

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Análisis de brecha y plan de implementación de los requerimientos de estándar internacional ISO 50001-2018 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por  
Juan Fernando Aldana Wong  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería  
Química

Guatemala,

2021



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Análisis de brecha y plan de implementación de los requerimientos de estándar internacional ISO 50001-2018 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por  
Juan Fernando Aldana Wong  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería  
Química

Guatemala,

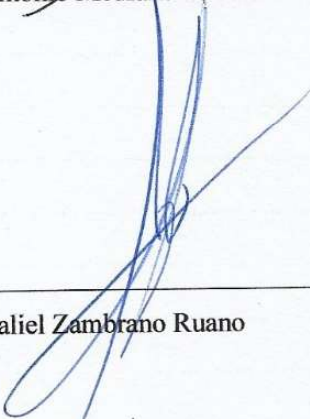
2021


Vo. Bo:

(f)   
José Antonio Medrano García

Tribunal examinador

(f)   
José Antonio Medrano García

(f)   
Gamaliel Zambrano Ruano

(f)   
Andrés David Chicol Rivera

Guatemala, 09 de diciembre del 2021

## Prefacio

El presente trabajo nació gracias a un curso que más me gustó y donde he basado mi experiencia laboral, hasta hoy, producción más limpia. A partir de ello surgió a partir de las siguientes preguntas: ¿Qué pasaría si el Laboratorio de Operaciones Unitarias se certificara bajo el estándar internacional ISO 50001-2018? ¿qué tan lejos, qué tan cerca está de lograrlo? Un reto con

Una desventaja que tenía el laboratorio es que no cuenta con un contador eléctrico, por lo tanto, conocer su consumo eléctrico fuese un trabajo arduo, ya que se debía manejar una bitácora de actividades y un inventario eléctrico. No obstante, fue un trabajo enriquecedor, ya que este trabajo me obligó a sumergirme en el mundo de la ingeniería eléctrica, aprender de esquemas unifilares, fasores eléctricos, series de Fourier, corrientes trifásicas, armónicos, etc. Esta experiencia agotadora, pero bonita, me harían escoger nuevamente este tema para mi trabajo de graduación.

Quiero agradecer a quienes me han apoyado en mi trabajo de graduación, mis padres, Luis Fernando y Ana María, por ser haber sido el soporte financiero y moral para llevar a cabo mi trabajo de graduación, a mis hermanos: Ana Lucía y Luis Roberto (QEPD) y a mí abuela, Zoila por haber estado para mí en este proceso. También quiero agradecer a José Antonio Medrano, quién decidió ser mi asesor, brindarme sus consejos y de su tiempo, sin antes conocerme; a mí mejor amiga y colega, Andrea Mendoza quién me ayudó a recabar información para realizar mi trabajo. Finalmente, quiero agradecer a Gamaliel Zambrano por brindarme información sobre las conexiones eléctricas de la Universidad del Valle de Guatemala y por haberme permitido realizar mi trabajo en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

# Índice

Prefacio .....	III
Listado de Cuadros .....	VII
Listado de Figuras .....	X
Resumen.....	XII
I.Introducción.....	1
II.Objetivos .....	2
A.Objetivo general.....	2
B.Objetivos específicos .....	2
III.Justificación .....	3
IV.Antecedentes.....	4
V.Marco teórico .....	5
A.¿Qué es la energía? .....	5
1.Eléctrica.....	5
2.Electromagnética .....	5
3.Mecánica .....	5
4.Nuclear: .....	6
5.Química .....	6
6.Térmica.....	6
7.Sonora.....	6
B.Generación de energía eléctrica .....	6
1.Generación.....	7
2.Energías renovables.....	8
3.Energías no renovables.....	13
C.Matriz energética de Guatemala .....	15
D.Transmisión de energía eléctrica .....	17
E.Calentamiento global.....	17
1.Causas.....	17
2.Gases de efecto invernadero (GEI).....	19
3.Consecuencias del calentamiento global.....	20
F.Acuerdo de París.....	21
G.Sistema de gestión energética ISO 50001.....	22
1.¿Qué es eficiencia energética?.....	22
2.¿Qué es ISO 50001? .....	22

3. Metodología ISO 50001-2018 .....	23
V. Metodología .....	29
A. Análisis de brecha .....	29
B. Cuantificación de consumos .....	29
C. Beneficios económicos .....	30
D. Huella de carbono y su posible disminución .....	30
VI. Resultados .....	31
VII. Análisis de resultados .....	46
VIII. Conclusiones .....	51
IX. Recomendaciones .....	53
X. Bibliografía .....	54
XI. Anexos .....	57
A. Análisis de brecha .....	57
B. Manual energético .....	67
1.3. Términos y definiciones .....	67
2.4. Contexto de la organización .....	69
3.5. Liderazgo .....	75
3.6. Planificación .....	78
4.7. Apoyo .....	89
5.8. Operación .....	96
6.9. Evaluación del desempeño .....	98
7.10. Mejora .....	106
C. Datos originales .....	107
1. Bitácora de actividades .....	107
2. Costos y factor de emisión de energía eléctrica en el año 2019 .....	116
3. Consumos, costo y factor de emisión de diésel, biodiésel año 2019 .....	117
4. Factor de potencia de la subestación de la Universidad del Valle de Guatemala periodo enero/2018- marzo/2020 .....	117
5. Datos de placa de motores eléctricos del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	118
D. Cálculos de muestra .....	119
1. Corrección de potencia para motores trifásicos .....	119
2. Corrección de potencia para motores eléctricos monofásicos .....	119
3. Corrección de potencia para motores eléctricos con variadores de frecuencia .....	119
4. Pronóstico de la demanda por Holt-Winters .....	120
5. Ahorro energético para recomendaciones técnicas .....	122

6.Ahorro financiero para recomendaciones técnicas.....	122
7.Viabilidad financiera .....	122
8.Análisis costo-beneficio .....	123
9.Estimaciones de huella carbono (CO <sub>2</sub> ).....	123
10.Estimaciones de reducción de huella carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	123
E.Datos calculados.....	125
XII.Glosario .....	132

## Listado de cuadros

Cuadro 1. Resultados del análisis de brecha en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	31
Cuadro 2. Acciones por tomar para disminuir la brecha en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	38
Cuadro 3. Propuesta de planificación de actividades para implementación del Sistema de Gestión Energética (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	45
.Cuadro 4. Política energética propuesta para el Sistema de Gestión de Energía (SGEn) del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala .....	42
Cuadro 5. Consumo de energía eléctrica enero/2019 – septiembre/2021 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala .....	42
Cuadro 6. Factor de potencia de la Universidad del Valle de Guatemala enero/2018-marzo/2020. ....	43
Cuadro 7. Consumo de diésel y biodiésel 2019-2020 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala .....	44
Cuadro 8. Estimación de huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, años 2019 y 2020 .....	45
Cuadro 9. Evaluación financiera a 10 años, con una TREMA del 9% y evaluación ambiental por planes de acción. ....	45
Cuadro 10. Análisis de brecha del capítulo “4. Contexto de la organización” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	57
Cuadro 11. Análisis de brecha del capítulo “5. Liderazgo” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	58
Cuadro 12. Análisis de brecha del capítulo “6. Planificación” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	59
Cuadro 13. Análisis de brecha del capítulo “7. Soporte” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	61
Cuadro 14. Análisis de brecha del capítulo “8. Operación” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	62
Cuadro 15. Análisis de brecha del capítulo “9. Rendimiento y evaluación” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	63
Cuadro 16. Análisis de brecha del capítulo “10. Mejora” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	65
Cuadro 17. Necesidades y expectativas de las partes interesadas del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	74
Cuadro 18. Análisis de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	80
Cuadro 19. Análisis de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	82
Cuadro 20. Planificación de metas para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	85

Cuadro 21. Consumo pasado y presente de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	86
Cuadro 22. Consumo pasado y presente de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	86
Cuadro 23. Consumo pasado y presente de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	86
Cuadro 24. Indicador de Rendimiento Energético (IDEn) de energía eléctrica para el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala año 2021.....	88
Cuadro 25. Indicador de Rendimiento Energético (IDEn) de diésel y biodiésel para el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala año 2020.....	88
Cuadro 26. Planificación para la recopilación de datos del Sistema de Gestión Energética (SGEn) en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	89
Cuadro 27. Descripción del proceso para la adquisición de compromiso y toma de conciencia del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala .....	90
Cuadro 28. Especificación de comunicaciones del Sistema de Gestión Energética (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.	93
Cuadro 29. Formato para la documentación de procesos del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	96
Cuadro 30. Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	97
Cuadro 31. Procedimiento para la evaluación del desempeño del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).....	99
Cuadro 32. Programa de auditoría interna del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	100
Cuadro 33. Formato de revisiones previas del Sistema de Gestión de la Energía.....	103
Cuadro 34. Formato de cambios en el contexto de la organización del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	103
Cuadro 35. Formato de tendencias del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	104
Cuadro 36. Formato para oportunidades de mejoras previas.....	104
Cuadro 37. Formato de revisión de objetivos y metas energéticas.....	104
Cuadro 38. Formato de revisión de eficiencia energética.....	105
Cuadro 39. Formato de cambio de estatutos en el Sistema de Gestión Energética (SGEn). ....	105
Cuadro 40. Formato de acciones de mitigación de no conformidades. ....	106
Cuadro 41. Bitácora de actividades del ciclo 1 año 2019, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	107
Cuadro 42. Bitácora de actividades del ciclo 2 año 2019, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	109
Cuadro 43. Bitácora de actividades del ciclo 1 año 2020, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	111

Cuadro 44. Bitácora de actividades del ciclo 2 año 2020, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	112
Cuadro 45. Bitácora de actividades del ciclo 1 año 2021, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	114
Cuadro 46. Bitácora de actividades del tercer trimestre del año 2021, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	115
Cuadro 47. Costos de energía eléctrica y factor de emisión. ....	116
Cuadro 48. Consumo, costo y factor de emisión de diésel y biodiésel año 2019. ....	117
Cuadro 49. Factor de potencia de la Universidad del Valle de Guatemala enero/2018-marzo/2020. ....	117
Cuadro 50. Datos de placa de motores eléctricos del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	118
Cuadro 51. Datos de placa de motores eléctricos con variadores de frecuencia del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	118
Cuadro 52. Inventario eléctrico del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	125
Cuadro 53. Estimación de huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, años 2019 y 2020. ....	130
Cuadro 54. Evaluación financiera y ambiental para planes recomendaciones técnicas. ....	130
Cuadro 55. Consumo y pronóstico de consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. ....	131

## Listado de figuras

Figura 1. Cadena de suministro eléctrico.....	6
Figura 2. Generador eléctrico.....	7
Figura 3. Esquema de una planta generadora de electricidad con biomasa.....	8
Figura 4. Esquema de aerogenerador.....	9
Figura 5. Esquema de una central geotérmica.....	10
Figura 6. Esquema de una hidroeléctrica.....	11
Figura 7. Esquema de una central de mareomotriz.....	11
Figura 8. Esquema de un generador termo solar.....	12
Figura 9. Esquema de una celda fotovoltaica.....	13
Figura 10. Esquema de una central térmica.....	14
Figura 11. Esquema de una central nuclear.....	15
Figura 12. Matriz energética de Guatemala.....	15
Figura 13. Generación eléctrica en Guatemala.....	16
Figura 14. Generación eléctrica por mes en Guatemala.....	16
Figura 15. Esquema de un transformador eléctrico.....	17
Figura 16. Esquema de la experimentación de John Tyndall.....	18
Figura 17. Representación del cambio climático.....	19
Figura 18. Evolución de la temperatura terrestre y concentración de CO2 en el tiempo.....	20
Figura 19. Logo del Acuerdo de París.....	21
Figura 20. Representación de indicadores de eficiencia energética.....	25
Figura 21. Representación del ciclo de Deming en norma ISO 50001-2018.....	28
Figura 22. Diagrama radial del resultado del análisis de brecha en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	31
Figura 23. Consumo de energía eléctrica enero/2019 – septiembre/2021 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	43
Figura 24. Factor de potencia de la Universidad del Valle de Guatemala enero/2018-marzo/2020.....	44
Figura 25. Partes interesadas en el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), de la Universidad del Valle de Guatemala.....	73
Figura 26. Roles en el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), de la Universidad del Valle de Guatemala.....	78
Figura 27. Matriz de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	79
Figura 28. Matriz de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	79
Figura 29. Procedimiento para evaluar acciones propuestas.....	84
Figura 30. Pronóstico de consumo de energía eléctrica, en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	88
Figura 31. Descripción del proceso para la adquisición de compromiso y toma de conciencia del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	92
Figura 32. Ejemplo de formato para el almacenamiento de información del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.....	95

Figura 33. Procedimiento para la evaluación del desempeño del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).....98

Figura 34. Programa de auditoría interna del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.... 102

## Resumen

El presente trabajo de graduación tuvo como objetivo principal evaluar el cumplimiento del estándar internacional ISO 50001-2018 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. Para ello, se realizó un análisis de brecha, el cual consistió en evaluar el cumplimiento o incumplimiento de cada cláusula que exige la norma; el resultado principal obtenido fue que la organización tiene un cumplimiento del 20%. Para disminuir esta brecha, este trabajo propuso un manual energético, una política energética, un plan de implementación y una serie de recomendaciones técnicas, mismas que fueron evaluadas su factibilidad financiera y posible disminución de huella de carbono, a través de un análisis costo-beneficio. Asimismo, se estimó el consumo de energía eléctrica para los años 2019 y 2020, los cuales fueron de 33346 kWh y 26188 kWh, respectivamente; mientras que el consumo de biodiésel y diésel fueron de 160 gal y 800 gal, respectivamente. Finalmente, se estimó la huella de carbono para el laboratorio, la cual fue 22553 kg de CO<sub>2</sub> y 19748 kg de CO<sub>2</sub> para los años 2019 y 2020.

## I. Introducción

Muchos sectores de la sociedad, con el afán de satisfacer sus necesidades energéticas recurren a la compra de energía eléctrica y de combustibles fósiles. Esto provoca que los costos de operación se encuentren ligados a los precios de energía y de combustibles que rigen los mercados nacionales; por lo tanto, para disminuir los costos de operación, es necesario hacer un uso racionado y responsable de la energía.

Una alternativa es el estándar internacional ISO 50001-2018, el cual tiene como propósito crear políticas y procesos que permitan a las instituciones lograr objetivos en materia energética. Por otro lado, estas estrategias tienen la capacidad de mitigar los impactos negativos en el medio ambiente, al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

A partir de lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo principal: Evaluar el cumplimiento de los requerimientos del estándar internacional ISO 50001-2018 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, e identificar oportunidades de ahorro energético que permitan mejorar el desempeño económico y ambiental. Para ello, se estudiará el modo de operar del laboratorio y se redactará una política energética con la cual se pretende crear estrategias que permitirán un ahorro energético y, por ende, un ahorro económico y una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

## II. Objetivos

### A. Objetivo general

1. Evaluar el cumplimiento del estándar internacional ISO 50001-2018 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, para identificar oportunidades de ahorro energético y mejorar desempeño económico y ambiental.

### B. Objetivos específicos

1. Realizar un análisis de brecha, como auditoría inicial, mediante una lista de cotejo, haciendo uso de los requisitos del estándar internacional ISO 50001-2018, para determinar el estado inicial del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala en gestión energética.
2. Proponer acciones en el área de mejora, estableciendo estrategias técnicas, que permitan disminuir la brecha encontrada en el objetivo anterior.
3. Redactar una política energética, basándose en el estándar internacional ISO 50001-2018, para hacer uso racional y eficiente de la energía.
4. Cuantificar posibles beneficios económicos, al seguir la ruta técnica, haciendo un análisis de costo-beneficio y tiempo de recuperación de la inversión, para determinar la viabilidad financiera.
5. Estimar la huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias y su posible reducción, al seguir ruta técnica, para determinar la viabilidad ambiental.

### III. Justificación

Según el Ministerio de Energía y Minas -MEM-, en su informe, Política energética 2019-2050, el 26.90% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), son ocasionadas por la generación de energía eléctrica (Ministerio de Energía y Minas, 2019). Siendo estos, un conjunto de gases, emitidos por actividades antropogénicas, capaces de modificar el clima a nivel mundial y de comprometer el futuro de la vida, es necesario realizar acciones que logren mitigar dicha problemática.

Actualmente, el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, carece de un sistema de gestión energética (SGEn) y, por ende, desconoce sus consumos energéticos para sus actividades primarias (operaciones unitarias) y actividades secundarias (equipo de cómputo y de laboratorio, iluminación, lazos de control y transporte). Esto a su vez, hace imposible tener conocimiento pleno de la huella de carbono de dicho laboratorio.

Por lo tanto, en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, es necesario crear un sistema de gestión energética (SGEn) que identifique oportunidades de mejora y que estas vengan acompañadas de una ruta técnica, basada en el estándar Internacional ISO 50001-2018. Esto permitiría: Un racionamiento en el consumo de diésel y de energía eléctrica; una disminución en la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); y una eventual colaboración con las instituciones de Gobierno para el cumplimiento de la XXI Conferencia Sobre Cambio Climático de Paris 2016.

## IV. Antecedentes

El Laboratorio de Operaciones Unitarias fue construido en el año de 1979, en la 18 avenida 11-95 de la zona 15, de la ciudad de Guatemala, dentro de las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala. Tiene un área de 720 m<sup>2</sup> y su finalidad es crear un espacio físico en el cual los estudiantes del Departamento de Ingeniería Química pudieran elaborar proyectos y experimentos en pro de la sociedad guatemalteca.

Actualmente en el laboratorio se cuentan con 80 equipos, con los cuales se realizan 23 operaciones unitarias y 10 procesos industriales, entre los cuales se citan carbonatación de bebidas, producción de alcohol y de biodiésel, jabón, biogás y productos de soldadura. Las prácticas del Laboratorio de Operaciones Unitarias se realizan de manera semanal, en una semana se planifica la práctica y a la siguiente semana se ejecuta.

Cabe resaltar que, para llevar a cabo estos procesos, el laboratorio requiere de biodiésel, diésel, para producción de vapor y energía eléctrica para sus diferentes equipos. La energía eléctrica es suministrada a través las subestaciones de los edificios “F” y “C”. Asimismo, el laboratorio se cuentan dos transformadores secos y trifásicos que permiten fuentes de alimentación de 110 V, 220V y 380V.

Por otro lado, el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, en sus cuatro décadas, nunca ha contado con un contador de energía eléctrica, por lo tanto, ha carecido de un Sistema de Gestión Energética (SGEn). No obstante, el Departamento de Ingeniería Química, siendo un garante de la producción más limpia, ha hecho los siguientes cambios en materia energética para su Laboratorio de Operaciones Unitarias, entre los cuales se cita:

- Cambio de tecnología en luminarias y en motores eléctricos.
- Instalación de variadores de frecuencia en motores eléctricos, lo que ha permitido reducir las revoluciones y, por lo tanto, el consumo de energía eléctrica.
- Mantenimiento preventivo, semestral, de sus equipos de laboratorio.

Con base a lo anterior, el Departamento de Ingeniería Química busca con el objetivo de disminuir sus impactos ambientales mediante un Sistema Gestión Energética (SGEn) en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.

## V. Marco teórico

### A. ¿Qué es la energía?

La energía se define como la capacidad que se tiene para realizar trabajo.

El trabajo es la fuerza que se aplica a una partícula para obtener un desplazamiento en un intervalo de tiempo; se representa con la letra  $W$  y se mide en *joules*, por su sigla  $J$ .

La energía obedece a la primera ley de la termodinámica (ver ecuación 1), la cual establece que la energía no se puede crear ni destruir, solamente transformar de una forma a otra (Wilson, Buffa y Lou, 2003).

$$\Delta U = Q + W \text{ (ecuación 1)}$$

Donde  $U$  es la energía interna e indica que sí este ha cambiado en el sistema es porque este ha ganado o perdido, calor  $Q$  o trabajo  $W$  (Smith, Van Ness, Abbott, 1997).

En la naturaleza la energía se encuentra de las siguientes formas:

#### 1. Eléctrica

Esta es causada por el movimiento de cargas eléctricas, llamados electrones, en el interior de un material conductor (Twenergy, 2020).

#### 2. Electromagnética

Es la energía que viaja a través de ondas electromagnéticas y estos a su vez como cuantos de luz. Cabe resaltar que los cuantos de luz con ondas de mayor frecuencia transportan más energía que las ondas de menor frecuencia (Aldabe *et al*, 2004).

#### 3. Mecánica

Es la energía que presentan las partículas en función de su movimiento, es decir, en función de su posición y de deformación. (Wilson, Buffa y Lou, 2003).

#### 4. Nuclear:

Es la energía que se almacena en el núcleo de un átomo para mantener unidos a los neutrones y protones. Esta energía se puede obtener de dos formas, fisión y fusión nuclear; la primera de ellas ocurre cuando el átomo se separa para formar núcleos más pequeños liberando así energía y la segunda, la energía es liberada cuando los átomos se fusionan entre sí para formar un núcleo más grande (Consejo de Seguridad Nuclear, 2020).

#### 5. Química

Es la energía que se desprende o absorbe una reacción química para generar productos o cambiar el estado de un producto. Cuando la reacción libera calor, esta se denomina como exotérmica y cuando lo absorbe, endotérmica (Barrow, 1975).

#### 6. Térmica

Esta energía es ocasionada por la vibración de los átomos que constituyen los distintos materiales. Al haber una mayor vibración de dichos átomos, mayor será la energía térmica del material (Serway y Faughn, 2001).

#### 7. Sonora

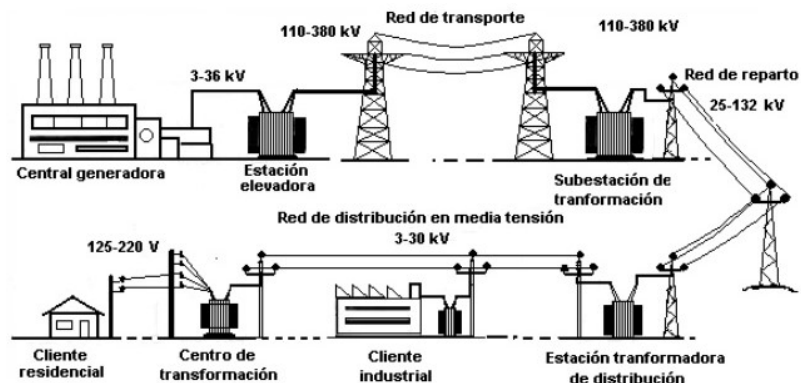
Es la energía que transportan las ondas sonoras. Las ondas sonoras proceden de la vibración de un foco sonoro y se propaga por el medio en forma de energía cinética.

### B. Generación de energía eléctrica

Anteriormente se mencionó que la energía obedece a la primera ley de la termodinámica. Este principio hace hincapié para la generación de energía eléctrica, debido a que esta energía es fácil de generar y de transportar, para posteriormente convertirla en energía mecánica, electromagnética, térmica o sonora (Twenergy, 2020).

Como se puede observar en la Figura 1, la generación de energía eléctrica se divide en dos pasos, los cuales son: generación, transporte de energía eléctrica (Twenergy, 2020).

Figura 1. Cadena de suministro eléctrico.



## 1. Generación

Esta etapa consiste en generar energía eléctrica, en una central generadora, a través de una fuente primaria. Sin embargo, la generación de energía eléctrica se ve afectada en su eficiencia por la segunda ley de la termodinámica, la cual indica que la cantidad de entropía del universo tiende a incrementarse en el tiempo, ver ecuación 2 (Smith, Van Ness, Abbott, 1997).

$$dS \geq S_2 - S_1 \geq \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \text{ (ecuación 2)}$$

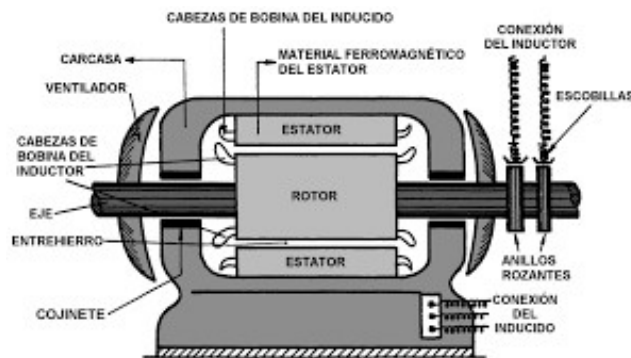
Su explicación reside en que en un sistema termodinámica pasa por un proceso isotérmico, de un estado 1 a un estado 2, habiendo un cambio de entropía  $dS$ , el cual es igual a la cantidad de calor  $\delta Q$  intercambiado entre el sistema y el medio, dividido la temperatura absoluta  $T$ . Por lo tanto, en la generación de energía eléctrica, no se puede aprovechar toda la energía proveniente de la fuente primaria, ya que siempre habrá pérdidas de energía, que a su vez aumentan la entropía del universo (Smith, Van Ness, Abbott, 1997).

En cuanto al funcionamiento de un generador eléctrico, este se basa en la ley de Faraday (ver ecuación 3), misma que indica que el voltaje ( $\varepsilon$ ) inducido en un conductor en presencia de un campo magnético ( $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ) es directamente proporcional número de espiras del conductor  $N$ . El signo negativo se explica con la ley de Lenz, donde el voltaje inducido en el espiral se opone al paso de la corriente que lo produce (Tecnológico de Monterrey, 2020).

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ (ecuación 3)}$$

La importancia de este concepto, en un generador eléctrico, reside en que en el rotor (ver Figura 2), al girar produce un campo magnético, y tal, como lo explica la ley de Faraday un voltaje es inducido en las terminales de los devanados, ubicados en el estator. El voltaje producido, el número de vueltas del estator, dependerá del campo magnético del devanado del rotor y la velocidad del rotor (Tecnológico de Monterrey, 2020).

Figura 2. Generador eléctrico.



Hoy en día, los generadores eléctricos impulsan su rotor a partir de energías primarias renovables y energías primarias no renovables. La diferencia entre las fuentes renovables y no renovables es que las fuentes renovables son capaces de regenerarse en un corto plazo; mientras que las fuentes no renovables son aquellas que no se pueden regenerar en el corto plazo (González, 2009).

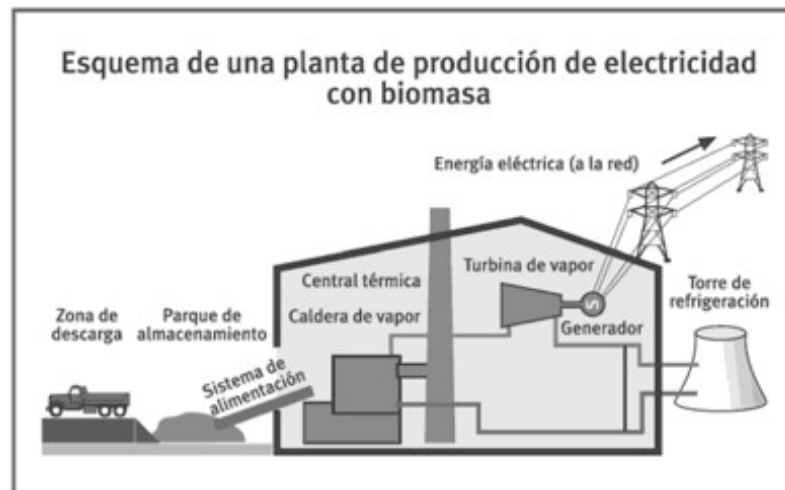
## 2. Energías renovables

### a. Bioenergía

Es la energía que se obtiene a partir de biomasa; la misma, proviene de fuentes residuales, ganaderas o agrícolas, naturales o de cultivos energéticos (Rincón y Silva, 2009).

El procedimiento (ver Figura 3) para obtener energía eléctrica se basa en quemar la biomasa en calderas. el calor emanado aumenta la temperatura del agua hasta convertirla en vapor de agua. Si la presión del vapor supera los 300 bares y los 600°C, vapor saturado, este se utiliza para generar energía eléctrica, haciendo girar una turbina y esta a su vez, un generador eléctrico. Por el contrario, si la presión y la temperatura, antes mencionada, el vapor de agua, vapor sobrecalentado, se puede utilizar para distintas operaciones unitarias (Rincón y Silva, 2009).

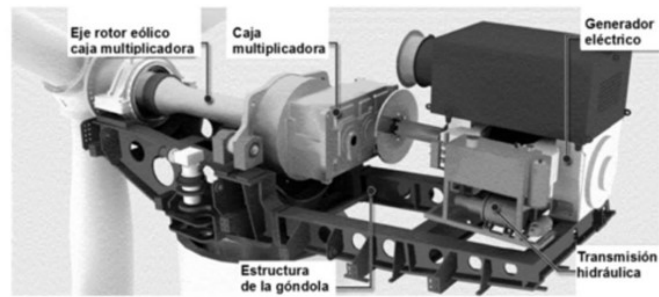
Figura 3. Esquema de una planta generadora de electricidad con biomasa.



### b. Eólica:

Es la energía que se obtiene del viento. La posteridad de la energía eléctrica se lleva a cabo en aerogeneradores, los cuales, como se puede ver en la Figura 4, cuentan con palas, que se hacen girar por la energía cinética de las masas de aire (Villarubia, 2012).

Figura 4. Esquema de aerogenerador.



Este movimiento a su vez hace girar una caja multiplicadora, la cual se encarga de aumentar las revoluciones del eje. Finalmente, este eje hace girar el rotor de un generador eléctrico (Villarubia, 2012).

Es de considerar que el aerogenerador cuenta con una veleta, la cual indica la dirección del viento, de esta forma el aerogenerador rota en dirección del viento (Villarubia, 2012).

### c. Geotérmica

Es la energía eléctrica que se obtiene aprovechando el calor almacenado en el subsuelo, a través de yacimientos geotérmicos.

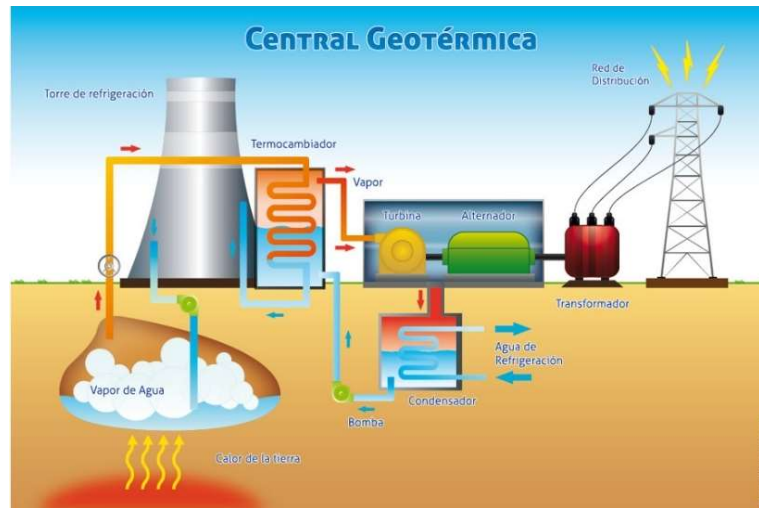
Los yacimientos geotérmicos se clasifican en cuatro categorías, las cuales dependerán de su temperatura:

#### 1) Energía geotérmica de alta temperatura

Su temperatura es superior a los  $150^{\circ}\text{C}$  y tiene la capacidad para generar energía eléctrica. Como se puede atisbar en la Figura 5, se debe perforar un pozo, el cual puede alcanzar profundidades de entre 1000 y 3000 m.

La mezcla de vapor y agua caliente, ascienden a través del pozo geotérmico, debido a la presión a la que se encuentran almacenadas. Esta mezcla es separada a través de separadores de humedad y de deshumidificadores; por un lado, se obtiene agua caliente y por otro vapor de agua, el primero, es inyectado al subsuelo a través de pozos de retorno y el segundo, hace girar los álabes de la turbina y este a su vez, el rotor del generador eléctrico (MEM, 2018).

Figura 5. Esquema de una central geotérmica.



## 2) Energía geotérmica de mediana temperatura

Su temperatura es se encuentran entre 70 y 150 °C. Estos yacimientos se utilizan para sistemas urbanos de reparto de calor, de tal forma que se pueden crear sistemas de calefacción y refrigeración (MEM, 2018).

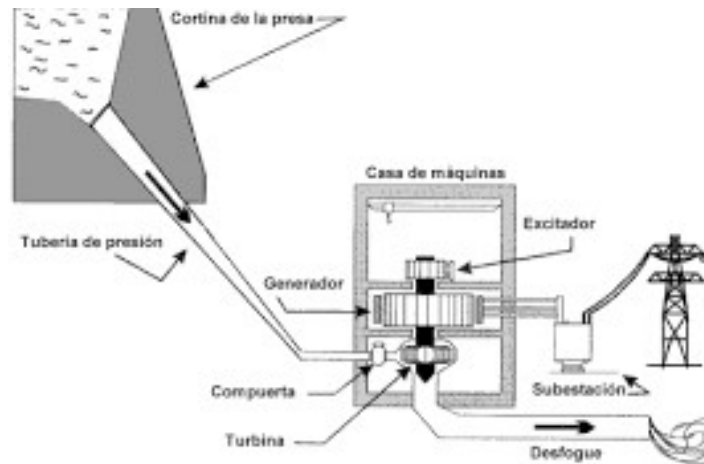
## 3) Energía geotérmica de baja temperatura

Los yacimientos en esta clasificación se encuentran a temperaturas que no superan los 70°C. Solamente se utilizan para necesidades domésticas o agrícolas, verbigracia: invernaderos (MEM, 2018).

## d. Hidráulica

Es la energía que se obtiene a partir de la energía mecánica de las corrientes de agua. Como se ilustra en la Figura 6, el agua se almacena en embalses, el cual, al llenarse, mediante gravedad, se dejan pasar por turbinas hidráulicas, las cuales a su vez giran el rotor de un generador eléctrico (Sanz, 2008).

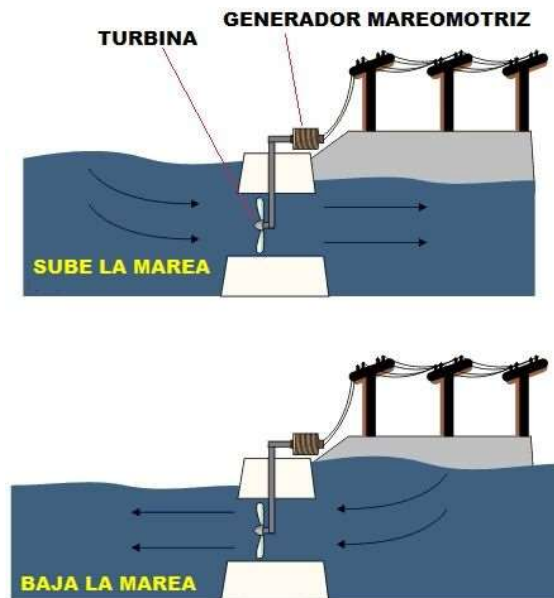
Figura 6. Esquema de una hidroeléctrica.



e. Mareomotriz

Se define como la obtención de energía a partir de las mareas. Su funcionamiento es similar a la hidráulica, sin embargo, en vez de utilizar las corrientes de ríos y saltos de agua, se hace uso de la pleamar y la bajamar (Rivas, 2020).

Figura 7. Esquema de una central de mareomotriz.



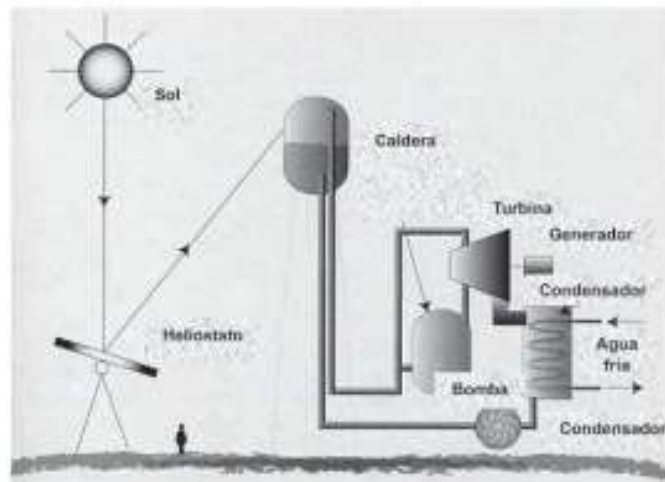
Como se ilustra en la Figura 7, esta energía debe contar con un dique. En periodos de pleamar, las compuertas de dicha estructura se abren hasta que este se llene; ulterior a ello, en periodos de bajamar, se aprovecha la energía mecánica del agua almacenada en el dique, haciéndose pasar por una turbina hidráulica, la cual hace girar el rotor de un generador eléctrico (Rivas, 2020).

#### f. Termo solar

Es la energía que aprovecha la radiación solar con el objetivo de generar calor. Para ello, se requiere de la construcción de un conjunto de heliostatos, los cuales reflejan la radiación solar a un conjunto de tubos, situados en la cima de una torre (Elías y Bordas, 2012).

La radiación al calienta los tubos, y estos a su vez, por convección, el agua, de tal forma que este último se evapora. El vapor de agua hace girar los alabes de una turbina, y estos a su vez, el rotor del generador eléctrico (Elías y Bordas, 2012).

Figura 8. Esquema de un generador termo solar.



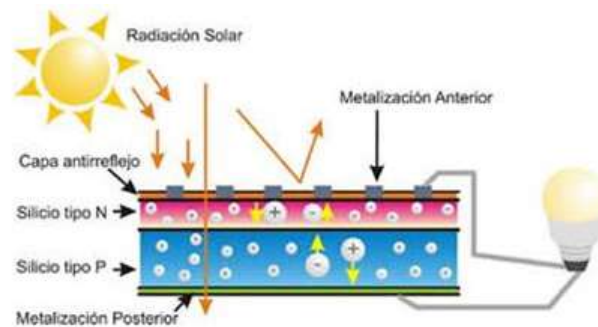
#### g. Solar

Al igual que la termo solar, este aprovecha la radiación solar para generar energía eléctrica. Sin embargo, en vez de generar calor, se utilizan celdas solares, las cuales están conformadas por silicio (Si) dopado (Acciona, 2020).

El dopaje del silicio (Si) se lleva a cabo debido a que este no cuenta con electrones libres y, por ende, se comporta como un aislante. Para llevar a cabo el dopaje, el silicio le añade fósforo (P) y Boro (Br); al primero, se le conoce como silicio tipo e ( $Si^e$ ) y al segundo como silicio tipo p ( $Si^0$ ) (Acciona, 2020).

El silicio tipo e ( $Si^e$ ), tiene su orbital lleno de electrones ( $e$ ), lo que significa que cumple con la regla del octeto; por el contrario, el silicio tipo p ( $Si^0$ ), no tiene sus orbitales llenos de electrones. Al combinarse ambos silicios, en presencia de radiación solar, el electrón sobrante del tipo e, podrá circular por el sobrante del tipo p, de forma tal, que se generará una corriente eléctrica (Acciona, 2020).

Figura 9. Esquema de una celda fotovoltaica.



### 3. Energías no renovables

#### a. Carbón

Es la energía que se obtiene a partir de trozos de carbón; su obtención es similar a la biomasa. El carbón se define como una roca sedimentaria, compuesta de azufre (S) hidrógeno ( $H_2$ ), oxígeno ( $O_2$ ) y nitrógeno ( $N_2$ ); este se obtiene a partir de canteras formadas en los periodos de carbonífero, hace 360 millones de años, y cretácico, hace 145 millones de años (Elías y Bordas, 2012).

Para convertir la energía química en energía eléctrica, el carbón se quema en una caldera acuatubular; el calor emanado calienta el agua líquida, hasta convertirla en vapor saturado. El vapor generado, mueve los alabes de una turbina, y este a su vez hace girar el rotor de un generador eléctrico (Elías y Bordas, 2012).

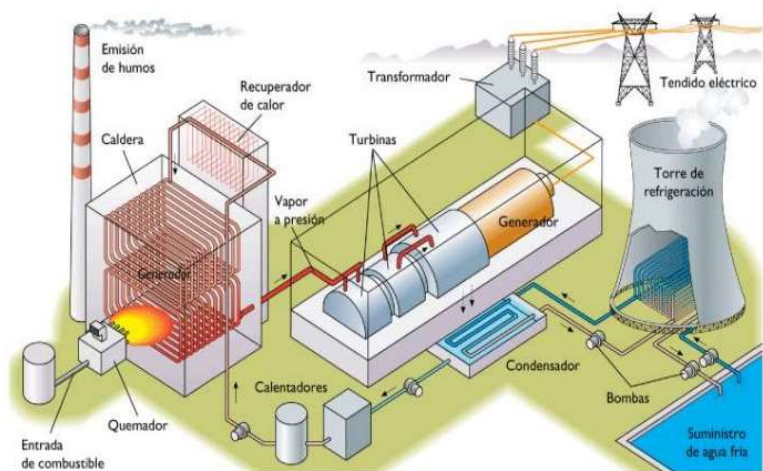
#### b. Fueloil y diésel

Es la energía eléctrica que se obtiene a partir de los derivados del petróleo. Su obtención es similar a la del carbón, con lo que se puede obtener energía eléctrica, a partir de vapor saturado y vapor sobrecalentado para distintas operaciones unitarias. Lo que distingue al fueloil y al diésel del carbón, es que ambos son extraídos del petróleo, mediante destilación fraccionada (Elías y Bordas, 2012).

#### c. Gas natural

La obtención de energía a partir de gas natural es similar a las antes mencionadas. No obstante, el gas natural es una mezcla de gases ligeros de origen natural, como el metano, propano, entre otros alcanos. La formación de estos gases ocurre cuando varias capas de plantas y restos de animales, en descomposición son expuestos a grandes presiones y temperaturas en el subsuelo (Elías y Bordas, 2012).

Figura 10. Esquema de una central térmica.



#### d. Radioactiva

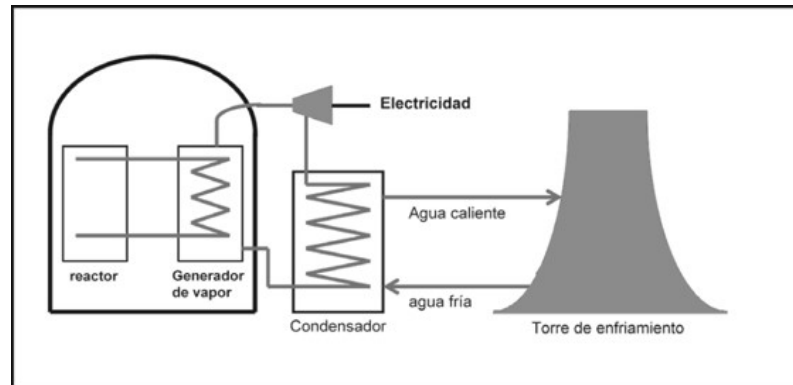
Es la energía que se puede obtener a partir de compuestos radioactivos, esta difiere de los combustibles fósiles debido a que en vez de hacer uso de una caldera acuotubular, utilizan un reactor nuclear.

Los compuestos radioactivos que se utilizan son el plutonio y el uranio, enriquecido, debido a que son elementos inestables, con lo cual se puede realizar fisión nuclear (Elías y Bordas, 2012).

Un reactor nuclear cuenta con barras de combustible, de longitudes de cuatro a cinco metros. En el interior de estas barras de combustibles se almacenan pastillas de combustibles, con lo cual ocurre fisión nuclear; al haber fisión nuclear, se emana calor, el cual a su vez calienta una corriente de agua líquida hasta convertirlo en vapor saturado; el vapor mueve una turbina y esta a su vez, gira un rotor de generador eléctrico (Elías y Bordas, 2012).

Es destacar, que las centrales nucleares no generan gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, sí generan desechos nucleares, los cuales deben ser almacenados hasta que alcancen su periodo de degradación, el cual puede oscilar desde los 6'600 años hasta los 21'130'000 años (Elías y Bordas, 2012).

Figura 11. Esquema de una central nuclear.



### C. Matriz energética de Guatemala

Se define la matriz energética cuando en una determinada región o país se utilizan, simultáneamente, distintas fuentes de energía primaria, para suministro energético de sus conciudadanos. La matriz energética no solo indica las fuentes primarias, también indica el porcentaje de estas.

Según el informe de Estadísticas Subsector Eléctrico 2018, del Ministerio de Energía Y Minas-MEM- en Guatemala el 60.54% de la energía fue generada por fuentes renovables y el 39.46% por fuentes renovables.

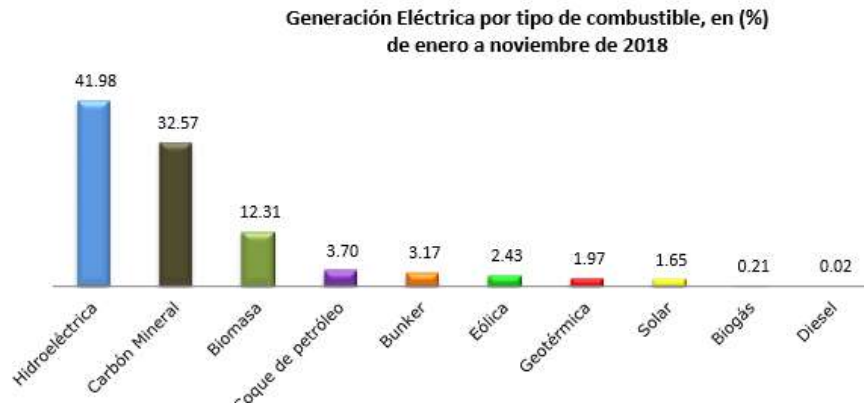
Figura 12. Matriz energética de Guatemala.  
Generación por tipo de recurso en (%)  
de enero a noviembre de 2018



Fuente: Elaboración propia con información del AMM

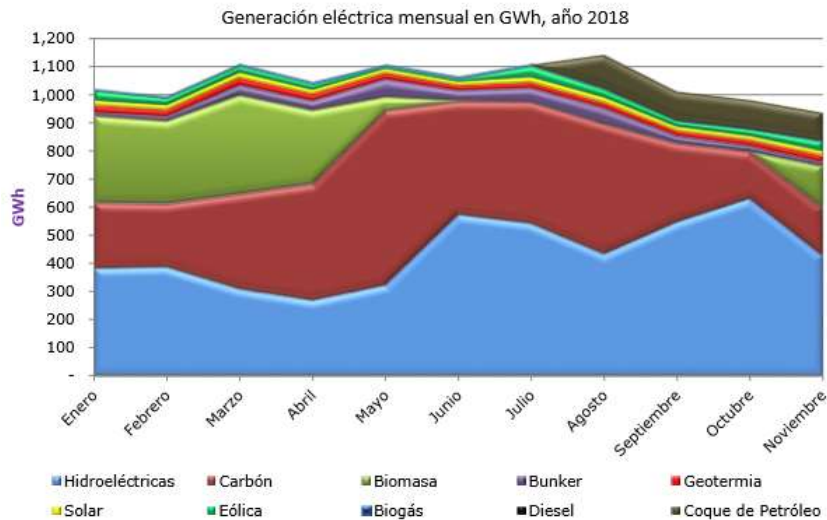
Tal y como se ilustra en la Figura 13, la fuente primaria que aporta más energía eléctrica a la República de Guatemala es la hidroeléctrica, debido a que en Guatemala se cuentan con ríos. Seguidamente se encuentran las carboneras, el cual es una fuente de energía eléctrica barata de 34 USD/T y con poca volatilidad. En tercer lugar, se encuentra la biomasa, la cual se produce gracias a la cogeneración por bagazo de caña; las otras fuentes de energía no tienen gran incidencia debido a que a son tecnologías costosas.

Figura 13. Generación eléctrica en Guatemala.



Cabe resaltar que la matriz energética, al ser en su mayoría fuentes renovables, varía dependiendo de la estacionalidad climática del año (ver Figura 14). Es decir, en verano las hidroeléctricas aportan menos energía eléctrica que en invierno; la biomasa no aporta energía eléctrica en época que cultivo de caña, pero sí en época de zafra y así sucesivamente con cada fuente primaria de energía.

Figura 14. Generación eléctrica por mes en Guatemala.

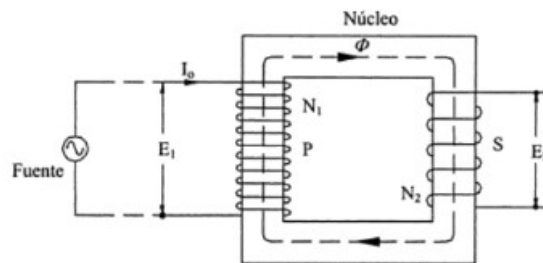


## D. Transmisión de energía eléctrica

El siguiente paso de la generación eléctrica es la transmisión eléctrica. Para ello, se necesitan transformadores eléctricos, los cuales pueden aumentar la potencia de, aproximadamente, 36 kV hasta 380 kV.

El funcionamiento de un transformador eléctrico también sigue el principio de Faraday, donde una corriente que varía en el tiempo fluye a través de los devanados primarios, creando un campo magnético variado en el tiempo; posteriormente, este campo magnético es cortado por un devanado secundario, lo cual genera un voltaje en sus terminales. El voltaje generado depende del número de vueltas en el devanado primario y secundario; a su vez, del voltaje en la fuente primaria (Tecnológico de Monterrey, 2020).

Figura 15. Esquema de un transformador eléctrico.

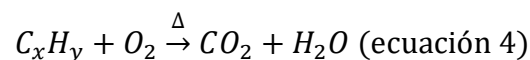


Luego de aumentar el voltaje de la corriente eléctrica, esta es distribuida por torres eléctricas hasta llegar a subestaciones, con transformadores, encargadas de disminuir el voltaje. El voltaje final, requerido por un cliente perteneciente a una tarifa social, oscila entre los 110 y 220 V; mientras que un cliente, que el voltaje requerido por una zona industrial tiene un rango de 3 a 30 kV (Tecnológico de Monterrey, 2020).

## E. Calentamiento global

### 1. Causas

Actualmente, el 80% de la matriz energética del mundial depende fuentes no renovables como el carbón, derivados del petróleo y gas natural (CEEPYS, 2020). Utilizar combustibles fósiles tiene como consecuencia la emisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), un gas que es emitido por las reacciones de combustión (ver ecuación 4), capaz de generar calentamiento global.

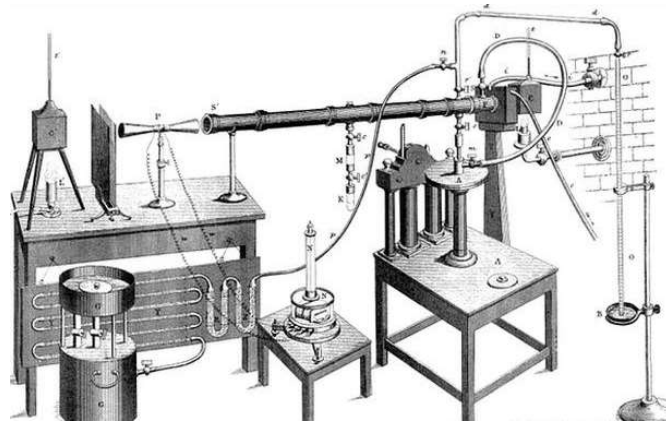


En 1870, el físico químico irlandés, John Tyndal, descubrió que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) eran capaces de absorber radiación infrarroja. Para llegar a ese resultado utilizó un tubo de latón (ver Figura 13), el cual estaba taponeado con sal y contaba con un termómetro; le extrajo todo el aire de su

interior, mediante una bomba de vacío; seguidamente, lo expuso a una fuente de calor y notó que este no aumentaba su temperatura. Seguidamente, le añadió aire y tampoco registró un aumento de temperatura en el interior; finalmente, Tyndal notó que el aire cuenta con trazas, ínfimas, cercanas al 1%, de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y gases nobles, como el Helio ( $\text{He}$ ) y Argón ( $\text{Ar}$ ), con los cuales el tubo sí registró un aumento de temperatura.

La principal conclusión del científico fue que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), eran gases que absorbían radiación infrarroja (IR).

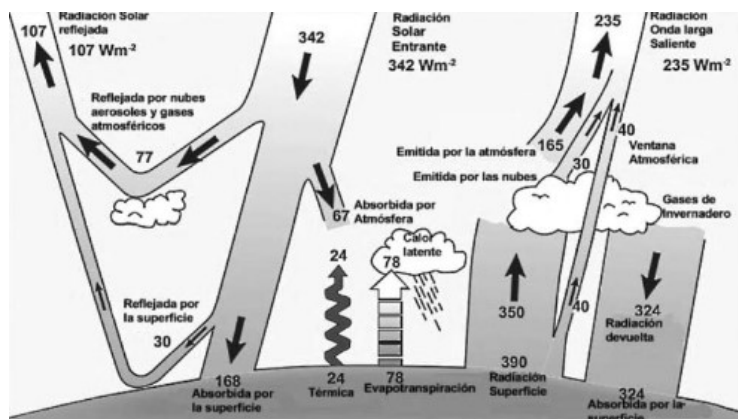
Figura 16. Esquema de la experimentación de John Tyndall.



Más tarde, en la década de los años 70's, los científicos vincularon el aumento de la temperatura global con los resultados de John Tyndal. Tal y como se ilustra en la Figura 14, a la tierra ingresan  $332 \text{ Wm}^{-2}$  de los cuales:  $77 \text{ Wm}^{-2}$  son reflejados al espacio por nubes, aerosoles y gases atmosféricos;  $30 \text{ Wm}^{-2}$  son reflejados al espacio por la superficie terrestre;  $67 \text{ Wm}^{-2}$  son absorbidos por la atmósfera y  $168 \text{ Wm}^{-2}$  son absorbidos por la superficie terrestre, lo que permite que la temperatura superficial sea de  $14^\circ\text{C}$  en vez de  $-22^\circ\text{C}$  (Amestoy, 2013).

Por otro lado, la superficie de la tierra recibe  $324 \text{ Wm}^{-2}$  debido al efecto invernadero de la atmósfera, los cuales añadidos a los  $168 \text{ Wm}^{-2}$  absorbidos por la superficie, dando un total de  $492 \text{ Wm}^{-2}$ , de los cuales  $24 \text{ Wm}^{-2}$  son de calor sensible,  $78 \text{ Wm}^{-2}$  como calor latente de evaporización y  $390 \text{ Wm}^{-2}$  como radiación de superficie (Amestoy, 2013).

Figura 17. Representación del cambio climático.



Los gases de efecto invernadero (GEI), se pueden clasificar en dos categorías, la primera se denomina como “semi-permanente”, los cuales son gases de larga vida y se quedan en la atmósfera, sin responder química y físicamente a los cambios de temperatura; y la segunda categoría se denomina como “retroalimentadores”, los cuales sí responden física y químicamente a los cambios de temperatura.

## 2. Gases de efecto invernadero (GEI)

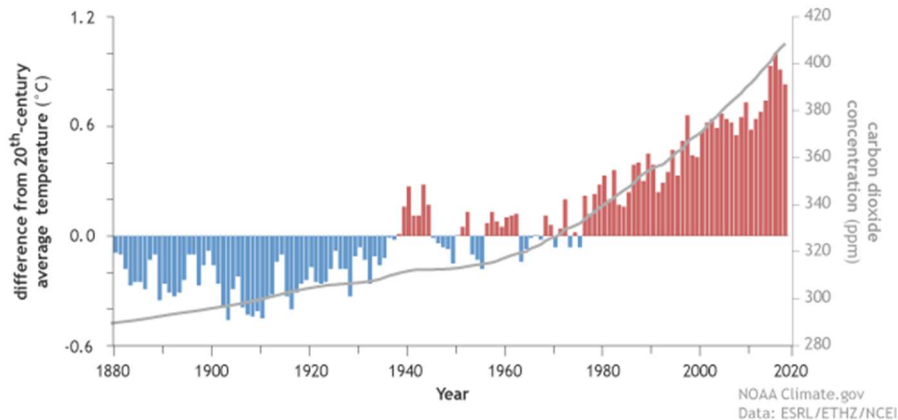
### a. Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)

Es el gas de efecto invernadero más abundante, pero este se clasifica como retroalimentador del clima. La concentración de vapor de agua (H<sub>2</sub>O) aumenta en la atmósfera en la medida de que esta se calienta, no obstante, la presencia de este gas es directamente proporcional a la probabilidad de nubes y, por lo tanto, de precipitaciones, las cuales funcionan como mecanismos de retroalimentación (NASA, 2020).

### b. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Este gas se libera por la quema de combustibles fósiles, sin embargo, también puede ser liberado por fuentes naturales como la respiración y las erupciones volcánicas. Por otro lado, este gas se denomina como semi-permanente, y su concentración ha ido en aumento desde la revolución industrial (NASA, 2020).

Figura 18. Evolución de la temperatura terrestre y concentración de CO<sub>2</sub> en el tiempo.



En la Figura 18 podemos observar su concentración es proporcional con el aumento de temperatura terrestre. Añadida esta conclusión, con la del científico John Tyndall, se concluye que el calentamiento global es de origen antropogénico.

#### c. Metano (CH<sub>4</sub>)

Es un gas semi-permanente, que se encuentra en menor proporciones en la atmósfera, sin embargo, calienta la atmósfera 23 veces más que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El gas es liberado por actividad humana, en vertederos, donde ocurre descomposición de desechos. Asimismo, este es generado por la agricultura, en la digestión de rumiantes y el manejo de estiércol de ganado (NASA, 2020).

#### d. Óxidos nitrosos (N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>)

También son gases semi-permanente, capaces de calentar 300 veces más que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este gas se produce debido a las actividades relacionadas con la agricultura, específicamente en el cultivo de suelo, ya que se utilizan fertilizantes comerciales y orgánicos, los cuales, al ser irradiados por radiación solar, generan dicho gas. Se destaca que este gas también puede ser liberado por la incineración de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico y la quema de biomasa (NASA, 2020).

### 3. Consecuencias del calentamiento global

Actualmente, no existe un modelo que permita a los científicos modelar exactamente cómo será el clima a consecuencia del calentamiento global, sin embargo, el consenso científico indica que el clima sí va a cambiar. Los efectos que se podrían ver a mediano y largo plazo son:

a. Cambio de climatología

Al haber condiciones climáticas más cálidas, probablemente, habrá una mayor evaporación y precipitación de agua. Este impacto dependerá de las regiones donde afecta, sin embargo, algunas regiones se volverán más húmedas y otras, más secas (NASA, 2020).

b. Aumento de temperatura en los océanos

Se pronostica un aumento en la temperatura en los océanos y un derretimiento parcial de hielo en los glaciares, lo que a su vez aumentará el nivel del mar. El aumento de temperatura provocará huracanes más intensos (NASA, 2020).

c. Cultivos

Algunas plantas y especies se pueden beneficiar de un aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), favoreciendo su crecimiento y usando el agua (H<sub>2</sub>O) de manera más eficiente. Sin embargo, las temperaturas elevadas y los cambiantes patrones climáticos podrían cambiar las áreas en las cuales crecen mejor los cultivos y de esta forma afectar la ecología de las comunidades (NASA, 2020).

## F. Acuerdo de París

El acuerdo de París es un acuerdo alcanzado en París en el año 2015, durante la COP21. Tiene como objetivo combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible, en el cual haya bajas emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Este acuerdo se basa en la Convención y es el primero en el cual todos los países emprendan esfuerzos ambiciosos para combatir y adaptarse al cambio climático.

Figura 19. Logo del Acuerdo de París.



El objetivo específico, como se mencionó anteriormente, es mitigar el cambio climático manteniendo las temperaturas de este siglo por debajo de los 2°C por encima de los niveles preindustriales, e intensificar los esfuerzos para limitar el aumento de temperatura en 1.5°C.

Por otro lado, el acuerdo busca lograr que las corrientes de financiación sean coherentes con un nivel bajo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y una trayectoria resistente al clima.

El acuerdo fue firmado el 22 de abril del 2016 en conmemoración del Día de la Tierra, en la sede principal de las Naciones Unidas, Nueva York. El mismo, entró en vigor el 4 de noviembre del 2016, y fue ratificado por 55 países; a inicios del 2017, 125 países ratificaron el acuerdo.

## G. Sistema de gestión energética ISO 50001

### 1. ¿Qué es eficiencia energética?

Se define como eficiencia energética a la reducción de cantidad de energía, eléctrica y combustibles, que es empleada para generar un producto o servicio, sin afectar la calidad de estos. La reducción de consumo de energía puede estar intrínsecamente relacionada con la adquisición de nuevas tecnologías o por automatización de operaciones (ISO-ORG, 2020).

La reducción de cantidad de energía puede venir acompañada de inversiones adicionales, sin embargo, estas se ven compensados en el mediano plazo por la disminución de costos relacionados con la energía. La misma también toma en consideración las acciones relacionadas con la gestión energética, que involucran cambios de hábitos (ISO-ORG, 2020).

Entre los beneficios que cuenta una organización al implementar un sistema de gestión energética se citan la mejora en la eficacia operativa al reducir costos en materia energética; una mejora en la imagen de la organización, al ser una institución que se preocupa por el medio ambiente; y ayudar a reducir las consecuencias del calentamiento global al reducir su huella de carbono (ISO-ORG, 2020).

### 2. ¿Qué es ISO 50001?

Es un estándar internacional que surgió como una petición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNDO), con el afán de reducir los efectos del cambio climático, a través de un sistema de gestión de energía. La normativa puede ser utilizada por cualquier organización, sin importar su tamaño, ubicación geográfica o actividad económica (ISO-ORG, 2020).

Esta normativa ha sido modelada a partir del estándar ISO 9001, sistemas de gestión de calidad, e ISO 14001, sistemas de gestión ambiental. Sin embargo, su principal diferencia de las otras dos normativas es que en ISO 50001, la organización debe de mejorar el sistema de gestión de energía y el desempeño energético resultante; mientras, que en ISO 90001 e ISO 140001, la organización debe de mejorar la efectividad del sistema de gestión, más no, la calidad del producto y servicio, o al desempeño ambiental. Cabe resaltar que la norma ISO 50001 no le exige a la organización metas cuantitativas, si no la organización plante sus metas y ulterior a ello, propone sus planes de acción (ISO-ORG, 2020).

### 3. Metodología ISO 50001-2018

La metodología de un sistema de gestión energética se basa en el ciclo de Deming, ver Figura 20, el cual está constituido por cuatro hitos: planificación, hacer, revisar y actuar (UNE, 2020).

#### a. Planificación

Se establece un plan energético en la organización, con lo cual se plantea crear acciones y objetivos con el objetivo de mejorar la gestión y la política energética de la organización (ISO-ORG, 2020). Los capítulos de la norma ISO 50001-2018 que comprenden esta etapa son:

##### 1) Contexto de la organización

El análisis del contexto organizacional proporciona un alto nivel de comprensión conceptual de factores internos y externos que pueden afectar de forma positiva o negativa el sistema de gestión energético (SGEn) (UNE, 2020).

##### 2) Liderazgo y compromiso

La alta dirección tiene la responsabilidad de cumplir con los requisitos del estándar internacional ISO 50001-2018. Aún y cuando se deleguen responsabilidades, la rendición de cuentas corresponde a la alta dirección.

Al comunicarse con los integrantes de la organización, la alta dirección debe destacar la importancia del sistema de gestión energético (SGEn), a través de actividades como el empoderamiento, motivación, reconocimiento, formación, recompensa y participación.

##### 3) Política energética

La política energética es el fundamento para el desarrollo del sistema de gestión energético (SGEn) de la organización. Debe ser un enunciado en el cual los miembros de la organización puedan comprender fácilmente y aplicar a sus distintas actividades laborales (UNE, 2020).

#### 4) Acciones para abordar riesgos y oportunidades

Las consideraciones sobre riesgos y oportunidades son parte de la toma de decisiones estratégicas de alto nivel en la organización. Al identificar riesgos y oportunidades cuando se planifica el sistema de gestión energético (SGEn), la organización es capaz de anticiparse a las consecuencias, de tal forma que los efectos no deseados se pueden abordar antes de que ocurran. Asimismo, las consideraciones favorables o las circunstancias que podrían ofrecer potenciales ventajas o resultados se pueden identificar y perseguir (ISO-ORG, 2020).

#### 5) Objetivos, metas energéticas y planificación para lograrlos

Los objetivos pueden incluir tanto las mejoras generales al Sistemas de Gestión Energética (SGEn), como las metas de mejora el desempeño energético, específicas y medibles. Mientras que algunos pueden ser cuantificables y tendrán metas para mejorar el desempeño energético, otros objetivos pueden ser cualitativos (ISO-ORG, 2020).

#### 6) Revisión energética

La organización debe determinar los usos significativos de energía y las oportunidades para mejorar el desempeño energético. Al determinar los usos significativos de energía (USE) define los criterios del consumo sustancial energético y/o el potencial considerable para mejorar el desempeño energético.

Los usos significativos de energía (USE) se definen con base a las necesidades de la organización, tales como instalación, procesos o equipo. Una vez hayan sido identificados, la gestión y el control de estos, son parte integral del sistema gestión energética (SGEn).

Por otro lado, la revisión energética incluye la actualización de datos y la información relacionada con el análisis del uso y consumo de energía, la determinación de los usos significativos y la identificación de oportunidades para mejorar el desempeño energético. Es de tomar en cuenta, que no es necesario realizar la actualización de la revisión energética de manera simultánea.

La auditoría energética proporciona información detallada de: El consumo real de energía, el desempeño energético de la organización, usos significativos de energía (USE). Adicional a ello, la auditoría puede venir acompañada de una serie de recomendaciones específicas, priorizadas para mejorar el desempeño energético, con base al análisis de los datos específicos del sitio y las condiciones operativos.

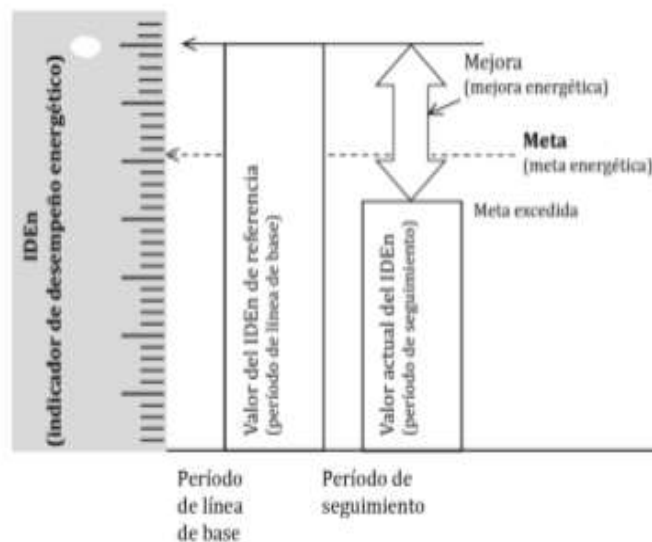
Al buscar oportunidades de mejora del desempeño energético, las organizaciones deben considerar la medida en la que se requiere un proceso en particular, o si este es recuperable. Aun cuando el proceso tiene limitaciones debido a los requisitos energéticos basados en leyes científicas, los equipos auxiliares pueden brindar un potencial significativo de mejorar el desempeño energético. Las oportunidades de mejora también se

pueden presentar con el tiempo, debido a cambios en la planificación, degradación de equipo y mejoras tecnológicas y disponibles (UNE, 2020).

## 7) Indicadores de desempeño energético

Un indicador de desarrollo energético (IDEn) es un valor de referencia con el cual se compara el desempeño energético antes y después de la implementación de planes de acción y de otras acciones. La diferencia entre el valor de referencia y el valor resultante es la medida del cambio en el desempeño energético. Estos valores pueden ser actualizados cuando la alta dirección considere pertinente (UNE, 2020).

Figura 20. Representación de indicadores de eficiencia energética.



## 8) Planificación para recopilar datos de energía

Los datos tienen importancia para el seguimiento y mejoramiento continuo del desempeño energético. La planificación de qué datos recopilar, cómo hacerlo y la frecuencia en la que se hace ayuda a asegurar la disponibilidad de los datos necesarios para mantener la revisión energética y los procesos de seguimiento, medición, análisis y evaluación (UNE, 2020).

## 9) Recursos

Los recursos incluyen recursos humanos, habilidades específicas, tecnología, infraestructura de recopilación de datos y recursos financieros (UNE, 2020).

## 10) Competencia

Los requisitos de competencia deben ser apropiados para la función, nivel y roles de las personas, incluyendo la alta dirección, personas que realizan trabajos y afectan, por ende, el desempeño energético y al sistema de gestión energética (SGEn).

Otra forma de alcanzar los requisitos de competencia es formando a los colaboradores. Los miembros del equipo del sistema de gestión energética (SGEn) se deben motivar a desarrollar, mantener y mejorar continuamente sus conocimientos, habilidades y experiencia (UNE, 2020).

### b. Hacer

En esta etapa se implementan todas las acciones planificadas en la etapa anterior operación (ISO-ORG, 2020). Y los requisitos que demanda la norma son los siguientes:

- Diseño

La consideración del desempeño energético durante el tiempo de vida operativo no requiere del análisis o gestión del ciclo de vida. Para las instalaciones nuevas se deben considerar las opciones de las técnicas y tecnologías mejoradas; energías alternas o tipos de energías menos contaminantes (ISO-ORG, 2020).

- Adquisición

La adquisición es una oportunidad de mejorar el desempeño energético utilizando productos y servicios que hacen uso más eficiente de la energía y que, por lo tanto, proporciona la oportunidad de trabajar con la cadena de suministro e influenciar en el comportamiento energético (ISO-ORG, 2020).

El cambio o el aumento en la adquisición de energía por fuera del alcance del sistema de gestión energético (SGEn) no afectan el consumo de energía, ni mejora en desempeño, pero puede tener impactos ambientales, tales como la reducción de la huella de carbono. Las organizaciones pueden elegir incluir la adquisición de energía renovable como uno de sus criterios o especificación para la adquisición de energía (ISO-ORG, 2020).

### c. Revisar

En esta etapa se verifica el grado de cumplimiento. Los datos son recopilados y analizados, se cotejan con las metas y objetivos específicos inicialmente, para saber el grado de cumplimiento. El capítulo correspondiente de esta etapa es rendimiento y evaluación.

- Seguimiento, medición, análisis del desempeño energético y del sistema de gestión energética (SGEn)

Esta etapa se basa en la implementación del plan de recopilación de datos y la evaluación de la mejora del desempeño y la eficacia del sistema gestión energética (SGEn).

La eficacia de este se demuestra mediante la mejora del desempeño energético y otros resultados esperados. La mejora del desempeño energético se demuestra a través de la mejora de los valores de los indicadores de desempeño energético (IDEn) a lo largo del tiempo. En el análisis del desempeño energético se debe tomar en cuenta las limitaciones de los datos, como la exactitud, precisión, duda en las mediciones y la consistencia de la cuantificación de la energía, antes de realizar conclusiones (UNE, 2020).

- Auditoría interna

Las auditorías internas del sistema de gestión energético (SGEn) se pueden llevar a cabo por empleados de la organización, o por personas ajenas a la organización, y que trabajen bajo la representación de esta. La independencia del auditor se puede demostrar si este no es responsable de la actividad que se está auditando (UNE, 2020).

- Revisión por la dirección

La revisión por la dirección cubre el alcance completo del sistema de gestión energético (SGEn), aunque no todos los elementos del sistema de gestión de energía (SGEn) se necesitan revisar a la vez. El proceso de revisión se puede llevar a cabo a lo largo de un periodo de tiempo (UNE, 2020).

- Actuar

Se revisan los resultados obtenidos en la parte de verificar y se toman acciones correctivas que permitan tener una mejora en las distintas deficiencias del sistema de gestión energético (SGEn). El capítulo correspondiente a esta etapa es el de mejora.

#### d. Mejora

Implica la ocurrencia de durante un periodo de tiempo, pero puede incluir intervalos de interrupción. En el contexto de la mejora continua, la que se espera que ocurra periódicamente en el tiempo. La frecuencia, el alcance y la escala de tiempo de las acciones que apoyan la mejora continuamente al sistema de gestión de energética (SGEn), vienen dados por la organización, acorde a su contexto, los factores económicos, entre otros (UNE, 2020).

La mejora del desempeño energético se demuestra mediante la reducción del consumo de energía normalizada para el alcance y los límites del sistema de gestión de energética (SGEn) y el progreso hacia las metas energéticas y la gestión de los usos significativos de energía (USE) (ISO-ORG, 2020).

Figura 21. Representación del ciclo de Deming en norma ISO 50001-2018.



## V. Metodología

### A. Análisis de brecha

1. Se accedió al sitio web de *International Organization for Standardization*, para descargar la guía de implementación del estándar internacional ISO 50001-2018.
2. Se redactó un análisis de brecha, el cual consistió en un cuadrado con cuatro columnas; en la primera columna se enlistó las cláusulas que demanda el estándar internacional ISO 50001-2018; en la segunda columna se colocó los requisitos evaluados; en la tercera columna la calificación de cada requisito; en caso de cumplir con el requisito se ponía "1" y en caso negativo "0".
3. Se realizaron dos entrevistas, la primera al Departamento de Administración de la Universidad del Valle de Guatemala y la segunda, al jefe del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, para evaluar el grado de cumplimiento de los requisitos.
4. Los datos obtenidos en el análisis de brecha fueron tabulados en el programa *Microsoft Excel 2016*. En la cuarta columna se ponderó la nota con proporción al número de requisitos, ulterior a ello estos fueron promediados según la sección correspondiente y estos promedios fueron promediados a su vez para obtener el grado de cumplimiento del estándar internacional ISO 50001-2018. Cabe resaltar que se realizó un gráfico de radar para ilustrar el grado de cumplimiento.
5. Con base en el análisis de brecha y al estándar internacional ISO 50001-2018 se redactó un Manual Energético, una Política Energética y un plan de implementación que permitirá al Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, cumplir con la mayoría de los requisitos que exige la normativa.

### B. Cuantificación de consumos

1. Se solicitó al Departamento de Administración de la Universidad del Valle de Guatemala recibos de consumo energético de enero 2018 hasta marzo 2020, con los cuales se obtuvieron el factor de potencia de la subestación "F", tarifas eléctricas y una referencia sobre el consumo energético del mismo.

2. Se realizó un inventario eléctrico, en el programa en el programa *Microsoft Excel 2016*, con base a las prácticas de laboratorio de los cursos “Laboratorio de Operaciones Unitarias I” y Laboratorio de Operaciones Unitarias II”, a la producción semanal de biodiésel, actividades administrativas y trabajos de graduación
3. Se corrigieron los datos de potencia para los motores de conexión trifásica, monofásica o con variadores de frecuencia, utilizando las ecuaciones de potencia de corriente alterna y Ley de Ventiladores. Los datos de consumo de energía eléctrica fueron agrupados por trimestres de enero 2019 hasta septiembre 2021, utilizando el *software Microsoft Excel 2016*.
4. Se solicitó al Departamento de Ingeniería Química los consumos de diésel y biodiésel, los cuales fueron agrupados

#### C. Beneficios económicos

1. Los ahorros teóricos de las recomendaciones técnicas realizadas fueron multiplicados por la tarifa eléctrica 2019 y por el precio de mercado de diésel del año 2019, según correspondiera el caso.
2. A través de un análisis costo-beneficio y de un análisis de retorno de inversión, utilizando el programa *Microsoft Excel 2016*, se determinó la viabilidad económica de los planes de acción.

#### D. Huella de carbono y su posible disminución

1. Para la huella de carbono por consumo de energía eléctrica, se accedió al sitio web del Ministerio de Energía y Minas-MEM- para obtener el factor de emisión de la energía eléctrica 2019, en kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalentes a kilovatio.
2. Para la huella de carbono por combustibles fósiles, se accedió al sitio web de la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales del gobierno mexicano-SEMARNAT- para obtener sus respectivos factores de emisión.
3. Se multiplicarán los consumos energéticos, obtenidos en el literal B, inciso 3, por los factores de emisión de los incisos 1 y 2, del presente literal, para obtener las emisiones totales por consumo de energía.
4. Con base en las recomendaciones redactadas en el manual energético, y repitiendo los procedimientos uno, dos y tres, del presente literal, se cuantificó la posible disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

## VI. Resultados

Cuadro 1. Resultados del análisis de brecha en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala

Número del capítulo	Nombre del capítulo	Puntaje obtenido sobre 10 puntos
4	Contexto de la organización	5
5	Liderazgo	1
6	Planificación	1
7	Soporte	4
8	Operación	7
9	Rendimiento y evaluación	0
10	Mejora	0
	Promedio	2

Figura 22. Diagrama radial del resultado del análisis de brecha en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala



Cuadro 2. Acciones por tomar para disminuir la brecha en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia
1	Instalar dos contadores eléctricos trifásicos	El laboratorio carece de contadores eléctricos para sus transformadores.	Alta dirección	Inmobiliario, financieros	Capítulo 6.3, página 91.
2	Realizar un estudio de calidad de energía	El laboratorio carece de un estudio de calidad de energía.  El Departamento de Ingeniería Química debe analizar el consumo de energía eléctrica presente.	<i>Id.</i>	Financieros	No aplica
3	Realizar un estudio de luminiscencia	El Departamento de Ingeniería Química debe garantizar que sus instalaciones eléctricas aprovechan correctamente el consumo de energía descartando la presencia de armónicos, ruidos, variaciones de carga eléctrica y sobre cargas a equipos eléctricos.  En el segundo ciclo del año 2021, el laboratorio realizó cambios a su inmobiliario, los cuales pudieron afectar la luminosidad de este. Por ende, el Departamento de Ingeniería	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia	
4	Realizar un estudio de calidad de aire en cuarto de compresores	Química debe asegurar el correcto dimensionamiento de sus luminarias. Los compresores utilizan filtros aspiración. Estos al estar obstruidos con material particulado aumentan el trabajo del compresor, por lo tanto, el consumo energético.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	
5	Realizar análisis PESTEL y actualizar FODA.	El Departamento de Ingeniería Química debe considerar factores micro y macrosociales que pueden afectar el desempeño de su Sistema de Gestión Energética (SGEn)	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	Humanos y mobiliario	Cláusula página 72.	4.1,
6	Realizar un mapa conceptual que determine partes interesadas, expectativas y necesidades	El estándar internacional demanda al Departamento de Ingeniería Química identificar a todos los actores que pueden su Sistema de Gestión Energética (SGEn), así como las expectativas y necesidades de estos.	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)  Encargado de la documentación	<i>Id.</i>	Cláusula página 78.	4.2,
7	Comunicar, motivar y empoderar a los integrantes del Sistema de Gestión Energética (SGEn) y usuarios del	La alta dirección debe garantizar el cumplimiento de todas las cláusulas que exige la norma ISO 50001-2018.	Alta dirección	<i>Id.</i>	Cláusula página 80.  Cláusula página 99.	5.1,  7.3,

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia
	laboratorio sobre la importancia de la gestión energética.				
8	Implementar Política Energética	La política energética es el fundamento para el desarrollo del Sistema de Gestión Energética (SGEn) del Departamento de Ingeniería Química.	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	Cláusula 5.2, página 81.
9	Definir roles y responsabilidades del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	La alta dirección debe delegar responsabilidades para el desarrollo de las actividades del Sistema de Gestión Energética (SGEn).	Alta dirección	<i>Id.</i>	Cláusula 5.3, página 82.
10	Evaluar la probabilidad e impacto de las amenazas y, oportunidades identificadas en el análisis FODA del año en curso	El Departamento de Ingeniería Química debe de mitigar las amenazas y aprovechar las oportunidades que pueden impactar el Sistema de Gestión Energética (SGEn)	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	Cláusula 6.1, página 84.
11	Planificar acciones para abordar las amenazas y oportunidades	<i>Id.</i>	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
12	Crear objetivos y metas energéticas que permitan al	El Departamento de Ingeniería Química debe planificar metas y objetivos que permitan mejoras	Alta dirección	<i>Id.</i>	Cláusula 6.2, página 90.

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia
	Laboratorio mejorar su rendimiento energético.	en el Sistema de Gestión Energética (SGEn).	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)		
			Encargado de la documentación		
13	Planificar acciones para lograr objetivos y metas energéticas	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>		<i>Id.</i>
14	Recopilar, mensualmente, consumo eléctrico	El Departamento de Ingeniería Química debe analizar el consumo energético del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.	Encargado de la documentación	<i>Id.</i>	Cláusula 6.6, página 96.
15	Recopilar, mensualmente, consumo de diésel y biodiésel	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
16	Identificar Usos Significativos de la Energía (USEn)	El Departamento de Ingeniería Química debe identificar cuáles son los procesos y equipos que más consumen energía eléctrica, y con base a eso priorizar metas y planes de acción.	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	Cláusula 6.3, página 91.
			Encargado de la documentación		
17	Evaluar el rendimiento energético del laboratorio usando	El Departamento de Ingeniería Química debe demostrar que la eficacia de su Sistema de Gestión Energética (SGEn),	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	Cláusula 6.4, página 94.

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia
18	Indicadores de Rendimiento Energético (IDEn) Realizar pronósticos de consumo energético utilizando método de <i>Holt-Winters</i>	utilizando Indicadores de Rendimiento Energético (IDEn) El Departamento de Ingeniería Química debe pronosticar consumos de energía eléctrica. El método de <i>Holt-Winters</i> se debe de emplear debido a que el consumo eléctrico presenta estacionalidades según el semestre.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	Cláusula 6.3, página 91.  Cláusula 6.5, página 95.
19	Crear una línea de comunicación interna y externa para tratar temas relacionados con el Sistema de Gestión Energética (SGEn)	El consumo pronosticado funge como Línea Base Energética (LBEEn) La norma ISO 50001-2018 exige una comunicación con los integrantes del Sistema de Gestión Energética (SGEn) en caso surjan cambios que puedan afectar el desempeño energético del laboratorio.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	Cláusula 7.4, página 100.
20	Crear una base de datos en <i>Access Point</i> para almacenar información relacionada con el	El Departamento de Ingeniería Química debe documentar toda la información relacionada con su Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	Cláusula 7.5, página 101.

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia
	Sistema de Gestión Energética (SGEn)	La información debe estar disponible para las partes interesadas.			
		El programa de <i>Access Point</i> viene en las licencias de Office de la Universidad del Valle de Guatemala.			
21	Cuando sea oportuno, considerar de oportunidades de mejora en el desempeño energético y control operacional de instalaciones y/o equipos, nuevos, modificados o renovados.	El Departamento de Ingeniería Química debe considerar que la adquisición, modificación o renovación tienen un impacto en el desempeño energético de su laboratorio.	Alta dirección Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn) Encargado de la documentación	<i>Id.</i>	Cláusula 8.2, página 104.
		Acciones de verificación del Sistema de Gestión Energética (SGEn)			
22	Evaluar el desempeño del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	El Departamento de Ingeniería Química debe garantizar el funcionamiento correcto de su Sistema de Gestión Energética (SGEn), para ello debe evaluar las variables relacionadas con su desempeño energético.	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn) Encargado de la documentación	<i>Id.</i>	Sección 9.1, página 106.

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia
23	Realizar auditorías internas, anualmente, del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	El Departamento de Ingeniería Química debe tener controles internos que evidencie un funcionamiento correcto de su Sistema de Gestión Energética (SGEn).	Auditor interno	<i>Id.</i>	Sección 9.2, página 108.
24	Por parte de la alta dirección, evaluar, anualmente, el Sistema de Gestión Energética (SGEn)	La alta dirección debe garantizar que su Sistema de Gestión Energética funciona correctamente.	Alta dirección	<i>Id.</i>	Sección 9.3, Página 112.
25	En caso de surgir una no conformidad, identificar causas y tomar acciones para mitigarlas	El Departamento de Ingeniería Química debe demostrar que su Sistema de Gestión Energética (SGEn) mejora continuamente.	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	Sección 10.1, página 115.
26	Demostrar la mejora continua del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	Encargado de la documentación Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	<i>Id.</i>	Sección 10.2, página 115.
27	Cambiar barras T12 fluorescente por barras LED	Las barras LED consumen la mitad de energía que una barra fluorescente; además de contar con una vida media de 50'000 horas.	Alta dirección	Financieros	No aplica
28	Instalar sensores de movimiento	Según estudios de <i>Energy Saving Trust</i> derrochan un 20%	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>

No.	Acción	Justificación	Encargado	Recursos que destinar	Referencia
29	Instalar un amortiguador de aire	de su consumo energético por luminarias que no utilizan. Una amortiguador de aire tiene la capacidad de ahorro de combustible de hasta un 12%.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>

Cuadro 3. Propuesta de planificación de actividades para implementación del Sistema de Gestión Energética (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

No	Acción	Año 1												Año 2					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
1	Instalar dos contadores eléctricos trifásicos	■																	
2	Realizar un estudio de calidad de energía		■																
3	Realizar un estudio de luminiscencia			■															
4	Realizar un estudio de calidad de aire en cuarto de compresores				■														
5	Realizar análisis PESTEL y actualizar análisis FODA					■													
6	Realizar un mapa conceptual que determine partes interesadas, expectativas y necesidades						■												
7	Comunicar, motivar y empoderar a los integrantes del Sistema de Gestión Energética (SGEn) y usuarios del laboratorio sobre la importancia de la gestión energética.							■											
8	Implementar Política Energética								■										
9	Definir roles y responsabilidades del Sistema de Gestión Energética (SGEn)									■									
10	Evaluar la probabilidad e impacto de las amenazas y, oportunidades identificadas en el análisis FODA del año en curso										■								
11	Planificar acciones para abordar las amenazas y oportunidades											■							
12	Crear objetivos y metas energéticas que permitan al Laboratorio mejorar su rendimiento energético.												■						
13	Planificar acciones para lograr objetivos y metas energéticas													■					



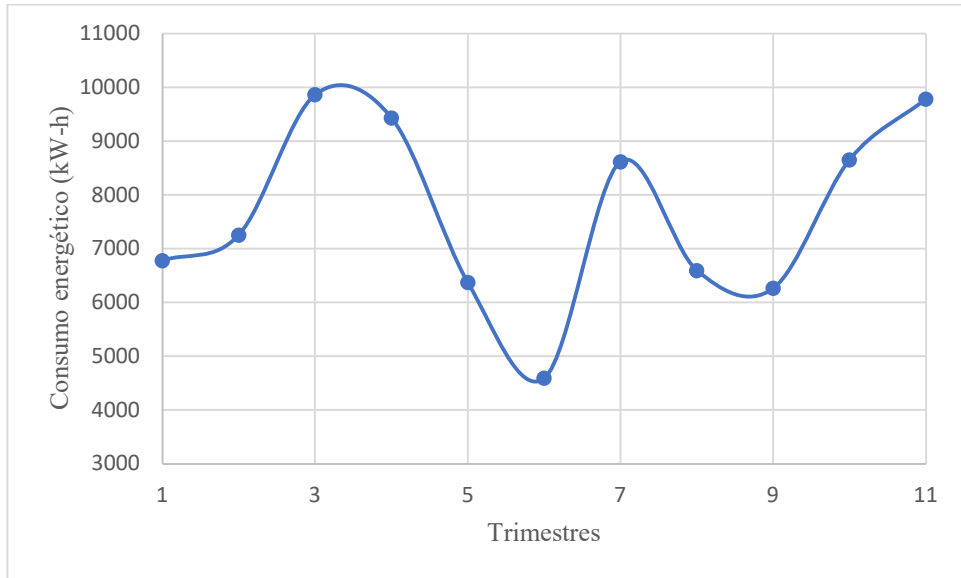
Cuadro 4. Política energética propuesta para el Sistema de Gestión de Energía (SGEn) del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala

*“El Departamento de Ingeniería Química, a través del Laboratorio de Operaciones Unitarias, se comprometa a orientar todas sus actividades hacia el cuidado del medio ambiente, mediante la planificación, implementación y mejora continua de su sistema de gestión de la energía basado en el estándar Internacional ISO 50001-2018, y de su desempeño energético. Asimismo, asegura la disponibilidad de recursos e información para alcanzar objetivos y metas energéticas, además de priorizar la compra de equipos y servicios, y actividades de diseño que impacten positivamente en su desempeño energético del Laboratorio de Operaciones Unitarias”.*

Cuadro 5. Consumo de energía eléctrica enero/2019 – septiembre/2021 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala

<b>Año</b>	<b>Trimestre</b>	<b>Consumo de energía estimado (kWh/trimestre)</b>	<b>Consumo de energía estimado (kWh/año)</b>
2019	1	6783	33'346
	2	7258	
	3	9868	
	4	9437	
	5	6375	
2020	6	4595	26'188
	7	8620	
	8	6598	
	9	6266	
2021	10	8656	24'709
	11	9787	

Figura 23. Consumo de energía eléctrica enero/2019 – septiembre/2021 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala

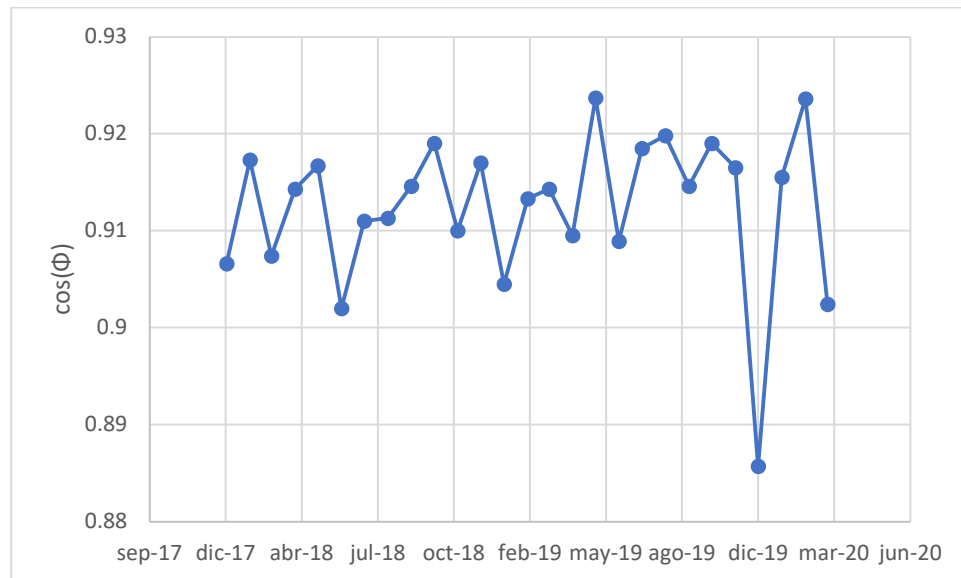


Cuadro 6. Factor de potencia de la Universidad del Valle de Guatemala enero/2018-marzo/2020.

Año	Mes	Cos( $\Phi$ )
2018	ene-18	0.9066
	feb-18	0.9173
	mar-18	0.9074
	abr-18	0.9143
	may-18	0.9167
	jun-18	0.9020
	jul-18	0.9110
	ago-18	0.9113
	sep-18	0.9146
	oct-18	0.9190
	nov-18	0.9100
	dic-18	0.9170
2019	ene-19	0.9045
	feb-19	0.9133
	mar-19	0.9143
	abr-19	0.9095
	may-19	0.9237
	jun-19	0.9089
2020	jul-19	0.9185
	ago-19	0.9198
	sep-19	0.9146
	oct-19	0.9190

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Cos(<math>\Phi</math>)</b>
	nov-19	0.9165
	dic-19	0.8857
	ene-20	0.9155
	feb-20	0.9236
	mar-20	0.9024

Figura 24. Factor de potencia de la Universidad del Valle de Guatemala enero/2018-marzo/2020.



Cuadro 7. Consumo de diésel y biodiésel 2019-2020 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala

<b>Combustible</b>	<b>2019 (gal)</b>	<b>2020 (gal)</b>
Diésel	800	800
Biodiésel	160	160

Cuadro 8. Estimación de huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, años 2019 y 2020.

<b>Fuente de energía</b>	<b>2019 (kg CO<sub>2</sub>)</b>	<b>2020 (kg CO<sub>2</sub>)</b>
Diésel	7'904	7'904
Biodiésel	1'581	1'581
Energía eléctrica	13'068	10'263
<b>Total</b>	<b>22'553</b>	<b>19'748</b>

Cuadro 9. Evaluación financiera a 10 años, con una TREMA del 9% y evaluación ambiental por planes de acción.

	<b>Cambios de barras fluorescentes a barras LED</b>	<b>Instalación de sensores de movimiento</b>	<b>Amortiguador de ventilación</b>
Unidades	76	11	1
Costo de inversión	Q2'051.24	Q913.00	Q9'500.00
Ahorro energético anual	642.05 kWh	1'072.51 kWh	115 gal
Beneficio económico anual	Q412.92	Q450.46	Q2'781.89
Periodo de retorno de inversión	4.96 años	2.03 años	3.42 años
Análisis costo beneficio	0.63	3.11	1.58
Reducción de emisiones anuales	385.29 kg de CO <sub>2</sub>	427.39 kg de CO <sub>2</sub>	1'138.16 kg de CO <sub>2</sub>

## VII. Análisis de resultados

El objetivo principal del trabajo de este trabajo de graduación se cumplió ya que se logró evaluar el cumplimiento del estándar internacional ISO 50001-2018 en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. Para lograr con ello se realizó un análisis de brecha.

El cumplimiento inicial de la norma se evaluó en dos puntos sobre 10 posibles, siendo el capítulo de “8. Operación” el más destacó con una calificación de siete puntos. Este capítulo está constituido por tres cláusulas, siendo la de cláusula “8.1 de Planificación y control operacional” donde el laboratorio calificó con 10 puntos, y es que semestralmente, el Departamento de Ingeniería Química, le proporcionó mantenimiento a los equipos en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle; asimismo, los equipos tuvieron control en sus operaciones, verbigracia los motores eléctricos de los equipos contaban con variadores de frecuencia lo cual impidió que estos sobrepasaran las revoluciones por minuto. En la cláusula “8.3. Adquisición” se evidenció que el Departamento de Ingeniería Química sí comunicó, estableció e implementó criterios de eficiencia energética para la adquisición de equipos, prueba de ello fue la adquisición de las luminarias industriales de ahorro energético. No obstante, en la cláusula “8.2 de Diseño” el Departamento de Ingeniería Química calificó con cero puntos, ya que no se evidenció que este tuviera criterios para la mejora del desempeño energético de espacios y/o equipos nuevos, renovados o modificados.

Seguido al capítulo de “8. Operación”, los capítulos “7. Soporte” y “4. Contexto de la Organización” obtuvieron calificaciones de 4, respectivamente. En el capítulo “7. Soporte” las cláusulas que más destacaron con puntajes de 10 fueron las de “7.1 Recursos” y “7.2 Competencia”; estas calificaciones se debieron a que el Departamento de Ingeniería Química contó con personal capacitado para el funcionamiento correcto de su Laboratorio de Operaciones Unitarias, además contó con un presupuesto anual dedicado a la manutención y buen desempeño de sus equipos. Sin embargo, en las cláusulas “7.3 Toma de conciencia” y “7.5 Documentación” se obtuvieron calificaciones de cero puntos, respectivamente, ya a que el Departamento de Ingeniería Química no evidenció que los usuarios del Laboratorio de Operaciones, de la Universidad del Valle de Guatemala, estuviesen comprometidos con el desempeño energético del laboratorio, así como tampoco se contó con información que demanda la norma para el funcionamiento correcto del Sistema de Gestión Energética (SGEn). Por otro lado, en la cláusula “7.4 Comunicación” fue calificada con siete puntos, y es que el Departamento de Ingeniería Química pese a haber contado con canales de comunicación interna y externa, correo electrónico, no comunicó temas relacionados con su Sistema de Gestión Energética (SGEn).

En el capítulo “4. Contexto de la Organización” obtuvo una calificación de cinco puntos. La cláusula “4.3 Determinación del Alcance del Sistema de Gestión Energética (SGEn)” fue la que más destacó obteniendo la nota máxima, ya que los límites del Sistema de Gestión Energética (SGEn) fue el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. En la cláusula “4.1 Contexto de la organización” fue calificada con cinco puntos, y es que, pese a que el Departamento de Ingeniería Química contó con un análisis FODA, sin embargo, este no estaba actualizado, así como tampoco contó con un análisis PESTEL que permitiese identificar factores macrosociales con potencial impacto sobre el Sistema de Gestión Energética (SGEn) del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. La cláusula “4.2 Comprensión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas” también calificó con cinco puntos, ya que el Departamento de Ingeniería Química no contó con un documento que evidenciase las necesidades y expectativas de las partes interesadas del Sistema de Gestión Energética (SGEn). La cláusula “4.4 Sistema de Gestión Energética (SGEn)” fue calificada con cero puntos, se justifica con que el laboratorio carece de un Sistema de Gestión Energética (SGEn) planificado, implementado, mantenido y mejorado continuamente.

Los capítulo “5. Liderazgo” y “6. Planificación” obtuvieron calificaciones de un punto, cada uno. En el capítulo de “5 Liderazgo”, la cláusula “5.2 Política energética” fue evaluada con cero puntos ya que el Departamento de Ingeniería Química carecía de una política energética, por lo que un objetivo de este trabajo fue redactar una, ver Cuadro 4, misma que es un enunciado que proporciona un marco de referencia para establecer metas y objetivos, el apoyo a la adquisición de equipos, servicios y nuevos espacios dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, que permitieran una mejora en el desempeño energético del mismo; cabe resaltar que esta debe ser implementada en el laboratorio. La cláusula “5.3 Roles, Responsabilidad y Autoridades en la Organización” obtuvo cero puntos, ya que la alta dirección no había delegado roles y responsabilidades para el Sistema de Gestión Energética (SGEn) de Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. La cláusula “5.1 Liderazgo y Compromiso” fue la que mayor puntaje obtuvo de este capítulo, tres puntos, ya que sí evidenció recursos para la implementación, verificación y mejora del Sistema de Gestión Energética (SGEn) mas esta no estaba implementada, por lo tanto la alta dirección no demostró una motivación y/o empoderamiento de los integrantes del Sistema de Gestión Energética (SGEn) para la implementación del mismo y por lo tanto, el cumplimiento de las cláusulas de la norma ISO 50001-2018.

El capítulo “6. Planificación” todas las cláusulas calificaron con cero puntos a excepción de la cláusula “6.3 Revisión energética” que puntuó con cinco puntos. En la cláusula “6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades”, el Departamento de Ingeniería Química no evidenció una matriz de riesgos y de oportunidades, consecuente de ello, tampoco existieron planes para el aprovechamiento de oportunidades y mitigación de riesgos. En la cláusula “6.2 Objetivos, Metas Energéticas y Planificación Para Lograrlos” la organización no contó con ningún objetivo, meta energética, como tampoco planificación alguna. La cláusula de “6.3 Revisión Energética” calificó con cinco puntos, ya que sí se tienen identificados las fuentes energéticas, eléctrica, diésel y biodiésel, así como el consumo anual de diésel y biodiesel es de conocimiento de la alta dirección, sin embargo,

el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, careció de un contador eléctrico trifásico imposibilitando la cuantificación de su consumo de energía eléctrica, cláusula “6.6 Planificación Para la Recopilación de Datos”, la identificación de Usos Significativos de la Energía (USEn). Al no contar con el contador trifásico la cuantificación de Indicadores Energéticos (IDEn), cláusula “6.4 y Líneas Base Energéticas (LBEEn), cláusula “6.5 Línea Base Energética”, fue imposible, así como también careció de un modelo que pudiera predecir su consumo energético.

Los capítulos “9 Evaluación del Desempeño” y “10 Mejora” fueron calificados con cero puntos. En el capítulo “9 Evaluación del Desempeño” se evaluaron tres cláusulas, la primera fue “9.1 Seguimiento, Medición, Análisis y Evaluación del Desempeño Energético del Sistema de Gestión Energética (SGEn)” en ella se constató que el Departamento de Ingeniería Química no contó con un programa para la evaluación de su Sistema de Gestión Energética (SGEn); la cláusula “9.2 Auditoría Interna” fue evaluada con cero puntos, ya que no se evidenció un programa de auditoría interna, así como tampoco se evidenció un programa de evaluación del Sistema de Gestión Energética (SGEn) por parte de la alta dirección. Finalmente, en el capítulo “10 Mejora” se evaluaron dos cláusulas “10.1 No conformidad” y “10.2 Mejora continua”, no se evidenció un protocolo para abordar no conformidades, cuando estas surgiese, así como tampoco se presenció una mejora continua del Sistema de Gestión Energética (SGEn).

Además de la instalación de un contador trifásico se hicieron recomendaciones para la mejora de la calidad de energía y de consumo energético. La segunda recomendación técnica fue realizar un estudio de calidad de energía utilizando un analizador de calidad de energía; el Laboratorio de Operaciones, de la Universidad del Valle de Guatemala, fue construido en la década de los años ochenta, por ende, es una instalación antigua con posibilidades de no cumplir con el estándar internacional de seguridad eléctrica IEC 61000-4-30. El primer beneficio de un estudio de calidad de energía es la prevención de incendios eléctricos que pongan en peligro la seguridad de estudiantes, catedráticos y colaboradores, a través que con este estudio se pueden analizar los diferentes niveles de carga eléctrica en el Laboratorio, de forma que se podrían evitar altibajos y/o distorsiones de cargas en tomacorrientes. La detección de armónicos es un segundo beneficio; se observó que, en el Laboratorio, ver Cuadro 52, se encontraban reactancias electrónicas de alumbrado, equipos de soldadura, equipos eléctricos conectados a corriente monofásica, motores eléctricos y variadores de frecuencia que podrían haber generado armónicos un aumento en la cargas y estos a su vez el factor de potencia, variaciones, sobrecargas de equipos y mal funcionamiento de relés de protección. Finalmente, detectar la presencia de ruido es otra cualidad de este estudio, los cuales pueden acortar la vida de equipos al causar un desgaste prematuro de componentes eléctricos.

Un tercer estudio recomendado fue el de luminosidad en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, y es que a través de este estudio se puede determinar si se está empleando una correcta iluminación en las instalaciones. Se observó que el pasado mes de septiembre el Departamento de Ingeniería Química habilitó un segundo nivel para experimentaciones, por lo que los lux necesarios pueden ser menores a los instalados actualmente; asimismo, se recomendó que este estudio

sea replicable para todas las áreas del Laboratorio, de forma que esta sea una fuente de ahorro energético.

Un estudio de calidad de aire en el cuarto de compresores fue una cuarta recomendación. Los compresores de aire utilizan filtros de entrada, al ser ubicados en lugares con presencia de material particulado provocaría un sobrecalentamiento de los compresores, aumentando así el consumo energético.

Otras recomendaciones realizadas fueron el cambio de barras fluorescentes por barras LED, instalación de sensores de movimiento e instalación de un amortiguador de ventilación; a estas recomendaciones se les realizó un análisis financiero y ahorro de huella de carbono; la tasa de descuento utilizada fue fijada en 9% como fruto de la adición de la tasa de inflación y el bajo riesgo de la inversión; mientras que el análisis costo-beneficio fue fijado a un periodo de 10 años, ya que es el tiempo de vida de los equipos. Para el cambio de barras fluorescentes por barras LED se obtuvo un ahorro económico anual de Q412.92; una disminución anual de 385.29 kg de CO<sub>2</sub>, un periodo de recuperación de la inversión de 4.97 años y un costo-beneficio de 0.63, lo cual hace inviable, financieramente, el cambio de luminarias. En cuanto a la instalación de sensores de movimiento se obtuvo un ahorro anual de Q913.00; una disminución anual de 420.32 kg de CO<sub>2</sub>; un periodo de recuperación de la inversión de 2.02 años y un costo-beneficio de 3.11, por lo que el proyecto es viable, financieramente. En cuanto al amortiguador de ventilación se obtuvo un ahorro anual de Q2'781.89; una disminución de 1'138.16 kg de CO<sub>2</sub>; un periodo de recuperación de la inversión de 3.41 años y un análisis costo-beneficio de 1.58, por lo que el proyecto es viable, financieramente. Con base en lo anterior se propusieron 35 acciones que permitirán al Departamento de Ingeniería Química poder implementar un Sistema de Gestión de la Energía basado en la norma ISO 50001-2018.

El tiempo de implementación del estándar internacional ISO 50001-2018 fue presupuestado en 18 meses o año y medio (ver Cuadro 2), esto se debió a que el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala carece un contador eléctrico trifásico, por lo tanto, es necesario tener una batería de datos sobre consumo energético para realizar el estudio de revisión energética. Asimismo, se resalta que no todas las acciones pudieron ser computadas, ya que las acciones para atender no conformidades (acciones 25 y 26, ver Cuadro 1) y acciones recomendadas para la disminución del consumo energético (acción 27, 28 y 29, ver Cuadro 1) dependerán del contexto en que estas se desarrollen.

En cuanto al consumo energético del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, ver Cuadro 5 y Figura 23, se estimó que para el año 2019 y 2020 fueron de 33'346, 26'188 kWh, respectivamente; esta disminución, considerable, de consumo eléctrico se debió a la pandemia COVID-19, la cual obligó a la Universidad del Valle de Guatemala a cancelar sus laboratorios, en el segundo trimestre, y a los personeros de la universidad a realizar sus funciones virtualmente. Por otro lado, se evidenció una estacionalidad en los trimestres 3 y 4 de cada año, esto se debió a que en el segundo semestre las prácticas de laboratorio requirieron de una mayor potencia energética; asimismo, estos meses coinciden con las experimentaciones de trabajos de graduación.

Por otro lado, se observó que el factor de potencia de la Universidad del Valle de Guatemala fue superior a 0.90, a excepción del mes de diciembre del 2019, el cual fue de 0.89 (ver Figura 24), lo cual pudo deberse a la conexión de equipos temporales que afectasen el factor de potencia. Este factor de potencia refleja que de cada 100 kWh de potencia activa consumidos, aproximadamente 48 kVar/h fueron de potencia reactiva; esta medida se reflejó una buena calidad de energía, sin embargo, no descarta la presencia de armónicos en el Laboratorio de Operaciones Unitaria. Cabe resaltar que este factor de potencia se debió a que dentro de la subestación “F” y “C” se contaron con bancos de condensadores, mismos que almacenan la potencia reactiva en forma de campo eléctrico y una vez haya completado su ciclo de carga este induce el amperaje a la red eléctrica.

Finalmente se estimó la huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, para los años 2019 y 2020 estos datos fueron 22'553 y 19'748 kg de CO<sub>2</sub>, respectivamente. Como anteriormente fue mencionado, la pandemia de COVID-19 obligó a la cancelación de experimentaciones y al cambio de modalidad de labores dentro de la Universidad Del Valle de Guatemala, esto ocasionó una disminución del consumo energético y, por lo tanto, una disminución de la huella de carbono.

Entre las fuentes de error se cita la estimación de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, ya que para su elaboración se basa en la estimación, subjetiva de estudiantes y colaboradores, de horas de uso de los equipos. Asimismo, al desconocer la realidad de Laboratorio, en términos de calidad de energía, no se pudo cuantificar con exactitud eléctrico del edificio.

## VIII. Conclusiones

- A. Se cumplió el objetivo principal del presente trabajo de graduación, ya que se logró determinar que el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, se encuentra a un 20% del cumplimiento de estándar internacional ISO 50001-2018.
- B. Se realizó un plan de implementación con 24 acciones que permitirían al Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, alcanzar la implementación del estándar internacional ISO 50001-2018 en un plazo, computado, de 18 meses.
- C. Se determinó que la sección “8. Operación” fue la que menor brecha obtuvo, por ende, menor número de planes acción necesitó, al ser calificada con siete puntos sobre 10; seguida de “4. Contexto de la Organización” y “7. Soporte” con cuatro puntos; ulterior a ellos “5. Liderazgo” y “1. Planificación” con un punto y finalmente “10. Mejora” y “9. Rendimiento y evaluación obtuvieron cero puntos.
- D. El consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, fue estimado para los años 2019 y 2020 en 33’346, 26’188 kWh, respectivamente, evidenciando una disminución del consumo eléctrico debido a la pandemia COVID-19.
- E. Se observó una estacionalidad de consumo eléctrico del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle, de Guatemala, siendo en el segundo semestre de cada año donde mayor consumo eléctrico presentó debido a que en este semestre los equipos empleados para estas prácticas de laboratorio requirieron de una mayor potencia.
- F. La huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala fue estimada en 22’553 kg de CO<sub>2</sub> y 19’748 kg de CO<sub>2</sub> para los años 2019 y 2020, respectivamente, lo evidenciando una disminución del consumo de la huella de carbono debido la pandemia COVID-19.
- G. No se recomendó el cambio de barras fluorescentes por barras LED en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, debido a que su análisis costo-beneficio fue de 0.63.
- H. Se recomendó la instalación sensores de movimiento en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, ya que su análisis costo-beneficio fue de 3.11.

- I. Se recomendó la instalación de un amortiguador de ventilación en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, debido a que su análisis costo-beneficio fue de 1.58.

## IX. Recomendaciones

- A. Instalar contadores eléctricos para cada transformador del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala y planificar la gestión energética teniendo como mínimo 4 trimestres de consumo energético.
- B. Realizar un estudio de calidad de energía basado en la norma internacional eléctrica IEC 61000-4-30, en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, que permita al consumidor conocer comportamiento de parámetros eléctricos de la red, tensión corriente, distorsión armónica, entre otros datos de interés.
- C. Planificar e implementar un plan mensual de control de los gases de combustión en la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, para analizar la eficiencia de combustión de este.
- D. Elaborar una ISO-TOOL en HTML, J-Script y SQL para que el Departamento de Ingeniería Química pueda tener acceso a gráficos inteligentes, pronósticos automáticos de consumo de energía y toda la documentación que la norma ISO 50001-2018 demande, en cualquier momento y desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

## X. Bibliografía

Aldabe, Sara, *et al.* 2004. «Capítulo 9: Espectroscopía» *Química 2*. 2ª ed. Buenos Aires: Colihue. págs. 312-350.

Amestoy, José. 2013. *El planeta tierra en peligro*. Alicante: Editorial Club Universitario. págs. 343.

Área y Tecnología. (2010). Recuperado el 24 de enero de 2020. *Energía Mareomotriz*: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/energia-mareomotriz.html>

Avelino, Pedro. «Capítulo 2: Fundamentos teóricos de un transformador». *Transformadores de distribución 2ª ed.* Barcelona: Reverté. págs 21-56.

Barrow, Gordon «Capítulo 5: Trabajo y energía» *Química general*. Barcelona: Reverté. págs. 449-463.

BBC News. (2011). Recuperado el 24 de enero de 2020. *Tyndall's climate message, 150 years on*: <https://www.bbc.com/news/science-environment-15093234>

Consejo de Seguridad Nuclear. (2015). Recuperado el 17 de enero de 2020. *La energía nuclear*: <https://www.csn.es/la-energia-nuclear>

Elías, Xavier y S. Bordas. 2011. *Energía, Agua, Medio Ambiente, Territorialidad Y Sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. págs 992.

Energy Saving Trust. (2019). Recuperado el 17 de septiembre de 2021. *Lighting*: <https://energysavingtrust.org.uk/advice/lighting/>

Enríquez, Gilberto. *El ABC del Alumbrado Y las Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión*. Ciudad de México: Noriega Editores. Págs 328.

González, Jaime. 2009. *Energías renovables*. Barcelona. Reverté. págs: 656.

Industrial Union. (2015). Recuperado el 30 de enero de 2020. La COP21 y el Acuerdo de París: Un punto de partida, no una línea de meta: <http://www.industriall-union.org/es/la-cop21-y-el-acuerdo-de-paris-un-punto-de-partida-no-una-linea-de-meta>

Instituto Nacional De Ecología Y Cambio Climático. (2014). Recuperado el 17 de septiembre de 2021. *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*:

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC\\_2014\\_FE\\_tipos\\_combustibles\\_fosiles.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf)

ISO-ORG. (2011). Recuperado el 24 de enero de 2020. *ISO 50001*: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>

ISO-Tools (2018). Recuperado el 19 de agosto de 2010. *ISO 50001*: <https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-50001>

Lampadia. (2016). Recuperado el viernes 24 de enero de 2020. *La energía geotérmica: un potencial para desarrollar*: <https://www.lampadia.com/analisis/recursos-naturales/la-energia-geotermica-un-potencial-por-desarrollar/>

MEM. (2018). Recuperado el 19 de agosto de 2020. *Balances energéticos*: <http://www.mem.gob.gt/energia/estadisticas-energia/balances-energeticos/>

MEM. (2018). Recuperado el 24 de enero de 2020. *Energía geotermia*: <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/09/Energía-Geotérmica.pdf>

NQAS. (2018). Recuperado el 24 de enero de 2020. *ISO 50001-2018*. <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20PDFs/NQA-ISO-50001-Guia-de-implantacion.pdf>

NOAA Climate Gov. (2019). Recuperado el 24 de enero de 2020. *If carbon dioxide hits new high every year why isn't every year hotter last*: <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/if-carbon-dioxide-hits-new-high-every-year-why-isn't-every-year-hotter-last>

Pontificia Universidad Católica. (2009). Recuperado el 24 de enero de 2020. *Tendencias actuales de precios y tecnologías en plantas de generación fotovoltaica*: <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno13/fotovolt/Informe%20Final.htm>

Recursos Tic. (2012). Recuperado el 24 de enero de 2020. *Combustibles fósiles como fuentes de energía*: [http://recursostic.educacion.es/eda/web/eda2010/newton/materiales/ruiz\\_perales\\_francisco\\_p3/fuentes\\_fosiles.html](http://recursostic.educacion.es/eda/web/eda2010/newton/materiales/ruiz_perales_francisco_p3/fuentes_fosiles.html)

Sanz, José. «Capítulo 2: Definición y clasificación de centrales de hidroeléctricas» *Energías renovables*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Págs 29-41.

Serway, Raymond y J. Faughn «Capítulo 12: Leyes de la Termodinámica» *Física*. 5ª ed. Ciudad de México: Pearson Prentice Hall. págs: 372-401.

Smith, Otto; H. Van Ness y M. Abbott. 1997. *Introducción a la termodinámica en ingeniería química*. 4ª ed. Ciudad de México: McGRAW-HILL. págs. 857.

Tecnológico de Monterrey (2018). Recuperado el 20 de enero de 2020. *¿Cómo se genera la energía eléctrica que consumes?:* [https://www.youtube.com/watch?v=\\_x4-10QsJC0](https://www.youtube.com/watch?v=_x4-10QsJC0)

Twenergy. (2019). Recuperado el 17 de enero de 2020. *¿Qué es la energía eléctrica?* <https://twenergy.com/energia/energia-electrica/que-es-la-energia-electrica-381/>

Villarubia, Miguel. 2012. *Ingeniería de la Energía Eólica*. Barcelona: Marcombo. págs: 286.

UNFCCC. (2015). Recuperado el 24 de enero de 2020. *Convenio marco sobre el cambio climático:* <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>

UNE. (2018). Recuperado el 01 de febrero de 2020. *ISO 50001-2018:* <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060594>

Wilson, Jerry; A. Buffa y B. Lou. «Capítulo 5: Trabajo y energía» *Física*. 5ª ed. Ciudad de México. Pearson Prentice Hall. págs: 141-177.

## XI. Anexos

### A. Análisis de brecha

Cuadro 10. Análisis de brecha del capítulo “4. Contexto de la organización” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Requisito	Aspectos evaluados	Nota	Calificación
4.1 Comprensión de la organización y contexto	Identifican factores externos de la organización	1	5
	Identifican factores internos de la organización	1	
	Identifican factores que puedan afectar al SGEN	0	
	Identifican factores que puedan afectar el desempeño energético	0	
4.2 Comprensión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas	Identifica las partes interesadas	1	5
	Identifica las necesidades de las partes interesadas	0	
	Identifica las expectativas de las partes interesadas	0	
	Identifican los requisitos legales de las partes interesadas	1	
4.3 Determinación del alcance del SGEN	Determina los límites físicos del SGEN	1	10
	Determina los límites organizacionales del SGEN	1	
	Incluye en sus alcances las cuestiones internas y externas	1	
4.4 Sistema de gestión de la energía	Establece un SGEN	0	0
	Implementa el SGEN	0	
	Mantiene el SGEN	0	
	Mejora continuamente el SGEN	0	

Cuadro 11. Análisis de brecha del capítulo “5. Liderazgo” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
5.1 Liderazgo y compromiso	Existen roles definidos para una estructura del SGEN	0	3
	Es funcional la estructura actual del SGEN	0	
	La Política Energética está definida y es compatible con la dirección estratégica de la organización	0	
	Hay asignación de recursos para la implementación del SGEN	1	
	La alta dirección ha verificado regularmente que se han cumplido los resultados previstos del SGEN	0	
	La alta dirección apoya a las personas para lograr la eficacia del sistema	1	
	5.2 Política energética	Es apropiada al propósito y contexto de la organización	
Proporciona un marco de referencia para establecer objetivos y metas energéticas	0		
La política apoya la adquisición de productos y servicios que mejoren la eficiencia energética	0		
La política apoya a las actividades de diseño, mismas que mejoran la eficiencia energética	0		
Incluye compromiso de cumplir con otros requisitos	0		
Incluye un compromiso de mejora continua	0		
La política es información documentada	0		
La política se ha comunicado dentro de la organización	0		
La política está disponible para las partes interesadas	0		
5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	La alta dirección ha asegurado responsabilidades dentro del SGEN	0	0
	La alta dirección ha asegurado autoridades dentro del SGEN	0	
	Existen responsables internos que garantizan el cumplimiento de los requisitos del SGEN	0	
	Se informa a la alta dirección sobre el desempeño del SGEN	0	

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
	Se informa a la alta dirección sobre el desempeño energético de la organización	0	

Cuadro 12. Análisis de brecha del capítulo “6. Planificación” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades	Existen procesos y procedimientos definidos para planificación del SGEN	0	0
	Para la planificación del SGEN, se considera el contexto de la organización	0	
	Para la planificación del SGEN, se consideran las necesidades y expectativas de las partes interesadas	0	
	Para la planificación del SGEN, se considera el alcance definido	0	
	Han identificado riesgos relacionados a sus aspectos energéticos	0	
	Han identificado riesgos relacionados a otros requisitos	0	
	Han identificado oportunidades relacionadas a sus aspectos energéticos	0	
	Han identificado oportunidades relacionadas a otros requisitos	0	
	Han determinado situaciones de emergencia potenciales	0	
	Existe información documentadas sobre los riesgos y oportunidades que hay que abordar	0	
6.2 Objetivos, metas energéticas y planificación para lograrlos	La organización establece objetivos en las funciones y niveles pertinentes	0	0
	Las metas energéticas son consistentes con la política energética	0	
	Las metas energéticas son medibles	0	
	Las metas energéticas consideran los USE	0	
	Las metas energéticas toman en cuenta las oportunidades para mejorar el desempeño energético	0	
	Las metas energéticas son objeto de seguimiento	0	
	Las metas energéticas son comunicadas	0	
	Las metas energéticas son actualizadas	0	

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
	Las acciones para alcanzar metas y objetivos toman en cuenta: ¿qué se hará?	0	
	Las acciones para alcanzar metas y objetivos toman en cuenta: ¿qué recursos son necesarios?	0	
	Las acciones para alcanzar metas y objetivos toman en cuenta: ¿quién será responsable?	0	
	Las acciones para alcanzar metas y objetivos toman en cuenta: ¿cuándo se completará?	0	
	Las acciones para alcanzar metas y objetivos toman en cuenta la forma de evaluar resultados	0	
	Se documentan los objetivos y las metas energéticas	0	
6.3 Revisión energética	Identifica los tipos de energías actuales	0	0
	Evalúa el uso y el consumo de energía del pasado y en la actualidad	0	
	Identifica los USEn y analiza variables relevantes	0	
	Determina y prioriza las oportunidades para mejorar el desempeño energético	0	
	Estima los usos y consumos de energía en el futuro	0	
	Se documentan los USEn	0	
6.4 Indicadores de desempeño energético	Los IDEn son apropiados para la medición y seguimiento del desempeño energético	0	0
	Le permite a la organización demostrar la mejora del desempeño energético	0	
	Se documentan los IDEn	0	
6.5 Línea de base energética	La organización establece LBEn tomando en cuenta un periodo adecuado de tiempo	0	0
	Se documentan los LBEn	0	
6.6 Planificación para la recopilación de datos	Se recuperan los datos periódicamente	0	0
	Se toman en cuenta las variables relevantes para el USE	0	
	Consumos relacionados con los USEn y con la organización	0	
	Criterios operacionales relacionados con los USEn	0	
	Se documentan los datos recopilados	0	

Cuadro 13. Análisis de brecha del capítulo “7. Soporte” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
7.1 Recursos	La organización ha determinado qué recursos son necesarios para el establecimiento del SGEN	1	10
	La organización ha determinado qué recursos son necesarios para la implementación del SGEN	1	
	La organización ha determinado qué recursos son necesarios para el mantenimiento del SGEN	1	
	La organización ha determinado qué recursos son necesarios para la mejora continua del SGEN	1	
7.2 Competencia	La organización ha determinado la competencia necesaria de los colaboradores para el SGEN	1	10
	La organización asegura los colaboradores son competentes para el SGEN	1	
	La organización, cuando es oportuno, toma acción para adquirir competencia Se conserva la información documentada	1	
7.3 Toma de conciencia	Los colaboradores toman conciencia de la política energética	0	0
	Los colaboradores son conscientes de que su labor puede afectar la eficacia del SGEN	0	
7.4 Comunicación	La organización determina las comunicaciones internas y externas que son pertinentes	1	7
	La organización sabe qué, cuando, a quién, cómo comunicar y quién comunica	0	
	Las comunicaciones son documentadas	1	
7.5.1 Información documentada	La información requerida por la Norma está debidamente documentada	0	0
	El SGEN incluye información documentada que la organización ha determinado como necesaria para la eficacia del sistema	0	
	La organización ha decidido generar información adicional a la requerida por la Norma ISO	0	

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
7.5.2 Creación y actualización de información	Los documentos del SGEN poseen identificación y descripción	0	0
	La información documentada está en un formato específico y se incluyen los medios de soporte	0	
	La organización tiene definido un proceso y un espacio para realizar la revisión y aprobación de la documentación generada por SGEN	0	
7.5.3 Control de la información documentada	La información documentada está disponible de manera eficiente	0	0
	La información documentada está protegida adecuadamente	0	
	Existe controles de la información que determinan aspectos de distribución, acceso, recuperación y uso	0	
	Existen controles de la información para almacenar y preservar la misma	0	
	La organización ha definido una política de control de cambios para su información	0	
	Existen controles internos definidos para la conservación y disposición de información	0	
	La organización ha determinado la información documentada de origen externo que es necesaria para la planificación y operación del SGEN	0	

Cuadro 14. Análisis de brecha del capítulo “8. Operación” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
8.1 Planificación y control operacional	La organización planifica, implementa y controla procesos relacionados con los USEn	1	10
	La organización establece criterios para los procesos, incluyendo mantenimiento y operación de equipos e instalaciones	1	
	La organización comunica los criterios a las personas que trabajan bajo el control de la organización	1	
	La implementación de control de los procesos de acuerdo con los criterios, incluyendo operación y mantenimiento	1	

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
8.2 Diseño	La organización mantiene una información documentada	1	5
	La organización considera oportunidades de mejora en el desempeño energético y el control operacional en el diseño de instalaciones, equipo, sistemas y procesos que utilizan energía, que sean nuevos, modificados y renovados	1	
8.3 Adquisición	La organización conserva información documentada de las actividades de diseño	0	10
	La organización establece e implementa criterios de evaluación del desempeño energético al adquirir productos y servicios	1	
	La organización informa a los proveedores que la eficiencia energética es un criterio para la adquisición de productos y servicios	1	

Cuadro 15. Análisis de brecha del capítulo “9. Rendimiento y evaluación” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético del SGEEn	La organización da seguimiento y mide la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y las metas energéticas	0	0
	La organización da seguimiento y mide los IDEn	0	
	La organización da seguimiento y mide la operación de los USE	0	
	La organización da seguimiento y mide el consumo de energía real versus el consumo esperado	0	
	La organización determina los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según corresponda para asegurar los resultados válidos	0	
	La organización determina cuándo se debe realizar el seguimiento y la medición	0	
	La organización determina cuándo se debe analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición	0	

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
	La organización evalúa el desempeño energético y la eficacia del SGEN	0	
	La organización conserva la información documentada del seguimiento y las mediciones	0	
9.2 Auditoría interna	La organización realiza auditorías internas del SGEN a intervalos planificados	0	0
	El SGEN proporciona información sobre el desempeño energético	0	
	El SGEN cumple con los requisitos de la organización	0	
	El SGEN cumple con la política energética	0	
	El SGEN cumple con los requisitos de la ISO 50001-2018	0	
	El SGEN está implementado y recibe mantenimiento	0	
	La organización planifica, establece, implementa y mantiene un programa de auditorías que incluyan los métodos, responsabilidades, requisitos de planificación e información.	0	
9.3 Revisión por la dirección	La alta dirección revisa el SGEN de la organización a intervalos planificados	0	0
	La alta dirección debe considerar las revisiones previas por la dirección	0	
	La alta dirección debe considerar cambios en cuestiones externas e internas, riesgos asociados y oportunidades pertinentes para el SGEN	0	
	La alta dirección considera la información sobre el SGEN	0	
	La alta dirección considera información de no conformidades y acciones correctivas	0	
	La alta dirección considera información de resultados del seguimiento y las mediciones	0	
	La alta dirección considera información de resultados de las auditorías	0	
	La alta dirección considera oportunidad para la mejora continua	0	
	La alta dirección considera la política energética	0	

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
	La revisión incluye el grado de cumplimiento de los objetivos y las metas energéticas	0	
	La revisión incluye el desempeño energético y las mejoras al desempeño energético	0	
	La revisión incluye el estado de los planes de acción	0	
	La auditoría considera cambios en el SGen	0	

Cuadro 16. Análisis de brecha del capítulo “10. Mejora” del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
10.1 No conformidad y acción correctiva	Cuando ocurre una no conformidad la organización ha reaccionado a la misma tomando acciones para controlarla y corregirla	0	0
	Cuando ocurre una no conformidad la organización ha hecho frente a las consecuencias	0	
	La organización evalúa la necesidad de acciones para eliminar las causas de no conformidades del SGen	0	
	La organización ha realizado revisiones de no conformidades	0	
	La organización ha determinado las causas de no conformidades	0	
	La organización ha determinado si existen no conformidades relacionadas o con potencial de ocurrencia	0	
	La organización implementa acciones necesarias para revertir una no conformidad	0	
	La organización revisa la eficacia de las acciones correctivas tomadas	0	
	La organización ha realizado cambios al SGen a partir de no conformidades	0	
	La organización debe conservar información documentada como evidencia de la naturaleza de las no conformidades, acciones correctivas	0	

<b>Requisito</b>	<b>Aspectos evaluados</b>	<b>Nota</b>	<b>Calificación</b>
10.2 Mejora continua	La organización ha mejorado continuamente la eficacia del SGEN para mejorar el desempeño energético	0	0
	La organización ha generado un indicador que evidencia las mejoras de su desempeño energético	0	
	La organización ha comunicado periódicamente su mejora continua	0	

## B. Manual energético

### 1. 3. Términos y definiciones

- 3.1 Términos relacionados con la organización
  - 3.1.1 Organización: Persona o grupo de personas que tienen sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos.
  - 3.1.2 Alta dirección: Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización (3.1.1) al más alto nivel.
  - 3.1.3 Límite: Límites físicos u organizacionales.
  - 3.1.4 Alcance del SGEn: Grupo de actividades que una organización (3.1.1) aborda a través de un sistema de gestión de la energía (3.2.2).
  - 3.1.5 Parte interesada: Persona u organización (3.1.1) que puede afectar, ser afectado o percibirse como afectado por una decisión o actividad.
  - 3.2 Términos relacionados con el sistema de gestión
    - 3.2.1 Sistema de gestión: Conjunto de elementos de una organización (3.1.1) interrelacionados o que interactúan para establecer políticas (3.2.3), objetivos (3.4.13) y procesos (3.3.6) para lograr estos objetivos.
    - 3.2.2 Sistema de gestión de la energía, SGEn: Sistema de gestión (3.2.1) para establecer una política energética (3.2.4), objetivos (3.4.13), metas energéticas (3.4.15), planes de acción y procesos (3.3.6) para alcanzar los objetivos y las metas energéticas.
    - 3.2.3 Política: Intenciones y dirección de una organización (3.1.1), como las expresa formalmente su alta dirección (3.1.2).
    - 3.2.4 Política energética: Declaración de la organización (3.1.1) de su intención o intenciones, dirección o direcciones y compromiso o compromisos globales relacionados con su desempeño energético (3.4.3), según lo expresado formalmente por la alta dirección (3.1.2). Equipo de gestión de la energía: Personas con responsabilidades y autoridad para la implementación eficaz de un sistema de gestión de la energía (3.2.2) y para la realización de las mejoras del desempeño energético (3.4.6).
- 3.3 Términos relacionados los requisitos:
  - 3.3.1 Requisito: Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.
  - 3.3.2 Conformidad: Cumplimiento de un requisito.
  - 3.3.3 Inconformidad: Incumplimiento de un requisito.
  - 3.3.4 Acción correctiva: Acción para eliminar la causa de una no conformidad (3.3.3) y evitar que vuelva a ocurrir.
  - 3.3.5 Información documentada: Información que una organización (3.1.1) tiene que controlar y mantener, y el medio que la contiene.
  - 3.3.6 Proceso: Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, que transforma las entradas en salidas.

- 3.3.7 Seguimiento: Determinación del estado de un sistema, un proceso (3.3.6) o una actividad.
  - 3.3.8 Auditoría: Proceso (3.3.6) sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia de auditoría y evaluarla de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría.
  - 3.3.9 Contratar externamente: Establecer un acuerdo mediante el cual una organización (3.1.1) externa realiza parte de una función o proceso (3.3.6) de una organización.
- 3.4 Términos relacionados con el desempeño
    - 3.4.1 Medición: Proceso (3.3.6) para determinar un valor.
    - 3.4.2 Desempeño: Resultado medible.
    - 3.4.3 Desempeño energético: Resultados medibles relacionados con la eficiencia energética (3.5.3), el uso de la energía (3.5.4) y el consumo de energía (3.5.2).
    - 3.4.4 Indicador de desempeño energético, IDEn: Medida o unidad de desempeño energético (3.4.3), según lo define la organización (3.1.1).
    - 3.4.5 Valor del indicador de desempeño energético, valor IDEn: Cuantificación del IDEn (3.4.4) en un momento dado o durante un período de tiempo especificado.
    - 3.4.6 Mejora de desempeño energético: Cuantificación del IDEn (3.4.4) en un momento dado o durante un período de tiempo especificado.
    - 3.4.7 Línea de base energética, LBEn: Referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético (3.4.3).
    - 3.4.8 Factor estático: Factor identificado que impacta en forma significativa en el desempeño energético (3.4.3) y que no cambia en forma rutinaria.
    - 3.4.9 Variable relevante: Factor cuantificable que impacta en forma significativa en el desempeño energético (3.4.3) y cambia de forma rutinaria.
    - 3.4.10 Normalización: Modificación de los datos para tomar en cuenta los cambios del desempeño energético (3.4.3) en condiciones equivalentes.
    - 3.4.11 Riesgo: Efecto de la incertidumbre.
    - 3.4.12 Competencia: Capacidad para aplicar el conocimiento y las habilidades con el fin de alcanzar los resultados previstos.
    - 3.4.13 Objetivo: Resultado a alcanzar.
    - 3.4.14 Eficacia: Grado en el que se realizan las actividades planificadas y se obtienen los resultados planificados.
    - 3.4.15 Meta energética: Objetivo (3.4.13) cuantificable de la mejora del desempeño energético (3.4.6).
    - 3.4.16: Mejora continua: Actividad recurrente para mejorar el desempeño (3.4.2).
  - 3.5 Términos relacionados con la energía
    - 3.5.1 Energía: Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros medios similares.
    - 3.5.2 Consumo de energía: Cantidad de energía (3.5.1) utilizada.
    - 3.5.3 Eficiencia energética: Proporción u otra relación cuantitativa entre un resultado de desempeño (3.4.2), servicio, productos, materias primas, o de energía (3.5.1) y una entrada de energía.

- 3.5.4 Uso de la energía: Aplicación de la energía (3.5.1).
- 3.5.5 Revisión energética: Análisis de la eficiencia energética (3.5.3), el uso de la energía (3.5.4) y el consumo de energía (3.5.2), con base en los datos y otra información, orientada a la identificación de los USE (3.5.6) y de las oportunidades de mejora del desempeño energético (3.4.6).
- 3.5.6 Uso significativo de la energía: Uso de la energía (3.5.4) que representa un consumo de energía (3.5.2) sustancial y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético (3.4.6).

## 2. 4.Contexto de la organización

### a. 4.1 Comprensión de la organización y su contexto

El Departamento de Ingeniería Química realiza un análisis PESTEL y FODA para determinar las cuestiones externas e internas que afectan la capacidad de lograr los resultados previstos en el sistema de gestión de la energía (SGEn). Para determinar cuestiones externas se utilizará el análisis PESTEL; mientras que para cuestiones internas se utilizará el análisis FODA.

#### 1) Análisis PESTEL

En el análisis PESTEL se analizarán cuestiones políticas, económicas, sociales, tecnológicos, ecológicas y legales. En todas las anteriores se analizarán las oportunidades y amenazas.

- Política:

- Oportunidad:

Cambios en acuerdos internacionales: Plan Nacional de Desarrollo: K'atun Nuestra Guatemala 2032. Plan nacional que contempla, para el año 2032: 36 prioridades, 80 metas, 123 resultados a obtener y 730 lineamientos a implementar en temas sociales, económicos, culturales y políticos con el afán de generar desarrollo sostenible a largo plazo.

- Amenaza:

Poca certeza jurídica: Según el Índice del Estado de Derecho (IED), Guatemala, con una puntuación de 40 puntos sobre 100, se ubica en el puesto 101 de 128 países en el tema de certeza jurídica. El puesto se justifica con el aumento en la precariedad institucional, estancamiento y bajo nivel de la justicia, además del escaso combate contra la corrupción.

- Económica:

- Oportunidades:

Política económica del gobierno: Crecimiento en el PIB del 3.6% en el año 2019. Sin embargo, debido a la pandemia del COVID-19, se estima una contracción aproximadamente del 3.2% para el 2020 y un crecimiento económico del 4.1% para el año 2021, siempre y cuando el Plan Nacional de Vacunación sea exitoso.

Baja inflación: El ritmo de inflación en la República de Guatemala es considerablemente bajo, 3.41% en el 2019. Se estima que para el 2021 este será del 4.5%, ajustándose a las metas por parte de la Junta Monetaria.

Moneda estable: El quetzal frente al dólar ha sido estable. En los últimos cinco años el quetzal se ha mantenido a una tasa de Q7.75 por \$1.00 americano.

- Amenazas:

Aumento de la pobreza: según CEPAL, para finales del 2020, el 29% de los guatemaltecos viven en pobreza extrema; mientras que el 60% vivirá en pobreza a causa de la pandemia del COVID-19.

Endeudamiento público: El 62%, Q61 mil 426 millones, del Presupuesto de la Nación 2021 se financiará a través de tributos, mientras que el 38%, Q37 mil 284 millones, a través de ventas del bono del tesoro y préstamos internacionales.

- Social:

- Oportunidades:

Población joven: Un 44% de la población guatemalteca cuenta con una edad de 0-20 años.

Crecimiento poblacional moderado: Para el año 2050, Guatemala contará con 22.7 millones guatemaltecos; es decir, un crecimiento del 0.87% por año.

- Amenaza:

Bajo nivel académico: El 40% de la población guatemalteca tiene como máximo grado académico, la primaria.

- Tecnológica:

- Oportunidad:

Constante innovación tecnológica: La velocidad de innovación tecnológica se representa por la ley de Moore; misma indica que cada año en un componente eléctrico se producen dos conductores, por lo que cada día será más fácil acceder a tecnologías amigables con el medio ambiente.

- Amenaza: Ninguna

- Ecológica:

- Oportunidades:

Variedad de microclimas: Guatemala cuenta con 330 microclimas, lo cual favorece a la generación de energía eléctrica mediante el uso de fuentes renovables.

Conciencia ambiental: La República de Guatemala, con el objetivo de cumplir el Acuerdo de París (COP21), tiene como meta limitar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en 2.5 T per cápita para el año 2030.

- Amenazas:

Cambio climático: Uno de los efectos del cambio climático es la disminución de lluvias se estima en un 13% para el año 2050, por lo que la generación de energía eléctrica por hidroeléctricas se vería afectada, aumentando así el consumo de combustibles fósiles.

Contaminación de ríos: En Guatemala el 90% de los ríos se encuentran contaminados, de forma tal que estos no son aptos para su consumo.

Contaminación del aire: Según la OMS, ocho de diez personas que habitan en área urbana respiran aire de baja calidad; esto equivale aproximadamente 6'419'606 de guatemaltecos.

- Legal:

- Oportunidad:

La República de Guatemala cuenta con el decreto 52-2003 el cual tiene como objetivo promover el desarrollo de proyectos de energía a partir de fuentes renovables.

- Amenaza: Ninguna

## 2) Análisis FODA

En cuanto al análisis FODA se analizarán las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene el Departamento de Ingeniería Química.

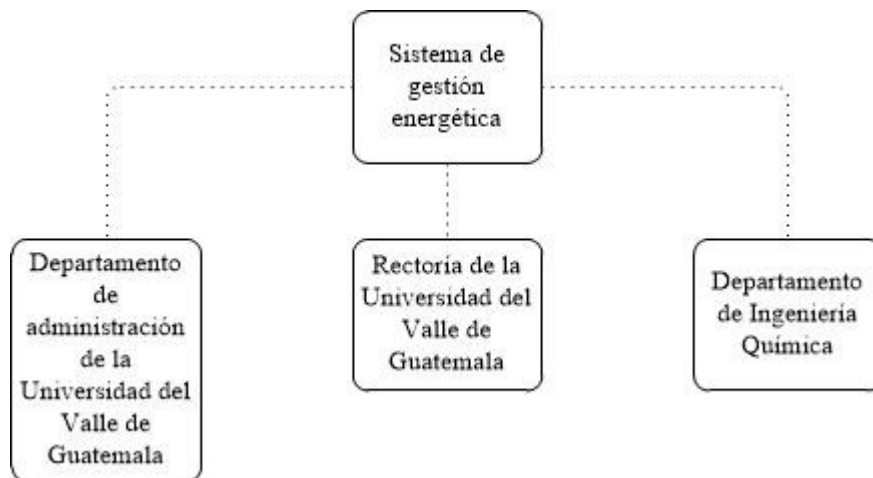
- Fortalezas:
  - El Laboratorio de Operaciones Unitarias lleva un registro anual del consumo de diésel, biodiésel.
  - Todas las actividades académicas se calendarizan y registran, con una semana de anticipación.
  - Los personeros del Departamento de Ingeniería Química tienen más de 10 años de experiencia en las operaciones unitarias que se llevan a cabo dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
  - Los catedráticos del Departamento de Ingeniería Química tienen 20 años de experiencia en la mejora continua.
  - Los equipos del Laboratorio de Operaciones Unitarias reciben limpieza semanal y mantenimiento, por parte del proveedor, semestralmente.
  - Los estudiantes del Departamento de Ingeniería Química tienen competencia para contribuir al sistema de gestión energética (SGEn), al recibir tres cursos relacionados con la eficiencia energética.
  - La Universidad del Valle de Guatemala cuenta con una planta de generación eléctrica a base de diésel.
  - El Laboratorio de Operaciones Unitarias cuenta con una producción de 70 L/semana de biodiésel.
  - El Laboratorio de Operaciones Unitarias tiene un factor de potencia cercano a 0.90.
- Oportunidades:
  - Guatemala cuenta con 330 microclimas, lo cual favorece a la generación de energía eléctrica mediante el uso de fuentes renovables.
  - La República de Guatemala cuenta con el decreto 52-2003 el cual tiene como objetivo promover el desarrollo de proyectos de energía a partir de fuentes renovables.
  - La República de Guatemala se encuentra suscrita a los objetivos de desarrollo sostenible, mediante el Plan Nacional de Desarrollo: K'atun Nuestra Guatemala 2032.
  - La Universidad del Valle de Guatemala cuenta con una política ambiental y se encuentra comprometida a apoyar proyectos con responsabilidad ambiental.
- Debilidades:
  - El Laboratorio de Operaciones Unitarias no cuenta con un contador de energía eléctrica.
  - Las instalaciones eléctricas del Laboratorio de Operaciones Unitarias corresponden a la década de los años 80, no se cuenta con un plano eléctrico y no se realiza mantenimiento a sus instalaciones eléctricas.

- Amenazas:
  - Guatemala se verá afectada por el cambio climático. La disminución de lluvias se estima en un 13% para el año 2050, disminuyendo así la oferta de energía por parte del sector hidroeléctrico; de tal forma que el precio por kWh ascenderá.
  - Falta de interés, por parte de estudiantes, catedráticos y colaboradores del Departamento de Ingeniería Química, hacia la gestión energética.
  - El 62%, Q61 mil 426 millones, del Presupuesto de la Nación 2021 se financia a través de tributos, mientras que el 38%, Q37 mil 284 millones, a través de ventas del bono del tesoro y préstamos internacionales.
  - Pandemia COVID-19 podría afectar la salud financiera de la Universidad del Valle de Guatemala, afectando así la implementación del Sistema de Gestión Energética (SGEn); asimismo, la salud de estudiantes y colaboradores del Departamento de Ingeniería Química, lo cual provocaría una suspensión de actividades, de forma tal que el consumo de energía y la implementación del Sistema se vean afectados.

Tanto el PESTEL y el FODA se analizarán, cuando menos, anualmente, se documentará en la base de datos y se comunicará a la alta dirección.

b. 4.2 Comprensión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas

Figura 25. Partes interesadas en el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), de la Universidad del Valle de Guatemala.



Como se puede observar en la Figura 21, las partes interesadas del sistema de gestión energética (SGEn) son:

- Departamento de Ingeniería Química: Está conformado por los estudiantes, catedráticos y colaboradores del departamento.
- Rectoría de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Departamento de administración de la Universidad del Valle de Guatemala.

- Las partes interesadas son de suma importancia para la gestión energética; la adición de partes interesadas a la gestión energética se hará si la alta dirección lo considere necesario.
- Las necesidades y expectativas de las partes interesadas se deberán revisar, cuando menos, anualmente; además se deberá de tomar a consideración si las expectativas y necesidades, de las partes interesadas, son requisitos legales.

Las necesidades y expectativas de las partes interesadas se ilustran en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Necesidades y expectativas de las partes interesadas del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Parte interesada</b>	<b>Necesidad</b>	<b>¿Es requisito legal?</b>	<b>Expectativa</b>	<b>¿Es requisito legal?</b>
Departamento de Ingeniería Química	Estimar huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias	No	Reducir la huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias	No
	Estimar el consumo de energía eléctrica del Laboratorio de Operaciones Unitarias	No	Obtener beneficios reputacionales al contar con un SGEn	No
Departamento de administración	Reducir el consumo energético en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala	No	Obtener una reducción de costos por consumo eléctrico	No
	No disminuir el factor de potencia	Sí		
Rectoría de la UVG	Formar estudiantes con conciencia ambiental	No	Obtener beneficios reputacionales al contar con un SGEn	No

#### c. 4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión energética

El Laboratorio de Operaciones Unitarias tiene un área de 720 m<sup>2</sup> y se encuentra ubicado en el edificio “E”, de las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala; cuya dirección es la 18 avenida 11-95 de la zona 15. Dentro de este edificio se encuentran 80 equipos; se realizan 23 operaciones unitarias; y se llevan a cabo 10 procesos industriales.

Las directrices de este manual aplican para todas las actividades que se lleven dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

#### d. 4.4 Sistema de gestión energética

El Departamento de Ingeniería Química se compromete a establecer, ejecutar, revisar y mejorar continuamente el sistema de gestión de la energía (SGEn) del Laboratorio de Operaciones Unitarias, bajo el estándar internacional ISO 50001-2018. En los siguientes capítulos, de este documento, se analizarán las acciones a ejecutar.

### 3. 5. Liderazgo

#### a. 5.1 Liderazgo y compromiso

La alta dirección demostrará su liderazgo y compromiso con respecto a la mejora continua de su desempeño energético y la eficacia del sistema de gestión de la energía (SGEn). Para ello, se deberá completar la totalidad de los siguientes requisitos:

- Asegurándose de que se ha establecido la política energética, los objetivos y las metas energéticas.
- Asegurándose de que se ha integrado los requisitos del sistema de gestión de la energía (SGEn) en los procesos educativos del Departamento de Ingeniería Química.
- Asegurándose de que los planes de acción están aprobados e implementados.
- Asegurándose de que están disponibles los recursos necesarios para el sistema de gestión de la energía (SGEn).
- Asegurándose de que se alcanzan los resultados previstos.
- Asegurándose de la formación de un equipo de gestión de la energía.
- Asegurándose de que los Indicadores de Energía (IDEn) representan adecuadamente el desempeño energético.
- Asegurándose de que se establecen e implementan procesos para identificar y tratar los cambios que afectan al sistema de gestión de la energía (SGEn) y al desempeño energético dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
- Asegurándose la conformación de un equipo de gestión de la energía (ver capítulo 5.3).
- Asegurándose que el sistema de gestión de la energía (SGEn) alcanza los resultados previstos.
- Apoyando a la comunidad de la Universidad del Valle de Guatemala a contribuir a la eficacia del sistema de gestión de la energía (SGEn).

- Comunicando a los estudiantes, catedráticos y colaboradores del Departamento de Ingeniería Química la importancia de la gestión de la energía eficaz y de la conformidad de los requisitos del sistema de gestión de la energía (SGEn).
- Fomentando la mejora continua del sistema de gestión de la energía (SGEn).

#### b. 5.2 Política energética

La alta dirección deberá revisar la política energética, anualmente, y realizar cambios según lo considere pertinente; esta debe ser apropiada al contexto de la organizacional, debe proporcionar un marco de referencia para establecer objetivos y metas energéticas, debe apoyar la adquisición de servicios, productos y actividades de diseño que mejoren la eficiencia energética del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.

La Política Energética debe ser documentada, comunicada y debe estar disponible a las partes interesadas.

*“El Departamento de Ingeniería Química, a través del Laboratorio de Operaciones Unitarias, se comprometa a orientar todas sus actividades hacia el cuidado del medio ambiente, mediante la planificación, implementación y mejora continua de su sistema de gestión de la energía, basado en el estándar internacional ISO 50001-2018 y de su desempeño energético. Asimismo, asegura la disponibilidad de recursos e información para alcanzar objetivos y metas energéticas, además de priorizar la compra de equipos y servicios, y actividades de diseño que impacten positivamente en el desempeño energético del Laboratorio de Operaciones Unitarias”.*

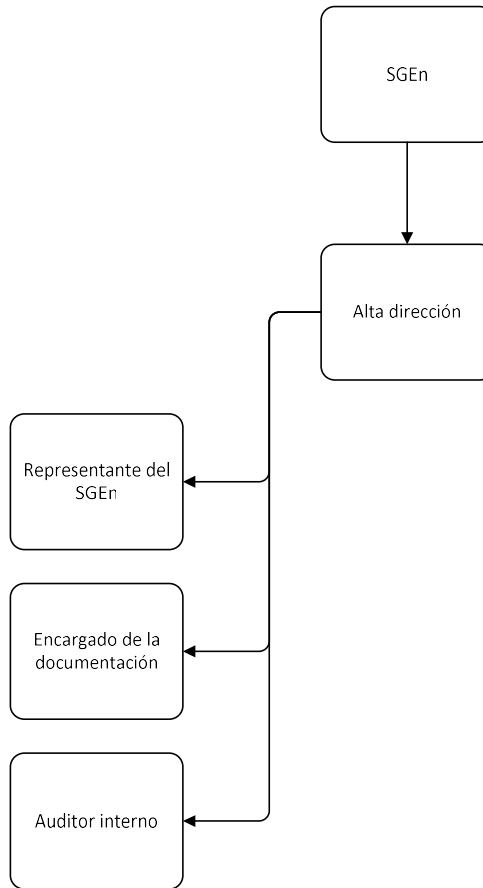
#### c. 5.3 Roles, responsabilidades y autoridades de la organización

Como se puede observar en la Figura 3, el personal que participa en el Sistema de Gestión Energética se divide en cuatro grupos:

- Alta dirección:
  - La Alta dirección del sistema de gestión de la energía (SGEn) es representada por el director del Departamento de Ingeniería Química.
  - Es el encargado de designar al representante del sistema de gestión de la energía (SGEn), al encargado de la documentación y al auditor interno.
  - Es el encargado de designar, mantener y revisar periódicamente la política energética, objetivos y metas energéticas.
  - Es el encargado de aprobar el Programa Anual de Auditorías Energéticas.
  - Es el encargado de representar el sistema de gestión de la energía (SGEn) ante la comunidad universitaria y sociedad guatemalteca.

- Encargado del sistema de gestión de la energía (SGEn):
  - En caso se ausente el director del Departamento de Ingeniería Química, este será su suplente.
  - Es el encargado de asegurar que el sistema de gestión de la energía (SGEn) se establezca, implemente, mantenga y mejore continuamente.
  - Es el encargado de asegurar que el sistema de gestión de la energía (SGEn) cumple con los requisitos.
  - Es el encargado de asegurar de implementar planes de acción para mejorar continuamente el desempeño energético.
  
- Encargado de la documentación:
  - Es el encargado de registrar: consumos de diésel, biodiésel y energía eléctrica; prácticas realizadas en el Laboratorio de Operaciones Unitarias; adquisición de nuevo equipo; mantenimiento de equipos y resultados de las auditorías internas.
  - Es el encargado de informar a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión de la energía (SGEn) y la mejora del desempeño energético mensual.
  
- Auditor interno:
  - Es el encargado de realizar y programar programas de auditorías internas.
  - Es el encargado de criterios y métodos necesarios para asegurar que la operación y el control del sistema de gestión de la energía (SGEn) sean eficaz.

Figura 26. Roles en el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), de la Universidad del Valle de Guatemala.



### 3. 6. Planificación

#### a. 6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades

El Departamento de Ingeniería Química debe planificar su sistema de gestión de la energía (SGEn), basándose en el análisis PESTEL y FODA del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Las fortalezas, debilidades, oportunidades y riesgos, identificados, sirven como insumo para determinar las consecuencias de estos. Posteriormente, las consecuencias son evaluadas en una matriz de riesgos y de oportunidades (ver Cuadros 2 y 3, respectivamente). En ambos casos, en la columna se evalúa la posibilidad de que ocurra la consecuencia y en la fila, el impacto que tendría; el vector resultante de ambos es el riesgo/beneficio que representa para el sistema de gestión de la energía (SGEn). Según aplique el caso, se establecerá un color de alerta.

Figura 27. Matriz de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Probabilidad de que ocurra	Impacto en el SGEn					
	1	2	3	4	5	
	Insignificante	Menor	Moderado	Peligroso	Catastrófico	
5	Casi seguro	5	10	15	20	25
4	Alta	4	8	12	16	20
3	Moderada	3	6	9	12	15
2	Baja	2	4	6	8	10
1	Nula	1	2	3	4	5

Figura 28. Matriz de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Probabilidad de que ocurra	Impacto en el SGEn					
	1	2	3	4	5	
	Insignificante	Menor	Moderado	Infalible	Beneficioso	
5	Casi seguro	5	10	15	20	25
4	Alta	4	8	12	16	20
3	Moderada	3	6	9	12	15
2	Baja	2	4	6	8	10

Probabilidad de que ocurra		Impacto en el SGEN				
		1 Insignificante	2 Menor	3 Moderado	4 Infalible	5 Beneficioso
1	Nula	1	2	3	4	5

Tanto en la Figura 18 y 19 se ilustran riesgos y oportunidades, respectivamente, que puedan afectar al Sistema de Gestión Energética (SGEn) en la actualidad. Asimismo, se enlistan acciones para mitigar o aprovechar los riesgos y oportunidades, respectivamente.

Cuadro 18. Análisis de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Riesgo	Escenario	Consecuencias	P	I	R	Acciones recomendadas
Ausencia de contadores de energía eléctrica	No se cuenta con un control exacto del consumo energético	No se pueda realizar con exactitud un historial y pronósticos de consumo energético	5	4	20	Instalar un contador de energía eléctrica para cada uno de los
		No se pueda determinar con exactitud la eficiencia energética	5	4	20	transformadores del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
		No se pueda plantear metas cuantitativas en el consumo energético	5	5	25	Llevar un registro del consumo, mensualmente, y a partir de este, realizar
		No se pueda certificar bajo norma en ISO 50001-2018	5	5	25	proyecciones a partir de este.
Instalaciones antiguas	Mala calidad de la energía	Caídas de corriente	2	1	1	Realizar mantenimientos preventivos al Laboratorio de Operaciones Unitarias
		Interrupciones cortas en la energía eléctrica	2	1	3	
		Interrupciones largas en la energía eléctrica	2	1	1	

Riesgo	Escenario	Consecuencias	P	I	R	Acciones recomendadas
		Picos de voltaje	1	1	1	Analizar la calidad de energía en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, mediante un osciloscopio
		Incremento en el amperaje	1	2	1	
		Distorsión armónica	2	5	10	
		Variación de amperaje	1	1	1	
		Ruido	1	1	2	
		Desequilibrio en el amperaje	1	5	5	
	Incendios por cortos circuitos	Daño permanente a las instalaciones y equipos	1	5	5	Revisar semestralmente la calidad del cableado
		Lesiones temporales y permanentes a colaboradores, catedráticos y estudiantes	1	5	5	
Cambio climático	Disminución de un 15%, aproximadamente, en el patrón de lluvias	Caída en la oferta de energía y aumento del precio kWh	5	5	25	Implementar el sistema de gestión energética.
		Uso de combustibles fósiles, por ende, aumento de la huella de carbono	5	1	5	Implementar el sistema de gestión energética.
		Apagones por falta de suministro en la red eléctrica	1	3	3	gestión energética
Indiferencia hacia el Sistema de gestión energética (SGEn)	Desinterés por parte de los catedráticos, estudiantes y demás colaboradores de la comunidad UVG	Dificultades para implementar el sistema de gestión energética	5	5	25	Comunicar y motivar a la comunidad UVG sobre la importancia y los beneficios de un sistema de

Riesgo	Escenario	Consecuencias	P	I	R	Acciones recomendadas
Pandemia COVID-19	Catedráticos y colaboradores de la comunidad UVG con COVID-19.	Dificultades para implementar el sistema de gestión energética	5	1	5	Implementar el Sistema de Gestión Energética hasta que la crisis sanitaria y económica hayan finalizado.
	Crisis económica de pronóstico reservado	<i>Id.</i>	3	1	3	Implementar el Sistema de Gestión Energética hasta que la crisis sanitaria y económica hayan finalizado.

Cuadro 19. Análisis de riesgos para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

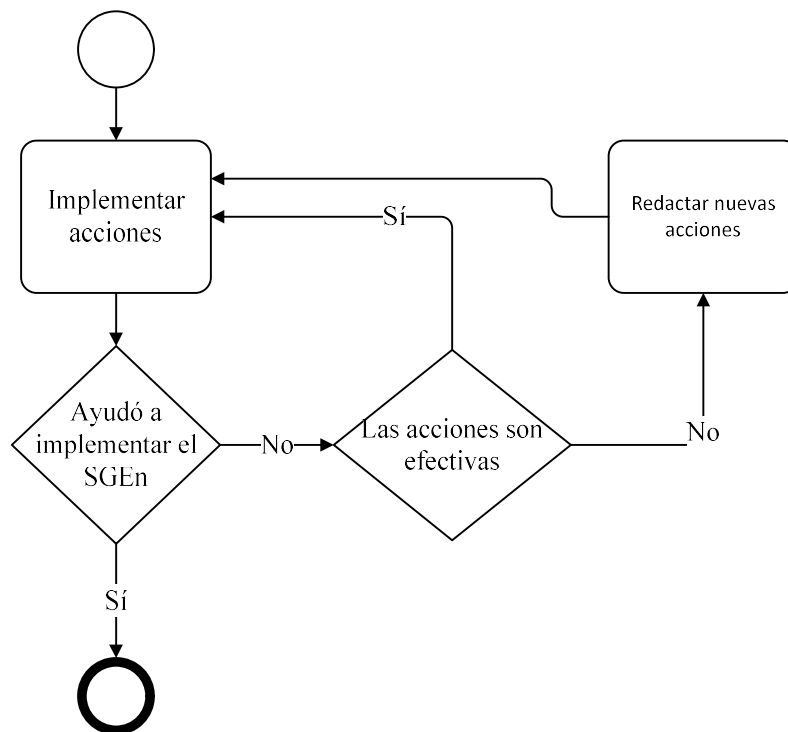
Oportunidad	Escenario	Beneficios	P	I	B	Acciones recomendadas
Control en el consumo de biodiésel y diésel	Registros de consumo	Facilidad de efectuar histogramas y pronósticos en el consumo de diésel y biodiésel.	5	5	2 5	Realizar un histograma y una proyección anual de los consumos de diésel y biodiésel.
		Simplicidad para determinar la eficiencia energética	5	5	2 5	
		Facilidad para establecer metas cuantitativas en el consumo de diésel y biodiésel.	5	5	2 5	
		Simplicidad para certificarse ISO 50001-2018.	5	5	1 5	
Macroeconomía estable	Crecimiento económico	Crecimiento en el número de estudiantes de ingeniería química.	5	3	1 5	Comunicar a las partes interesadas sobre la importancia y los beneficios

Oportunidad	Escenario	Beneficios	P	I	B	Acciones recomendadas
	Baja inflación					económicos y ambientales del Sistema de Gestión Energética.
	Tasa de interés estable	Mayor acceso a la adquisición de equipos con eficiencia energética.				
	Tasa de cambio estable					
330 microclimas		Incremento en la oferta energética.	3	1	2	
Decreto de ley 52-2003	Fomento de energías renovables	Disminución en el precio kWh.	3	5	1 5	<i>Id.</i>
Plan K'atun Nuestra Guatemala 2032		Disminución en la huella de carbono y, por ende, en el impacto ambiental.	3	1	3	
		Incremento en el presupuesto de mantenimiento del departamento.	3	4	1 2	
Política ambiental de la Universidad del Valle de Guatemala	Apoyo a proyectos amigables con el medio ambiente	Apoyo logístico al Sistema de Gestión Energética.	3	5	1 5	<i>Id.</i>
		Facilidad para aprobar presupuestos en pro del sistema de gestión energética.	3	5	1 5	
		Facilidad para migrar a tecnología de mayor eficiencia energética.	3	5	1 5	
Presupuesto para mantenimiento y mejora de equipos en el LOU	Recursos financieros para el sistema de gestión energética	Simplicidad para implementar el sistema de gestión energética.	3	5	1 5	<i>Id.</i>
		Facilidad para certificarse en ISO 50001-2018	3	5	1 5	
Catedráticos, estudiantes y colaboradores del departamento	Apoyo con sugerencias al sistema de gestión energética	Simplicidad para implementar el sistema de gestión energética	3	5	1 5	<i>Id.</i>

Oportunidad	Escenario	Beneficios	P	I	B	Acciones recomendadas
amplio conocimiento	Cambio de cultura en pro de la producción más limpia					

Las acciones para abordar y riesgos deben ser evaluadas utilizando el algoritmo que se ilustra en la Figura. Las acciones implementadas tienen que ayudar a implementar el Sistema de Gestión Energética (SGEn), en caso sea negativo la efectividad de estas deben ser evaluadas, de forma tal que si no son efectivas se deberán de redactar nuevas.

Figura 29. Procedimiento para evaluar acciones propuestas.



b. 6.2 Objetivos, metas energéticas y planificación para lograrlos

El Departamento de Ingeniería Química debe establecer y documentar objetivos en todos su procedimientos, mismos que deben ser documentados (ver capítulo 7.5) y cumplir con los siguientes requisitos:

- Coherentes con la política energética (ver capítulo 5.2)
- Ser medibles
- Tener en cuenta los requisitos que apliquen
- Considerar Usos Significativos de la Energía (USEn) (ver capítulo 6.3)
- Tener en cuenta las oportunidades para mejorar el rendimiento energético (ver capítulo 6.3)
- Ser objeto de seguimiento
- Ser comunicados

Ulterior a la planificación de objetivos, el Departamento de Ingeniería Química debe establecer planes de acción que incluyan:

- ¿Qué se hará?
- ¿Qué recursos se utilizarán?
- ¿Quién será el responsable?
- ¿Cuándo se completará?
- ¿Cómo evaluar resultados? (Ver capítulo 9.1)

Lo anterior se debe organizar en una tabla como se ilustra en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Planificación de metas para el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>¿Qué se hará?</b>	<b>¿Qué recursos se utilizarán?</b>	<b>¿Quién será responsable?</b>	<b>¿Cuándo se completará?</b>	<b>¿Cómo se evaluarán los resultados?</b>

### c. 6.3 Revisión energética

La revisión energética permite al Departamento de Ingeniería Química realizar un análisis de su eficiencia energética, uso de energía y consumo de energía basado en datos, lo cual permitiría obtener Usos Significativos de la Energía (USEn) y oportunidades para mejorar el rendimiento energético.

Para llevar a cabo la revisión energética el Departamento de Ingeniería Química deberá evaluar y documentar (ver capítulo 7.5) el consumo presente y de los últimos cuatro trimestres de energía eléctrica, y el consumo presente y del último año de diésel y biodiésel, utilizando como referencia el Cuadro 21 y Cuadro 22, respectivamente.

Cuadro 21. Consumo pasado y presente de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Trimestre</b>	<b>2020 (kWh)</b>	<b>2021 (kWh)</b>
enero-marzo	6375	6266
abril-junio	4595	8656
julio-septiembre	8620	9787
octubre-diciembre	6598	No aplica

Cuadro 22. Consumo pasado y presente de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Combustible</b>	<b>2020 (gal)</b>
Diésel	800
Biodiésel	160

Con base a lo anterior, de Departamento de Ingeniería Química deberá identificar y los Usos Significativos de la Energía (USEn), para ello, requerirá de un inventario eléctrico, actualizado al año en curso, también se deben de identificar según la fuente de energía que esté utilizando (eléctrica, diésel/biodiésel), los procesos que más se utilicen en el año en curso, sus equipos auxiliares, grupo de personas que puedan influir en la eficiencia energética del equipo (estudiantes, catedráticos y/o colaboradores) y consumo estimado de los mismos. La documentación debe seguir el formato del Cuadro 23.

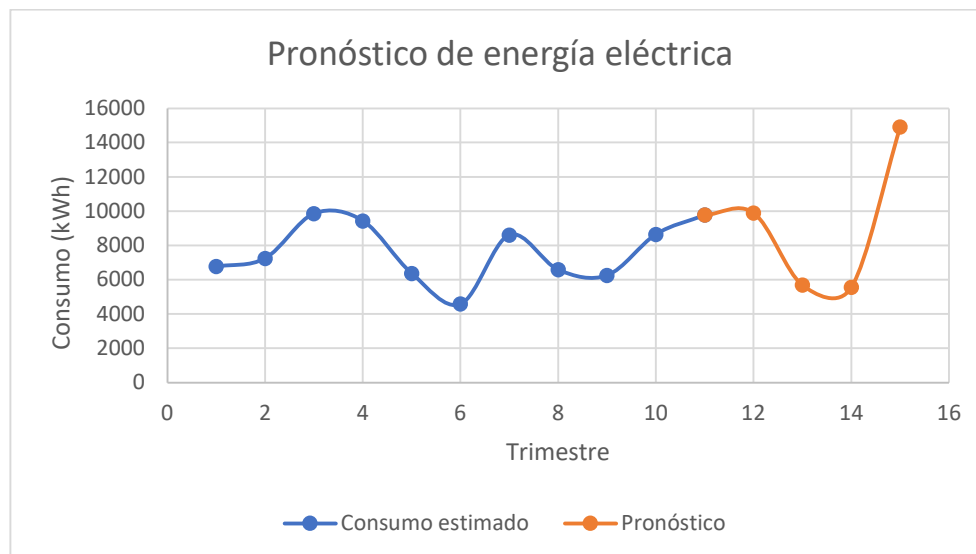
Cuadro 23. Consumo pasado y presente de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Fuente de energía</b>	<b>Proceso</b>	<b>Equipos auxiliares</b>	<b>Grupo de personas</b>	<b>Consumo estimado</b>
Eléctrica	Metalmecánica	Soldadora Pulidora Compresor de pintura Motor de turbina Motor de bomba centrífuga	Estudiantes y colaboradores	32.78 kWh/semana
	Torre de enfriamiento	Controlador lógico programable y computadora Variador de frecuencia	Estudiantes, catedráticos y colaboradores	11.25 kWh/semana

Fuente de energía	Proceso	Equipos auxiliares	Grupo de personas	Consumo estimado
	Torre de absorción	Motor de bomba centrífuga Controlador lógico programable y computadora	<i>Id.</i>	9.56 kWh/semana
	Producción de biodiésel	Motor de agitador Motores de bombas centrífugas Caldera de enfriamiento Controlador lógico programable y computadora	Colaboradores	68.84 kWh/semana
	Iluminación	Barras T12 fluorescentes Luminaria LED industrial	Catedráticos y colaboradores	248.60 kWh/semana
	Ventilación	Aire acondicionado	Catedráticos	60 kWh/semana
	Cómputo	Computadoras de escritorio	Catedráticos y colaboradores	112 kWh/semana
Diésel/biodiesel	Caldera	No aplica	Estudiantes, catedráticos y colaboradores	960 gal/año

Por otro lado, el Departamento de Ingeniería Química deberá realizar pronósticos a sus consumos de energía eléctrica, pero no a sus consumos de diésel y biodiésel, ya que estos son presupuestados anualmente. Los consumos de energía eléctrica presentan estacionalidades, por lo que es necesario utilizar el método de *Holt-Winters* ver anexo, página 119, estos datos deben ser graficados para evidenciar un mejor comportamiento.

Figura 30. Pronóstico de consumo de energía eléctrica, en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.



#### d. 6.4 Indicadores del rendimiento

El Departamento de Ingeniería Química deberá contar con Indicadores de Rendimiento Energético (IDEn), mismos que serán kWh/m<sup>2</sup> para el consumo de energía eléctrica, diésel y biodiésel. Para lograr con ello, se dividirá los consumos mensuales de energía eléctrica, diésel y biodiésel entre el área superficial del Laboratorio de Operaciones Unitarias, el cual asciende a 720 m<sup>2</sup>.

Los Indicadores de Rendimiento (IDEn) deben ser documentados siguiendo el formato que se ilustra en el Cuadro 24 para energía eléctrica, y 25 para diésel y biodiésel.

Cuadro 24. Indicador de Rendimiento Energético (IDEn) de energía eléctrica para el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala año 2021.

Trimestre	Rendimiento energético (kWh/m <sup>2</sup> )
1	8.7024
2	12.0223
3	13.5934

Cuadro 25. Indicador de Rendimiento Energético (IDEn) de diésel y biodiésel para el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala año 2020.

Combustible	Rendimiento energético 2020 (kWh/m <sup>2</sup> )
Diésel	8.7024
Biodiésel	12.0223

#### e. 6.5 Línea de base energética de referencia

Los pronósticos realizados en el capítulo de Revisión Energética cuentan como una línea base energética (LBEn), esta servirá para estudiar el comportamiento de consumo. En caso de que ocurra alguna de las siguientes eventualidades, se deberá modificar la Línea Base Energética (LBEn).

Las condiciones con las que las Líneas de Base Energética (LBEn) pueden ser modificadas son las siguientes:

- Cambios en los factores estáticos en el Laboratorio de Operaciones Unitaria, de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Cambios en las operaciones de Laboratorio de de Operaciones Unitaria, de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) ya no reflejan el consumo del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Nueva metodología para modelar la línea de Base Energética de Referencia (LBEn).

#### f. 6.6 Planificación para la recopilación de datos de energía

El Departamento de Ingeniería Química debe asegurar que identifica, mide y hace seguimiento a intervalos definidos las características clave de la organización que afectan su desempeño energético (ver capítulo 6.3). Los datos que debe recopilar el Departamento se pueden observar en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Planificación para la recopilación de datos del Sistema de Gestión Energética (SGEn) en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Dato</b>	<b>Frecuencia de recopilación</b>
Consumo de energía eléctrica	Mensual
Consumo de diésel y biodiésel	<i>Id.</i>
Inventario eléctrico (ver apéndice)	<i>Id.</i>
Factores estáticos	<i>Id.</i>
Usos significativos energéticos (USEn)	<i>Id.</i>

### 4. 7. Apoyo

#### a. 7.1 Recursos

El Departamento de Ingeniería Química asegura, determina y proporciona recursos necesarios para la implementación y mejora continua del Sistema de Gestión Energética (SGEn). Los recursos que se destinarán son:

- Humanos: Corresponde a colaboradores, del departamento, que asumirán un puesto en el Sistema de Gestión de la Energía.

- **Financieros:** Atañe los recursos financieros, necesarios, para sostener y mantener el sistema de gestión de la energía (SGEn).
- **Inmobiliario:** Representa las instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
- **Mobiliario:** Concierno al equipo de cómputo, escritorios, equipos de medición y sistemas de confort.

b. 7.2 Competencia

El Departamento de Recursos Humanos de la Universidad del Valle de Guatemala es el encargado de velar por la competencia de los colaboradores y catedráticos del Departamento de Ingeniería Química. La competencia se determina en casa proceso laboral y se evalúa: el grado académico, la experiencia laboral y habilidades personales. En cuanto a los estudiantes que hagan uso de las instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias, su competencia debe ser garantizada por los catedráticos y colaboradores del departamento.

Cuando el sistema de gestión de la energía (SGEn) considere necesario, se deberán tomar acciones para adquirir competencia y toma de conciencia. El procedimiento para lograr con ello se describe en el Cuadro 27, e ilustra en la Figura 31.

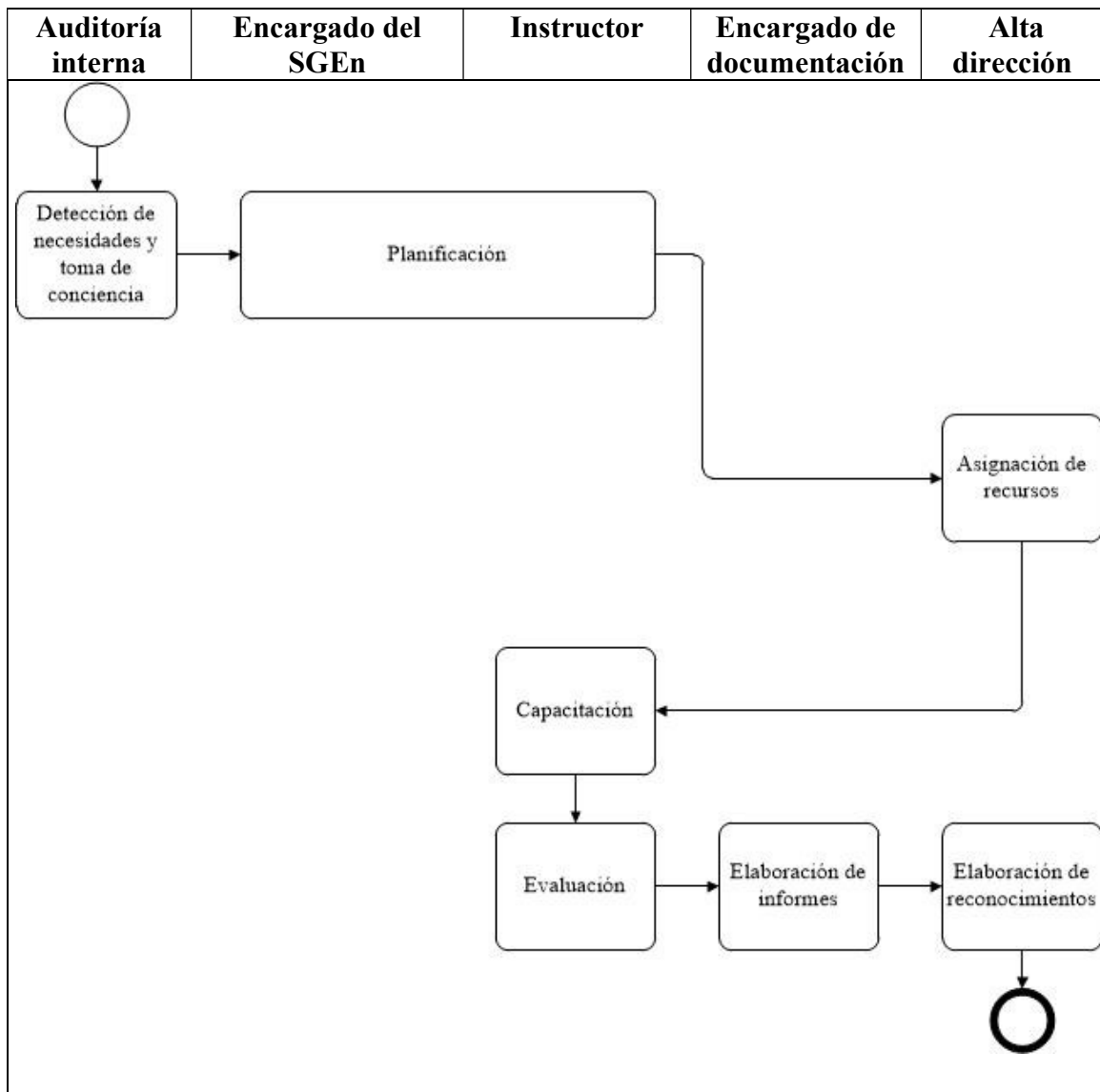
El propósito de este procedimiento es detallar lineamientos para la formación y toma de conciencia de las partes interesadas del sistema de gestión de la energía (SGEn).

Cuadro 27. Descripción del proceso para la adquisición de concomimiento y toma de conciencia del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Secuencia</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>
Detección de necesidades de competencia y toma de conciencia	Se identifican necesidades de competencia y toma de conciencia, a través del Diagnóstico de Gestión de la Energía. Este diagnóstico se debe realizar en el mes de enero.	Auditor interno Encargado del SGEn
Planificación	Determina los cursos y la secuencia de estos, según las necesidades identificadas.  Asigna un facilitador de conocimientos  Elabora un programa de competencia y toma de conciencia.	Instructor asignado

<b>Secuencia</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>
	Realiza un listado de recursos a utilizar para la capacitación.	
Asignación de recursos	Asigna fechas de capacitación. Se analizarán y asignarán los recursos solicitados para la planificación	Alta dirección
Capacitación	Se imparten las capacitaciones de competencias y tomas de conciencia.	Instructor asignado
Evaluación	Se evalúan las competencias y toma de conciencia adquiridas en la capacitación.	
Elaboración de informes	Se realizarán informes con los resultados de las evaluaciones.	Encargado de la documentación
Elaboración de reconocimientos	Los informes son almacenados. Se elaborarán reconocimientos a quienes hayan aprobado satisfactoriamente la evaluación	Alta dirección

Figura 31. Descripción del proceso para la adquisición de compromiso y toma de conciencia del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.



c. 7.3 Toma de conciencia

El Departamento de Ingeniería Química asegura que los catedráticos, estudiantes y colaboradores, que trabajen en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, tomen conciencia de la contribución a la eficacia del Sistema de Gestión Energética. Los mismos deben sumar esfuerzos para lograr el cumplimiento de objetivos y metas energéticas, además de los beneficios el desempeño energético mejorado.

En caso de que el comportamiento de los integrantes, del Departamento de Ingeniería Química, hacia el desempeño energético no cumple con los requisitos del

sistema de gestión de la energía (SGEn) se utilizará el procedimiento de toma de conciencia, ver capítulo 7.2

d. 7.4 Comunicación

El Departamento de Ingeniería Química utilizará el correo electrónico para la comunicación interna y externa de aspectos relacionados con el sistema de gestión de la energía (SGEn). Asimismo, la organización debe asegurar que la información comunicada sea fiable y coherente.

En el siguiente Cuadro se especifican las comunicaciones que conlleva el Sistema de Gestión Energética (SGEn).

Cuadro 28. Especificación de comunicaciones del Sistema de Gestión Energética (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>¿Qué se comunica?</b>	<b>¿A quién le comunica?</b>	<b>¿Cuándo le comunica?</b>
Cambios al SGEn	Partes interesadas	Cuando surja una modificación al Sistema de Gestión Energética (SGEn) Cuando los equipos y los servicios adquiridos lleguen al Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.
Compra de equipos y servicios	Alta dirección y encargado de documentación	Al finalizar el año en curso
Consumo de biodiésel y diésel	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	Al final el trimestre en curso
Consumo de energía eléctrica	<i>Id.</i>	Cuando se haya adquirido o remodelado una instalación física del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.
Diseño de nuevos espacios	Partes interesadas	Al finalizar el semestre
Mantenimiento de equipos y servicios	Alta dirección y encargado de documentación	Cuando surja una inconformidad en los resultados del Sistema de Gestión Energética (SGEn)
Inconformidades del SGEn	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	Cuando la auditoría interna identifique necesidades de capacitación y toma de conciencia
Programa de capacitación y toma de conciencia	Alta dirección y encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	

<b>¿Qué se comunica?</b>	<b>¿A quién le comunica?</b>	<b>¿Cuándo le comunica?</b>
Resultados de la Auditoría Interna	Alta dirección	Onceavo mes del ciclo universitario
Resultados de la revisión de la alta dirección	Equipo del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	Doceavo mes del ciclo universitario
Sugerencias al SGEn	Encargado del Sistema de Gestión Energética (SGEn)	Cuando se realiza una sugerencia o comentario del Sistema de Gestión Energética (SGEn)

e. 7.5 Información documentada

1) 7.5.1 Generalidades

El sistema de gestión de la energía (SGEn) del Departamento de Ingeniería Química debe contar con la siguiente información:

- Alcance del Sistema de Gestión Energética (SGEn) (cláusula 4.3): Diagramas FODA y PESTEL.
- Política energética (cláusula 5.2)
- Objetivos, metas energéticas y planificación (cláusulas 6.2.1 y 6.2.3): Información sobre objetivos, metas energéticas y planes de acción.
- Revisión energética (cláusula 6.3): Información sobre métodos y criterios para desarrollar la revisión energética y sus resultados.
- Indicadores de rendimiento (EnPis) (cláusula 6.4): Métodos para determinar EnPis, así como los resultados obtenidos.
- Bases de referencia energética (EnBs) (cláusula 6.5): Información de la base energética de referencia, datos, variables relevantes y modificaciones.
- Planificación para la recolección energética (cláusula 6.6): Variables relevantes para los usos significativos de la energía (USEn), consumo de energía relacionado con el USEn y la organización, criterios operativos relacionados con los USEn.
- Competencia (cláusula 7.2): Información relacionada como evidencia de la competencia.
- Comunicación (cláusula 7.4.1): La organización debe retener información documentada de las mejoras sugeridas de cualquier persona que trabaje en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Información documentada general (cláusula 7.5.1): Información requerida por la Norma e información documentada por la organización para la efectividad del Sistema de Gestión Energética (SGEn).
- Control de información documentada (cláusula 7.5.3): La información documentada de origen externo que la organización determine necesaria para la planificación y operación del SGEn deberá identificarse y controlarse.
- Planificación y control operativo (cláusula 8.1): La organización debe mantener información documentada en la medida necesaria para tener confianza en que los procesos planificados se han llevado según lo planeado.



### 3) 7.5.3 Control de la información documentada

La base de datos se almacenará en una carpeta compartida One Drive y estará compartida con las partes interesadas, de forma tal que asegura la disponibilidad de la información en el momento deseado y donde sea necesario. Cabe resaltar que el Departamento de Ingeniería Química deberá hacer *back-up* mensual de la base de datos, además de firmar contratos de confidencialidad con colaboradores que tienen acceso a las tablas de información.

## 5. 8. Operación

### a. 8.1 Planificación y control operacional

El Departamento de Ingeniería Química debe planificar, implementar y mantener el control en los procesos relacionados con los Usos Significativos de la Energía (USEn) para cumplir con los requisitos e implementar acciones determinadas:

- Estableciendo criterios para la operación de procesos y mantenimiento efectivo de las instalaciones, equipos y sistemas que demanden algún tipo de energía.
- Comunicando criterios a los integrantes del Departamento.
- Implementando control de los procesos de acuerdo con los criterios establecidos, incluyendo operación y mantenimiento de las instalaciones, equipos, sistemas y procesos que utilizan energía.
- Manteniendo la información documentada en la medida necesaria para tener la confianza de que los procesos se están llevando a cabo según lo planificado, ver Cuadro 29.

Cuadro 29. Formato para la documentación de procesos del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>USEn</b>	<b>Consumo actual</b>	<b>Oportunidad de mejora</b>	<b>Control operacional</b>	<b>Recursos humanos por destinar</b>	<b>Recursos financieros por destinar</b>
-------------	-----------------------	------------------------------	----------------------------	--------------------------------------	--

El Departamento de Ingeniería Química debe controlar los cambios planificados y revisa las consecuencias las consecuencias de los cambios involuntarios, tomando acciones para mitigar los efectos adversos, según sea necesario.

## b. 8.2 Diseño

El Departamento de Ingeniería Química debe considerar que un cambio, modificación o sustitución a las instalaciones, equipos y procesos del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, que utilicen energía, podrían incurrir en oportunidades de mejora a la eficiencia energética y, por ende, al Sistema de Gestión Energética (SGEn). Es de destacar que en cuanto los cambios de diseño se debe considerar la adquisición de técnicas y tecnologías mejoradas, energías renovables o energías menos contaminantes.

Los cambios en el diseño deben ser documentados con base al siguiente formato, tomando en cuenta que en las columnas de cambio, modificación y sustitución se deben marcar con una “X”, según amerite el caso.

Cuadro 30. Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Ubicación del LOU</b>	<b>Acción para realizar</b>	<b>Fecha</b>	<b>Cambio</b>	<b>Modificación</b>	<b>Sustitución</b>
--------------------------	-----------------------------	--------------	---------------	---------------------	--------------------

## c. 8.3 Adquisición

El Departamento de Ingeniería Química debe establecer e implementar criterios para evaluar el uso, consumo y eficiencia energética de equipos adquiridos para el Laboratorio de Operaciones Unitarias. Para lograr con ello, se deberá comunicar a los proveedores que las compras serán evaluadas con base al desempeño energético que tengan sus productos.

El procedimiento para la compra de productos se detalla a continuación:

- El jefe del Departamento del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, establecerá estrategias para el consumo de productos que mejoren el desempeño energético del laboratorio e incentiven a la conciencia ambiental y energética.
- El jefe encargado del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, solicitará cotizaciones a los proveedores informándoles de la necesidad de mejorar el desempeño energético.
- El Departamento de Ingeniería Química adjudicará la compra evaluando: la capacidad financiera del departamento; la calidad del producto o servicio, y el impacto que tendría el producto o servicio en el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).
- El Departamento de Ingeniería Química recibe y verifica el producto adquirido.

Luego de cumplir satisfactoriamente lo anterior, la orden de compra y los manuales de los equipos se deberán de documentar.

## 6. 9. Evaluación del desempeño

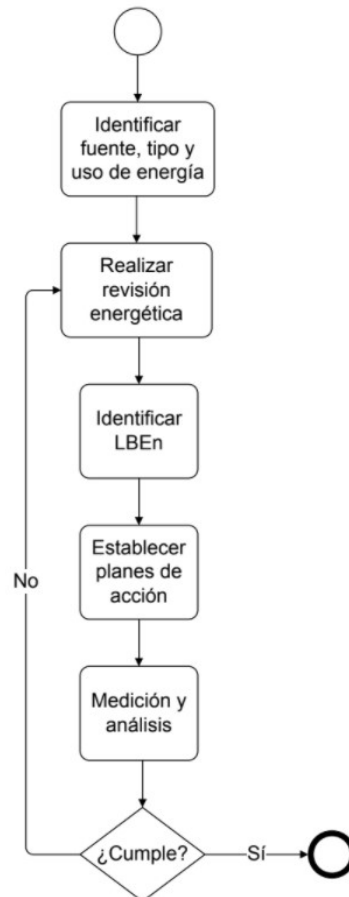
### a. 9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGen

#### 1) 9.1.1 Generalidades

El Departamento de Ingeniería Química debe analizar, medir y evaluar Indicadores de desempeño Energético (IDEn), eficacia de planes de acción para alcanzar objetivos y metas energéticas, operación de Usos Significativos de la Energía (USEn) y el consumo real de energía, versus el esperado; con ello se podrá evaluar el desempeño energético del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala. El procedimiento para llevar a cabo ficha evaluación se ilustra en la Figura 33 y Cuadro 31.

Los métodos evaluación se realizarán de manera mensual. Asimismo, el Departamento de Ingeniería Química debe analizar e investigar, en caso suceda, resultados inesperados en el desempeño energético, documentando los resultados esperados de la planificación.

Figura 33. Procedimiento para la evaluación del desempeño del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)



Cuadro 31. Procedimiento para la evaluación del desempeño del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)

<b>Etapa</b>	<b>Acción</b>	<b>Responsable</b>
Identificar fuente, tipo y uso de la energía	Recopilar información energética	Encargado del SGEn
Realizar revisión energética	Realizar análisis cuantitativo de consumos de trimestres anteriores.	
	Identificar USEn y oportunidades de mejora de estos.	
	Determinar objetivo, meta e indicador de los USEn	
Identificar LBEn	Realizar pronósticos de consumos Realizar análisis de consumos energéticos	
Establecer planes de acción	Establecer Línea Base Energética (LBEn). Establecer planes de acción que mejoren el desempeño energético del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.	

2) 9.1.2 Evaluación de la conformidad con los requisitos legales y otros requisitos

Esta sección no aplica debido a que el Departamento de Ingeniería Química no es responsable de la negociación de contratos con los proveedores de energía. Asimismo, la legislación guatemalteca no contempla leyes en materia energética.

## b. 9.2 Auditoría interna

### 1) 9.2.1 Generalidades

El Departamento de Ingeniería Química debe asegurar que las auditorías del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) se realizan anualmente con el objetivo de:

- Contribuir a la mejora continua del desempeño energético.
- Cumplir con los requisitos del estándar internacional ISO 50001-2018, de la política energética, los objetivos y metas energéticas.
- Verificar que el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) se esté implementando y manteniendo efectivamente.

### 2) 9.2.2 Programa de auditoría interna

El Departamento de Ingeniería Química debe establecer, implementar y mejorar continuamente un programa anual de auditoría interna. Mismo se realiza con base al siguiente procedimiento, ver Cuadro 32 y Figura 34.

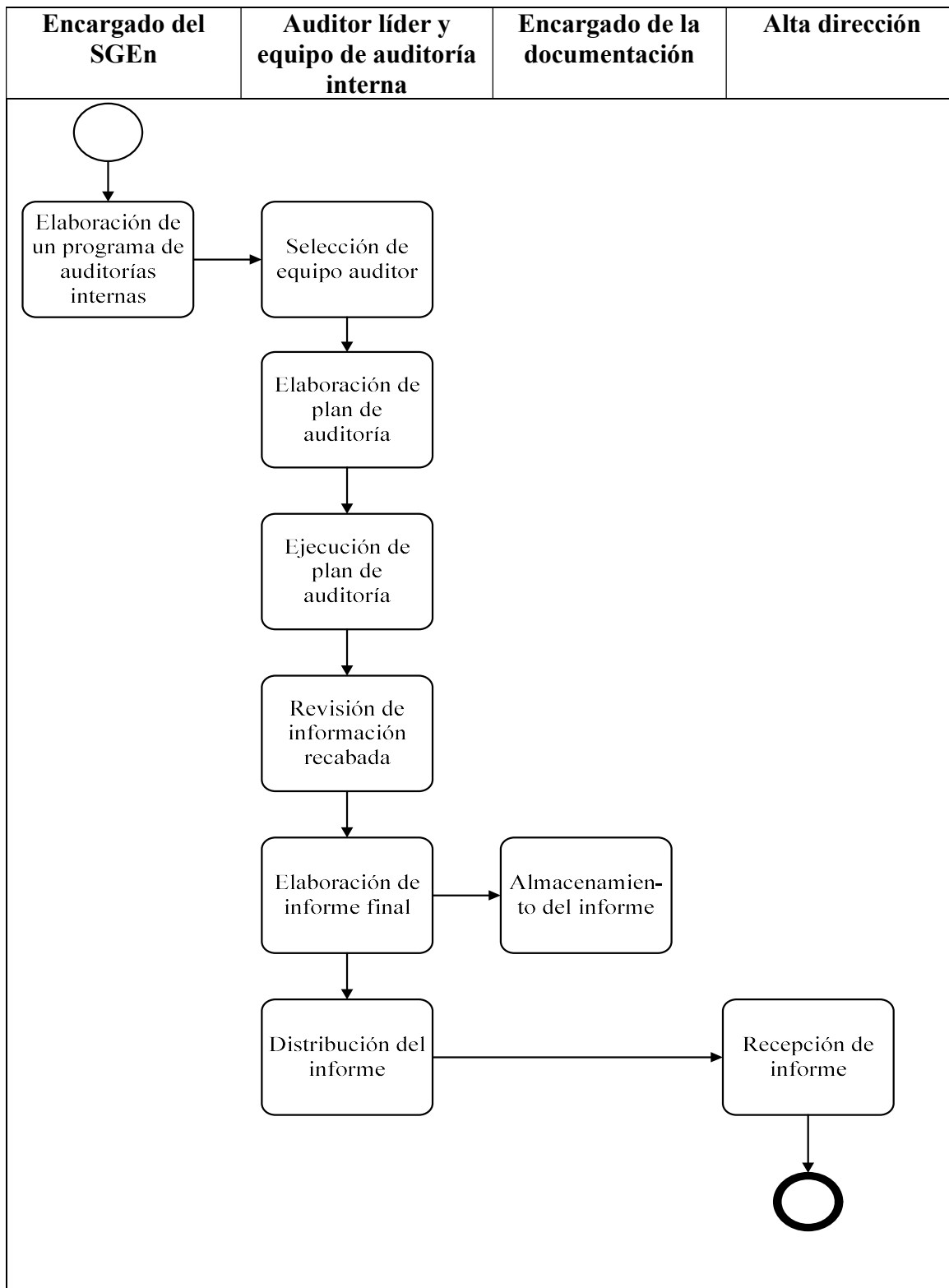
El encargado de Auditoría Interna debe convocar a un equipo de auditores internos, mismos deben ser imparciales de forma tal, que se asegura la objetividad y la imparcialidad de la auditoría. Los resultados que obtengan los auditores deben ser documentados y almacenados.

Cuadro 32. Programa de auditoría interna del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Secuencia</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>
Elaboración de un programa de auditorías internas.	Elabora un programa de auditoría anual para el SGEn	Encargado del SGEn
Selección de auditores	Elabora un programa acorde a los recursos y necesidades del Departamento de Ingeniería Química. Convoca a un equipo de auditores, los cuales deben ser imparciales y objetivos.	Auditor líder
Elaboración de plan de auditoría	Realizan un Plan de Auditoría con base al análisis de brecha (ver anexo 1) y a la evaluación de las siguientes cláusulas: <ul style="list-style-type: none"><li>• El SGEn ha mejorado el desempeño energético del LOU.</li><li>• Se cumplen con los requisitos propios del SGEn.</li></ul>	Auditor líder y equipo de auditoría interna

Secuencia	Actividad	Responsable
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cumple con la política energética.</li> <li>• Se cumple con las metas y objetivos energéticos.</li> <li>• El SGen está debidamente implementado.</li> </ul>	
	<p>Previo a que inicie la auditoría interna, se entrega al Departamento de Ingeniería Química el Plan de Auditoría Interna.</p>	
Ejecución de auditoría interna	<p>Se organizan las entrevistas a personeros del LOU y las visitas al LOU.</p>	<i>Id.</i>
	<p>Se lleva a cabo la auditoría interna.</p>	
	<p>Se reúne con los auditados en caso existan hallazgos.</p>	
Revisión de información recabada	<p>Antes de dar por finalizada la auditoría, se reúne el equipo auditor, para agrupar la información recabada y se valida la misma.</p>	<i>Id.</i>
Elaboración de informe final	<p>Se elabora un informe final indicando las oportunidades de mejora del SGen.</p>	Auditor líder
Distribución de informe de auditoría	<p>Se entrega el informe al Departamento de Ingeniería Química.</p>	<i>Id.</i>
Recepción de informe final	<p>Se recibe el informe final. Y se redactan acciones para atender hallazgos.</p>	alta dirección

Figura 34. Programa de auditoría interna del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.



c. 9.3 Revisión por la dirección

1) 9.3.1 Generalidades

La alta dirección debe realizar una revisión anual para verificar que el Sistema de Gestión Energética (SGEn) haya sido planificado, implementado y mantenido correctamente.

2) 9.3.2 Consideraciones a tomar

La alta dirección debe tomar en cuenta el estado de las acciones de las revisiones previas, por parte de esta misma, siguiendo al siguiente formato:

Cuadro 33. Formato de revisiones previas del Sistema de Gestión de la Energía

<b>Acción recomendada</b>	<b>Año de recomendación</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Observaciones</b>
---------------------------	-----------------------------	-------------------------	----------------------

Asimismo, la alta dirección debe actualizar anualmente el diagrama FODA y PESTEL, ya que con base a estos esquemas se pueden evaluar cuestiones internas y externas que puedan afectar al Sistema de Gestión Energética (SGEn). En el Cuadro 34 se ejemplifica el formato con el cual se detallan los cambios en caso estos sean necesarios.

Cuadro 34. Formato de cambios en el contexto de la organización del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Tópico</b>	<b>Año de publicación tópico</b>	<b>Nuevo tópico</b>	<b>Año de publicación del nuevo tópico</b>	<b>Observaciones</b>
---------------	--------------------------------------	---------------------	--	----------------------

Por su parte, la alta dirección debe considerar las tendencias históricas del Sistema de Gestión Energética (SGEn), mismas que se detallan en el Cuadro.

Cuadro 35. Formato de tendencias del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Tópico</b>	<b>Número de año</b>					
	1	2	3	4	5	6
Número de no conformidades						
Número de acciones correctivas						
Grado de satisfacción según la auditoría						
Medición de energía eléctrica (kWh)						
Medición de diésel (gal)						

La alta dirección también debe considerar las oportunidades de mejora en anteriores revisiones por parte de la dirección. Estas se deben detallar como se ilustra en el siguiente Cuadro.

Cuadro 36. Formato para oportunidades de mejoras previas.

<b>Tópico</b>	<b>Año</b>	<b>Estado actual</b>

### 3) 9.3.3 Revisiones de la alta dirección

La alta dirección debe revisar y documentar, anualmente, planes de acción, objetivos y metas energéticas (ver Cuadro 37) previamente planificadas.

Cuadro 37. Formato de revisión de objetivos y metas energéticas.

<b>Tópico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estado actual</b>	<b>Observación</b>

Asimismo, como se observa en el Cuadro, todos los datos relacionados con la eficiencia energética del Laboratorio de Operaciones Unitarias deben ser revisados por la alta dirección.

Cuadro 38. Formato de revisión de eficiencia energética.

<b>Tópico</b>	<b>Trimestre</b>			
	1	2	3	4
Consumo eléctrico real (kWh)				
Consumo eléctrico esperado (kWh)				
Consumo de diésel real (L)				
Consumo de diésel esperado (L)				
Indicador de desempeño eléctrico				

#### 4) 9.3.4 Recomendaciones por la alta dirección

La alta dirección deberá efectuar recomendaciones para que el Sistema de Gestión Energética (SGEn) siga mejorando continuamente. Entre ellas se mencionan las oportunidades para mejorar el desempeño energético; política energética; Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) y Líneas Base de Energía; objetivos, metas, planes de acción y otros elementos del Sistema de Gestión Energética (SGEn); asignación de recursos y la mejora de la competencia, toma de conciencia y la comunicación. Cualquiera de estos que aplique, debe ser documentados.

Cuadro 39. Formato de cambio de estatutos en el Sistema de Gestión Energética (SGEn).

<b>Tópico</b>	<b>Nuevos estatutos</b>	<b>Responsable</b>

## 7. 10. Mejora

### a. 10.1 No conformidad y acciones correctivas

En caso de que el Departamento de Ingeniería Química encuentre una no conformidad la organización deberá realizar las siguientes acciones:

- Reaccionar a esta no conformidad, y según corresponda, tomando acciones para controlarla y corregirla, u ocupándose de las consecuencias.
- Evaluar las necesidades de acciones para eliminar las causas de no conformidad con el fin de que esta no vuelva a ocurrir en otra parte, mediante la revisión de no conformidad, determinación de causas de no conformidad y la determinación de la existencia de no conformidades similares.
- Implementar cualquier acción necesaria.
- Revisar la eficacia de la acción correctiva tomada.
- Realizando cambios al Sistema de Gestión Energética (SGEn).

Las acciones que se tomen deben ser documentadas mediante el siguiente formato, ver Cuadro 40.

Cuadro 40. Formato de acciones de mitigación de no conformidades.

<b>Fecha de auditoría</b>	<b>Descripción de la no conformidad</b>	<b>Fecha de vencimiento</b>	<b>Acciones por implementar</b>	<b>Responsable</b>
---------------------------	---	-----------------------------	---------------------------------	--------------------

### b. 10.2 Mejora continua

El Departamento de Ingeniería Química deberá mejorar continuamente la idoneidad, adecuación y eficacia del Sistema de Gestión Energética (SGEn), para ello el departamento deberá demostrar la mejora continua de su desempeño energético.

## C. Datos originales

### 1. Bitácora de actividades

Cuadro 41. Bitácora de actividades del ciclo 1 año 2019, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Trimestre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 10)</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 20)</b>	<b>Otras actividades</b>
1	9/01/2019			Producción de biodiésel, actividades de oficina
	16/01/2019	Caldera, medidores de flujo, evaporación, metalmecánica	Vertederos, caldera, evaporación, metalmecánica	<i>Id.</i>
	23/01/2019	Caldera, medidores de flujo, evaporación, metalmecánica	Vertederos, caldera, evaporación, metalmecánica	<i>Id.</i>
	30/01/2019	Metalmecánica, caldera, vertederos	Metalmecánica, evaporación, caldera	<i>Id.</i>
	6/02/2019	Metalmecánica, caldera, vertederos	Metalmecánica, evaporación, caldera, túnel de calor	<i>Id.</i>
	13/02/2019	Metalmecánica, refrigeración, túnel de calor, absorción	Curvas características, refrigeración, metalmecánica, vertederos	<i>Id.</i>
	20/02/2019	Evaporación, refrigeración, túnel de calor, caldera	Curvas características, refrigeración, metalmecánica, vertederos	<i>Id.</i>
	27/02/2019	Evaporación, metalmecánica, refrigeración, túnel de calor, caldera	Evaporación, caída de presión, túnel de calor, caldera	<i>Id.</i>
	6/03/2019	Filtración, metalmecánica, absorción, túnel de calor	Evaporación, caída de presión, túnel de calor, caldera	<i>Id.</i>
	13/03/2019	Suspensión de clases	Suspensión de clases	<i>Id.</i>

<b>Trimestre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 10)</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 20)</b>	<b>Otras actividades</b>
	20/03/2019	Filtración, metalmecánica, absorción, túnel de calor	Caldera, metalmecánica, intercambiadores de calor, evaporación	<i>Id.</i>
	27/03/2019	Suspensión de clases	Suspensión de clases	<i>Id.</i>
2	3/04/2019	Caída de presión, curvas características de bombas, metalmecánica, refrigeración	Caldera, metalmecánica, intercambiadores de calor, evaporación	<i>Id.</i>
	10/04/2019	Caída de presión, curvas características de bombas, metalmecánica, refrigeración	Caldera, metalmecánica, intercambiadores de calor, evaporación	<i>Id.</i>
	17/04/2019	Semana Santa	Semana Santa	<i>Id.</i>
	24/04/2019	Túnel de calor, absorción, caldera, curvas características de bombas	Medidores de flujo, túnel de calor, vertedores, intercambiadores de calor	<i>Id.</i>
	1/05/2019	Túnel de calor, absorción, caldera, curvas características de bombas	Medidores de flujo, túnel de calor, vertedores, intercambiadores de calor	<i>Id.</i>
	8/05/2019	Absorción, túnel de calor, refrigeración, caída de presión	Túnel de calor, medidores de flujo, refrigeración, absorción	<i>Id.</i>
	15/05/2019	Absorción, túnel de calor, refrigeración, caída de presión	Túnel de calor, medidores de flujo, refrigeración, absorción	<i>Id.</i>
	22/05/2019	Examen	Examen	<i>Id.</i>
	29/05/2019-26/06/2019	Vacaciones de medio año	Vacaciones de medio año	Producción de biodiésel, actividades de oficina,

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
				trabajos de graduación

Cuadro 42. Bitácora de actividades del ciclo 2 año 2019, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
3	3/07/2019	Secador de bandejas, torre de enfriamiento, molienda y tamizado, secador rotatorio	Preparación de proyecto de producción de alcohol, molienda y tamizado, torre de enfriamiento	Producción de biodiésel, actividades de oficina, trabajos de graduación
	10/07/2019	Secador de bandejas, torre de enfriamiento, molienda y tamizado, secador rotatorio	Preparación de proyecto de producción de alcohol, molienda y tamizado, torre de enfriamiento	<i>Id.</i>
	17/07/2019	Absorción, práctica de biodiésel, fermentación acética	Preparación de proyecto de producción de alcohol	<i>Id.</i>
	24/07/2019	Absorción, práctica de biodiésel, fermentación acética	Fermentación alcohólica, preparación de proyecto de producción de alcohol	<i>Id.</i>
	31/07/2019	Preparación de proyecto de producción de alcohol, fermentación acética.	Secador de bandejas, torre de enfriamiento, preparación de proyecto de producción alcohólica	<i>Id.</i>
	7/08/2019	Preparación de proyecto de producción de alcohol, fermentación acética	Secador de bandejas, torre de enfriamiento, fermentación alcohólica	<i>Id.</i>
	14/08/2019	Preparación de proyecto	Filtración de fermentado,	<i>Id.</i>

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
		producción de alcohol, extracción líquido-líquido	geotermia, práctica de etanol	
	21/08/2019	Fermentación alcohólica, práctica de biodiésel y de etanol	Evaporación, geotermia, práctica de etanol	<i>Id.</i>
	28/08/2019	Práctica aleatoria, práctica de biodiésel y de etanol	Destilación, filtración alcohólica	<i>Id.</i>
	4/09/2019	Práctica aleatoria, práctica de biodiésel y de etanol	Fermentación acética, evaporación	<i>Id.</i>
	11/09/2019	Asueto de independencia	Asueto de independencia	<i>Id.</i>
	18/09/2019	Filtración de fermentado, práctica aleatoria	Fermentación acética, destilación	Producción de biodiésel, actividades de oficina
	25/09/2019	Evaporación, preparación de proyecto de producción de alcohol	Fermentación acética	<i>Id.</i>
4	2/10/2019	Destilación, preparación de proyecto de producción de alcohol	Fermentación acética	<i>Id.</i>
	9/10/2019	Fermentación acética, preparación de proyecto de producción de alcohol	Extracción líquido, fermentación acética	<i>Id.</i>
	16/10/2019	Fermentación alcohólica	Eólica, fermentación acética	<i>Id.</i>
	23/10/2019	Fermentación acética, filtración de fermentado	Eólica, extracción líquido-líquido	<i>Id.</i>
	30/10/2019	Fermentación acética, evaporación	Práctica aleatoria	<i>Id.</i>

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
	6/11/2019	Extracción líquido-líquido, destilación	Práctica aleatoria	<i>Id.</i>
	13/11/2019	Presentación de proyecto	Presentación de proyecto	<i>Id.</i>
	20/11/2019-11/12/2019	Vacaciones de fin de año	Vacaciones de fin de año	<i>Id.</i>
	11/12/2019-31/12/2019	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	Vacaciones de fin de año

Cuadro 43. Bitácora de actividades del ciclo 1 año 2020, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
1	6/01/2020			Producción de biodiésel, actividades de oficina
	13/01/2020	Caldera, medidores de flujo, evaporación	Metalmecánica, vertedores, evaporación	<i>Id.</i>
	20/01/2020	Caldera, medidores de flujo, evaporación	Metalmecánica, vertedores, evaporación	<i>Id.</i>
	27/01/2020	Caldera, vertederos, evaporación, metalmecánica	Metalmecánica, evaporación	<i>Id.</i>
	3/02/2020	Caldera, vertederos, evaporación, absorción	Absorción, metalmecánica, evaporación	<i>Id.</i>
	10/02/2020	Metalmecánica, refrigeración, túnel de calor	Absorción, metalmecánica, evaporación	<i>Id.</i>
	17/02/2020	Evaporación, refrigeración, túnel de calor	Caldera, curvas características, caída de presión	<i>Id.</i>
	24/02/2020	Evaporación, refrigeración, túnel de calor	Caldera, curvas características, caída de presión	<i>Id.</i>
	2/03/2020	Filtración, metalmecánica, absorción	Túnel de calor, evaporación, caída de presión	<i>Id.</i>

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
	9/03/2020	Filtración, metalmecánica, absorción, túnel de calor	Túnel de calor, evaporación, metalmecánica	<i>Id.</i>
1/2	16/03/2020-29/06/2020	Suspensión de actividades por pandemia/vacaciones de medio año	Suspensión de actividades por pandemia/vacaciones de medio año	<i>Id.</i> Producción de biodiésel y alcohol en gel

Cuadro 44. Bitácora de actividades del ciclo 2 año 2020, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
3	6/07/2020			Producción de biodiésel, actividades de oficina
	13/07/2020	Preparación de proyecto de producción de alcohol en gel, preparación fermentación acética	Preparación de proyecto de producción de alcohol en gel, preparación fermentación acética	<i>Id.</i>
	20/07/2020	Práctica de etanol, preparación fermentación acética, preparación de proyecto de producción de alcohol en gel	Práctica de etanol, preparación fermentación acética, preparación de proyecto de producción de alcohol en gel	<i>Id.</i>
	27/07/2020	Práctica de etanol, preparación fermentación acética, preparación de proyecto de producción de alcohol en gel	Práctica de etanol, preparación fermentación acética, preparación de proyecto de producción de alcohol en gel	<i>Id.</i>
	3/08/2020	Preparación de proyecto de alcohol	Preparación de proyecto de alcohol	<i>Id.</i>

Trimestre	Fecha	Prácticas de laboratorio (sección 10)	Prácticas de laboratorio (sección 20)	Otras actividades
	10/08/2020	en gel, torre de enfriamiento, fermentación alcohólica Preparación de proyecto de alcohol en gel, torre de enfriamiento,	en gel, torre de enfriamiento, fermentación alcohólica Preparación de proyecto de alcohol en gel, torre de enfriamiento,	<i>Id.</i>
	17/08/2020	práctica de etanol Fermentación alcohólica y acética, práctica de etanol	práctica de etanol Fermentación alcohólica y acética, práctica de etanol	<i>Id.</i>
	24/08/2020	Preparación fermentación acética, práctica de etanol	Preparación de fermentación acética, práctica de etanol	<i>Id.</i>
	31/08/2020	Preparación fermentación acética, práctica de etanol	Preparación de fermentación acética, práctica de etanol	<i>Id.</i>
	7/09/2020	Preparación fermentación acética, práctica de etanol,	Preparación de proyecto de alcohol en gel y preparación de fermentación de ácido acético	<i>Id.</i>
	14/09/2020	Asueto de independencia	Asueto de independencia	<i>Id.</i>
	21/09/2020	Evaporación, preparación de proyecto de alcohol en gel, fermentación acética	Evaporación, preparación de proyecto de alcohol en gel, fermentación acética	<i>Id.</i>
	28/09/2020	Fermentación acética, preparación de proyecto, torre de enfriamiento	Fermentación acética, torre de enfriamiento, preparación de proyecto de alcohol en gel	<i>Id.</i>
4	5/10/2020	Torre de enfriamiento, fermentación alcohólica	Torre de enfriamiento, fermentación alcohólica	Producción de biodiésel, actividades de oficina, trabajos de graduación

<b>Trimestre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 10)</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 20)</b>	<b>Otras actividades</b>
	12/10/2020	Torre de enfriamiento, evaporación, fermentación acética	Torre de enfriamiento, filtración de ácido acético, evaporación	<i>Id.</i>
	19/10/2020	Destilación, evaporación	Destilación, evaporación	<i>Id.</i>
	26/10/2020	Alcohol en gel, extracción líquido-líquido, fermentación acética	Alcohol en gel, extracción líquido-líquido, filtración de ácido acético	<i>Id.</i>
	2/11/2020	Filtración de fermentado, destilación, extracción líquido-líquido	Filtración ácido acético, destilación, extracción líquido-líquido	<i>Id.</i>
	9/11/2020	Extracción líquido-líquido, alcohol en gel	Extracción líquido-líquido, alcohol en gel	<i>Id.</i>
	16/11/2020	Presentación de proyecto	Presentación de proyecto	<i>Id.</i>
	23/11/2020	Examen	Examen	
	30/11/2020-14/12/2020	Vacaciones de fin de año	Vacaciones de fin de año	<i>Id.</i>
	14/12/2020-31/12/2020	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	Vacaciones de fin de año

Cuadro 45. Bitácora de actividades del ciclo 1 año 2021, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Trimestre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 10)</b>	<b>Otras actividades</b>
1	04/01/2021		Producción de biodiésel, actividades de oficina
	11/01/2021	Caldera, medidores de flujo, evaporación, metalmecánica	<i>Id.</i>
	18/01/2021	Caldera, medidores de flujo, evaporación, metalmecánica	<i>Id.</i>
	25/01/2021	Metalmecánica, caldera, vertederos	<i>Id.</i>
	1/02/2021	Metalmecánica, caldera, vertederos, absorción	<i>Id.</i>
	8/02/2021	Metalmecánica, refrigeración, túnel de calor, absorción	<i>Id.</i>

	15/02/2021	Evaporación, refrigeración, túnel de calor, caldera	<i>Id.</i>
	22/02/2021	Evaporación, metalmecánica, absorción, caldera	<i>Id.</i>
	1/03/2021	Filtración, metalmecánica, absorción, túnel de calor	<i>Id.</i>
	8/03/2021	Filtración, metalmecánica, absorción, túnel de calor	<i>Id.</i>
	15/03/2021	Caída de presión, curvas características, metalmecánica, refrigeración	<i>Id.</i>
	22/03/2021	Semana Santa	. Semana Santa
	29/03/2021	Caída de presión, curvas características, metalmecánica, refrigeración	Producción de biodiésel, actividades de oficina
2	5/04/2021	Intercambiadores de calor, absorción, caldera, curvas características de bombas	<i>Id.</i>
	12/04/2021	Intercambiadores de calor, absorción, caldera, curvas características de bombas	<i>Id.</i>
	19/04/2021	Absorción, túnel de calor, refrigeración, caída de presión	<i>Id.</i>
	26/04/2021	Absorción, túnel de calor, refrigeración, caída de presión	<i>Id.</i>
	3/05/2021	Túnel de calor, evaporación, curvas características, filtración	<i>Id.</i>
	10/05/2021	Túnel de calor, evaporación, curvas características, filtración	<i>Id.</i>
	17/05/2021	Examen	<i>Id.</i>
	24/05/2021-28/06/2021	Vacaciones de medio año	<i>Id.</i>

Cuadro 46. Bitácora de actividades del tercer trimestre del año 2021, del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Fecha</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 10)</b>	<b>Otras actividades</b>
5/07/2021		Producción de biodiésel, actividades de oficina, trabajos de graduación
12/07/2021		<i>Id.</i>
19/07/2021	Preparación de proyecto de alcohol en gel, práctica de etanol, torre de enfriamiento, extracción líquido-líquido, torre de enfriamiento	<i>Id.</i>

<b>Fecha</b>	<b>Prácticas de laboratorio (sección 10)</b>	<b>Otras actividades</b>
26/07/2021	Preparación de proyecto de alcohol en gel, práctica de etanol, torre de enfriamiento, extracción líquido-líquido, torre de enfriamiento	<i>Id.</i>
2/08/2021	Preparación de proyecto de alcohol en gel, práctica de etanol, absorción, extracción líquido-líquido	<i>Id.</i>
9/08/2021	Fermentación alcohólica, preparación de proyecto de alcohol en gel, absorción, práctica de etanol, extracción líquido-líquido	<i>Id.</i>
16/08/2021	Práctica de etanol, preparación de proyecto de alcohol en gel	<i>Id.</i>
23/08/2021	Práctica de etanol, fermentación alcohólica, preparación de proyecto de alcohol en gel,	<i>Id.</i>
30/08/2021	Filtración, Evaporación, torre de enfriamiento, preparación de proyecto de alcohol en gel	<i>Id.</i>
6/09/2021	Destilación, torre de enfriamiento, fermentación alcohólica	<i>Id.</i>
13/09/2021	Asueto de independencia	Producción de biodiésel, actividades de oficina
20/09/2021	Alcohol en gel, evaporación, práctica de etanol, filtración, preparación de proyecto de alcohol en gel	<i>Id.</i>
27/09/2021	Preparación de práctica de cerveza, destilación, práctica de etanol, filtración, preparación de proyecto	<i>Id.</i>

## 2. Costos y factor de emisión de energía eléctrica en el año 2019

Cuadro 47. Costos de energía eléctrica y factor de emisión.

<b>mes</b>	<b>Costo \$/kWh</b>	<b>Tasa de cambio (Q/\$)</b>	<b>Costo por mes (Q)</b>	<b>Factor de emisión (kg CO2 eq/kWh)</b>
enero	0.059079	7.6425	0.45151126	0.3919
febrero	0.059726	7.70778	0.46035487	
marzo	0.059709	7.68104	0.45862722	
abril	0.059164	7.65219	0.45273417	
mayo	0.061703	7.72270	0.47651376	
junio	0.06074	7.70823	0.46819789	
julio	0.061213	7.68161	0.47021439	
agosto	0.060609	7.68091	0.46553227	
septiembre	0.057861	7.73551	0.44758434	

octubre	0.050446	7.71001	0.38893916
noviembre	0.037871	7.70254	0.29170289
diciembre	0.041123	7.69884	0.3165994

3. Consumos, costo y factor de emisión de diésel, biodiésel año 2019

Cuadro 48. Consumo, costo y factor de emisión de diésel y biodiésel año 2019.

Combustible	Consumo(gal)	Costo (Q)	Factor de emisión
Diésel	800	24.60	2.61 kg CO2 eq/L
Biodiésel	160	21.89	

4. Factor de potencia de la subestación de la Universidad del Valle de Guatemala periodo enero/2018- marzo/2020

Cuadro 49. Factor de potencia de la Universidad del Valle de Guatemala enero/2018- marzo/2020.

Año	Mes	Cos( $\Phi$ )
2018	ene-18	0.9066
	feb-18	0.9173
	mar-18	0.9074
	abr-18	0.9143
	may-18	0.9167
	jun-18	0.9020
	jul-18	0.9110
	ago-18	0.9113
	sep-18	0.9146
	oct-18	0.9190
	nov-18	0.9100
	dic-18	0.9170
2019	ene-19	0.9045
	feb-19	0.9133
	mar-19	0.9143
	abr-19	0.9095
	may-19	0.9237
	jun-19	0.9089
	jul-19	0.9185
	ago-19	0.9198
2020	sep-19	0.9146
	oct-19	0.9190
	nov-19	0.9165
	dic-19	0.8857
	ene-20	0.9155

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Cos(<math>\Phi</math>)</b>
	feb-20	0.9236
	mar-20	0.9024

5. Datos de placa de motores eléctricos del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Cuadro 50. Datos de placa de motores eléctricos del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Nombre de equipo</b>	<b>Conexión</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperaje (A)</b>
Motor de bomba tipo aurora para caldera	Trifásica	230	9
Motor de bomba de vacío	Monofásica	220	4.8
Motor de bomba centrífuga para columna de absorción	Trifásica	230	7.4
Motor de bomba centrífuga para válvulas y accesorios (caída de presión)	Trifásica	230	10
Motores de bombas centrífugas para columna de extracción líquido-líquido	Monofásica	120	1.5
Motor de bomba centrífuga para torre de enfriamiento	Trifásica	230	4.61
Motor de turbina para turbina eólica	Trifásica	220	2.74
Motor de agitador de biodiésel	Trifásica	380	1.58
Motor de bomba centrífuga de biodiésel	Monofásica	127	3
Motor 1 de bomba centrífuga de intercambiador de calor	Trifásica	220	6.31
Motor 2 de bomba centrífuga de intercambiador de calor	Trifásica	220	3.48

Cuadro 51. Datos de placa de motores eléctricos con variadores de frecuencia del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<b>Nombre del equipo</b>	<b>Conexión</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperaje (A)</b>	<b>RPM nominales</b>	<b>Nuevas RPM</b>
Bomba centrífuga de medidor de flujo	Monofásica	230	4.62	3400	1800
Motor de turbina de torre de enfriamiento	Trifásica	230	13.5	3600	2400
Motor de agitador de	Trifásica	380	1.35	3600	600

Nombre del equipo	Conexión	Voltaje (V)	Amperaje (A)	RPM nominales	Nuevas RPM
columna de extracción líquido-líquido					

#### D. Cálculos de muestra

1. Corrección de potencia para motores trifásicos

$$P = \sqrt{3} * Voltaje * Amperaje * \cos(\Phi) \text{ (ecuación 5)}$$

$$P = \sqrt{3} * 230 * 9 * 0.9 = 3260 \text{ Wh} = 3.26 \text{ kWh}$$

\*Para practicidad del cálculo se utilizó que el factor de potencia fue de 0.90

\*\*El cálculo se repitió para los demás motores eléctricos trifásicos del Cuadro 50, los datos calculados se encuentran en el Cuadro 52.

2. Corrección de potencia para motores eléctricos monofásicos

$$P = Voltaje * Amperaje * \cos(\Phi) \text{ (ecuación 6)}$$

$$P = 220 * 4.8 * 0.9 = 950 \text{ W} = 0.950 \text{ kWh}$$

\*Para practicidad del cálculo se utilizó que el factor de potencia fue de 0.90

\*\*El cálculo se repitió para los demás motores eléctricos trifásicos del Cuadro 50, los datos calculados se encuentran en el Cuadro 52.

3. Corrección de potencia para motores eléctricos con variadores de frecuencia

$$P = \sqrt{3} * Voltaje * Amperaje * \cos(\Phi) * \left( \frac{\text{Nuevas RPM}}{\text{RPM nominales}} \right)^3 \text{ (ecuación 7)}$$

$$P = \sqrt{3} * 230 * 4.62 * 0.9 * \left( \frac{1800}{3400} \right)^3 = 140 \text{ Wh} = 0.14 \text{ kWh}$$

\*Para practicidad del cálculo se utilizó que el factor de potencia fue de 0.90

\*\*El cálculo se repitió para los demás motores con variadores de frecuencia del Cuadro 51, los datos calculados se encuentran en el Cuadro 52.

4. Pronóstico de la demanda por Holt-Winters

a. Promedio del primer ciclo

$$L_1 = \frac{T1 + T2 + T3 + 4}{4} \text{ (ecuación 8)}$$

Donde:

- $L_1$  es el consumo promedio del primer ciclo
- $T1$  es trimestre 1
- $T2$  es trimestre 2
- $T3$  es trimestre 3
- $T4$  es trimestre 4

$$L_1 = \frac{6783 + 7258 + 9668 + 9437}{4} = 83346 \text{ kW}$$

b. Estacionalidad del primer ciclo

$$S_{t-s} = \text{Consumo real}_t - L_1 \text{ (ecuación 9)}$$

Donde:

- $S_{t-s}$  es la estacionalidad del ciclo anterior
- $L_1$  es el consumo promedio del primer ciclo

$$S_{t-s} = 6783 - 8336 = -1553 \text{ kWh}$$

\* Este cálculo se repitió para los consumos del trimestre 2,3 y 4.

c. Flujo del consumo

$$L_t = \alpha(D_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} - T_{t-1}) \text{ (ecuación 10)}$$

Donde:

- $L_t$  es el flujo de consumo del trimestre
- $\alpha$  es una constante designada por el usuario
- $D_t$  es el consumo real de ese trimestre
- $S_{t-s}$  es la estacionalidad del trimestre del correspondiente del ciclo anterior
- $L_{t-1}$  es el flujo de consumo del trimestre anterior
- $T_{t-1}$  es la tendencia de consumo del trimestre anterior

$$L_5 = 0(6375 - (-3890)) + (1 - 0)(L_{5-1} - T_{5-1}) = 15'862 \text{ kWh}$$

\* Este cálculo se repitió para los trimestres 5-9, ver Cuadro 55.

\*\* El  $L_{5-1}$  y la  $T_{5-1}$  se obtienen con el promedio del primer ciclo y la regresión lineal del primer ciclo, respectivamente.

d. Tendencia

$$T_t = \beta(L_1 - L_t) + (1 - \beta)T_1 \text{ (ecuación 11)}$$

Donde:

- $T_t$  es la tendencia del consumo de ese trimestre
- $\beta$  es una constante designada por el usuario
- $L_1$  es el promedio del consumo del primer ciclo
- $S_{t-s}$  es la estacionalidad del trimestre del correspondiente del ciclo anterior
- $L_{t-1}$  es el flujo de consumo de ese trimestre
- $T_1$  es la tendencia del primer ciclo

$$T_t = 0(8336 - 6375) + (1 - 0)57.95 = 57.95 \text{ kWh}$$

\* Este cálculo se repitió para los trimestres, 5-11, ver Cuadro 55.

e. Estacionalidad

$$S_t = \gamma(D_t - L_1) + (1 - \gamma)S_{t-s} \text{ (ecuación 12)}$$

Donde:

- $S_t$  es la estacionalidad del ese trimestre
- $L_1$  es el consumo promedio del primer ciclo
- $\gamma$  es una constante designada por el usuario
- $D_t$  es el consumo real de ese trimestre
- $S_{t-s}$  es la estacionalidad del trimestre del correspondiente del ciclo anterior

$$S_t = 0(6375 - 8336) + (1 - 0)(-1553) = -1553 \text{ kWh}$$

\* Este cálculo se repitió para los trimestres, 5-11, ver Cuadro 55

f. Pronóstico de la demanda

$$\text{Pronóstico} = L_t + T_t + kS_t \text{ (ecuación 13)}$$

Donde:

- $L_t$  es el flujo de consumo del último trimestre con conocimiento
- $T_t$  es la tendencia del consumo de ese trimestre
- $k$  es el número de pronóstico

- $S_t$  es la estacionalidad del ese trimestre

$$\text{Pronóstico} = 8742 + 57.95 + 1100 * 1 = 9900 \text{ kWh}$$

\* Este cálculo se repitió para los trimestres 12-15, ver Cuadro 55.

#### 5. Ahorro energético para recomendaciones técnicas

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de energía} \\ &= \text{Consumo anual} \\ &\quad - \text{Nuevo consumo anual (ecuación 14)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de energía eléctrica anual} &= 5452.80 - 2453.76 \\ &= 2999.04 \text{ kWh/año} \end{aligned}$$

\*Este cálculo se repitió para calcular el ahorro por cambio luminarias fluorescentes a luminarias, y se repitió para instalación de sensores de movimiento y se utilizó para amortiguador de ventilación, ver Cuadro 54.

#### 6. Ahorro financiero para recomendaciones técnicas

$$\begin{aligned} \text{Ahorro económico} \\ &= \text{Ahorro de energía} * \text{costo de energía (ecuación 15)} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro económico} = 2999.04 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 0.42 \frac{\text{Q}}{\text{kWh}} = \text{Q}1286.72$$

\*Este cálculo se repitió para calcular el ahorro por cambio luminarias fluorescentes a luminarias, y se repitió para instalación de sensores de movimiento y se utilizó para amortiguador de ventilación, ver Cuadro 54.

#### 7. Viabilidad financiera

- Periodo de recuperación de la inversión para recomendaciones técnicas

$$\begin{aligned} \text{Periodo de recuperación de inversión} \\ &= \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro anual}} \text{ (ecuación 22)} \end{aligned}$$

$$\text{Periodo de recuperación de inversión} = \frac{\text{Q}4445.24}{\text{Q}1286.72} = 3.45 \text{ años}$$

\*Este cálculo se utilizó para calcular el ahorro por cambio luminarias fluorescentes a luminarias, y se replicó para calcular el periodo de recuperación de inversión de sensores de movimiento y de amortiguador de ventilación, ver Cuadro 54.

## 8. Análisis costo-beneficio

Figura 35. Análisis costo-beneficio de cambio de luminarias por fluorescentes

Número	76	
Inversión por luminaria	Q26.99	
Total de inversión	Q2,051.24	
Consumo eléctrico con tecnología anterior	1787.52	kWh/año
Consumo eléctrico con tecnología nueva	804.384	kWh/año
Ahorro de energía	983.136	kWh/año
Año	Ingresos	Egresos
1	Q 412.92	Q 337.84
2	Q 412.92	Q 337.84
3	Q 412.92	Q 337.84
4	Q 412.92	Q 337.84
5	Q 412.92	Q 337.84
6	Q 412.92	Q 337.84
7	Q 412.92	Q 337.84
8	Q 412.92	Q 337.84
9	Q 412.92	Q 337.84
10	Q 412.92	Q 337.84
VAN Ingresos	Q2,649.96	
VAN Egresos	Q2,168.15	
VAN Egresos + Inversión	Q4,219.39	
Costo-beneficio	0.6280436	

\* Este cálculo se realizó en Microsoft Excel 2016, con la fórmula de VNA a una TREMA del 9%, 4% de inflación y 5% de riesgo de inversión.

\*\*Los periodos de 10 años se deben a que se estima que ese sea el tiempo de vida de estos.

\*\*\*Este cálculo se repitió para realizar evaluar financieramente la instalación de sensores de movimiento e instalación de amortiguador de ventilación, ver Cuadro 54.

\*\*\*\*El cálculo del kWh es de Q0.42, mientras que el del diésel y biodiésel fueron de Q24.60/gal y 21.89/gal, respectivamente.

\*\*\*\*\*Los ahorros por instalación de sensores de movimiento es cercano al 60% y por amortiguador de ventilación es cercano al 12%.

## 9. Estimaciones de huella carbono (CO<sub>2</sub>)

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{Consumo} * \text{Factor de emisión (ecuación 23)}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_2 \text{ 2019} &= (33345 \text{ kWh} * 0.3919) \\ &+ \left( 860 \text{ gal combustible} * \frac{3.7824 \text{ L}}{1 \text{ gal}} * \frac{2.61}{1 \text{ L}} \right) \\ &= 2555.62 \text{ kg CO}_2 \end{aligned}$$

\* Este cálculo se repitió para los consumos 2020, utilizando el mismo factor del 2019 debido a que el Ministerio de Energía y Minas-MEM-, no ha actualizado a la fecha.

\*\*Los datos calculados se pueden ver en el Cuadro 53.

## 10. Estimaciones de reducción de huella carbono (CO<sub>2</sub>)

$$\text{Reducción de CO}_2 = \text{Ahorro energético} * \text{factor de emisión}$$

$$\text{Reducción de CO}_2 = 983.14 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 0.3919 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} = 385.29 \text{ kg CO}_2 \text{ año}$$

\*Este cálculo se repitió para calcular reducción de emisiones de CO2 de instalación de sensores de movimiento e instalación de amortiguador de ventilación, ver Cuadro 54.

E. Datos calculados

Cuadro 52. Inventario eléctrico del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

<i>Práctica</i>	<i>Equipos</i>	<i>Potencia (kWhh)</i>	<i>Tiempo de uso (h)</i>	<i>Número de equipos</i>	<i>Consumo estimado (kWh)</i>	<i>Consumo estimado por práctica (kWh)</i>
Caldera	Motor de bomba tipo aurora	3.26	0.15	1	0.49	1.14
	Motor de bomba inyectora	0.07	0.15	1	0.01	
	Barra T12 fluorescente	0.04	4.00	4	0.64	
	Controlador lógico programable	0.00	4.00	1	0.00	
Metalmecánica	Soldadora	44.55	0.50	1	22.28	32.78
	Pulidora	1.10	0.25	3	0.83	
	Compresor de pintura	4.84	2.00	1	9.68	
Evaporación	Motor de bomba al vacío	1.51	2.50	1	3.79	15.04
	Balanza analítica	0.01	0.02	1	0.00	
	Refractómetro	0.01	0.50	1	0.00	
	Torre de enfriamiento	3.75	3.00	1	11.25	
Filtración	Unidad educativa de filtración	3.50	2.50	1	8.75	8.75
Caída de presión	Motor de bomba centrífuga	3.59	1.50	1	5.38	5.38
Túnel de calor	Túnel de calor	2.50	3.50	1	8.75	8.75
Absorción	Motor de bomba centrífuga	2.65	3.00	1	7.96	9.56
	Computadora	0.40	4.00	1	1.60	
	Controlador lógico programable	0.00	4.00	1	0.00	
	Balanza analítica	0.01	0.02	1	0.00	
	Vertederos/Curvas características	Motor de bomba centrífuga	0.34	3.00	2	

<i>Práctica</i>	<i>Equipos</i>	<i>Potencia (kWhh)</i>	<i>Tiempo uso (h)</i>	<i>Número de equipos</i>	<i>Consumo estimado (kWh)</i>	<i>Consumo estimado por práctica (kWh)</i>
Refrigeración	Unidad educativa de refrigeración	3.50	3.00	1	10.50	12.43
	Compresor	0.24	3.00	1	0.73	
	Computadora	0.40	3.00	1	1.20	
Medidores de flujo	Motor de bomba centrífuga	0.14	3.00	1	0.43	1.03
	Variador de frecuencia	0.20	3.00	1	0.60	
Secador de bandeja	Secador de bandeja	15.00	3.00	1	45.00	45.00
Extracción líquido-líquido	Controlador lógico programable	0.00	1.50	1	0.00	1.61
	Motor de agitador	0.00	1.50	1	0.01	
	Motor de bomba	0.17	1.50	2	0.51	
	Variador de frecuencia	0.20	1.50	1	0.30	
	Computadora	0.40	2.00	1	0.80	
Fermentación acética	Compresor	11.19	80.00	1	894.84	894.84
Homogeneizador	Homogeneizador	3.00	1.00	1	3.00	3.00
Destilación	Controlador lógico programable	0.00	4.00	1	0.00	28.96
	Caldera	3.49	4.00	1	13.95	
	Torre de enfriamiento	3.75	4.00	1	15.00	
Extracción de jugos	Extractor de jugos	0.75	1.00	1	0.75	0.75
Torre de enfriamiento	Motor de turbina	1.50	3.00	1	4.49	11.25
	Motor de bomba centrífuga	1.65	3.00	1	4.96	

<i>Práctica</i>	<i>Equipos</i>	<i>Potencia (kWhh)</i>	<i>Tiempo de uso (h)</i>	<i>Número de equipos</i>	<i>Consumo estimado (kWh)</i>	<i>Consumo estimado por práctica (kWh)</i>
	Controlador lógico programable	0.00	3.00	1	0.00	
	Variador de frecuencia	0.20	3.00	1	0.60	
	Computadora	0.40	3.00	1	1.20	
Cuarto de sólidos	Motor de discos	4.00	0.50	1	2.00	6.66
	Motor de martillos	5.59	0.50	1	2.80	
	Motor de mandíbulas	2.24	0.50	1	1.12	
	Banco de tamices	1.49	0.50	1	0.75	
	Balanza analítica	0.01	0.02	1	0.00	
Demostración de destilación	Unidad educativa de destilación	1.00	1.00	6	6.00	28.37
	Compresor	3.73	1.00	6	22.37	
Secador rotatorio	Alimentación	0.23	3.00	1	0.69	4.72
	Ventilador	0.37	3.00	1	1.12	
	Motor de secador	0.97	3.00	1	2.92	
Demostración de biodiésel	Unidad educativa de biodiésel	2.00	3.00	1	6.00	6.00
Intercambiador de calor	Motor de bomba centrífuga 1	2.19	3.00	1	6.56	10.18
	Motor de bomba centrífuga 2	1.21	3.00	1	3.62	
Geotermia	Unidad de refrigeración	0.88	1.50	1	1.32	2.82
	Unidad de calefacción	1.00	1.50	1	1.50	
Biodiésel	Motor de agitador	0.94	8.00	1	7.49	68.84
	Motores de bomba centrífuga	0.34	0.17	4	0.23	
	Caldera	3.49	8.00	1	27.91	

<i>Práctica</i>	<i>Equipos</i>	<i>Potencia (kWhh)</i>	<i>Tiempo uso (h)</i>	<i>Número de equipos</i>	<i>Consumo estimado (kWh)</i>	<i>Consumo estimado por práctica (kWh)</i>
Eólica	Computadora	0.40	8.00	1	3.20	208.93
	Torre de enfriamiento	3.75	8.00	1	30.01	
	Motor de turbina	0.94	2.00	1	1.88	
	Biorreactor	1.49	120.00	1	178.20	
	Campana de extracción	0.49	5.00	1	2.43	
	Balanza analítica	0.01	0.02	1	0.00	
	Agitador	0.04	120.00	1	4.80	
	Baño térmico	0.50	12.00	1	6.00	
	Mufla	3.50	5.00	1	17.50	
	Refractómetro	0.01	0.50	1	0.00	
Iluminación	Oficina 1	0.04	40.00	4	6.40	248.60
	Oficina 2	0.04	20.00	4	3.20	
	Oficina 3	0.04	60.00	4	9.60	
	Oficina 4	0.04	20.00	4	3.20	
	Oficina 5	0.04	20.00	4	3.20	
	Oficina 6	0.04	40.00	4	6.40	
	Oficina 7	0.04	40.00	4	6.40	
	Bodega	0.04	2.00	4	0.32	
	Salón de estudiantes y pasillos	0.04	60.00	28	67.20	
	Cabina 1 y 2	0.04	12.00	16	7.68	
Cómputo	LOU	0.15	60.00	15	135.00	112.00
	Oficina 1	0.40	40.00	1	16.00	
	Oficina 2	0.40	20.00	1	8.00	
	Oficina 3	0.40	60.00	1	24.00	
	Oficina 4	0.40	20.00	1	8.00	
	Oficina 5	0.40	20.00	1	8.00	

<i>Práctica</i>	<i>Equipos</i>	<i>Potencia (kWhh)</i>	<i>Tiempo de uso (h)</i>	<i>Número de equipos</i>	<i>Consumo estimado (kWh)</i>	<i>Consumo estimado por práctica (kWh)</i>
	Oficina 6	0.40	40.00	2	32.00	
	Oficina 7	0.40	40.00	1	16.00	
Otros equipos	Timbre	0.01	0.03	1	0.00	152.57
	Refrigeradores	0.05	168.00	2	16.80	
	Refrigerador para muestras	0.00	168.00	1	0.42	
	Horno microondas	125.00	0.33	1	41.67	
	Computadoras con videos	0.40	40.00	2	32.00	
	Circuito cerrado	0.01	168.00	1	1.68	
	Aire acondicionado	1.00	30.00	2	60.00	

Cuadro 53. Estimación de huella de carbono del Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala, años 2019 y 2020.

<b>Fuente de energía</b>	<b>2019 (kg CO<sub>2</sub>)</b>	<b>2020 (kg CO<sub>2</sub>)</b>
Diésel	7'904	7'904
Biodiésel	1'581	1'581
Energía eléctrica	13'068	10'263
<b>Total</b>	<b>22'553</b>	<b>19'748</b>

Cuadro 54. Evaluación financiera y ambiental para planes recomendaciones técnicas.

	<b>Cambios de barras fluorescentes a barras LED</b>	<b>Instalación de sensores de movimiento</b>	<b>Amortiguador de ventilación</b>
Unidades	76	11	1
Costo de inversión	Q2'051.24	Q913.00	Q9'500.00
Ahorro energético anual	642.05 kWh	1'072.51 kWh	115 gal
Beneficio económico anual	Q412.92	Q450.46	Q2'781.89
Periodo de retorno de inversión	4.96 años	2.03 años	3.42 años
Análisis costo beneficio	0.63	3.11	1.58
Reducción de emisiones anuales	385.29 kg de CO <sub>2</sub>	427.39 kg de CO <sub>2</sub>	1'138.16 kg de CO <sub>2</sub>

Cuadro 55. Consumo y pronóstico de consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, de la Universidad del Valle de Guatemala.

Fecha de trimestre	Número de trimestre	Consumo de energía eléctrica (kWh)	Lt	Tt	S	k	Pronóstico de consumo (kWh)
1/01/2019	1	6783			-	1553	
1/04/2019	2	7258			-	1079	
1/07/2019	3	9868			1531		
1/10/2019	4	9437	8336	57.9585942	1100		
1/01/2020	5	6375	8394	57.9585942	-	1553	6841
1/04/2020	6	4595	8452	57.9585942	-	1079	7373
1/07/2020	7	8620	8510	57.9585942	1531		10041
1/10/2020	8	6598	8568	57.9585942	1100		9669
1/01/2021	9	6266	8626	57.9585942	-	1553	11851
1/04/2021	10	8656	8684	57.9585942	-	1079	8684
1/07/2021	11	9787	8742	57.9585942	1531		8684
1/10/2021	12					1	9900
1/01/2022	13					2	5694
1/04/2022	14					3	5564
1/07/2022	15					4	14925

## XII. Glosario

- Alta dirección: Persona o grupo de personas que poseen recursos y poder de decisión para hacer cambios en las empresas u organizaciones.
- Banco de condensadores: Es una agrupación de condensadores, de misma capacidad, que están conectados en serie o en paralelo y pueden almacenar energía.
- Corriente monofásica: Sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma.
- Corriente trifásica: Sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, que presentan una diferencia de fase entre ellas de  $120^\circ$  eléctricos.
- Factor de emisión: Cantidad de contaminante emitido por consumo de energía no renovable.
- Factor estático: Alusión a la compra de nuevos equipos, servicios o cambios al inmobiliario de una empresa.
- Factor de potencia: Es la eficiencia del consumo eléctrico al convertirlo en trabajo.
- Manual energético (MEM): Serie de procedimientos que ayuda a una organización a implementar un sistema de gestión energética.
- No conformidad: Violación a alguna de las cláusulas que demanda la norma internacional ISO 50001-2018.
- Línea base energética (LGE<sub>n</sub>): Referencia cuantitativa que permite a una organización saber cómo es su consumo energético.
- Lux: Unidad radiométrica que mide la irradiación de un vatio por metro cuadrado.
- Potencia activa: Aquella potencia útil que se disipa o realiza trabajo.
- Potencia reactiva: Aquella potencia no útil que es generada por bobinas o condensadores.
- Sistema de Gestión Energética (SGE<sub>n</sub>): Conjunto de elementos de una organización interrelacionados que permiten establecer una política y objetivos energéticos.

- Uso Significativo de la Energía (USEn): Conjunto de operaciones o servicios que consumen la mayor parte de la energía que es suministrada a la empresa u organización.