



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UN  
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS REFRIGERADOS EN LA  
REPÚBLICA DE GUATEMALA**

**Alejandro David Estuardo Sosa Matta**

Asesorado por el Mtro. Ing. ME Mario Ernesto Blanco Velásquez

Guatemala, abril de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UN  
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS REFRIGERADOS EN LA  
REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ALEJANDRO DAVID ESTUARDO SOSA MATTA**  
ASESORADO POR EL MSC.ING. MARIO ERNESTO BLANCO VELÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Ordoñez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UN  
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS REFRIGERADOS EN LA  
REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado con fecha 20 de noviembre de 2021.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alejandro David Estuardo Sosa Matta', written over a horizontal line.

**Alejandro David Estuardo Sosa Matta**



**EEPFI-PP-0026-2022**

Guatemala, 12 de enero de 2022

**Director**  
**César Ernesto Urquizú Rodas**  
**Escuela Ingeniería Mecánica Industrial**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Urquizú**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS REFRIGERADOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energía Aplicada - Uso Eficiente de la Energía - Uso eficiente en residencias y edificios**, presentado por el estudiante **Alejandro David Estuardo Sosa Matta** carné número **201020651**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

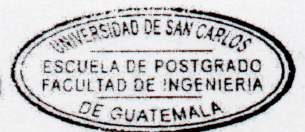
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Mario Ernesto Blanco Velásquez  
Asesor(a)

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



**Mario Ernesto Blanco Velásquez**  
Ingeniero Mecánico Electricista  
Colegiado No. 15,264

Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería







EEP-EIMI-0026-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS REFRIGERADOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Alejandro David Estuardo Sosa Matta**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022



LNG.DECANATO.OI.379.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS REFRIGERADOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por **Alejandro David Estuardo Sosa Mata**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, abril de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser el fundamento en mi vida personal y profesional y su bendición.
<b>Mis padres</b>	Miriam Mata y Alfredo Sosa, por su apoyo, amor incondicional y esfuerzo para mi preparación, hoy recibo su valiosa herencia, mi profesión.
<b>Mi esposa</b>	Virginia Morales, principal protagonista de este sueño alcanzado, sin tu apoyo, tu ayuda constante y tu amor, no podría andar mi camino.
<b>Mis hermanos</b>	Alfredo, Ricardo y Anneliesse Sosa, quienes me han apoyado y han hecho que mi vida sea mejor y más alegre.
<b>Mi familia</b>	Sosa y Mata, por todo el cariño y los momentos donde me han inculcado valores y motivación.
<b>Mis amigos</b>	De cada grupo, universidad, trabajo y vecinos por apoyarme cuando lo necesito y por extender su mano en momentos difíciles.
<b>Mis compañeros</b>	Heather Salamanca, Paulo Ochaeta, Aurora González, Elvis Galicia, Matilde Martínez, Gerardo Pineda.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la institución que me titula como profesional y por la calidad de sus trabajadores.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por aceptarme y darme la oportunidad de aumentar mi conocimiento y hacerme crecer como persona.
<b>Escuela de Mecánica Industrial</b>	Por todo el conocimiento brindado a través de cada catedrático.
<b>Maestro Ariel Villela</b>	Por su ayuda incondicional durante la carrera y por la intensa dedicación que da a los alumnos.
<b>Mi asesor</b>	Mtro. Ing. Mario Blanco por ayudarme en todo momento a conseguir esta meta.
<b>Biblioteca Central</b>	Por ser el espacio que me permitió concentrarme en el estudio de mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	XI
ANTECEDENTES.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XVII
JUSTIFICACIÓN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
NECESIDADES POR CUBRIR.....	XXV
1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	1
1.1. Eficiencia energética industrial .....	1
1.2. Cultura energética .....	1
1.2.1. Una nueva cultura energética .....	3
1.2.2. Energía y educación .....	4
1.3. Eficiencia energética en Guatemala .....	4
1.4. Auditor energético .....	5
1.5. Auditorías energéticas .....	5
1.5.1. Clasificación de auditorías energéticas .....	6
1.5.1.1. Diagnóstico energético .....	6
1.5.1.2. Auditoría energética.....	7
1.5.1.3. Auditoría de seguimiento .....	7
1.5.2. Norma ISO 50002 auditoría energética .....	8
1.5.3. Norma ISO 50001 sistema de gestión energética ....	8

1.5.4.	Real Decreto 56/2016 eficiencia energética .....	8
1.5.5.	Norma UNE-EN 16247 auditorías energéticas.....	9
1.6.	Etapas de la auditoría energética.....	9
1.6.1.	Contacto preliminar .....	10
1.6.1.1.	Reunión Inicial.....	10
1.6.1.2.	Recopilación de datos .....	11
1.6.1.3.	Trabajo de campo .....	12
1.6.1.4.	Análisis.....	12
1.6.1.5.	Informe de auditoría .....	14
1.6.1.6.	Reunión final .....	15
1.6.2.	Equipo para auditorías energéticas.....	15
1.6.3.	Eficiencia energética de sistemas de refrigeración .	16
1.6.3.1.	Condiciones que afectan la eficiencia energética de un sistema de refrigeración .....	16
1.6.4.	Eficiencia energética en iluminación .....	17
1.6.4.1.	Iluminación LED .....	17
1.6.4.2.	Iluminación inteligente.....	18
1.6.5.	Eficiencia energética en el uso de agua.....	18
1.6.6.	Reseña de la distribuidora.....	20
2.	PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	21
3.	METODOLOGÍA .....	25
3.1.	Características del estudio .....	25
3.2.	Unidades de análisis .....	26
3.3.	Variables .....	26
3.4.	Fases del estudio .....	28
3.4.1.	Fase 1: Metodología de auditoría energética .....	28

3.4.2.	Fase 2: Diagnóstico de eficiencia energética .....	29
3.4.3.	Fase 3: Determinación de ahorros.....	29
4.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	31
4.1.	Rendimiento energético.....	31
4.2.	Indicador de desempeño energético (ENPI).....	32
4.3.	Índice de eficiencia energética (IEE) .....	32
4.4.	Balance energético.....	33
5.	CRONOGRAMA.....	35
6.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	37
7.	REFERENCIAS.....	41





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Cronograma de la investigación..... 35

### TABLAS

- I. Variables de investigación..... 27
- II. Recursos necesarios para la investigación ..... 37



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A/C</b>	Aire acondicionado
<b>AT</b>	Alta tensión
<b>BT</b>	Baja tensión
<b>BTU</b>	British thermal unit
<b>\$</b>	Dólares, moneda estadounidense
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>h</b>	Hora
<b>HP</b>	Horas de punta
<b>HFP</b>	Horas fuera de punta
<b>KVA</b>	Kilovoltiamperios
<b>KVAR</b>	Kilovoltiamperios reactivos
<b>kW</b>	Kilowatts
<b>kWh</b>	Kilowatts hora
<b>lx</b>	Lux
<b>MT</b>	Media tensión
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzales, moneda guatemalteca
<b>V</b>	Voltios



## GLOSARIO

<b>Ahorro</b>	Evitar gasto innecesario de dinero, tiempo u otra cosa.
<b>Auditoría</b>	Proceso de verificación y validación del cumplimiento de una actividad según lo planeado.
<b>Certificación</b>	Documento o escrito en el que se certifica o da por verdadera una cosa.
<b>Control</b>	Conjunto de medidas para gestionar el riesgo y aumentar la probabilidad de lograr los objetivos.
<b>Diagnóstico</b>	Análisis para determinar una situación y sus tendencias, basado en datos recogidos y ordenados.
<b>Eficiencia</b>	Realizar o cumplir adecuadamente una función con la menor cantidad de recursos.
<b>Eléctrico</b>	Que tiene o comunica electricidad, o funciona por medio de ella.
<b>Energía</b>	Capacidad de producir trabajo. En tecnología y economía, energía se refiere a un recurso natural.
<b>Energético</b>	Que tiene relación con la energía.



<b>Equipo</b>	Cualquier dispositivo mecánico, eléctrico o electrónico utilizado para producir bienes o servicios.
<b>Factibilidad</b>	Análisis económico, técnico y operativo que determina si un proyecto puede llevarse a cabo o no.
<b>Impacto</b>	Consecuencia de los efectos de un proyecto.
<b>Metodología</b>	Estrategia para seguir en un proceso que permite realizar una indagación de manera eficaz.
<b>Norma ISO</b>	Conjunto de estándares internacionales que garantizan a las organizaciones cumplir con los requisitos de sus productos y servicios.
<b>Oportunidad</b>	Periodo temporal apropiado para obtener un provecho o cumplir un objetivo.
<b>Parámetro</b>	Dato o medida desde el que se examina un tema.
<b>Potencia</b>	Cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo.
<b>Riesgo</b>	Combinación de la probabilidad de un evento y sus consecuencias negativas.
<b>Sistema</b>	Conjunto de procesos, tecnología, talento, información y materiales configurados para fabricar.
<b>Térmico</b>	Del calor o de la temperatura o relacionado con ellos.

## INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación trata de un emprendimiento profesional, el cual pretende utilizar la auditoría energética como una herramienta de gestión, que permite mejorar la eficiencia energética y medioambiental de una distribuidora de productos cárnicos.

Hoy en día la prioridad de gestión de las organizaciones que ya son productivas y generan grandes ingresos están enfocadas en minimizar los riesgos que puedan afectar a la rentabilidad y, por ende, los mayores esfuerzos se realizan sobre aquellos riesgos de mayor importancia, así la eficiencia energética pasa a ser un objetivo secundario o en la mayoría de los casos, un tema nunca tratado, sobre todo en Guatemala que no cuenta con leyes o normativas en la materia.

La distribuidora de productos cárnicos refrigerados forma parte de un grupo de distribuidoras del mismo tipo, siendo esta la primera construida por la organización y actualmente solo se conoce el historial de consumo y no se ha sometido a una auditoría energética. Durante esta investigación se espera crear una metodología, a partir de las existentes, que se adapte a la operación de interés y realizar un análisis sobre las posibles mejoras y riesgos asociados, su cuantificación, más que de certificar la autenticidad de las cuentas energéticas de la empresa, tal y como podría interpretarse por analogía con los usos en finanzas y contabilidad.

Primero, se debe de describir el objeto de estudio, con las características iniciales conocidas, posteriormente se desarrollará la metodología de auditoría

energética a partir de las existentes que se adapten a las características ya conocidas, definiendo su alcance, perfil del auditor energético, procedimientos a realizar en la auditoría, donde se realizará una inspección y análisis sistemáticos del uso y consumo de energía en la organización con el objeto de identificar e informar acerca de los flujos de energía y del potencial de mejora de la eficiencia energética. Posteriormente, al realizar la auditoría energética se analizarán y se discutirán sus resultados.

Para su realización, se contó con el apoyo de la organización en cuanto a los recursos necesarios e información requerida, ya que actualmente hay un interés en conocer el potencial de este proyecto, en cuanto a los posibles beneficios económicos y ambientales que se puedan determinar; también existen diversas normas asociadas a las auditorías energéticas en las cuales basarse para definir la adecuada.

## ANTECEDENTES

La auditoría energética es una herramienta que encamina a las organizaciones a utilizar la energía de forma racional, en contraste con las auditorías medioambientales. Se trata, de un estudio de los aspectos integrales, principalmente técnicos y económicos, que impactan al consumo de las energías en una organización, cuyos parámetros, salvo en ciertos casos, no están sujetos a legislación o normativa; los siguientes estudios han abordado el tema con perspectivas interesantes para la realización de estas auditorías.

Se resalta el potencial de ahorro energético en los sistemas de refrigeración en una investigación sobre auditoría energética para la optimización de consumos en el proceso productivo de una fábrica de embutidos, García de Caso (2016), indica que “realizar una auditoría energética a una planta de procesado, donde se deben mantener controlados los parámetros de temperatura y humedad con el objetivo de alcanzar la calidad necesaria, la normativa de auditoría energética española es un referente” (pág. 16). En este estudio, se logró determinar que los principales consumos que hay en la planta son los eléctricos asociados a los compresores de los ciclos frigoríficos, la iluminación y ventiladores, éstos con un potencial de ahorro importante.

Se resalta que existen variadas formas de auditar la energía, en una investigación sobre la implementación de una auditoría energética de acuerdo con la norma ISO 50002 en una empresa metalmecánica, la cual estructura una auditoría energética, logrando de una manera práctica y eficaz, analizar el desempeño energético que existe en la empresa; identificando sus variables y cuantificando las oportunidades de aprovechamiento energético de energía

eléctrica y gas licuado de petróleo. Concluyendo así, que esta norma cubre los requisitos generales, metodología común y entregables para todas las auditorías energéticas (Mosquera Bonilla, 2020).

En el artículo Criterios de auditoría en la realización de auditorías energéticas, Alarcón García (2016), publicado para el IX Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica resalta, a partir del estudio de las normas ISO y UNE-EN referentes a sistemas de gestión de auditorías y de auditorías energéticas, la importancia del criterio en la realización de las mismas de auditorías energéticas y que las normas UNE-EN 16247 e ISO 50002 no ofrecen información al respecto, en comparación a la norma UNE-EN ISO 19011; basándose en la misma, analiza el concepto de los criterios de auditoría en la auditoría energética, así como se dan orientaciones para su establecimiento, que se refieren por lo general a las políticas energéticas de las organizaciones, los objetivos del programa de auditorías, en caso de existir, los criterios técnicos y la experiencia profesional.

En el trabajo Auditoría energética de un bloque de viviendas en Madrid, se realiza una auditoría energética en un edificio habitacional, mediante la metodología específica de Calificación Energética Residencial Método Abreviado (CERMA) logrando definir planes de mejora de eficiencia energética, Alonso-Galán (2018).

En el proyecto de Auditoría Energética en el sector terciario: hospital, Álvarez Satta (2018), el autor persigue analizar una serie de medidas para la mejora de la eficiencia energética, para ello utiliza la norma UNE-EN 16247 logrando la primera valoración, obteniendo una letra C con un potencial de ahorro de 60 KW.



Como se puede observar, existe suficiente información para la auditoría energética en el proceso específico de la distribución de productos cárnicos refrigerados, pero escoger la metodología correcta para el proceso operativo del estudio, es importante y se debe contextualizar dentro de la realidad local y las características operativas, en este caso en el municipio de Guatemala, ya que tiene sus propias características, tanto climáticas, de hábitos de consumo de la población, culturales, geográficas, que influyen en los comportamientos de consumo energéticos.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **Contexto general**

En las industrias de productos masivos, el consumo energético de los procesos suele representar un porcentaje bajo del costo de producción, por lo cual la mejora de su eficiencia no es uno de sus objetivos, ya que se percibe como baja la oportunidad económica que representaría invertir en gestionarla correctamente. Esto, sumado a que Guatemala no cuenta con normativas para eficiencia energética, genera una falta de cultura de la misma, que puede conllevar a materializar otros riesgos inesperados por las empresas y perder oportunidades significativas de aumento de eficiencia energética y disminución del impacto ambiental.

Las auditorías energéticas son análisis sistemáticos que permiten revisar los comportamientos del uso de la energía y del consumo de energía en el lugar de estudio, de manera que se pueda mejorar el rendimiento energético. A partir del 2011, se emitió la norma ISO 50001 donde se implementan los sistemas de gestión, demostrando que estos sistemas son muy importantes para mantener el nivel de eficiencia energética o aumentarla, porque permite tener variables que controlan el desempeño energético de los procesos.

Esta a su vez promovió al desarrollo de una serie de normas para que el tratamiento de la energía fuese conforme al sistema de gestión. En 2015 aproximadamente se publicó la norma ISO 50002 la cual muestra cómo hacer una auditoría energética enmarcada dentro de la ISO 50001.

Teniendo en consideración lo anterior, se hizo un análisis del uso de la energía eléctrica en una distribuidora de productos cárnicos refrigerados y se evidenció que no se cuenta con un sistema de gestión energética ni tampoco se ha realizado en la empresa un estudio del desempeño energético. Lo que genera un desconocimiento respecto al uso adecuado de la energía que es utilizada y la posibilidad de que en los diversos procesos se estén efectuando desperdicios de esta.

El desarrollo de este trabajo busca proponer una metodología de auditoría energética con las normativas que han demostrado ser útiles para analizar el desempeño energético actual, identificar y evaluar los potenciales de ahorro energético, de manera que se pueda tomar acciones las cuales contribuyan a la obtención de beneficios económicos.

### **Descripción del problema**

No se cuenta con una metodología específica para realizar una auditoría energética en la distribuidora de productos cárnicos refrigerados, la cual desconoce y no es capaz de determinar los riesgos y beneficios potenciales asociados a la energía utilizada en su proceso de distribución.

## **Formulación del problema**

### **Pregunta principal**

¿Permitirá el estudio al desarrollo de una metodología de auditoría energética, que contribuya a establecer mejoras encaminadas al uso eficiente de la energía consumida por la distribuidora de productos cárnicos refrigerados en la República de Guatemala?

### **Preguntas auxiliares**

¿Es posible determinar los consumos energéticos a través del desarrollo de la metodología de auditoría energética?

¿Es posible identificar integralmente los factores que afectan el consumo energético de la distribuidora refrigerada a través de la metodología de auditoría energética?

¿Es posible estimar consumos energéticos que pueden ser reducidos a través de la metodología de auditoría energética?

## **Delimitación del problema**

La creciente preocupación de la conservación del medio ambiente y el cambio climático están llevando a los gobiernos de todo el mundo a la búsqueda de soluciones capaces de corregir dicho efecto, como consecuencia de dicha preocupación, diferentes países se comprometen a cumplir, entre otras medidas recomendadas, el fomento del ahorro y la eficiencia energética en todos los sectores. El desarrollo y la aplicación de la metodología de auditoría energética



enfocada a mejorar la eficiencia de la misma, se realizará a partir del mes de noviembre del 2021, en una distribuidora de productos cárnicos refrigerados ubicada en el área urbana del municipio de Guatemala.

## JUSTIFICACIÓN

La metodología de auditoría energética servirá para que la organización cuente con un instrumento que permita dar a conocer el perfil de consumo energético de las operaciones y procesos realizados en la distribuidora refrigerada y así determinar las bases del cálculo y mejora de la eficiencia energética, así como las posibilidades de ahorro de energía. El proyecto se encuentra enmarcado en el área energética de la maestría en energía y ambiente, dentro de las líneas de investigación y aplicativas energéticas, las cuales son el uso eficiente en sistemas industriales y comerciales, esto debido a que se busca la eficiencia en el uso de la energía utilizando las competencias profesionales adquiridas durante el estudio de la maestría.

Los datos obtenidos en su aplicación serán el punto de partida para fijar objetivos de eficiencia energética, aportando información de suma relevancia y valor para la toma de decisiones a nivel estratégico, también permitirá determinar el tipo de gestión requerida para minimizar los riesgos de la organización asociados a la eficiencia energética.

Con la auditoría energética desarrollada específicamente para la operación de una distribuidora de productos cárnicos refrigerados en Guatemala, se espera que otras organizaciones, con operaciones o instalaciones similares, tomen de base la misma para que se auditen internamente y mejoren su eficiencia energética, y así contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible del país y al desarrollo de otras organizaciones, también se espera generar indirectamente un ambiente de cultura energética, donde los colaboradores sean conscientes de los impactos ambientales del consumo de cada energía y así

actúen dentro de los marcos del consumo eficiente de la misma y así se aprovechen oportunidades de ahorro y mejorar el medio ambiente, ya que al consumir la energía de una manera racional, se reduce el gasto, disminuye la contaminación ambiental y por ende mejora la calidad ambiental.

# OBJETIVOS

## **Objetivo general**

Desarrollar una metodología de auditoría energética que contribuya a mejorar la eficiencia energética de la distribuidora de productos cárnicos refrigerados en la República de Guatemala.

## **Objetivos específicos**

1. Determinar los aspectos integrales que afectan el consumo energético de la distribuidora refrigerada a través de la metodología de auditoría.
2. Identificar los factores de consumo energético a través de la metodología de auditoría energética.
3. Estimar potenciales de ahorro energético a través de la metodología de auditoría energética.



## NECESIDADES POR CUBRIR

A nivel nacional y regional, la falta de auditorías energéticas representa una problemática de índole económico y ambiental, ya que el uso racional de la misma impacta directa e indirectamente sobre los recursos naturales y el desarrollo del país, por ello la realización de la auditoría energética contribuye al entendimiento del consumo de la misma para la organización de estudio y puede ser de referencia para operaciones similares, ya que este tipo de bodegas refrigeradas son muy comunes en la industria alimenticia.

Una de las necesidades más importantes, por las cuales se trabajará este proyecto, es debido a que en la República de Guatemala no se cuenta con normativas de eficiencia energética o metodologías de auditoría energética que consideren los factores específicos que hagan factible la realización de estas, también porque se requiere de personal capacitado para su realización o la contratación del mismo; si bien a nivel mundial existen muchas metodologías para realizar auditorías energéticas, éstas deben de adaptarse a las características y contexto del objeto de estudio, lo cual complica aún más su realización o práctica continua.

Realizar la metodología de auditoría energética específica, servirá como línea base para analizar el proceso y determinar riesgos de negocio, como contaminación ambiental provocado por su falta de gestión, los resultados del proyecto son fundamentales para apoyar a la empresa.

Su esquema de solución se llevará a cabo mediante una sistematización de los elementos a auditar apoyado de normas y manuales internacionales, para

determinar cuáles son los elementos importantes de auditar, para obtener información necesaria.

La pertenencia del proyecto propuesto está directamente relacionada con la maestría en Energía y Ambiente, ya que su aplicación se encuentra dentro de la gestión y uso eficiente de la energía en sistemas industriales y comerciales. Dentro de las competencias de la maestría se encuentra la eficiencia energética, por lo que, el proyecto pretende aplicar los conocimientos técnicos que se adquirirán en la maestría de Energía y Ambiente.

El proyecto que se trabajará será la creación de la metodología de auditoría energética, el cual será realizado por mi persona y un asesor maestro electricista. Se tiene planificado iniciar en el mes de noviembre 2021, en el municipio de Guatemala.

# **1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

## **1.1. Eficiencia energética industrial**

Toda operación industrial es un sistema de transformación energético cuyos insumos son materia prima, mano de obra y propiamente energía para los sistemas de transformación de sus productos, resultado de esta conversión son los bienes y desechos de material y energía. Para maximizar beneficios, las empresas buscan siempre mantener los costos de los insumos tan bajos como sea posible sin afectar el valor de su producto final, en el caso de la energía esto se consigue reduciendo su consumo o aumentando la cantidad de productos o servicios brindados, en otras palabras, Pérez Pinedo (2014) refiere que:

La eficiencia energética se puede definir como las acciones que se planifican para lograr que los equipos alcancen el mayor rendimiento con el menor consumo de energía, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso y por tanto la protección del medio ambiente (p. 14).

Anteriormente, el costo de la energía eléctrica frente a otros insumos era tan bajo que se ignoraba; sin embargo, recientemente los costos se han incrementado y la importancia de la eficiencia energética es un tema financiero.

## **1.2. Cultura energética**

El cambio las costumbres energéticas a nivel mundial está ya en desarrollo, según Andalucía Ecológica Medio Ambiente (2017), afirma que:



Es preciso que se implanten y se generalicen nuevas formas de gestión colectiva de necesidades, de sistemas urbanos y de las redes. esta nueva forma de vivir y producir necesita nuevas formas de organización social. En primer lugar, se necesita un reforzamiento cualitativo de la gestión colectiva. La política energética debe incorporarse activamente al proceso ordenador del territorio desde su inicio. La dimensión energética ha de introducirse en las decisiones básicas de crecimiento urbano y ordenación de usos para garantizar un desarrollo equilibrado y sostenible (p. 32).

En las empresas con sistemas de gestión recién implementados, son notorios los cambios en el comportamiento del personal y por ende en todo el ambiente laboral, debido a que se vuelve obligatorio realizar toda acción acorde a dichos sistemas. Por ejemplo, con un sistema de gestión de seguridad industrial y salud ocupacional, se vive una cultura de seguridad dentro de las empresas. Así mismo se está acuñando el término de cultura energética en aquellas organizaciones que tienen objetivos de uso racional de energía perseguidos a través de una cultura de ahorro de energía dentro de los miembros empresa.

Quienes viven en esta cultura energética, lo hacen dentro del marco de planes y políticas de ahorro de energía dentro de la empresa, además de tener constante concientización y capacitación en la adecuación de políticas energéticas, procedimientos de buen uso de la energía.

Este conjunto de estas acciones, crean una cultura de eficiencia en cada colaborador, ya que cada miembro es capaz de conocer el consumo de energía del cual es responsable, así como los objetivos energéticos y los resultados obtenidos en la organización en un plan de eficiencia energética, que tiene como objetivo proporcionar soluciones al exceso de consumo de energía y generar una cultura de cuidado al medio ambiente. Una cultura de responsabilidad energética

dentro de los miembros de la organización puede ser transmitida en hogares y comunidades y generar grupos organizados para el mismo, como un comité energético. Según Sánchez Vidal (2019):

Un comité de eficiencia energético se encarga de realizar las políticas y normas que permitan garantizar un buen uso de la energía, recopilación de consumos históricos, establecimiento de indicadores que permitan determinar el estado actual de la eficiencia energética y verificación de los consumos actuales de la empresa permitiendo identificar los excesos de estos en los procesos productivos (p. 16).

### **1.2.1. Una nueva cultura energética**

La creencia sobre satisfacción de las necesidades de las sociedades y empresas a través de los actuales métodos de producción y consumo debe ser modificada por otra creencia en la que predominen los principios de autoabastecimiento y adaptación, lo que implicaría cambios radicales, que pueden verse ya en práctica en algunos países, como solo trasladar a la red la demanda de energía que no es posible resolver con soluciones sostenibles, según Cubillos (2011):

No se pretende aislar a los consumidores, se trata de modificar sustancialmente respecto a la dependencia absoluta de la red que caracteriza la situación actual y adaptación de las formas de producir y de vivir a las condiciones climáticas, territoriales y culturales (p. 143).

Alonso-Galán (2018), comenta que “en el camino hacia la nueva cultura energética, serán claves los mensajes que reciba la ciudadanía y la definición de enfoques y soluciones plenamente adaptados a las condiciones de la región” (p. 57).

### **1.2.2. Energía y educación**

Durante el desarrollo de la cultura energética, la educación es clave para privilegiar las actitudes de ahorro y conocimientos en energía, la educación energética, según García Labrada (2020):

...debe ser considerada como un proceso continuo de acciones pedagógicas dirigidas al desarrollo de un sistema de conocimientos, procedimientos, habilidades, comportamientos, actitudes y valores en relación con el uso sostenible de la energía. También, resaltar entre sus características, su marcado carácter interdisciplinario, su relación con la educación ambiental y con los objetivos declarados desde la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental celebrada en Tbilisi en 1977; por lo que se le concibe como uno de los objetivos de la educación en el currículo escolar (p. 43).

### **1.3. Eficiencia energética en Guatemala**

Guatemala cuenta con un anteproyecto de ley de eficiencia energética, presentado en el 2012, con el objeto de acceder a financiamiento para promover cambios de tecnología que generen disminución de costos y ahorro en el consumo de energía. Este proyecto ha sido impulsado por el “Ministerio de Energía y Minas (MEM), la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Comisión Económica para América Latina (CEPAL), así como la Organización Latinoamericana de Energía Eléctrica (OLADE), en donde se estableció la hoja de ruta en la discusión del Plan Integral de Eficiencia Energética y anteproyecto de Ley de Eficiencia Energética de Guatemala”, según Central America Data (2012):

La iniciativa de Ley de Eficiencia Energética, en términos generales comprende: Creación del Consejo Nacional de Eficiencia Energética

(CONEE), como Órgano Técnico del MEM, el Plan Integral de Eficiencia Energética, que debe ser elaborado y ejecutado por el CONEE; Fondo de Eficiencia Energética (FODEE), como mecanismo financiero administrativo para la promoción de programas y proyectos de inversión técnica, capacitación, divulgación e investigación, y Mecanismos para la Promoción del Uso Eficiente de la Energía (p. 1).

Además en el proyecto de ley se incluyen otros mecanismos para la promoción del uso eficiente de la energía, tales como la normalización, certificación, acreditación y etiquetado de los equipos consumidores de energía para la difusión y el conocimiento del público consumidor, así como el desarrollo de tecnologías eficientes en el mercado; lineamientos a las Compras Públicas, la creación de un Sistema de Información Energética y de un Premio Nacional como estímulo y medios de promoción y desarrollo de la materia. Actualmente no se ha aprobado este proyecto de eficiencia energética.

#### **1.4. Auditor energético**

Es toda persona o grupo de personas u organismo que realiza una auditoría energética y que se encargan de llevar a cabo un informe técnico donde se detallan las medidas adecuadas para poder realizar una adecuada gestión energética, siempre de manera racional (Universidad Rey Juan Carlos, 2018).

#### **1.5. Auditorías energéticas**

La metodología de una auditoría energética consiste en la realización de un estudio completo de un edificio o planta alimenticia y de sus instalaciones para obtener información objetiva sobre la energía consumida por la misma; de manera que contemple la valoración de aspectos técnicos y económicos que

influyen en el consumo energético de todas las instalaciones y de cualquier otro equipo consumidor de energía (Vega Maldonado, 2018).

Su principal objetivo es comprender la gestión o manejo del consumo de energía, así como definir aquellas actividades donde se pierde o se emplea con excedentes y proponer medidas de mejora para reducir el consumo y aumentar la eficiencia energética.

### **1.5.1. Clasificación de auditorías energéticas**

Auditorías energéticas según ASHRAE, son herramientas poderosas para obtener ahorro energético entre los diferentes tipos de auditorías energéticas se encuentra el auditorio nivel uno o diagnóstico energético, auditorio nivel dos o análisis energético y la auditoría nivel tres o auditoría de seguimiento (Universidad Galileo, 2021).

#### **1.5.1.1. Diagnóstico energético**

Un diagnóstico energético, es el primer estudio sobre este tema realizado en una instalación, proceso o sistema y consiste en un análisis inicial del uso de la energía, cuyo objetivo principal es identificar oportunidades de ahorro de energía. Según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2010):

Probablemente la parte de mayor relevancia para el ahorro de energía sea el diagnóstico energético, puesto que de la certeza y atención en que sea desarrollado dependerá en gran medida el éxito de las acciones que posteriormente sean emprendidas. Por el contrario, el pretender ahorrar energía sin haber pasado antes por un diagnóstico energético suele llevar a estrepitosos fracasos. En este capítulo serán proporcionados los

elementos necesarios para desarrollar diagnósticos energéticos en instalaciones diversas.

El balance de energía se puede determinar desde el diagnóstico energético señalando aquellas donde ésta se desperdicia y donde es potencial el ahorro de la misma energía, esto posteriormente a la definición de los principales equipos consumidores e identificar las actividades del proceso de mayor consumo de energía.

Resumiendo, los objetivos de un diagnóstico energético son: establecer procedimientos y objetivos de uso de energía, diseñar planes de ahorro energético y disminuir el consumo de energía sin afectar la cantidad y condiciones de la producción.

#### **1.5.1.2. Auditoría energética**

Se diferencia porque incluye una revisión con mayor detalle basada en el análisis de sistemas, características operacionales, cálculos económicos (de ser necesario) y puede incluir mediciones, monitoreo para determinar el consumo energético y los posibles desperdicios de energía.

#### **1.5.1.3. Auditoría de seguimiento**

La auditoría energética de seguimiento se realiza posteriormente a la implementación y seguimiento de índices de eficiencia energética. Para realizar el seguimiento, es necesario que la organización cuente con un plan de medida y verificación o un sistema de gestión energético y así poder establecer de forma fiable el ahorro real generado en una instalación. Zambrano (2019), aclara que,

Debido a que el ahorro no se puede medir de forma directa, puesto que representa la ausencia de consumo de energía, se puede determinar comparando el consumo antes y después de la implementación de un plan de eficiencia energética (pág. 20).

#### **1.5.2. Norma ISO 50002 auditoría energética**

La norma ISO 50002 esboza la metodología a seguir para el desarrollo de una auditoría energética que permita, según la, definir el estatus actual de consumo de la organización a través del planteamiento de la línea base, establecer los potenciales de ahorro energético, y evaluar la factibilidad de las medidas de ahorro planteadas y cuánto representarían a nivel monetario; así como, de cumplimiento regulatorio, de tal manera de finalizar con una propuesta a corto, mediano y largo plazo (Organización Internacional de Normalización, 2014).

#### **1.5.3. Norma ISO 50001 sistema de gestión energética**

La ISO 50001 es una normativa internacional desarrollada por la Organización Internacional de Normalización, con el propósito de mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización, cuyo propósito es permitir una mejora continua de la eficiencia energética, la seguridad energética, la utilización de energía y el consumo energético con un enfoque sistemático.

#### **1.5.4. Real Decreto 56/2016 eficiencia energética**

Constituye el objeto del Decreto de la Unión Europea el establecimiento de un marco normativo que impulse actuaciones dirigidas a mejorar la eficiencia

energética de una organización, al ahorro energético y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyan a los objetivos de la Unión Europea en materia de eficiencia energética (Ministerio de Industria, Energía y Turismo Unión Europea, 2016).

### **1.5.5. Norma UNE-EN 16247 auditorías energéticas**

La norma UNE-EN 16247 sobre auditorías energéticas ha sido tomada como una de las mejores prácticas desde la publicación del Real Decreto 56/2016, por el cual se obliga a empresas con más de 250 trabajadores a realizar auditorías energéticas o a implementar un sistema de gestión energética, idealmente la ISO 50001.

La norma UNE-EN 16247 es la mejora de su antecesora, la norma UNE 216501:2009 Auditorías Energéticas y Requisitos con un alcance muy amplio y poco específico, tiene muchos puntos en común, pero en cuanto a metodología supone un avance ya que incluye distintos escenarios de aplicación que pueden aplicarse a diferentes tipos de operaciones industriales o comerciales, esta norma está estructurada en cinco partes: parte 1 de requisitos generales, parte 2 de edificios, parte 3 de procesos, parte 4 de transporte, parte 5 de la competencia de los auditores energéticos.

### **1.6. Etapas de la auditoría energética**

La ejecución de una auditoría se divide en cuatro etapas generales, en cada una de ellas se despliegan diferentes actividades que permiten desarrollar el trabajo de manera lógica, las cuales son:



### **1.6.1. Contacto preliminar**

Antes de comenzar un proyecto de auditoría energética, el auditor encargado debe definir con la empresa los marcos de actuación iniciales, como los objetivos, alcance, necesidades, plazos, criterios, recursos de la organización, horarios, factibilidad técnica, entre otros.

Posteriormente a la primera reunión, que podemos llamar de entendimiento, se requiere toda la información existente en la organización que afecte el contexto de la auditoría, como reglamentaciones o limitantes al alcance, avances de implementación de un sistema de gestión, proyectos en marcha o futuros, cambios en instalaciones, cualquier idea o restricción referente a las medidas de mejora de la eficiencia, se definen los entregables previstos.

#### **1.6.1.1. Reunión Inicial**

La meta de la reunión inicial es informar acerca de la auditoría a los interesados y participantes para así discutir los objetivos, el alcance, los límites y detalle, así como acordar los aspectos prácticos como la asignación de una persona responsable por parte de la organización, por ejemplo, el jefe de mantenimiento o personal con conocimiento de las instalaciones. Se debe garantizar la colaboración de todos los involucrados en la organización:

Es importante poner en conocimiento del auditor cualquier circunstancia que pueda afectar al consumo durante la auditoría y también se debe acordar aspectos como la accesibilidad a instalaciones y equipos, normas de seguridad y prevención, programa de visitas previsto con sus necesidades, requisitos para mediciones especiales, procedimientos a seguir para la instalación del equipo de medición, entre otros. Así entonces solicitar información acerca de contratos de arrendamiento, facturas

energéticas, inventariado de equipos, entre otros (Alarcón García, 2016, pág. 15).

#### **1.6.1.2. Recopilación de datos**

Esta fase aún pertenece a la etapa inicial de la auditoría, en esta el auditor debe solicitar y agrupar toda la información disponible de las instalaciones a diagnosticar, que sea útil para la detección de las mejoras, como:

Inventariado energético: “Inventariado de sistemas y equipos que utilizan energía con sus características técnicas (referencia, modelo, potencia eléctrica, entre otros) y factores de ajuste” (Verbena, 2013, p. 6).

Historial de consumos energéticos (hidrocarburos o electricidad) y sus factores de ajuste, mediciones relacionadas que se hayan realizado en años anteriores, la programación de funcionamiento de equipos, entre otros.

Herramientas de análisis como planos de instalaciones, procedimientos de mantenimiento, “incluyendo historial de operaciones y eventos pasados que hayan afectado al consumo en el período cubierto por los datos recopilados, contratos energéticos (precios actuales y futuros), lo cual puede determinarse como documentación de diseño” (Verbena, 2013, p. 6).

Y de existir avances, documentar el estado del sistema de gestión de la energía y la utilización de formularios para la toma de datos ayuda a seguir un guion y evita que se pueda olvidar algún dato de interés.

La recopilación de datos de consumo energético, horas de funcionamiento de equipos y otros, ayuda a definir el comportamiento del edificio y de analizar

las posibles mejoras. Los planos y esquemas de principio de instalaciones son fundamentales para conocer el funcionamiento del edificio y para que el auditor pueda detectar posibles mejoras.

#### **1.6.1.3. Trabajo de campo**

Después de analizar los datos obtenidos y la posible información generada, el auditor debe inspeccionar los objetos que se van a auditar, como instalaciones o equipos, determinando los objetivos de estos y su uso energético, ciertas mediciones se realizan en jornadas nocturnas. Alarcón García (2016), indica:

Comprender las rutinas de funcionamiento, el comportamiento de los usuarios y su impacto en el consumo de energía y la eficiencia energética. Identificar medidas de mejora preliminares. Detectar los puntos a monitorizar (medición de consumos y/o rendimientos) necesarios para realizar el análisis posterior y que ayudarán a cuantificar las inversiones y los ahorros producidos (p. 29).

Es fundamental disponer de una lista de verificación en esta fase, para revisar cada una de las características del inmueble y así garantizar mediciones fiables y representativas.

#### **1.6.1.4. Análisis**

En esta fase se debe lograr establecer la situación actual del rendimiento energético, o la situación energética inicial del objeto auditado para ser tomada de referencia comparativa en la determinación de las mejoras.

De no contar con línea base, este análisis debería incluir el desglose del consumo y uso de cada factor y fuente bajo la misma unidad de medida, como KWh, así como un diagrama de los flujos de energía y la descripción de los patrones de demanda energética a lo largo de una jornada y los indicadores energéticos de rendimiento.

Analizar para identificar oportunidades potenciales de mejora energética, se realiza evaluando el impacto en base al ahorro económico generado por las medidas de la inversión necesaria que se lleguen a determinar, como el retorno de la inversión u otros posibles beneficios no económicos las acciones de ahorro deben ordenarse según los criterios acordados como, sin inversión, inversión baja, inversión alta, retornos menores de tres años, entre otros (Morillo Mora, 2016, p. 12).

Algunas propuestas requieren poca inversión y son relativamente simples de implementar, logrando una alta eficiencia en la disminución de los consumos energéticos. Morillo Mora (2016), comenta que:

Estas medidas, identificadas como mejoras rápidas, afectan esencialmente a la concienciación del personal y del cliente, a los consumos de agua y de iluminación. A estas seguirán aquellas que mejoran la eficiencia energética en los equipos de climatización y de calefacción y agua caliente sanitaria, incluyendo la sustitución de combustible o la implantación de un gestor energético que monitorice y controle los sistemas energéticos (p. 12).

La fiabilidad de los datos proporcionados es importante de resaltar, así como manifestar aquellas donde se tuvieron fallos, por ello se debe utilizar métodos de cálculo entendibles y sencillos, apropiados para la comprensión del

personal, así como documentar la metodología utilizada y cualquier suposición que se realice.

#### **1.6.1.5. Informe de auditoría**

Es importante no considerar esta fase como la finalización de la auditoría, sino como la culminación del análisis de datos del trabajo de campo, donde se realiza el informe de resultados. Un resumen ejecutivo es obligatorio, para que presente en forma ordenada y clasificada las oportunidades de mejora energética, el plan de mejora propuesto y un informe con más detalle donde el auditor garantice el alcance de los objetivos. Morillo Mora (2016), explica:

El resumen de las mediciones relevantes comentando la coherencia y calidad de datos, el motivo de las mediciones, dificultades halladas durante la recopilación de los datos, indicar si los resultados del análisis se basan en cálculos, simulaciones o estimaciones (p. 12).

Para futuras consultas este informe también debe contar con antecedentes, con información general acerca del proyecto y la organización auditada, dejando en contexto la metodología de la auditoría energética utilizada, descripción del objeto auditado, normativas y regulaciones relevantes, así como su descripción, alcance, objetivo, detalle, plazo y otros que permitan guiar a otras personas en el seguimiento o repetición de esta.

Sobre la información generada a través de los datos, debe de considerar que el informado no posee los conocimientos técnicos, teniendo que ser explicados de forma entendible aspectos como contadores, indicadores energéticos, temas de calibración y otros que deben enlistarse con los criterios utilizados para la clasificación de forma ordenada de las mejoras destinadas a la eficiencia energética. Según Morillo Mora (2016):

Este debe finalizar con las acciones propuestas, recomendaciones, plan y programa de implementación, incluyendo las suposiciones utilizadas para el cálculo del ahorro y la consiguiente precisión de las recomendaciones, análisis energético adecuado, posibles interacciones con otras recomendaciones propuestas y finalmente métodos de medición y verificación que se utilizarán para evaluar las oportunidades recomendadas tras su aplicación y finalmente las conclusiones (p. 14).

#### **1.6.1.6. Reunión final**

Finalmente, la reunión de cierre, donde se entrega el informe de auditoría energética y se presentan y explican sus resultados de un modo entendible de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los representantes de la organización. Finalmente se debe debatir la realización de una auditoría de seguimiento, basándose en el informe final del diagnóstico y principalmente llegar a una conclusión consensuada.

#### **1.6.2. Equipo para auditorías energéticas**

En las auditorías energéticas, se han de realizar una gran cantidad de muestreos y mediciones para describir energéticamente las instalaciones, obtener la línea base energética, definir indicadores de desempeño energético y encontrar los puntos susceptibles de mejora.

Para llevar a cabo mediciones como el análisis de las redes eléctricas, la medición de la presión, la detección de los puentes térmicos o la medición de los consumos es necesaria una amplia gama de instrumentos, algunos de los más importantes para conseguir un buen diagnóstico energético son analizador de redes eléctricas, analizador de gases de combustión, luxómetro, caudalímetro,

cámara termográfica, sondas de temperatura superficial, anemómetro, medidor de CO<sub>2</sub>, medidores de consumos, entre otros.

### **1.6.3. Eficiencia energética de sistemas de refrigeración**

Cada sistema de refrigeración responde a las condiciones particulares de su operación, utiliza distintos equipos y gases refrigerantes para alcanzar y mantener la temperatura adecuada. La eficiencia energética de un sistema está determinada por dos factores: “La potencia frigorífica, es decir, la cantidad de calor que se puede o desea extraer de un ambiente y la potencia energética, que se define por la cantidad de energía inyectada para llegar a la temperatura ideal” (Franco Lijó, 2012, pág. 190). Un sistema de refrigeración eficiente debe garantizar la mayor potencia frigorífica con la menor potencia energética posible.

#### **1.6.3.1. Condiciones que afectan la eficiencia energética de un sistema de refrigeración**

Un sistema de refrigeración se ve afectado por las condiciones geográficas y climáticas de su región, afectando la eficiencia energética, los efectos no pueden generalizarse, es decir que “lo que es bueno en un clima seco puede ser malo para un clima húmedo, así como la temperatura promedio anual, el cambio entre estaciones y lo expuesto que el equipo estará al ambiente” (Franco Lijó, 2012, p. 190).

Un sistema de refrigeración eficiente debe solucionar tanto las necesidades de producción como el gasto eléctrico. Entre otras cosas las condiciones de instalación, ubicación de equipos, variantes de exposición al sol, el color claro en las paredes y techos reducen la temperatura en las instalaciones.

La elección de refrigerantes define muchas características del proceso y su labor en el sistema puede permitir la reducción de costes, por ejemplo, el CO<sub>2</sub> y el amoníaco consiguen reducir el daño atmosférico y ayudar a incrementar la eficiencia energética del sistema. Los refrigerantes deben tomar en cuenta las diferentes legislaciones y los factores de seguridad como la temperatura del gas de descarga y la toxicidad o el riesgo de inflamación. (Franco Lijó, 2012, p. 190).

#### **1.6.4. Eficiencia energética en iluminación**

La eficiencia energética en iluminación gira en torno al 19 % del consumo de energía a nivel mundial que está destinado a la iluminación, solo en los edificios este consumo puede llegar a alcanzar hasta el 40 %, aumentar la eficiencia del consumo no significa disminuir la calidad ni cantidad de luz.

##### **1.6.4.1. Iluminación LED**

El sistema de iluminación industrial ocupa un lugar importante, en donde aparte del precio de la electricidad hay que sumar el coste de los recambios de lámparas agotadas y las horas de trabajo en altura dedicadas a sustituirlas; debido a esto el costo del suministro energético, en su mayoría eléctrico, es importante en la gestión de un almacén logístico o una nave industrial.

La iluminación industrial ha evolucionado a la tecnología led y ha significado un importante avance para el ahorro de electricidad en las empresas, la aplicación de esta tecnología permite el ahorro sin perder calidad de iluminación y en conjunto con sistemas de alumbrado inteligentes, son capaces de proporcionar ahorro energético alrededor del 90 % respecto a los sistemas convencionales.



#### **1.6.4.2. Iluminación inteligente**

La iluminación inteligente se puede definir como aquel equipo de iluminación que proporciona luz en el momento justo, en el lugar necesario y con la intensidad adecuada, por ejemplo, existe iluminación inteligente con los sensores de luz natural, los cuales modifican la cantidad de luz acorde a la iluminación de luz natural detectada.

Estas tecnologías suponen el ahorro del 90 % del gasto en iluminación, ya que garantiza y optimiza la iluminación, principalmente en los espacios donde la estancia es breve y casi siempre se deja encendida la luz. Los detectores de movimiento aportan comodidad, ya que no se tiene que invertir tiempo en desplazarse hacia los interruptores, ahorrando segundos de iluminación, que en conjunto proporcionan disminución de consumo energético.

#### **1.6.5. Eficiencia energética en el uso de agua**

En la industria, especialmente en la industria alimenticia, el agua es un recurso de enorme valor, pues es fundamental en la elaboración de ingredientes y en operaciones de cocción, limpieza, transporte, refrigeración, entre otras. Los estándares de calidad que debe cumplir el agua en este sector industrial son los mismos que para el agua de consumo humano. Cubillos (2011) comenta que:

Históricamente, los esfuerzos para mejorar la eficiencia en el uso del agua y la energía han sido llevados a cabo por separado. La eficiencia en el uso del agua es un concepto de múltiples facetas. Significa "hacer más y mejor con menos" mediante la obtención de más valor con los recursos disponibles, reduciendo el consumo de recursos y la contaminación y el impacto ambiental del uso del agua para la producción de bienes y

servicios en cada etapa de la cadena de valor y de la prestación de servicios de agua (p. 130).

La mejora de la eficiencia en el uso del agua significa aumentar la productividad de la misma, es decir, reducir la cantidad de agua y de su contaminación, además de utilización solo en el momento que sea necesaria, para minimizar el uso de las bombas que se activan automáticamente para transportarla.

Las actividades de maximización del valor de los usos del agua, mejorar la asignación entre los diferentes usos a fin de obtener un mayor valor por gota de agua, garantizando los usos ambientales, y mejorar la eficiencia técnica de los servicios de agua y la eficiencia en la gestión de su prestación durante todo el ciclo de vida completo. Diversas organizaciones internacionales afirman que:

Se espera que los niveles históricos de la mejora en la productividad del agua, así como aumentos de la oferta hagan frente a un 40 % de esta brecha, pero el 60 % restante tiene que venir de la inversión en infraestructura, reforma de la política de aguas y desarrollo de las nuevas tecnologías (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2011).

Hoy en día, la energía utiliza aproximadamente el 8 % del total de agua dulce extraída en todo el mundo y hasta un 40 % del agua dulce extraída en algunos países desarrollados (World Economic Forum, 2011).

La demanda de energía en las tendencias actuales se incrementará en un tercio desde 2010 hasta 2035, con el 90 % ocurriendo en países no pertenecientes a la OCDE (International Energy Agency, 2012).

Las necesidades de agua para la producción de energía se prevé que crezcan al doble del ritmo de la demanda de energía (International Energy Agency, 2012; National Geographic, 2013).

Las extracciones de agua estimadas para la producción de energía en el año 2010 fueron de 583 millones de metros cúbicos, de los cuales el 11% (66) era agua consumida – el resto fue extraída pero no regresó a su fuente (International Energy Agency, 2008).

#### **1.6.6.           Reseña de la distribuidora**

La distribuidora de productos cárnicos refrigerados pertenece a una corporación latina con más de cien años de su fundación, la cual busca generar valor económico, social y ambiental en las comunidades donde opera. La división alimenticia de esta corporación es de importante presencia en Centro América y el Caribe, desde los inicios en los años 60 se encarga de la producción y comercialización de productos de carne de pollo y cerdo en alimentos procesados.

## 2. PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Eficiencia energética industrial

2.2. Cultura energética

2.2.1. Una nueva cultura energética

2.2.2. Energía y educación

2.3. Eficiencia energética en Guatemala

2.4. Auditor energético

2.5. Auditorías energéticas

2.5.1. Clasificación de auditorías energéticas

2.5.1.1. Diagnóstico energético

2.5.1.2. Auditoría energética

2.5.1.3. Auditoría de seguimiento

2.5.2. Norma ISO 50002 auditoría energética

2.5.3. Norma ISO 50001 sistema de gestión energética

- 2.5.4. Real Decreto 56/2016 eficiencia energética
- 2.5.5. Norma UNE-EN 16247 auditoría energética
- 2.6. Etapas del proceso de auditoría energética
  - 2.6.1. Contacto preliminar
  - 2.6.2. Reunión inicial
  - 2.6.3. Recopilación de datos
  - 2.6.4. Trabajo de campo
  - 2.6.5. Análisis
  - 2.6.6. Informe de auditoría
  - 2.6.7. Reunión final
- 2.7. Equipo para auditorías energéticas
- 2.8. Eficiencia en un sistema de refrigeración
  - 2.8.1. Características generales del sistema de refrigeración
- 2.9. Eficiencia en iluminación
  - 2.9.1. Iluminación LED
  - 2.9.2. Iluminación inteligente
- 2.10. Eficiencia energética en el uso de agua
  - 2.10.1. Consumo energético del uso de agua
  - 2.10.2. Reducción de consumo de agua
- 3. RESEÑA DE LA DISTRIBUIDORA
  - 3.1. Antecedentes de la distribuidora
  - 3.2. Localización y descripción de la distribuidora
  - 3.3. Productos
  - 3.4. Procesos
  - 3.5. Equipos
- 4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
  - 4.1. Situación
  - 4.2. Fundamento

- 4.3. Definición de la metodología
  - 4.4. Auditoría
  - 4.5. Resultados
  - 4.6. Discusión de resultados
5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
- REFERENCIAS
- APÉNDICES
- ANEXOS



### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Características del estudio**

El proyecto propuesto se basa en el método de investigación lógico de tipo medición, basado en el uso del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis, ya que se midieron directamente las variables para su posterior análisis de resultados. En el caso del presente proyecto fue de observación de los datos medidos.

Se utilizó un paradigma tipo positivista, se estudió la realidad objetivamente, bajo el método científico, porque se observó la realidad bajo la medición de las variables y así se realizaron los análisis y se obtuvieron en los resultados.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipularon ni controlaron las variables, se limitó a la observación y cuantificación de las variables tal como ocurre en su ambiente natural, es decir, se obtuvieron los datos de forma directa y para posteriormente ser analizados.

En el tipo de estudio, se utilizó variables cuantitativas y cualitativas, las primeras de tipo continuo ya que se harán mediciones de la producción, consumo eléctrico, consumo de hidrocarburos, entre otros. Las variables cualitativas fueron de tipo nominal y binario, ya que se clasificaron los tipos de operaciones y equipos.



El tipo de alcance del proyecto es descriptivo, debido a que ya hay investigaciones e incluso metodologías al respecto del problema. Por lo que se pretende obtener información detallada al respecto del fenómeno en un determinado contexto o área específica, es decir, en este caso se desea conocer el perfil de consumo energético de la distribuidora de productos cárnicos refrigerados y así describir sus dimensiones, rasgos importantes y las variables con precisión en su contexto específico.

### **3.2. Unidades de análisis**

Las unidades de análisis, para el desarrollo de la metodología de auditoría energética, fueron los factores de consumo energético enmarcados en el proceso de distribución de productos cárnicos refrigerados, principalmente el sistema de refrigeración e iluminación.

Las instalaciones se encuentran ubicadas en el área urbana de la República de Guatemala, situada en el complejo industrial de la avenida Atanasio Tzul, internamente cuenta con 5 estructuras operativas, según la metodología adoptada, para obtener el diagnóstico energético, se recomienda realizar el estudio sobre los factores de consumo energético que se determinen relevantes acorde a sus especificaciones técnicas e historial de operación que se encuentra en el centro.

### **3.3. Variables**

Las características y propiedades cuantitativas o cualitativas del objeto de estudio que adquieren distintos valores, respecto a las unidades de observación, se describen en la siguiente tabla:

Tabla I. **Variables de investigación**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Metodología de auditoría energética	<p>Todo procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente e informar al respecto.</p> <p>La implementación de un sistema de auditoría energética permite obtener datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar. El entendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de las instalaciones consumidoras de energía. Obtener los balances energéticos de las instalaciones consumidoras de energía. Identificar las áreas de oportunidad que ofrece potencial de ahorro de energía. Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.</p>	<p>Factores de consumo de energía.</p> <p>Potencial ahorro de energía.</p> <p>Alcance de la auditoría.</p>

Continuación de tabla I:

<p>Eficiencia energética</p>	<p>Acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y hábitos culturales.</p> <p>La relación entre la producción de un rendimiento, servicio, bien o energía y el gasto y consumo, calculado o medido, que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normalizadas de funcionamiento y ocupación, incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y la iluminación.</p>	<p>Consumos energéticos.</p> <p>Índices de consumo.</p> <p>Estimación de la eficiencia.</p>
------------------------------	---	---

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Fases del estudio

El proceso de investigación se desarrolla en cuatro fases que permiten cumplir con los objetivos de manera ordenada y sistemática, las cuales son:

#### 3.4.1. Fase 1: Metodología de auditoría energética

Como primera fase se realizará un levantamiento inicial de la información disponible y documentación del proceso, a través de la revisión y análisis de datos existentes, así como una primera visita para reconocimiento de las

instalaciones, equipo y operaciones realizadas. De estos datos e información se obtendrá la cantidad de energía consumida y de equipos, rutinas de mantenimiento, horarios de operación y otros datos iniciales que nos serán útiles para poder realizar la comparación de la operación con los tipos de procedimientos existentes sobre auditoría energética.

En esta fase se realizará una consulta de todas las bibliografías y normativas sobre auditoría y eficiencia energética, principalmente de sistemas de refrigeración, para enriquecer los conocimientos sobre eficiencia energética, con base en la información investigada se tendrá una mejor visualización de la metodología a utilizar, para estudiar las variables que afectan en la eficiencia energética en el proceso de distribución refrigerado.

#### **3.4.2. Fase 2: Diagnóstico de eficiencia energética**

La segunda fase consistirá en realizar la auditoría energética y discutir sus resultados. El proceso de auditoría está constituido por las siguientes fases: inicia con el contacto preliminar que conlleva a la reunión inicial; seguidamente se llevan a cabo los trabajos de recopilación de datos y visitas a las instalaciones; en esta fase se debe recopilar la información disponible de las instalaciones y operación a auditar, la cual sea útil para la detección de las mejoras, tales como inventario energético, datos históricos ampliados y documentación de diseño.

#### **3.4.3. Fase 3: Determinación de ahorros**

Posteriormente, se analizan los resultados, durante esta fase, el auditor energético debe establecer la situación de rendimiento energético existente para el objeto auditado, así como la identificación de oportunidades de mejora

energética. Se plasman los resultados en un informe y finalmente se presenta dicho informe en una reunión final.

## 4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para analizar la información energética se utilizarán técnicas de estadística descriptiva, para obtener distintos tipos de gráficas que representen el consumo energético por proceso, tablas de resultados y también cálculos de rendimiento y balance energético para obtener la eficiencia de los procesos involucrados.

A continuación, se describen algunas de las ecuaciones a utilizar para los distintos cálculos:

### 4.1. Rendimiento energético

El rendimiento energético de un aparato o máquina es el cociente entre la energía útil que produce y la energía que consume.

Rendimiento (R) = Energía útil (EU) x Energía consumida (EC) = R= EU x EC.

Como la energía es igual a la potencia por el tiempo, también podemos calcular el rendimiento a partir de la potencia útil y de la potencia consumida.

Rendimiento = Energía útil (EU) x Energía consumida (EC) = EU x EC = Potencia útil (PU) x tiempo por Potencia consumida (PC) x tiempo = PC x t = PU x PC.

En general, se pueden aplicar múltiples medidas de eficiencia energética que afectan tanto a la reducción de la demanda (por mayor eficiencia en los elementos de consumo o menor requerimiento energético) o a una mayor eficiencia en el suministro (sustitución de fuentes o mayor rendimiento en la transformación).

#### **4.2. Indicador de desempeño energético (ENPI)**

La norma ISO 50006:2014 define a los indicadores energéticos EnPI (Energy Performance Indicators) – como “un valor cuantitativo o medida del desempeño energético, definido por la organización”, aclarando que no es la cantidad de EnPIs la que aumentará las posibilidades de lograr los objetivos de desempeño establecidos, sino la calidad de estos, normalmente se definen dos o tres EnPIs por operación.

Para diseñar o identificar un EnPI en la organización, se identifica el objetivo de forma independiente y todas las métricas posibles relacionadas, posteriormente se comprueba la posibilidad de accionarlas, la regularidad óptima de medida en función de las circunstancias y decidir la regularidad óptima de medida del EnPI.

El último paso es identificar las personas involucradas en la consecución de ese objetivo y definir aquellas acciones que deberán realizar cada uno de ellos en cada uno de los casos que observamos en la tendencia.

#### **4.3. Índice de eficiencia energética (IEE)**

El Índice de Eficiencia Energética (IEE) es un índice que muestra la cantidad de recursos que gasta el dispositivo para realizar sus funciones. En la

Unión Europea se les asigna una clase de eficiencia energética a los equipos: desde “A+++” hasta “D”.

La definición de la clase se basa en el Índice de Eficiencia Energética (IEE), que calcula el consumo de energía real y establece la clase de eficiencia energética de la misma.

Lo que es el Índice de Eficiencia Energética es la relación entre el consumo real de recursos y el consumo calculado multiplicado por 100.

El índice de eficiencia energética es el porcentaje de consumo real de recursos energéticos del calculado; si el equipo consume menos del 46 % de recursos energéticos del indicador calculado, se le asigna el índice A+++.

#### **4.4. Balance energético**

El balance energético pone de manifiesto las interrelaciones entre la oferta, transformación y uso final de la energía y representa un instrumento relevante para la organización y presentación de datos en la planificación energética global. Además, contabiliza flujos físicos consistentes que van desde la energía primaria hasta el consumo final.

Es un balance establecido sobre la base de registrar los diversos flujos energéticos considerando su poder calorífico inferior, desde el suministro primario hasta la energía útil recuperada por el último consumidor a la salida de sus aparatos, surgiendo de esta manera las pérdidas sufridas.

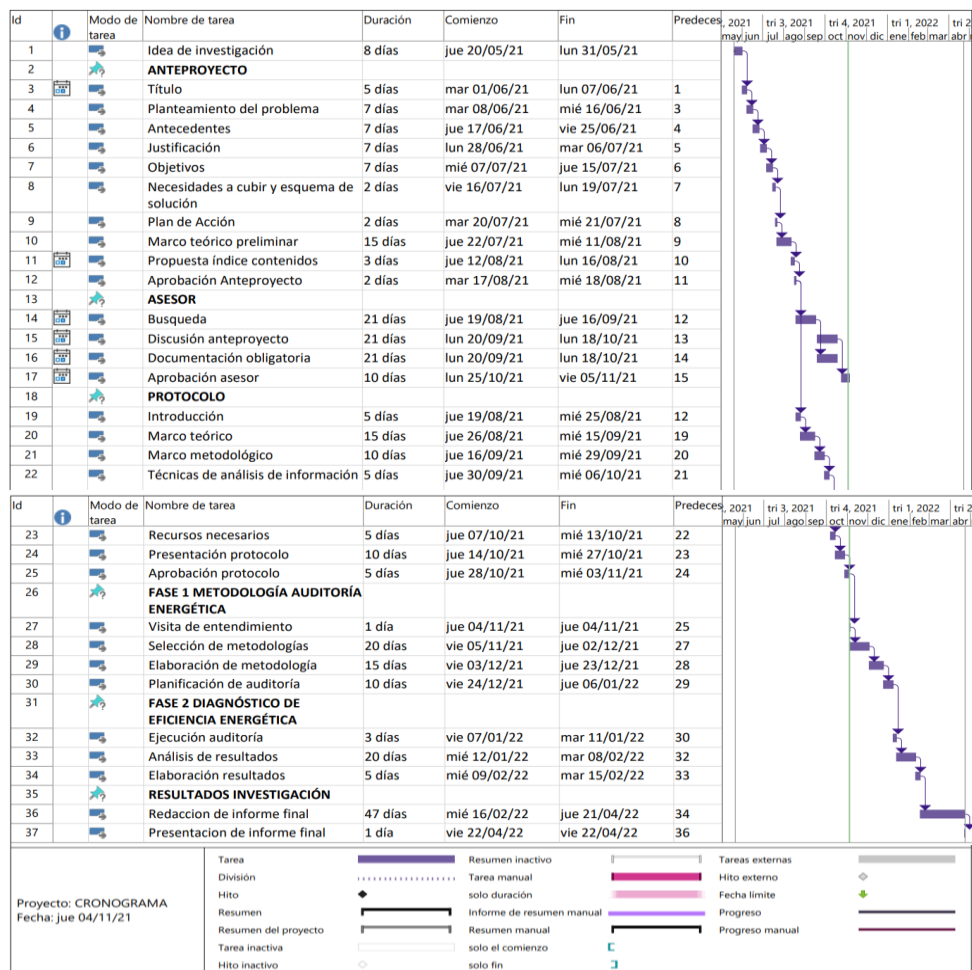




## 5. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta el cronograma de la ejecución del trabajo de investigación a desarrollar.

Figura 1. Cronograma de la investigación



Fuente: elaboración propia.



## 6. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Se obtuvo, una investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla II. **Recursos necesarios para la investigación**

Recurso	Costo
1000 hojas de papel bond tamaño carta	Q. 61.80
Viáticos (combustible y alimentación)	Q. 1,000.00
Tinta de impresora	Q. 500.00
Asesor	Q. 2,000.00
TOTAL	Q. 3,561.80

Fuente: elaboración propia.

Siendo los recursos financieros suficientes para la investigación; también se consideran otros recursos necesarios para que sea factible la realización de este como:

- Recursos humanos

El recurso humano necesario para el desarrollo de la metodología, básicamente se identifica en una persona, también se necesita de la disponibilidad del personal administrativo y operativo del centro en las diferentes etapas de la auditoría donde se requerirán visitas a las instalaciones o consultas por correo electrónico.

- Recursos financieros

Los recursos financieros se necesitarán para la compra de las herramientas y equipos que servirán para la auditoría.

- Recursos tecnológicos

Se necesitarán al menos una computadora laptop con el software de hojas de cálculo y gráficas de datos. Recurso para las telecomunicaciones durante el transcurso de la auditoría. Cámara digital para la toma de fotografías.

- Acceso a la información

La información respecto a la empresa está disponible en documentos físicos y digitales, así como la disponibilidad del personal operativo para compartir información sobre el proceso.

- Permisos

Se necesitarán los permisos necesarios por parte de la empresa para realizar el estudio, tales como acceso a las instalaciones, parqueo e ingreso al área de operaciones.

- Equipo y herramienta

Se necesita equipo de protección personal para ambientes refrigerados, como botas altas antideslizantes, calcetines altos, chumpa, pasamontañas, casco industrial, protectores auditivos, guantes de tela y mascarilla N95, como

una linterna, cuaderno y lápiz; el cual está disponible en las instalaciones para las visitas.

- Infraestructura

Respecto a la infraestructura, se necesita de un espacio físico, un escritorio con acceso a energía eléctrica.



## 7. REFERENCIAS

1. Alarcón García, M. (2016). *Criterios de auditoría en la realización de auditorías energéticas*. Cartagena, Colombia.
2. Alonso-Galán, E. (2018). *Auditoría energética de un bloque de viviendas en Madrid*. Madrid, España.
3. Álvarez Satta, Y. (2018). *Auditoría energética en el sector terciario: hospital*. Madrid, España.
4. Andalucía Ecológica Medio Ambiente. (2017). *Andalucía Ecológica*. Recuperado el 01 de 09 de 2021, de <https://www.andaluciaecologica.com/ahorro-la-eficiencia-la-nueva-cultura-energetica/>.
5. Central America Data. (2012). *Guatemala prepara ley de eficiencia energética*. Recuperado el 01 de 09 de 2021, de Central America Data: [https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Guatemala\\_prepara\\_Ley\\_de\\_Eficiencia\\_Energética](https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Guatemala_prepara_Ley_de_Eficiencia_Energética).
6. Clark, W. (2008). *Análisis y gestión energética de edificios. Métodos, proyectos y sistemas de ahorro energético*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
7. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2010). Programa integral de "Asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en Guatemala". *Curso taller*



*promotores de ahorro y eficiencia de energía eléctrica*. Guatemala, Guatemala. Obtenido de <https://www.cnee.gov.gt/EficienciaEnergetica/FIDE>.

8. Cubillos, A. y. (2011). *Energía y medio ambiente. Una ecuación difícil para América Latina. Los Desafíos del crecimiento y desarrollo en el contexto del cambio climático*. Santiago, Chile. Obtenido de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/engov/20130827052932/engMAalCubillosEstenssoro.pdf>.
9. Floor, S. B. (2015). *Aspectos generales de la administración y auditoría energética*. Nueva Delhi, India.
10. Franco Lijó, J. M. (2012). *Manual de refrigeración*. Barcelona, España: Reverté.
11. García de Caso, F. (2016). *Auditoría energética para la optimización de consumos en el proceso productivo de una fábrica de embutidos*. Valladolid, España.
12. García Labrada, Y. (2020). *necesarias., El desarrollo de la conciencia energética en estudiantes de preuniversitario. Reflexiones*. Guantánamo, Cuba.
13. International Energy Agency (IEA). (2008). *World Energy Outlook. WEO 2008*. Reino Unido. Obtenido de <http://www.worldenergyoutlook.org/2008.asp>.

14. Ministerio de Industria, Energía y Turismo Unión Europea. (2016). *Real Decreto 56/2016 Eficiencia Energética. Boletín Oficial del Estado No. 38.* Madrid, España.
15. Morillo Mora, W. (2016). *Auditorías energéticas en la industria.* Ciudad de México, México.
16. Mosquera Bonilla, D. (2020). *Implementación de una auditoría energética de acuerdo a la norma Iso 50002 en una empresa metalmecánica en Yumbo.* Santiago de Cali, Colombia.
17. Organización Internacional de Normalización. (2014). *ISO 50002:2014 Auditorías Energéticas - Requisitos con orientación para su uso.* Ginebra, Suiza.
18. Organización Internacional de Normalización. (2018). *ISO 50001:2011 Sistemas de gestión energética - Requerimientos y guía para su implementación.* Ginebra, Suiza.
19. Orozco, C. A. (2014). *Ahorro de energía y eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado y refrigeración.* Madrid, España.
20. Pérez Pinedo, O. F. (2014). *Modelo de gestión y eficiencia en los procesos energéticos para plantas industriales de la región Ancash.* Lima, Perú.
21. Pupo Lorenzo, N. (2012). *Estrategias para lograr actuaciones responsables de ahorro de energía y protección del medio ambiente en adolescentes.* Madrid, España.

22. Rumiántsev, A. (1991). *Diccionario de comunismo científico*. Moscú, Rusia.
23. Sáenz Vásquez, H. A. (2018). *Auditoría Energética para disminuir el gasto de energía eléctrica en la planta de procesamiento de harina de Pota, Piura*. Chiclayo, Perú.
24. Sánchez Vidal, V. P. (2019). *Análisis de los indicadores energéticos para mejorar la eficiencia energética del Molino Sudamérica*. Chiclayo, Perú.
25. Universidad Galileo. (2021). *Auditorías energéticas según ASHRAE: herramientas poderosas para obtener ahorro energético*. Recuperado el 01 de 09 de 2021, de <https://www.galileo.edu/ire/noticias/auditorias-energeticas-segun-ashrae-herramientas-poderosas-para-obtener-ahorro-energetico/>.
26. Universidad Rey Juan Carlos. (2018). *CIED Contenidos*. Recuperado el 01 de 09 de 2021, de Bases metodológicas para la investigación científica - Modulo II - Auditorías Energéticas: <https://urjconline.atavist.com/2017/07/10/spoc-cei-ii-m2-auditorias-energeticas/>.
27. Vega Maldonado, J. E. (2018). *Metodología de una auditoría de eficiencia energética en la industria alimenticia*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9880>.
28. Verbena, R. (2013). *Eficiencia energética en la industria*. Lima, Perú.

29. Zambrano, J. C. (2019). *Metodología para la aplicación de auditorías energéticas a sistemas de aire acondicionado tipo expansión directa*. Gran Canaria, España.