3d3524eef606575ce419be
<http://www.momoy.com/2009/05/19/base-valley-house-modern-japanese-house-with-natural-energy-source/>
<http://www.momoy.com/2009/06/24/modern-and-simple-desert-house-design-by-loyd-russell/>
<http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/10/24/casa-cape-schanck-jackson-clements-burrows/>
http://www.worldarchitecturenews.com/index.php?fuseaction=wanappln.projectview&upload_id=11729

123. Hyland, Gil. 2011. Duke Compact Fluorescent Light Give-A-Way. <http://cooper-electric.net/duke-compact-fluorescent-light-give-a-way/>
124. IARNA (2010) Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. <http://www.infoiarina.org.gt/media/file/areas/energia/legislacion/Ley%20de%20proteccion%20y%20mejoramiento%20del%20medio%20ambiente.pdf>
125. ILOG. Principios de Inspección Visual. http://www.lloqsa.com/nueva_web/tutoriales/inspeccion-visual/inspeccion-visual-inicio-tema1_4.php
126. Incidencia Democrática. Tierra y Recursos Naturales. 2010. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.i-dem.org/?p=38535" <http://www.i-dem.org/?p=38535>
127. INDECO. 1998. Sistemas de gestión ambiental – Directrices Generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo. INTE-ISO-14004:98.
128. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable (1999) Manual de legislación ambiental de Guatemala. <http://www.pnuma.org/deramb/bases/quatem1.pdf>
129. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECOLOGICAS. 2008. Curso de Especialización de Energía Eólica On y Off. Malaga, España. Publicaciones Vértice. 233 págs.
130. Instituto Nacional de Bosques (2011) Acerca del INAB. <http://www.inab.gob.gt/>
131. Instituto Nacional de Electrificación. http://www.inde.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=37
132. Interpretando 'Watt' y Watt-Hora' en el uso de paneles solares. <http://eliseosebastian.com/interpretando-%E2%80%98watts%E2%80%99-y-%E2%80%98watts-hora%E2%80%99-para-el-panel-solar/>
133. KINSOLAR Solutions, Energía Solar Térmica. HYPERLINK "http://www.kinsolar.es/castellano/como-funciona-la-energia-solar.php" <http://www.kinsolar.es/castellano/como-funciona-la-energia-solar.php>

134. KINSOLAR Solutions, *Energía Solar Térmica*. <http://www.kinsolar.es/castellano/como-funciona-la-energia-solar.php>
135. Klenck, Thomas. *How It Works: Water Heater*. *Popular Mechanics*. (6/14/11). HYPERLINK "http://www.popularmechanics.com/home/improvement/interior/1275141" <http://www.popularmechanics.com/home/improvement/interior/1275141>
136. Koepfel, Dan. 2011. *Let there be light*. *Wired*. (19.09): 110-119.
137. Kopsch, Oliver. *DecRen Water Consult. Uso de Aguas de Lluvia*. 2005 Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.dwc-water.com/es/tecnologias/uso-del-agua-de-lluvia/index.html" <http://www.dwc-water.com/es/tecnologias/uso-del-agua-de-lluvia/index.html>
138. KWK Promes: *Casa Outrial en Barsovia*. <http://www.floornature.es/progetto.php?id=5526&sez=30>
139. La hora solar pico. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo03.htm>
140. *La tecnología como nueva base de vida*, <http://spaichile.blogspot.com/2010/03/la-casa-mas-eficiente-de-panasonic.html>
141. Lafuente, C. (2007). *Reutilización de aguas grises*. Recuperado el Julio de 2010, de HYPERLINK "http://www.casafonlafuente.es/servicios/sistemas-de-recuperacion-de-agua/reutilizacion-de-aguas-grises/" <http://www.casafonlafuente.es/servicios/sistemas-de-recuperacion-de-agua/reutilizacion-de-aguas-grises/>
142. Lapeña, M. R. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. España: Marcombo.
143. Larraín, S. (2002) *Las fuentes renovables de energía y el uso eficiente*. <http://www.prien.cl/documentos/libroenergia.pdf>
144. LAS ENERGÍAS RENOVABLES SON LA ÚNICA ALTERNATIVA A LARGO PLAZO AL CAMBIO CLIMÁTICO. <http://www.nodo50.org/panc/Ere.htm>

145. *Las energías Renovables, Energía Hidráulica.* <http://www.formaselect.com/areas-tematicas/energias-renovables/energia-solar.htm>
146. *Las energías Renovables, Energía Solar.* <http://www.formaselect.com/areas-tematicas/energias-renovables/energia-solar.htm>
147. *Las tendencias 2011 en edificios verdes.*
148. *Layton, Julia. 2008. How LED Light Bulbs Work.*
<http://science.howstuffworks.com/environmental/green-tech/sustainable/led-light-bulb1.htm>
149. *LEED y la construcción eco-amigable.* <http://bge.zoomblog.com/archivo/2010/07/30/leed-y-la-Construccion-Eco-amigable.html>
150. *Lindstrom, Carl. 200. Grey Water. Disponible en la web en: HYPERLINK*
"http://www.greywater.com/" <http://www.greywater.com/>
151. *LonMark International. (2011). Overview.* http://www.lonmark.org/technical_resources/
152. *Low Energy Systems. tanklesswaterheaters.com, 2008.* HYPERLINK
"http://www.tanklesswaterheaters.com/tanklessfaq.html"
<http://www.tanklesswaterheaters.com/tanklessfaq.html>
153. *Luxury house design provides platform for sustainability.*
154. *MAPRECO. 2011. Tabla de Mantenimiento y Servicio.*
155. *Maquinariapro. Funcionamiento de las lámparas fluorescentes.*
<http://www.maquinariapro.com/electronica/lamparas-fluorescentes.html>
156. *Martín Domínguez, H., & Sáez Vacas, F. (2006). Domótica: Un enfoque sociotécnico. Madrid: E.T.S.I. de Telecomunicación.*
157. *Master Cim. ¿Cómo podemos contribuir a proteger el medio ambiente? 2009. Disponible en la web en: HYPERLINK* *"http://www.mastercim.com.mx/espacioverde.html"*
<http://www.mastercim.com.mx/espacioverde.html>

158. *Medio ambiente y energía.* <http://www.aidico.es/construccion-sostenible-cms-74-50-1473-1500/>
159. *Mena Hernández, Luis Fernando. 2010. Edificio de uso mixto bajo parámetros constructivos LEED. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 194 págs.*
160. *Mendoza, G. (2008) La certificación verde.*
161. *Metcalf, & Eddy. (1996). Ingeniería de aguas residuales. México: McGraw-Hill.*
162. *Micro centrales hidroeléctricas.*
<http://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf>
163. *Microcentrales hidroeléctricas, una alternativa para el desarrollo rural.*
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/130bib_arch.pdf
164. *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2011) Recaudación de multas.*
http://www.marn.gob.gt/sub/portal_clegal/recaudacion.aspx
165. *Ministerio de Economía (2010) Registro Nacional de empresas certificadas a septiembre 2010.*
<http://www.mineco.gob.gt/mineco/calidad/registroec.pdf>
166. *Ministerio de Energía y Minas. HYPERLINK*
"http://www.mem.gob.gt/Portal/Home.aspx?secid=94"
<http://www.mem.gob.gt/Portal/Home.aspx?secid=94>
167. *Ministerio de Energía y Minas.* <http://www.mem.gob.gt/Portal/Home.aspx?secid=94>
168. *Ministerio de Energía y Minas. 2011. Tarifa Eléctrica.*
<http://www.mem.gob.gt/Portal/Home.aspx?secid=94>
169. *MINT - Casadomo. (2007). Estudio MINT - Casadomo. Madrid.*
170. *MINT - Casadomo. (2008). Estudio MINT - Casadomo. Madrid.*
171. *Modern and simple desert house design by Lloyd Russell.*
172. *Murillo, J. (2005) Rainforest Alliance: Soluciones innovadoras para la conservación global.*
http://www.unctad.org/trade_env/test1/meetings/costarica/Presentacion%20Rainforest%2

0Alliance.pdf

173. Mutz, R. (Diciembre de 2004). *Situación del Recurso Agua en Guatemala*. Recuperado el Octubre de 2009, de <http://www.docstoc.com/docs/9163239/Situaci%EF%BF%BDn-del-Recurso-Agua-en-Guatemala>
174. Natural Gas. *Background Natural Gas*. 2010 NaturalGas.org. HYPERLINK
 "http://www.naturalgas.org/overview/background.asp"
<http://www.naturalgas.org/overview/background.asp>
175. Novate Media. *Tankless Hot Water*. (6/14/11). HYPERLINK
 "http://www.novativemedia.com/green-articles/tankless_water_heater.php"
http://www.novativemedia.com/green-articles/tankless_water_heater.php
176. *Old stone highway house*. <http://inhabitat.com/old-stone-highway-house/highway4/>
177. Oliver Kopsch. DecRen Water Consult. *Reutilización de Aguas Grises*. 2005 Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.dwc-water.com/es/tecnologias/re-uso-de-las-aguas-grises/index.html" <http://www.dwc-water.com/es/tecnologias/re-uso-de-las-aguas-grises/index.html>
178. Ortega Sunuc, María José. 2007. *Recursos Naturales Renovables*. Tesis Universidad de San Carlos. Guatemala. 211 páginas. Disponible en la web en: HYPERLINK
 "http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0940.pdf"
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0940.pdf
179. PEC. *Water Pressure Explained*. (6/14/11). HYPERLINK
 "http://www.freedrinkingwater.com/water-education3/8-water-pressure.htm"
<http://www.freedrinkingwater.com/water-education3/8-water-pressure.htm>
180. Perdue, B. E., Freeman, D., Hunt, G., & Reeder, T. (2009). *Water Efficiency Manual*. Estados Unidos.
181. Pieratinni, G. (2011). *Estudio Anual de Ángulo Solar en Guatemala*. Guatemala.}
182. Pousa, X. (2006) *ISO 14001: un sistema de gestión medioambiental*. Ideas propias Editorial S.L.,119 pp.

183. Preti, Ing. Edgar. (8 de agosto de 2011) *Situación actual de la Iluminación en Guatemala e implementación de las tecnologías más modernas. Entrevista Personal.*
184. *Primera "casa activa" del mundo genera más energía de la que consume.*
185. *PROFESOR en línea, Energía Hidráulica.*
<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/EnergiaHidraulica.htm>
186. *Propuestas de viviendas sostenibles para los próximos años.*
187. *Punto y Aparte. La evolución de la luz artificial.*
http://puntoyaparte.com.ar/index.php?Itemid=67&id=133&option=com_content&task=view
188. *Quiminet. 2010. Los LEDs: La evolución en iluminación.*
http://www.quiminet.com/ar8/ar_vcdzqtarmbcBu-los-leds-la-evolucion-en-iluminacion.htm
189. *Quirós, A. 1996. ¿Quién Experimentará con la cabeza ajena? Actualidad Económica No. 2 Volumen XI.*
190. *Rainforest Alliance (2006)., Herramientas y mecanismos para incorporar la sostenibilidad en las cadenas de comercialización de PYMES.*
<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=848004>
191. *Rainforest Alliance (2011) Involucre a su empresa de productos forestales.*
<http://www.rainforest-alliance.org/es/forestry>
192. *Red de Cajas de Herramientas Guatemala (2007) Medio ambiente.*
<http://www.infomipyme.com/Main.ASP?T=P&P=1335>
193. *Reglamentación Técnico - sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. 1982. España. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1982-16316" http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-1982-16316*
194. *Reinoso, Otto. Ingeniero Civil (.....) Tratamientos de Aguas Residuales. Entrevista Personal.*

195. RETScreen International Clean Energy Decision Support Centre. *Clean Energy Project Analysis: RETScreen Engineering & Cases Textbook*. Minister of Natural Resources Canada 2001-2004.
196. RETScreen International. HYPERLINK "http://www.etscreen.net/"
<http://www.etscreen.net/>
197. RETScreen International. <http://www.etscreen.net/>
198. Ritchie, I. 1998. *A guide to the implementation of the ISO 14000 series on environmental management*. Prentice Hall. EEUU.
199. Rivera, Ing. Carlos. (6 de Octubre de 2011) *Información Técnica de Iluminación LED y situación actual en Guatemala*. Entrevista Personal.
200. Rodriguez, E. (2010) *Las energías renovables en la construcción*.
<http://noticias.iberestudios.com/las-energias-renovables-en-la-construccion/>
201. Ron Crites, George Tchobanoglous. 2000. *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Colombia
202. Rotoplas. 2011. *Guía de Instalación y Mantenimiento*. Guatemala. Guatemala.
203. Sepe, Ricardo. 2010. *Aguas y Desechos*. Megaproyecto Universidad del Valle de Guatemala. 129 páginas.
204. Shenell, C. 1998. *La General Fruit Company en Costa Rica : La Gestión ambiental en una Agroindustria*. Aplicación de la norma ISO 14000, guía al trabajo de campo. ECOGLOBAL.
205. Shenzhen Puxin Science & Technology Co., Ltd. 2011. *Family size PUXIN anaerobic reactor biogas plant system*. http://puxinbiogas.en.alibaba.com/product/328158345-210189906/Family_size_PUXIN_anaerobic_reactor_biogas_plant_system.html
206. SicaNews. 2002. *Lámparas Incandescentes Modernas*.
<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica79.html>

207. SIEMENS. (2004). Control SIEMENS para unidades an coil de Trane y cassettes con batería de agua (CWS). [http://doc.trane-eur.com/marketing/cdtrane.nsf/PdfByName/CNT-SVX18A-ES_0606.pdf/\\$file/CNT-SVX18A-ES_0606.pdf](http://doc.trane-eur.com/marketing/cdtrane.nsf/PdfByName/CNT-SVX18A-ES_0606.pdf/$file/CNT-SVX18A-ES_0606.pdf)
208. Sitiosolar.com, portal de energías renovables. Los paneles solares fotovoltaicos. <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>
209. Skyscraperlife. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=626789&page=2>
210. Slide Share. Técnico en Control de Calidad: Aguas Residuales. 2009. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.slideshare.net/guest65a53/aguas-residuales" <http://www.slideshare.net/guest65a53/aguas-residuales>
211. Solclima. Captación de Aguas Pluviales. 2011. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.soliclimate.es/aplicaciones/4-tratamiento-de-aguas/97-captacion-de-aguas-pluviales.html" <http://www.soliclimate.es/aplicaciones/4-tratamiento-de-aguas/97-captacion-de-aguas-pluviales.html>
212. Solclima. Tratamiento de Aguas grises. 2011. Disponible en la web en: HYPERLINK "http://www.soliclimate.es/aplicaciones/4-tratamiento-de-aguas/96-tratamiento-de-aguas-grises.html" <http://www.soliclimate.es/aplicaciones/4-tratamiento-de-aguas/96-tratamiento-de-aguas-grises.html>
213. SoliClima, Energía Eólica. <http://www.soliclimate.com/eolica.html>
214. SoliClima, Placas Solares. http://www.soliclimate.com/placas_solares.htm
215. Soltermia, Energías Renovables, <http://www.soltermia.org/FVCAT0207.pdf>
216. Stunning hawaiian residence features cyclone of reclaimed wood. <http://inhabitat.com/stunning-kona-residence-features-reclaimed-wood/>
217. Sugely. (2009) Incandescentes vs Fluorescentes vs LED ¿Cuál es la eco tecnología en iluminación? <http://mioplanet.org/incandescentes-vs-fluorescentes-vs-led-%C2%BFcu%C3%A1-es-la-eco-tecnolog%C3%ADa-en-iluminaci%C3%B3n>

218. *Suministro Solar. Historia de la Energía Solar.* HYPERLINK
"http://www.suministrosolar.com/historiadelaenergiasolar"
<http://www.suministrosolar.com/historiadelaenergiasolar>.
219. *Sustainability Base, The next giant leap.* <http://www.nasa.gov/externalflash/sustainability-base/index.html>
220. *Tamesol. (2010) Estudios de Iluminación LED.* <http://eficiencialed.com/estudios-de-iluminacion-led/>
221. *Tanenbaum, A. S. Redes de computadoras, Cuarta Edición.*
222. *Tankless Water Heater Buying Guide.* tanklesswaterguide.com, 2008. HYPERLINK
"http://www.tanklesswaterheaterguide.com/"
<http://www.tanklesswaterheaterguide.com/>
223. *Tarquin, A., & Blank, L. (2006). Ingeniería Económica 6ta edición. Mc Graw Hill.*
224. *Tendencias de construcción verde para 2010.*
<http://www.tuverde.com/2010/01/tendencias-de-construccion-verde-para-2010/>
225. *Texas AgriLife Extension Service. Selecting a New Water Heater. 3/08. (6/14/11).*
HYPERLINK
"http://fcs.tamu.edu/housing/efficient_housing/energy_management/selecting-a-new-water-heater.pdf"
http://fcs.tamu.edu/housing/efficient_housing/energy_management/selecting-a-new-water-heater.pdf
226. *The British Standards Institution (2011) Requisitos de la ISO 14001: 2004.*
<http://www.bsigroup.es/es/Formacion/Areas-formacion/Medio-Ambiente-ISO14001/Introduccion-a-la-ISO14001/>
227. *Thomson Reuters (2010) The Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association.* <http://www.techstreet.com/info/bifma.html>
228. *Todo sobre construcción sostenible.*
<http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=10&idm=1>

229. Trojan house. <http://is-arquitectura.es/2010/02/28/trojan-house-ampliacion-sostenible-de-casa/>
230. Tuveras. Luminaria. <http://www.tuveras.com/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>
231. U.S. Department of Energy. Conventional Storage Water Heaters. 2/9/11. (6/12/11).
HYPERLINK
"http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12980"
http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12980
232. U.S. Department of Energy. Demand (Tankless or Instantaneous) Water Heaters. 2/9/11.
(6/12/11). HYPERLINK
"http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12820"
http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12820
233. U.S. Department of Energy. Heat Pump Water Heaters. 2/9/11. (6/12/11). HYPERLINK
"http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12840"
http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12840
234. Un centenar de profesionales conocen los mejores criterios para la construcción de edificios sostenibles. <http://www.ambientum.com/boletino/noticias/Explican-los-mejores-criterios-para-la-construccion-de-edificios-sostenibles.asp>
235. Universidad Nacional de Colombia, s. B. (2011). Academico/Embebidos/IrDA SIE. Obtenido de http://wiki.linuxencaja.net/wiki/Academico/Embebidos/IrDA_SIE
236. University of Georgia Cooperative Extension and the U.S. Department of Agriculture. Choosing a New Water Heater. 7/06. (6/14/11). HYPERLINK
"http://www.fcs.uga.edu/ext/pubs/hace/HACE-E-60-06.pdf"
<http://www.fcs.uga.edu/ext/pubs/hace/HACE-E-60-06.pdf>
237. UPnP Forum. (2011). Recuperado el 2011, de Standardized DCPs & Certification: <http://upnp.org/sdcps-and-certification/standards/sdcps/>
238. USB. (2011). Universal Serial Bus. Recuperado el 23 de Octubre de 2011, de <http://www.usb.org/developers/ssusb>

239. Veloso, Bryan. (2008) *Historia de los leds*. <http://infoleds.wordpress.com/historia-de-los-leds/>
240. VELUX Energy and indoor climate visualize. <http://domotica-online.com/index.php/velux-energy-and-indoor-climate-visualizer/>
241. Vivanco, J. R. (2007). *Reutilizar el agua*.
242. *Vive más verde*. <http://vivirmasverde.blogspot.com/2009/01/beneficios-de-los-edificios-verdes.html>
243. Voltimum. *Los LED Historia*. <http://www.voltimum.es/news/7648/cm/los-led--historia.html>
244. Walker, Andy. *Water Heating*. 2011. *Whole Building Design Guide, a program of the National Institute of Building Sciences*. HYPERLINK
"<http://www.wbdg.org/resources/swheating.php>"
<http://www.wbdg.org/resources/swheating.php>
245. Watson, Jerry. *Tankless Water Heaters: Modern Technology to the Rescue*. googobits.com, September 6, 2005. HYPERLINK "<http://www.googobits.com/articles/2437-tankless-water-heaters-modern-technology-to-the-rescue.html>" <http://www.googobits.com/articles/2437-tankless-water-heaters-modern-technology-to-the-rescue.html>
246. Wikipedia. *Aguas Grises*. 2011. *Disponible en la web en*: HYPERLINK
"http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_grises" http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_grises
247. Wikipedia. *Saneamiento Ecológico*. 2011. *Disponible en la web en*: HYPERLINK
"http://es.wikipedia.org/wiki/Saneamiento_ecol%C3%B3gico"
http://es.wikipedia.org/wiki/Saneamiento_ecol%C3%B3gico
248. Yunus, Cengel A.; Boles, Michel A. *Termodinámica*. Quinta edición. Mexico DF 2006. McGraw Hill
249. ZeroHouse. <http://blog.is-arquitectura.es/2009/09/07/zerohouse-moderna-casa-prefabricada-autosuficiente/>

XVI. APÉNDICES

Registro nacional de empresas certificadas a septiembre 2010.

NOMBRE DE LA SOCIEDAD	ALCANCE DE LA CERTIFICACIÓN	FECHA DE CERTIFICACIÓN	ORGANISMO CERTIFICADOR
Alimentos Maravilla, S.A.	Desarrollo, fabricación y envasado de productos semisólidos, agua pura, bebidas carbonatadas y no carbonatadas.	2006-03-16	TÜV SÜD
Amanco Tubosistemas Guatemala, S. A.	Producción de tuberías extruidas y perfiladas de PVC, accesorios de PVC en forma manual y productos rotomoldeados de polietileno.	2004-02-25	Asociación Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
Bayer S.A. (División Bayer CropScience)	Elaboración, envasado y almacenamiento de insecticidas, fungicidas, herbicidas y otros productos destinados para la protección de cultivos; en formulaciones líquidas, en polvo	2004-02-26	Asociación Instituto de Normas Técnicas
Brenntag Guatemala, S.A.	Compra, recepción, almacenamiento, manejo, mezclas y comercialización de productos químicos.	2004-01-28	SGS Systems & Services
Cementos Progreso, Planta San Miguel	Producción de cementos elaborados en Cementos Progreso, Planta San Miguel, desde la explotación de cantera hasta el primer destino.	2003-06-25	SGS
Cervecería Centro Americana, S.A.	Desarrollo, fabricación y embotellado de cerveza.	2008-05-09	TÜV SÜD
Cervecería Nacional, S.A.	Fabricación y embotellado de cerveza.	2008-05-09	TÜV SÜD

Clariant International Ltd.	Especialidades químicas.	2005-11-15	The Swiss Association for Quality and Management Systems (SQS)
Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, S.A.	Producción de azúcar refinado desde la recepción de azúcar blanco estándar, hasta la entrega de producto terminado, en su establecimiento ubicado en la ruta Santa Lucía, km 64.5, Cotzumalguapa, Escuintla, República de Guatemala.	2008-04-30	ICONTEC
Compañía de Desarrollo Bananero de Guatemala, S. A. (BANDEGUA, S. A.)	Producción, cosecha y empaque de banano fresco.	1999-04-14	LATU Sistema, S. A.
Derivados de Maíz de Guatemala, S.A. (DEMAGUSA)	Identificación de las necesidades de los clientes y consumidores, desarrollo de nuevos productos o modificaciones a los existentes, recepción y almacenamiento de materias primas, procesos de conservación de harinas, tortillas, arroz y snacks, empaque, almacenamiento y distribución de productos terminados, análisis de la satisfacción de clientes y consumidores, servicio al cliente y otros servicios subcontratados. Así mismo incluye la identificación de aspectos e impactos	1999-07-20	SGS Systems & Services Certification

DHL Global Forwarding (Guatemala), S. A.	Importación y exportación de carga marítima aérea y transporte terrestre, logística, almacenes, manejo y administración de inventarios, procesos aduanales, transporte y distribución local.	2008-09-02	SGS Systems & Services Certification
Disagro de Guatemala, S.A., Planta Puerto Quetzal	Almacenamiento, mezclado, envasado y despacho de fertilizantes sólidos y líquidos. Almacenamiento, envasado y despacho de químicos industriales. Granulación de enmiendas y fertilizantes. Almacenamiento y despacho de productos de terceros.	2005-02-25	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
Duke Energy International Guatemala y Cia. S.C.A.	Comercial, Producción e Ingeniería, Logística, Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional, Recursos Humanos, Finanzas y Tecnología de la Información, procesos desarrollados para favorecer la generación de energía eléctrica y entrega del producto en los puntos acordados con los clientes.	2006-03-28	SGS Systems & Services Certification
Durman Esquivel Guatemala, S. A.	Producción e instalación de tubos estirados y perfilados y perfiles de PVC y CPVC, accesorios de PVC y distribución de equipos para bombas de agua y la producción de tubos de polietileno corrugado por Sistemas Avanzados de Drenaje ADS y Compañía Limitada.	2008-05-02	QSI
Fabrics de Bebidas Gaseosas Salvavidas, S.A.	Desarrollo, fabricación y embotellado de refrescos carbonatados, agua pura y agua desmineralizada.	2007-03-15	TÜV SÜD

Ricoh de Guatemala, S.A.	Comercialización y servicio técnico de sistemas y soluciones para el manejo de documentos.	2007-10-18	LATU Sistemas, S.A. y QualityAustria
Transportes Terrestres y Aéreos de C.A., S.A.	Administración de almacenaje y transporte de producto terminado; servicio al cliente.	2003-03-18	TÜV SÜD
Wartsila Guatemala, S.A.	Venta de repuestos para sistemas de generación de potencia basados en motores de combustión interna marca Wartsila. Prestación de servicios técnicos, con fines de instalación o mantenimiento, en el taller o en campo, para los sistemas referidos y sus componentes.	2004-12-16	ICONTEC

El Catálogo de normas técnicas de Guatemala

CTN 41 Industria de la construcción			
COGUANOR NTG 41005	Terminología referente al concreto y agregados para concreto	<p>1.1 Esta norma es una compilación de la terminología relativa al concreto de cemento hidráulico, agregados para concreto y otros materiales usados en o con el concreto de cemento hidráulico.</p> <p>1.2 Otra terminología bajo la jurisdicción del comité C09, se incluye en dos normas específicas. Los términos relativos a los constituyentes de los agregados para concreto se definen en la Nomenclatura Descriptiva de C294. Los términos relativos a los constituyentes de los agregados para concreto protector de radiación se definen en la Nomenclatura Descriptiva de C638.</p> <p>1.3 La terminología relacionada para cemento hidráulico está incluida en la terminología de C219. Terminología adicional relacionada puede encontrarse en ACI 116R.</p> <p>1.4 Cuando un término es usado en una norma ASTM dentro de la responsabilidad del comité C09, se incluye en la presente norma, solo si es usado en más de una norma del comité C09.</p> <p>1.5 Las definiciones que son adoptadas de aquellas publicadas por otros comités de ASTM o por otras organizaciones de normas, son identificadas con la designación ASTM (por ejemplo la terminología de C219) o con la abreviatura del nombre de otras organizaciones.</p>	2010-07-30

		<p>1.6 En esta norma, una definición es una declaración del significado de una palabra o grupos de palabras, expresada en una oración, con información adicional incluida en notas o en una discusión.</p> <p>NOTA 1: El subcomité responsable de esta norma, revisará las definiciones cada 6 años, para determinar si la definición es aún apropiada como está formulada, las revisiones serán efectuadas cuando se determine que son necesarias.</p>	
COGUANOR NTG 1007	Agregados para concreto. Especificaciones	<p>1.1 Esta Especificación define los requisitos para la granulometría y la calidad de los agregados finos y grueso de densidad normal (distintos del agregado liviano o pesado) para ser utilizados en el concreto.¹ Esta especificación es para ser utilizada por un fabricante de concreto, un contratista de la construcción u otro comprador como parte de un documento de compra que describe el material a proveer que se suministra.</p> <p>Nota 1: Esta especificación es considerada como adecuada para asegurar materiales satisfactorios para la mayoría de los concretos. Se reconoce que, para ciertos trabajos o en ciertas regiones, puede ser más o menos restrictiva que lo necesario. Por ejemplo, donde lo estético es importante, límites más restrictivos pueden ser considerados atendiendo a las impurezas que pueden manchar la superficie del concreto. El especificador debe comprobar que los agregados especificados estén o pueden estar</p>	2010-07-30

		<p>disponibles en el área de la obra, con respecto a la granulometría, propiedades físicas o químicas o combinación de ellas.</p> <p>1.2 Esta especificación es también para ser utilizada en especificaciones de proyecto para definir la calidad del agregado, el tamaño nominal máximo del agregado, y otros requisitos de granulometría específicos. Los responsables de seleccionar la dosificación para la mezcla del concreto deben tener la responsabilidad de determinar la dosificación de agregado fino y grueso y la edición de tamaños de agregados para combinar si así se requiere o aprueba.</p> <p>1.3 Los valores expresados en unidades SI o en unidades libra-pulgada deben ser considerados separadamente como estándar. Los valores dados en cada sistema no necesariamente son equivalentes exactos, por lo tanto cada sistema debe ser usado independiente del otro. Combinando valores de los dos sistemas puede dar lugar a la no conformidad con la norma.</p> <p>1.4 El texto de esta norma cita notas y notas a pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.</p>	
--	--	--	--

¹ Para agregados livianos, ver especificaciones ASTM C330, C331 Y C332; para agregados pesados ver especificaciones ASTM C637 y Nomenclatura descriptivas ASTM C638.

COGUANOR NTG 41009	Prácticas para el muestreo de los agregados para concreto	<p>1.1 Esta práctica cubre el muestreo de los agregados gruesos y finos para los siguientes propósitos:</p> <p>1.1.1 Investigación preliminar en la fuente potencial de suministro.</p> <p>1.1.2 Control del producto en la fuente de suministro.</p> <p>1.1.3 Control de las operaciones en el sitio de uso, y</p> <p>1.1.4 Aceptación o rechazo de los materiales</p> <p>NOTA 1 — Los planes de muestreo y los ensayos de aceptación y de control varían con el tipo de construcción en el cual son usados los materiales. Preste atención a las prácticas E 103 y D 3663.</p> <p>1.2 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras, previo a su uso.</p>	2010-11-19
COGUANOR NTG 41010 h1	Análisis granulométrico en mallas de agregado fino y grueso.	<p>1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de la distribución por tamaño de partículas de agregados finos y gruesos por tamizado.</p> <p>1.2 Ciertas especificaciones para agregados que referencia este método de ensayo, contienen los requisitos de graduación incluyendo ambas fracciones: fina y gruesa. Las instrucciones estén incluidas para el análisis por mallas de tales agregados.</p>	2010-09-02

		<p>1.3 Los valores indicados en unidades del SI son los normalizados.</p> <p>Dentro del texto, las unidades del sistema inglés son mostradas entre paréntesis como referencia. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser equivalencias exactas; por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente uno del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.</p> <p>1.4 Esta norma no tiene el propósito de indicar todos los problemas y cuidados asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma el establecer las prácticas apropiadas de seguridad e higiene ocupacional y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.</p> <p>1.5 El texto de esta norma cita notas y notas a pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.</p>	
COGUANOR NTG 41010 h2	Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados.	<p>1.1 Este método de ensayo se refiere a la determinación de la densidad aparente ("peso unitario") entre las partículas de los agregados a granel en condición compactada o suelta, y el cálculo de los vacíos, agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos, basándose en una misma determinación. Este método de prueba es aplicable a aquellos agregados que no excedan de 125 mm (5 pulg) en</p>	2010-09-02

		<p>tamaño nominal máximo.</p> <p>NOTA 1 – Peso unitario es la terminología tradicional para describir la propiedad determinada por este método de ensayo y que representa el peso por volumen unitario (más correctamente, la masa por volumen unitario, o densidad).</p> <p>1.2 Los valores establecidos ya sea en unidades SI o en pulgada-libra o en unidades métricas aceptables deben ser considerados como los estándares. Una excepción consiste en los tamaños de los tamices y el tamaño nominal de los agregados, en los cuales los valores SI (Sistema Internacional) son los estándar, según se establecen en las especificaciones E 11. Dentro del texto, las unidades en pulgada-libra, se muestran entre paréntesis. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por lo tanto, cada sistema debe usarse de manera independiente del otro, sin combinar los valores de ningún modo.</p> <p>1.3 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas apropiadas de salud y seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias, previo a su uso.</p>	
COGUANOR NTG 41010 h3	Método de ensayo. Determinación por lavado del material que	1.1 Este procedimiento incluye la determinación por lavado de la cantidad de material más fino que el tamiz de 0,075	2011-09-02

	<p>pasa por el tamiz 75 μm en agregados minerales.</p>	<p>mm (No.200) en agregados. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregados que se dispersan por el agua de lavado y los materiales solubles en agua, se remueven de los agregados durante el ensayo.</p> <p>1.2 Se incluyen dos procedimientos, el primero solo utiliza agua para la operación de lavado y el segundo incluye un agente humectante para ayudar en la pérdida del material más fino que el tamiz de 0,075 mm (No.200) del material más grueso. A menos que se especifique otra cosa, se debe utilizar el procedimiento A (agua únicamente).</p> <p>1.3 Los valores indicados en unidades del SI son los normalizados. Dentro del texto, las unidades del sistema inglés son mostradas entre paréntesis como referencia.</p> <p>1.4 Esta norma no pretende solucionar todos los problemas de seguridad que puedan estar asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma, establecer las medidas de seguridad e higiene ocupacional, y determinar la aplicabilidad de restricciones regulatorias antes de usarla.</p>	
COGUANOR NTG 41017 h1	<p>Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.</p>	<p>1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado el concreto que tiene una masa unitaria mayor que 800 kg/m^3 (50 lb/pie^3).</p>	2010-11-19

		<p>1.2 Los valores indicados en unidades pulgada-libra o en unidades SI (Sistema Internacional) deben ser considerados como los estándares. Dentro del texto, las unidades pulgada-libra se muestran entre paréntesis. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con esta especificación.</p> <p>1.3 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de salud y seguridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras, previo a su uso. (Advertencia—Deben proveerse los medios para contener los fragmentos de concreto durante la rotura repentina de especímenes. La tendencia a una rotura repentina se incrementa con el aumento de la resistencia del concreto y es más probable cuando la máquina de ensayo es relativamente flexible).²</p> <p>1.4 El texto de esta especificación cita notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página no deben ser considerados como requisitos de la práctica.</p>	
--	--	--	--

² Se recomiendan precauciones de seguridad dadas en el Manual of Aggregate and Concrete Testing

COGUANOR NTG 41017 h2	Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión del concreto (utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz	<p>1.1 Este método de ensayo cubre la determinación del esfuerzo de flexión del concreto utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz.</p> <p>1.2 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra, deben ser considerados separadamente como los estándares. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente uno del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.</p> <p>1.3 Esta norma no tiene el propósito de indicar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma el establecer las prácticas apropiadas de seguridad y salubridad, y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.</p>	2011-09-02
COGUANOR NTG 41017 h4	Determinación del asentamiento del concreto hidráulico	<p>1.1 Este método de ensayo comprende la determinación del asentamiento del concreto hidráulico, tanto en laboratorio como en campo.</p> <p>1.2 Los valores especificados en unidades SI ó en pulgada-libra, deben considerarse separadamente como los estándares. Dentro del texto, las unidades pulgada-libra, se presentan entre paréntesis. Los valores establecidos</p>	2010-11-19

		<p>en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por esto, cada sistema debe utilizarse independiente del otro. La combinación de valores de ambos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.</p> <p>1.3 El texto de esta norma hace referencia a notas y a notas de pie de página, las cuales proporcionan material explicativo. Estas notas y las notas al pie (excluyendo las de las tablas y figuras) no deben considerarse requerimientos de esta norma.</p> <p>1.4 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias, previo a su uso. Advertencia – Las mezclas frescas de cementantes hidráulicos son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y el tejido por una exposición prolongada ¹</p>	
--	--	--	--

¹ Vea Sección sobre Precauciones de Seguridad, Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol . 04.02

COGUANOR NTG 41017 H3	Hormigón. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) rendimiento (volumen de concreto	1.1 Este método cubre la determinación de la densidad aparente (ver nota 1) de concreto recién mezclado y proporciona formulas para calcular el rendimiento de concreto, el contenido de cemento y el contenido de aire del	2010-11-19
--------------------------	---	---	------------

	<p>producido) y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.</p>	<p>concreto. El rendimiento se define como el volumen del concreto producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales que la componen.</p> <p>1.2 Los valores expresados, ya sean en pulgada-libra ó unidades SI, deben ser considerados separadamente como estándares. Las unidades pulgadas-libra, se muestran en paréntesis. Los valores expresados en cada sistema pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente uno del otro.</p> <p>NOTA 1 - Peso unitario era la terminología anteriormente usada para describir la propiedad determinada por este método de ensayo, que es masa por unidad de volumen.</p> <p>1.3 El texto de este método de ensayo hace referencia a las notas, y notas al pie de la página que proveen información explicativa. Estas notas y nota al pie de página (excluyendo las que se encuentran en las tablas) no deben ser considerados como requisitos de este método de ensayo.</p>	
COGUANOR NTG 41017 H6	<p>Determinación del contenido de aire del concreto hidráulico recién mezclado por el método volumétrico</p>	<p>1.1 Este método de ensayo cubre la determinación del contenido de aire en mezclas de concreto hidráulico recién mezclado que contengan cualquier tipo de agregado, ya sea denso, celular ó de baja densidad (liviano).</p> <p>1.2 Los valores establecidos ya sea</p>	2010-11-19

		<p>en unidades pulgada-libra ó unidades SI, deben considerarse separadamente como valores estándar. Las unidades pulgada-libra, se muestran en paréntesis. Los valores expresados en cada sistema, no son equivalentes exactos, por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente uno del otro. La combinación de valores de las dos unidades puede resultar en un incumplimiento con la norma.</p> <p>1.3 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas, y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras, previo a su uso. Advertencia – Las mezclas frescas de cementantes hidráulicos son cáusticos y pueden causar quemaduras químicas a la piel y al tejido por una exposición prolongada. ⁴</p>	
--	--	---	--

⁴ Vea sección sobre precauciones de seguridad, Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.0

COGUANOR NTG 41017 h7	Determinación del contenido de aire del concreto hidráulico recién mezclado por el método de presión	<p>1.1 Este método de ensayo cubre la determinación del contenido de aire en el concreto hidráulico recién mezclado, mediante la observación del cambio de volumen del concreto producido por un cambio en la presión.</p> <p>1.2 Este método de ensayo ha sido destinado para concretos y morteros</p>	2010-11-19
--------------------------	--	---	------------

		<p>elaborados con agregados relativamente densos, para los cuales el factor de corrección por agregado puede determinarse satisfactoriamente mediante la técnica descrita en la sección 6. No es aplicable para concretos hechos con agregados livianos, escoria de alto horno enfriada por aire, o agregados de alta porosidad; en estos casos, debe emplearse el Método de ensayo C 173/C 173M.</p> <p>Tampoco puede aplicarse en concretos no plásticos, como los comúnmente utilizados en la fabricación de tubos, y unidades de mampostería de concreto.</p> <p>1.3 Los textos de las notas referenciadas en el cuerpo de esta norma y el pie de página solo contienen materiales explicativos. Dichas notas (excluyendo aquellas contenidas en tablas y figuras) no deben considerarse requisitos de esta norma.</p> <p>1.4 Los valores establecidos en unidades pulgada-libra deben considerarse el estándar. Los valores mostrados entre paréntesis son conversiones matemáticas a unidades SI que se proporcionan únicamente para información y no se consideran como el estándar.</p> <p>1.5 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas y determinar</p>	
--	--	---	--

		<p>la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras, previo a su uso. Advertencia – Las mezclas frescas de cementantes hidráulicos son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y el tejido por una exposición prolongada.²</p>	
--	--	---	--

² Vea sección sobre precauciones de seguridad, Manual Of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02

<p>COGUANOR NTG 41017 h10</p>	<p>Medición de la temperatura del concreto hidráulico recién mezclado.</p>	<p>1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de la temperatura de mezclas de concreto hidráulico recién mezclado.</p> <p>1.2 Los valores que aparecen en unidades pulgada-libra ó SI se consideran separadamente como el estándar. En el contenido del texto, las unidades pulgada-libra, se muestran en paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema no necesariamente son equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema debe utilizarse independientemente del otro. La combinación de valores entre los sistemas puede dar lugar a una no conformidad con esta norma.</p> <p>1.3 El texto de esta norma hace referencia a las notas en el texto y notas a pie de página que proporcionan información explicativa. Estas notas y notas a pie de página (excluyendo las de las tablas y las figuras y las referentes a su aplicación en Guatemala) no deben considerarse como requisitos de esta norma.</p>	<p>2010-11-19</p>
-----------------------------------	--	--	-------------------

		<p>1.4 Este norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras, previo a su uso. Advertencia – Las mezclas frescas de cementantes hidráulicos son ásticos y pueden causar quemaduras químicas a la piel y al tejido por una exposición prolongada ⁸</p>	
COGUANOR NTG 41017 h13	Método de ensayo para la determinación de la densidad del concreto estructural liviano.	<p>1.1 Este método de ensayo provee procedimientos para determinar las densidades seca y de equilibrio de concreto estructural liviano.</p> <p>1.2 Los valores indicados en unidades SI son los valores estándar. Los valores entre paréntesis son proporcionados sólo a título indicativo.</p> <p>1.3 Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p>	2011-09-02
COGUANOR NTG 41017 h14	Método de ensayo para cloruros solubles en agua en mortero y concreto.	<p>1.1 Este método de ensayo provee procedimientos para el muestreo y análisis de mortero de cemento hidráulico o concreto, para cloruros que son solubles en agua bajo las condiciones de ensayo.</p> <p>1.2 El texto de esta norma cita notas y</p>	2011-09-02

		<p>notas al pie de página los cuales brindan material explicativo. Estas notas y notas al pie de página no deben ser consideradas como requisitos de la norma.</p> <p>1.3 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados separadamente, como los estándares. Dentro del texto, las unidades pulgada-libra se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro.</p> <p>1.4 Esta norma no pretende tratar todos los temas de seguridad, si hubiere, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias previo al uso.</p>	
COGUANOR NTG 41017 h15	Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto	<p>1.1 Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados.</p> <p>1.2 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados separadamente como estándares. Las unidades pulgada-libra se muestran entre paréntesis. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos</p>	2011-09-02

		<p>sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.</p> <p>1.3 Esta norma no pretende cubrir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias locales, antes de su utilización.</p> <p>1.4 El texto de esta especificación cita notas que proveen material explicativo. Estas notas no deben ser consideradas como requisitos de la norma.</p>	
COGUANOR NTE 41017 h18	Método de ensayo. Determinación del módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson del concreto a compresión	<p>1.1 Este método cubre la determinación de (1) el módulo de elasticidad cuerdas ó (Módulo de Young), y la relación de Poisson en cilindros de concreto y núcleos de concreto bajo esfuerzos de compresión longitudinal.</p> <p>1.2 Los valores indicados en unidades SI se toman como las normalizadas en Guatemala.</p> <p>1.3 Esta norma no pretende tratar todos los asuntos de seguridad, relacionados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las medidas de seguridad y salubridad apropiadas, y determinar la aplicabilidad de las restricciones reglamentarias locales, antes de usarla.</p>	2011-09-02
COGUANOR NTE 41031	Agregados para morteros de albañilería.	1.1 Esta especificación trata sobre agregados para ser utilizados en morteros de albañilería..	2011-07-22

	<p>Especificaciones</p>	<p>1.2 Los valores indicados en unidades SI son los valores estándares. Los valores entre paréntesis son proporcionados solo a título indicativo.</p> <p>1.3 La siguiente advertencia sobre peligros para la seguridad concierne solo a las partes de esta norma sobre métodos de ensayo, Sección 7. Esta norma no pretende cubrir todas las inquietudes sobre salubridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias locales, antes de su utilización.</p>	
<p>COGUANOR INTG 41046</p>	<p>Humo de sílice para uso en mezclas cementicias.</p> <p>Especificaciones</p>	<p>1.1 Esta especificación trata sobre el humo de sílice (denominado también: micro sílice) para su utilización en concreto y otros sistemas que contienen cemento hidráulico.</p> <p>1.2 Hacer los ensayos sobre el humo de sílice densificado o no densificado del que se disponga. En el caso de humo de sílice en suspensión, realizar los ensayos sobre el humo de sílice no densificado del cual este producto ha sido hecho.</p> <p>1.3 Los valores indicados en unidades SI o en unidades libra-pulgada deben ser considerados separadamente como el estándar. Los valores dados en cada sistema no necesariamente son equivalentes exactos por lo tanto cada sistema debe ser usado independientemente del otro.</p>	<p>2011-09-02</p>

		<p>Combinando valores de los dos sistemas pueden dar lugar a la no conformidad con esta norma.</p> <p>1.4 El siguiente aviso de precaución sobre riesgos de seguridad se aplica sólo a las partes de los métodos de ensayo, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso. Leer las hojas de datos de seguridad de los materiales utilizados.</p> <p>1.5 El texto de esta norma cita notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas al pie de página (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no deben ser consideradas como requisitos de esta norma. El texto de esta norma cita notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas al pie de página (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.</p>	
COGUANOR NTG 41047	Aditivos químicos para concreto. Especificaciones	<p>1.1 Esta especificación cubre materiales para ser utilizados como aditivos químicos para ser agregados a mezclas de concreto de cemento hidráulico en obra para el propósito o propósitos indicados por los ocho tipos siguientes:</p> <p>1.1.1 Tipo B – Aditivos retardadores,</p> <p>1.1.2 Tipo C – Aditivos aceleradores,</p>	2011-09-02

		<p>1.1.3 Tipo D – Aditivos reductores de agua y retardadores,</p> <p>1.1.4 Tipo E – Aditivos reductores de agua y aceleradores,</p> <p>1.1.5 Tipo F – Aditivos reductores de agua, de alto rango,</p> <p>1.1.6 Tipo G – Aditivos reductores de agua, de alto rango, y retardadores.</p> <p>1.1.7 Tipo S – Aditivos de desempeño específico.</p>	
COGUANOR NTG 41048	<p>Concreto elaborado con dosificación volumétrica y mezclada continúa.</p> <p>Especificaciones</p>	<p>1.1 Esta especificación trata sobre el concreto elaborado a partir de materiales que se dosifican continuamente en volumen, mezclados en una mezcladora continua, y entregados al comprador recién mezclados y en estado no endurecido como se especifica más abajo. Los requisitos de calidad del concreto deben ser como los especificados más abajo o los especificados por el comprador. Cuando los requisitos del comprador difieren de esta especificación, deben primar las especificaciones del comprador. Esta especificación no trata sobre la colocación, consolidación, acabado, curado o protección del concreto después de la entrega al comprador. En este documento, se especifican los ensayos y criterios para la exactitud de la dosificación y la eficiencia de mezclado.</p> <p>1.2 Los valores que se expresan en unidades SI, mostrados entre corchetes, o en unidades pulgadas-libras se consideren separadamente como estándares. Los valores expresados en cada sistema</p>	2011-07-22

		<p>pueden no ser exactamente equivalentes entre sí; por lo tanto, cada sistema debe usarse independientemente uno de otro. La combinación de valores de ambos sistemas puede resultar en la no conformidad con la norma.</p> <p>1.3 El texto hace referencia a notas y notas al pie de página que son de naturaleza explicativa. Estas notas y notas al pie de páginas (excluyendo aquéllas en tablas y figuras) no deben considerarse como requisitos de la norma.</p> <p>1.4 Esta norma no pretende tratar todos los temas de seguridad, si los hubiera, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias previo al uso. (Advertencia— Las mezclas cementicias hidráulicas frescas son cáusticas y pueden causar quemado químico a la piel y tejidos luego de un uso prolongado.²); Véase Sección sobre Precauciones de Seguridad, Manual de Ensayos de Agregados y Concreto, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.</p>	
COGUANDR NTG 41049	Método de ensayo. Obtención y ensayo de núcleos perforados y vigas eserradas de concreto	<p>1.1 Este método de ensayo cubre la obtención, preparación y ensayo de: (1) núcleos perforados de concreto para determinar su longitud, o su resistencia a la compresión, o su resistencia a la tracción indirecta y (2) vigas de concreto eserradas para determinar su resistencia a la flexión.</p>	2011-09-02

		<p>1.2 Los valores establecidos sean en unidades del SI o en unidades libras-pulgadas se deben considerar como el estándar por separado. Las unidades en libras-pulgadas se encuentran entre paréntesis (). Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser conversiones exactas; por lo tanto, cada sistema se debe utilizar en forma independiente. Si se combinan valores de ambos sistemas se pueden obtener resultados que no se encuentran en conformidad con la norma.</p> <p>1.3 El texto de esta norma hace referencia a notas y pie de páginas que constituyen material explicativo. Estas notas de referencia y pie de páginas (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no deben ser consideradas como requisitos de la norma.</p> <p>1.4 Esta norma no pretende indicar todas las medidas de seguridad si las hubiera, asociadas con su uso. Es de responsabilidad del usuario de esta norma establecer las medidas y prácticas de seguridad y salubridad ocupacional necesaria y determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias locales, previo a su uso.</p>	
COGUANOR NTG 41054	Bloques huecos de concreto para muros. Especificaciones	Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los bloques huecos de concreto para muros (paredes y tabiques), destinados ó no a soportar cargas, fabricados ó comercializados en Guatemala.	2011-07-22

COGUANOR NTG 41057	Muestreo del concreto recién mezclado	<p>1.1 Esta práctica cubre los procedimientos de obtención de muestras representativas de concreto fresco entregado en el lugar del proyecto sobre las cuales se van a realizar ensayos para determinar el cumplimiento con los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales se suministra el concreto (Nota 1). La práctica incluye el muestreo de mezcladoras estacionarias, de pavimentación y camiones mezcladores, y de equipo agitador ó no agitador utilizado para transportar el concreto mezclado en planta central.</p> <p>1.2 Los valores especificados en unidades SI ó en unidades libras-pulgadas, deben considerarse separadamente como los estándares. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por lo tanto cada sistema debe ser usado independiente del otro. La combinación de valores de ambos sistemas, puede resultar en una inconformidad con la norma.</p> <p>NOTA 1- Esta práctica requiere muestras compuestas, a menos que estén específicamente exceptuadas por procedimientos que gobiernan los ensayos a ser realizados tales como los ensayos para determinar uniformidad de consistencia y eficiencia de la mezcladora. Los procedimientos utilizados para seleccionar las amasadas de ensayo</p>	2010-11-19
-----------------------	---------------------------------------	---	------------

		<p>específicas no son descritos en esta práctica, pero se recomienda que el muestreo electorario sea utilizado para determinar el cumplimiento con la especificación en general.</p> <p>1.3 Esta práctica trata además sobre los procedimientos a ser utilizados para preparar una muestra de concreto para ensayos posteriores cuando es deseable o necesario remover el agregado mayor que un tamaño designado. Esta remoción de partículas más grandes de agregado es preferible que se realice por tamizado por vía húmeda del concreto fresco.</p> <p>1.4 El texto de esta especificación cita notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página no deben ser considerados como requisitos de la práctica.</p> <p>1.5 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras, previo a su uso. Advertencia – Las mezclas frescas de cementantes hidráulicos son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y al tejido por una exposición prolongada ⁶</p>	
--	--	--	--

^a Sección sobre Precauciones de Seguridad, *Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02*

COGUANOR NTG 41060	Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en el laboratorio	<p>1.1 Esta práctica trata sobre los procedimientos para preparar y curar especímenes de concreto para ensayo en el laboratorio bajo un control preciso de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto que pueda ser consolidado por varillado o vibración como se describe aquí.</p> <p>1.2 Los valores indicados en unidades pulgada-libra o en unidades SI deben ser considerados separadamente, como los estándares. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con esta especificación.</p> <p>1.3 Esta norma no pretende tener en cuenta todo lo relativo a seguridad, si existiera, asociada con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias previo a su uso. (Advertencia—Las mezclas cementicias hidráulicas son cáusticas y pueden causar quemado químico sobre la piel y tejidos expuestos a una exposición prolongada.)</p>	2011-07-22
-----------------------	--	---	------------

<p>COGUANOR NTG 41061</p>	<p>Elaboración y curado de especímenes de concreto de ensayo en la obra</p>	<p>1.1 Esta práctica trata sobre los procedimientos para preparar y curar especímenes cilíndricos y de vigas de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.</p> <p>1.2 El concreto utilizado para realizar los especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento mensurable o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.</p> <p>1.3 Los valores indicados ya sea en unidades SI o en pulgada-libra deben ser considerados separadamente como los estándares. Los valores dados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por ello, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.</p> <p>1.4 Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad y salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras, previo a su uso. Advertencia – Las mezclas frescas de cementantes</p>	<p>2010-11-19</p>
-------------------------------	---	--	-------------------

		<p>hidráulicos son abrasivos y pueden causar quemaduras químicas a la piel y al tejido por una exposición prolongada.⁷</p> <p>1.5 El texto de esta especificación cita notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página no deben ser considerados como requisitos de la práctica.</p>	
--	--	---	--

⁷ Sección sobre Precauciones de Seguridad, *Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02*

COGUANOR NTG 41063	Agregados livianos para concreto estructural. Especificaciones	<p>1.1 Esta especificación trata sobre los agregados livianos destinados a ser utilizados en concreto estructural en el cual la principal consideración es reducir la densidad manteniendo la resistencia a la compresión del concreto. Los procedimientos cubiertos en esta especificación no están destinados al control del concreto en la obra.</p> <p>1.2 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Dentro del texto las unidades pulgada-libra se muestran entre paréntesis. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas, puede resultar en una no conformidad con la presente norma.</p> <p>1.2.1 Con respecto a otras unidades</p>	2011-07-22
-----------------------	---	---	------------

		<p>de medida, los valores indicados en unidades de pulgada-libra deben ser considerados como la norma.</p> <p>3.3 El texto de esta especificación cita notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página (Excluyendo aquellas en tablas y figuras) no son requisitos de la norma.</p> <p>NOTA 1 – Esta especificación es considerada adecuada para asegurar agregados livianos satisfactorios para la mayoría de los concretos. Se reconoce que puede ser más o menos restrictiva que lo necesario para algunas condiciones y para propósitos especiales, tales como resistencia al fuego, relleno, y construcciones de concreto, cuya utilización de los cuales está basada en ensayos de carga más que en procedimientos convencionales de diseño.</p>	
COGUANOR NTG 41068	Concreto premezclado. Especificaciones	<p>3.1 Esta especificación trata sobre el concreto premezclado fabricado como se define en 3.2.2. Los requisitos para calidad del concreto deben ser los especificados más adelante o los especificados por el comprador. Si los requisitos del comprador difieren de los requisitos en esta especificación, la especificación del comprador debe gobernar. Esta especificación no cubre la colocación, consolidación, curado, o protección del concreto después de su entrega al comprador.</p>	2010-07-30

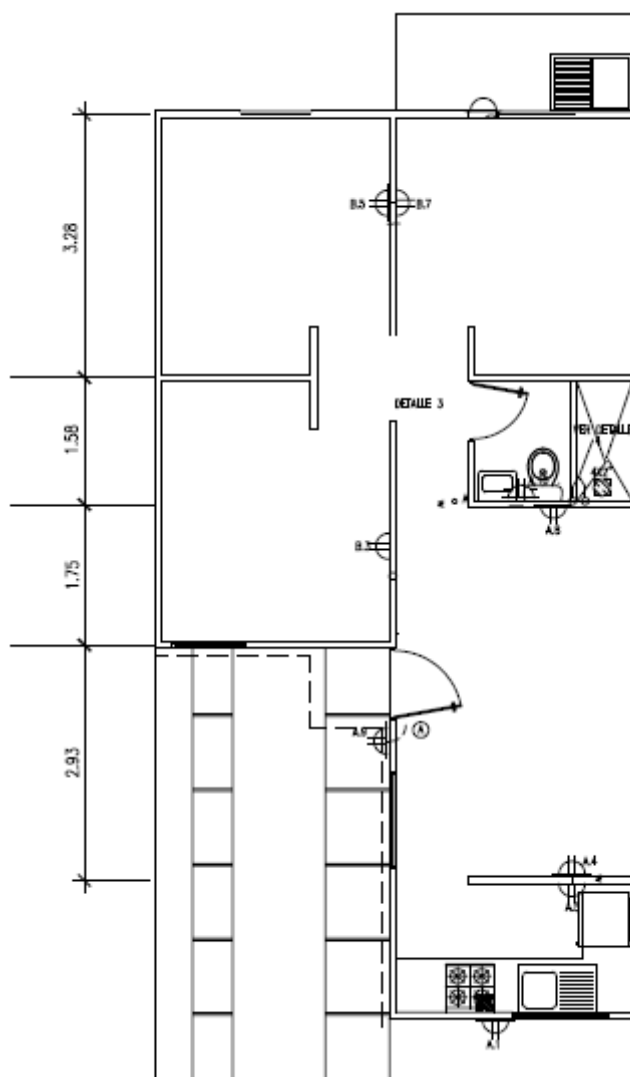
		<p>1 Los valores indicados en unidades SI, mostrados entre corchetes, o en unidades pulgada-libra deben ser considerados separadamente como los estándares. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.</p> <p>2 Tal como se usa a lo largo de esta especificación el fabricante es el que produce el concreto premezclado. El comprador es el usuario del concreto premezclado.</p> <p>3 El texto de esta especificación cita notas y notas a pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas a pie de página (excluyendo aquellas en tablas y figuras y las notas a pie de página aplicables a Guatemala) no deben ser consideradas como requisitos de la norma.</p> <p>4 Esta norma no pretende señalar todas las cuestiones sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es</p>	
--	--	--	--

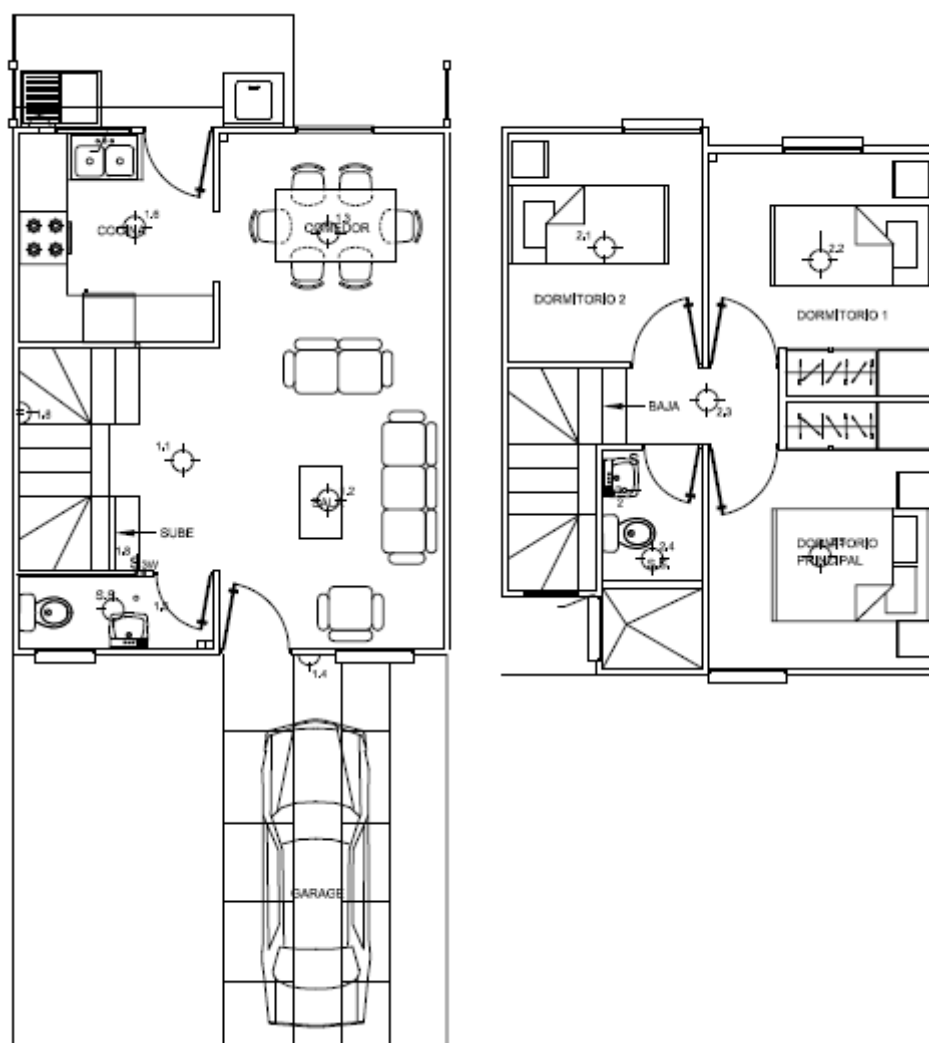
		<p>responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <p>(Advertencia: Las mezclas de cemento hidráulico fresco son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos en caso de exposición prolongada).</p>	
COGUANOR NTG 41069	<p>Aditivos incorporadores de aire para concreto.</p> <p>Especificaciones</p>	<p>1.1 Esta especificación cubre materiales propuestos para ser utilizados como aditivos incorporables de aire para ser agregados a las mezclas de concreto en la obra.</p> <p>1.2 Los valores indicados en unidades SI son los valores estándar. Los valores entre paréntesis son proporcionados sólo a título informativo.</p> <p>1.3 El texto de esta especificación cita notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no son requisitos de la norma.</p>	2011-07-22
COGUANOR NTG 41070	<p>Aditivos químicos para producción de concreto fluido.</p> <p>Especificaciones</p>	<p>1.1 Esta especificación cubre dos tipos de aditivos químicos a ser incorporados a mezclas de concreto de cemento hidráulico con el objeto de producir un concreto fluido. Los tipos son los siguientes:</p> <p>1.1.1 Tipo I - Plastificante.</p>	2011-07-22

		<p>1.1.2 Tipo II - Plastificante y Retardante.</p> <p>1.2 Esta especificación estipula ensayos de un aditivo químico con materiales de un concreto de referencia o los materiales para hacer concreto propuestos para un trabajo específico. A menos que sea especificado de otra forma por el comprador, los ensayos deben ser hechos usando materiales de un concreto de referencia.</p> <p>1.3 Si un aditivo químico ha sido ensayado y se encontró que cumple con las disposiciones de esta especificación usando materiales de referencia, y está siendo considerado para uso con otros materiales para un trabajo específico, son permitidos ensayos adicionales para tal uso si hay acuerdo entre el comprador y el vendedor y se permite que consistan en una parte, de los ensayos descritos en la presente norma.</p> <p>1.4 Esta especificación provee tres niveles de ensayo.</p> <p>1.4.1 Nivel 1 – Durante la etapa de aprobación inicial, la evidencia de conformidad con los requisitos de desempeño definidos en Tabla 1 demuestra que el aditivo cumple los requisitos de esta especificación. Deben ser realizados ensayos de uniformidad y de equivalencia de la sección 6 sobre Uniformidad y Equivalencia del lote para proporcionar resultados sobre los cuales puedan ser hechas comparaciones posteriores.</p>
--	--	--

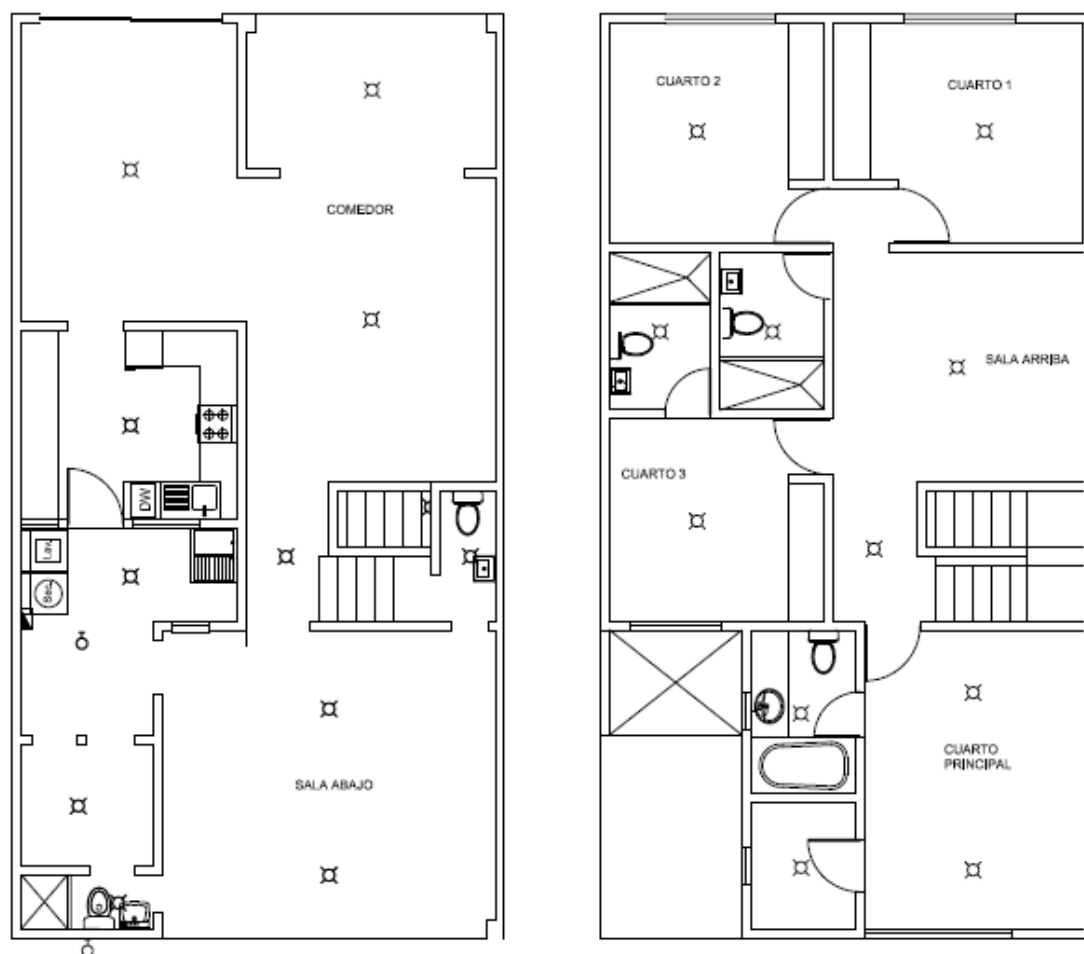
		<p>1.4.2 Nivel 2 – Pueden ser solicitadas por el comprador, a intervalos dados, reensayos limitados como los descritos en la sección relacionada a los requisitos generales. La evidencia de conformidad con los requisitos de Tabla 1 demuestra una conformidad continuada del editivo con los requisitos de la especificación.</p> <p>1.4.3 Nivel 3 – Para la aceptación de un lote o para medición de la uniformidad dentro de un lote o entre lotes, deben ser usados, cuando sea especificado por el comprador, los ensayos de uniformidad y equivalencia de la sección de Uniformidad y Equivalencia del lote.</p>	
COGUANOT NTG 41093	Cementos hidráulicos. Especificaciones por desempeño	<p>1.1 Esta especificación por desempeño cubre los cementos hidráulicos de aplicación general y los de aplicaciones especiales, tanto de fabricación nacional, como importados. No contiene restricciones sobre la composición del cemento o de sus componentes.</p> <p>1.2 Esta especificación clasifica los cementos por tipo con base en los requisitos específicos para uso general, alta resistencia inicial, desarrollo lento de resistencia, resistencia al ataque de sulfatos, y color de hidratación. Se indican requisitos opcionales para la propiedad de baja reactividad álcali-sílice con agregados reactivos, para el color blanco y para el cemento con aire incorporado.</p> <p>1.3 Los valores expresados en unidades SI o en unidades pulgadas-libras</p>	2010

		<p>deben ser considerados separadamente.</p> <p>No son equivalentes exactos, por lo tanto cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. Combinar valores de los dos sistemas puede dar lugar al incumplimiento de la norma. Los valores en unidades SI (o en unidades pulgada-libra), deben ser obtenidos por medición directa, o por una apropiada conversión utilizando las reglas para conversión y redondeo dadas en la Norma IEEE/ASTM SI 10, de las mediciones hechas en otras unidades (o en unidades SI). Los valores se expresan solo en unidades SI, cuando las unidades pulgada-libra no son utilizadas en la práctica.</p> <p>1.4 El texto de esta norma se incluye notas y notas a pie de página que proveen información explicativa. Estas notas (excluyendo aquellas en las tablas y en figuras) no deben ser tomadas como requisitos de la norma.</p> <p>1.5 La presente norma no pretende cubrir todos los aspectos de seguridad, si los hubiera, asociados con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la determinación de la aplicabilidad de disposiciones reglamentarias antes de su utilización.</p>	
--	--	---	--

Plano salida de iluminación residencia 56 m²

Plano salida de iluminación residencia 73 m²

Plano salida de iluminación residencia 200 m²



Equivalencia en luxes de cada sistema de iluminación

Tipo de iluminación	Cantidad de luxes
Incandescente (70 Watts)	38
CFL (20 Watts)	49
LED (9 Watts)	47

Para sacar esta equivalencia en luxes (que es la medida de incidencia) se consideró una altura de techo de 2.50 metros y se colocó el luxómetro a 70 centímetros del piso. Como se puede apreciar las bombillas tienen un nivel de incidencia bastante parecido por lo que no habría problema de cambiar un tipo de iluminación por otro.

Cotización Grupo PROYECT.



Desde 1987, más de 20 años
al servicio de la Industria de la gastronomía

2

4 de octubre de 2011

Señor
Andrés Sepe
Presente

Referencia: SUMINISTRO DE EQUIPO DE AUTOMATIZACION
Cotización No. G11841

Estimado Andrés atendiendo su solicitud presentamos nuestra oferta de los siguientes equipos:

1. TERMINOS GENERALES

Descripción	Imagen	Precio
Interruptor no Regulable VRS-15 este interruptor de un solo polo que maneja 2 vías, este cumple de la función de On/Off con un led localizador		\$42.00
Interruptor Regulable o Dimmer VRD-15 Este interruptor puede controlar directamente en On/Off o con la función de dimmer para poder controlar el nivel de intensidad de la luz de cada ambiente		\$48.00

PROYECT AIRE - PROYECT ELECTROTECNICA - PROYECT DE EL SALVADOR - PROYECT DE NICARAGUA - PROYECT DE GUINEA ECUATORIAL
9 Av. 33-10 Zona 11 Las Charcas, Guatemala 01011, Guatemala, C.A. • Tel: (+502) 2429-0202 Fax: 2470-7439 Guatemala@GrupoProyect.com
Av. Los Diplomáticos 1318 Bn. San Jacinto, San Salvador, El Salvador, C.A. • Tel: (+503) 2205-9400 Fax: 2205-9407 ElSalvador@GrupoProyect.com
Calle 27 de Mayo, de Montoya 50 varas arriba, Managua, Nicaragua, C.A. • Telefax: (+505) 2264-3248 Cel. 8854-6880 Nicaragua@GrupoProyect.com
4ª Calle/ 24 Avenida, Frente a la Iglesia San Felipe, Barrio Río de Piedras, San Pedro Sula, Honduras, (+504) 516 2634 Honduras@GrupoProyect.com
Bata, Guinea Ecuatorial (África Central) • Tel: (+240) 25-9855 GuineaEcuatorial@GrupoProyect.com

Página 1 de 4

Cotización Grupo PROYECT.



Desde 1987, más de 20 años
al servicio de la Industria de la gastronomía

Toma corriente polarizado LOM-15 este toma corriente en 110v nos permite controlar On/off cualquier dispositivo que este conectado a este como lamparas, ventiladores, televisores cafeteras, tostadores etc.		\$42.00
Sensor de Temperatura y Presencia ZTIR20 este sensor si necesita una alimentación electrica para trabajar permite una programación de "No Movimiento" con un Rango de 2 a 225 Minutos, y cambios de temperatura para controlar sistemas de calefacción y aire acondicionado en los diferentes rangos de temperatura, manejando señales de On/Off		\$50.00
Sensor de Presencia ZIR010 Este sensor es totalmente inalámbrico y requiere 4 baterías AAA (no están incluidas) permite una programación de "No Movimiento" con un Rango de 2 a 225 Minutos, con un rango de detección de 105x110 grados de ángulo y maneja señales de On/Off		\$15.00

PROYECT AIRE - PROYECT ELECTROTECNICA - PROYECT DE EL SALVADOR - PROYECT DE NICARAGUA - PROYECT DE GUINEA ECUATORIAL
9 Av. 33-10 Zona 11 Las Charcas, Guatemala 01011, Guatemala, C.A. • Tel: (+502) 2429-0202 Fax: 2470-7439 Guatemala@GrupoProyect.com
Av. Los Diplomáticos 1318 Bn. San Jacinto, San Salvador, El Salvador, C.A. • Tel: (+503) 2205-9400 Fax: 2205-9407 ElSalvador@GrupoProyect.com
Calle 27 de Mayo, de Montoya 50 varas arriba, Managua, Nicaragua, C.A. • Telefax: (+505) 2264-3248 Cel. 8854-6880 Nicaragua@GrupoProyect.com
4ª Calle/ 24 Avenida, Frente a la Iglesia San Felipe, Barrio Río de Piedras, San Pedro Sula, Honduras, (+504) 516 2634 Honduras@GrupoProyect.com
Bata, Guinea Ecuatorial (África Central) • Tel: (+240) 25-9855 GuineaEcuatorial@GrupoProyect.com

Página 2 de 4

Cotización Grupo PROYECT.



*Desde 1987, más de 20 años
al servicio de la Industria de la gastronomía*

<p>Sensor de Luz ZIL325 Este sensor es totalmente inalámbrico y requiere 4 baterías AAA (no están incluidas) permite una programación de "Luminocidad" con un Rango de Lúmenes dependido de la escena que necesitemos crear y maneja señales de On/Off y dimmer</p>		<p>\$30.00</p>
<p>Termostato Digital T100 Este termostato nos permite controlar la temperatura ambiente en función de un aire acondicionado cuanta con una pantalla LCD en el panel de mandos para hacer ajustes manualmente o remotamente, con un modo de programación muy sencillo de utilizar</p>		<p>\$75.00</p>
<p>Vera es el controlador de sistema para casa más simple y flexible. Esta diseñado para ayudarlo a ahorrar energía, y crear entornos más seguros en su hogar y mejorar su experiencia de un sistema de vida ecológico. Usted puede manejar Vera desde cualquier lugar del mundo utilizando tu iPhone, iPad, Teléfono Android, PC y otros dispositivos móviles</p>		<p>\$250.00</p>

PROYECT AIRE - PROYECT ELECTROTECNICA - PROYECT DE EL SALVADOR - PROYECT DE NICARAGUA - PROYECT DE GUINEA ECUATORIAL
 8 Av. 33-10 Zona 11 Las Charcas, Guatemala D1011, Guatemala, C.A. • Tel (+502) 2429-0202 Fax 2476-7439 Guatemala@GrupoProyect.com
 Av. Los Diplomáticos 1318 Bo. San Jacinto, San Salvador, El Salvador, C.A. • Tel (+503) 2205-9400 Fax 2205-9407 ElSalvador@GrupoProyect.com
 Calle 27 de Mayo, de Montoya 50 varas arriba, Managua, Nicaragua, C.A. • Telefax: (+505) 2264-3248 Cel. 8854-5880 Nicaragua@GrupoProyect.com
 4ª Calle/ 24 Avenida, Frente a la iglesia San Felipe, Barrio Río de Piedras, San Pedro Sula, Honduras, (+504) 518 2834 Honduras@grupoproject.com
 Bata, Guinea Ecuatorial (África Central) • Tel. (+240) 25-9855 GuineaEcuatorial@GrupoProyect.com



*Desde 1987, más de 20 años
al servicio de la Industria de la gastronomía*

Nota: es indispensable contar con un sistema de internet en el lugar que se instalaran estos equipos para poder controlarlos remotamente

1. FORMA DE PAGO

Contado (50% de anticipo y 50% contra entrega)
Los montos están expresados en Dólares e incluyen IVA

2. TIEMPO DE ENTREGA

Inmediata

3. VALIDEZ DE LA OFERTA

El precio de esta oferta se mantiene por 15 días calendario, después de pasado este tiempo por favor consultarnos.

Esperando que la presente sea de su aprobación para poder servirles de una manera técnica y profesional y poniéndonos a su disposición para cualquier aclaración o ampliación, nos despedimos,

Atentamente,
PROYECT-AIRE, S.A.
División de Gastronomía

Ing. Fernando Mazariegos

Mario Álvarez

XVII. GLOSARIO

- **Valor Presente Neto (VPN):** Es una medida del beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de un periodo de tiempo; se define como el valor presente de su flujo de ingresos futuros menos el valor presente de su flujo de costos. En esta investigación se analizaron los costos de los distintos sistemas verdes, por lo que los flujos son solamente de costos. La tasa de actualización o descuento utilizada para calcular el Valor Presente Neto debería ser la tasa de costo alternativo del capital que se invertirá, para esta investigación se uso un 5% que es la tasa pasiva de los bancos de Guatemala.
- **Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR):** Como indica su nombre es la tasa mínima de retorno que se espera para el capital invertido. Este valor está asociado al retorno esperado y al riesgo de la pérdida de inversión.
- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** Es la tasa que iguala el Valor Presente Neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del proyecto y se expresa en porcentaje.
- **AGEXPRONT:** Asociación de Gremiales de Exportadores de Productos no Tradicionales.
- **COGUANOR:** Comisión Guatemalteca de Normas.
- **ISO:** Organización Internacional de Normalización.
- **INCONTEC:** Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.
- **SAA:** Sistema de Administración Ambiental.
- **SGA:** Sistema de Gestión Ambiental.
- **Técnicas limpias:** Procesos industriales amigables con el ambiente.
- **Impacto ambiental:** efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos

- **Sostenibilidad:** describe cómo los sistemas biológicos se mantienen diversos y productivos con el transcurso del tiempo. Se refiere al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno. Por extensión se aplica a la explotación de un recurso por debajo del límite de renovación del mismo.
- **Auto-sostenibilidad:** Capacidad de mantenimiento sin ayuda ni apoyo de otros organismos, instancias.
- **Generación de energía:** Este proceso consiste en transformar cualquier tipo de energía (Química, mecánica, térmica, cinética, luminosa, entre otras) en Energía Eléctrica para su utilización en la vida cotidiana de las personas.
- **Energía renovable:** energía que es producida por medio de fuentes naturales, las cuales son inagotables, y son procesos amigables con el medio ambiente.
- **Paneles solares fotovoltaicos:** también llamados módulos fotovoltaicos, se definen como un conjunto de celdas las cuales producen electricidad utilizando la luz solar que recae sobre estas.
- **Generador eólico:** También llamadas aerogeneradores, a las maquinas las cuales transforman la energía cinética del viento en electricidad.
- **Microcentral Hidroeléctrica:** Instalaciones en donde se transforma la energía potencial, generada por las elevaciones geográficas de las cuencas, y la cinética por la velocidad del recurso hídrico, en energía utilizable.
- **Remoción:** Acción y efecto de remover.
- **Oxidación:** Acción y efecto de oxidar u oxidarse.
- **Degradación:** Transformar una sustancia compleja en otra de constitución más sencilla.
- **Sedimentación:** Dicho de las materias suspendidas en un líquido: Formar sedimento.
- **Manto acuífero:** todo aquello que constituye corrientes o lechos subterráneos de agua, en otras palabras son "venas" de agua que están por debajo de la superficie del suelo y son la principal fuente de riego agrícola y consumo humano.

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO)** : es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión.
- **TDS (total de sólidos disueltos)**: es una medida del contenido total de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en: molecular, ionizada o micro-granular (sol coloidal) forma suspendida
- **Demanda química de oxígeno**: miligramos de oxígeno consumidos por litro de muestra sometida al proceso de digestión.
- **Turbidez**: contaminación que se determina a simple vista ya que se origina al dispersarse o interferirse el paso de los rayos de luz que atraviesan el agua a causa de partículas que el líquido contiene suspendidas.
- **Alcalinidad y Dureza**: La presencia de compuestos alcalinos o básicos presentes en el agua indica la alcalinidad o dureza del agua. Se presenta en forma de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos generalmente.
- **Eficacia**: Medida de la eficiencia de una fuente de luz para convertir la Energía Eléctrica en lúmenes de luz visible.
- **Lúmenes**: Medida de flujo lumínico o la cantidad de luz emitida por una fuente.
- **Lux**: equivale a un lúmenes/m². En fotometría se usa como medida de intensidad luminosa, tomando en cuenta diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, hacia la sensibilidad del ojo humano.
- **Sensibilidad del ojo**: Curva que representa la sensibilidad del ojo humano como una función de la longitud de onda.
- **Vida útil**: Período de tiempo transcurrido entre el primer uso y el momento en el que el 50% de las lámparas ha dejado de funcionar.

