

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño modular a base de acero galvanizado conformado en
frío para una Vivienda de Interés Social en Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por Jorge Augusto Rodríguez de la
Roca para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2019

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



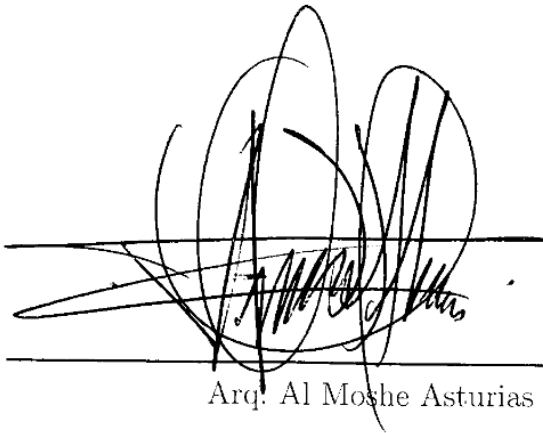
Diseño modular a base de acero galvanizado conformado en frío para una Vivienda de Interés Social en Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Jorge Augusto Rodríguez de la Roca para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

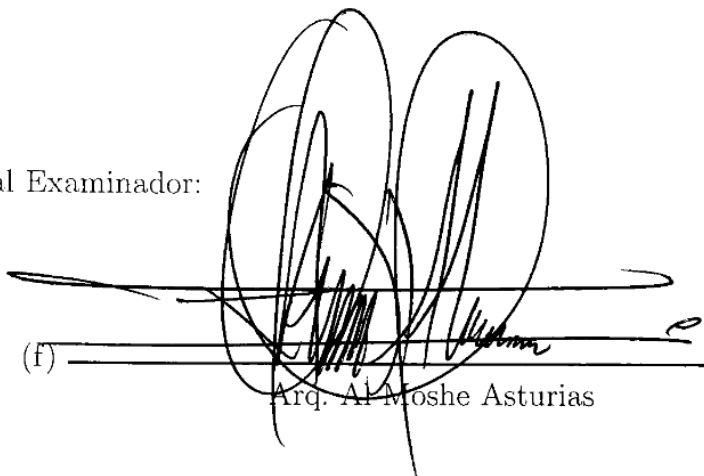
Guatemala,

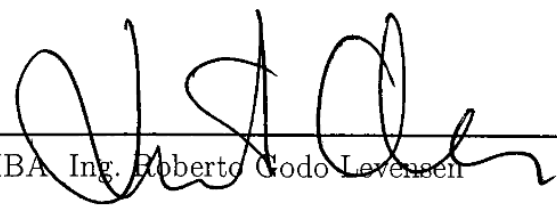
2019


Vo.Bo.:

(f) 
Arq. Al Moshe Asturias

Tribunal Examinador:

(f) 
Arq. Al Moshe Asturias

(f) 
MBA Ing. Roberto Godo Levensen

(f) 
Ing. Otoniel Alejandro Echeverria Castellanos

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de Diciembre de 2019.

A Dios darme las oportunidades y estar siempre presente en toda mi vida.

A mis padres por sus esfuerzos y sacrificios quienes han sido los ejemplos para seguir, y por siempre darme el apoyo incondicional para lograr mis metas.

A mis familiares y amigos por estar siempre pendientes y por marcar una gran diferencia en mi vida.

A mis asesores y profesores por su paciencia, tiempo y las enseñanzas que dedicaron en mi persona.

Prefacio	v
Lista de figuras	xv
Lista de cuadros	xvii
Resumen	xx
Abstract	xxii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. Historia y origen	3
2.1.1. Estructuras del acero formado en Norteamérica	3
2.1.2. Estructuras del acero formado en Sudamérica	4
2.1.3. Estructuras del acero formado en Centroamérica y el Caribe	6
3. Justificación	7
4. Objetivos	9
4.1. Objetivo general	9
4.2. Objetivos específicos	9
5. Marco teórico	11
5.1. Estudio del acero conformado en frío	11
5.2. Características del metal	11
5.2.1. Propiedades	11
5.2.2. Perfiles y calibres	13
5.3. Galvanización del metal	14
5.4. Comparativa entre el acero galvanizado formado en frío y la madera	15
5.5. Normativas y reglamentos	19

5.5.1.	ASTM	19
5.5.2.	AISI	19
5.5.3.	AISC	20
5.5.4.	AGIES	21
5.5.5.	Código Técnico de la Edificación (CTE)	22
5.6.	Instituciones gubernamentales	23
5.6.1.	FHA	23
5.6.2.	FOPAVI	23
5.6.3.	UDEVIPO	24
5.7.	Diseños en viviendas populares	25
5.7.1.	Características de una vivienda popular en Guatemala	25
5.7.2.	Características de una vivienda rural en Guatemala	29
5.7.3.	Alejandro Aravena	35
5.8.	Materiales para aislamiento	38
5.8.1.	Vidrio celular	38
5.8.2.	Vidrio fibroso	38
5.8.3.	Perlita	39
5.8.4.	Espuma de poliestireno	40
5.8.5.	Espuma de uretano	41
5.8.6.	Impermeabilizante	42
6.	DISEÑO DEL MÓDULO	45
6.1.	Introducción	45
6.2.	Ideas y ejemplos de vivienda	46
6.2.1.	Método de Alejandro Aravena	46
6.3.	Diseño arquitectónico	48
6.3.1.	Diseño a elaboración propia	48
6.3.2.	Dimensiones	52
7.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y MODULAR DE LA VIVIENDA	55
7.1.	Introducción	55
7.2.	Materiales e integración de cargas	55
7.2.1.	Techo	56
7.2.2.	Muros	56
7.2.3.	Entrepiso	57
7.3.	Distribución de cargas	58
7.3.1.	Plano de distribución de cargas	58
7.3.2.	Combinaciones de carga	59
7.4.	Diseño estructural	60
7.4.1.	Techo	60
7.4.2.	Muros Nivel 2	61
7.4.3.	Losa de entrepiso	61
7.4.4.	Muros Nivel 1	62
7.4.5.	Cimentación	63
7.5.	Resistencia al volteo	64
7.5.1.	Sistemas laterales	64

7.5.2. Cálculos de los Shears para la vivienda	65
8. COSTOS Y CONSTRUCCIÓN	67
8.1. Introducción	67
8.2. Cotización de la vivienda	67
8.3. Procedimiento para la construcción de la vivienda	76
8.3.1. Prefabricación de materiales y transporte	76
8.3.2. Montaje de la estructura	76
8.3.3. Proceso de acabados en recubrimientos y otras instalaciones	82
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
9.1. Introducción	83
9.2. Sistema constructivo de acero formado en frío vs mampostería	84
9.2.1. Costo de los materiales	84
9.2.2. Flexibilidad de transporte	84
9.2.3. Costo de mano de obra	85
9.2.4. Velocidad de construcción	86
9.2.5. Supervisión de calidad	86
9.2.6. Capacidad de resistencia a cargas gravitacionales	88
9.2.7. Capacidad de resistencia sísmica	88
9.2.8. Aislamientos y resistencias accidentales	89
9.2.9. Accesibilidad para las instalaciones hidráulicas y eléctricas	91
9.3. Sistema constructivo de Acero conformado en frío vs Adobe	92
9.4. Conclusiones parciales	94
10.Conclusiones	95
11.Recomendaciones	97
12.Bibliografía	99
13.Anexos	103
13.1. Planos de arquitectura 1	103
13.2. Planos de arquitectura 2	103
13.3. Planos de arquitectura 3	103
13.4. Integración de cargas	103
13.5. Plano estructural 1	104
13.6. Plano estructural 2	104
13.7. Plano estructural 3	104
13.8. Cálculos AISI	104
13.9. Cálculo del cimiento corrido	104
13.10Plano estructural 4	104
13.11Plano estructural 5	105
13.12Planos de taller 1, 2 y 3	105
14.Glosario	107

Lista de figuras

1.	Acero conformado en frío en rollos de láminas [7]	12
2.	Diagrama de las propiedades mecánicas del acero formado en frío. [8]	13
3.	Secciones transversales para las puntales, vigas y otras formas. [10]	14
4.	Secciones transversales para elementos "Atiesados y No atiesados". [11]	14
5.	Muestra de las capas del galvanizado.[13]	15
6.	Muestra de las capas del galvanizado.	16
7.	Muestra de las capas del galvanizado.	18
8.	Niveles socioeconómicos: País urbano.	25
9.	Familias en vivienda popular de Guatemala.	26
10.	Hogares de vivienda popular de Guatemala.	26
11.	Hogares de vivienda popular de Guatemala.	27
12.	¿Cuánto pagan de alquiler las familias del sector D1?	27
13.	Estado de la vivienda en que vive el sector popular urbano.	28
14.	Familias en vivienda popular de Guatemala	29
15.	Hogares rurales de Guatemala	30
16.	Perfil por departamento	30
17.	La participación rural dentro de la población total	31
18.	La población en Guatemala por tamaño de población	32
19.	Personas por cuarto por hogar en el área rural	32
20.	Características de la vivienda rural	33
21.	Ingresos mensuales del hogar	34
22.	Poder de compra en el sector rural [31]	34
23.	Casas de Quinta Monroy	35
24.	Diseño de condominio de casas Monterrey	36
25.	Primera fase de las casas de Villa Verde	36
26.	Segunda fase de las casas de Villa Verde	37
27.	Diseño del exterior de la casa ELEMENTAL	37
28.	Diseño del interior de la casa ELEMENTAL [33]	37
29.	Muestra del vidrio celular [34]	38
30.	Fibra de vidrio [35]	39
31.	Material de la perlita [37]	40
32.	Tabla de poliestireno [39]	41

33.	Tabla de espuma de uretano [41]	42
34.	Aplicación del impermeabilizante en líquido [42]	43
35.	Aplicación del impermeabilizante asfáltico [42]	44
36.	Plano del nivel 1 de la Fase 1 de la vivienda Villa Verde	46
37.	Plano del nivel 2 de la Fase 1 de la vivienda Villa Verde	47
38.	Plano del nivel 1 de la Fase 2 de la vivienda Villa Verde	47
39.	Plano del nivel 2 de la fase 2 de la vivienda Villa Verde	48
40.	Elevaciones Fase 1 de la vivienda Villa Verde	48
41.	Plano del nivel 1 de la Fase 1 del diseño elaborado.	49
42.	Plano del nivel 2 de la Fase 1 del diseño elaborado.	50
43.	Plano del nivel 1 de la Fase 2 del diseño elaborado.	50
44.	Plano del nivel 2 de la Fase 2 del diseño elaborado.	51
45.	Requisitos mínimos para las dimensiones de diseño	52
46.	Requisitos mínimos para las áreas dentro de una vivienda de 50m ² - 100m ²	52
47.	Requisitos mínimos para las áreas de otros ambientes	52
48.	Descripción de las longitudes, pendiente y apoyos del techo de la vivienda.	58
49.	Muros del segundo nivel que soportarán las cargas del techo.	58
50.	Muros del primer nivel que soportarán las cargas de la losa de entrepiso.	59
51.	Comportamiento de los muros sin los shears con sus fuerzas existentes	64
52.	Comportamiento de los muros con los shears con sus fuerzas existentes	64
53.	Tabla E2.3-1 del AISI S400-15	65
54.	Plano de ubicación de los refuerzos laterales.	66
55.	Panel de fibra de vidrio	71
56.	Impermeabilizante en plástico para el recubrimiento	72
57.	Anclaje del muro al suelo y las capas de acabados	76
58.	Conexión de un muro al suelo	77
59.	Detalle de un "Track", que une los "Studs" del muro.	77
60.	Detalles del espacio en vacío para una puerta	78
61.	Detalles del espacio en vacío para una ventana	78
62.	Detalles de una esquina 1	79
63.	Detalles de una esquina 2	79
64.	Costaneras de la losa de entrepiso conectando con el muro	80
65.	Esquema de la elevación de muros	80
66.	Conexión al talón articulado del techo	81
67.	Conexión y apoyo a los cabezales articulados del techo	81
68.	Etapas del proceso de construcción para la etapa de acabados	82
69.	Costo del material en muros de 2.40 metros de altura	84
70.	Peso del material por área de muro	85
71.	Costo de mano de obra por tipo de sistema constructivo por metro lineal.	85
72.	Duración de la construcción de la obra gris de la vivienda diseñada .	86
73.	Creación del concreto premezclado para la union de los blocks	87
74.	Instalación de los elementos estructurales de acero conformado en frío	87

75.	Comparación de la resistencia axial en muros de block y acero	88
76.	Colocación de fibra de vidrio en la losa de entrepiso	89
77.	Colocación de fibra de vidrio en muros exteriores	90
78.	Instalación de tuberías hidráulicas y electricas en muros interiores . .	91
79.	Instalación de conductos y tuberías hidráulicas y electricas en la losa de entrepiso	91
80.	Muestra de un bloque de adobe	92
81.	Resultado de una vivienda de adobe luego de un evento sísmico . . .	93

Lista de cuadros

1.	Dimensionamiento	53
2.	Iluminación	53
3.	Ventilación	54
4.	Combinaciones de carga	59
5.	Cargas últimas	60
6.	Acero en la Vivienda completa	68
7.	Acero en la primera fase de la Vivienda	68
8.	Tablayeso para la Vivienda completa	70
9.	Tablayeso para la primera fase de la Vivienda	71
10.	Acabados en textura	73
11.	Costos Directos para la Vivienda completa	74
12.	Costos Directos para la primera fase de la Vivienda	75

¿Existe alguna solución antisísmica y económica con la utilización del acero conformado en frío para las viviendas de Interés Social? La mayoría de las viviendas en Guatemala están elaboradas a base de mampostería o de adobe, los cuales contienen materiales muy pesados y no permiten satisfacer los requerimientos de la resistencia sísmica. Por lo que se trabajó en una propuesta de una vivienda utilizando un material más liviano que es el acero conformado en frío.

En Guatemala existen diseños de viviendas que permiten a los habitantes del sector Interés Social adquirirlos con la capacidad económica que cuentan, pero estos diseños no satisfacen las ciertas características que requieren los habitantes tales como el número de habitaciones o el tamaño de los espacios interiores. Sin embargo, se utilizó la idea del Arquitecto chileno Alejandro Aravena en dividir una vivienda en dos fases, para permitir a los habitantes invertir y construir inicialmente de forma parcial, y posteriormente invertir y construir la parte complementaria. Se planteó en utilizar uno de los modelos del arquitecto, pero sus diseños no cumplen con las normas de los dimensionamientos para espacios del Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas (FHA) tales como las dimensiones del ancho mínimo de los cuartos y del baño, y las áreas mínimas de las habitaciones y de la cocina. Por lo que se elaborará un diseño propio que cumpla con el método del arquitecto Alejandro Aravena y con las normas de FHA.

Por otro lado, se determinará si la vivienda es capaz de resistir las fuerzas gravitacionales y sísmicas; para ello se utilizarán los reglamentos de Normas de Seguridad Estructural para Guatemala (NSE) para integrar y distribuir las cargas muertas, vivas, de viento y sísmicas para todos los elementos de la vivienda. Se eligió al departamento de Alta Verapaz como la ubicación para los diseños de la vivienda diseñada porque es uno de los departamentos más poblados del sector Interés Social y además su ubicación está alejada de las áreas con riesgo de caída de ceniza volcánica. Se tomó en cuenta las especificaciones para edificaciones de acero en NSE-7.5 donde determinó que la fuerza de viento mínima es de 80 kg/m^2 . Debido a la alta presión del viento y el bajo peso sísmico de la vivienda, la combinación de cargas de viento (CR6) resultó

ser la más crítica por lo cual se utilizaró para la integración de cargas.

Así mismo, se utilizó las normas del American Iron and Steel Institute (AISI) para el chequeo estructural de los elementos de acero conformado en frío y para ello se eligió el elemento más crítico de cada sistema, sea el stud (miembro estructural vertical) más crítico de los muros y las costaneras más críticas del entrepiso y del techo. Calculando la capacidad permisible para la fuerza a corte y la capacidad de momento para los elementos más críticos, se verificó si cumplen sus resistencias a las cargas y momentos de demanda. Como se mencionó anteriormente, las fuerzas horizontales del viento son mayores a las fuerzas sísmicas por lo que se calcularon los refuerzos laterales para resistir las cargas del viento. Concluyendo, se utilizaron un perfil de calibre 20 con un ancho de 150 mm para los elementos estructurales del techo y del entrepiso, se utilizarán un perfil de calibre 22 con un ancho de 150 mm para los muros de los niveles 1 y 2, y para los refuerzos laterales se utilizarán paneles revestidos de calibre 20 con las dimensiones (2.40m x 0.80m).

Sin embargo, se realizó la cuantificación de los materiales de la vivienda diseñada para así calcular los costos en materiales y mano de obra, con el propósito de determinar si el costo estimado de la vivienda es accesible para los habitantes del sector Interés Social. También se estimó el costo directo de la vivienda parcialmente construida para determinar si es evidente la diferencia de su costo parcial con el costo original. Por otro lado, se definió el orden de los procesos para la construcción de la vivienda diseñada a base de acero conformado en frío para demostrar un ejemplo del cómo se debería de construir una vivienda de este tipo de material. Los procesos se dividieron en la prefabricación de los subsistemas, el montaje y unión de los elementos estructurales y los acabados.

Por último, se realizó una comparación de las propiedades cuantitativas y cualitativas entre el sistema constructivo de acero conformado en frío con el sistema constructivo de mampostería, para así determinar las ventajas y desventajas que cuentan ambos sistemas constructivos. Además, se comparó el sistema constructivo de acero conformado en frío con el sistema de adobe solamente de forma cualitativa debido a que el sistema de adobe no es sistema aprobado.

There is any anti-seismic and economic solution with the use of cold formed steel for Social Interest housing? Most of houses in Guatemala are made of masonry or adobe, which contain heavy materials, so these do not satisfy the requirements of the seismic resistance. Then, I'm going to create a housing design proposal using a lighter material that is cold formed steel.

In Guatemala there are housing designs that allow the population of the Social Interest sector to acquire them with the economic capacity that they have, but these designs do not satisfy some certain characteristics that these people require such as the number of rooms or the size of the interior spaces. However, a Chilean architect Alejandro Aravena had an idea of dividing a house into two phases, to allow people to partially invest and build the part invested, and then invest and build the complementary part. It was proposed to use one of the architect's models, but his housing designs do not comply with the standards of the FHA space dimensions, so I'm going to create my own housing design agreeing with Aravena's method and with the FHA standards.

On the other hand, it will be determined if the house is capable of resisting gravitational and seismic forces; for this purpose, I'm going to use the NSE standards to integrate and distribute the dead, live, wind and seismic loads for all the elements of the house. The department of Alta Verapaz was chosen as the location for the designs of the designed house because it is one of the most populated departments of the Social Interest sector and also its location is far from the areas at risk of volcanic ash fall. I'm also using the specifications for steel buildings in NSE-7.5 where it determines that the minimum wind force is $80 \text{ kg} / \text{m}^2$. Due to the high wind pressure and the low seismic weight of the house, the combination of wind loads (CR6) proved to be the most critical, so it will be used for load integration.

Likewise, I'm going to use the AISI standards for the structural check for the cold-formed steel elements and it will be applied to the most critical element of each system, so as the most critical vertical stud for the walls and the most critical track for the mezzanine and for the roof. By calculating the allowable capacity for the shear

force and the moment capacity for the studs and tracks, it will be verified if there can resist the loads and moments of demand. As mentioned earlier, the horizontal wind forces are higher than the seismic forces, so I'll calculate the lateral reinforcements to withstand the wind loads. In conclusion, for the structural elements of the roof and the mezzanine I'll use a 20 gauge profile with a width of 150 mm, for the first and second level walls a 22 gauge profile with a width of 150 mm, and for the side reinforcements a 20-gauge coated panels with the dimensions (2.40mx 0.80m).

However, I'll perform a quantification of the designed house materials to calculate the costs in materials and labor, to determine if the estimated cost of housing is accessible to the Social Interest sector people. Also, I'll estimate the direct cost of partially constructed housing to determine whether the difference in its partial cost with the original cost is evident. On the other hand, I'm going to show the order of the construction processes for the designed house based on cold formed steel to determinate an example of how a house of this type of material should be built. The processes will be divided into the prefabrication of the subsystems, the assembly and joining of the structural elements and the finishes.

Finally, I'm going to make a comparison of the quantitative and qualitative properties between the cold formed steel construction system and the masonry construction system, to determine the advantages and disadvantages for both construction systems. In addition, the cold formed steel construction system will be compared with the adobe system only the qualitatively way because the adobe system is not an approved system.

El acero es un material que está teniendo auge en la Industria de la Construcción y esto se le debe a sus beneficiosas características. Entre todos los tipos de aceros, esta tesis se basó en el acero conformado en frío, el cual tiene una gran utilidad para la construcción de viviendas, edificios de 1 a 3 niveles y puentes con el claro de luz pequeño. Debido a que el acero es reciclable, es capaz de realizar una producción masiva y de calidad uniforme. Además, el acero conformado en frío permite construir estructuras prefabricadas ligeras, lo que las hace convenientes para zonas sísmicas como Guatemala.

Las construcciones de acero conformado en frío son soluciones económicas para el transporte, manejo y montaje. Así mismo, permiten tener velocidad de construcción y variedad de acabados. El acero conformado en frío se fabrica en distintos tipos de perfiles tales como C, Z y angulares. Además, existen secciones compuestas con infinita posibilidad de formas. Aparte se pueden crear paneles para cubiertas, muros y entrepisos.

En este trabajo de graduación se presentó una introducción del uso del acero galvanizado conformado en frío en Guatemala. El objetivo fue explicar características, utilidades y ventajas de este sistema constructivo. Para ello se elaborará un diseño modular de una vivienda de interés social, utilizando normas internacionales del American Iron and Steel Institute (AISI).

Las especificaciones de diseño norman el diseño estructural de miembros y conexiones, así como brindan directrices y criterios que permiten a un profesional llevar a cabo los objetivos asignados del proyecto. Es importante considerar las normativas y especificaciones necesarias para satisfacer las necesidades del diseño.

2.1. Historia y origen

El origen de los perfiles de acero conformado en frío se remonta a mediados del siglo XIX en Inglaterra y Estados Unidos, siendo utilizado casi siempre de manera experimental y en obras de construcción civiles y edificaciones industriales. Sin embargo, en esta época se dio más uso a los perfiles conformados en caliente en vez de los conformados en frío. No fue sino hasta mediados del siglo XX, en el periodo de las guerras mundiales, que el acero conformado en frío empezó a tener más uso, llevando a más inventos y patentes en el uso del acero.

A finales del siglo XX aumentó la utilización del acero conformado en frío no solo para productos industriales, sino también para la construcción de viviendas de bajo costo, con sistemas y estructuras innovadoras.

2.1.1. Estructuras del acero formado en Norteamérica

Por casi un siglo en México, la galvanización ha sido utilizado para proteger todo tipo de estructuras como las de concreto. Se aplica en las construcciones y empleando un diseño concreto, para obtener importantes mejoras y así prevenir la corrosión (galvanización), aunque deben tomarse en cuenta las características del entorno a las que va a estar sujeta la estructura.

La debida prevención y control de la corrosión es un reto en la construcción de estructuras de acero. Por esta razón, las estructuras de acero regularmente son protegidas contra la corrosión durante su proceso de fabricación, mediante el uso de pinturas anticorrosivas. Además, estas estructuras requieren de un mantenimiento periódico de esta protección contra la corrosión. Una solución alternativa para la protección

contra la corrosión es el galvanizado, el cual es económico y de muy larga duración, lo que lo ha hecho que el acero galvanizado sea un material de uso frecuente en la industria de la construcción.

En México, los perfiles de acero conformado en frío fueron introducidos por una empresa llamada Fundidora Monterrey en 1970, que impulsó la utilización de estos reconocidos elementos estructurales, así logrando alcanzar gran éxito en varias industrias de la misma región.

El manejo de este tipo de perfiles en los Estados Unidos a partir de 1939 originó que el Instituto Americano del Hierro y del Acero (AISI), confiara a la Universidad de Cornell la investigación y experimentación de los materiales encontrados.

No fue hasta 1965 que se desarrolló este tipo de material bibliográfico que sirviera de referencia para el diseño de estructuras a base de este material. Al contemplarse en el país la falta de este tipo de información, CANACERO dio a conocer al público el “Manual de Diseño de Secciones Estructurales de Acero Formadas en Frío de Calibre Ligero”. [1]

El Comportamiento Estructural de Perfiles de Acero Doblados fue el primer manual en México introducido en el año 1969 en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Es un estudio teórico experimental de miembros sujetos de tensión, compresión, flexión y torsión.

A falta de documentación y desarrollo continuo sobre el acero formados en frío, no se ha utilizado estas referencias como se esperaba. Sin embargo, en los últimos años ha surgido un nuevo interés, por lo que se creó la nueva normalización para este tipo de elementos vigentes hasta la actualidad.

En México existen fuertes necesidades para que se cumplan las “Normas Mexicanas de Productos de Hierro y Acero que se fabrican y comercializan dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos”, en los cuales contienen especificaciones que proporcionan la total seguridad industrial a cualquier persona que haga uso de tales productos, tanto para su diseño, como aplicación y mantenimiento continuo. [2]

2.1.2. Estructuras del acero formado en Sudamérica

La construcción por medio de acero formado en frío, aunque se utilice más en Estados Unidos y Canadá, es cada vez más recurrente en Centro y Sudamérica. En Argentina, debido a nuevas políticas, ya no es necesario adjuntar el Certificado de Aptitud Técnica para la presentación de proyectos de organismos que aprueban o financian las edificaciones.

Esta noticia da a conocer un crecimiento en el sector construcción mediante entramado de madera y acero conformado en frío. Sin embargo, el mayor problema que enfrenta la construcción utilizando estas novedosas técnicas, es cultural. En un país como la Argentina, son los empresarios los que esperan que las siguientes generaciones

cambien estos grandes paradigmas culturales y provechen la gran tecnología.

La construcción de acero y madera tienen grandes beneficios, como que pueden llegar a disminuir los costos dramáticamente, como también el tiempo en que se realiza una obra y la durabilidad del material. Levantar una vivienda con los materiales tradicionales lleva entre ocho meses y un año, mientras que esa misma casa, en madera o acero, cuatro meses.

A pesar de estos grandes beneficios, los constructores tradicionales se siguen aferrando a la manera de construir de siempre, y justifican sus ideas con argumentos como “El mercado argentino está acostumbrado a la robustez del hormigón y la mampostería”, o incluso otro tipo de argumentos como, “La mano de obra para edificar en madera o en acero es escasa y cara”.

Aunque no exista mucho personal altamente capacitado para ejercer en estos tipos de técnicas de construcción, el ritmo con el cual se están especializando los operarios es muy acelerado. Además, en este país comienza a existir una escasez de piedra para hormigón que se utiliza en la construcción del concreto industrializado.

Otro factor importante es que ahora la arquitectura está dispuesta a llevar un estilo de construcción que respete más al medio ambiente. La diferencia que se encuentra es muy grande en cuanto al uso de energía para conseguir materiales como aluminio, hierro y cemento a comparación de la madera. Argentina, al contar con grandes hectáreas de bosques de pino o eucalipto, resulta mucho más rentable producir altas cantidades de casa utilizando estos materiales, en vez de acero.

Finalmente, otros beneficios de la construcción en seco son que evitan humedad, grietas y fisuras que se producen en la construcción tradicional. Por otro lado, los materiales tradicionales para pisos y paredes generan suciedad. En cuanto al uso del acero galvanizado, se incluyen nuevos sistemas de revestimientos en seco, con productos parecidos a cerámica o porcelanato, que no generan suciedad significativa.

En Colombia, existen empresas que realizan una gran cantidad de viviendas sostenibles que significan un importante ahorro en el gasto energético. En la actualidad, se están construyendo incluso variadas viviendas con estas características en diversas comunidades colombianas.

Existen varios tipos vanguardistas de construcción de casas, como lo son las casas de hormigón, de madera, prefabricadas y, ahora existen estructuras de acero galvanizado. Esta propuesta es presentada por medio de Moduacero, una empresa de Zaragoza que está siendo pionera en la construcción de estas viviendas sostenibles, duraderas y resistentes.

A lo largo del tiempo cuentan con propósito de cumplir con el código de edificación, para mejorar su aceptación en el mercado, a pesar de las fuertes barreras de entrada y variados tipos de reacción que obtienen al principio. [3]

2.1.3. Estructuras del acero formado en Centroamérica y el Caribe

Múltiples familias en Puerto Rico no son capaces de conseguir una nueva residencia por su baja capacidad económica. Existe una gran disminución significativa de los fondos federales y la tendencia de la actividad económica en el país. Además, Puerto Rico ha sido reconocido entre los países de América Latina como uno de los países con los mayores costos de construcción.

La empresa Acesco Caribe es líder en la construcción de estructuras galvanizadas para infraestructuras comerciales, industriales e infraestructura. Y ha presentado una solución inmediata para esta situación al anunciar un lanzamiento del nuevo sistema Metaldeck, el cual cumple con los estándares más exigentes en el proceso de manufactura y con las normas del Código de Construcción federales y estatales.

Metaldeck consiste en un programa experimentado en EE. UU., Europa y Latinoamérica, que dan forma a las losas para entrepisos y techos, el cual ofrece grandes ventajas, tales como:

1) ahorro de hasta ocho USD por pie cuadrado, 2) fácil instalación, 3) ahorro en costos de materiales y equipos, 4) en techos y entrepisos, se ve un adelanto sobre el 50 % de los días de instalación y construcción 5) obra limpia que te permite seguir la construcción y terminaciones, 6) refuerza la resistencia estructural de la edificación, y 7) sin desperdicios ni formaletas. [4]

Se participó en un grupo de trabajo de la empresa NABLA para investigar sobre el sistema constructivo del acero conformado en frío utilizado en la construcción de casas en Atlanta, Georgia, Estados Unidos. Durante la investigación, se observó las estructuras de acero conformado en frío y se determina que este sistema no existía en Guatemala. Luego surgió la idea de aplicar este sistema en Guatemala, por lo que este es el objetivo principal del presente trabajo de Graduación, o sea introducir el sistema constructivo de acero conformado en frío para la construcción de viviendas de interés social en Guatemala.

Otras razones que me motivaron a desarrollar esta investigación fueron las numerosas ventajas con que cuenta este sistema constructivo. Como lo son, la facilidad y la velocidad del proceso constructivo, ya que este sistema consiste en prefabricar paneles de acero liviano, lo cuales luego se instalan en obra. El bajo peso de estas estructuras permite que estén sujetas a menores esfuerzos al momento de un darse un sismo. Además, la ductilidad de este sistema constructivo le permite soportar grandes deformaciones sin fallas, y así absorber las fuerzas ocasionadas por los sismos.

Este sistema constructivo también es utilizado para la construcción de muros exteriores de edificios, dado su bajo peso y ventajas económicas. Además, debido a que el acero conformado en frío se fabrica con láminas de acero galvanizado, esto permite un muy bajo costo de mantenimiento sin tener deterioro por oxidación.

Debido a las diversas ventajas estructurales y arquitectónicas de este sistema constructivo, se va a analizar la posibilidad de crear y diseñar una vivienda sencilla para una familia de escasos recursos, por lo que será el objetivo principal de esta investigación.

4.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de diseño modular con estructura de acero galvanizado conformado en frío para una vivienda de interés social.

4.2. Objetivos específicos

- Diseñar una vivienda con la capacidad de ser construida inicialmente en forma parcial, y posteriormente poder ser construida su parte complementaria.
- Diseñar la estructura de la vivienda a base de las normas y códigos de AISI.
- Demostrar que la vivienda es capaz de resistir los efectos de un evento sísmico en Guatemala.
- Estimar el costo de construcción de la vivienda.
- Determinar el proceso constructivo para una vivienda de acero conformado en frío.
- Demostrar las ventajas constructivas y económicas del sistema constructivo.

5.1. Estudio del acero conformado en frío

El acero conformado en frío se utiliza en la fabricación de bienes y productos del hogar, automóviles, así como también es empleado para materiales de construcción. Usar materiales por medio de procesos de conformación o presionando finas láminas de acero se ha vuelto muy común para los elementos estructurales y no estructurales.

La metodología básica del uso del acero conformado en frío para la construcción de edificaciones consiste en estructurar un “esqueleto” de columnas verticales y vigas horizontales de acero liviano, las cuales conforman paneles de muros, entrepisos y cubiertas capaces de soportar las cargas de diseño de la estructura.[5]

5.2. Características del metal

5.2.1. Propiedades

Los elementos de acero conformado en frío, a comparación de materiales como el ladrillo y el hormigón, tienen un peso mucho menor, lo cual permite reducir el tamaño de las cimentaciones. Además, la solidez de estas estructuras permite desarrollar edificaciones totalmente resistentes, incluso contra desastres naturales como huracanes y terremotos.

Las propiedades mecánicas del acero conformado en frío son determinantes en el comportamiento de los miembros estructurales en una edificación. Por lo que el diseñador de la estructura deberá estar familiarizado con las propiedades de los diversos tipos de acero que se utilizan para fabricar acero conformado en frío.

“Los miembros estructurales de acero conformado en frío son perfiles que se fabrican plegando chapas metálicas, longitudes cortadas de bobinas o planchas, o laminando bobinas o planchas laminadas en frío o laminadas en caliente; siendo ambas operaciones realizadas a temperatura ambiente, es decir, sin agregar calor del modo que sería necesario para un conformado en caliente.” [6]



Figura 1: Acero conformado en frío en rollos de láminas [7]

Dentro de los equipos utilizados para fabricar acero conformado en frío están la prensa dobladora, la prensa de presión y las máquinas de rolado. Por medio de estas máquinas se conforma el acero en frío, mediante un proceso en varias estaciones de trabajo.

Los perfiles de las estructuras de acero conformado en frío se crean a base de láminas o placas de acero. Regularmente estos perfiles de acero conformado en frío se fabrican en base a secciones estándar, de las cuales se conoce sus dimensiones geométricas y propiedades estructurales. Adicionalmente, cuando una estructura lo requiere, se puede fabricar perfiles con dimensiones y propiedades estructurales específicos.

También es importante mencionar que el acero conformado en frío para este tipo de estructuras es delgado y mayormente fabricado en espesores de lámina en calibre 20 (1.01 mm) a calibre 14 (1.99 mm). A pesar de lo fino espesor de estas láminas de acero, éstas luego de conformadas en perfiles estructurales, su resistencia incrementa significativamente, permitiéndoles soportar grandes esfuerzos.

Las diferencias más significativas entre secciones creadas en caliente y frío, es por el proceso en el que se efectúa, además se diferencian también en la temperatura que utilizan para sus deformaciones, los espesores y los efectos del trabajo empleado, así como los ángulos en donde se dobla. Cuando el acero se deforma de manera plástica, su resistencia incrementa y se disminuyen las probabilidades de una posible ruptura. El trabajo en frío tiene su más crucial importancia en las secciones transversales de las placas. [9]

Para regular el espesor del material, hay que tomar en cuenta tres puntos importantes:

1) Espesor de diseño: producto de acero plano de espesor t , con recubrimiento incluido.

2) Espesor mínimo de entrega: espesor de $0.95t$ medido en cuanto al producto real de entrega.

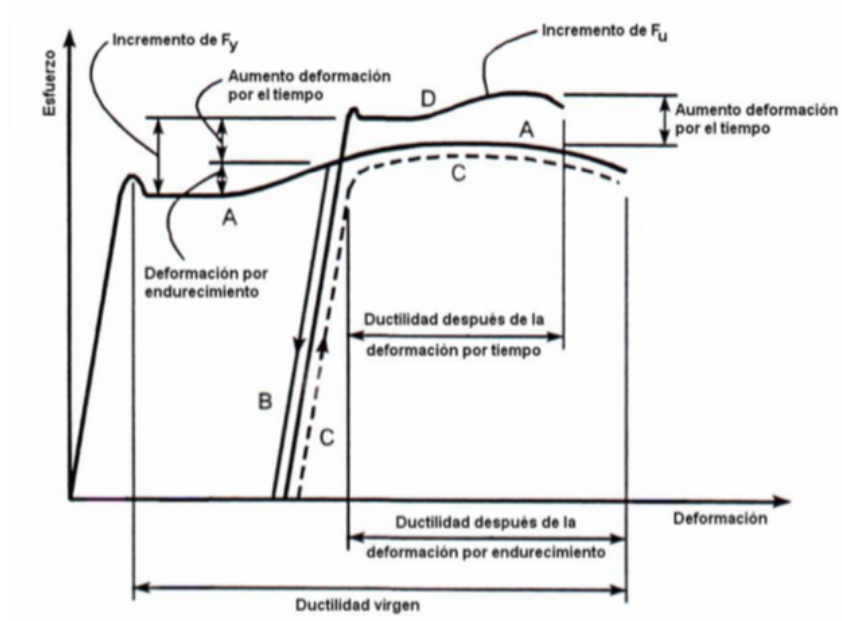


Figura 2: Diagrama de las propiedades mecánicas del acero formado en frío. [8]

3) Fórmulas de diseño de las esquinas y efectos de tolerancia en cuanto a lo que se quiere lograr.

Para las esquinas, el espesor del material tiene permitido llegar a ser menor que el espesor t , siempre que cumpla con regulaciones y requerimientos establecidos previamente para poder hacer las variaciones en el material.

5.2.2. Perfiles y calibres

Por medio del formado en frío, se pueden crear diferentes formas y perfiles dependiendo de su función, las formas más comunes se encuentran para las superficies de paneles como muros laterales, losas compuestas y techumbres; y para miembros individuales usados como vigas, puntales, largueros y polines.

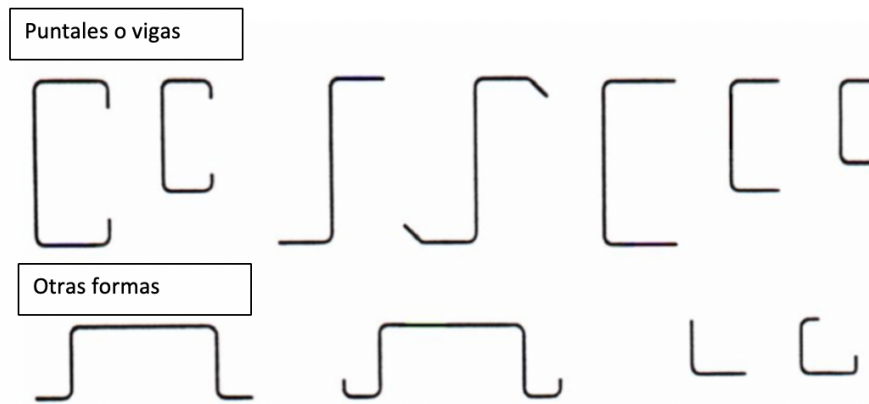


Figura 3: Secciones transversales para las puntales, vigas y otras formas. [10]

Además, existen otras formas geométricas como: 1) secciones perforadas, con ceja alrededor de la perforación, reforzadas con ceja en el borde y en contraste con una perforación en zona plana; 2) secciones compuestas; 3) posibilidades geométricas infinitas; y 4) otros perfiles como: pisos de techos, grandes claros, paneles celulares de piso, paneles bastidores muro, paneles acostillados y láminas corrugadas. Otro tipo de categoría es la forma atiesada y la forma no atiesada, en el caso de la vivienda de esta investigación se utilizarán elementos atiesados.

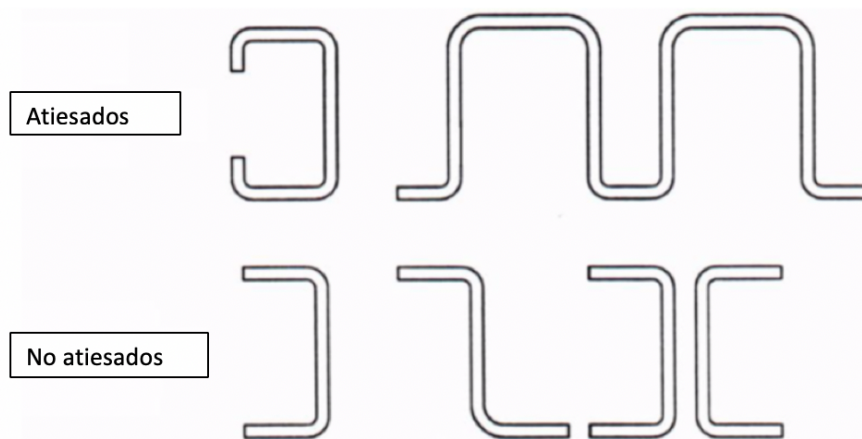


Figura 4: Secciones transversales para elementos "Atiesados y No atiesados". [11]

5.3. Galvanización del metal

El proceso de galvanizado es una técnica para la protección del acero de la corrosión por cualquier tipo de agentes naturales, como al aire y humedad, que los lleva a regresar a su estado original de mineral. La corrosión de cualquier tipo de metal se define en base a la gran cantidad de alteraciones tanto químicas como físicas que

sufre por medio de procesos naturales y espontáneos. La corrosión de los materiales de construcción como el acero, lleva a grandes pérdidas de inventario y descomposición de tal en las edificaciones, por lo que es necesario tomar estrategias de protección para evitar estos efectos negativos. Dentro de estas tácticas de protección, se encuentra la galvanización, que será explicada a continuación.

El galvanizado consta de “la inmersión de piezas de acero en zinc fundido para protegerlas de la corrosión y potenciar su fortaleza mecánica a los golpes y a la abrasión”[12]. La capa de zinc que se aplica al acero no es solamente una lámina delgada, sino que representa una unión metalúrgica con el acero, creando una aleación entre ambos elementos metálicos de composiciones desiguales.

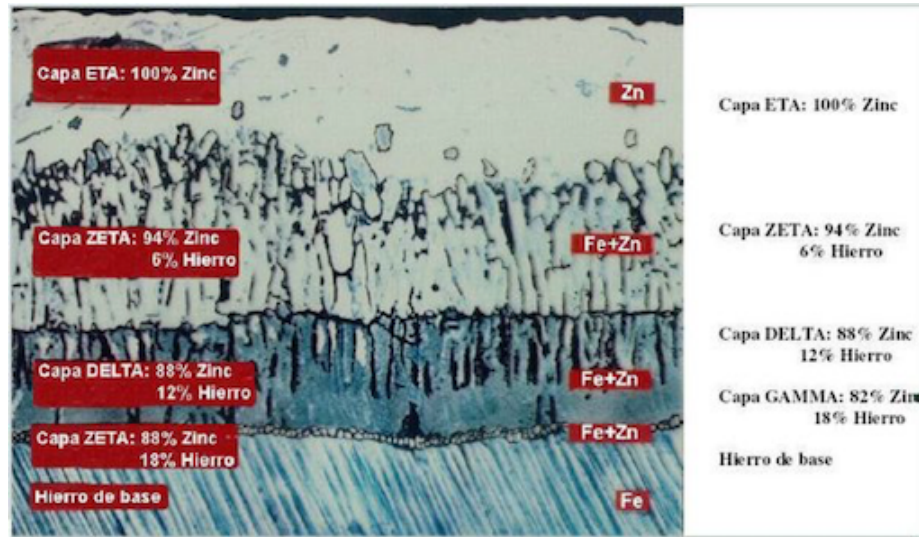


Figura 5: Muestra de las capas del galvanizado.[13]

Se pueden encontrar diferentes maneras para aplicar esta protección galvanizada tales como el proceso que se aplica a bobinas de espesores inferiores a 2,5mm en procesos continuos por inmersión en caliente o por electrodeposición; y en procesos que se aplican a estructuras y/o perfiles pesados por inmersión de las piezas en cubas.

Dentro de las ventajas de la galvanización, se encuentra la gran durabilidad que le brinda al material porque no solamente protege de la corrosión, sino que de cualquier otro agente externo, además permite el ahorro en costos de mantenimiento, y es permitido ser utilizado en una gran variedad de piezas.

5.4. Comparativa entre el acero galvanizado formado en frío y la madera

Los principales materiales utilizados por la industria constructora son el acero, la madera y el hormigón. Tanto el acero galvanizado como la madera pueden ser útiles para la construcción de una estructura estable, sin embargo, cuando se trabaja con

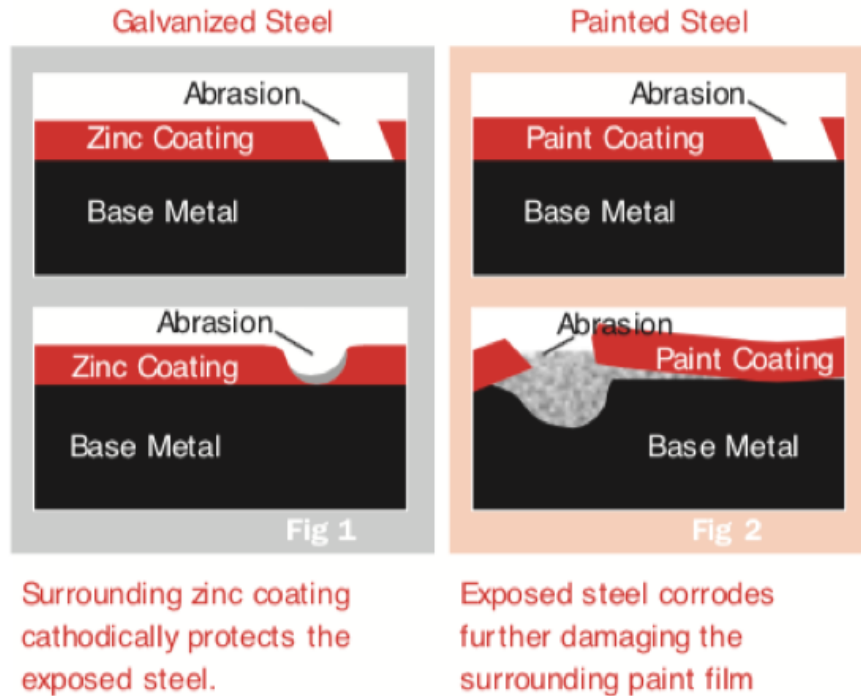


Figura 6: Muestra de las capas del galvanizado.

madera, es necesario hacerlo en dirección a la fibra y sin mucha preocupación por el peso; mientras el acero también puede soportar fuertes pesos, pero con compresión puede dar problemas por el pandeo.

Es necesario considerar aspectos para edificación, como lo son las deformaciones, vibraciones, pandeos, vuelcos y cálculos en situación de fuego, por lo que se puede decir que no se sabe con seguridad cuál es el mejor material para una construcción hasta que se conoce plenamente los aspectos externos y las variables internas del proyecto, por lo que el conocimiento de los distintos materiales ayuda al dimensionamiento y hallar la mejor solución.[14]

Tanto el acero como la madera pueden llegar a ser de bajo costo, son reciclables y son durables si son cuidados de la mejor manera, así como son muy convenientes como materiales estructurales. Sin embargo, el acero tiene una mejor resistencia a la fuerza de tensión y también tienen más posibilidades de sobrevivir a los desastres naturales comparación de la madera. Pero la madera tiene una buena capacidad en absorber energía y resistir cargas de impacto.

El humano ha utilizado la madera desde el inicio de los tiempos y le ha permitido edificar de manera estable y duradera por mucho tiempo. Y además la madera requiere menos procedimientos y energía para ser procesada, en cambio el acero requiere un sistema de desarrollo más extenso y hasta cierto punto hasta más costoso de conseguir. Incluso se podría usar tanto la madera como el acero en una misma construcción, para obtener los beneficios de ambas, siempre y cuando esté de acuerdo con los fines de la

situación.[15]

El acero ha competido con el plástico en ser el material más reciclado desde 2001 así reciclando alrededor de 95 millones de toneladas al año. A continuación, se muestran ciertas ventajas del acero:

- En los Estados Unidos crean el nuevo acero reciclado a base de latas, partes de vehículos, materiales de construcción, etc.
- En el país mencionado, el 67 % de los productos de acero son reciclados.
- Al reciclar el acero se reduce el uso de residuos sólidos lo cual favorece al disminuir el uso de los recursos naturales.
- Un año de reciclaje del acero equivale a un ahorro de energía de 18 millones de casas al año.
- Por cada tonelada de acero se ahorran 2,500 libras de hierro, 1,400 libras de carbono y 120 libras de caliza.
- Actualmente, todos los materiales de acero liviano contienen al menos 25 % de acero reciclado con la posibilidad de llegar al 100 %.
- El ahorro de 2 % de acero equivale al ahorro de 20 % de madera.
- Es más económico crear acero reciclado que crear el acero normal.
- El 30 % reciclado es el máximo que puede tener un acero para tener las mismas cualidades en un acero normal.
- Es recomendable el uso del acero debido a mejor reciclaje, aparte tiene mejor durabilidad y esto hace que se consuma menos.[16]


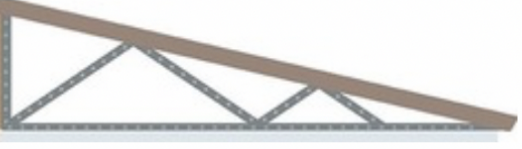














<p style="text-align: center;">Madera</p> 	<p style="text-align: center;">Acero formado en frío</p> 
 <p><u>Uso universal:</u> La madera es uno de los materiales más usados en el mundo para las estructuras de una vivienda, es popular por su construcción.</p>	 <p><u>Libre de termitas:</u> 100% libre de termitas, químicos y pesticidas.</p>
 <p><u>Aislamiento acústico:</u> La madera cuenta con excelentes propiedades de aislamiento acústico</p>	 <p><u>Resistencia y durabilidad:</u> Todas las conexiones están diseñados mecánicamente para evitar separaciones por esfuerzos.</p>
 <p><u>Material reciclable:</u> A pesar de que el acero también es reciclable, es recomendable reciclar la madera para evitar la tala de árboles.</p>	 <p><u>Mantenimiento mínimo:</u> Debido a sus características durables, opta de un buen rendimiento y no requiere mantenimiento periódico.</p>
 <p><u>Económico:</u> Dependiendo del diseño de la vivienda, el material puede ser muy económico para la estructura de la casa.</p>	 <p><u>Ingeniería dirigida:</u> Cuenta con la ingeniería que permite cumplir los estándares con exactitud y con tecnología certificada para su elaboración.</p>
 <p><u>Garantía estructural:</u> El material ofrece una garantía estructural de 25 años.</p>	 <p><u>Flexibilidad de diseño:</u> Utilizando este material permite crear una longitud de luz más larga para diferentes elementos estructurales.</p>
 <p><u>Velocidad de producción:</u> En la industria de la madera existe una mayor velocidad de producción para la construcción de las viviendas.</p>	 <p><u>Seguridad:</u> El acero es menos inflamable y no requiere químicos para su cuidado.</p>
 <p><u>Libertad de diseño:</u> Este material permite al diseñador crear cualquier diseño arquitectónico y estructural.</p>	 <p><u>Garantía estructural:</u> El material ofrece una garantía estructural de 50 años.</p>

Figura 7: Muestra de las capas del galvanizado.

5.5. Normativas y reglamentos

5.5.1. ASTM

La American Society for Testing and Materials International, es una de las organizaciones internacionales más grandes, que trabaja para el desarrollo de normas, fundada de en 1898 en Estados Unidos. Están definidas aproximadamente 12,000 normas de consenso voluntario, establecidas por ASTM y vigentes a nivel mundial. El trabajo de esta organización se aplica a casi todas las áreas, desde el uso del acero, hasta la sustentabilidad ambiental, ayudando a mejorar la calidad de vida de muchas personas diariamente. [17]

ASTM International y la industria global de la construcción se han asociado durante mucho tiempo para promover el progreso y la innovación en la construcción de viviendas, oficinas y otras instalaciones en todo el mundo.

Hoy, más de 2,000 estándares internacionales de ASTM respaldan la construcción de edificios que resistirán la prueba del tiempo. Estas normas son obra de numerosos comités técnicos. La experiencia colectiva de estos comités se refleja en los Estándares ASTM en Códigos de Construcción, que incluyen estándares para ayudar a diseñar edificios que cumplan con requisitos ante los códigos internacionales de construcción.

Las normas se han creado en base a los principios del Convenio de barreras técnicas al comercio del World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement. La creación es un proceso abierto y transparente; permitiendo que individuos y gobiernos participen directamente en una decisión global. [18]

Se utilizan para proyectos de desarrollo, aceptación de proyectos, sistemas de calidad, investigaciones, comprobación y transacciones comerciales a escala mundial, que se reconoce como unos de los más importantes componentes de estrategias de comercio en la actualidad.[19]

5.5.2. AISI

El American Iron and Steel Institute es una asociación norteamericana de producción de acero y una de las más antiguas corporaciones de comercio en Estados Unidos desde 1855. A lo largo los años, AISI ha estado adaptándose a las necesidades y deseos del mercado de la industria del acero. Hasta ahora, de las afiliaciones extranjeras que se cuentan con esta organización, son principalmente productores mexicanos y canadienses. [20]

Este instituto, además de encargarse de las estadísticas de la industria del acero y programas públicos de políticas, continúa también estimulando programas de desarrollo e investigación enfocados en eficiencia ambiental de energía durante el proceso de creación de acero. Todos estos programas, algunos con la cooperación de agentes

externos como el gobierno, ha logrado brindar a los participantes de la industria más conocimiento que se verá desarrollado en el proceso de comercialización en el mercado. [21]

El desarrollo de esta empresa se debe a la necesidad de una agencia en la industria del acero para implementar y difundir las estadísticas y conocimiento para así llevar a cabo investigaciones y promover los intereses de la industria. La misión de AISI es:

“Influir en las políticas públicas, educar y dar forma a la opinión pública en apoyo de una industria del acero fuerte y sostenible de Estados Unidos y América del Norte comprometida con la fabricación de productos que satisfagan las necesidades de la sociedad.”[22]

Para este trabajo de investigación se utilizarán las normas de AISI para la elaboración de los chequeos estructurales de la vivienda diseñada.

5.5.3. AISC

Los estándares del Instituto Americano de Construcción de Acero, por sus siglas en inglés AISC (American Institute of Steel Construction), se estableció en el año 1921 en Chicago, se dirigen a la comunidad de la industria de la construcción y diseño de los Estados Unidos para la edificación de estructuras innovadoras de acero. Documentos disponibles dentro de esta colección, permiten certificación de calidad, estandarización y desarrollo del mercado. Además, se aplican a escritura de especificaciones, investigación estructural, desarrollo del diseño y estándares de rendimiento. [23]

Los estándares AISC permiten: 1) asegurar la integridad estructural, 2) enfatizar la innovación y 3) seguir siendo competitivos a nivel mundial. El objetivo de este instituto es que el acero estructural se vuelva la mejor opción de material para construir. Provee criterios de diseño para casos de construcción que se dan con más frecuencia, a comparación de aquellos que no son de frecuentes que aparecen con un rango de diseño más amplio.

Dentro de los métodos de diseño según el AISC, se encuentran los sistemas de ASD y el de LRFD. El ASD es un sistema que se utiliza por ley en las instituciones públicas en cualquier país, este método es un requisito mínimo, aunque puede variar según el caso y se puede usar LRFD dependiendo de la magnitud del proyecto.

El propósito de ASD es trabajar en diseños elásticos dependiendo de cómo se vea en el gráfico de esfuerzo-deformación. Para ello, se utilizan combinaciones de carga no factorizadas, ya que su esfuerzo máximo llega hasta el esfuerzo de fluencia del acero estructurado. [24]

5.5.4. AGIES

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) fundada en 1996, se caracteriza por ser una entidad privada no lucrativa, académica, gremial formativa, cultural y científica. Esta organización promueve la investigación científica y tecnológica de las estructuras, sismología y áreas parecidas dentro de estos criterios. Además, se encarga del mejoramiento de los niveles docentes y profesionales en los campos de la ingeniería estructural y sísmica. Finalmente, promueve el uso de recursos materiales y humanos en su mayor expresión.

La finalidad de la AGIES se centra en los siguientes puntos: estimular la investigación científica y tecnológica estructuras y sismología; elaborar y divulgar de información técnica en la competencia; fomentar el uso de reglamentaciones de diseño estructural, para construir obras seguras y económicas; contribuir a la divulgación e intercambio de conocimientos técnicos, y velar por el cumplimiento de reglas de diseño para edificar de la mejor manera en todo el territorio nacional.

En 2007, el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda emitió el Acuerdo Ministerial por medio del cual se adoptaron, las normas técnicas de diseño y construcción elaboradas por AGIES. En 2010, estas reglas se les dio el nombre de “Normas de Seguridad Estructural”. [25]

Las Normas de Seguridad Estructural (NSE) son estándares para poder ser utilizadas fácilmente por ingenieros, diseñadores y constructores de cualquier tipo. Estas normas han sido adoptadas por una gran variedad de instituciones, así siendo la base para el diseño sísmico resistente de las edificaciones. Actualmente, existen once reglas NSE, que son las siguientes:

- NSE 1-Generalidades, administración del reglamento y supervisión técnica.
- NSE 2-Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección.
- NSE 3-Diseño estructural de edificaciones.
- NSE 4-Requisitos prescriptivos para vivienda y edificaciones menores de uno y dos niveles.
- NSE 5-Requisitos para obras de infraestructura y obras especiales.
- NSE 6-Requisitos para obra existente: disminución de riesgos, evaluación y rehabilitación.
- NSE 7-Requisitos especiales para sistemas constructivos.
- NSE 8-Requisitos de protección contra incendios.
- NSE 9-Requisitos urbanísticos y arquitectónicos.
- NSE 10-Requisitos especiales de ocupación funcionalidad, habitabilidad y sostenibilidad.

- NSE 11-Instalaciones y servicios especiales (instalaciones eléctricas, agua, drenajes, instalaciones mecánicas, elevadores, intercomunicación, telefonía).

Además de su trabajo en la creación de normativas, AGIES ha participado de proyectos interinstitucionales, en donde ha llevado a cabo estudios técnicos y publicados documentos. Actualmente, esta institución tiene 155 miembros y actualiza las NSE. Está también en proceso de elaboración de guías de utilización de las normas para facilitar su comprensión y lograr la correcta utilización de estas. [26]

5.5.5. Código Técnico de la Edificación (CTE)

El CTE es el marco español que determina las normas y requisitos que se deben seguir en cuanto a la construcción de cualquier tipo de edificio, está diseñada a base de todas las exigencias de habitabilidad y seguridad.

Dentro de las exigencias de calidad del CTE, se encuentran varios tipos de seguridad, como lo son la seguridad contra incendios, la seguridad de utilización y la seguridad estructural. Y dentro de la seguridad de habitabilidad se pueden encontrar el ahorro de energía, protección contra sonido y salubridad.

La finalidad del CTE es brindarle a la sociedad seguridad en que los proyectos cuenten de gran exigencia de calidad; y por medio de las normas, llegar a garantizar el desarrollo sostenible y protección del cliente a toda costa. Estas normas, se aplican no solo a los nuevos edificios que se construirán, sino también a las intervenciones en proyectos civiles existentes, por medio de remodelaciones, ampliaciones, etc.

El CTE ha permitido que en toda la industria constructora y otras áreas relacionadas cumplan con la normativa para edificar en cualquier espacio España. Una de las novedades más importantes de este sistema, ha sido la implementación de enfoque por objetivos o prestaciones, que determinan aspectos objetivos con lo que tiene que contar una edificación para ser rentable y beneficioso para cualquier persona.

Es encargado de enunciar los principios que se deberían de cumplir en la edificación, sin embargo deja a criterio del constructor la manera en que estas reglas se llegarán a esta particularidad permite una configuración más flexible en cuanto al entorno normativo de la construcción.

Asimismo, favorece el desarrollo de tareas de investigación e innovación, como también el incremento del uso de tecnologías nuevas en el sector de la construcción. Al integrar de forma directa los avances logrados, el enfoque de exigencias permite la utilización de técnicas innovadoras aun tomando en cuenta los elementos y métodos tradicionales de la construcción. [27]

5.6. Instituciones gubernamentales

5.6.1. FHA

El Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas se creó en 1961 gracias al gran interés de la Comisión de Viviendas del Congreso de la República y además de la creciente inquietud de muchos guatemaltecos por aligerar la situación de carencia por medio del crecimiento de construcción de casas en toda la región. Se inició con el sistema de la hipoteca al igual que en muchos países similares a Guatemala donde existían problemas similares y una búsqueda de obtener casa propia.

El objetivo de este instituto fue de fomentar la construcción en gran escala de viviendas, por medio de inversionistas de capital privado quienes estaban asegurados del retorno de la inversión. Además, su fin es facilitar a los guatemaltecos la oportunidad de adquirir una propia vivienda, asegurando financiamiento externo (entidades aprobadas). Estas entidades aprobadas son los bancos principalmente e inversionistas que otorgan préstamos para la compra de vivienda y también administran las hipotecas.

La FHA es una entidad sólida, con solvencia financiera, que le permite cumplir obligaciones y respaldar compromisos con el seguro de hipotecas. Para el aplicar a las prestaciones se debe cumplir con los requisitos de construcción establecidos por esta misma institución. Para esta investigación se utilizará las normas de las dimensiones mínimas dadas por el FHA para implementar el diseño de la vivienda popular.[28]

5.6.2. FOPAVI

El Fondo para la Vivienda (FOPAVI), es una institución del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. El objetivo de esta institución es otorgar subsidio directo y hacer más fácil el acceso a crédito para familias de bajos recursos, debido a que estas carecen de una situación inadecuada de vivienda. Para tener acceso a este subsidio, estas familias deben de cumplir con requisitos de la Ley de Vivienda, el Reglamento de la Ley y el Reglamento Operativo.

El subsidio es un aporte estatal otorgado de manera directa a familias o personas, para facilitar el acceso a un lugar para vivir digno, adecuado y saludable. Este subsidio directo puede ser tanto comunitario como individual.

El mercado objetivo del Fondo Para la Vivienda es constituido por personas o familias de las siguientes condiciones:

- Personas en situación de pobreza general: personas individuales o familia cuyo ingreso mensual en promedio no supera cuatro salarios mínimos.
- Personas en situación de pobreza extrema: personas individuales o familia cuyo ingreso promedio mensual no supera dos salarios mínimos. [29]

5.6.3. UDEVIPO

La Unidad para el Desarrollo de Vivienda Popular mejor conocida como UDEVIPO, es una dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda creada en 2002. El objetivo de esta institución es desarrollar programas, planes y proyectos de vivienda popular, así como concluir los proyectos de vivienda iniciados por BANVI (Banco Nacional de la Vivienda) el cuál ha cerrado sus instalaciones.

Como parte de sus funciones principales, además se encargan de recaudar amortizaciones para el pago de inmuebles pendientes. En caso necesario inician y finalizan los procesos contra los adjudicatarios de vivienda, para obtener el pago de las cuotas de mora y ejecución de las garantías hipotecarias.

Finalmente, es una institución sensible a las necesidades de las familias en pobreza, carentes de vivienda propia, que habitan en asentamientos. Les concierne la adjudicación y escrituración de las tierras que son propiedad del Estado de Guatemala.

5.7. Diseños en viviendas populares

5.7.1. Características de una vivienda popular en Guatemala

Se define como nivel popular o también conocido como D1, a todos aquellos hogares urbanos de nivel bajo cuyos ingresos familiares se encuentran aproximadamente entre Q5,100 a Q7,700, con un promedio de Q6,400. En los niveles socioeconómicos del país, se puede observar como estos hogares representan un 51 % del sector urbano del país. Este porcentaje representa cerca de un millón de familias, de las cuales el 37 % están ubicadas en el área metropolitana del país, y 576 mil residen en ciudades urbanas en el interior del país.

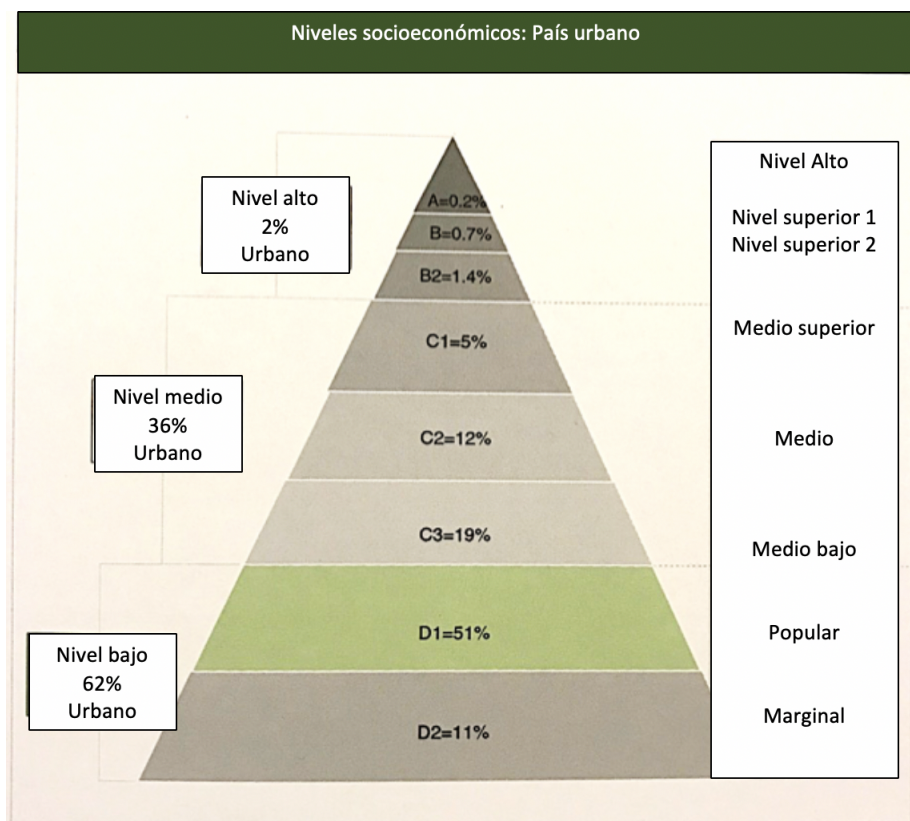


Figura 8: Niveles socioeconómicos: País urbano.

Con una economía limitada pero activa, estos hogares D1 pasan por un reto para poder llegar a este nivel, que es la creatividad en la propuesta económica. Esto se refiere a que, con sus presupuestos restringidos, estas familias deben de buscar acceder a diferentes categorías con propuestas económicas que se adapten a su realidad. Esto se ve reflejando en la capacidad de pagar a largos plazos o únicamente comprar productos con aspectos básicos de funcionamiento.



Figura 9: Familias en vivienda popular de Guatemala.

El financiamiento de este estilo de vida proviene de empleos informales o puestos operativos dentro de organizaciones formales. Estas familias viven en casas que no siempre cuentan con todas las comodidades, pero se pueden integrar a la vida moderna:

- 100 % tiene TV y 91 % TV con cable.
- 100 % tiene estufa.
- 56 % tiene computador en casa y 43 % internet



Figura 10: Hogares de vivienda popular de Guatemala.

La vivienda para este sector de la nación representa un generador de ilusión, ya que casa propia da mucho significado a estas familias en búsqueda de superación personal y alto significado emocional. Estas personas invierten en este tipo de proyectos, ya que además de representar una ilusión, satisface las necesidades y aspiraciones de los compradores. El significado de la vivienda popular para un guatemalteco en este sector es de protección, refugio, patrimonio, libertad, logro y punto de crecimiento familiar. Asimismo, 96 % de las familias en este segmento de la sociedad piensa que tener la propia casa es de suma relevancia.

Sin embargo, de personas que planean avanzar económicamente, existe una percepción económica sobrevaluada que les hace creer que es poco probable lograr crecer. El punto de vista que se ha generado hacia la compra de una vivienda popular ha llevado a creer a las familias que es algo inalcanzable con los ingresos actuales que tienen, ya que a el 84 %, los requisitos de crédito son difíciles de cumplir.



Figura 11: Hogares de vivienda popular de Guatemala.

El poder económico que cuentan estas familias en todo el país es muy alto, porque todas las familias unidas generan más de seis mil millones de quetzales al mes. Esta economía familiar está sustentada por dos o más personas, mas el nivel de bancarización es muy bajo (29 %) limitando también su capacidad de obtener un crédito formal para invertir en viviendas. El mayor porcentaje de estas familias siente que apenas les alcanzan los recursos para sustentar y pagar por los gastos mensuales. A pesar de tener un hogar, el 70 % de estas casas no son tituladas como casas propias a nombre de ellos porque muchas de estas familias alquilan viviendas.

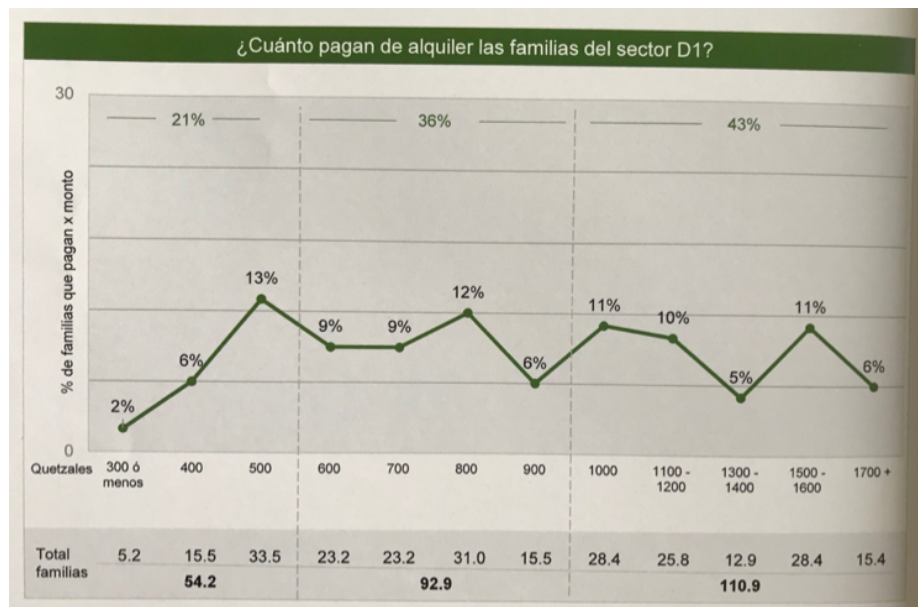


Figura 12: ¿Cuánto pagan de alquiler las familias del sector D1?

A pesar de que las casas para el sector popular representen una gran ilusión y superación, la disposición de compra que tienen sobre una nueva es muy baja. Solamente el 9 % de las familias creen que este es un buen momento y que se encuentran

económicamente capaces de invertir en una nueva vivienda. El valor promedio de un enganche mínimo para una vivienda es de Q34,124 y el 91 % de esas familias no lo consideran como una inversión accesible de realizar. Y el promedio de la mensual mínima solicitada por vivienda es de Q2,660, el cuál sólo el 13 % es capaz de poder invertirlo.

Finalmente, el mercado inmobiliario dirigido al sector D1 representa una oportunidad fuerte que aún no ha sido explotada al máximo de su capacidad en una manera eficiente. Más de 25 mil familias dentro de este sector guatemalteco estaría dispuesto a evaluar críticamente la posibilidad de invertir en una nueva vivienda que se encuentre cercana a sus capacidades económicas, ya que existe una búsqueda fuerte por tener casa a su nombre.

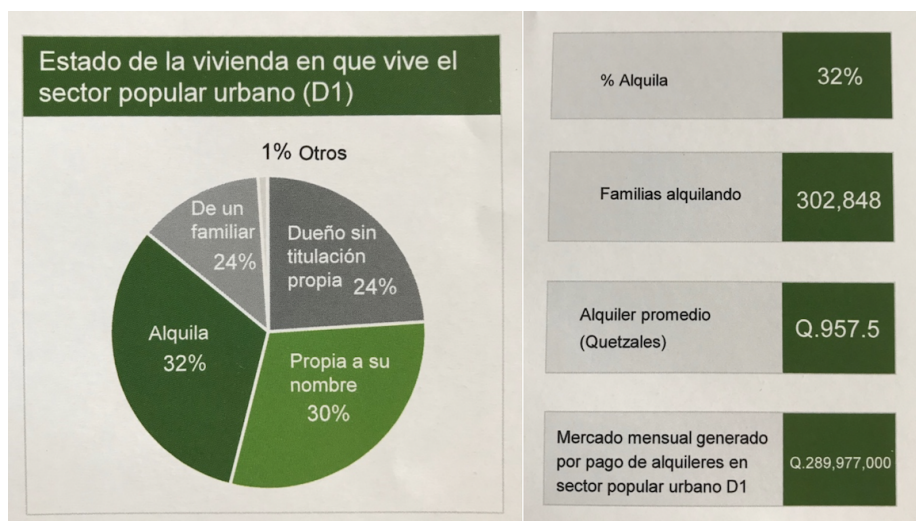


Figura 13: Estado de la vivienda en que vive el sector popular urbano.

Existe un área del mercado que está dispuesta al reto de adecuar la oferta al cliente para conseguir un hogar basando en sus posibilidades, pero también se debe de satisfacer las necesidades reales del comprador. Los principales deseos de este grupo social son un terreno con una vivienda mínima, y con valores agregados como el espacio de recreación y crecimiento familiar y personal. Si existiera una manera de tener una nueva vivienda, el sector D1 del país quisiera que la casa contara con algunas de las siguientes características:

- Relación casa/jardín: el 31 % desean que la casa fuera de un piso con menos jardín, mientras el otro 69 % de dos pisos con más jardín.
- El valor que le dan a la ubicación: 54 % de las familias prefieren una propiedad más pequeña y cercana del centro, mientras que el 46 % desea una propiedad más grande, aunque lejos del centro.
- Espacio de parqueos: la población que prefiere no tener parqueo para bajar el costo de la vivienda forma parte del 31 %.

- En donde dirigir el espacio interior: el 60 % prefiere ampliar los cuartos mientras que el otro 40 % de las familias prefieren que el espacio de la sala y cocina estén más ampliados. [30]



Figura 14: Familias en vivienda popular de Guatemala

5.7.2. Características de una vivienda rural en Guatemala

La población rural de Guatemala de 2018 representa aproximadamente un 47 % de los habitantes en la nación, que es equivalente a alrededor de 8.1 millones de personas. Estos impresionantes números han ido disminuyendo, y actualmente abarcan el territorio del país con más de 14 mil caseríos y aldeas rurales, mostrando una alta dispersión. La disminución de estas cantidades demuestra un proceso continuo de urbanización tomado por la población rural guatemalteca.

El hogar rural se caracteriza por ser más denso que el hogar urbano, ya que aproximadamente lo habitan 5.4 personas, mientras una casa metropolitana es habitada por un promedio de 4.5 personas. Asimismo, la alta densidad encontrada en estos hogares contrasta inversamente con la cantidad de habitaciones dentro de la misma. Por lo que es muy común observar a padres e hijos durmiendo en el mismo cuarto, porque el promedio estas viviendas solo tienen como máximo dos cuartos. El 47 % de la población guatemalteca es rural y aproximadamente 645.5 miles de esos hogares solamente tienen 2 cuartos (el 43 %). El 48 % de las familias del área rural están conscientes de que deberían de tener máximo tres hijos.

Por otro lado, la construcción de estas casas se caracteriza por pisos de tierra y la mayor parte de las paredes son de block, aunque muchas aún son de madera o adobe. Por otro lado, el techo de un hogar rural es en la mayoría de los casos construido de lámina, seguido por la teja. El baño es casi siempre un pozo ciego ya que solamente el 33 % cuenta con inodoros, la mayoría no cuenta con regadera y la cocina se realiza con leña.



Figura 15: Hogares rurales de Guatemala

La vivienda rural en Guatemala es generalmente pobre o extremadamente pobre, el 47% de la población solo representa un 7% de los ingresos anuales de la nación. Casi 40% de estos hogares sobreviven con un ingreso de 800 o menos quetzales al mes, y aproximadamente los gastos de alimentación y mantenimiento representan casi el 94% de los ingresos promedio de este sector. Los ingresos se reciben por lo general al día o a la semana casi siempre por los hombres en la casa, que se dedican en su mayoría a trabajos fuera de la casa como agricultor.

En Alta Verapaz, existe una población de 1.37 millones de habitantes y 230.5 miles de hogares, en Baja Verapaz 0.32 millones y 68.2 miles de hogares, y en el departamento de Guatemala un total de 3.49 millones de personas y 840.8 miles de hogares. Los hogares rurales más poblados se encuentran en Alta Verapaz, con un promedio de 6.1 habitantes por hogar.

Se ha decidido llevar a cabo la implementación de vivienda de acero formado en la región de Cobán, Alta Verapaz porque es una ciudad con una gran densidad poblacional y además está alejado de los volcanes que generan ceniza volcánica.

Perfil por departamento				
	Población Total	% sobre Total Pob.	Población Rural	% sobre Total Rural
1. Huehuetenango	1,353,210	7.8%	997,504	12.4%
2. Alta Verapaz	1,371,229	7.9%	958,873	11.9%
3. San Marcos	1,199,615	6.9%	885,427	11.0%
4. Quiché	1,199,553	6.9%	754,016	9.4%
5. Petén	809,215	4.7%	450,118	5.6%
6. Jutiapa	503,369	2.9%	390,591	4.8%
7. Chimaltenango	743,055	4.3%	330,081	4.1%
8. Chiquimula	435,511	2.5%	328,566	4.1%
9. Quetzaltenango	921,010	5.3%	317,942	3.9%
10. Izabal	489,449	2.8%	309,962	3.8%
11. Escuintla	804,515	4.6%	309,254	3.8%

Perfil por departamento (continuación)				
	Población Total	% sobre Total Pob.	Población Rural	% sobre Total Rural
12. Totonicapán	585,578	3.4%	289,778	3.6%
13. Suchitepéquez	609,987	3.5%	271,552	3.4%
14. Santa Rosa	398,717	2.3%	268,343	3.3%
15. Sololá	533,956	3.1%	245,605	3.0%
16. Jalapa	385,959	2.2%	239,296	3.0%
17. Baja Verapaz	323,294	1.9%	235,303	2.9%
18. Zacapa	249,214	1.4%	160,635	2.0%
19. Retalhuleu	355,045	2.1%	149,777	1.9%
20. El Progreso	178,387	1.0%	113,096	1.4%
21. Sacatepéquez	363,073	2.1%	55,956	0.7%
22. Guatemala	3,489,142	20.2%	0	0.0%

Figura 16: Perfil por departamento

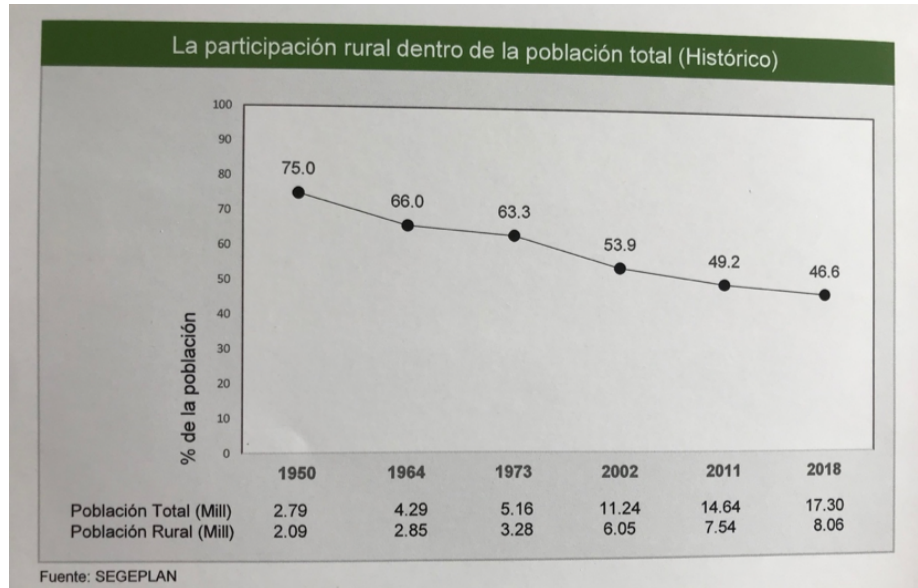


Figura 17: La participación rural dentro de la población total

En la gráfica anterior se puede observar que el porcentaje de la población rural ha disminuido un 28.4% en los últimos 68 lo cual es un factor positivo pero debido al incremento poblacional, la población rural ha aumentado un 74% a lo largo de los años.

La mayoría de los hogares consta de un rango de 3 a 8 habitantes y con un promedio de 2.07 cuartos por hogar lo cual se define como una de las mayores necesidades que tienen estas personas.

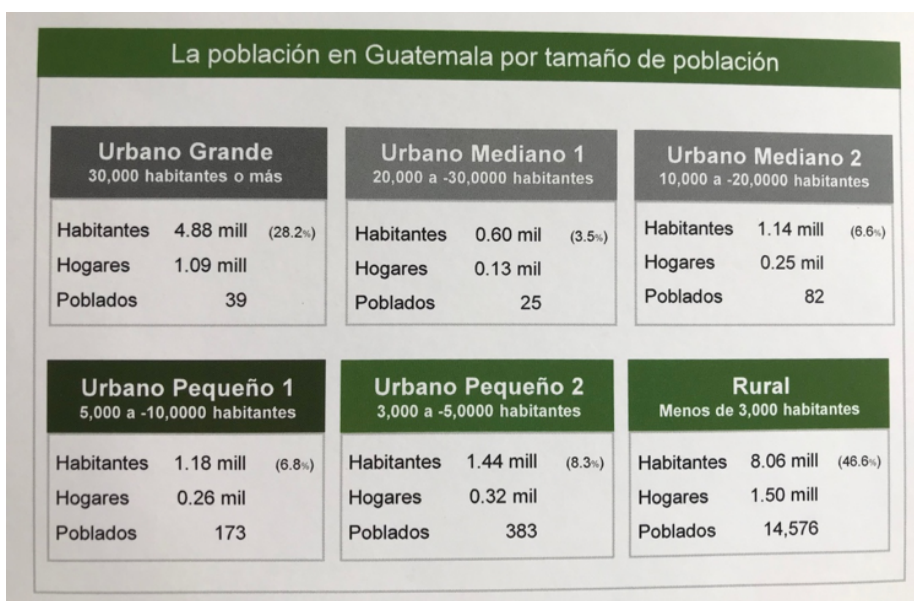


Figura 18: La población en Guatemala por tamaño de población

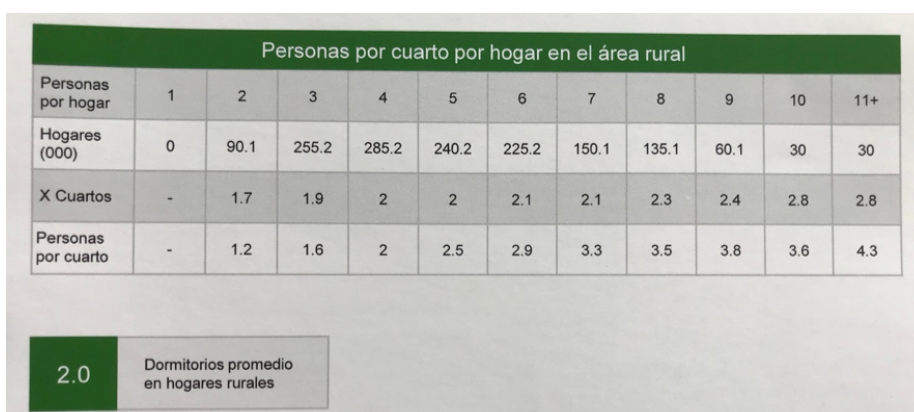


Figura 19: Personas por cuarto por hogar en el área rural

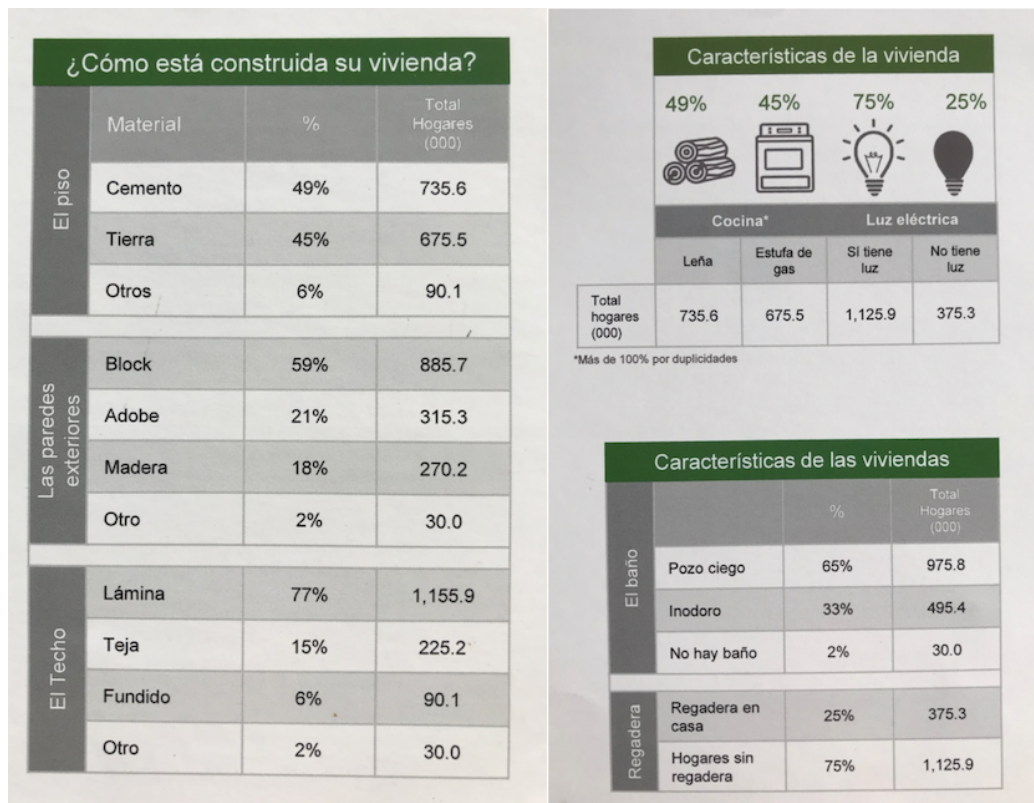


Figura 20: Características de la vivienda rural

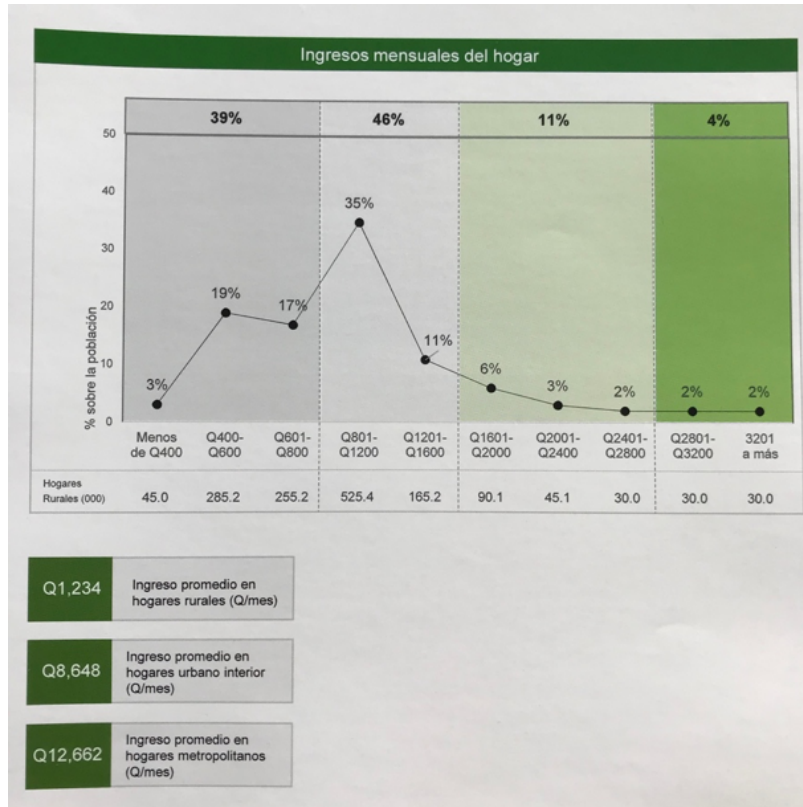


Figura 21: Ingresos mensuales del hogar

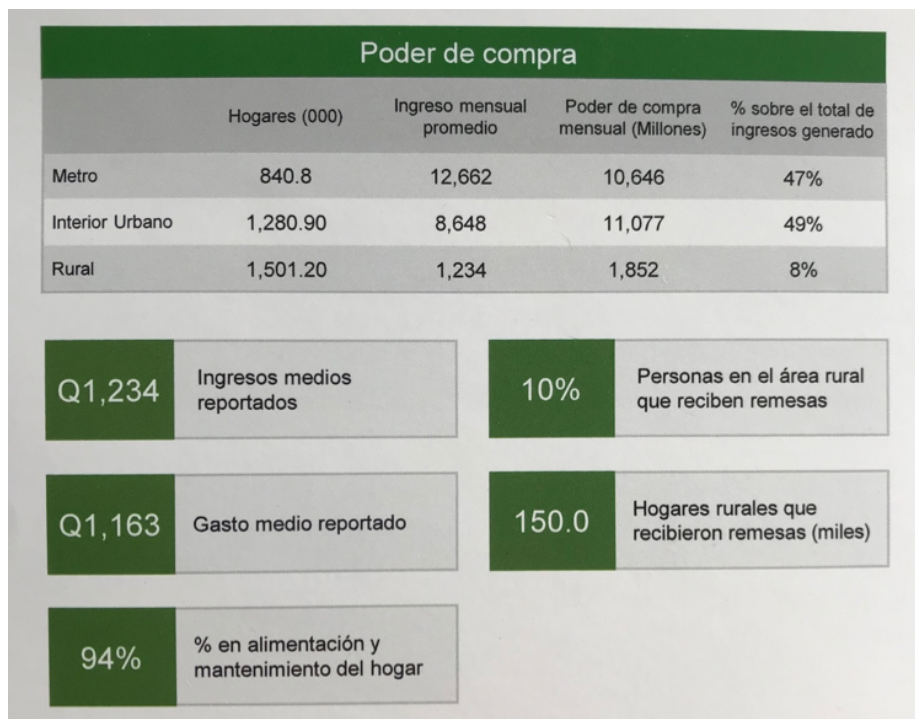


Figura 22: Poder de compra en el sector rural [31]

5.7.3. Alejandro Aravena

Alejandro Gaston Aravena Mori, ganador del Premio Pritzker de Arquitectura 2016, nació el 22 de junio de 1967, en Santiago, Chile, y se graduó como arquitecto en la Universidad Católica de Chile en 1992. Dos años después, fundó su propio estudio, Alejandro Aravena Arquitectos y desde 2001 ha dirigido ELEMENTAL, un "Do Tank" centrado en proyectos de interés público y de impacto social, que incluye temas relacionados a la vivienda, espacio público, infraestructura y transporte. Fue miembro del Jurado del Premio Pritzker y nombrado International Fellow of the Royal Institute of British Architects.

ELEMENTAL tiene obras en Chile, Estados Unidos, México, China y Suiza. Después del terremoto de 2010 y el tsunami que afectó a Chile, ELEMENTAL fue convocado para colaborar en la reconstrucción de la ciudad de Constitución, Chile.[32]



Figura 23: Casas de Quinta Monroy



Figura 24: Diseño de condominio de casas Monterrey



Figura 25: Primera fase de las casas de Villa Verde



Figura 26: Segunda fase de las casas de Villa Verde



Figura 27: Diseño del exterior de la casa ELEMENTAL



Figura 28: Diseño del interior de la casa ELEMENTAL [33]

5.8. Materiales para aislamiento

5.8.1. Vidrio celular

El vidrio celular se obtiene por medio de la fusión de polvo vítreo, que es obtenido generalmente del reciclaje de vidrio blanco. Por procesos termoquímicos, el polvo se vuelve un material esponjoso con burbujas en vacío parcial. Gracias a este proceso, se logra formar un material similar en aspecto a la piedra pómez, aunque más poroso y de una conductividad térmica muy baja.



Figura 29: Muestra del vidrio celular [34]

Estas placas pueden tener dimensiones variadas dependiendo del uso. Las dimensiones de estas placas son mayormente de 30 a 50 centímetros de ancho, 50 a 100 centímetros de longitud y 1.3 a 4 centímetros de grosor. Es un material ligero y rígido, impermeable al agua y al vapor, y de gran resistencia al fuego.

Las placas de vidrio celular se utilizan para impedir puentes térmicos, o incluso como un aislante de suelos, paredes y techos, gracias a su resistencia al paso de agua. Además, se utiliza en techos en lugares que son muy húmedos o sectores sanitarios, ya que impide la formación de hongos y bacterias. [34]

5.8.2. Vidrio fibroso

La fibra de vidrio es un material obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos en dirección vertical. Cuando el vidrio se vuelve sólido llega a tener suficiente flexibilidad para ser utilizado como una fibra.

Es altamente resistente, muy maleable, liviano, es bien dieléctrico y es un buen aislador térmico, ya que soporta altas temperaturas y no es inflamable. Por otro lado, no produce gases tóxicos y es inerte a muchas sustancias como los ácidos.



Figura 30: Fibra de vidrio [35]

Existen cinco grupos:

- a) Tipo E: Más empleado, se caracteriza por sus propiedades dieléctricas, representa el 90 % de refuerzo para compuestos. Se emplea en construcción, automoción, accesorios de deporte y usos industriales.
- b) Tipo R: Buenas prestaciones mecánicas, aumentando significativamente su demanda en los sectores de aviación, espacial y armamento. Además, se utiliza en el mundo de las telecomunicaciones y otros usos comerciales.
- c) Tipo D: Excelente poder dieléctrico, por lo que se aplica en radares, ventanas electromagnéticas, circuitos impresos de alta gama, entre otros. Se utiliza para compuestos permeables.
- d) Tipo AR: Posee un alto contenido en óxido de circonio, el cuál les confiere una buena resistencia a los álcalis. Se utiliza como fibra de refuerzo en morteros.
- e) Tipo C: Alta resistencia a agentes químicos. Se utiliza en productos como material para techos, tanques de agua, tinas de baño, barcos, etc.

5.8.3. Perlita

Algunos usos de la perlita incluyen la construcción de mampostería, el cemento y los apósitos de yeso y el aislamiento de relleno suelto. La perlita también se utiliza en productos farmacéuticos y en la filtración de agua de piscinas municipales, así como en productos abrasivos para pulir, desinfectar y jabones. La perlita en el suelo de macetas es un aditivo no orgánico que se usa para airear los medios.

La perlita es parte del vidrio volcánico (SiO_2) que se extrae en todo el mundo y consta de un porcentaje de agua alto, típicamente formado por la hidratación de la

obsidiana. Y tiene la propiedad inusual de expandirse de manera volumétrica en gran medida cuando se calienta lo suficiente. Es un mineral industrial y comercialmente útil por su baja densidad.

Se emplea como aglomerante en los morteros, aislantes y hormigón en relleno de cámara y en ladrillos refractarios. Además, se usa en prefabricados aislantes y ligeros, como revoque acústico y térmico y como protector ante el fuego en variadas estructuras. [36]



Figura 31: Material de la perlita [37]

5.8.4. Espuma de poliestireno

Es importante distinguir entre las dos formas de espuma de poliestireno, la espuma blanca expandida no es un material estructural, pero la espuma azul sí lo es, y es utilizada para los núcleos de muchas estructuras ligeras de aviones.

La espuma de poliestireno tiene dos ventajas importantes, una es la posibilidad de hacer cortes y tallados sin producir gases tóxicos. La otra ventaja es la resistencia y tenacidad, que permiten que sea apropiado para el revestimiento que permite obtener núcleos estructurales de un desempeño superior. Una notable desventaja es la baja resistencia ante varios solventes, en particular con el estireno y con la gasolina. Sin embargo, si se usan resinas epoxiadas, es más resistente ante el estireno.

Esta espuma se usa mayormente en la industria de la construcción y el embalaje. Existen tipos de espuma, la de célula cerrada es usada como un aislante térmico barato, ya que responde a necesidades comunes en el mercado.

Su forma de presentación es en planchas de tamaños y espesores distintos dependiendo de la necesidad de cada cliente, con una densidad estándar de $10\text{kg}/\text{m}^3$

hasta $30\text{kg}/\text{m}^3$. se puede transformar a piezas cortadas, fresadas, placas, sándwich con otros materiales, laminación de adhesivos, recubrimientos, entre otros. Sus aplicaciones principales son de aislamiento térmico, protección y como soporte. Algunos sectores del mercado en los que se aplica este material son en la industria de la construcción, de electrodomésticos, o en usos industriales en general. [38]



Figura 32: Tabla de poliestireno [39]

5.8.5. Espuma de uretano

Este tipo de espuma es formado a base de una reacción química de dos compuestos: polioli e isocianato, a pesar de que son necesario múltiples variantes y aditivos para su formulación. La reacción química emite gases como dióxido de carbono, por lo que forma burbujas en el material.

Gracias al detallado procedimiento de fabricación, la mayoría de estas espumas son muy similares entre sí, tomando en cuenta su densidad, resistencia, elasticidad y elongación. Se puede llegar a obtener firmeza y flexibilidad por medio de estas características en su formación. Algunas de las marcas internacionales reconocidas por producir este material, son: Bayer, Basf, Down y Shell. [40]

El poliuretano flexible está fabricado esencialmente de los siguientes productos:

- Polioli (Polioxipropilenglicol) en un 55 % a 70 % aproximadamente
- TDI (Di-isocianato de Tolueno) en un 25 % a 35 %



Figura 33: Tabla de espuma de uretano [41]

- Agua
- Catalizador metálico (Octoato estañoso)
- Surfactante o estabilizador
- Agente soplante auxiliar
- Colorantes
- Aditivos (Retardantes a la flama, Antiestáticos, Antioxidantes, etc.) [41]

5.8.6. Impermeabilizante

Se le conoce al impermeabilizante como un material que impide el paso del agua, protegiendo la superficie a la que se le aplica. Hay una gran variedad de materiales y productos que ofrecen este tipo de protección impermeabilizante, pero es importante saber diferenciar que existen unos que los hacen mejor que otros. [42]

Existen diferentes tipos de impermeabilizantes, el primero es el impermeabilizante en rollo el cual cuenta con membranas líquidas que se crean con la aplicación de una fina capa de imprimación, seguido de otras capas de polímeros.

El otro tipo es el impermeabilizante en líquido que es un elastomérico elaborado a base de resinas estiren acrílicas y pigmentos que le proporcionan propiedades de adherencia, elasticidad, reflectividad y duración. El impermeabilizante en rollo se usa como recubrimiento impermeable y decorativo en techos de concreto, asbesto-cemento, entre otros, en casas habitación, hoteles, fábricas, bodegas, etc.

También existe el impermeabilizante con refuerzo de poliéster, que es una membrana asfáltica (estireno butadieno-estireno) y cuenta con diferentes acabados en la cara superior de gravilla esmaltada, al exterior puede contener arena o polietileno liso. Por sus características fisicoquímicas proporciona excelente resistencia, durabilidad y elasticidad para ser empleado en lugares con alta temperatura y/o climas con temperaturas bajas moderadas para impermeabilizar superficies con medianos movimientos térmico-estructurales.



Figura 34: Aplicación del impermeabilizante en líquido [42]



Figura 35: Aplicación del impermeabilizante asfáltico [42]

6.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es elaborar un diseño arquitectónico con las propiedades satisfactorias para una vivienda de interés social para así utilizarlo en este trabajo de investigación. El Arquitecto Alejandro Aravena mencionó que muchos habitantes de bajos recursos son capaces de pagar solamente la mitad de una casa del tamaño ideal. Entonces obtuvo la idea de diseñar una vivienda con un método de construcción distinto a las demás viviendas. Este método permite que los habitantes inviertan solamente una mayor parte de la casa y construir solamente la parte invertida de la vivienda.

Una vez estas personas ya cuenten con la capacidad de invertir en el resto de la vivienda, es posible agrandar al tamaño ideal para satisfacer las necesidades del espacio de la familia. Asimismo, Aravena diseñó múltiples diseños que satisfacen este método y para este trabajo de investigación se planteó en utilizar su diseño de la casa tipo Villa Verde, pero sus dimensiones no cumplen con los requerimientos mínimos dimensionales de la norma del FHA.

Es importante cumplir con los detalles arquitectónicos para permitir que los habitantes del sector Popular Urbano puedan solicitar un préstamo bancario y así construir su casa que necesiten. Sin embargo, se creará un diseño similar al de Villa Verde que pueda cumplir con los requerimientos dimensionales.

Por último, se observarán los diseños actuales que existen en sector Vivienda Popular para así compararlos y discutir las ventajas y desventajas del diseño a utilizar.

6.2. Ideas y ejemplos de vivienda

6.2.1. Método de Alejandro Aravena

Uno de los diseños de vivienda creado por Alejandro Aravena es la Villa Verde en el cual consiste en utilizar el método de dos fases de construcción para que la familia de escasos recursos pueda invertir por cuotas solamente en la mitad de la vivienda y luego invertir en la otra mitad cuando consigan los recursos. La vivienda es de dos niveles y cuenta con un total de cuatro habitaciones, un baño en el primer nivel, un comedor-sala, cocina-comedor y la lavandería en el patio.

A continuación, se muestran los planos del diseño mencionado:

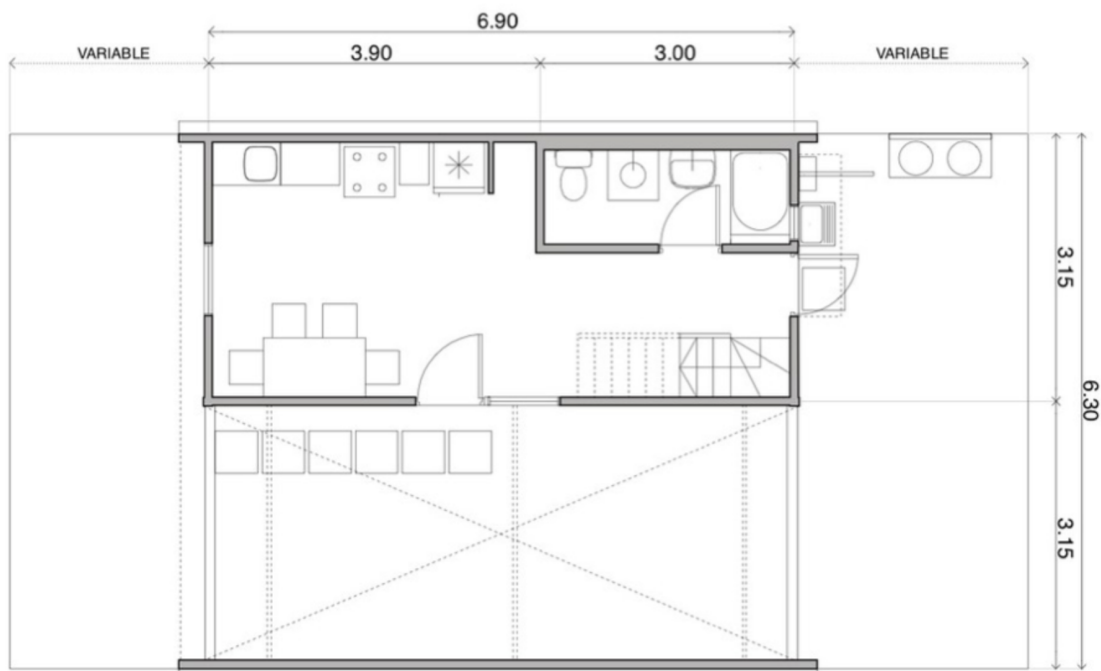


Figura 36: Plano del nivel 1 de la Fase 1 de la vivienda Villa Verde

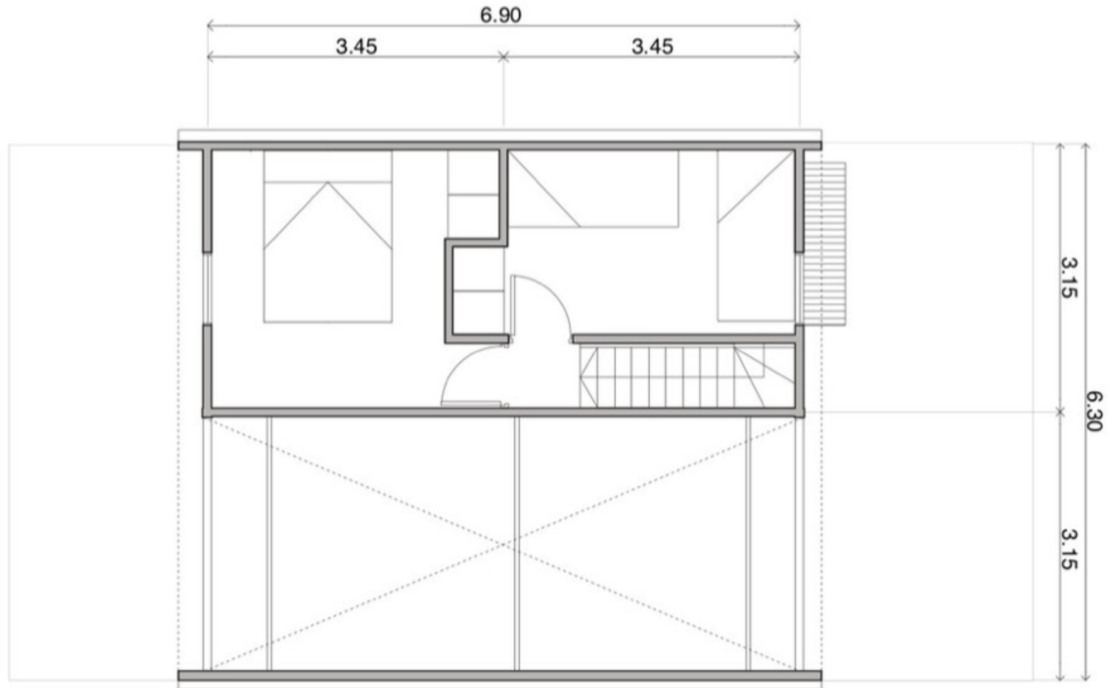


Figura 37: Plano del nivel 2 de la Fase 1 de la vivienda Villa Verde

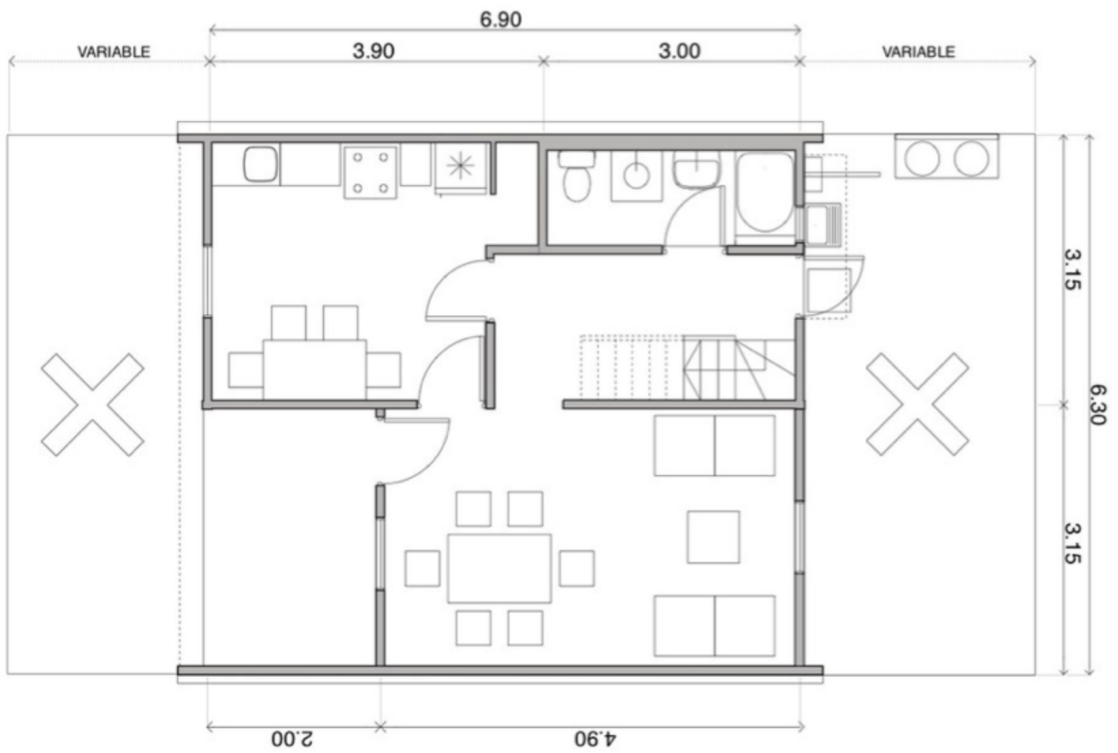


Figura 38: Plano del nivel 1 de la Fase 2 de la vivienda Villa Verde

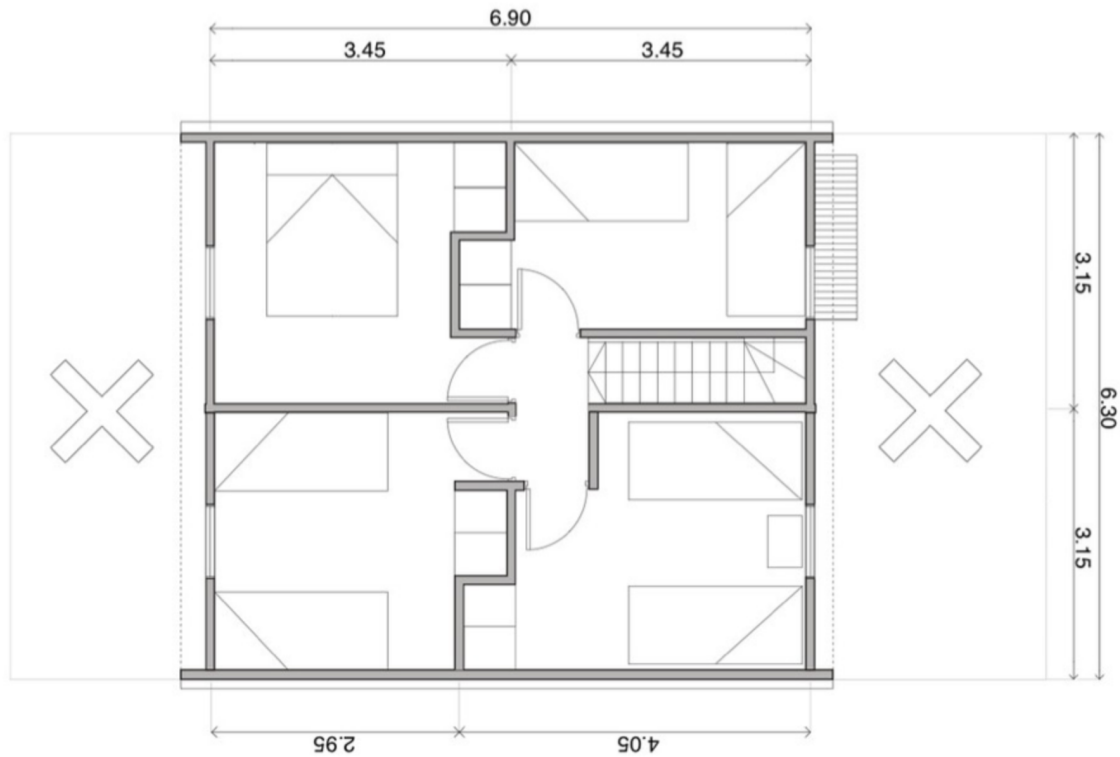


Figura 39: Plano del nivel 2 de la fase 2 de la vivienda Villa Verde

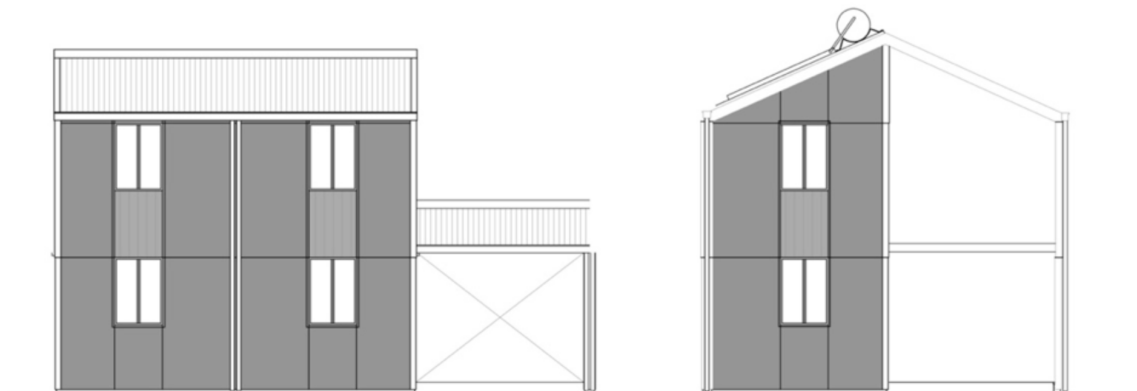


Figura 40: Elevaciones Fase 1 de la vivienda Villa Verde

6.3. Diseño arquitectónico

6.3.1. Diseño a elaboración propia

Se utilizó la idea del Arquitecto Aravena, para elaborar un diseño arquitectónico de dos niveles en el cual permite la inversión parcial y construcción de la parte invertida de la vivienda total. Las dimensiones son estimadas y elaboradas a base de

las limitaciones de las normas de FHA. Para los muros se estimaron un espesor total de 18 centímetros en el cual se contiene 15 cm de estructura que es el ancho de los elementos estructurales de acero conformado en frío y 15 mm de tabla yeso en ambas caras.

En el diseño elaborado cuenta con un total de 5 habitaciones, un baño principal en el segundo nivel, un medio baño debajo de las gradas, una sala, un comedor, un comedor-cocina y una lavandería en el patio. A continuación, se mostrarán el plano del nivel 1 y 2 de la primera fase, y los planos de los niveles 1 y 2 de la segunda fase.

La ubicación del baño principal se diseño por encima de las tuberías de la cocina para reducir el costo en la presión necesaria de los flujos de las tuberías y además su ubicación permite tener una ventana para su ventilación.

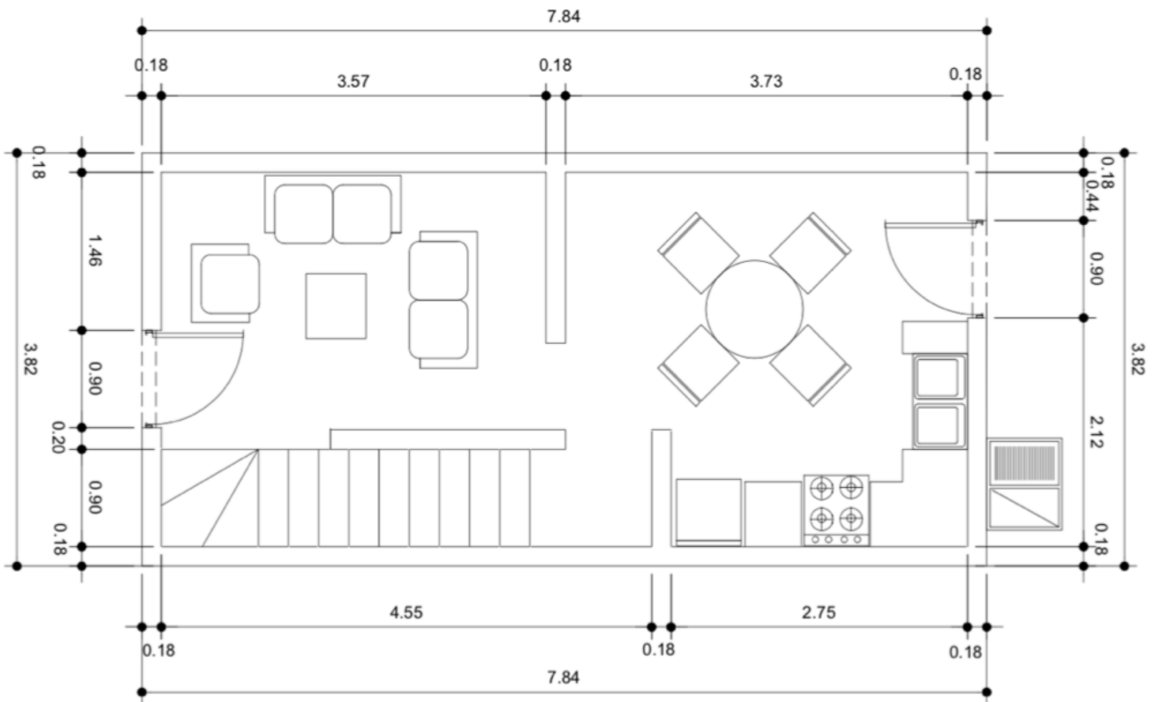


Figura 41: Plano del nivel 1 de la Fase 1 del diseño elaborado.

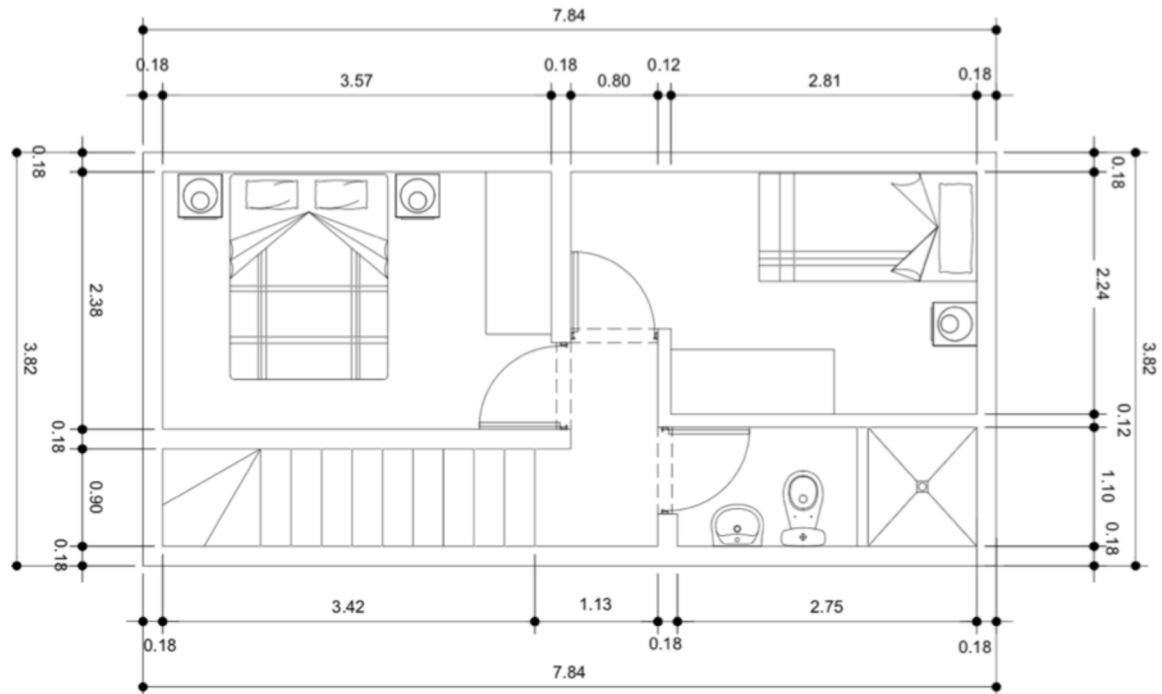


Figura 42: Plano del nivel 2 de la Fase 1 del diseño elaborado.

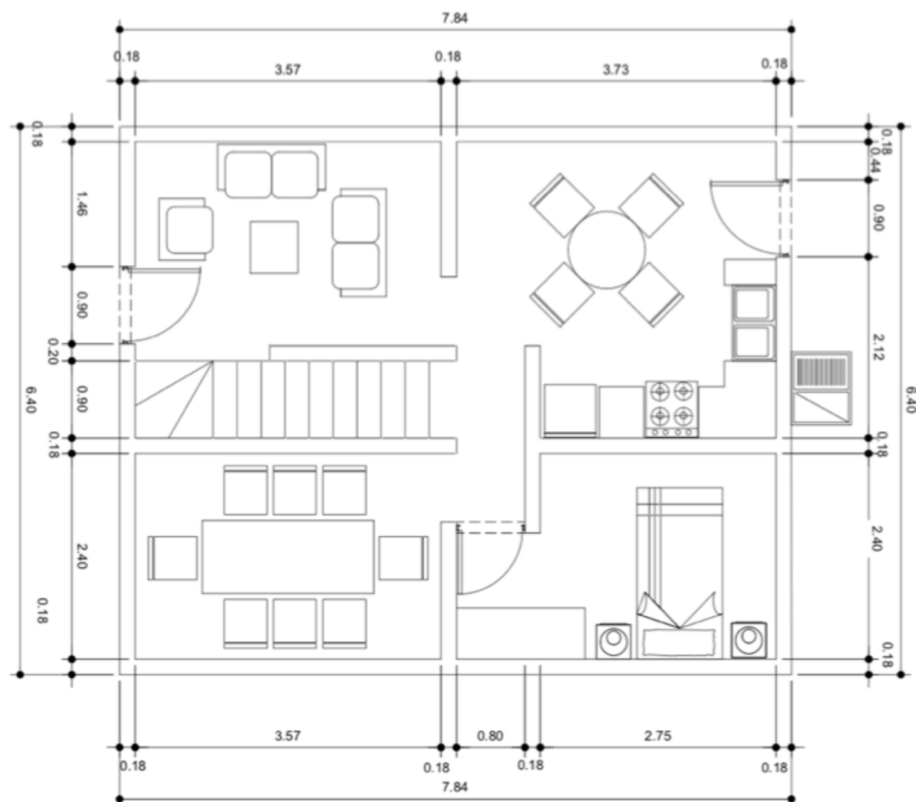


Figura 43: Plano del nivel 1 de la Fase 2 del diseño elaborado.

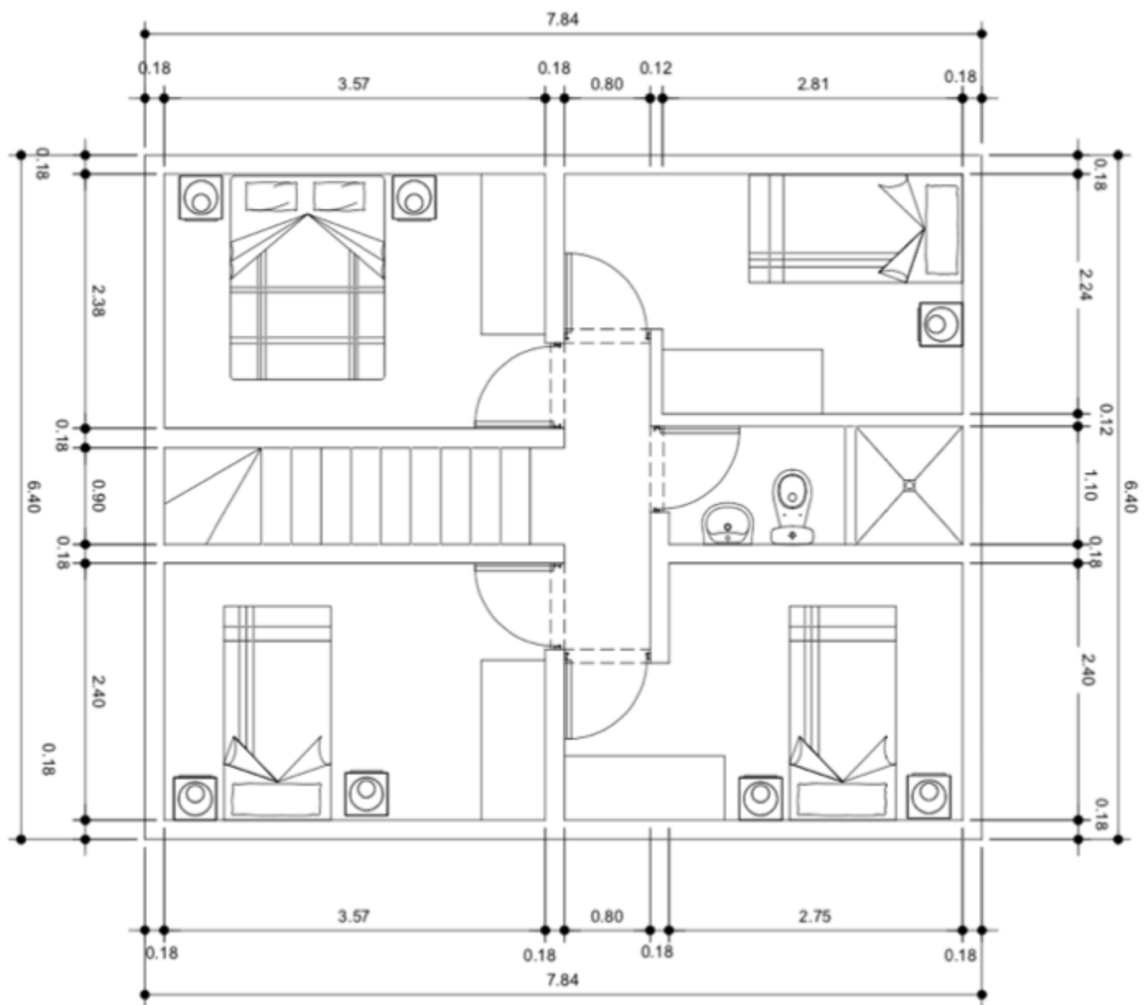


Figura 44: Plano del nivel 2 de la Fase 2 del diseño elaborado.

6.3.2. Dimensiones

Para la revisión de los requisitos, se asumirá a la primera fase como una vivienda de 50 m² a 100 m² de área construida (incluye el segundo nivel), para así permitir que la vivienda siga cumpliendo con los requisitos cuando este llegue a la segunda fase. Para empezar, se asignará un closet por dormitorio con 60 centímetros de profundidad y 120 centímetros de ancho útil tal como se especifica en las normas. A continuación, se mostrará las tablas con las normas elaboradas por el FHA y una tabla con los datos de las áreas y dimensiones que consta el diseño elaborado.

Tabla 4 - VII	
a) Lado menor de sala o comedor y sus combinaciones	2.45m
b) Lado menor de dormitorios	2.35m
c) Lado menor de dormitorios de servicio	2.00m
d) Lado menor de baño principal	1.10m
e) Lado menor de baño de servicio o ½ baño	0.90m
f) Ancho mínimo de pasillos	0.85m
g) Lado menor de cocina	1.40m
h) Lavandería (opcional)	1.40m

Figura 45: Requisitos mínimos para las dimensiones de diseño

Tabla 4 - IX					
Sala, Combinación Cocina-Comedor, Dormitorios					
TIPO	SALA	COCINA-COMEDOR	DORMITORIOS		
			1	2	3
Viv. de 1 dormitorio	7.00	8.00	7.56	---	---
Viv. de 2 dormitorios	7.00	8.00	7.56	7.00	---
Viv. de 3 dormitorios	---	---	---	---	---
Y más	7.56	9.00	7.00	7.00	7.00

Figura 46: Requisitos mínimos para las áreas dentro de una vivienda de 50m² - 100m²

Tabla 4 - XI		
Otros Ambientes		
AMBIENTE		SUPERF. MÍNIMA (m ²)
Dormitorio de Servicio (Opcional)		5.00
Baño Principal		2.10
Baño de Servicio (Sólo con dormitorio de servicio)		1.60
Lavandería	Con Pila	4.10
	(Opcional)	---
	Sin Pila	2.25

Figura 47: Requisitos mínimos para las áreas de otros ambientes

En el apartado 401.2.3 de las normas de dimensionamiento del FHA determina que está permitido la reducción hasta un 5% en dimensiones de ambientes, áreas de ambientes y espacios libres, siempre y cuando no estén en discrepancia con lo establecido del código civil. Por motivos de acomodamiento arquitectónico, se aplicó

la reducción al ancho mínimo del comedor con un valor de 2.33 m y al ancho mínimo del dormitorio más pequeño con un valor de 2.23 m.

Tipo	Área mínima (m ²)	Ancho mínimo (m)
Sala	8.43	2.36
Cocina-Comedor	12.19	2.75
Comedor	8.57	2.40
Dormitorio más pequeño	7.53	2.24
Baño principal	3.09	1.10
Baño visitas	1.31	0.90
Pasillo	N/A	0.90
Lavandería	5.19	1.50
Techo laminado de lavandería	2.00	1.00

Cuadro 1: Áreas y dimensiones mínimas por ambiente del diseño elaborado

Para el diseño de las escaleras se utilizó la norma 402.8 “Escaleras” donde especifica la dimensión mínima de huella (28 cm) y la dimensión máxima de contrahuella (20 cm), para las escaleras de esta investigación se utilizarán estas dimensiones decritas por la norma.

Ambiente	Área del piso (m ²)	Porcentaje mínimo SAS	Área mínima (m ²)	Área real (m ²)
Dormitorio Principal	8.5	12 %	1.02	1.10
Dormitorio 1	7.53	12 %	0.91	1.10
Dormitorio 2	8.57	12 %	1.03	1.10
Dormitorio 3	7.98	12 %	0.96	1.10
Comedor	8.57	20 %	1.72	1.75
Baño principal	3.09	10 %	0.31	0.30
Sala	8.43	20 %	1.69	1.68
Estudio	7.98	20 %	1.59	1.68
Cocina	9.52	20 %	1.90	1.90

Cuadro 2: Áreas mínimas y reales de iluminación para las ventanas según el ambiente que pertenecen.

Ambiente	Área del piso (m ²)	Porcentaje mínimo SAS	Áreas mínima (m ²)	Área (m ²) real
Dormitorio Principal	8.5	10 %	0.85	1.10
Dormitorio 1	7.53	10 %	0.76	1.10
Dormitorio 2	8.57	10 %	0.86	1.10
Dormitorio 3	7.98	10 %	0.80	1.10
Comedor	8.57	16 %	1.37	1.75
Baño principal	3.09	5 %	0.16	0.30
Sala	8.43	16 %	1.35	1.68
Estudio	7.98	6 %	0.48	0.84
Cocina	9.52	20 %	1.90	1.50

Cuadro 3: Áreas mínimas y reales de ventilación para las ventanas según el ambiente que pertenecen.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y MODULAR DE LA VIVIENDA

7.1. Introducción

Este capítulo es la parte principal del trabajo de graduación donde se basará en identificar los materiales a utilizar y las estimaciones de las cargas vivas, muertas y naturales. Para ello se utilizará las normas NSE de AGIES para la integración de las cargas que se ejecutarán en el modelo de la vivienda diseñada anteriormente. Con las mismas normas mencionadas, se realizará la distribución de cargas para calcular las fuerzas totales que sufrirán cada elemento estructural de la vivienda.

Para los datos iniciales se tomará en cuenta la localización de la vivienda que será en Cobán (Norte) porque es la ubicación con mayor densidad de población del sector Popular Urbano, además se eligió el lugar por su baja probabilidad de caída de ceniza volcánica y por sus factores bajos de un evento sísmico.

Se realizará el diseño estructural con AutoCad en el cual se basará en asignar los studs verticales y horizontales en toda la vivienda. Luego se utilizará las normas AISI para el chequeo de la resistencia a la tensión, compresión, pandeo, flexión y shears para la resistencia al volteo.

7.2. Materiales e integración de cargas

La estructura de la vivienda consistirá en elementos y uniones de acero formado en frío. Normalmente los elementos se definen en kilogramos por metro lineal y sus capacidades resistivas varían dependiendo del ancho y el calibre del elemento. Para los

cálculos iniciales en la integración de cargas se utilizó 30 kg/m^2 .

7.2.1. Techo

Para el techo se utilizará costaneras de acero con una capa de Plycem, impermeabilizante y lámina para su recubrimiento. Se rellenará los espacios de fibra de vidrio para el aislamiento y se tomará en cuenta a la cubierta liviana como carga viva. Las cargas a utilizar son:

Muertas

Lámina 10 kg/m^2 .

Tablayeso como cielo falso 2.4 kg/m^2 .

Impermeabilizante 5 kg/m^2 .

Fibra de vidrio: 6 kg/m^2 .

Vivas

Cubierta liviana: 50 kg/m^2 .

Viento

NSE-2 Normas generales

- Altura = 5.43 m
- Succión por techo inclinado 1:6
- Vientos de 100 km/h
- Categoría II (Ordinaria)
- $W = 37.07 \text{ kg/m}^2$

NSE-7.5 Edificaciones de acero

- Especificaciones mínimas de presión de diseño $W = 80 \text{ kg/m}^2$

Cortante sísmico

$W_s = 26.255 \text{ tonf}$

7.2.2. Muros

Se utilizará el tablayeso para el recubrimiento de las paredes interiores, muros exteriores y cielos falsos; además se colocará la fibra de vidrio para el relleno de los muros. Las cargas son:

Muertas

Cargas de tablayeso y fiberock: 24 kg/m^2 .

Fibra de vidrio para muros exteriores: 6 kg/m^2

Viento

NSE-2 Normas generales

- Altura = 3.92 m
- Factor de empuje 0.8
- Vientos de 100 km/h
- Categoría II (Ordinaria)
- $W = 40.70 \text{ kg/m}^2$

NSE-7.5 Edificaciones de acero

- Especificaciones mínimas de presión de diseño $W = 80 \text{ kg/m}^2$

Cortante sísmico

$W_s = 26.255 \text{ tonf}$

7.2.3. Entrepiso

Para la estructura del entrepiso se utilizará costaneras y para el piso se utilizará una capa de plycem, azulejos y relleno. Las cargas a utilizar son:

Muertas

Estructura: 30 kg/m^2 .

Cielo falso del primer nivel: 12 kg/m^2 .

Plycem, azulejos y relleno: 112 kg/m^2 .

Vivas

Muebles y personas 200 kg/m^2 .

Cortante sísmico

$W_s = 26.255 \text{ tonf}$

7.3. Distribución de cargas

7.3.1. Plano de distribución de cargas

Se realizará la distribución de cargas para todos los elementos estructurales de la vivienda y se determinará la carga máxima por tipo de estructura sea para el techo, muros o entrepiso, para así chequear su resistencia gravitacional y sísmica. Para empezar, se considerará como articulados a las conexiones de los muros del segundo nivel con el techo.

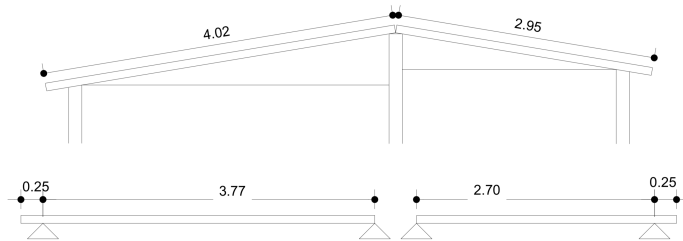


Figura 48: Descripción de las longitudes, pendiente y apoyos del techo de la vivienda.

Las cargas del techo se distribuirán a los muros laterales e interiores en el eje horizontal debido que los muros del eje vertical cuentan con ventanas y puertas por lo que tienen poca longitud de carga. De igual manera, las cargas de la losa de entrepiso se distribuirán a los muros del eje horizontal del primer nivel. Y las cargas de cada muro del segundo nivel serán soportadas por sus muros inferiores respectivos.

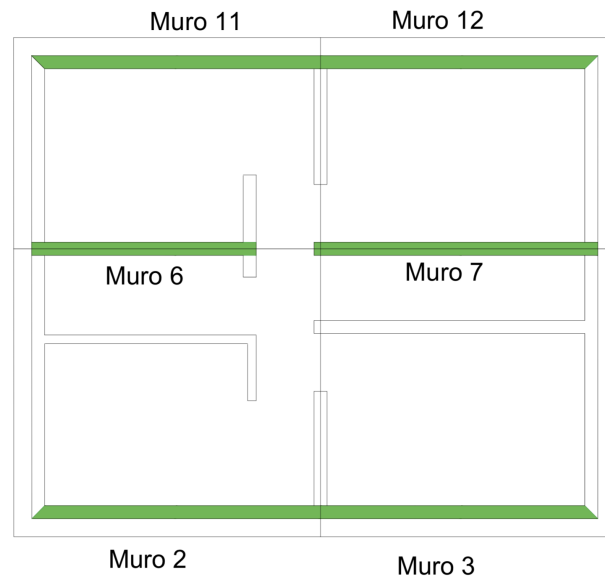


Figura 49: Muros del segundo nivel que soportarán las cargas del techo.

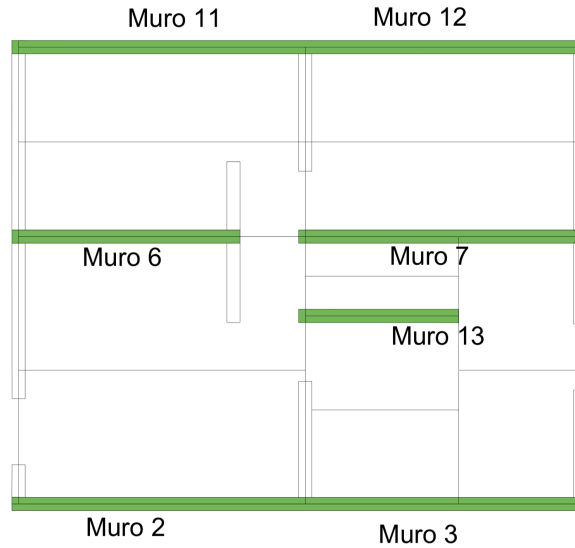


Figura 50: Muros del primer nivel que soportarán las cargas de la losa de entrepiso.

7.3.2. Combinaciones de carga

Se calcularon las cargas totales según las diferentes combinaciones de carga: CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6 y CR7 especificadas en las normas NSE-2 de AGIES, y se utilizará la carga más crítica para los chequeos de las normas AISI. A continuación se mostrarán los resultados de las cargas totales según su combinación de cargas, la carga máximas a soportar según el tipo de estructura y los cálculos elaborados en se encuentran en Anexos.

Combinación	Carga total sobre los cimientos
CR0 (1*M+1*V)	7,355.50 kg/m
CR1	9,321.90 kg/m
CR2	13,288.27 kg/m
CR3	11,301.49 kg/m
CR4	15,035.15 kg/m
CR5	7,986.04 kg/m
CR6	16,744.85 kg/m
CR7	11,436.01 kg/m

Cuadro 4: Resultados de las cargas totales según la combinación de carga.

Debido que la combinación CR6 resultó ser la más crítica, se utilizará estos valores para la integración de cargas. Además, podemos observar que la combinación de cargas con la fuerza del viento (16,744.85 kg/m) es mayor a la combinación de cargas con fuerza sísmica (15,035.15 kg/m) y esto se debe al bajo peso de la estructura.

Tipo de estructura	Valor
Techo	243.00 kg/m ²
Muros exteriores 2do Nivel	522.96 kg/m
Muros interiores 2do Nivel	784.49 kg/m
Losa de entrepiso	384.80 kg/m ²
Muros exteriores 1er Nivel	1,645.35,kg/m
Muros interiores 1er Nivel	2,115.68 kg/m
Cimentación	2,271.20 kg/m
Cimentación (sin factorizar)	761 lb/ft

Cuadro 5: Resultados de las cargas máximas a soportar según el tipo de estructura de la vivienda.

7.4. Diseño estructural

Para determinar si la vivienda cumple con las normas AISI, se elaboraron los diseños estructurales de la estructura de acero conformado en frío y a base de esta información se realizaron los cálculos para los chequeos estructurales. A continuación se mostrarán los resultados de las demandas y las capacidades permisibles para cada tipo de elemento. Los planos estructurales y cálculos se encuentran en anexos.

7.4.1. Techo

Datos del techo y del perfil a utilizar

Altura = 5.43 m

Luz = 3.77 m

Separación entre costaneras = 0.8 m

Perfil tipo "C" Calibre 20

Grosor del perfil = 0.914 mm

Peralte 150 mm

Ancho de patín = 40 mm

Resumen de los chequeos:

Momento de demanda:

$$M = 29,977.09 \text{ lb} * \text{in}$$

Corte último:

$$V = 1,225.54 \text{ lb}$$

Capacidad a momento con flexión al eje fuerte:

$$M\phi = 30,092.39 \text{ lb} * \text{in}$$

Resistencia a corte:

$$V\phi = 1,657.01 \text{ lb}$$

7.4.2. Muros Nivel 2

Datos del techo y del perfil a utilizar

Altura de stud = 2.40 m
Separación entre studs = 0.4 m
Perfil tipo “C” Calibre 22
Grosor del perfil = 0.762 mm
Peralte 150 mm
Ancho de patín = 40 mm

Resumen de los chequeos:

Momento de demanda en eje x:

$$M = 250 \text{ lb} * \text{in}$$

Momento de demanda en eje y:

$$M = 1,000 \text{ lb} * \text{in}$$

Carga axial última:

$$Pu = 691.802 \text{ lb}$$

Capacidad a momento con flexión al eje fuerte:

$$M\phi = 11,106.211 \text{ lb} * \text{in}$$

Capacidad a momento con flexión al eje débil:

$$M\phi = 1,807.92 \text{ lb} * \text{in}$$

Resistencia a corte:

$$V\phi = 5,099.34 \text{ lb}$$

7.4.3. Losa de entrepiso

Datos del techo y del perfil a utilizar

Luz = 3.72 m
Separación entre costaneras = 0.4 m
Perfil tipo “C” Calibre 20
Grosor del perfil = 0.914 mm
Peralte 150 mm
Ancho de patín = 40 mm

Resumen de los chequeos:

Momento de demanda:

$$M = 23,109.55 \text{ lb} * \text{in}$$

Corte último:

$$V = 1,047.84 \text{ lb}$$

Capacidad a momento con flexión al eje fuerte:

$$M\phi = 30,092.39 \text{ lb} * \text{in}$$

Resistencia a corte:

$$V\phi = 1,657.01 \text{ lb}$$

7.4.4. Muros Nivel 1

Datos del techo y del perfil a utilizar

Altura de stud = 2.40 m

Separación entre studs = 0.4 m

Perfil tipo "C" Calibre 22

Grosor del perfil = 0.762 mm

Peralte 150 mm

Ancho de patín = 40 mm

Resumen de los chequeos:

Momento de demanda en eje x:

$$M = 850 \text{ lb} * \text{in}$$

Momento de demanda en eje y:

$$M = 1,000 \text{ lb} * \text{in}$$

Carga axial última:

$$Pu = 1,865.71 \text{ lb}$$

Capacidad a momento con flexión al eje fuerte:

$$M\phi = 11,106.211 \text{ lb} * \text{in}$$

Capacidad a momento con flexión al eje débil:

$$M\phi = 1,807.92 \text{ lb} * \text{in}$$

Resistencia a corte:

$$V\phi = 5,099.34 \text{ lb}$$

7.4.5. Cimentación

Se utilizará las normas del libro "Diseño de concreto reforzado" de Jack McCormac y Russell Brown [43] para diseñar un cimiento corrido con el propósito de distribuir las cargas de la estructura al suelo y para resistir a las fuerzas del volteo por viento. Se utilizará concreto de 3 ksi y para el refuerzo se utilizaran varillas No. 3 a cada 6.5 pulgadas en la cama inferior y 3 varillas No. 3 longitudinales. Los cálculos y las dimensiones de dicho cimiento se encuentran en anexos.

7.5. Resistencia al volteo

7.5.1. Sistemas laterales

El uso de edificios con estructuras de acero más ligeras y altas introdujo una variedad de sistemas de armaduras y marcos de momento para estructuras de acero laminadas en caliente mientras que las estructuras de acero formado en frío de los sistemas de armadura y momento tradicionales han demostrado ser un desafío.

La delgadez de un miembro de acero conformado en frío hace que sea difícil proporcionar una rigidez significativa en los puntos de conexión e invariablemente conduce a conexiones parcialmente restringidas en el mejor de los casos, dejando la mayoría de los sistemas de marco de momento de acero conformado en frío relativamente ineficientes.

Dos sistemas laterales de acero conformados en frío comunes son las paredes arriostadas y los paneles revestidos. Las paredes con refuerzo de correa emplean una correa plana diagonal conectada en una o ambas caras del panel de pared y resisten la carga lateral principalmente a través de la acción del truss (axial) y los sistemas de paneles revestidos que deforman el corte mientras que el revestimiento gira, el cual crea demandas diferenciales en todas las ubicaciones de los sujetadores. A continuación se mostrarán imágenes del comportamiento de los muros sin y con los shears con sus fuerzas existentes.

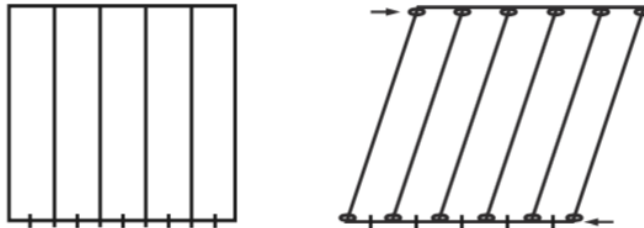


Figura 51: Comportamiento de los muros sin los shears con sus fuerzas existentes

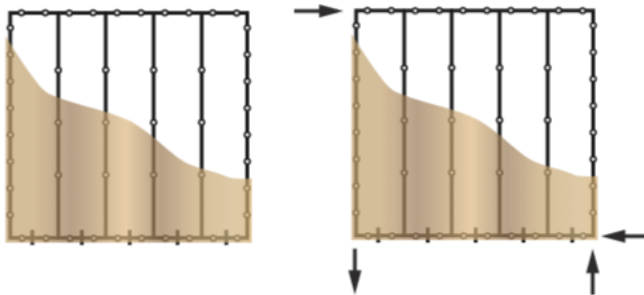


Figura 52: Comportamiento de los muros con los shears con sus fuerzas existentes

7.5.2. Cálculos de los Shears para la vivienda

Para la vivienda se utilizará los paneles revestidos y se utilizará la Tabla E2.3-1 del AISI S400-15 para determinar la longitud requerida a cubrir de paneles y a continuación se muestran los cálculos:

Assembly Description	Max. Aspect Ratio (h:w)	Fastener Spacing at Panel Edges ² (mm)				Stud Blocking Required	Designation Thickness ⁵ of Stud, Track and Stud Blocking (mils)	Required Sheathing Screw Size
		150	100	75	50			
0.46 mm steel sheet	2:1	4.1	—	—	—	No	33 (min)	8
0.46 mm steel sheet	2:1	4.5	6.0	6.8	7.5	No	43 (min)	8
0.68 mm steel sheet	2:1	6.5	7.2	7.9	8.7	No	33 (min)	8
0.76 mm steel sheet	4:1	8.9	10.6	11.6	12.5	No	43 (min)	8
0.84 mm steel sheet	4:1	10.7	12.0	13.0	14.0	No	43 (min)	8
0.46 mm steel sheet	2:1	7.4	9.7	11.6	13.5	Yes	43 (min)	8
0.76 mm steel sheet	2:1	11.7	14.3	—	—	Yes	43 (min)	8
0.76 mm steel sheet	2:1	—	—	19.9	23.3	Yes	54 (min)	8

Figura 53: Tabla E2.3-1 del AISI S400-15

Eligiendo los paneles de calibre 22 con espacios entre tornillos de 50 milímetros tiene la resistencia nominal al corte de 12.5 kN/m. Se considerará 33,228.07 Newtons de fuerza de volteo de parte del viento porque su valor es mayor a la fuerza sísmica. Tenemos:

$$Long = \frac{33,228.07 N}{12,500 N/m} = 2.66 m$$

La longitud mínima de los shears respecto a la altura del muro es 0.60 m entonces se utilizarán paneles de 2.4m de altura por 0.81 m de largo para encajar con las distancias entre studs de los muros. Los shears necesarios para la vivienda total se colocarán los muros que formarán parte de la fase 1 para asegurar la resistencia al volteo en cualquier momento y se utilizarán 4 paneles por eje. Por términos de geometría, para un eje se colocarán en las esquinas de la estructura y para el otro eje se colocará en el centro. A continuación se mostrará el plano de la ubicación de los paneles revestidos, el grosor de los paneles no está a escala.

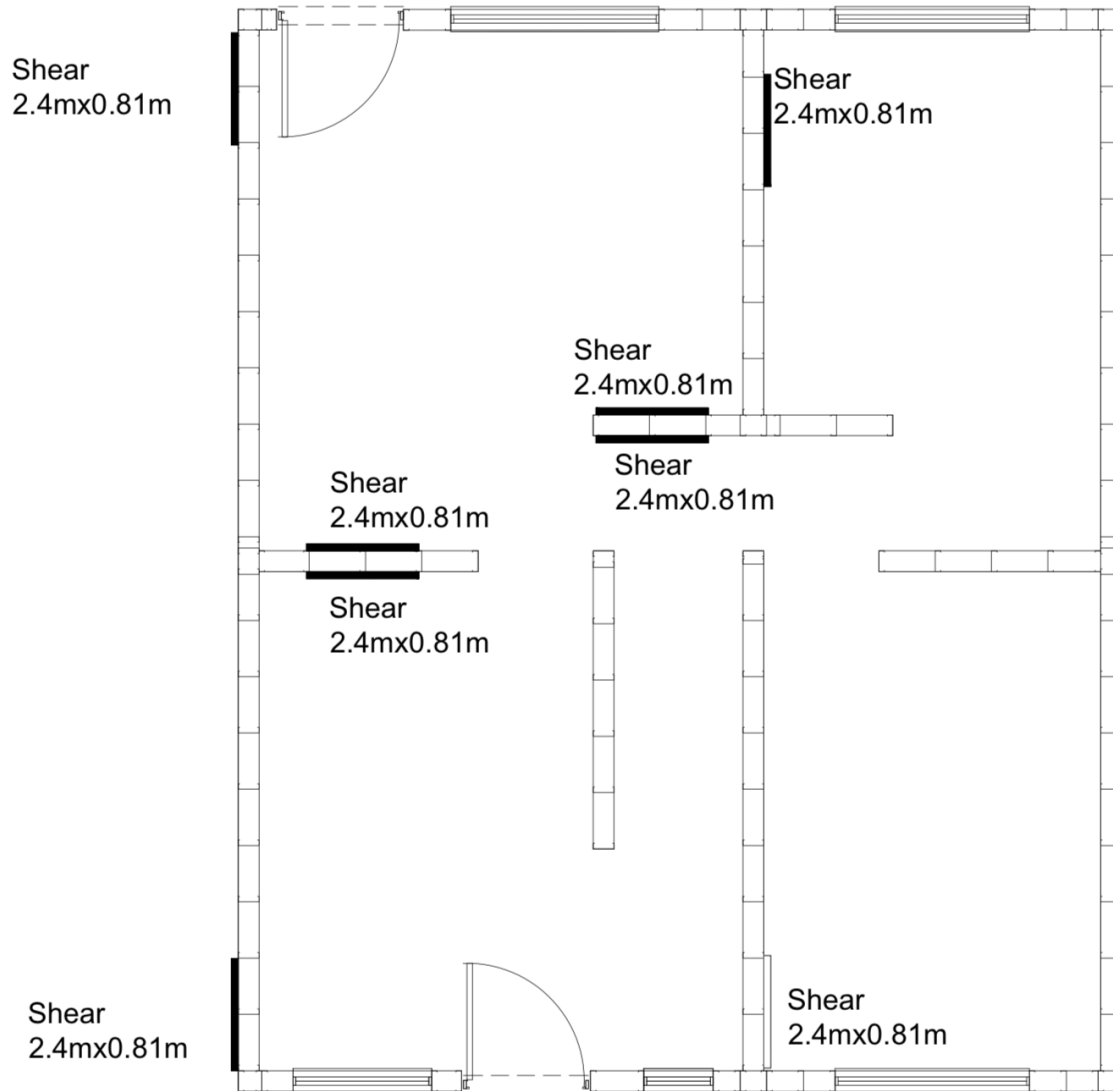


Figura 54: Plano de ubicación de los refuerzos laterales.

COSTOS Y CONSTRUCCIÓN

8.1. Introducción

A continuación se mostrarán los cálculos y estimaciones financieras para determinar el Costo Directo de la vivienda diseñada, el cual servirá para analizar y determinar si se ajusta a un rango de costos accesibles para los habitantes del sector Popular Urbano. En los cálculos se tomarán en cuenta el costo de los materiales y la mano de obra para cada tipo de material.

Debido a que la única diferencia entre una vivienda de mampostería y de acero formado en frío es la estructura principal y los sistemas de aislamiento, entonces se utilizarán datos de costos de materiales de otras infraestructuras como las casas de Santana Gardens, el edificio P15 y el edificio Avenik para estimar los costos de las actividades y de los materiales.

Por último, se definirá el orden de los procesos para la construcción de la vivienda diseñada, se dividirán los procesos en la prefabricación de la estructura de acero, construcción en terreno y acabados.

8.2. Cotización de la vivienda

Cimientos

Las cimentaciones serán de concreto reforzado y para la vivienda se necesitará 38.36 metros lineales de cimiento corrido; para la primera fase se necesitarán 24.03 metros lineales. Como se mencionó en el capítulo anterior, se requiere 0.116 m³ de concreto

por metro lineal de para el cimiento corrido. El valor del concreto necesario por metro cúbico es aproximadamente de Q974.12; el servicio de la colocación y el bombeo tienen un costo aproximado de Q150.08/m³. Además de colocará una losa de 10 centímetros de concreto reforzado para los 42.98 metros cuadrados del primer nivel; la primera fase cuenta con sólo 25.48 metros cuadrados. Se tomará en cuenta también el trazado y la excavación para toda la cimentación que tiene un costo aproximado de Q447.00 por la mano de obra y no incluye materiales.

Los refuerzos de acero para la losa se utilizará la electromalla 6x6-4/4, alambre de amarre y tacos de concreto; el costo estimado de los materiales y la instalación es de Q87.50/m². Y por último, para el cimiento corrido se colocarán 17.36 pies de varilla No. 3 por metro lineal del cimiento corrido. Entonces se utilizarán varillas de hierro No. 3 de 20 pies Grado 60 y tiene un costo aproximado de Q20.14 por varilla.

Estructura

Se cuantificará los metros lineales totales de los elementos de acero conformado en frío para determinar el costo total de este material. Se asumirá que el transporte del material es de la Ciudad de Guatemala a Cobán Norte (lugar del proyecto) y en la cuantificación se sumará el 15% del total para los costos en deshechos del material, accesorios, tornillos, etc.

Los costos por metro lineal para un perfil de 150 mm de ancho y calibre 20-22 son los siguientes:

- Material Q16.68/ml
- Mano de obra Q6.26/ml
- Transporte Q3.13/ml
- Total Q26.07/ml

Además sumará también las áreas de los shears necesarios para la resistencia al volteo, su costo por metro cuadrado será de Q156.59. A continuación se mostrará la cuantificación de las cantidades de acero según la fase de la vivienda.

Tipo	Cantidad	Unidad
Techo	81.80	ml
Muros	1021.80	ml
Costaneras	127.40	ml
Shears	15.36	m ²

Cuadro 6: Cuantificación del acero conformado en frío para la vivienda completa.

Tipo	Cantidad	Unidad
Techo	45.40	ml
Muros	683.10	ml
Costaneras	74.40	ml
Shears	15.36	m ²

Cuadro 7: Cuantificación del acero conformado en frío para la primera fase de la vivienda.

Plomería

Se utilizarán tuberías para transportar el agua potable a los servicios de cocina, 2 lavamanos, 2 inodoros, 1 ducha, 1 pila y 2 chorros; todas las instalaciones hidráulicas se ubican en la primera Fase de la vivienda. La instalación de plomería y drenajes para esta vivienda diseñada es similar al de una vivienda sencilla de concreto industrializado, por lo que se estima un costo de aproximadamente Q3,950.00 en materiales y Q2,190.00 en la mano de obra.

Artefactos sanitarios

Los artefactos sanitarios para esta vivienda serán dos inodoros sencillos a Q286.00, dos lavamanos sencillos a Q183.00, un chorro para ducha a Q32.80, un lavatrastos a Q380.00, dos chorros de grifo Q17.00, una pila plástica Q983.00 y 3 coladores para desague Q12.30.

Instalaciones eléctricas

Se requerirá el cableado y las conexiones eléctricas para proveer energía eléctrica e iluminación dentro de todos los cuartos de la vivienda diseñada. La cocina cuenta con una refrigeradora, estufa, microondas. Además hay 20 tomacorrientes y 18 puntos de iluminación para toda la vivienda.

Para la cuantificación de la primera fase se contarán con los mismos equipos de cocina excepto que contará con solamente con 11 tomacorrientes y 10 puntos de iluminación.

Sin embargo, el costo de los materiales y la mano de obra es similar al de una vivienda sencilla industrializada de concreto reforzado, por lo que se estima un costo de aproximadamente Q1,455.00 en materiales, Q2,730 en alambrados, Q1,420.00 en el emplacado y Q2,245.00 en la mano de obra.

Tablayeso y Fibrocemento

Como parte del sistema de los muros, se utilizarán dos capas de tablayeso o fibrocemento en ambas caras de todos los muros y luego se coloca una capa de cementicio como revestimiento de acabado para los paneles. Para los muros interiores se utilizará el tablayeso normal y para los muros exteriores e interiores del baño principal se utilizará los paneles del material fibrocemento para evitar el paso de la humedad entre los muros. A continuación se muestra una tabla de las áreas que cubren los muros exteriores, los muros interiores y los cielos falsos, y el costo aproximado por tipo de muro:

Tipo	Cantidad (m ²)	Costo (Q/m ²)	Subtotal
Tablayeso 2 Caras Moisture Resistance	92.62	178.09	Q16,494.43
Tablayeso 2 Caras Fiberock	3.00	350.80	Q1,052.40
Tablayeso 1 Cara Moisture Resistance + 1 Cara Fiberock	130.25	264.10	Q34,398.15
Cielo Tipo Cf-T3 / Tablayeso Moisture Resistance	85.04	103.81	Q8,827.94
Revestimiento de cementicio	310.90	18.75	Q5,829.45
		TOTAL	Q66,602.37

Cuadro 8: Cuantificación del tablayeso, fibrocemento y revestimiento para la vivienda completa.

Tipo	Cantidad (m ²)	Costo (Q/m ²)	Subtotal
Tablayeso 2 Caras Moisture Resistance	38.14	178.09	Q6,791.82
Tablayeso 2 Caras Fiberock	3.00	350.80	Q1,052.40
Tablayeso 1 Cara Moisture Resistance + 1 Cara Fiberock	105.48	264.10	Q27,856.99
Cielo Tipo Cf-T3 / Tablayeso Moisture Resistance	49.90	103.81	Q5,180.08
Revestimiento de cementicio	196.52	18.75	Q3,684.68
		TOTAL	Q44,565.97

Cuadro 9: Cuantificación del tablayeso, fibrocemento y revestimiento para la primera fase de la vivienda.

Material de aislamiento térmico y acústico

Para la vivienda se utilizará los rollos aislantes hechos de fibra de vidrio que son esenciales para el "Aislamiento térmico", y además cuenta con algunas propiedades que pueden servir para el "Aislamiento acústico", la aplicación son para los muros exteriores y para el techo. El techo cuenta con un area total del es de 57.92 m² y para la primera fase es de 33.37 m². El área total para los muros exteriores es de 131.22 m² y para la primera fase es de 110.22 m². El valor aproximado del aislamiento de fibra de vidrio de 8 centímetros de espesor es Q53.28/m² y costo de la colocación es de Q5/m².



Figura 55: Panel de fibra de vidrio

Impermeabilizante

El impermeabilizante en plástico es para bloquear el paso del agua o de la humedad en las paredes u otros elementos. Debido que los muros exteriores cuentan del material Fiberock, no hay necesidad de aplicar el impermeabilizante en los muros. Por lo que es solamente necesario para el techo y el area total del es de 57.92 metros cuadrados y para la primera fase es de 33.37 metros cuadrados. El material y la aplicación del impermeabilizante elastomérico blanco tiene un costo aproximado de Q40.58/m².



Figura 56: Impermeabilizante en plástico para el recubrimiento

Puertas

La vivienda cuenta con una puerta principal de 0.9m x 2.1m, 6 puertas interiores de 0.8m x 2.1m y una puerta con luces para la cocina de 0.9m x 2.1m. En Guatemala la mayoría de las empresas ofrecen la venta e instalación por unido entonces para la vivienda se cotizará por unido. Las puertas elegidas para la vivienda son las siguientes:
Puertas de interior metálicas de color café Q415.00/u, 6 unidades
Puerta principal metálica de color café Q415.00/u, 1 unidad
Puerta de exterior metálica blanca con 9 luces Q375.00/u, 1 unidad

Pasamanos

La vivienda no contará con pasamanos.

Ventanas Tal como las puertas, la venta y la instalación de las ventanas se cotizan por junto y por metro cuadrado. El costo del metro cuadrado es aproximadamente Q412.45 y la vivienda cuenta con 11.21 metros cuadrados de ventanerías. Para la fase 1 cuenta con la mitad de las ventas que son 5.68 metros cuadrados.

Acabados en textura

Como parte del acabado, se colocará doble capa de pintura de color blanco para todos los muros y cielos falsos de la vivienda diseñada. La mano de obra y el material para la aplicación de este acabado tiene un costo aproximado de Q17.50/m². A continuación se muestra una tabla de las áreas que cubren los muros exteriores e interiores y de los cielos falsos:

Fase	Tipo	Área (m2)
Fase1	Cielo falso	49.9
Total	Cielo falso	85.04
Fase 1	Muros	277.91
Total	Muros	395.57

Cuadro 10: Cuantificación de las áreas para el acabado en textura para ambas fases de la vivienda.

Piso

El costo del material y la instalación de un piso tipo cerámico 43x43 (Azulejo y antideslizante) tiene un valor aproximado de Q23.00/m². El área total del suelo del nivel 1 es de 42.98m² y del nivel 2 es de 42.06m². Para la Fase 1 de la vivienda, el área a cubrir de piso es de 25.48m² para el primer nivel y 24.42m² para el segundo nivel. Las áreas del segundo nivel incluyen el área por cubrir para las gradas.

Zócalos

El modelo no contará con zócalos.

Lámina

Para el techo de la vivienda se utilizará lámina para proteger de la lluvia, viento y de los rayos solares. El área total del techo a cubrir es de 57.92 m² y para la primera fase es de 33.37 m². El costo de las láminas galvanizadas de calibre 26 y su instalación es de Q39.15/m². A continuación se muestra un ejemplo de la lámina para techo.

Resultados de la cotización

Tipo	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Excavación	1.00	U	Q447.00	Q447.00
Concreto para el cimiento	38.36	ml	Q130.41	Q5,002.42
Losa de concreto	42.98	m ²	Q112.42	Q4,831.81
Acero para cimiento	38.36	ml	Q22.39	Q858.88
Electromalla para losa	42.98	m ²	Q87.50	Q3,760.75
Estructura de acero	1231.00	ml	Q29.98	Q36,905.38
Shears	15.36	m ²	Q156.59	Q2,405.22
Plomería	1.00	U	Q6,140.00	Q6,140.00
Artefactos sanitarios	1.00	U	Q2,402.70	Q2,402.70
Instalaciones eléctricas	1.00	U	Q7,850.00	Q7,850.00
Tabla yeso	1.00	U	Q66,602.37	Q66,602.37
Aislamiento	189.14	m ²	Q58.28	Q11,023.08
Impermeabilizante	57.92	m ²	Q40.58	Q2,350.39
Puertas	1.00	m ²	Q3,280.00	Q3,280.00
Ventanas	11.31	m ²	Q412.45	Q4,664.81
Acabados en textura	480.61	m ²	Q17.50	Q8,410.68
Pisos	85.04	m ²	Q23.00	Q1,955.92
Lámina de techo	57.92	m ²	Q39.15	Q2,267.57
			TOTAL	Q171,160.98

Cuadro 11: Resumen de los costos directos de la vivienda completa

En la tabla anterior se muestra una estimación del costo directo (materiales y mano de obra) para la vivienda diseñada y como podemos observar, el enganche estimado es alrededor de (Q34,232.20) el cuál es muy similar al enganche promedio para el sector popular urbano (Q34,124.00). Sin embargo, la población que cuenta con la capacidad de invertir la cantidad necesaria es el 9% de los habitantes del sector popular urbano y estos habitantes representa solamente el 4.59% de la población general de todo Guatemala. De los 1.37 millones habitantes de la población de Alta Verapaz (ubicación elegida para el diseño de la vivienda), 62,883 habitantes cuentan con la capacidad de invertir en esta vivienda. Concluyendo, el modelo de la vivienda diseñada puede ser dirigida para 10,480 familias de 6 integrantes de Alta Verapaz.

Tipo	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Excavación	1.00	U	Q322.00	Q322.00
Concreto para el cimiento	24.03	ml	Q130.41	Q3,133.69
Losa de concreto	25.48	m2	Q112.42	Q2,864.46
Acero para cimiento	24.03	ml	Q22.39	Q538.03
Electromalla para losa	25.48	m2	Q87.50	Q2,229.50
Estructura de acero	802.90	ml	Q29.98	Q24,070.94
Shears	15.36	m2	Q156.59	Q2,405.22
Plomería	1.00	U	Q6,140.00	Q6,140.00
Artefactos sanitarios	1.00	U	Q2,402.70	Q2,402.70
Instalaciones eléctricas	1.00	U	Q4,264.00	Q4,264.00
Tabla yeso	1.00	U	Q44,565.97	Q44,565.97
Aislamiento	143.59	m2	Q58.28	Q8,368.43
Impermeabilizante	33.37	m2	Q40.58	Q1,354.15
Puertas	1.00	m2	Q2,035.00	Q2,035.00
Ventanas	5.68	m2	Q412.45	Q2,342.72
Acabados en textura	327.81	m2	Q17.50	Q5,736.68
Pisos	49.90	m2	Q23.00	Q1,147.70
Lámina de techo	33.37	m2	Q39.15	Q1,306.44
			TOTAL	Q115,229.62

Cuadro 12: Resumen de los costos directos de la primera fase de la vivienda

Observando la tabla anterior, la construcción parcial de la vivienda diseñada representa el 67.35 % de la vivienda completa lo cual reduciría el enganche al (Q23,046.00) y esto facilitaría la inversión para muchos habitantes del sector popular urbano. Considerando al esqueleto de acero conformado en frío y al tabalayero como parte de la estructura principal de la vivienda, en ambas estimaciones de los costos directos forman parte del 62 % del costo final.

8.3. Procedimiento para la construcción de la vivienda

8.3.1. Prefabricación de materiales y transporte

La prefabricación de los materiales se refiere a la fabricación y el armado de los componentes o subsistemas estructurales antes de ser transportados al lugar de construcción para aumentar la velocidad y calidad de construcción en terreno, además puede mejorar la limpieza y seguridad. Sin embargo, se elaborarán diseños de los subsistemas estructurales tomando en cuenta que los tamaños y pesos no deban de dificultar el transporte. Los planos de los diseños de estructuras prefabricadas se encuentran en anexos.

8.3.2. Montaje de la estructura

Como cualquier construcción, el primer paso es la excavación, en el que consiste en la colocación de las armaduras de acero y en la fundición de los cimientos corridos y de la losa de concreto. Estas estructuras de concreto son base de la construcción de la vivienda. Para la construcción de la estructura de acero conformado en frío, se comienza con la colocación de los muros del primer nivel con sus empotramientos a los cimientos, luego se instala las costaneras del entrepiso con sus conexiones a los muros del primer nivel, siguiendo con la colocación de los muros del segundo nivel uniendolos con sus muros inferiores respectivos y finalmente el techo. En la actualidad existen múltiples tipos de conexiones y se categorizan según el tipo de vivienda, nivel de seguridad y resistencia requerida. A continuación se muestran ejemplos de las uniones y conexiones entre los elementos estructurales para el tipo de vivienda diseñada. [44]

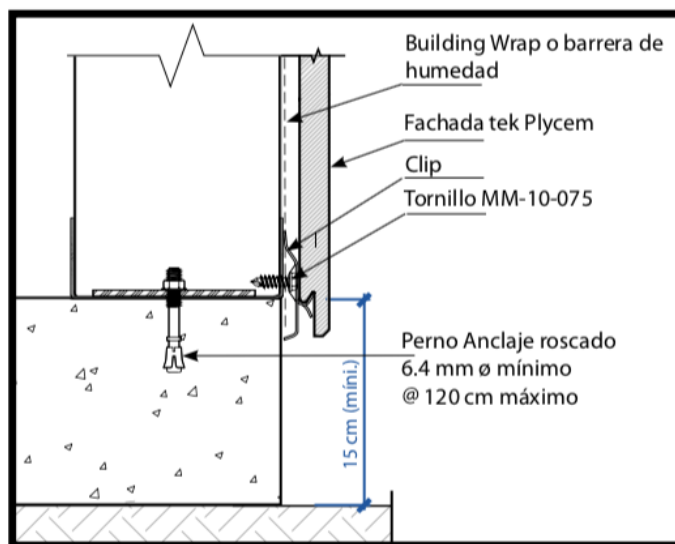


Figura 57: Anclaje del muro al suelo y las capas de acabados

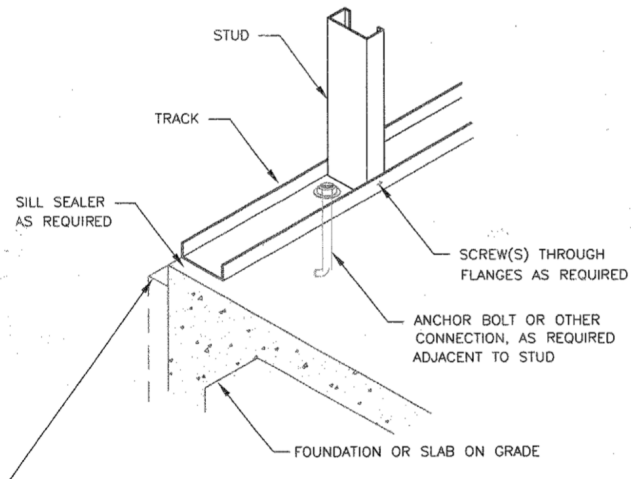


Figura 58: Conexión de un muro al suelo

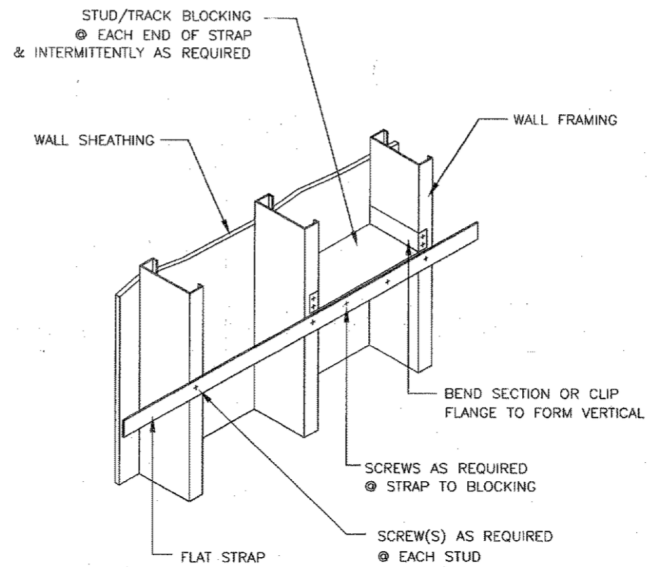


Figura 59: Detalle de un "Track", que une los "Studs" del muro.

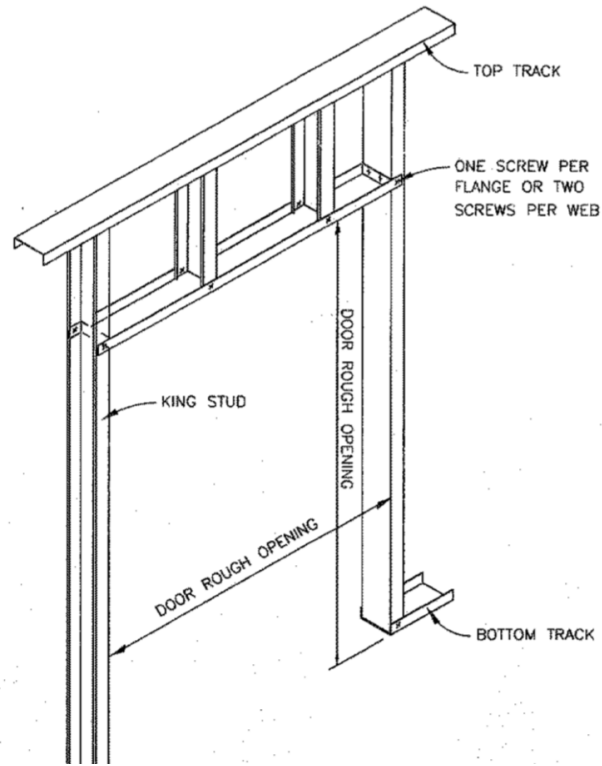


Figura 60: Detalles del espacio en vacío para una puerta

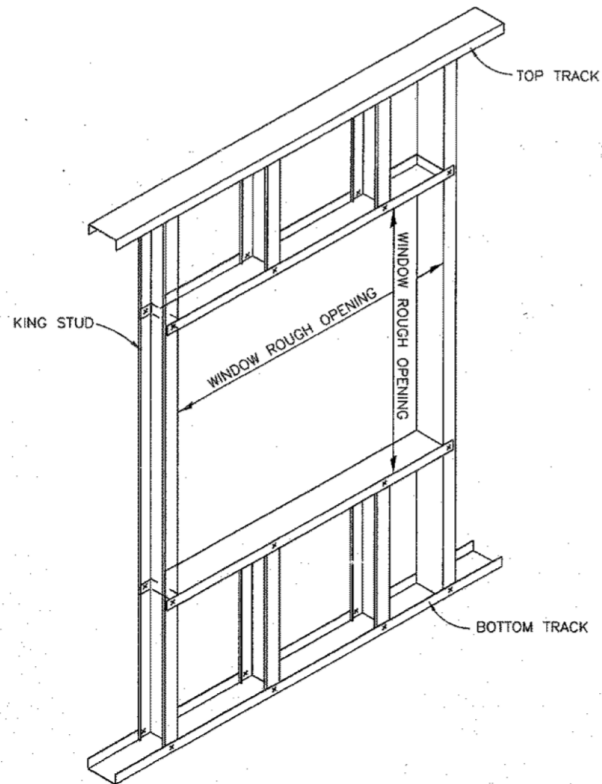


Figura 61: Detalles del espacio en vacío para una ventana

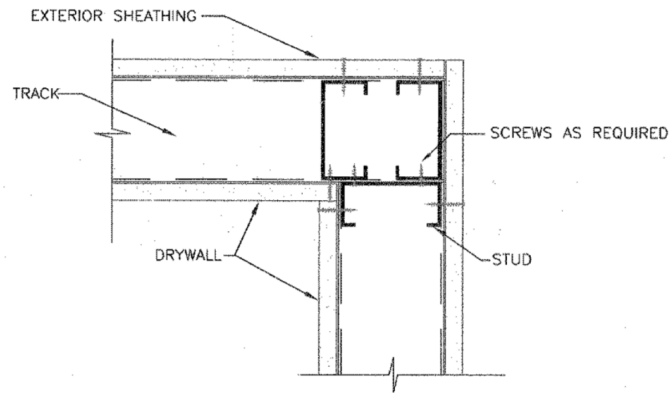


Figura 62: Detalles de una esquina 1

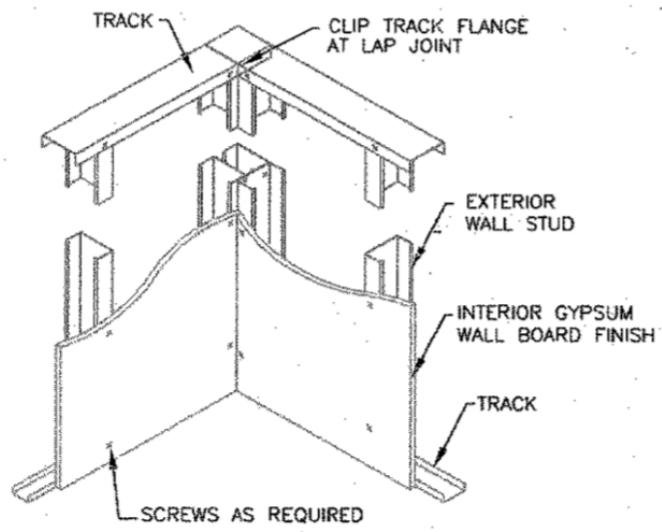


Figura 63: Detalles de una esquina 2

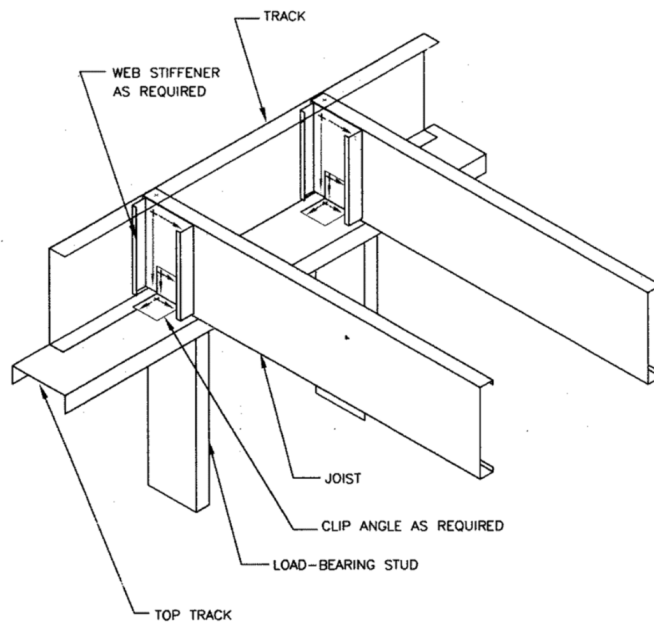


Figura 64: Costaneras de la losa de entrepiso conectando con el muro

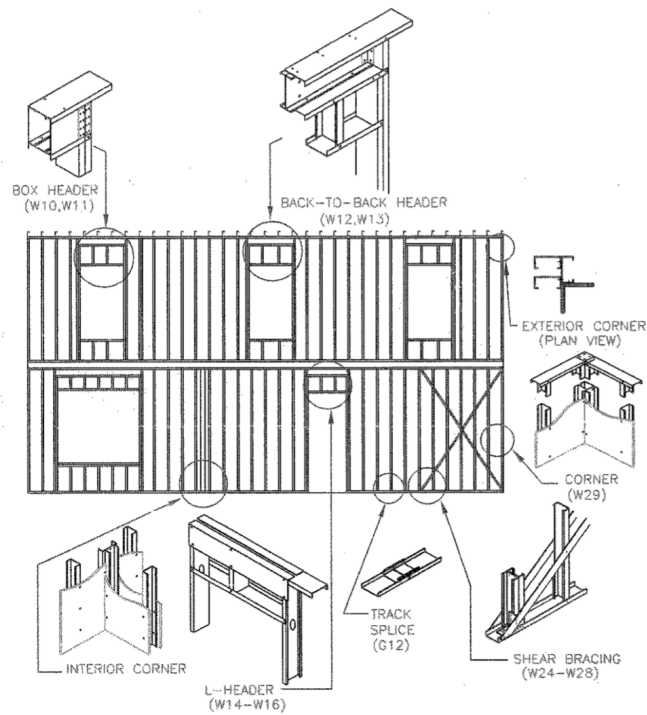


Figura 65: Esquema de la elevación de muros

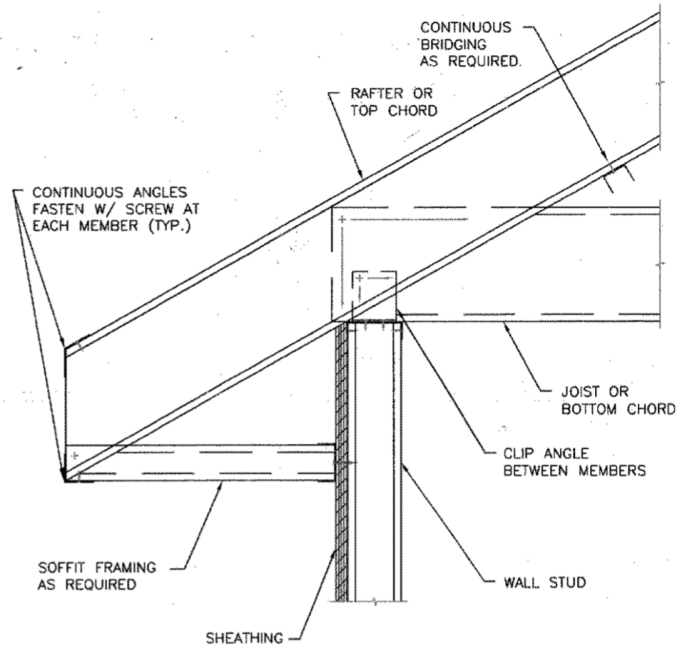


Figura 66: Conexión al talón articulado del techo

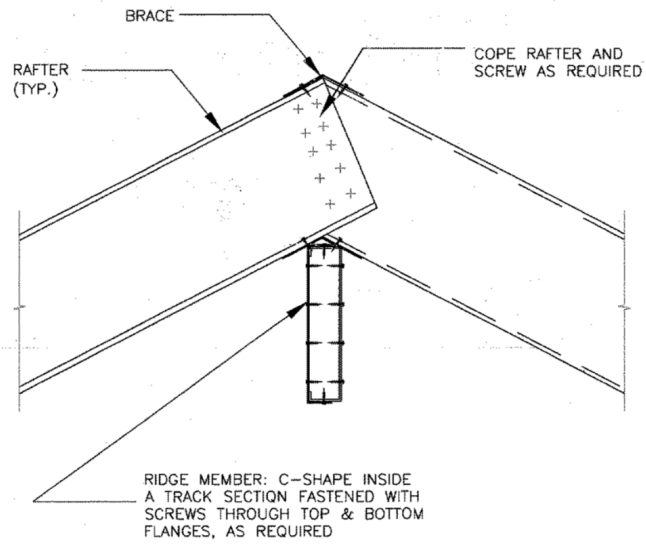


Figura 67: Conexión y apoyo a los cabezales articulados del techo

8.3.3. Proceso de acabados en recubrimientos y otras instalaciones

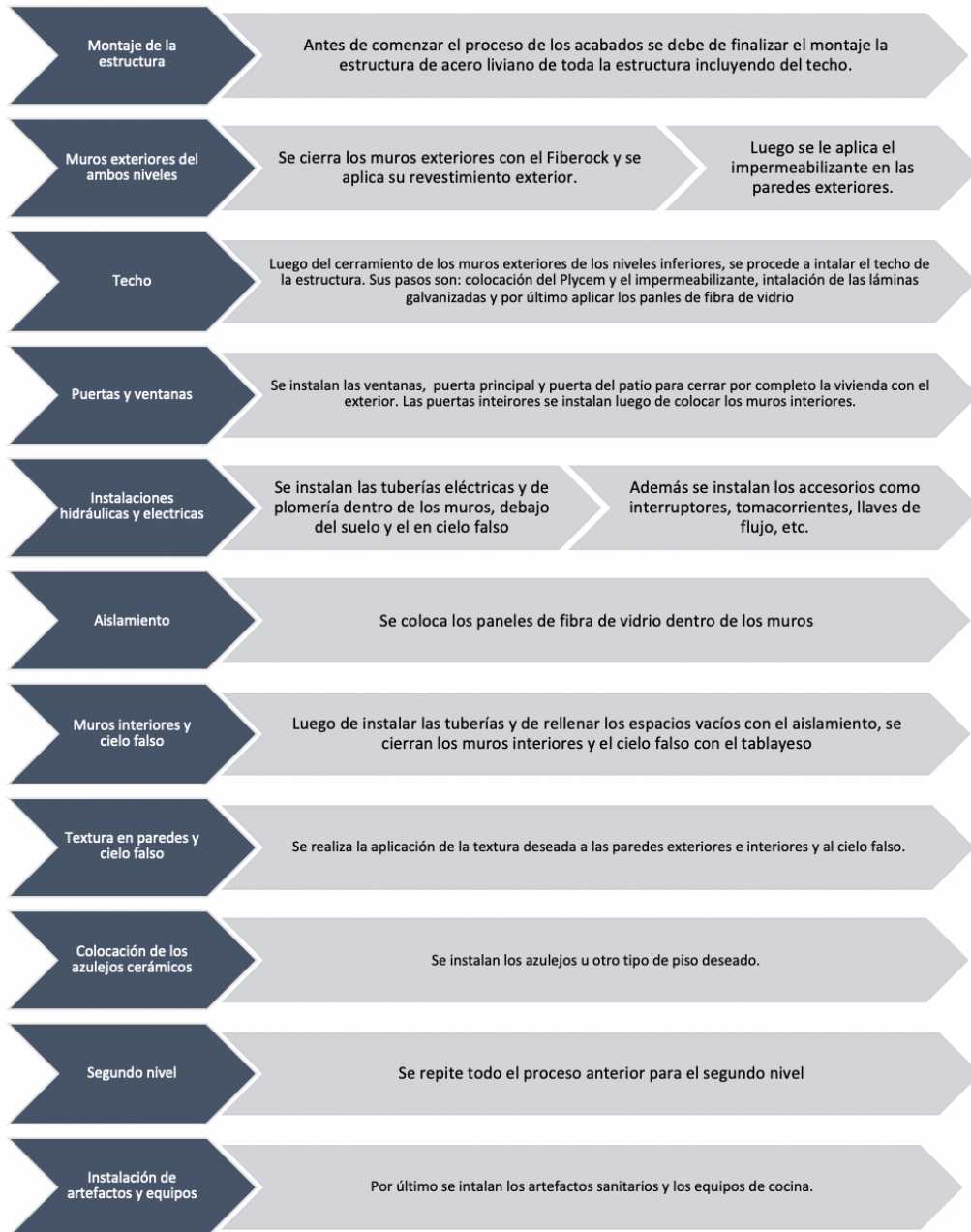


Figura 68: Etapas del proceso de construcción para la etapa de acabados

9.1. Introducción

A la hora de la elección de un sistema constructivo para una vivienda, una persona de la región popular urbano se apoya al sistema de "Mampostería" por su popularidad y por desconocimiento a los beneficios de otros sistemas constructivos. Por lo que es necesario que evalúen las opciones y reconocer los ventajas y desventajas que ofrecen cada sistema constructivo.

Este capítulo se basará en determinar las propiedades "Cualitativas y Cuantitativas" de una vivienda construida con el sistema de mampostería y con el sistema del acero galvanizado formado en frío. El propósito es comparar a ambos sistemas en diferentes categorías y determinar sus ventajas y desventajas. Ambos sistemas constructivos cuentan con ciertas similitudes como las cimentaciones de concreto reforzado, la plomería y las instalaciones eléctricas. Entonces para las comparaciones cuantitativas se considerará solamente los costos directos de la obra gris.

Para el método de la mampostería se asumirán materiales de blocks de (14cm x 19cm x 39cm) con resistencia de 50 kg/cm², block soleras de (14cm x 19cm x 39cm) con resistencia de 35 kg/cm² y mortero premezclado para la unión de los bloques. Para los cálculos de considera también columnas y soleras para el refuerzo, los dinteles, anclajes al suelo, juntas de sellos y todo lo que resta de la obra gris.

9.2. Sistema constructivo de acero formado en frío vs mampostería

9.2.1. Costo de los materiales

Para la comparación cuantitativa de ambos materiales, se asumirán solamente los estructurales. En el caso de mampostería se asumirá un muro de 2.40 metros de altura fabricado de blocks y concreto premezclado para las sizas. Para el segundo caso se asumirá un muro de 2.40 metros de altura con los elementos de acero galvanizado formado en frío.

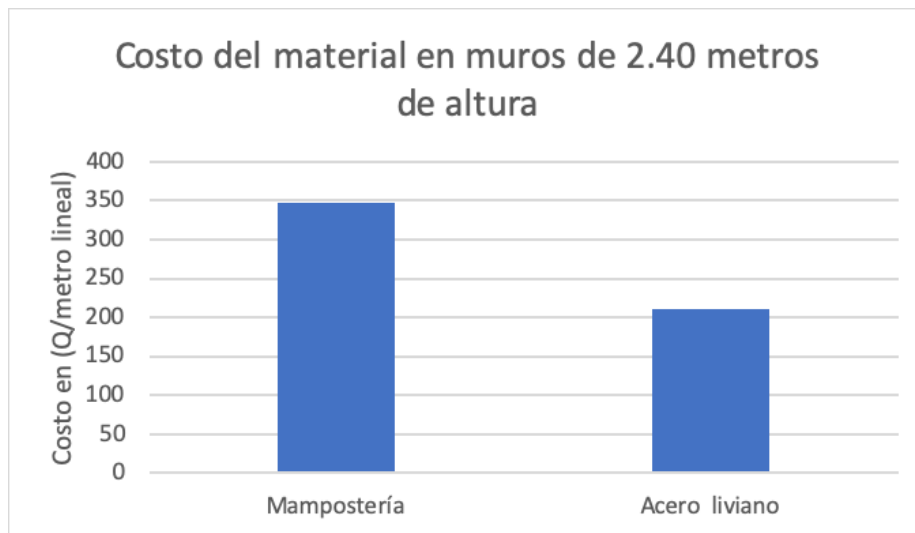


Figura 69: Costo del material en muros de 2.40 metros de altura

Como se puede ver en la gráfica anterior, el costo de material para un muro de 2.4 metros de mampostería es Q347.81/m mientras que un muro de acero es de Q210.17/m. El costo del acero ocupa el 60.43 % del costo de los blocks.

9.2.2. Flexibilidad de transporte

La estructura de acero conformado en frío consta de un promedio de 17.14kg/m² y un muro compuesto por blocks consta de alrededor de 150kg/m². Por lo que un muro de acero es casi 9 veces más liviano que un muro de block, lo cual reduciría los costos del transporte. Pero ambos materiales pueden ocupar casi el mismo espacio porque varios elementos de acero están armados por subsistemas prefabricados antes del transporte. En la siguiente gráfica se observará el peso de un metro cuadrado de muro por material:

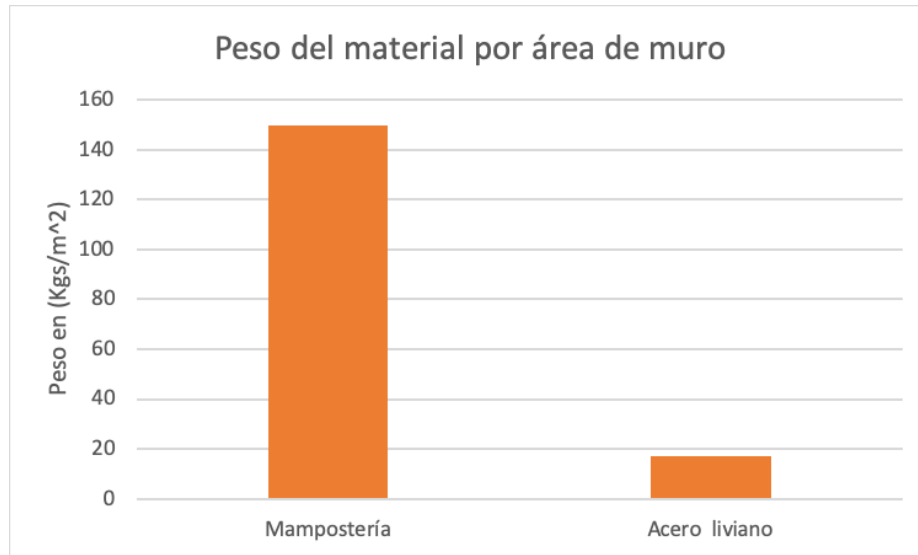


Figura 70: Peso del material por área de muro

9.2.3. Costo de mano de obra

Asumiendo un muro de 2.40 metros de altura de la vivienda diseñada, la comparación del valor de la mano obra para los diferentes sistemas constructivos se muestran en la gráfica siguiente:

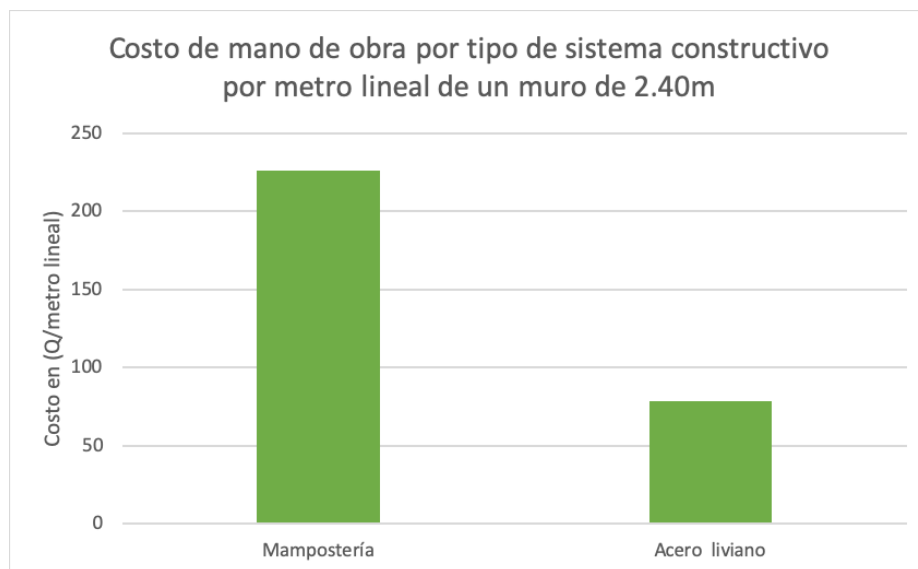


Figura 71: Costo de mano de obra por tipo de sistema constructivo por metro lineal.

El costo por metro lineal de un muro con el sistema de mampostería es Q225.99/m y el costo por metro lineal de un muro con el sistema de acero formado en frío es Q78.88/m. Esto se debe a que la mano de obra para el sistema constructivo de acero

conformado en frío requiere menos tiempo y esfuerzo por lo que su costo estimado es menor de la mitad del costo del sistema constructivo de mampostería.

9.2.4. Velocidad de construcción

El método de la colocación de blocks debe ser precisa por lo que requiere bastante tiempo y además son materiales pesados que atrasan el movimiento en la obra, mientras que el otro método de construcción requiere solamente la montaje de las piezas de acero y sus uniones. El tiempo promedio de la construcción de la obra gris en mampostería para la vivienda diseñada es de 26 días y el tiempo estimado para la misma vivienda con estructuras de acero liviano es de 13 días. A continuación se muestra una comparación del tiempo de construcción.

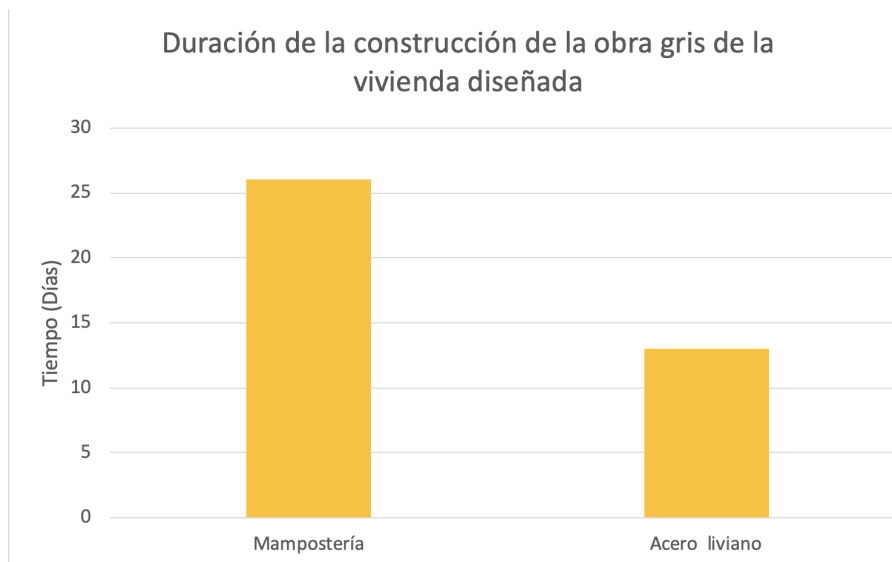


Figura 72: Duración de la construcción de la obra gris de la vivienda diseñada

9.2.5. Supervisión de calidad

El tema de la supervisión de la calidad de la construcción es de suma importancia para el resultado final de la vivienda. En el caso de la mampostería la calidad de producción se define en la alineación de la colocación de los blocks, el control de las propiedades de la mezcla de pegado, cuantificación y dimensionamiento de las varillas de acero, densidades del concreto para la losa, etc.



Figura 73: Creación del concreto premezclado para la union de los blocks

Por otro lado, para la estructura acero se puede armar inicialmente en la fábrica los elementos por su grupo respectivo, sea la unión de las piezas de un muro, costanera u otra estructura. Este metodo es posible gracias al bajo peso de los elementos lo cual facilita el transporte al proyecto y los albañiles sólo deben de unir las piezas armadas. En caso de mantenimiento de algun elemento estructural, es posible desarmar lo necesario, modificar la pieza dañada y rearmar las piezas estructurales.



Figura 74: Instalación de los elementos estructurales de acero conformado en frío

9.2.6. Capacidad de resistencia a cargas gravitacionales

La resistencia axial de un muro de block con resistencia 50 kg/cm^2 es $70,000 \text{ kg/m}$ y la resistencia axial de un muro de 2.40 metros de altura de acero calibre 24 es $2,803.18 \text{ kg/m}$. La resistencia de un muro de block es casi 25 veces la resistencia de un muro de acero, a continuación se muestra una comparación de ambas resistencias axiales.

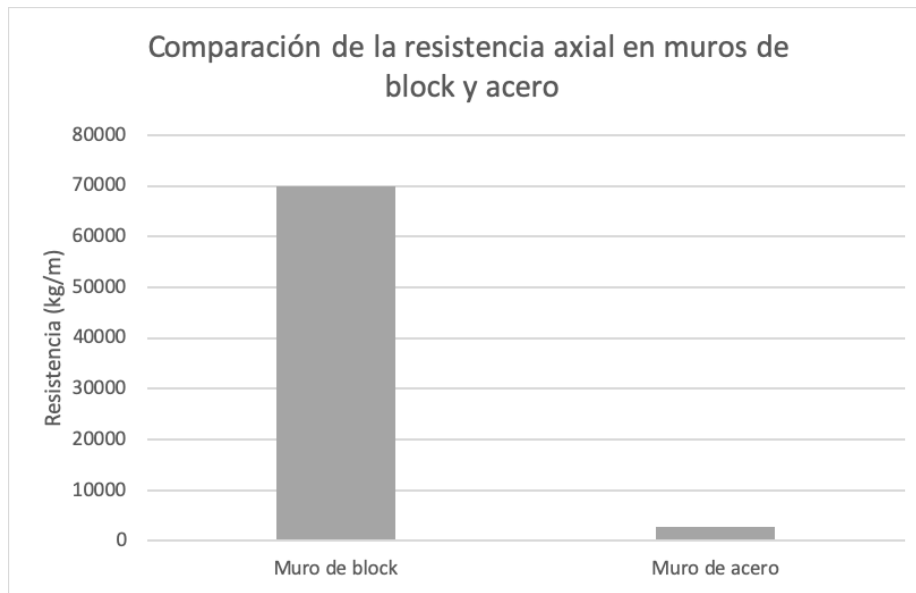


Figura 75: Comparación de la resistencia axial en muros de block y acero

9.2.7. Capacidad de resistencia sísmica

Existe una gran diferencia en la comparación los pesos de ambos materiales, y esto es de suma importancia a la hora de un evento sísmico porque el movimiento del suelo genera fuerzas inerciales y su magnitud dependerá de la masa de la estructura. Mientras que una vivienda de mampostería puede ser drásticamente afectado por el alto peso que contiene, mientras que una vivienda de acero liviano es levemente afectado por su bajo peso. En términos de rigidez, la mampostería tiene muy baja ductilidad en comparación con el acero y además el acero tiene un amplio rango elástico que permite la flexibilidad y el movimiento armónico con el suelo a la hora de un sismo.

9.2.8. Aislamientos y resistencias accidentales

El sistema de aislamiento de un muro de acero liviano de 2.40 m está compuesto por:

- Estructura de acero: Q210.17/m
- Fibra de vidrio: Q139.87/m
- Fiberock: Q633.84/m
- Total: Q983.88/m

La aplicación del aislamiento acústico y térmico para los muros de acero liviano requiere un costo elevado, llegando a casi el triple del costo de sistema de block (Q347.81/m), pero es más eficiente que el aislamiento que ofrece un muro de mampostería.



Figura 76: Colocación de fibra de vidrio en la losa de entepiso



Figura 77: Colocación de fibra de vidrio en muros exteriores

Por otro lado, el sistema de mampostería cuenta con un cuerpo más denso que a comparación con el otro sistema, es capaz de resistir mayores golpes accidentales, lo cuál es más recomendable en términos de seguridad. Además el material del block y concreto tienen una mayor resistencia contra fuego, en cambio el otro sistema puede ser inflamable dependiendo de los materiales.

9.2.9. Accesibilidad para las instalaciones hidráulicas y eléctricas

Las estructuras de acero requieren elementos a cada 60 cm o 10cm de distancia por lo que dentro de los muros, losas o techos tienen bastante espacio libre; Esto permite instalar aislamientos, tuberías eléctricas, hidráulicas o conductos de ventilación. A continuación se muestran ejemplos de muros de acero con las tuberías instaladas.



Figura 78: Instalación de tuberías hidráulicas y eléctricas en muros interiores



Figura 79: Instalación de conductos y tuberías hidráulicas y eléctricas en la losa de entrepiso

9.3. Sistema constructivo de Acero conformado en frío vs Adobe

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos del mundo y actualmente se utiliza en algunas regiones de Guatemala, está compuesto principalmente por arcilla, arena y agua los cuales son muy accesibles en varios lugares alrededor del país. El método de construcción se basa en crear moldes en forma de bloques para rellenarlos del material en estado fluido y luego se espera a que se realizara el secado bajo sol. Mientras que con el acero conformado en frío se utilizan maquinarias para crear deformaciones en frío a los elementos de acero. Los bloques de adobe se pueden utilizar para crear muros, columnas, paredes aisladas y tabiques interiores, solamente los dinteles deben ser de madera. [45]



Figura 80: Muestra de un bloque de adobe

En la arquitectura las viviendas de adobe deben ser estructuras tipo “Cajón” con las 4 paredes unidas entre sí de forma perpendicular o en forma de “C” que constituye de 3 paredes unidas entre sí, estas formas mencionadas resisten ciertos sismos gracias a sus núcleos que mantienen el equilibrio de los empujes derivados a lo compacto. Mientras que el acero formado en frío permite crear múltiples diseños arquitectónicos y además cuenta con la ingeniería que permite cumplir con los estándares y con la tecnología más avanzada.

Las arcillas proveen plasticidad y cohesión lo cual generan una alta densidad y resistencia a compresión pero no mayor al de un block sencillo. El material permite infiltraciones del agua de parte de la lluvia debilitan la resistencia en las zonas expuestas. Las vigas de madera que están apoyadas sobre los muros sirven como tensores para disipar la energía telúrica. Esto sucede porque a la hora de un sismo el contacto del adobe con las vigas genera fricción por lo que transforman la energía en calor.

A la hora de un sismo pueden existir diversos tipos de fallas como flexión por no contener refuerzos interiores para resistir cargas horizontales, fallas a corte en las columnas, fallas en muros por la presencia de grietas y los dinteles puede sufrir deslizamiento. Sin embargo, las estructuras de acero liviano son más fáciles de construir, permiten tener tuberías entre los muros y losas; y lo más importante, cuentan con una resistencia gravitacional y al volteo mucho más alta que el de adobe. [46]



Figura 81: Resultado de una vivienda de adobe luego de un evento sísmico

9.4. Conclusiones parciales

- No se ha comparado el sistema constructivo de acero conformado en frío con el sistema de concreto reforzado porque es más industrializado para las viviendas del área de popular urbano, por lo que cuentan con un costo más elevado del rango accesible.
- Se demostraron varias ventajas del uso de acero formado en frío sobre la mampostería tales como los costos del material, mano de obra y transporte, la velocidad de construcción, el control de calidad, la resistencia sísmica, la eficiencia en el aislamiento térmico y acústico, y la accesibilidad del mantenimiento.
- Se comparó el adobe con el acero formado en frío solamente de forma cualitativa porque es un sistema de construcción no aprobado. La construcción de viviendas de adobe a comparación del acero liviano requiere más tiempo y trabajo de parte de los albañiles, además tienen respuestas insatisfactorias a los efectos del sismo.

- Se diseñó una vivienda con la capacidad de ser construida en forma parcial y posteriormente poder ser construida su parte complementaria. Los dimensionamientos de la vivienda diseñada cumple con las normas y regulaciones del FHA para permitir que los habitantes puedan solicitar apoyo financiamiento y así, adquirir su propia vivienda.
- Se diseñó la estructura de la vivienda a base de las normas y códigos de AISI. El diseño estructural de la vivienda está diseñada para su construcción en el área de Cobán, Alta Verapaz. Además, se puede utilizar la misma vivienda para otras áreas que cuenten con los mismos factores de seguridad o menores al de Alta Verapaz.
- Debido al bajo peso que contiene la estructura, existe una mayor fuerza horizontal de parte del viento que de parte de la fuerza sísmica. Por lo que se utilizaron los paneles revestidos como refuerzos laterales para resistir la fuerza de volteo de parte del viento. Sin embargo, la vivienda es capaz de resistir los efectos de un evento sísmico.
- Se estimó el costo de los materiales y de la mano de obra para construcción de la vivienda. La estimación del enganche estimado para el costo total directo de la vivienda diseñada es (Q34,232.20), por lo que el modelo puede ser dirigida para 10,480 familias de 6 integrantes del sector nivel popular urbano de Alta Verapaz. Considerando al esqueleto de acero conformado en frío junto todos los paneles de tabalayseso como parte de la estructura principal de la vivienda, forman parte del 62 % del costo final de la vivienda.
- Se determinó que el proceso constructivo para una vivienda de acero conformado en frío forma en diferentes etapas principales: la prefabricación de los materiales, el armado de los subsistemas estructurales y la elaboración de los acabados e instalaciones.

- Por último, se demostró las ventajas constructivas y económicas del sistema constructivo. Comparando una vivienda de acero conformado en frío con una vivienda de mampostería o de concreto industrializado, la construcción de una vivienda de acero conformado es más económico, liviano, y crea menos desperdicios o suciedad en el terreno de la construcción.

- Para cumplir con el método de la construcción parcial y posteriormente la construcción de la parte complementaria es recomendable tomar en cuenta los ajustes de las tuberías o las vías de paso entre las habitaciones para permitir dicha ampliación.
- Una vivienda de acero conformado en frío puede ser diseñada para resistir capas de ceniza volcánica o soportar un tanque de agua en el techo. Sin embargo, esto provocaría un costo altamente elevado por lo que no se recomienda diseñar una vivienda que satisfaga estas aplicaciones.
- Para que la vivienda sea permitida ser utilizada en cualquier área de Guatemala, se recomienda de diseñar de manera estructural utilizando los factores más críticos del país.
- Para el diseño de una estructura de acero conformado en frío y la cuantificación de la misma estructura, se recomienda utilizar software que cumplan con ambos propósitos tales como Scottsdale software, FrameCad, Parabuild, EdilusSteel y CYPE.
- Existen diversas maneras para aumentar o reducir la resistencia estructural de un cuerpo compuesto por elementos de acero liviano sin la necesidad de modificar el diseño arquitectónico de la vivienda. La manera más simple y eficiente es cambiando el calibre para modificar el espesor del elemento. En caso de que el ajuste mencionado no sea suficiente para satisfacer la capacidad requerida, se puede modificar el ancho del perfil o la separación entre los elementos estructurales, aunque ambas soluciones pueden requerir un rediseño arquitectónico de la vivienda.
- Para elaborar un mejor diseño modular se recomienda combinar los dos sistemas constructivos de block y de acero conformado en frío. Así elaborando un sótano de 2.40 metros de altura compuesto de mampostería situado a 2 metros bajo

suelo y encima, dos niveles de acero conformado en frío. Este sistema mencionado ofrece una mejor resistencia gravitacional y al volteo, además permite que las cimentaciones estén colocadas sobre un suelo más firme.

-
- [1] J. L. Saldivar Magdalena; Flores, “Avances hacia la unificación de criterios para el diseño de acero delgado formado en frío entre Canada, EEUU y México (en línea).”, en *México: V Simposio Internacional de Estructuras de Acero*, Disponible en: <http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/>, 2019.
 - [2] SEGOB, “PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-195-SCFI-2014, Productos de hierro y acero y Especificaciones de Seguridad (en línea).”, en *México: SEGOB*, Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo = 5376893&fecha, 2014.
 - [3] E. Sereno, “Llegan las viviendas construidas con estructuras de acero (en línea).”, en *Colombia: EWS, 2018*, Disponible en: <https://ewscolombia.com.co/llegan-las-viviendas-construidas-con-estructuras-de-acero/>, 2018.
 - [4] H. y Construcción, “Construye a menor costo con el innovador sistema de construcción Metaldeck (en línea).”, en *Puerto Rico: AcesoCaribe*, Disponible en: <https://www.primerahora.com/estilos-de-vida/hogar-y-construccion/2/>, 2013.
 - [5] Arqhys, “Acero conformado en frío (en línea)”, en *Guatemala: Arqhys*, Disponible en: <https://www.arqhys.com/construccion/acero-conformado-frio.html>, 2019.
 - [6] A. Iron y S. Institute., “Especificación para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío (en digital).”, en *Estados Unidos: American Iron and Steel Institute*, AISI, 1997.
 - [7] D. B. Wiki., “Steel frame (en línea).”, en *Estados Unidos: DBW*, Disponible en: <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Steelframe>, 2019.
 - [8] M. Hernández, “Propiedades del acero usado en laminado en frío (en línea).”, en *Guatemala: Academia*, Disponible en: https://www.academia.edu/7530382/PROPIEDADES_DE_LACERO_USADO_EN_LAMINADO_EN_FRIO, 2019.
 - [9] C. B. Ramirez Alva, “Diseño de estructuras de acero formado en frío usando las especificaciones AISI-96 (en digital).”, en *México: Instituto Politécnico Nacional, IPN*, 2005, págs. 5-7.

- [10] A. en acero., “Steel frame y entramados de perfiles conformados en frío (en línea).”, en *Guatemala: Asociación Latinoamericana del Acero*, Disponible en: <http://www.arquitecturaenacero.org/historia/teoria/steel-frame-y-entramados-de-perfiles-conformados-en-frio>, 2019.
- [11] E. de acero, “Perfiles de acero en frío y caliente (en línea).”, en *Costa Rica: Escuela de Ingeniería en Construcción*, Disponible en: <http://estructurasacero.blogspot.com/2007/06/perfiles-de-acero-en-fro-y-caliente.html>, 2007.
- [12] F. Planes, “Proceso de galvanizado: ¿qué es y qué ventajas tiene? (en línea).”, en *España: Ferros Planes*, Disponible en: <https://ferrosplanes.com/proceso-galvanizado-ventajas/>, 2019, págs. 5-7.
- [13] A. L. de acero, “Aceros galvanizados (en línea).”, en *Guatemala: Arquitectura en acero.*, Disponible en: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/aceros-galvanizados>, 2019.
- [14] Maderea., “Diferencias entre estructuras de madera, acero y hormigón (en línea).”, en *Guatemala: Maderea.*, Disponible en: <https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/>, 2019.
- [15] L. Royett, “Cuadro esquemático acero y madera (en línea).”, en *Venezuela: SlideShare.*, Disponible en: <https://www.slideshare.net/LorraineRoyett1/cuadro-esquematico-acero-y-madera>, 2016.
- [16] J. Montero, “Steel framing y madera: conocé las novedades para construir en seco (en línea).”, en *Argentina: LA NACION*, <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/steel-framing-madera-conoce-novedades-construir-seco-nid2171083>, 2019.
- [17] L. Royett, “¿Qué es ASTM International? (en línea).”, en *Estados Unidos: ASTM*, Disponible en: https://www.astm.org/images/what_is_astm_spanish.pdf, 2014.
- [18] AEC, “Normas ASTM (en línea).”, en *Estados Unidos: ASTM*, Disponible en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm>, 2019.
- [19] ASTM, “Building and Construction Overview (en línea).”, en *Estados Unidos: ASTM*, Disponible en: <https://www.astm.org/industry/building-and-construction-overview.html>, 2019.
- [20] A. Iron y S. Institute., “Especificación para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío (en digital).”, en *Estados Unidos: American Iron and Steel Institute*, 1997.
- [21] C. B. Ramirez Alva, “Diseño de estructuras de acero formado en frío usando las especificaciones AISI-96 (en digital).”, en *México: Instituto Politécnico Nacional*, Pg. 5-9, 2005.
- [22] AISI, “AISI mission (en línea)”, en *Estados Unidos: AISI*, Disponible en: <https://www.-steel.org/about-aisi/mission>, 2019.
- [23] S. Palma, “¿Qué es la AISC? (en línea).”, en *Guatemala: Prezi*, Disponible en: <https://prezi.com/02bhix-5wofd/que-es-la-aisc/>, 2018.
- [24] I. Markit, “American Institute of Steel Construction (AISC) (en línea).”, en *Estados Unidos: IHS Markit*, Disponible en: <https://ihsmarkit.com/products/aisc-standards.html>, 2019.

- [25] H. HMD, “NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REPÚBLICA DE GUATEMALA (en línea).”, en *Guatemala: Foros de la Comunidad para la Ingeniería Civil*, Disponible en: <https://www.cingcivil.com/Comunidad/index.php?topic=4686.0>, 2011.
- [26] AGIES, “¿Quién es AGIES? (en línea).”, en *Guatemala: AGIES*, Disponible en: <https://www.agies.org/quien-es-agies/>, 2018.
- [27] E. Torroja, “¿Qué es el CTE? (en línea).”, en *España: Instituto de Ciencias de la Construcción*, 2019.
- [28] S. Palma, “50 años FHA (en línea).”, en *Guatemala; FHA*, Disponible en: <https://fha.gov.gt/50-anos-fha/>, 2011.
- [29] G. de la República de Guatemala, “FOPAVI (en línea).”, en *Guatemala: Gobierno de la República de Guatemala*, Disponible en: http://www.fopavi.gob.gt/Que_es_FOPAVI.html, 2019.
- [30] ProDatos, “RURAL 2018: Nosotros los guatemaltecos.”, en *Guatemala: Investigación y Análisis de Mercados Centroamérica y Panamá*, 2018.
- [31] —, “Vivienda Popular: Una ilusión pospuesta”, en *Guatemala: Investigación y Análisis de Mercados Centroamérica y Panamá (ProDatos y Cementos Progreso.*, 2018.
- [32] Metalocus, “Alejandro Aravena (en línea).”, en *España: Metalocus*, Disponible en: <https://www.metalocus.es/es/noticias/bio-alejandro-aravena-premio-pritzker-de-arquitectura-2016>, 2016.
- [33] Ecured, “Alejandro Gaston Aravena Mori (en línea).”, en *Cuba: Ecured*, Disponible en: https://www.ecured.cu/Alejandro_Gaston_Aravena_Mori, 2019.
- [34] Construmática, “Vidrio Celular (en línea).”, en *España: Construmática*, Disponible en: https://www.construmatica.com/construpedia/Vidrio_Celular, 2019.
- [35] Maximatec, “Fibra de vidrio (en línea).”, en *Guatemala, Maximatec*, Disponible en: <http://www.cursos.maximatec.com/>, 2019.
- [36] J. VanZile, “All About Perlite (en línea).”, en *Estados Unidos: theSpruce*, Disponible en: <https://www.thespruce.com/perlite-definition-and-types-1902787>, 2019.
- [37] Construmática, “Perlita (en línea).”, en *España: Construmática*, Disponible en: <https://www.construmatica.com/construpedia/Perlita>, 2019.
- [38] S. Foamland, “Espuma de Poliestireno (EPS) (en línea).”, en *Estados Unidos: Foamland, S.L.*, Disponible en: <https://www.foamland.es/espuma-de-poliestireno-epsdescripcion>, 2019.
- [39] F. mecánica, “Espuma de Poliestireno/Styrofoam (en línea).”, en *Guatemala: Fullmecnica*, Disponible en: <http://www.fullmecnica.com/definiciones>, 2014.
- [40] QuimiNet, “¿Qué es la espuma de poliuretano? (en línea).”, en *Guatemala: QuimiNet*, Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-espuma-de-poliuretano-5539.html>, 2019.
- [41] Escoltre, “Espumas de uretano”, en *Costa Rica: Escoltre*, Disponible en: <http://www.escoltre.com/espumas-uretano.php>, 2013.
- [42] Blatem, “¿Qué tipos de impermeabilizantes existen y cuál es el más adecuado? (en línea).”, en *Guatemala: Blatem*, Disponible en: <http://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/que-tipos-de-impermeabilizantes-existen-y-cual-es-el-mas-adecuado>, 2018.

- [43] M. J. y Brown R, “Diseño de Concreto Reforzado, 8va Edición 318-08 del Código ACF”, en *Estados Unidos: ALfaomega*, Pags. 341-351, 2017.
- [44] S. C. Supply, “Technical Design Catalog”, en *Estados Unidos: Steeler Construction Supply*, Pags. 7-113, 2003.
- [45] G. M. Soria, “Cualidades sismorresistentes de las viviendas de adobe en las faldas del Volcán Popocatépetl”, en *México: Patrimonio construido con tierra*, Pags. 91-107, 2007.
- [46] D. O. Mecca, “Earthquake resistant systems”, en *Firenze: VERSUS*, Pags. 233-239, 2014.

13.1. Planos de arquitectura 1

Vista en planta del primer y segundo nivel del modelo arquitectónico de la vivienda diseñada en la fase 1. (Construcción parcial)

13.2. Planos de arquitectura 2

Vista en planta del primer y segundo nivel del modelo arquitectónico de la vivienda diseñada en su fase completa. (Construcción completa)

13.3. Planos de arquitectura 3

Elevación de la cara frontal y elevación de la cara inferior de la vivienda diseñada. También incluye una sección de los detalles del baño para visitas.

13.4. Integración de cargas

Documento en MathCad de los cálculos realizados para la integración y distribución de cargas gravitacionales, de viento y sísmicas para todos los elementos de la vivienda diseñada.

13.5. Plano estructural 1

Elevación de la cara frontal y elevación de la cara inferior del esqueleto estructural de la vivienda diseñada.

13.6. Plano estructural 2

Elevación de las caras laterales izquierdo y derecho del esqueleto estructural de la vivienda diseñada.

13.7. Plano estructural 3

Vista en planta de la losa de entrepiso y de la losa de techo del esqueleto estructural de la vivienda diseñada.

13.8. Cálculos AISI

Documento en MathCad de los cálculos realizados para los chequeos y verificaciones del cumplimiento de las normas AISI para todos los elementos de acero conformado en frío de la vivienda diseñada. Incluye los cálculos para el elemento que sufre las cargas más críticas de cada sistema (techo, entrepiso, muros del segundo nivel y muros del primer nivel.)

13.9. Cálculo del cimiento corrido

Documento en MathCad con los cálculos realizados para el dimensionamiento del cimiento corrido a base de las normas del libro *Diseño de concreto reforzado* de Jack McCormac y Russell Brown.

13.10. Plano estructural 4

Dimensiones del cimiento corrido y el detalle de colocación para el acero de refuerzo. En la sección longitudinal se colocan varillas número 3 a cada 6.5 pulgadas y para la sección transversal se colocan longitudinalmente 3 varillas número 3.

13.11. Plano estructural 5

Plano de ubicación de los refuerzos laterales (shears) y sus dimensiones. El grosor de los refuerzos laterales no están a escala.

13.12. Planos de taller 1, 2 y 3

Detalles de los subsistemas o elementos estructurales y el número de copias a fabricar antes de ser transportados al lugar de construcción.

Acabados Son todos aquellos trabajos que se realizan en una construcción para darle terminación a las obras quedando ésta con un aspecto habitable. Algunos acabados en una construcción serían los pisos, puertas, ventanas, pinturas y enyesado de paredes.. 72

Acero conformado en frío Son aquellos manufacturados por troquelada sobre láminas, cortadas de rollos largos o placas, por rollos o láminas formadas en frío o roladas en caliente. 12

Adobe Es una pieza para construcción hecha de una masa de arcilla y arena, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol. 92

AISI Instituto Americano del Hierro y del Acero. 9

Aislamiento acústico Se refiere al conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio. 71

Aislamiento térmico Es el conjunto de materiales y técnicas de instalación que se aplican en los elementos constructivos que separan un espacio climatizado del exterior o de otros espacios para reducir la transmisión de calor entre ellos. 71

Anclaje Enlace de las partes de una construcción mediante elementos metálicos, que aseguran la inmovilidad del conjunto. 76

Atiesados Es un miembro que normalmente es un ángulo o una placa y son unidos a la placa o al alma de una viga o trabe para distribuir la carga. 14

AutoCad Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. 55

- Capacidad a momento** Capacidad de momento de una estructura o componente a resistir los efectos de cargas, se calcula por medio de ecuaciones de resistencias de un material o perfil del elemento. 60
- Combinaciones de carga** Son factores que incrementan las magnitudes de las cargas para tomar en cuenta las incertidumbres y estimar sus valores. 59
- Cortante sísmico** Es la fuerza lateral total como consecuencia de las fuerzas inercia que se induce a un sistema de N-grados de libertad, distribuyéndolo posteriormente a lo largo de las diferentes alturas de la estructura.. 56
- Corte último** Magnitud más crítica que deberá soportar un elemento estructural dentro de un subsistema de muros o vigas. 60
- Costaneras** Miembro estructural que soporta cargas transversales y queda por tanto, sometido principalmente a flexión. 80
- Cotización** El término suele utilizarse para nombrar el documento que informa y establece el valor de productos o servicios. 67
- Cualitativas** Son aquellas que describen ciertas propiedades físicas de la materia, en general como su color, olor, sabor y textura, entre otras. 83
- Cuantitativas** Son propiedades que se pueden medir y se pueden expresar sus cantidades por medio de unidades de medida específicas tales como la masa, dimensión, temperatura, entre otros. 83
- Diseño estructural** Implica la selección de la sección transversal de un miembro que resista con seguridad y económicamente las cargas aplicadas. 60
- FHA** Es una entidad sólida, con solvencia financiera, que le permite cumplir obligaciones y respaldar compromisos con el seguro de hipotecas. 45
- Fibro cemento** Panel constituido por una mezcla de un aglomerante inorgánico hidráulico y se emplea principalmente para el revestimiento, aislamiento e impermeabilización de numerosas estructuras. 69
- Luz** Longitud de viga o elemento. 60
- Mampostería** Es el sistema tradicional de construcción en el que consiste en erigir muros y paramentos mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen. 83
- Montaje** Consiste en instalar sus diversos componentes de la manera adecuada, siguiendo las instrucciones del fabricante. . 76
- NSE** Son las normas de seguridad estructural que podrán formar parte de un reglamento de construcción para Guatemala. 21
- Plycem** Panel de polietileno que se coloca en el subsuelo para los pisos o techos. 57

Prefabricación Es un sistema de construcción basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que se llevan a su posición definitiva para montar la edificación tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa. 76

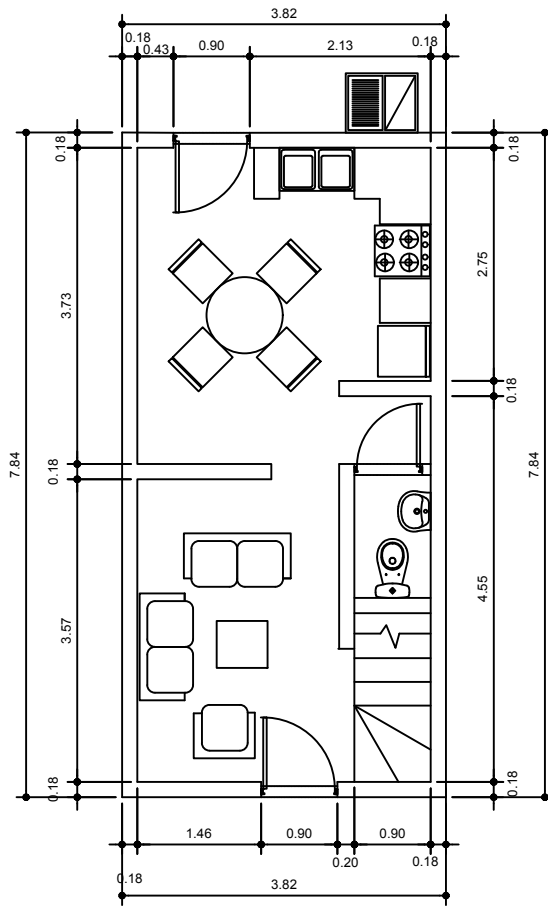
Resistencia a corte Capacidad de una estructura o componente a resistir los efectos de cargas, por medio de cálculos usando resistencias específicas de materiales y ecuaciones. 60

Shears Es un refuerzo lateral que consiste en un sistema de paneles revestidos que deforman el corte mientras que el revestimiento gira, lo que crea demandas diferenciales en todas las ubicaciones de los sujetadores. 65

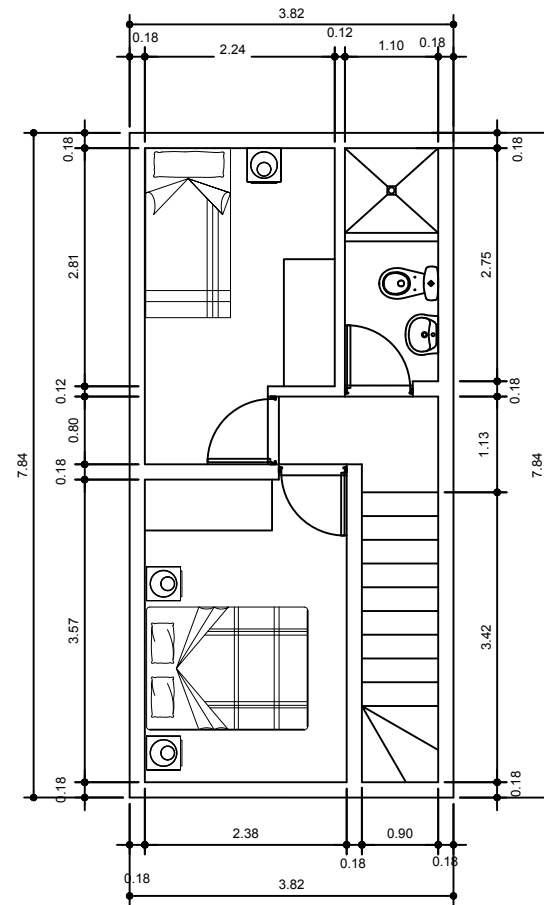
Studs Miembro vertical cuya función principal es soportar cargas verticales. 77

Track Elemento estructural que une los studs con el propósito de evitar el pandeo flexionante de los muros. 77

Planos arquitectónicos



1er Nivel de la Vivienda en Fase 1



2do Nivel de la Vivienda en Fase 1



Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil

Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS

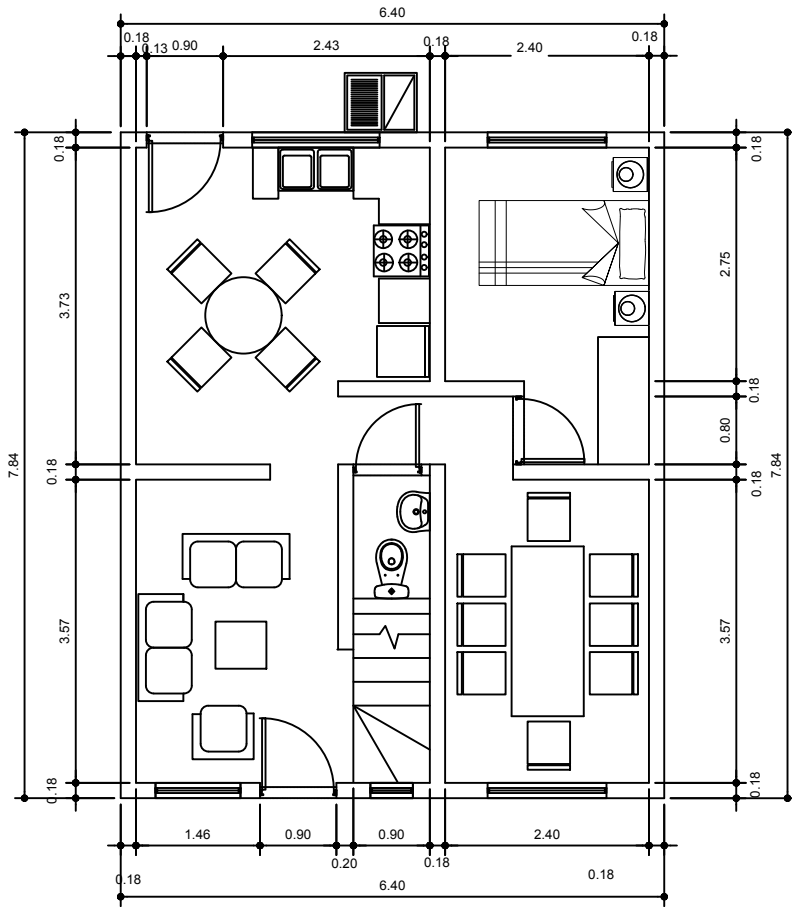
Contenido: Plano de Arquitectura

Descripción: Vista en planta de la Vivienda en Fase 1

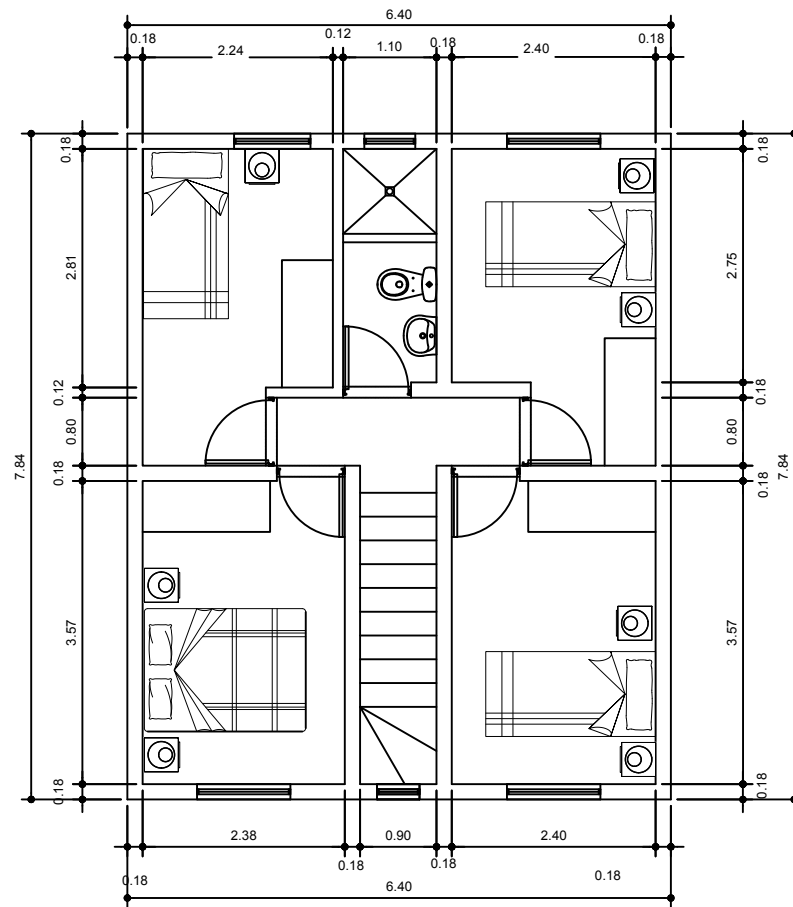
Creador: Jorge Rodríguez de la Roca

Carnet: 15178

Fecha: 1/Octubre/2019



1er Nivel de la Vivienda Completa



2do Nivel de la Vivienda Completa



Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil

Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS

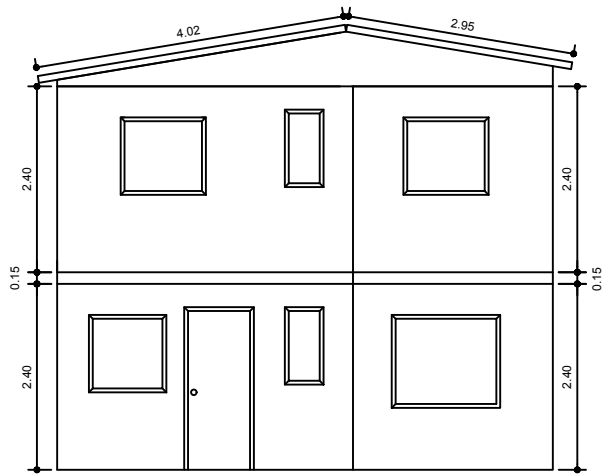
Contenido: Plano de Arquitectura

Descripción: Vista en Planta de la Vivienda completa

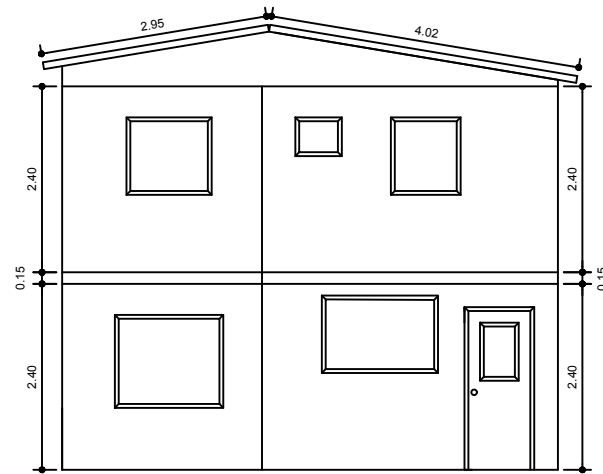
Creador: Jorge Rodríguez de la Roca

Carnet: 15178

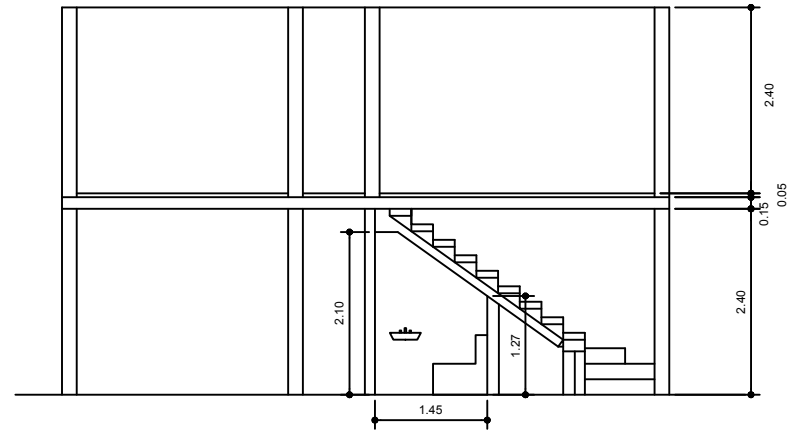
Fecha: 1/Octubre/2019




Elevación Frontal



Elevación Inferior



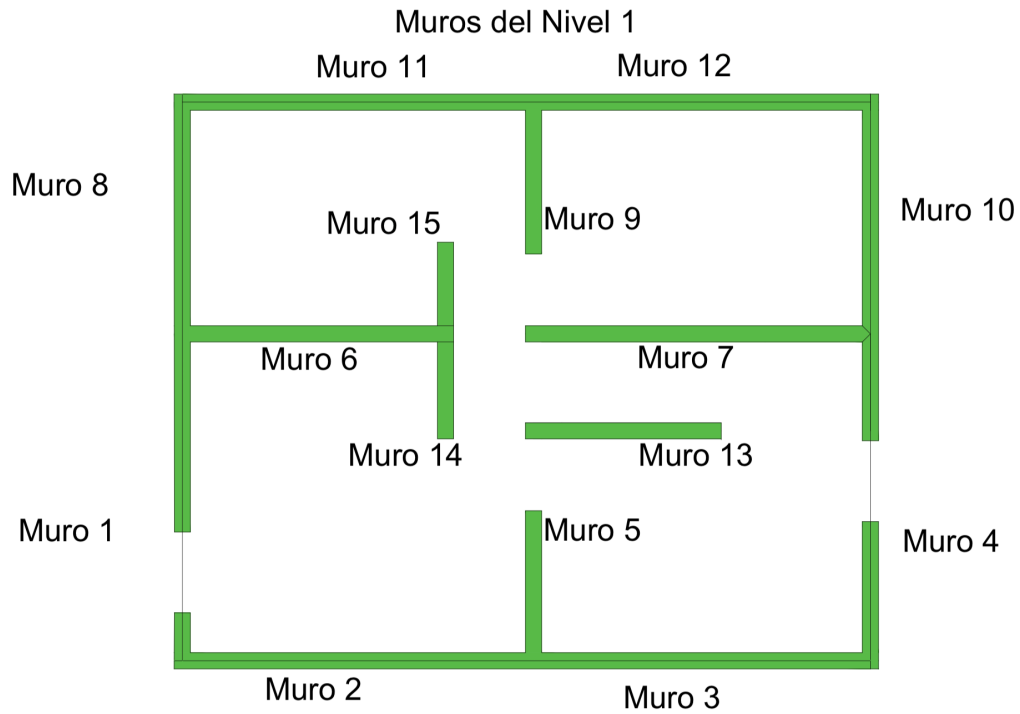
Detalles del baño de visitas

		Universidad del Valle de Guatemala Facultad de Ingeniería Ingeniería Civil
Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS		
Contenido: Plano de Arquitectura		
Descripción: Elevación Frontal e Inferior de la Vivienda Completa		
Creador: Jorge Rodríguez de la Roca		
Carnet: 15178	Fecha: 1/Octubre/2019	

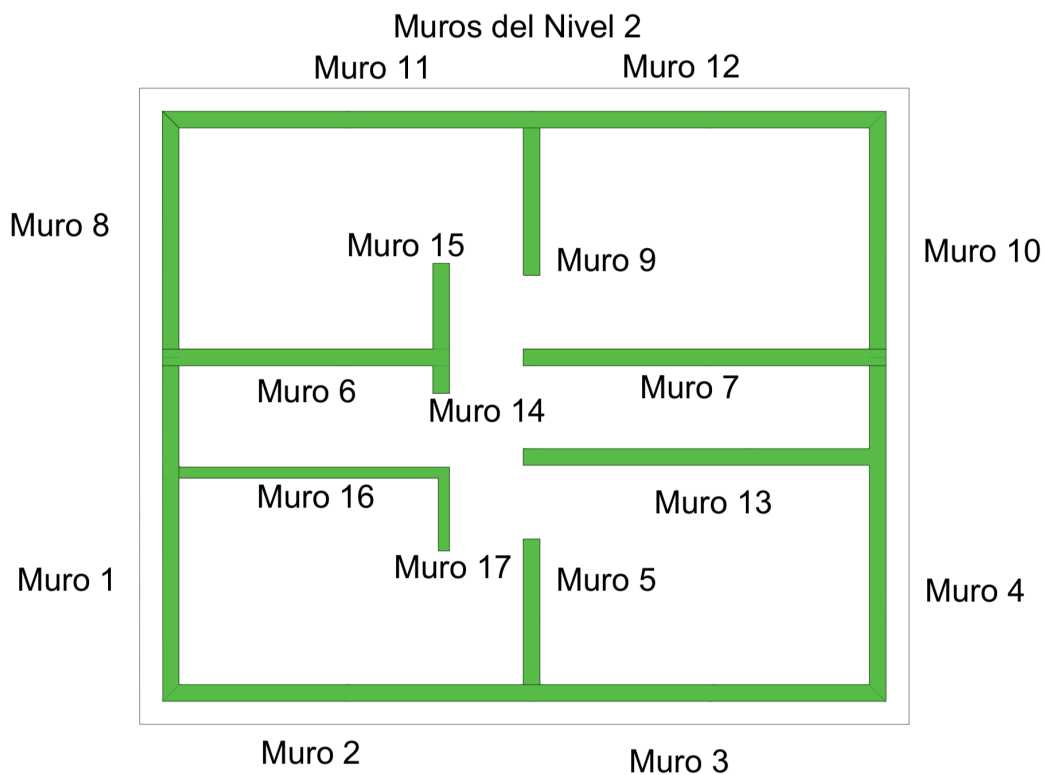
Integración de cargas

Asignación de muros

Plano de muros del nivel 1



Plano de muros del nivel 2



Datos

Datos de las tablas 3.7.1-1 y B-1 del NSE-2:

$$\text{Lámina} := 10 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Tablayeso} := 0.8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2 \cdot \text{mm}} \quad \text{Impermeabilizante} := 5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Estructura} := 30 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Cubierta Liviana} := 50 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Fibra Vidrio} := 0.04 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2 \cdot \text{mm}} \quad \text{El rollo aislante es para el aislamiento térmico y acústico entre las paredes exteriores}$$

$$\text{Piso} := 100 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \begin{array}{l} \text{- Tabla de Plycem} \\ \text{- 15 mm de espesor de relleno} \\ \text{- Azulejo cerámico} \end{array} \quad W_{\text{sismico}} := 26.255 \text{ tonf}$$

Datos de la vivienda:

Lugar: De las personas que habitan en el sector popular urbano D1 y cuentan con la capacidad económica para comprar una casa sencilla, Alta Verpaz cuenta con el porcentaje más grande en comparación de los demás Departamentos. Y entre los municipios del departamento mencionado, Cobán (Norte) es el más poblado. Con la información anterior se utilizarán para los cálculos de cargas de viento y de sismo.

$$H_{\text{muro}} := 2.4 \text{ m} \quad H_{\text{promTecho}} := 5.43 \text{ m} \quad H_{\text{prom1nivel}} := 1.2 \text{ m}$$

$$H_{\text{promMurosNivel2}} := 2.4 \text{ m} + \frac{2.4 \text{ m}}{2} + 22 \text{ mm} + 30 \text{ cm} = 3.922 \text{ m}$$

$$AT := 57.92 \text{ m}^2 \quad \text{Total área de techo}$$

$$ME := 133.25 \text{ m}^2 \quad \text{Total área de muros exteriores}$$

$$MI := 92.62 \text{ m}^2 \quad \text{Total área de muros exteriores}$$

$$AL := 42.06 \text{ m}^2 \quad \text{Total área de losa de entrepiso}$$

Integración de cargas para el techo:

$$\text{Ancho} := 0.8 \text{ m}$$

$$\text{Largo} := 4.02 \text{ m}$$

$$\text{Voladizo} := 0.25 \text{ m}$$

$$\text{Largo2} := 2.95 \text{ m}$$

Factorización de cargas

$$M_T := \text{Lámina} + \text{Tablayeso} \cdot 30 \text{ mm} + \text{Estructura} + \text{FibraVidrio} \cdot 150 \text{ mm} + \text{Impermeabilizante}$$

$$M_T = 75.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$V_T := \text{CubiertaLiviana} = 50.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$C_{ez} := \frac{(H_{\text{promTecho}} - 4.5 \text{ m})}{6 \text{ m} - 4.5 \text{ m}} (1.13 - 1.06) + 1.06 = 1.103$$

Interpolación con los datos de la tabla 5.3.3-1 del NSE-2

$$C_q := 0.7 \quad \text{Factor de succión para techo inclinado con la Pendiente} \leq 1:6 \\ \text{Obtenido de la tabla 5.3.6-1 del NSE-2}$$

$$q_s := 48 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Presión para vientos de 100 km/h de la tabla 5.3.2-1 del NSE-2}$$

$$l_c := 1 \quad \text{Porque la vivienda es de Categoría II (Ordinaria).}$$

$$W_T := C_{ez} \cdot C_q \cdot q_s \cdot l_c = 37.074 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$W_T := 80 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Norma de presión de diseño} \\ \text{mínimo (NSE-7.5)}$$

Con los datos de Coban (Norte), se utilizarán los siguientes datos del Anexo A del NSE-2

$$I_o := 3.1 \quad S_{cr} := 0.9$$

$$F_a := 1.1 \quad \text{De la tabla 4.5-1 con la Clase de Suelo tipo D}$$

$$K_d := 0.66 \quad \text{De la tabla 4.5.5-1 con el sismo tipo ordinario}$$

$$S_{cs} := S_{cr} \cdot F_a \quad S_{cd} := K_d \cdot S_{cs} \quad S_{vd_T} := 0.2 \cdot S_{cd} = 0.131$$

$$C_s := \frac{S_{cd}}{6} = 0.109$$

$$Shd_T := \frac{W_{\text{sismico}} \cdot C_s}{(AT)} = 44.782 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CR1 := 1.4 \cdot M_T = 105.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CR2 := 1.2 \cdot M_T + 1.6 V_T = 170.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CR3 := 1.2 \cdot M_T + V_T = 140.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CR4 := (1.2 + Svd_T) \cdot M_T + V_T + Shd_T = 194.583 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CR5 := (0.9 - Svd_T) \cdot M_T + Shd_T = 102.481 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CR6 := 1.2 \cdot M_T + V_T + 1.3 \cdot W_T = 244.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CR7 := 0.9 \cdot M_T + 1.3 \cdot W_T = 171.500 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

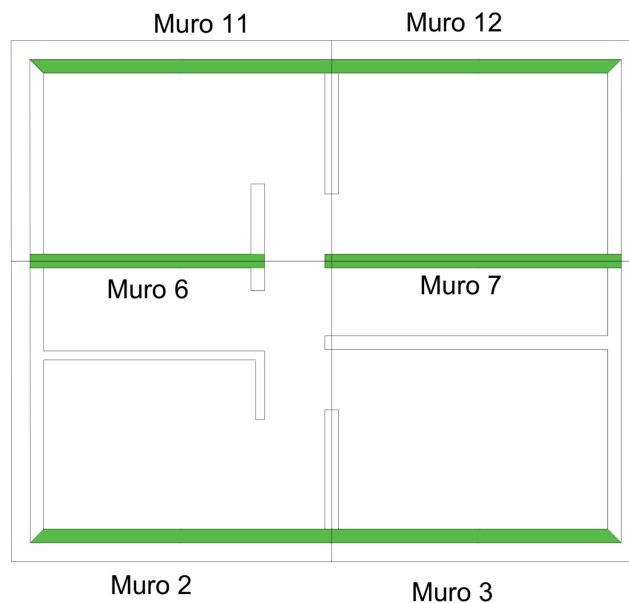
$$CR0 := M_T + V_T = 125.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CargaT := \max(CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7) = 244.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

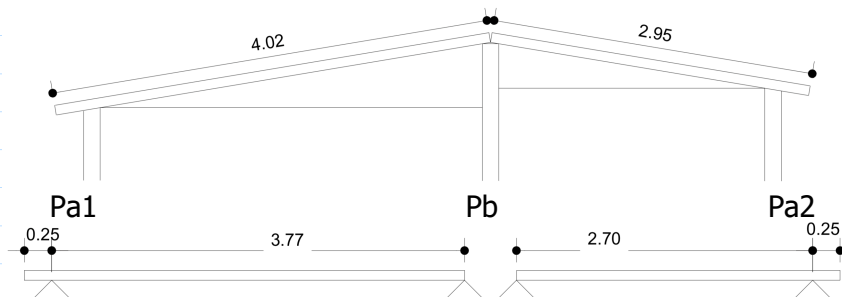
$$CargaT := CR6 \cdot Ancho = 195.200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Distribución de cargas para muros de segundo nivel:

Plano de muros que soportarán las cargas del techo



Cálculo de cargas distribuidas de una viga de techo a los muros exteriores e interiores:



Carga lineal y momento para muros exteriores lado superior

$$Pa1 := \frac{CargaT \cdot Largo^2}{2 (Largo - Voladizo)} = 4102.81 \text{ N} \quad w1 := \frac{Pa1}{Ancho} = 522.963 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Carga para muros exteriores lado frontal

$$Pa2 := \frac{CargaT \cdot Largo2^2}{2 (Largo2 - Voladizo)} = 3084.97 \text{ N} \quad w2 := \frac{Pa2}{Ancho} = 393.224 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Carga para muros interiores

$$Pb := (CargaT \cdot Largo - Pa1) + (CargaT \cdot Largo2 - Pa2) = 6154.6 \text{ N}$$

$$w3 := \frac{Pb}{Ancho} = 784.493 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Cargas de techo sobre muros estructurales:

$$\begin{aligned} CM1N2 &:= 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM2N2 &:= w1 = 522.963 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM3N2 &:= w1 = 522.963 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \\ CM4N2 &:= 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM5N2 &:= 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM6N2 &:= w3 = 784.493 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \\ CM7N2 &:= w3 = 784.493 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM8N2 &:= 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM9N2 &:= 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \\ CM10N2 &:= 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM11N2 &:= w2 = 393.224 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} & CM12N2 &:= w2 = 393.224 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Muros exteriores:

$$AnchoMax := 0.61 \text{ m} \quad Altura := 2.4 \text{ m}$$

Factorización de cargas

$$CM_{MEN2} := 2 \cdot Tablayeso \cdot 15 \text{ mm} + Estructura + FibraVidrio \cdot 150 \text{ mm}$$

$$CM_{MEN2} = 60.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad CV_{MEN2} := 0$$

$$M_{MEN2} := CM_{MEN2} \cdot Altura = 144.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad V_{MEN2} := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$Cez := 1.06$ Para alturas menores a 4.5m y exposición C. Dato obtenido de la tabla 5.3.3-1 del NSE-2

$Cq := 0.8$ Factor de empuje para muros de estructura. Obtenido de la tabla 5.3.6-1 del NSE-2

$qs := 48 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$ Presión para vientos de 100 km/h de la tabla 5.3.2-1 del NSE-2

$lc := 1$ Porque la vivienda es de Categoría II (Ordinaria).

$$CW_{MEN2} := Cez \cdot Cq \cdot qs \cdot lc = 40.704 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CW_{MEN2} := 80 \frac{kgf}{m^2} \text{ Norma de presión de diseño mínimo (NSE-7.5)}$$

$$W_{MEN2} := CW_{MEN2} \cdot Altura = 192.000 \frac{kgf}{m}$$

Con los datos de Coban (Norte), se utilizarán los siguientes datos del Anexo A del NSE-2

$$I_o := 3.1 \quad S_{cr} := 0.9$$

$F_a := 1.1$ De la tabla 4.5-1 con la Clase de Suelo tipo D

$K_d := 0.66$ De la tabla 4.5.5-1 con el sismo tipo ordinario

$$S_{cs} := S_{cr} \cdot F_a \quad S_{cd} := K_d \cdot S_{cs} \quad S_{vd_{MEN2}} := 0.2 \cdot S_{cd} = 0.131$$

$$C_s := \frac{S_{cd}}{6} = 0.109 \quad Shd_{MEN2} := \frac{W_{sismico} \cdot C_s}{\left(\frac{ME + MI}{2 \cdot 2.4 \text{ m}} \right)} = 55.121 \frac{kgf}{m}$$

$$CR1 := 1.4 \cdot M_{MEN2} = 201.600 \frac{kgf}{m}$$

$$CR2 := 1.2 \cdot M_{MEN2} + 1.6 \cdot V_{MEN2} = 172.800 \frac{kgf}{m}$$

$$CR3 := 1.2 \cdot M_{MEN2} + V_{MEN2} = 172.800 \frac{kgf}{m}$$

$$CR4 := (1.2 + S_{vd_{MEN2}}) \cdot M_{MEN2} + V_{MEN2} + Shd_{MEN2} = 246.739 \frac{kgf}{m}$$

$$CR5 := (0.9 - S_{vd_{MEN2}}) \cdot M_{MEN2} + Shd_{MEN2} = 165.903 \frac{kgf}{m}$$

$$CR6 := 1.2 \cdot M_{MEN2} + V_{MEN2} + 1.3 \cdot W_{MEN2} = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$CR7 := 0.9 \cdot M_{MEN2} + 1.3 \cdot W_{MEN2} = 379.200 \frac{kgf}{m}$$

$$CR0 := M_{MEN2} + V_{MEN2} = 144.000 \frac{kgf}{m}$$

$$Carga_{MEN2} := \max(CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7) = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$Carga_{MEN2} := CR6 = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

Muros interiores:

$$\text{AnchoMax} := 0.61 \text{ m} \quad \text{Altura} := 2.4 \text{ m}$$

$$CM_{MIN2} := 2 \cdot \text{Tablayeso} \cdot 15 \text{ mm} + \text{Estructura}$$

$$CM_{MIN2} = 54.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad CV_{MIN2} := 0$$

$$M_{MIN2} := CM_{MIN2} \cdot \text{Altura} = 129.600 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad V_{MIN2} := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad W_{MIN2} := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Con los datos de Coban (Norte), se utilizarán los siguientes datos del Anexo A del NSE-2

$$I_o := 3.1 \quad Scr := 0.9$$

$$Fa := 1.1 \quad \text{De la tabla 4.5-1 con la Clase de Suelo tipo D}$$

$$Kd := 0.66 \quad \text{De la tabla 4.5.5-1 con el sismo tipo ordinario}$$

$$Scs := Scr \cdot Fa \quad Scd := Kd \cdot Scs \quad Svd_T := 0.2 \cdot Scd = 0.131$$

$$Cs := \frac{Scd}{6} = 0.109 \quad Shd_{MIN2} := \frac{W_{sismico} \cdot Cs}{\left(\frac{ME + MI}{2 \cdot 2.4 \text{ m}} \right)} = 55.121 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR1 := 1.4 \cdot M_{MIN2} = 181.440 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR2 := 1.2 \cdot M_{MIN2} + 1.6 \cdot V_{MIN2} = 155.520 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR3 := 1.2 \cdot M_{MIN2} + V_{MIN2} = 155.520 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR4 := (1.2 + Svd_T) \cdot M_{MIN2} + V_{MIN2} + Shd_{MIN2} = 227.577 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR5 := (0.9 - Svd_T) \cdot M_{MIN2} + Shd_{MIN2} = 154.825 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR6 := 1.2 \cdot M_{MIN2} + V_{MIN2} + 1.3 \cdot W_{MIN2} = 155.520 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR7 := 0.9 \cdot M_{MIN2} + 1.3 \cdot W_{MIN2} = 116.640 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR0 := M_{MIN2} + V_{MIN2} = 129.600 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$\text{CargaMIN2} := \max(CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7) = 227.577 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$\text{CargaMIN2} := CR6 = 155.520 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Cargas de muros sobre la losa de entrepiso:

$$M1N2 := CargaMEN2 = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$M2N2 := CargaMEN2 + w1 = 945.363 \frac{kgf}{m}$$

$$M3N2 := CargaMEN2 + w1 = 945.363 \frac{kgf}{m}$$

$$M4N2 := CargaMEN2 = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$M5N2 := CargaMIN2 = 155.520 \frac{kgf}{m}$$

$$M6N2 := CargaMIN2 + w3 = 940.013 \frac{kgf}{m}$$

$$M7N2 := CargaMIN2 + w3 = 940.013 \frac{kgf}{m}$$

$$M8N2 := CargaMEN2 = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$M9N2 := CargaMIN2 = 155.520 \frac{kgf}{m}$$

$$M10N2 := CargaMEN2 = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$M11N2 := CargaMEN2 + w2 = 815.624 \frac{kgf}{m}$$

$$M12N2 := CargaMEN2 + w2 = 815.624 \frac{kgf}{m}$$

Distribución de cargas para la losa de entrepiso:

La carga muerta cuenta con la estructura, piso de azulejo con Plycem y una capa de tablayeso para el cielo falso del primer nivel

$$CM_{L2} := Tablayeso \cdot 30 \text{ mm} + Estructura + Piso = 154.000 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CV_{L2} := 200 \frac{kgf}{m^2} \text{ Muebles y personas}$$

$$W_{L2} := 0 \frac{kgf}{m^2}$$

$$Ancho := 0.4 \text{ m}$$



Con los datos de Coban (Norte), se utilizarán los siguientes datos del Anexo A del NSE-2

$$I_o := 3.1 \quad S_{cr} := 0.9$$

$$F_a := 1.1 \quad \text{De la tabla 4.5-1 con la Clase de Suelo tipo D}$$

$$K_d := 0.66 \quad \text{De la tabla 4.5.5-1 con el sismo tipo ordinario}$$

$$S_{cs} := S_{cr} \cdot F_a \quad S_{cd} := K_d \cdot S_{cs} \quad S_{vdL} := 0.2 \cdot S_{cd} = 0.131$$

$$C_s := \frac{S_{cd}}{6} = 0.109 \quad Shd_{L2} := \frac{W_{sismico} \cdot C_s}{(AL)} = 61.669 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CR1 := 1.4 \cdot CM_{L2} = 215.600 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CR2 := 1.2 \cdot CM_{L2} + 1.6 \cdot CV_{L2} = 504.800 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CR3 := 1.2 \cdot CM_{L2} + CV_{L2} = 384.800 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CR4 := (1.2 + S_{vdL}) \cdot CM_{L2} + CV_{L2} + Shd_{L2} = 466.594 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CR5 := (0.9 - Svd_L) \cdot CM_{L2} + Shd_{L2} = 180.144 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CR6 := 1.2 \cdot CM_{L2} + CV_{L2} + 1.3 \cdot W_{L2} = 384.800 \frac{kgf}{m^2}$$

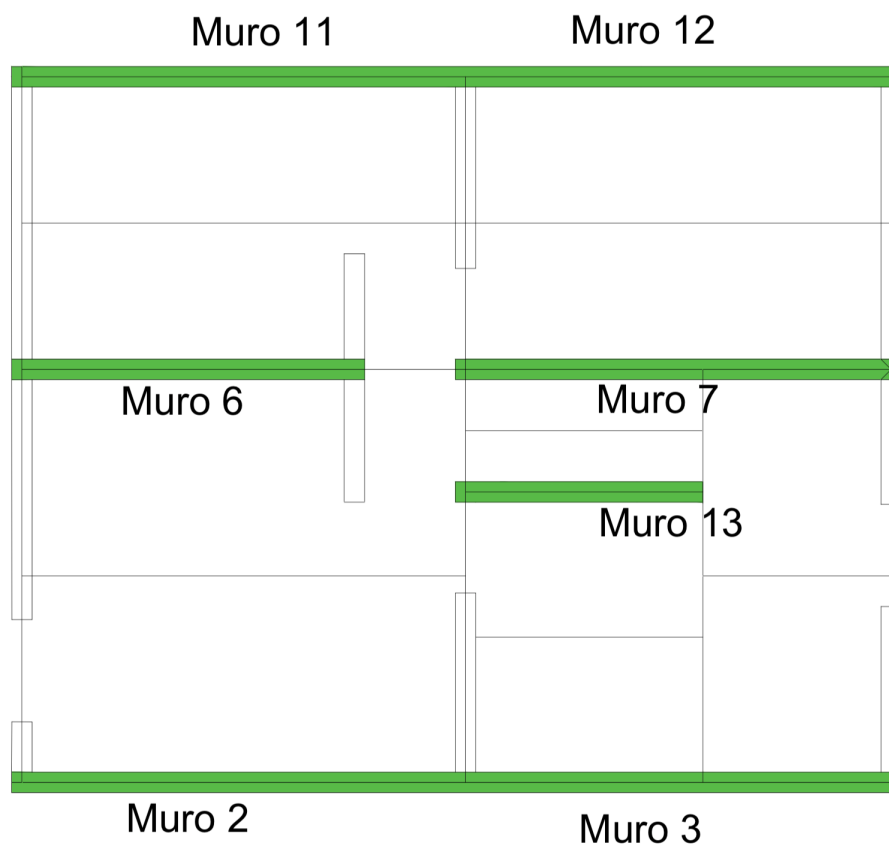
$$CR7 := 0.9 \cdot CM_{L2} + 1.3 \cdot W_{L2} = 138.600 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CR0 := CM_{L2} + CV_{L2} = 354.000 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CLosa := \max(CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7) = 504.800 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CLosa := CR6 = 384.800 \frac{kgf}{m^2}$$

Plano de distribucion de cargas de la losa de entrepiso



Distribución de cargas de losa nivel 2 a muros de nivel 1,
a continuación se mostrarán los datos del área distribuida y longitud de cada muro:

$A1 := 0 \text{ m}^2$	$L1 := 3.98 \text{ m}$	$LM1 := CLosa \cdot \frac{A1}{L1} = 0.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A2 := 7.24 \text{ m}^2$	$L2 := 3.98 \text{ m}$	$LM2 := CLosa \cdot \frac{A2}{L2} = 699.988 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A3 := 5.70 \text{ m}^2$	$L3 := 3.82 \text{ m}$	$LM3 := CLosa \cdot \frac{A3}{L3} = 574.178 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A4 := 0 \text{ m}^2$	$L4 := 1.55 \text{ m}$	$LM4 := CLosa \cdot \frac{A4}{L4} = 0.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A5 := 0 \text{ m}^2$	$L5 := 3.98 \text{ m}$	$LM5 := CLosa \cdot \frac{A5}{L5} = 0.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A6 := 12.16 \text{ m}^2$	$L6 := 3.98 \text{ m}$	$LM6 := CLosa \cdot \frac{A6}{L6} = (1.176 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A7 := 8.99 \text{ m}^2$	$L7 := 3.82 \text{ m}$	$LM7 := CLosa \cdot \frac{A7}{L7} = 905.590 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A8 := 0 \text{ m}^2$	$L8 := 2.65 \text{ m}$	$LM8 := CLosa \cdot \frac{A8}{L8} = 0.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A9 := 0 \text{ m}^2$	$L9 := 2.65 \text{ m}$	$LM9 := CLosa \cdot \frac{A9}{L9} = 0.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A10 := 0 \text{ m}^2$	$L10 := 2.65 \text{ m}$	$LM10 := CLosa \cdot \frac{A10}{L10} = 0.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A11 := 5.04 \text{ m}^2$	$L11 := 3.98 \text{ m}$	$LM11 := CLosa \cdot \frac{A11}{L11} = 487.284 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A12 := 4.84 \text{ m}^2$	$L12 := 3.82 \text{ m}$	$LM12 := CLosa \cdot \frac{A12}{L12} = 487.548 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$A13 := 3.80 \text{ m}^2$	$L13 := 2.09 \text{ m}$	$LM13 := CLosa \cdot \frac{A13}{L13} = 699.636 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$

Cargas sobre muros de 1er nivel:

$M1N1 := M1N2 + LM1 = 422.40 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$M2N1 := M2N2 + LM2 = 1645.35 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$M3N1 := M3N2 + LM3 = 1519.54 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$M4N1 := M4N2 + LM4 = 422.40 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$M5N1 := M5N2 + LM5 = 155.52 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$M6N1 := M6N2 + LM6 = 2115.68 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$M7N1 := M7N2 + LM7 = 1845.60 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$M8N1 := M8N2 + LM8 = 422.40 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$M9N1 := M9N2 + LM9 = 155.52 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$M10N1 := M10N2 + LM10 = 422.40 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$M11N1 := M11N2 + LM11 = 1302.91 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	$M12N1 := M12N2 + LM12 = 1303.17 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
$M13N1 := CargaMIN2 + LM13 = 855.16 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$	

Distribución de cargas para muros de primer nivel:

Muros exteriores:

$$AnchoMax := 0.61 \text{ m} \quad Altura := 2.4 \text{ m}$$

Factorización de cargas

$$CM_{MEN1} := 2 \cdot Tablayeso \cdot 15 \text{ mm} + Estructura + FibraVidrio \cdot 150 \text{ mm}$$

$$CM_{MEN1} = 60.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad CV_{MEN1} := 0$$

$$M_{MEN1} := CM_{MEN1} \cdot Altura = 144.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad V_{MEN1} := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$Cez := 1.06$ Para alturas menores a 4.5m y exposición C. Dato obtenido de la tabla 5.3.3-1 del NSE-2

$Cq := 0.8$ Factor de empuje para muros de estructura. Obtenido de la tabla 5.3.6-1 del NSE-2

$qs := 48 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$ Presión para vientos de 100 km/h de la tabla 5.3.2-1 del NSE-2

$lc := 1$ Porque la vivienda es de Categoría II (Ordinaria).

$$CW_{MEN1} := Cez \cdot Cq \cdot qs \cdot lc = 40.704 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$CW_{MEN1} := 80 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$ Norma de presión de diseño mínimo (NSE-7.5)

$$W_{MEN1} := CW_{MEN1} \cdot Altura = 192.000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Con los datos de Coban (Norte), se utilizarán los siguientes datos del Anexo A del NSE-2

$$Io := 3.1 \quad Scr := 0.9$$

$Fa := 1.1$ De la tabla 4.5-1 con la Clase de Suelo tipo D

$Kd := 0.66$ De la tabla 4.5.5-1 con el sismo tipo ordinario

$$Scs := Scr \cdot Fa \quad Scd := Kd \cdot Scs \quad Svd_{MEN1} := 0.2 \cdot Scd = 0.131$$

$$Cs := \frac{Scd}{6} = 0.109 \quad Shd_{MEN1} := \frac{W_{sismico} \cdot Cs}{\left(\frac{ME + MI}{2 \cdot 2.4 \text{ m}} \right)} = 55.121 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$CR1 := 1.4 \cdot M_{MEN1} = 201.600 \frac{kgf}{m}$$

$$CR2 := 1.2 \cdot M_{MEN1} + 1.6 \cdot V_{MEN2} = 172.800 \frac{kgf}{m}$$

$$CR3 := 1.2 \cdot M_{MEN1} + V_{MEN1} = 172.800 \frac{kgf}{m}$$

$$CR4 := (1.2 + Svd_{MEN1}) \cdot M_{MEN1} + V_{MEN1} + Shd_{MEN1} = 246.739 \frac{kgf}{m}$$

$$CR5 := (0.9 - Svd_{MEN1}) \cdot M_{MEN1} + Shd_{MEN1} = 165.903 \frac{kgf}{m}$$

$$CR6 := 1.2 \cdot M_{MEN1} + V_{MEN1} + 1.3 \cdot W_{MEN1} = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$CR7 := 0.9 \cdot M_{MEN1} + 1.3 \cdot W_{MEN1} = 379.200 \frac{kgf}{m}$$

$$CR0 := M_{MEN1} + V_{MEN1} = 144.000 \frac{kgf}{m}$$

$$CargaMEN1 := \max(CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7) = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

$$CargaMEN1 := CR6 = 422.400 \frac{kgf}{m}$$

Muros interiores:

$$AnchoMax := 0.61 \text{ m} \quad Altura := 2.4 \text{ m}$$

$$CM_{MIN1} := 2 \cdot Tablayeso \cdot 15 \text{ mm} + Estructura$$

$$CM_{MIN1} = 54.000 \frac{kgf}{m^2} \quad CV_{MIN1} := 0$$

$$M_{MIN1} := CM_{MIN1} \cdot Altura = 129.600 \frac{kgf}{m} \quad V_{MIN1} := 0 \frac{kgf}{m} \quad W_{MIN1} := 0 \frac{kgf}{m}$$

Con los datos de Coban (Norte), se utilizarán los siguientes datos del Anexo A del NSE-2

$$Io := 3.1 \quad Scr := 0.9$$

$$Fa := 1.1 \quad \text{De la tabla 4.5-1 con la Clase de Suelo tipo D}$$

$$Kd := 0.66 \quad \text{De la tabla 4.5.5-1 con el sismo tipo ordinario}$$

$$Scs := Scr \cdot Fa \quad Scd := Kd \cdot Scs \quad Svd_T := 0.2 \cdot Scd = 0.131$$

$$Cs := \frac{Scd}{6} = 0.109 \quad Shd_{MIN1} := \frac{W_{sismico} \cdot Cs}{\left(\frac{ME + MI}{2 \cdot 2.4 \text{ m}} \right)} = 55.121 \frac{kgf}{m}$$

$$CR1 := 1.4 \cdot M_{MIN1} = 181.440 \frac{kgf}{m}$$

$$CR2 := 1.2 \cdot M_{MIN1} + 1.6 \cdot V_{MIN1} = 155.520 \frac{kgf}{m}$$

$$CR3 := 1.2 \cdot M_{MIN1} + V_{MIN1} = 155.520 \frac{kgf}{m}$$

$$CR4 := (1.2 + Svd_T) \cdot M_{MIN1} + V_{MIN1} + Shd_{MIN1} = 227.577 \frac{kgf}{m}$$

$$CR5 := (0.9 - Svd_T) \cdot M_{MIN1} + Shd_{MIN1} = 154.825 \frac{kgf}{m}$$

$$CR6 := 1.2 \cdot M_{MIN1} + V_{MIN1} + 1.3 \cdot W_{MIN1} = 155.520 \frac{kgf}{m}$$

$$CR7 := 0.9 \cdot M_{MIN1} + 1.3 \cdot W_{MIN1} = 116.640 \frac{kgf}{m}$$

$$CR0 := M_{MIN1} + V_{MIN1} = 129.600 \frac{kgf}{m}$$

$$Carga_{MIN1} := \max(CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7) = 227.577 \frac{kgf}{m}$$

$$Carga_{MIN1} := CR6 = 155.520 \frac{kgf}{m}$$

Cargas sobre las cimentaciones :

$$CM1N1 := M1N1 + Carga_{MEN1} = 844.80 \frac{kgf}{m}$$

$$CM2N1 := M2N1 + Carga_{MEN1} = 2067.75 \frac{kgf}{m}$$

$$CM3N1 := M3N1 + Carga_{MEN1} = 1941.94 \frac{kgf}{m}$$

$$CM4N1 := M4N1 + Carga_{MEN1} = 844.80 \frac{kgf}{m}$$

$$CM5N1 := M5N1 + Carga_{MIN1} = 311.04 \frac{kgf}{m}$$

$$CM6N1 := M6N1 + Carga_{MIN1} = 2271.20 \frac{kgf}{m}$$

$$CM7N1 := M7N1 + Carga_{MIN1} = 2001.12 \frac{kgf}{m}$$

$$CM8N1 := M8N1 + Carga_{MEN1} = 844.80 \frac{kgf}{m}$$

$$CM9N1 := M9N1 + Carga_{MIN1} = 311.04 \frac{kgf}{m}$$

$$CM10N1 := M10N1 + Carga_{MEN1} = 844.80 \frac{kgf}{m}$$

$$CM11N1 := M11N1 + Carga_{MEN1} = 1725.31 \frac{kgf}{m}$$

$$CM_{12N1} := M_{12N1} + Carga_{MEN1} = 1725.57 \frac{kgf}{m}$$

$$CM_{13N1} := M_{13N1} + Carga_{MIN1} = 1010.68 \frac{kgf}{m}$$

$$Carga_{MaxCimentación} := \max(CM_{1N1}, CM_{2N1}, CM_{3N1}, CM_{4N1}, CM_{5N1}, CM_{6N1}, CM_{7N1}, CM_{8N1})$$

$$Carga_{MaxCimentación} = 2271.204 \frac{kgf}{m}$$

$$Carga_{TotalCimentación} := CM_{1N1} + CM_{2N1} + CM_{3N1} + CM_{4N1} + CM_{5N1} + CM_{6N1} + CM_{7N1} + CM_{8N1}$$

$$Carga_{TotalCimentación} = 16744.85 \frac{kgf}{m}$$

Cálculo del Peso sísmico

$$\text{Techo} \quad M_T = 75.000 \frac{kgf}{m^2} \quad AT := 57.92 m^2$$

$$\text{Muros exteriores} \quad CM_{MEN2} = 60.000 \frac{kgf}{m^2} \quad ME := 133.25 m^2$$

$$\text{Muros Interiores} \quad CM_{MIN2} = 54.000 \frac{kgf}{m^2} \quad MI := 92.62 m^2$$

$$\text{Losas entrepiso} \quad CM_{L2} = 154.000 \frac{kgf}{m^2} \quad AL := 42.06 m^2$$

$$W_s := M_T \cdot AT + CM_{MEN2} \cdot ME + CM_{MIN2} \cdot MI + CM_{L2} \cdot AL = 23817.72 kgf$$

$$W_s = 26.255 tonf$$

Resumen de la carga total sobre los cimientos según el tipo de combinación de carga

$$CR0 := 9969.79 \frac{kgf}{m} \quad CR4 := 15035.15 \frac{kgf}{m}$$

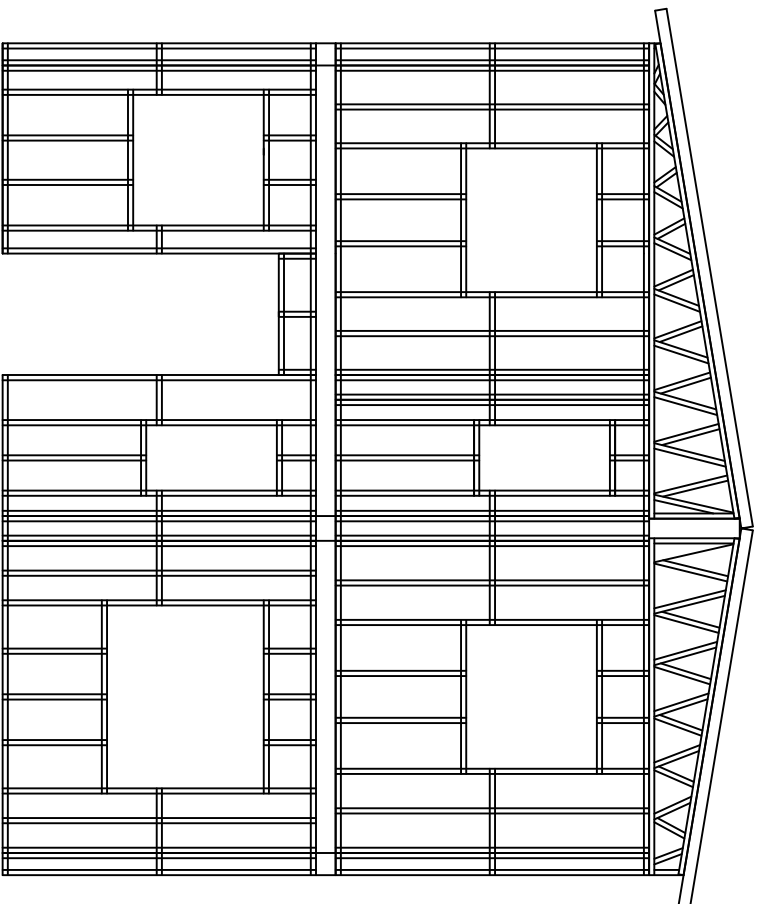
$$CR1 := 9321.90 \frac{kgf}{m} \quad CR5 := 7986.04 \frac{kgf}{m}$$

$$CR2 := 13288.27 \frac{kgf}{m} \quad CR6 := 16744.85 \frac{kgf}{m}$$

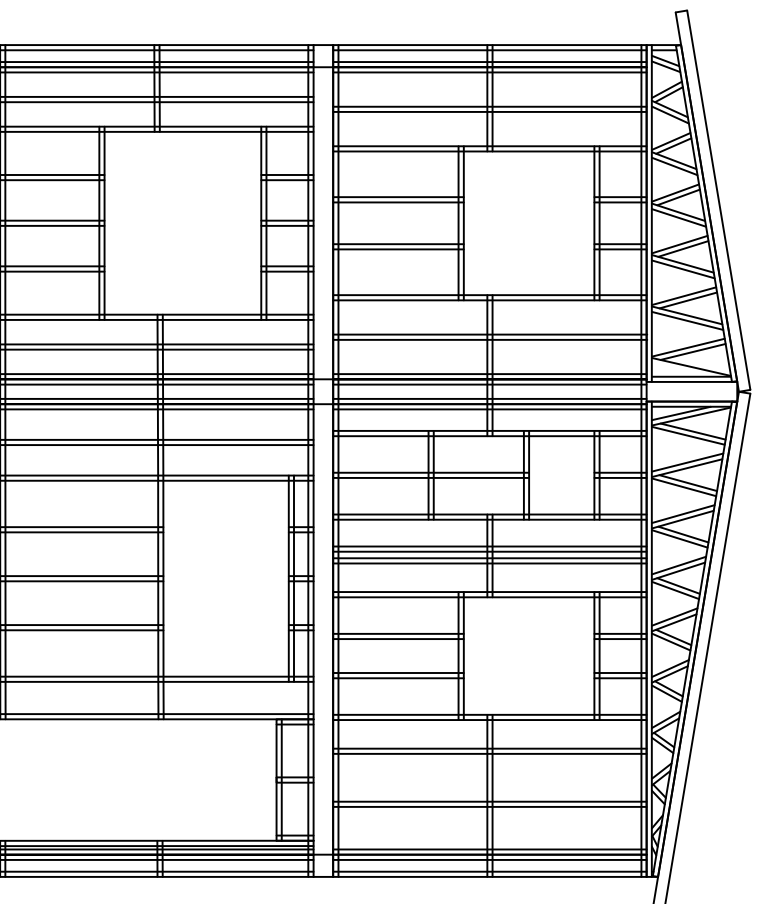
$$CR3 := 11301.49 \frac{kgf}{m} \quad CR7 := 11436.01 \frac{kgf}{m}$$

$$Max := \max(CR0, CR1, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, CR7) = 16744.850 \frac{kgf}{m}$$

Planos estructurales



Elevación Frontal



Elevación Inferior

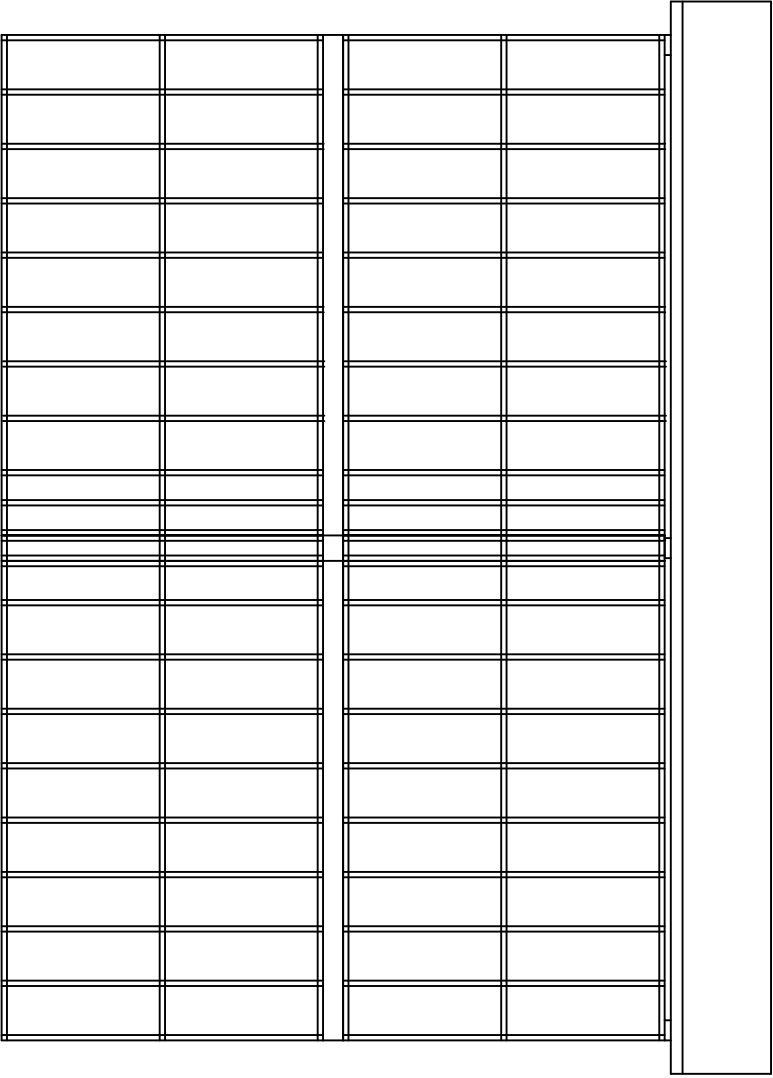


Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería Civil

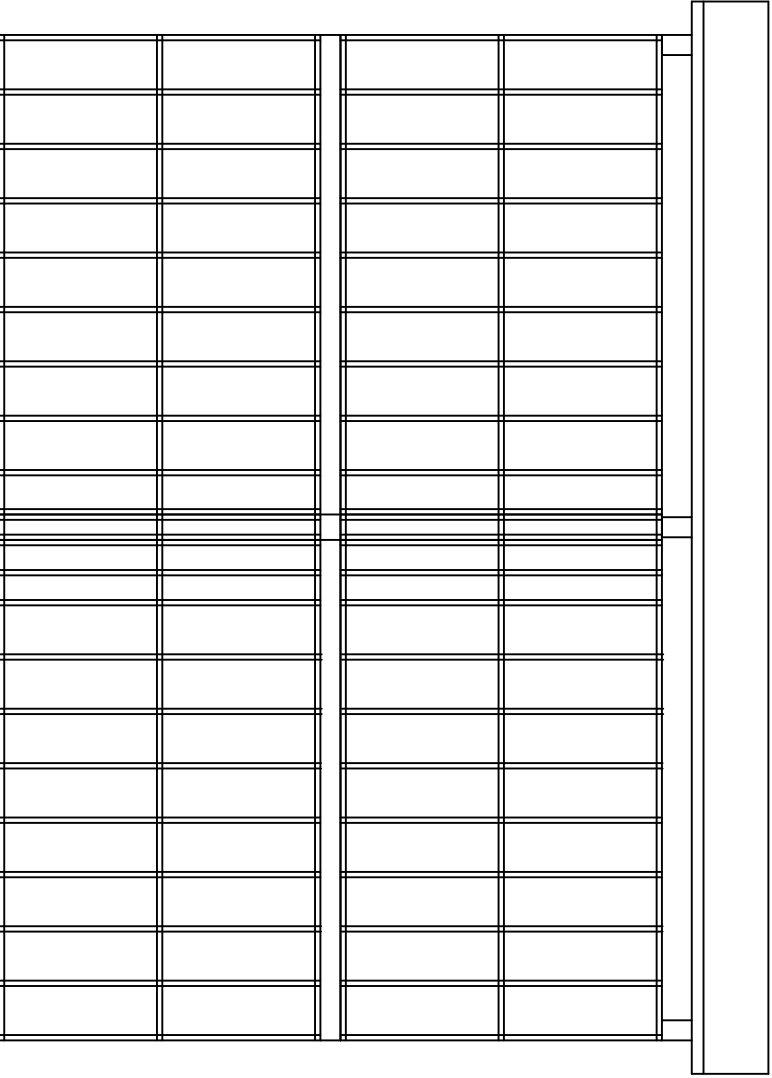
Escuela que trasciende

Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS
Contenido: Plano Estructural
Descripción: Elevación Frontal e Interior de la estructura
Creador: Jorge Rodríguez de la Roca
Carnet: 15178
Fecha: 01/Octubre/2019

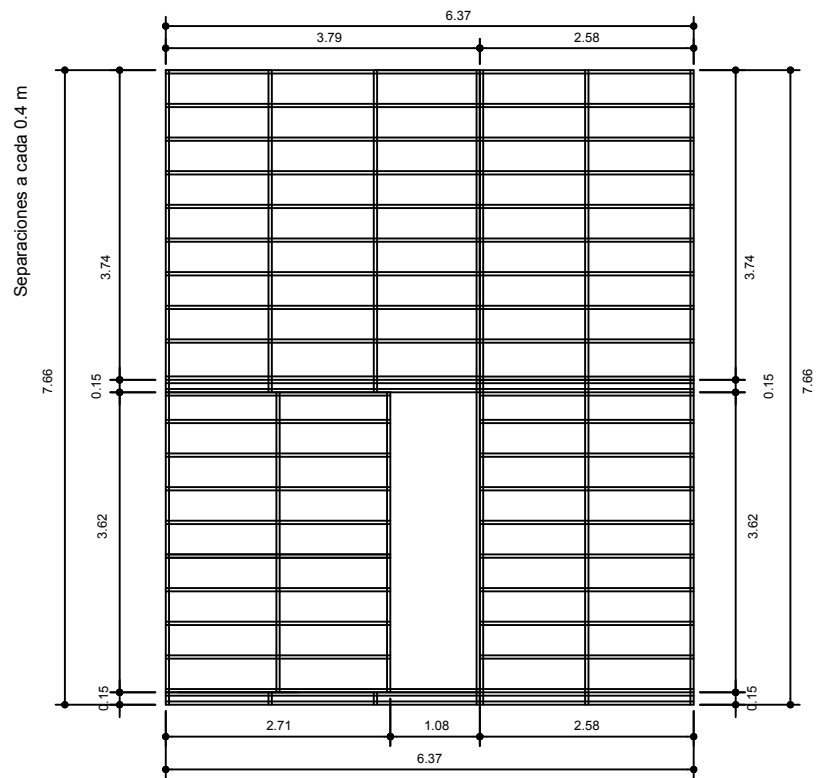
	
Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS	
Contenido: Plano Estructural	
Descripción: Elevación lateral izquierdo y Derecho	
Creador: Jorge Rodríguez de la Roca	
Carnet: 15178	Fecha: 01/Octubre/2019



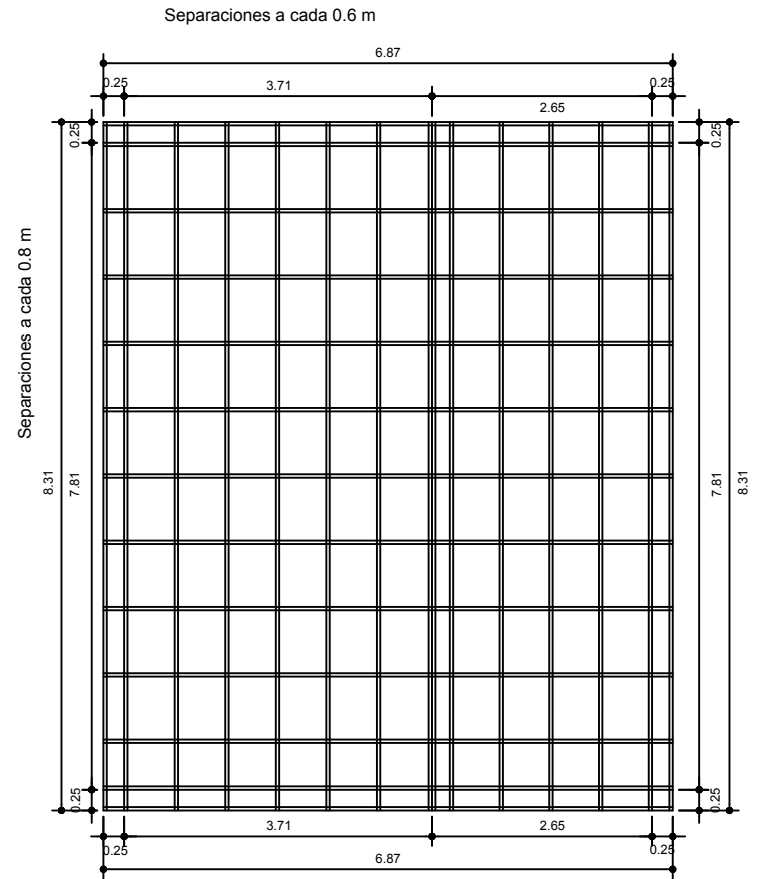
Elevación lateral izquierdo



Elevación lateral derecho



Losas de entepiso



Losas de techo



Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil

Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS

Contenido: Plano Estructural

Descripción: Vista en Planta de la estructura de la Vivienda

Creador: Jorge Rodríguez de la Roca

Carnet: 15178

Fecha: 01/Octubre/2019

Cálculos AISI

Resumen del cálculo de los studs para los muros del segundo nivel con AISI

Datos de los muros de 2do Nivel

$$H := 2.40 \text{ m} \quad \text{Altura de stud} \quad b := 0.4 \text{ m} \quad \text{Ancho triburario}$$

$$\text{Carga} := 784.49 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Integración de demandas

$$P_u := \text{Carga} \cdot b = 691.802 \text{ lbf}$$

$$M_{ux} := 250 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Mux y Muy son asumidas y mayores a las originales

$$M_{uy} := 1000 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Datos del Perfil Calibre 22

$$A' := 15 \text{ cm}$$

$$t := 0.03 \text{ in}$$

$$B' := 4.1 \text{ cm}$$

$$C' := 1.5 \text{ cm}$$

$$r_x := 2.267 \text{ in}$$

$$x_o := -1.147 \text{ in}$$

$$r_y := 0.602 \text{ in}$$

$$A := 0.305 \text{ in}^2$$

$$F_y := 36000000$$

$$A_w := 0.177 \text{ in}^2$$

$$w := 5.876 \text{ in}$$

$$h := 5.876 \text{ in}$$

$$b_o := 1.614 \text{ in}$$

$$K_v := 5.34$$

$$b := 1.578 \text{ in}$$

$$R := 0 \text{ in}$$

$$A_g := 0.305 \text{ in}^2$$

$$E := 29000000 \text{ psi}$$

$$d := 0.576 \text{ in}$$

$$d_o := 0.591 \text{ in}$$

$$A_n := 0.305 \text{ in}^2$$

$$F_u := 58000 \text{ psi}$$

$$G := 11200 \text{ ksi}$$

$$S_{xx} := 0.531 \text{ in}^3$$

$$S_{yy} := 0.093 \text{ in}^3$$

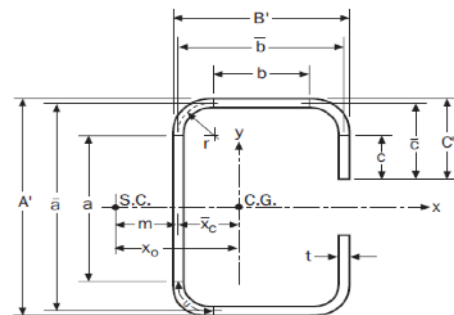


Figure 3.3.2-1
C-Section (Singly Symmetric) With Lips

Limites de aplicacion

$$\text{if}\left(\frac{w}{t} < 500, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if}(F_y < 95000000, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if}\left(\frac{b}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if}\left(\frac{d}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if}\left(\frac{h}{t} < 300, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if}\left(\frac{R}{t} < 20, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if}\left(\frac{d_o}{b_o} < 0.70, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

Yielding and Global Buckling AISI S240-15

$$C_b := 1 \quad r_o := \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2} = 2.611 \text{ in}$$

$$S_f := S_{xx} \quad \sigma_{ey} := 11628.380 \quad \sigma_t := 440138.958$$

$$F_{cr} := \frac{C_b \cdot r_o \cdot A}{S_f} \cdot \sqrt{\sigma_{ey} \cdot \sigma_t} = 107291.693$$

$$F_n := \frac{10}{9} \cdot F_y \cdot \left(1 - \frac{10 \cdot F_y}{36 \cdot F_{cr}}\right)$$

$$M_{ne} := S_f \cdot F_n \quad M_{ne} := 19107.879 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Local buckling interacting with yielding and global buckling AISI S240-15

$$F_{crLWEB} := 16081.171 \text{ psi} \quad F_{crFLANGE} := 37397.824 \text{ psi} \quad F_{crLLIP} := 30456.22 \text{ psi}$$

$$F_{crl} := \min(F_{crLWEB}, F_{crFLANGE}, F_{crLLIP}) = (1.608 \cdot 10^4) \text{ psi}$$

$$M_{crl} := S_f \cdot F_{crl} = 8539.102 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$M_{nl} := M_{ne} \cdot \left(1 - 0.15 \left(\frac{M_{crl}}{M_{ne}}\right)^{0.4}\right) \cdot \left(\frac{M_{crl}}{M_{ne}}\right)^{0.4} = 12340.234 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Distortional buckling AISI S240-15

$$k\phi fe := 36.144 \quad k\phi := 0 \quad \text{Flange unrestrained} \quad \beta := 1 \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2} \quad \phi b := 0.9$$

$$k\phi we := 39.086 \quad k\phi fg := 0.002053 \quad k\phi wg := 0.00039$$

$$F_{crd} := \beta \cdot \frac{(k\phi fe + k\phi + k\phi we)}{(k\phi fg + k\phi wg)} = (3.079 \cdot 10^4) \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2}$$

$$M_{crd} := S_{xx} \cdot F_{crd} = 16351.67 \text{ lb}f \cdot \text{in} \quad F_y := 36000 \text{ psi}$$

$$M_y := S_{xx} \cdot F_y = 19116 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

$$M_{nd} := M_y \cdot \left(1 - 0.22 \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right) \cdot \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} = 14082.523 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

Momento de diseño

$$\phi := 0.9 \quad \text{LRFD} \quad M\phi_{fuerte} := \phi \cdot \min(M_{nd}, M_{nl}, M_{ne}) = 11106.211 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

$$\text{if } (M\phi_{fuerte} \geq M_{ux}, \text{ "Cumple"}, \text{ "No cumple"}) = \text{ "Cumple"}$$

$$M\phi_{debil} := 0.6 \cdot \phi b \cdot F_y \cdot S_{yy} = 1807.92 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

$$\text{if } (M\phi_{debil} \geq M_{uy}, \text{ "Cumple"}, \text{ "No cumple"}) = \text{ "Cumple"}$$

Members in shear and web crippling AISI S100-16

$$\phi v := 0.95 \quad F_{cr} := 3593.032 \quad V_{cr} := A_w \cdot F_{cr} \quad \lambda v := 2.452$$

$$V_y := 0.6 \cdot A_w \cdot F_y = (3.823 \cdot 10^3) \text{ lb}f$$

$$V_{n1} := 0.815 \cdot \sqrt{V_{cr} \cdot V_y} \cdot \phi v \quad V_{n2} := 0.6 \cdot t^2 \cdot \sqrt{F_y \cdot E \cdot K_v} \cdot \phi v$$

$$V_n\phi := \text{if}(\lambda v < 0.815, V_y, \text{if}(\lambda v < 1.227, V_{n1}, V_{n2}))$$

$$V_n\phi = (1.211 \cdot 10^3) \text{ lb}f \quad \text{Resistencia corte}$$

Members in tension AISI S240-15

$$\phi_{tn} := 0.75 \text{ LRFD} \quad \phi_{tg} := 0.9 \text{ LRFD}$$

$$T_{nn} := A_n \cdot F_u = 17690 \text{ lbf} \quad T_{ng} := A_g \cdot F_y = 10980 \text{ lbf}$$

$$\phi T_n := \min(\phi_{tn} \cdot T_{nn}, \phi_{tg} \cdot T_{ng}) = 9882 \text{ lbf} \quad \text{Resistencia a tensión}$$

Members in compression AISI S240-15

$$\phi_c := 0.85 \text{ LRFD} \quad x_o := -1.135 \text{ in} \quad \sigma_{ex} := 5929306.055 \quad \lambda_c := 0.287$$

$$r_o := 2.606 \text{ in} \quad \sigma_t := 442355.883$$

$$\beta := 1 - \left(\frac{x_o}{r_o}\right)^2 \quad F_{cre} := \frac{1}{2 \cdot \beta} \left((\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \sigma_{ex} \cdot \sigma_t} \right) = 4.358 \cdot 10^5$$

$$F_{n1} := F_y \cdot 0.658^{(\lambda_c^2)} \quad F_{n2} := F_y \cdot 0.877^{(\lambda_c^2)}$$

$$F_n := \text{if}(\lambda_c < 1.5, F_{n1}, F_{n2}) = (3.478 \cdot 10^4) \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$P_n := F_n \cdot A_g = (1.061 \cdot 10^4) \text{ lbf}$$

Distortional buckling AISI S100-16

$$\phi_b := 0.85 \text{ LRFD} \quad \lambda_d := 1.402$$

$$P_y := F_y \cdot A_g = (1.098 \cdot 10^4) \text{ lbf}$$

$$k\phi_{fe} := 119.04 \quad k\phi := 0 \text{ Flange unrestrained} \quad \beta := 1 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$k\phi_{we} := 24.093 \quad k\phi_{fg} := 0.004 \quad k\phi_{wg} := 0.00409$$

$$F_{crd} := \beta \cdot \frac{(k\phi fe + k\phi + k\phi we)}{(k\phi fg + k\phi wg)} = (1.769 \cdot 10^4) \frac{lbf}{in^2}$$

$$P_{crd} := Ag \cdot F_{crd} = (5.396 \cdot 10^3) lbf$$

$$P_{nd1} := P_y \cdot \left(\left(1 - 0.25 \cdot \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right) \cdot \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right)$$

$$P_{nd} := \text{if}(\lambda d < 0.561, P_y, P_{nd1}) = (5.999 \cdot 10^3) lbf$$

Resistencia axial de diseño

$$\phi c P_n := \min(P_n, P_{nd}) \cdot \phi c = 5099.342 lbf$$

$$\text{if}(\phi c P_n > P_u, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{P_u}{\phi c P_n} + \frac{M_{uy}}{M \phi_{debil}} + \frac{M_{ux}}{M \phi_{fuerte}} < 1, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Resumen del cálculo de las costaneras de entrepiso con AISI

Datos del entrepiso

$$L := 3.72 \text{ m} \quad \text{Largo de viga} \quad b := 0.4 \text{ m} \quad \text{Ancho triburario}$$

$$Carga := 384.8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Integración de Momentos

CV de Cubierta liviana

$$C_T := Carga \cdot b = 153.92 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad M_T := \frac{1}{8} \cdot C_T \cdot L^2 = 266.251 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_v := C_T \cdot \frac{L}{2} = 631.164 \text{ lbf}$$

CV accidental

$$C_{puntuat} := 1.4 \cdot 135 \text{ kgf} = 189 \text{ kgf} \quad M_A := C_{puntuat} \cdot \frac{L}{4} = 175.77 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M := \max(M_T, M_A) = 23109.55 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$V := V_v + C_{puntuat} = 1047.838 \text{ lbf}$$

Datos del Perfil Calibre 20

$$A' := 15 \text{ cm} \quad t := 0.036 \text{ in}$$

$$B' := 4.1 \text{ cm} \quad S_{xx} := 0.634 \text{ in}^3$$

$$C' := 1.5 \text{ cm} \quad r_x := 2.264 \text{ in}$$

$$x_o := -1.147 \text{ in} \quad r_y := 0.600 \text{ in}$$

$$A := 0.365 \text{ in}^2 \quad F_y := 36000000$$

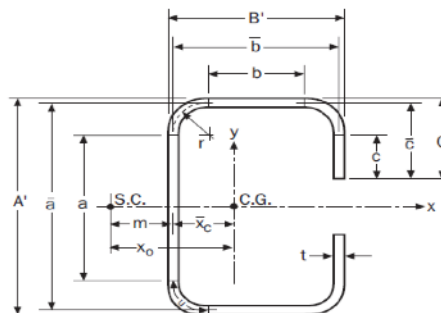


Figure 3.3.2-1
C-Section (Singly Symmetric) With Lips

$$Aw := 0.212 \text{ in}^2$$

$$w := 5.87 \text{ in}$$

$$h := 5.87 \text{ in}$$

$$bo := 1.614 \text{ in}$$

$$Kv := 5.34$$

$$b := 1.578 \text{ in}$$

$$R := 0 \text{ in}$$

$$E := 29000000 \text{ psi}$$

$$d := 0.573 \text{ in}$$

$$do := 0.591 \text{ in}$$

Límites de aplicación

$$\text{if} \left(\frac{w}{t} < 500, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} (Fy < 95000000, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{b}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{d}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{h}{t} < 300, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{R}{t} < 20, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{do}{bo} < 0.70, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Yielding and Global Buckling AISI S240-15

$$Cb := 1 \quad r_o := \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2} = 2.608 \text{ in}$$

$$S_f := S_{xx} \quad \sigma_{ey} := 66392.954 \quad \sigma_t := 69856.748$$

$$F_{cr} := \frac{Cb \cdot r_o \cdot A}{S_f} \cdot \sqrt{\sigma_{ey} \cdot \sigma_t} = 102250.375$$

$$F_n := \frac{10}{9} \cdot Fy \cdot \left(1 - \frac{10 \cdot Fy}{36 \cdot F_{cr}} \right)$$

$$M_{ne} := S_f \cdot F_n \quad M_{ne} := 22811.368 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Local buckling interacting with yielding and global buckling AISI S240-15

$$F_{cr|WEB} := 23149.777 \text{ psi} \quad F_{cr|FLANGE} := 54244.988 \text{ psi} \quad F_{cr|LIP} := 44302.474 \text{ psi}$$

$$F_{cr} := \min(F_{cr|WEB}, F_{cr|FLANGE}, F_{cr|LIP}) = (2.315 \cdot 10^4) \text{ psi}$$

$$M_{cr} := S_f \cdot F_{cr} = 14676.959 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$M_{nl} := M_{ne} \cdot \left(1 - 0.15 \left(\frac{M_{cr}}{M_{ne}} \right)^{0.4} \right) \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M_{ne}} \right)^{0.4} = 16717.994 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Distortional buckling AISI S240-15

$$k\phi_{fe} := 62.43 \quad k\phi := 0 \quad \text{Flange unrestrained} \quad \beta := 1 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$k\phi_{we} := 68.43 \quad k\phi_{fg} := 0.002972 \quad k\phi_{wg} := 0.00057$$

$$F_{crd} := \beta \cdot \frac{(k\phi_{fe} + k\phi + k\phi_{we})}{(k\phi_{fg} + k\phi_{wg})} = (3.695 \cdot 10^4) \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$M_{crd} := S_{xx} \cdot F_{crd} = 23423.275 \text{ lbf} \cdot \text{in} \quad F_y := 36000 \text{ psi}$$

$$M_y := S_{xx} \cdot F_y = 22824 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$M_{nd} := M_y \cdot \left(1 - 0.22 \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right) \cdot \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} = 17968.576 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Momento de diseño

$$\phi := 0.9 \quad \text{LRFD} \quad M\phi := 2 \cdot \phi \cdot \min(M_{nd}, M_{nl}, M_{ne}) = 30092.388 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

if ($M\phi \geq M$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Members in shear and web crippling AISI S100-16

$$\phi_v := 0.95 \quad F_{cr} := 5172.377 \quad V_{cr} := A_w \cdot F_{cr} \quad \lambda_v := 2.044$$

$$V_y := 0.6 \cdot A_w \cdot F_y = (4.579 \cdot 10^3) \text{ lbf}$$

$$V_{n1} := 0.815 \cdot \sqrt{V_{cr} \cdot V_y} \cdot \phi_v \quad V_{n2} := 0.6 \cdot t^2 \cdot \sqrt{F_y \cdot E \cdot K_v} \cdot \phi_v$$

$$V_{n\phi} := \text{if}(\lambda_v < 0.815, V_y, \text{if}(\lambda_v < 1.227, V_{n1}, V_{n2}))$$

$$V_{n\phi} = (1.744 \cdot 10^3) \text{ lbf}$$

$$q_s := 1 \quad V_{n\phi v} := V_{n\phi} \cdot q_s \cdot \phi_v = (1.657 \cdot 10^3) \text{ lbf}$$

if ($V_{n\phi v} \geq V$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Resumen del cálculo de las costaneras para el Techo con AISI

Datos del Techo

$$L_T := 4.02 \text{ m} \quad \text{Largo del techo} \qquad x := 0.25 \text{ m} \quad \text{Largo del voladizo}$$

$$L := L_T - x = 3.77 \text{ m} \quad \text{Largo del para los cálculos}$$

$$b := 0.8 \text{ m} \quad \text{Ancho triburario}$$

$$Carga := 243 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Integración de Momentos

CV de Cubierta liviana

$$C_T := Carga \cdot b = 194.4 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \qquad M_T := \frac{1}{8} \cdot C_T \cdot L^2 = 345.373 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$Vv := C_T \cdot \frac{L}{2} = 807.871 \text{ lbf}$$

CV accidental

$$C_{puntual} := 1.4 \cdot 135 \text{ kgf} = 189 \text{ kgf} \qquad M_A := C_{puntual} \cdot \frac{L}{4} = 178.133 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M := \max(M_T, M_A) = 29977.093 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$V := Vv + C_{puntual} = 1224.544 \text{ lbf}$$

Datos del Perfil Calibre 20

$$A' := 15 \text{ cm} \qquad t := 0.036 \text{ in}$$

$$B' := 4.1 \text{ cm} \qquad S_{xx} := 0.634 \text{ in}^3$$

$$C' := 1.5 \text{ cm} \qquad r_x := 2.264 \text{ in}$$

$$x_o := -1.147 \text{ in} \qquad r_y := 0.600 \text{ in}$$

$$A := 0.365 \text{ in}^2 \qquad F_y := 36000000$$

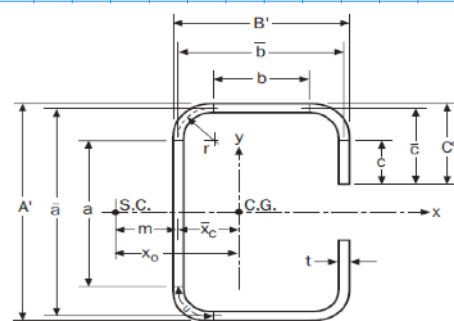


Figure 3.3.2-1
C-Section (Singly Symmetric) With Lips

$$Aw := 0.212 \text{ in}^2$$

$$w := 5.87 \text{ in}$$

$$h := 5.87 \text{ in}$$

$$bo := 1.614 \text{ in}$$

$$Kv := 5.34$$

$$b := 1.578 \text{ in}$$

$$R := 0 \text{ in}$$

$$E := 29000000 \text{ psi}$$

$$d := 0.573 \text{ in}$$

$$do := 0.591 \text{ in}$$

Límites de aplicación

$$\text{if} \left(\frac{w}{t} < 500, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} (Fy < 95000000, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{b}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{d}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{h}{t} < 300, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{R}{t} < 20, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{do}{bo} < 0.70, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Yielding and Global Buckling AISI S240-15

$$Cb := 1 \quad r_o := \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2} = 2.608 \text{ in}$$

$$S_f := Sxx \quad \sigma_{ey} := 66392.954 \quad \sigma_t := 69856.748$$

$$F_{cr} := \frac{Cb \cdot r_o \cdot A}{S_f} \cdot \sqrt{\sigma_{ey} \cdot \sigma_t} = 102250.375$$

$$F_n := \frac{10}{9} \cdot Fy \cdot \left(1 - \frac{10 \cdot Fy}{36 \cdot F_{cr}} \right)$$

$$M_{ne} := S_f \cdot F_n \quad M_{ne} := 22811.368 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Local buckling interacting with yielding and global buckling AISI S240-15

$$F_{cr|WEB} := 23149.777 \text{ psi} \quad F_{cr|FLANGE} := 54244.988 \text{ psi} \quad F_{cr|LIP} := 44302.474 \text{ psi}$$

$$F_{cr} := \min(F_{cr|WEB}, F_{cr|FLANGE}, F_{cr|LIP}) = (2.315 \cdot 10^4) \text{ psi}$$

$$M_{cr} := S_f \cdot F_{cr} = 14676.959 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$M_{nl} := M_{ne} \cdot \left(1 - 0.15 \left(\frac{M_{cr}}{M_{ne}} \right)^{0.4} \right) \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M_{ne}} \right)^{0.4} = 16717.994 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Distortional buckling AISI S240-15

$$k\phi fe := 62.43 \quad k\phi := 0 \quad \text{Flange unrestrained} \quad \beta := 1 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$k\phi we := 68.43 \quad k\phi fg := 0.002972 \quad k\phi wg := 0.00057$$

$$F_{crd} := \beta \cdot \frac{(k\phi fe + k\phi + k\phi we)}{(k\phi fg + k\phi wg)} = (3.695 \cdot 10^4) \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$M_{crd} := S_{xx} \cdot F_{crd} = 23423.275 \text{ lbf} \cdot \text{in} \quad F_y := 36000 \text{ psi}$$

$$M_y := S_{xx} \cdot F_y = 22824 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$M_{nd} := M_y \cdot \left(1 - 0.22 \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right) \cdot \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} = 17968.576 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Momento de diseño

$$\phi := 0.9 \quad \text{LRFD} \quad M\phi := 2 \cdot \phi \cdot \min(M_{nd}, M_{nl}, M_{ne}) = 30092.388 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

if ($M\phi \geq M$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Members in shear and web crippling AISI S100-16

$$\phi_v := 0.95 \quad F_{cr} := 5172.377 \quad V_{cr} := A_w \cdot F_{cr} \quad \lambda_v := 2.044$$

$$V_y := 0.6 \cdot A_w \cdot F_y = (4.579 \cdot 10^3) \text{ lbf}$$

$$V_{n1} := 0.815 \cdot \sqrt{V_{cr} \cdot V_y} \cdot \phi_v \quad V_{n2} := 0.6 \cdot t^2 \cdot \sqrt{F_y \cdot E \cdot K_v} \cdot \phi_v$$

$$V_n \phi := \text{if}(\lambda_v < 0.815, V_y, \text{if}(\lambda_v < 1.227, V_{n1}, V_{n2}))$$

$$V_n \phi = (1.744 \cdot 10^3) \text{ lbf}$$

$$q_s := 1 \quad V_n \phi_v := V_n \phi \cdot q_s \cdot \phi_v = 1657.007 \text{ lbf}$$

if ($V_n \phi_v \geq V$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Resumen del cálculo de los studs para los muros del primer nivel con AISI

Datos de los muros del 1er Nivel

$H := 2.40 \text{ m}$ Altura de stud $b := 0.4 \text{ m}$ Ancho triburario

$Carga := 2115.68 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$

Integración de demandas

$P_u := Carga \cdot b = 1865.71 \text{ lbf}$

$M_{ux} := 850 \text{ lbf} \cdot \text{in}$

Mux y Muy son asumidas y mayores a las originales

$M_{uy} := 1000 \text{ lbf} \cdot \text{in}$

Datos del Perfil Calibre 22

$A' := 15 \text{ cm}$

$t := 0.03 \text{ in}$

$B' := 4.1 \text{ cm}$

$C' := 1.5 \text{ cm}$

$r_x := 2.267 \text{ in}$

$x_o := -1.147 \text{ in}$

$r_y := 0.602 \text{ in}$

$A := 0.305 \text{ in}^2$

$F_y := 36000000$

$A_w := 0.177 \text{ in}^2$

$w := 5.876 \text{ in}$

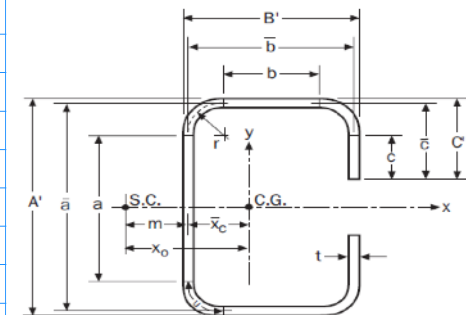


Figure 3.3.2-1
C-Section (Singly Symmetric) With Lips

$h := 5.876 \text{ in}$

$bo := 1.614 \text{ in}$

$K_v := 5.34$

$b := 1.578 \text{ in}$

$R := 0 \text{ in}$

$Ag := 0.305 \text{ in}^2$

$E := 29000000 \text{ psi}$

$d := 0.576 \text{ in}$

$do := 0.591 \text{ in}$

$An := 0.305 \text{ in}^2$

$F_u := 58000 \text{ psi}$

$G := 11200 \text{ ksi}$

$S_{xx} := 0.531 \text{ in}^3$

$S_{yy} := 0.093 \text{ in}^3$

Límites de aplicación

$$\text{if} \left(\frac{w}{t} < 500, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} (F_y < 95000000, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{b}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{d}{t} < 60, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{h}{t} < 300, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{R}{t} < 20, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} \left(\frac{d_o}{b_o} < 0.70, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Yielding and Global Buckling AISI S240-15

$$C_b := 1 \quad r_o := \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2} = 2.611 \text{ in}$$

$$S_f := S_{xx} \quad \sigma_{ey} := 11628.380 \quad \sigma_t := 440138.958$$

$$F_{cr} := \frac{C_b \cdot r_o \cdot A}{S_f} \cdot \sqrt{\sigma_{ey} \cdot \sigma_t} = 107291.693$$

$$F_n := \frac{10}{9} \cdot F_y \cdot \left(1 - \frac{10 \cdot F_y}{36 \cdot F_{cr}} \right)$$

$$M_{ne} := S_f \cdot F_n \quad M_{ne} := 19107.879 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Local buckling interacting with yielding and global buckling AISI S240-15

$$F_{crLWEB} := 16081.171 \text{ psi} \quad F_{crFLANGE} := 37397.824 \text{ psi} \quad F_{crLLIP} := 30456.22 \text{ psi}$$

$$F_{crl} := \min(F_{crLWEB}, F_{crFLANGE}, F_{crLLIP}) = (1.608 \cdot 10^4) \text{ psi}$$

$$M_{crl} := S_f \cdot F_{crl} = 8539.102 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$M_{nl} := M_{ne} \cdot \left(1 - 0.15 \left(\frac{M_{crl}}{M_{ne}} \right)^{0.4} \right) \cdot \left(\frac{M_{crl}}{M_{ne}} \right)^{0.4} = 12340.234 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Distortional buckling AISI S240-15

$$k\phi fe := 36.144 \quad k\phi := 0 \quad \text{Flange unrestrained} \quad \beta := 1 \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2} \quad \phi b := 0.9$$

$$k\phi we := 39.086 \quad k\phi fg := 0.002053 \quad k\phi wg := 0.00039$$

$$F_{crd} := \beta \cdot \frac{(k\phi fe + k\phi + k\phi we)}{(k\phi fg + k\phi wg)} = (3.079 \cdot 10^4) \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2}$$

$$M_{crd} := S_{xx} \cdot F_{crd} = 16351.67 \text{ lb}f \cdot \text{in} \quad F_y := 36000 \text{ psi}$$

$$M_y := S_{xx} \cdot F_y = 19116 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

$$M_{nd} := M_y \cdot \left(1 - 0.22 \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right) \cdot \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} = 14082.523 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

Momento de diseño

$$\phi := 0.9 \quad \text{LRFD} \quad M\phi_{fuerte} := \phi \cdot \min(M_{nd}, M_{nl}, M_{ne}) = 11106.211 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

$$\text{if } (M\phi_{fuerte} \geq M_{ux}, \text{ "Cumple"}, \text{ "No cumple"}) = \text{ "Cumple"}$$

$$M\phi_{debil} := 0.6 \cdot \phi b \cdot F_y \cdot S_{yy} = 1807.92 \text{ lb}f \cdot \text{in}$$

$$\text{if } (M\phi_{debil} \geq M_{uy}, \text{ "Cumple"}, \text{ "No cumple"}) = \text{ "Cumple"}$$

Members in shear and web crippling AISI S100-16

$$\phi v := 0.95 \quad F_{cr} := 3593.032 \quad V_{cr} := A_w \cdot F_{cr} \quad \lambda v := 2.452$$

$$V_y := 0.6 \cdot A_w \cdot F_y = (3.823 \cdot 10^3) \text{ lb}f$$

$$V_{n1} := 0.815 \cdot \sqrt{V_{cr} \cdot V_y} \cdot \phi v \quad V_{n2} := 0.6 \cdot t^2 \cdot \sqrt{F_y \cdot E \cdot K_v} \cdot \phi v$$

$$V_n\phi := \text{if}(\lambda v < 0.815, V_y, \text{if}(\lambda v < 1.227, V_{n1}, V_{n2}))$$

$$V_n\phi = (1.211 \cdot 10^3) \text{ lb}f \quad \text{Resistencia corte}$$

Members in tension AISI S240-15

$$\phi_{tn} := 0.75 \text{ LRFD} \quad \phi_{tg} := 0.9 \text{ LRFD}$$

$$T_{nn} := A_n \cdot F_u = 17690 \text{ lbf} \quad T_{ng} := A_g \cdot F_y = 10980 \text{ lbf}$$

$$\phi T_n := \min(\phi_{tn} \cdot T_{nn}, \phi_{tg} \cdot T_{ng}) = 9882 \text{ lbf} \quad \text{Resistencia a tensión}$$

Members in compression AISI S240-15

$$\phi_c := 0.85 \text{ LRFD} \quad x_o := -1.135 \text{ in} \quad \sigma_{ex} := 5929306.055 \quad \lambda_c := 0.287$$

$$r_o := 2.606 \text{ in} \quad \sigma_t := 442355.883$$

$$\beta := 1 - \left(\frac{x_o}{r_o}\right)^2 \quad F_{cre} := \frac{1}{2 \cdot \beta} \left((\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \sigma_{ex} \cdot \sigma_t} \right) = 4.358 \cdot 10^5$$

$$F_{n1} := F_y \cdot 0.658^{(\lambda_c^2)} \quad F_{n2} := F_y \cdot 0.877^{(\lambda_c^2)}$$

$$F_n := \text{if}(\lambda_c < 1.5, F_{n1}, F_{n2}) = (3.478 \cdot 10^4) \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$P_n := F_n \cdot A_g = (1.061 \cdot 10^4) \text{ lbf}$$

Distortional buckling AISI S100-16

$$\phi_b := 0.85 \text{ LRFD} \quad \lambda_d := 1.402$$

$$P_y := F_y \cdot A_g = (1.098 \cdot 10^4) \text{ lbf}$$

$$k\phi_{fe} := 119.04 \quad k\phi := 0 \text{ Flange unrestrained} \quad \beta := 1 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

$$k\phi_{we} := 24.093 \quad k\phi_{fg} := 0.004 \quad k\phi_{wg} := 0.00409$$

$$F_{crd} := \beta \cdot \frac{(k\phi fe + k\phi + k\phi we)}{(k\phi fg + k\phi wg)} = (1.769 \cdot 10^4) \frac{lbf}{in^2}$$

$$P_{crd} := Ag \cdot F_{crd} = (5.396 \cdot 10^3) lbf$$

$$P_{nd1} := P_y \cdot \left(\left(1 - 0.25 \cdot \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right) \cdot \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right)$$

$$P_{nd} := \text{if}(\lambda d < 0.561, P_y, P_{nd1}) = (5.999 \cdot 10^3) lbf$$

Resistencia axial de diseño

$$\phi c P_n := \min(P_n, P_{nd}) \cdot \phi c = 5099.342 lbf$$

$\text{if}(\phi c P_n > P_u, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$

$$\text{if} \left(\frac{P_u}{\phi c P_n} + \frac{M_{uy}}{M \phi_{debil}} + \frac{M_{ux}}{M \phi_{fuerte}} < 1, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Diseño del cimiento corrido

Diseño del Cimiento corrido

Datos

$D := 970.848 \frac{kgf}{m}$	Carga muerta	$H := 6 \text{ in}$	Peralte
$L := 771.812 \frac{kgf}{m}$	Carga viva	$q_a := 1 \text{ ksf}$	Suelo permisible de arena inorganica suelta
$f'_c := 3 \text{ ksi}$	Concreto	$\delta_{con} := 150 \frac{lb_f}{ft^3}$	
$f_y := 60 \text{ ksi}$	Acero	$\delta_{tierra} := 100 \frac{lb_f}{ft^3}$	
$a := 6 \text{ in}$	Espesor muro estructural (15cm)	$Profundidad := H \cdot 3 = 18 \text{ in}$	

Capacidad Remanente del suelo

$$q_e := q_a - H \cdot \delta_{con} - (Profundidad - H) \cdot \delta_{tierra} = 0.825 \text{ ksf}$$

Ancho del cimiento

$$b := \frac{(D+L)}{q_e} = 17.033 \text{ in} \quad b := 18 \text{ in} \quad A := 1 \text{ ft} \cdot b = 1.5 \text{ ft}^2$$
$$d' := H - 1.5 \text{ in}$$

Presión de contacto último

$$CR1 := \frac{1.4 \cdot D \cdot 1 \text{ ft}}{A} = 608.888 \frac{lb_f}{ft^2}$$

$$CR2 := \frac{1.2 \cdot D \cdot 1 \text{ ft} + 1.6 \cdot L \cdot 1 \text{ ft}}{A} = (1.075 \cdot 10^3) \frac{lb_f}{ft^2} \quad q_u := CR2$$

Momento Flector Último

$$M_u := \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot 1 \text{ ft} \cdot (b - a)^2 = 0.134 \text{ ft} \cdot \text{kip}$$

Cortante último a una distancia "d" del rostro del muro

$$d := \frac{b}{2} - \frac{a}{2} - d' = 1.5 \text{ in}$$

$$V_u := q_u \cdot \left(\frac{b - a}{2} - d \right) \cdot 1 \text{ ft} = 0.403 \text{ kip}$$

Resistencia a corte del concreto en una dirección

$$\phi := 0.75 \quad Vu = 0.403 \text{ kip} \quad f'c = 3 \text{ ksi}$$

$$d' := \frac{403 \text{ in}}{2 \cdot \phi \cdot \sqrt{3000 \cdot 12}} = 0.409 \text{ in}$$

$$H := d' + 1.5 \text{ in} = 1.909 \text{ in}$$

$$H := 6 \text{ in} \quad \text{Se utilizarán estas} \\ d := 4.5 \text{ in} \quad \text{dimensiones por los anclajes}$$

Cálculo de las varillas de acero

$$x := \frac{b-a}{2} = 6 \text{ in} \quad A := x \cdot 1 \text{ ft}$$

$$Pu := qa \cdot A = 0.5 \text{ kip} \quad Mu := Pu \cdot \frac{x}{2} = (1.5 \cdot 10^3) \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$Mu = 0.9 \cdot As \cdot Fy \cdot \left(d - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{As \cdot Fy}{0.85 \cdot F'c \cdot 0.5 \text{ ft}} \right) \right) \quad \begin{array}{l} As1 := 2.29 \text{ in}^2 \\ As2 := 0.006 \text{ in}^2 \end{array}$$

Verificando ρ min

$$\rho := 0.0033 \quad \text{Para } f'c=3\text{ksi}, f_y=60\text{ksi} \quad \text{Número 3 a cada 12 pulgadas}$$

$$As_{min} := \rho \cdot d \cdot 1 \text{ ft} = 0.178 \text{ in}^2 \quad As := 0.11 \text{ in}^2$$

Longitud de desarrollo

$$\psi_t := 1 \quad \text{Varillas de fondo} \quad \lambda := 1 \quad \text{Concreto de peso normal}$$

$$\psi_e := 1 \quad \text{Varillas no recubiertas} \quad K_{tr} := 0$$

$$\psi_s := 0.8 \quad \text{Varillas numero 3} \quad C_b := 1.5 \text{ in} \quad \text{Recubrimiento lateral}$$

$$d_b := 0.375 \text{ in}$$

$$\frac{Cb + Ktr}{d_b} = 4 \quad \text{Es mayor a 2.5 entonces se utilizará 2.5}$$

$$l_d := d_b \cdot \frac{As2}{As} \cdot \frac{3}{40} \cdot \frac{60000}{\lambda \cdot \sqrt{3000}} \cdot \frac{\psi_e + \psi_t + \psi_s}{2.5} = 1.882 \text{ in} \quad l_d := 2 \text{ in} \quad x = 6 \text{ in}$$

La longitud de desarrollo es menor a la distancia del rostro del muro a la seccion del momento máximo entonces cumple

Acero longitudinal por temperatura y contracción

$$As := 0.0018 \cdot H \cdot b = 0.194 \text{ in}^2$$

Número 3 a cada 6.5 pulgadas

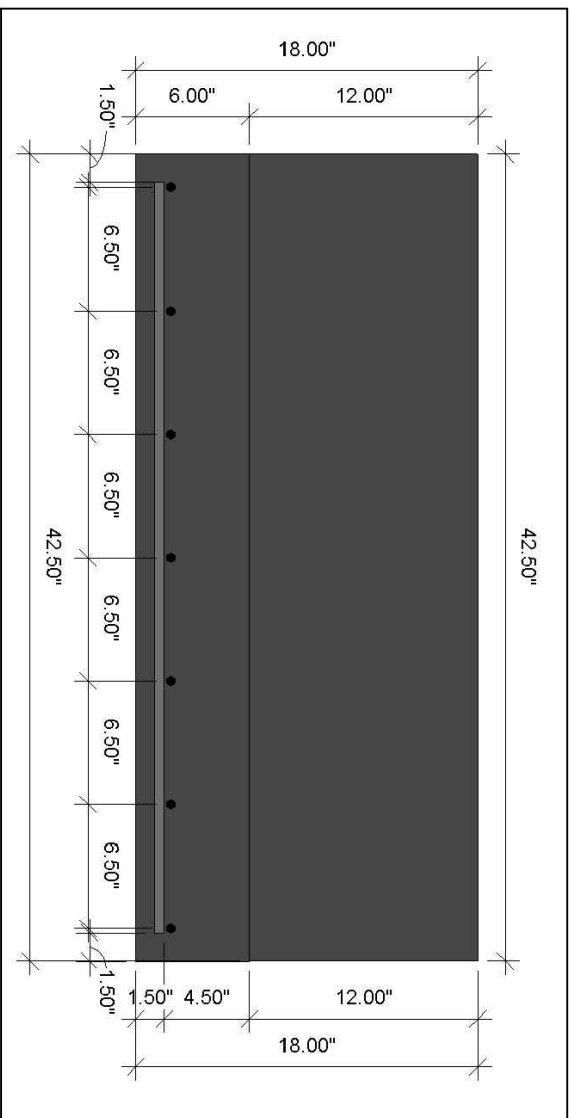
$$As := 0.20 \text{ in}^2$$

Acero mínimo para reformar al momento positivo

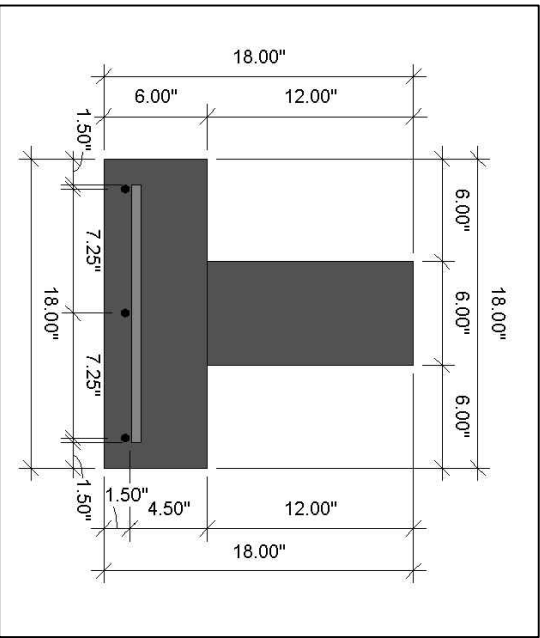
$$Asmin := 0.0033 \cdot d \cdot b = 0.267 \text{ in}^2$$

3 varillas Número 3

$$As := 0.33 \text{ in}^2$$



Sección longitudinal



Sección transversal



Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería Civil

Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS

Contenido: Plano Estructural

Descripción: Dimensiones de la cimentación para la Vivienda

Creador: Jorge Rodríguez de la Roca

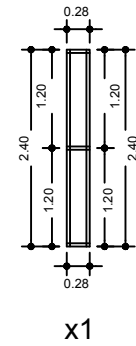
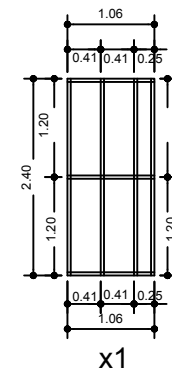
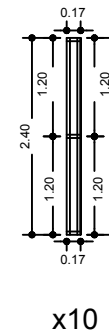
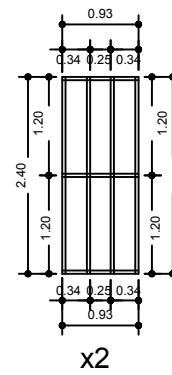
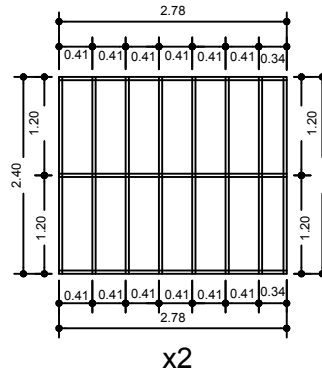
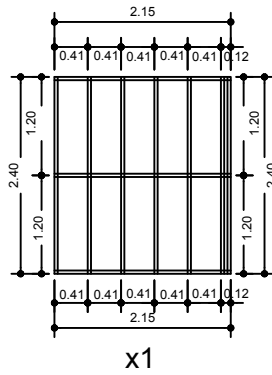
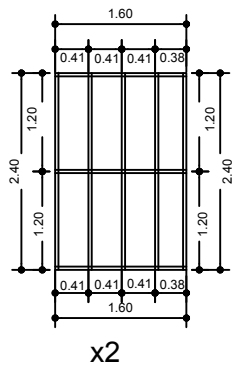
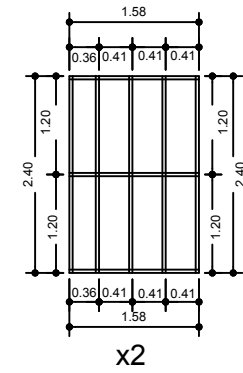
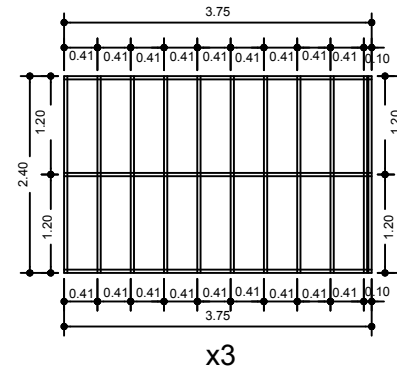
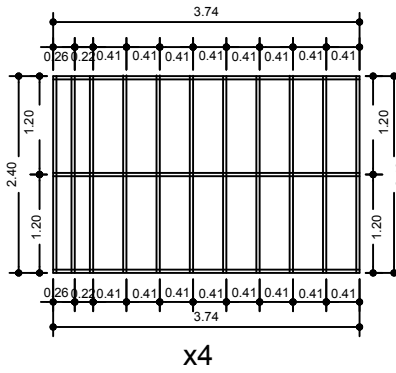
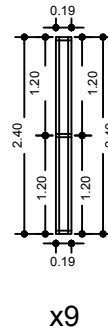
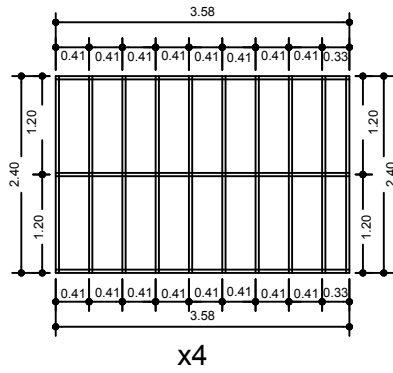
Carnet: 15178

Fecha: 01/Octubre/2019

Planos de taller

Subsistemas estructurales para la vivienda completa

Perfil tipo "C"
 Calibre 22
 Peralte 150 mm

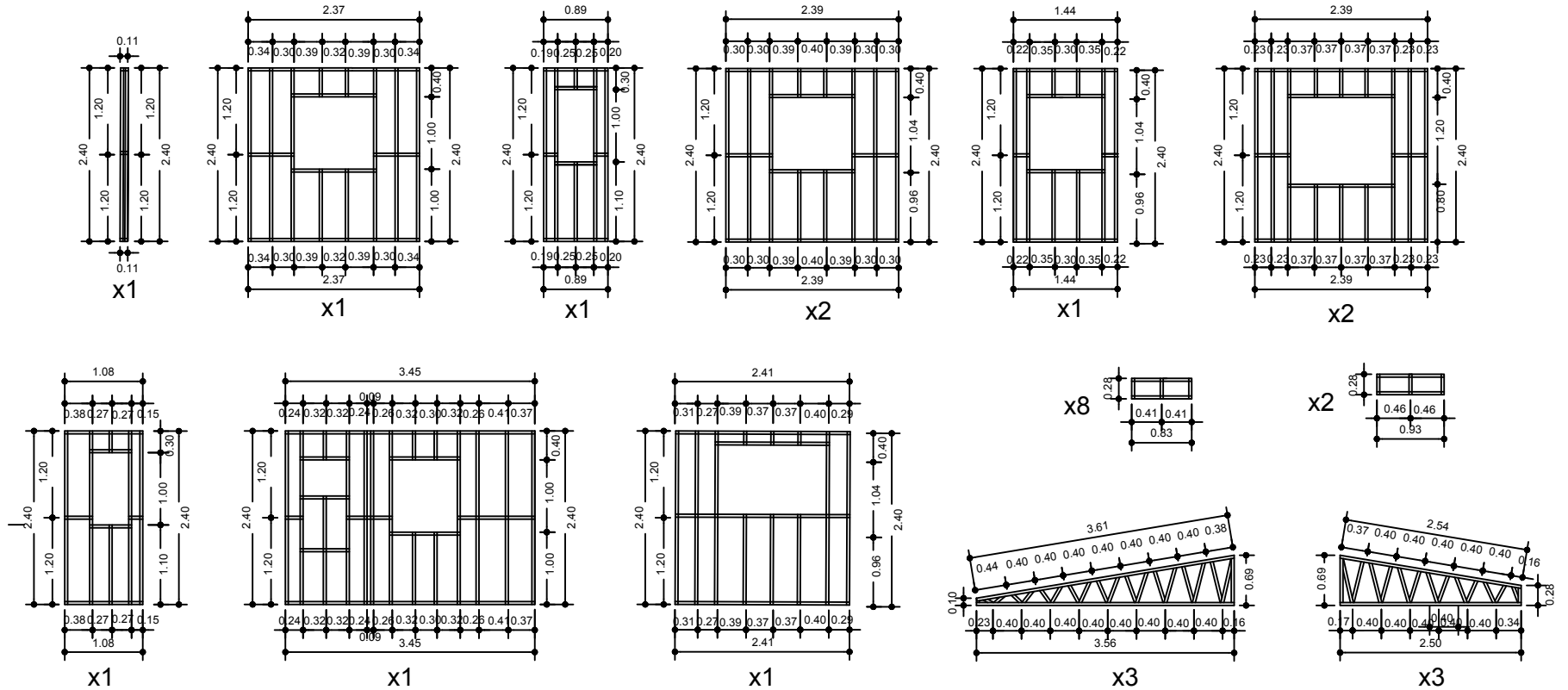


Universidad del Valle de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Civil

Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS	
Contenido: Plano de construcción	
Descripción: Dimensiones de los subsistemas estructurales 1	
Creador: Jorge Rodríguez de la Roca	
Carnet: 15178	Fecha: 1/Octubre/2019

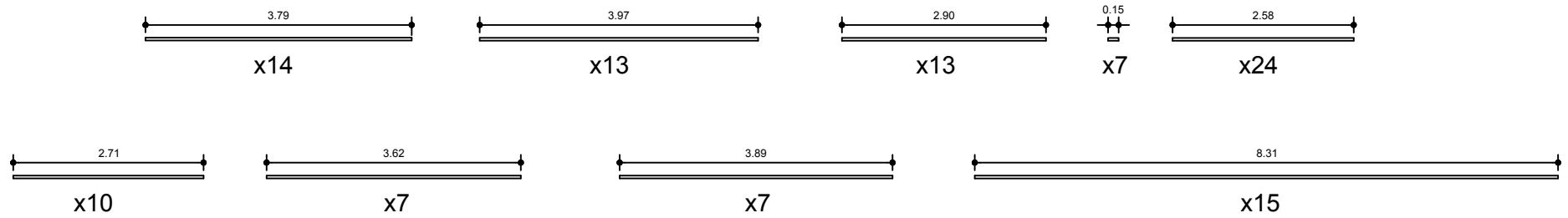
Subsistemas estructurales para la vivienda completa

Perfil tipo "C"
 Calibre 22
 Peralte 150 mm



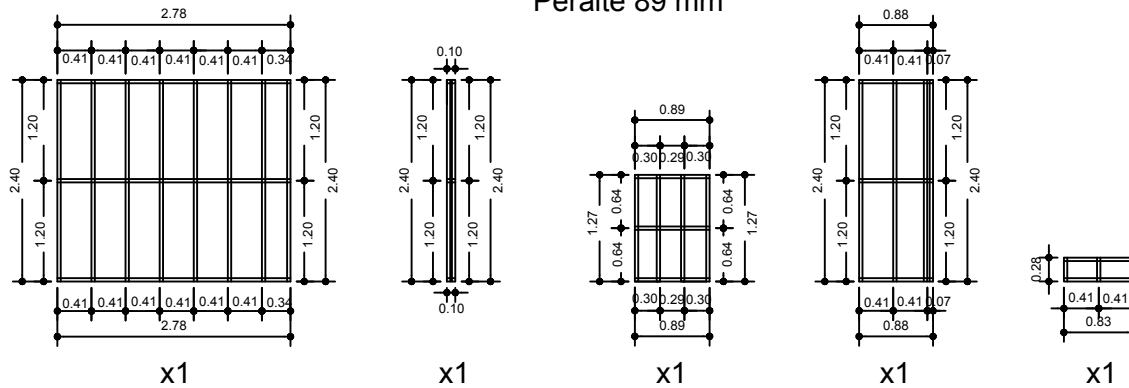
Longitud de elementos estructurales para la vivienda completa

Perfil tipo "C"
 Calibre 20
 Peralte 150 mm



Subsistemas estructurales para la vivienda completa

Perfil tipo "C"
 Calibre 22
 Peralte 89 mm



Universidad del Valle de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Civil

Proyecto: Trabajo de Graduación TESIS	
Contenido: Plano de construcción	
Descripción: Dimensiones de los subsistemas estructurales 3	
Creador: Jorge Rodríguez de la Roca	
Carnet: 15178	Fecha: 1/Octubre/2019