



# **Propuesta de un plan de eficiencia energética en el hotel Chrisban Hotel Boutique**

**John Janer Barrera**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Guadalajara de Buga, Colombia

2021

# **Propuesta de un plan de eficiencia energética en el hotel Chrisban Hotel Boutique**

**John Janer Barrera**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director:

Ing. Cristian David Hernandez Puentes

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Guadalajara de Buga, Colombia

2021

*A DIOS por proveer los recursos, el tiempo, las fuerzas para realizar todas las actividades. A mi esposa por su cariño, comprensión y apoyo en todo este proceso.*

## ▪ Resumen

El presente estudio se centró en realizar una caracterización del consumo energético en el Chrisban Hotel Boutique con el fin de proponer alternativas para la adopción de estrategias enfocadas a obtener una mayor eficiencia energética, determinando criterios y requerimientos aplicables al hotel con base a la norma ISO 50001 por lo que se diseñó un sistema de gestión de la energía bajo el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) junto con tres propuestas para la reducción del consumo eléctrico, principalmente en los cambios de tecnologías a iluminación LED, el uso de tecnología inverter en equipos de aire acondicionado, Además de una alternativa en el uso de energía solar fotovoltaica. De modo que el estudio ha demostrado con éxito que existe tecnología en la cual se logra generar un ahorro escalable en el consumo eléctrico, al igual que este caso sirve de ejemplo real para que empresas y hogares establezcan acciones de mejoramiento entorno al tipo de equipos o dispositivos eléctricos a emplear en las instalaciones para alcanzar un ahorro óptimo en el consumo eléctrico, lo que al final se traduce en un beneficio económico-ambiental positivo y sostenible.

**Palabras clave:** consumo eléctrico, eficiencia energética, ISO 50001.

## **Abstract**

The present study focused on carrying out a characterization of energy consumption in the Chrisban Hotel Boutique in order to propose alternatives for the adoption of strategies focused on obtaining greater energy efficiency, determining criteria and requirements applicable to the hotel based on the ISO 50001 standard. Therefore, an energy management system was designed under the continuous improvement cycle PHVA (Plan-Do-Verify-Act) together with three proposals for the reduction of electricity consumption, mainly in the changes of technologies to LED lighting, the use of inverter technology in air conditioning equipment, in addition to an alternative in the use of photovoltaic solar energy. So the study has successfully shown that there is technology in which it is possible to generate scalable savings in electricity consumption, as this case serves as a real example for companies and homes to establish improvement actions around the type of equipment or electrical devices to be used in the facilities to achieve optimal savings in electricity consumption, which ultimately translates into a positive and sustainable economic-environmental benefit.

**Keywords:** electricity consumption, energy efficiency, ISO 50001.

# Contenido

Pág.

Tabla de contenido

▪ <b>Resumen</b> .....	<b>4</b>
▪ <b>Lista de figuras</b> .....	<b>8</b>
▪ <b>Lista de tablas</b> .....	<b>9</b>
▪ <b>Lista de Símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>10</b>
▪ <b>Introducción y antecedentes</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Planteamiento del problema y justificación</b> .....	<b>5</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Justificación.....	7
1.3 Objetivos .....	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos.....	8
1.4 Alcance .....	8
<b>2. Marco Teórico</b> .....	<b>9</b>
2.1 Eficiencia energética .....	9
2.2 Normas ISO 50001.....	10
2.3 METODOLOGIA DE LA ISO 50001.....	12
2.3.1. Responsabilidad de la dirección .....	12
2.3.2 Política Energética.....	12
2.3.3 Planificación Energética .....	13
2.3.4 Implementación y Operación .....	13
2.3.5 Verificación.....	14
2.3.6 Revisión de la Dirección .....	15
2.4. Estándar ISO 7730 2005.....	15
2.5. Iluminación.....	16
2.6. Climatización y aire acondicionado .....	17
2.7. Diagrama de Pareto.....	20

---

2.8. Retorno de inversión .....	20
2.9. Energía solar fotovoltaica.....	21
<b>3. Desarrollo del proyecto .....</b>	<b>24</b>
3.1 Diagnóstico y caracterización Energética .....	24
3.1.2 Recopilación de la información .....	24
3.1.3 Estimación de consumo eléctrico.....	27
3.2 Análisis de los datos obtenidos .....	34
3.3 Dimensionamiento de Aire Acondicionado .....	36
3.4 Análisis de Luminarias .....	38
<b>4. Propuesta de un SGE.....</b>	<b>40</b>
4.1. Diagrama del SGE .....	40
4.2. Roles y Responsabilidades De La Alta Dirección.....	40
4.3. Política Energética .....	41
4.4. Indicadores de Desempeño .....	42
4.5. Objetivos del SGE.....	44
4.6. Recomendaciones Generales .....	45
4.7. Verificación .....	47
4.8. Beneficios de un SGE .....	48
4.9. Plan de mejoramiento para aire acondicionado.....	50
4.9.1. Cambio de tecnología.....	51
4.10. Plan de mejoramiento para iluminarias .....	53
4.11. Plan de mejoramiento para el sistema de suministro de energía .....	55
<b>5. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>61</b>
5.1 Conclusiones.....	61
5.2 Recomendaciones.....	63
<b>A. Anexo: Tabla de ocupación al 100%.....</b>	<b>64</b>
<b>B. Anexo: tabla de ocupación al 70%.....</b>	<b>65</b>
<b>▪ Bibliografía .....</b>	<b>66</b>

## ▪ Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 2-1</b> Ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar .....	11
<b>Figura 2-2</b> Ahorro vs consumo de luminarias.....	17
<b>Figura 2-3</b> Ecuaciones COP y EER .....	19
<b>Figura 2-4</b> Esquema de sistema solar fotovoltaico.....	23
<b>Figura 3-1</b> Diagrama de Pareto puntos clave de consumo energético .....	35
<b>Figura 3-2</b> Ficha técnica Tubo LED 10 W .....	38
<b>Figura 3-3</b> Ficha técnica Bombillo LED 5 W.....	39
<b>Figura 4-1</b> Diagrama SGE del Chrisban Hotel Boutique .....	40
<b>Figura 4-2</b> Política energética del Chrisban Hotel Boutique. ....	42
<b>Figura 4-3</b> Proyección de ahorro energético .....	45
<b>Figura 4-4</b> Evolución de una gestión energética sistemática.....	49
<b>Figura 4-5</b> Muestra calculadora frigorías.....	51
<b>Figura 4-6</b> Ventajas de tecnología inverter. ....	52
<b>Figura 4-7</b> Ubicación de sistema solar fotovoltaico .....	56



## ▪ Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 2-1</b> Energía emitida por el cuerpo humano.....	16
<b>Tabla 2-2</b> Relación de unidades.....	20
<b>Tabla 3-1</b> Registro fotográfico.....	25
<b>Tabla 3-2</b> Inventario General.....	26
<b>Tabla 3-3</b> consumo año 2019.....	27
<b>Tabla 3-4</b> carga de iluminación 1 .....	30
<b>Tabla 3-5</b> carga de iluminación 2 .....	31
<b>Tabla 3-6</b> Carga televisor .....	32
<b>Tabla 3-7</b> Climatización.....	33
<b>Tabla 3-8</b> Carga Total .....	34
<b>Tabla 3-9</b> Clasificación porcentual de los consumos.....	35
<b>Tabla 3-10</b> Cálculo de frigorías. ....	37
<b>Tabla 3-11</b> Cambio de luminarias.....	39
<b>Tabla 4-1</b> Liderazgo y Compromisos Numeral 5 .....	41
<b>Tabla 4-2</b> Indicadores de Desempeño Energético.....	43
<b>Tabla 4-3</b> Propuesta de ahorro del 5%.....	44
<b>Tabla 4-4</b> lista de chequeo para control de Eficiencia Energética. ....	46
<b>Tabla 4-5</b> Formato de evaluación.....	47
<b>Tabla 4-6</b> Costo del cambio de luminarias .....	53
<b>Tabla 4-7</b> Análisis financiero .....	54
<b>Tabla 4-8</b> Kit solar numero 1 .....	57
<b>Tabla 4-9</b> Kit solar numero 2.....	58
<b>Tabla 4-10</b> Horas estimadas a utilizar en SGE.....	59
<b>Tabla 4-11</b> Viabilidad de cambio de luminarias .....	59
<b>Tabla 4-12</b> Cambio a tecnología inverter.....	60

## ▪ Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>fg</i>	Frigoría	1	<i>Absorción de energía térmica</i>
<i>Kcal</i>	Kilocalorías	1	Unidad de energía térmica
<i>T</i>	Torque		Torsión mecánica
<i>Kwh</i>	Kilovatio-hora	1	unidad de energía

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
---------	---------	-----------	------------

### Abreviaturas

Abreviatura	Término
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
MME	Ministerio de Minas y Energía
ISO	Organización Internacional de Normalización
LED	light-emitting diode (diodo emisor de luz)
BTU	British Thermal Unit (Unidad Térmica Británica)
PHVA	Mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar
RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación
ROI	Retorno sobre la Inversión
IE1 y2	Índices de eficiencia energética
A/C	Aire acondicionado
USE	Uso significativo de la energía
SGE	Sistema de gestión de la energía
IDE	Indicador de desempeño energético
TR	Tonelada de refrigeración

## ▪ **Introducción y antecedentes**

El interés actual en disminuir el consumo eléctrico cada vez es mayor, debido a que se logra obtener un impacto económico positivo y generar recursos eléctricos de una manera más sostenible y eficiente. Dicho interés impulsa en la eficiencia energética la generación y utilización de nuevas estrategias para las tecnologías y uso consciente de los hábitos de consumo, debido a que la energía es un recurso que debe ser asegurado para todas las personas e inclusive tiene un impacto ambiental muy importante que debe ser tenido en cuenta. Especialmente en el tema de los hoteles, siendo este el objetivo principal de esta investigación, de acuerdo con cifras del Ministerio de Minas y Energía MME y Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2016) se logra determinar que el sector terciario al cual pertenecen los hoteles hacen uso del 7% del consumo energético nacional, por lo tanto es un área de oportunidad amplia que permitirá generar innovaciones donde la eficiencia energética pueda ser mejorada en varios aspectos sin importar al sector que la necesite.

En el presente trabajo detalla la propuesta de un plan para reducir el consumo eléctrico actual del hotel Chrisban Hotel Boutique de un estudio previo basado en la gestión adecuada para el aumento de la eficiencia energética. Se seleccionó este hotel gracias al acercamiento de la institución universitaria y la influencia del turismo religioso en la ciudad. El trabajo se realiza en base la norma ISO 50001, cabe aclarar que el Chrisban Hotel Boutique no posee una estructura física y productiva que permita una implementación total de la norma ISO 50001 sin embargo su flexibilidad y adaptación a los requerimientos de las organizaciones permite su ajuste para esta propuesta. Para la elaboración de la propuesta se tendrá tres etapas fundamentales, la primera se trata de caracterizar el estado actual del hotel, después será necesario determinar los criterios de la norma ISO 50001 aplicables al hotel y por último se llevará a cabo la realización del plan de eficiencia energética. También se tendrá en cuenta para la elaboración de esta propuesta, los documentos y guías de implementación y desarrollo de auditorías energéticas expedidas por el UPME.

El proyecto tiene como objetivo principal proponer un plan de reducción del consumo eléctrico actual en el hotel Chrisban Hotel Boutique según la norma ISO 50001, se espera que, con el alcance de este estudio, el hotel pueda tener elementos de decisión para su posible aplicación, pensando en certificaciones ISO que le permitan mejorar su posicionamiento y sostenibilidad como entidad turística. La metodología utilizada para alcanzarlo consta de varios pasos, que van guiados a la par con cada objetivo específico.

Para el primer objetivo específico, enfocado en determinar los criterios y requerimientos necesarios aplicables al hotel con base en la norma y la literatura especializada, teniendo en cuenta la obtención de las normas necesarias, realizando visitas diagnosticas al hotel, con el fin de obtener datos sobre el consumo energético con base en la integración de la normatividad técnica ISO 50001. El segundo objetivo específico se realiza la caracterización energética del hotel considerando la situación actual en equipos e instalaciones. Para lo cual se realizaron visitas al hotel para mediciones, y posterior a esto generar cálculos para los subsistemas existentes, analizando siempre que sea aplicable lo que está en las normas, para el hotel. El tercer objetivo describe las bases del plan de mejoramiento teniendo en cuenta las medidas a corto, mediano y largo plazo, así como el costo e implicaciones técnicas. Para su estructuración se tuvieron en cuenta todos los datos obtenidos y sus respectivos análisis, entendiendo como acoplar a cada sistema los ajustes, identificando las buenas prácticas que se dan, para finalmente elaborar la propuesta a manera de ficha técnica, presentando un plan de acciones y mejoras que permita al hotel entender fácilmente los cambios que deberían ser tomados en cuenta.

La realización de este trabajo espera dar a conocer alternativas para la eficiencia energética, que, si bien su base para la elaboración fue un hotel, pueda aplicarse a otro tipo de empresas, y de esta manera generar conocimientos e ideas sostenibles en el ámbito de la Ingeniería Electromecánica y las áreas que pudiesen estar relacionadas con ella.

Para contextualizar se analizaron casos de estudio de la norma ISO 50001 aplicada a hoteles en Colombia y en el exterior. Por ejemplo, En la Universidad Nacional sede Bogotá se realizó una tesis de maestría Velázquez (2015) sobre un modelo de gestión integral de energía para Hoteles en Colombia. El autor propone un modelo propio para la

implementación de sistemas de gestión de energía basado en normas como la NTC-ISO 50001 o la norma tailandesa TEM (en inglés, Total Energy Management Handbook). En ese estudio se encuentra que en Colombia los hoteles no están caracterizados energéticamente. En consecuencia, no existen datos propios de ese sector, sino que los hoteles están aglomerados dentro del llamado 'sector terciario' junto con otro tipo de negocios. Se denominó 'sector terciario' en otro estudio realizado por la universidad nacional para el Ministerio de Minas y Energía sobre el gasto energético nacional de Colombia. Considera también que en el sector hotelero se puede recopilar información técnica para mejoras en la gestión de la energía. Sin embargo, el autor concluyó que hay desconocimiento y poco interés del sector hotelero en la implementación de sistemas de gestión de la energía debido a que el costo por consumo energético es muy menor en comparación a los gastos totales de los hoteles. De igual forma se recomienda profundizar en investigaciones que comprueben la viabilidad de las energías renovables y la utilización de software para la gestión de la energía.

Otra tesis en Colombia fue realizada en la universidad de la Costa Rodríguez y García (2018). Se destaca al turismo a nivel mundial como una actividad socioeconómica de crecimiento constante en términos de empleo, inversión e intercambio de riqueza. Resalta estudios realizados en hoteles de Europa donde el consumo eléctrico varía en el rango entre 200 y 400 kWh/m<sup>2</sup> y tiene en cuenta el estudio del sector terciario en Colombia donde se comprobó un consumo energético del 6% con tendencia al alza del 7 al 12% en zonas climáticas con más uso de aire acondicionado como lo es la zona costera integrada por ciudades como Cartagena, santa Marta y barranquilla. Se recalca que la norma ISO 50001 proporciona herramientas que facilitan el desarrollo de planes de eficiencia energética entre las cuales se destacan el análisis de los consumos energéticos con la producción, diagramas de dispersión y correlación para la línea base y línea meta para la identificación de los consumos más significativos.

En el exterior y como un ejemplo de la implementación de sistemas de gestión energética ISO 50001:2011 la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) destaca el caso del hotel Plaza San Francisco. Este hotel está ubicado en Santiago de Chile y ha prestado sus servicios desde al año 1989. En el año 2010, con el propósito de hacer sus actividades sustentables y amigables con el medio ambiente, comenzaron a implementar el sistema SGE (Sistemas de Gestión Energética), bajo tres pilares fundamentales de acuerdo a su

experiencia y contexto: 1) empresarial, 2) socio cultural y 3) medio ambiental. Valorando posibilidades como la adquisición de nuevas tecnologías como controles centralizados, ascensores nuevos que cuentan con variadores de frecuencia y recambio de aires acondicionados, posible utilización de energías renovables y equipos eléctricos energéticamente eficientes como los son lámparas led y Monitores en línea de los consumos y variables eléctricas. Todas estas acciones redujeron el consumo eléctrico del hotel en 10%, además de la certificación en ISO 50001 y el reconocimiento por el ministerio de energía chilena en el año 2013 y 2017 con el sello de eficiencia energética. AChEE (2017).

Otro estudio sobre ahorro de energía en hoteles fue realizado en México. En la Universidad Autónoma de México se realizó una tesis Soriano (2011) en la cual se hace hincapié en el crecimiento del turismo a nivel mundial especialmente en México. También se menciona el papel fundamental de los hoteles en la industria turística y el impacto que esto conlleva, ya sea de tipo ambiental como en el gasto energético. Esto compromete a los hoteles a buscar formas de implementar modelos de gestión de energía que les permita mitigar los impactos propios de sus actividades turísticas, como también ser sostenibles y sustentables.

El estudio concluye que hay muchos beneficios en implementar sistemas de gestión de energía para los hoteles, tales como ahorros económicos, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, y mejora en la imagen frente a sus clientes. Todo esto convierte a los hoteles en establecimientos más competitivos. Los servicios que más demandan consumo energético son: iluminación, calefacción y aire acondicionado. Para el caso de la iluminación se hace la salvedad de que cada caso es diferente. Sin embargo, se recomiendan tres estrategias:

- 1) Control automático
- 2) utilización de luz natural
- 3) programa adecuado de mantenimiento.

En el caso de la calefacción y el aire acondicionado se recomienda afianzar dos fundamentos vitales sobre el aislamiento térmico y la hermeticidad en los hoteles. Esto conlleva a un menor consumo energético en los equipos destinados para esta actividad.

# 1. Planteamiento del problema y justificación

## 1.1 Planteamiento del problema

La energía eléctrica juega un papel importante en la sociedad debido a sus múltiples aplicaciones, logrando convertirse en una de las bases de la tecnología y su desarrollo, un hecho que la hace indispensable en el día a día de las personas, no obstante, este beneficio ha obligado al hombre a utilizar diversos equipos que generan una gran demanda de electricidad. Una realidad que, al enmarcarlo con las explicaciones dadas por González, et al. (2014) ese aumento incesante del consumo de energía eléctrica a nivel mundial, nos ha llevado a otra necesidad de generar y satisfacer tal demanda de consumo energético por medio de las plantas generadoras con un alto impacto ambiental.

Sin embargo, para Chevez, Martini y Franco (2018) “la energía es un bien estratégico fundamental para el desarrollo socioeconómico de cualquier país, y, tanto a nivel mundial como nacional, su consumo y abastecimiento presentan una situación compleja ocasionada por la fuerte dependencia de los combustibles fósiles” (p. 9). Lo anterior conlleva a presentar inconvenientes debido a que no se tiene control sobre precios, reservas o disminución de efectos negativos al medio ambiente, ya que se ven asociados en gran parte a la transformación de la energía.

En ese mismo sentido el banco mundial en el marco de su programa de evaluación del panorama global de los ecosistemas, revelo que entre el 60% y el 70% se degradan con más rapidez de lo que se pueden llegar a recuperar Banco Mundial (2019), un hecho relacionado directamente con las emisiones de gases de efecto invernadero que a su vez incrementa la temperatura global. Colombia por ejemplo, aumento sus emisiones en un 15% los últimos 20 años de acuerdo con la información obtenida del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y PNUD (2016); El último estudio realizado por el instituto reveló que Colombia pasó de emitir el 0,37% de las emisiones mundiales a emitir el 0,42% en los últimos años.

Resulta oportuno mencionar que en el Plan nacional indicativo de eficiencia energética 2017-2022 MME y UPME (2016). se categorizó el consumo energético en Colombia, posicionando a los hoteles en el sector terciario del consumo energético nacional, con un 7% de participación, del mismo modo se permitió comprobar que esta cifra solo representa que las actividades de este sector son de bajo consumo energético, más no necesariamente que sean eficientes, una razón para invitar al sector hotelero a buscar estrategias que permitan mitigar la problemática ya mencionada.

Tomando un caso particular, la entidad privada Chrisban Hotel Boutique que se encuentra situado en el centro histórico y turístico de la ciudad de Buga en el departamento del Valle del Cauca, cuenta con más de 6 años en la prestación de sus servicios generando aproximadamente 1 tonelada de Dióxido de carbono CO<sub>2</sub> por cada 2000 kWh de energía eléctrica que consume Carbonocero (2021), adicional, en el año 2020 las actividades hoteleras y gastronómicas que se desarrollan en este centro histórico están siendo afectadas debido a la problemática que enfrenta la salud pública ante la pandemia de la COVID-19. Una situación que ha generado un cese de sus actividades y en aras de la mejora continua de sus procesos, la entidad se ha visto obligada a adoptar estrategias de ahorro energético que permita visualizar un futuro sostenible para su modelo de negocio. Las pérdidas del sector comprenden una significativa baja en la ocupación, indicador medido por COTELCO (2021) según la asociación de un consolidado de 56.96% de ocupación en año 2019, se pasó a un 21.18% en el año 2020.

Ante la situación planteada existen procedimientos que permiten aminorar el consumo energético, adoptando normas que caracterizan el gasto y posteriormente se podrá plantear estrategias de disminución, una de ellas es la norma ISO 50001. Por lo tanto, se infiere, ¿Se podrá diseñar una propuesta para Chrisban Hotel Boutique enmarcada en un plan de eficiencia energética que implique a futuro un ahorro de dinero que le ayude a la entidad a enfrentar sus problemáticas y por ende aporte a disminuir su impacto ambiental?



## 1.2 Justificación

El panorama mundial actual necesita de ideas y proyectos eficientes de consumo de energía, teniendo en cuenta la competitividad productiva de los procesos empresariales, sin importar su naturaleza, y de una visión panorámica en donde se admitan iniciativas económicas y ecologistas; con el fin de garantizar la seguridad energética, productiva y medioambiental de las presentes y futuras generaciones que habitan este planeta, una situación que expresa Taliani y Álvarez (1994) (como se citó en Bravo y Martínez, 2017). Entre distintas estrategias se destaca la que se conoce como Economía verde, la cual propone crear versiones de crecimiento económico, con miras a la eficiencia de recursos, ya que, según Michael (1996) (como se citó en Bravo, et al. 2017) la manufactura verde “se basaría en procesos más eficientes en energía y materiales y en una reducción de sus externalidades negativas, como residuos y polución. Se entiende que este cambio puede ser rentable para los negocios y, simultáneamente, aumentar el empleo y reducir la presión ambiental” (p. 461).

Desde el punto de vista de Colombia, existe el plan nacional para el ahorro de agua y energía orientado a buscar edificaciones sostenibles, una política creada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio bajo la Resolución 549 de 2015. Esta guía contiene exigencias en materia de reducción de consumos según el tipo de edificación (centros comerciales, oficinas, hoteles, instituciones educativas y hospitales) y el clima de la región donde están ubicadas (frío, templado, cálido seco y cálido húmedo) establecidas por el MME, et al. (2016). Por otro lado, el Plan nacional indicativo de eficiencia energética 2017-2022, en el que se menciona un estudio de caracterización realizado por la UPME permitió identificar que vale la pena impulsar medidas de eficiencia energética que pueden ser replicadas debido a la productividad del sector al cual pertenecen las entidades oficiales, hoteles y edificaciones educativas MME, et al. (2016). En efecto, La Universidad Antonio Nariño brinda espacios para que la comunidad universitaria desarrolle proyectos con impacto en la región. De esta forma, con la realización del presente documento la sede Buga puede contribuir y lograr buenos resultados, al proponer un plan de eficiencia energética de una empresa con reconocimiento como lo es el Chrisban Hotel Boutique. En el informe generado por Enerdata (2020) el anuario estadístico de energía brinda un registro de consumo eléctrico a nivel mundial de más de 20000 TWh, ya en el caso de Colombia el consumo se estima de 64 TWh, un área de oportunidad para lograr un ahorro

económico entre el rango de 5 a 30% Berrios (2019), al implementar la Norma ISO 50001 de acuerdo con CINDE Información que permite visibilizar la importancia de este proyecto como contribución y modelo a seguir por otras empresas que quieran hacer uso eficiente de la energía eléctrica en el municipio de Guadalajara de Buga.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer un plan de reducción del consumo eléctrico actual en el hotel Chrisban Hotel Boutique según la norma ISO 50001.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar la caracterización energética del hotel considerando la situación actual en equipos e instalaciones.
- Determinar los criterios y requerimientos necesarios aplicables al hotel con base en la norma y la literatura especializada.
- Elaborar el plan de mejoramiento teniendo en cuenta las medidas a corto, mediano y largo plazo, así como el costo e implicaciones técnicas.

## **1.4 Alcance**

Al final del proyecto, el documento presentará la caracterización energética del hotel Chrisban Hotel Boutique y una propuesta de mejoramiento basado en la norma ISO 50001. Los aspectos incluidos en el análisis son: iluminación y aire acondicionado, variables que corresponden al más alto consumo energético del hotel. Se incluirán las memorias de cálculo, así como los aspectos y criterios de decisión involucrados en la elaboración de la propuesta, con el fin de que se conozca cómo fue elaborada, no se realizara cálculos profundos de diseño de sistemas de paneles fotovoltaicos, cargas térmicas, ni se hará tomas de cámara termográfica, al igual que análisis de red debido a que no se cuenta con los instrumentos de medida.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Eficiencia energética

En este punto es necesario definir la eficiencia energética, la cual es explicada Por González, et al. (2014) quienes conceptualizan que “la eficiencia energética representa la confección de los mismos bienes o servicios usando menos recursos energéticos y sin perturbar los niveles de confort, calidad de vida o de productividad” (p. 11)

El uso de la eficiencia energética tiene varios factores implicados, como requisitos y necesidades del cliente, sin embargo, lo importante es llegar al menor consumo y gasto energético posible que tendrá como consecuencia una menor contaminación ambiental. En ese sentido, Cabe mencionar el análisis presentado por Bravo, et al. (2017) al indicar que “el incremento de la eficiencia energética tiene un beneficio ambiental inmediato y directo, ya que implica una reducción del uso de los recursos naturales y en las emisiones de contaminantes incluido el CO<sub>2</sub>” (p. 459)

Además, un factor importante para implementar la eficiencia energética se entiende en base a las consideraciones planteadas por Albuquerque (1995) (como se citó en Bravo, et al. 2017) determinando que la energía cada día aumenta su valor, al punto que en muchos casos el costo mayoritario o el costo total es el costo energético, incluyendo los componentes como la producción, distribución y uso de las distintas formas de energía y el agua. (p. 457)

Con lo descrito, es relevante mencionar que, para evaluar variaciones en la eficiencia energética se utilizan indicadores de tres tipos principalmente planteados por Borroto (2009) (como se citó en Bravo, et al. 2017; p. 460), Índice de Consumo, Índices de Eficiencia, Índices Económico-Energéticos. Para el caso puntual del sector comercial y de servicios se puede hacer uso de los siguientes indicadores:

$$I_{energ1} = \frac{kWh_{mes}}{HDO_{totales}} \quad (2-1)$$

Donde:  $I_{energ1}$  = Indicador desempeño energético

$kWh_{mes}$  = Kilovatio hora consumidos al mes

$HDO_{totales}$  = Habitaciones día ocupado

$$I_{energ2} = \frac{kWh_{mes}}{m^2} \quad (2-2)$$

Donde:  $I_{energ2}$  = Indicador desempeño energético  
 $kWh_{mes}$  = Kilovatio hora consumidos al mes  
 $m^2$  = metros cuadrados construidos

Estos índices se mencionan porque deben ser tenidos en cuenta para diagnosticar la eficiencia energética, con el fin de mejorar los estándares y alcanzar una producción o empresa sostenible y que a la vez se le dé mucho más valor a su producto o servicio. Además de dar cumplimiento a los objetivos planteados para el SGE. Cabe destacar que, aunque el ahorro energético no es una fuente de energía como tal. Se puede considerar de dicha forma, de modo que posibilita satisfacer más servicios que requieran energía, lo que equivaldría a tener más energía disponible. De ahí que los índices energéticos son representados como la cantidad de energía por unidad de producto o servicio, relacionando la energía (sin importar su fuente) que se consumen con la actividad relacionada, para el caso puntual de un hotel son las habitaciones-día ocupada. (2-1) y la Valoración del desempeño energético mediante el consumo de energía referido a:  $m^2$  de superficie (2-2).

## 2.2 Normas ISO 50001

Las normas ISO Son sistemas de gestión que contribuyen a las empresas ajustar de una manera más eficiente sus procesos y recursos. En base a las directrices establecidas en ISOtools (2018) se considera que esto va orientado a alcanzar metas y objetivos definidos como los son calidad, cuidado del medio ambiente, sostenibilidad o el uso eficiente de la energía.

Para el caso de los sistemas de gestión energética de las normas ISO, se establecieron bajo la norma ISO 50001:2011, estándares que fueron solicitados el año 2008 por la oficina de las naciones unidas por lo cual ISO realizo estudios y concluyo que la energía era uno de los cinco campos para el desarrollo de norma internacionales. En el año 2011 y como resultado de estudios realizados por miembros de la ISO de Estados Unidos y Brasil se publicó la norma ISO 50001:2011 ISOtools (2018) con el propósito de que las

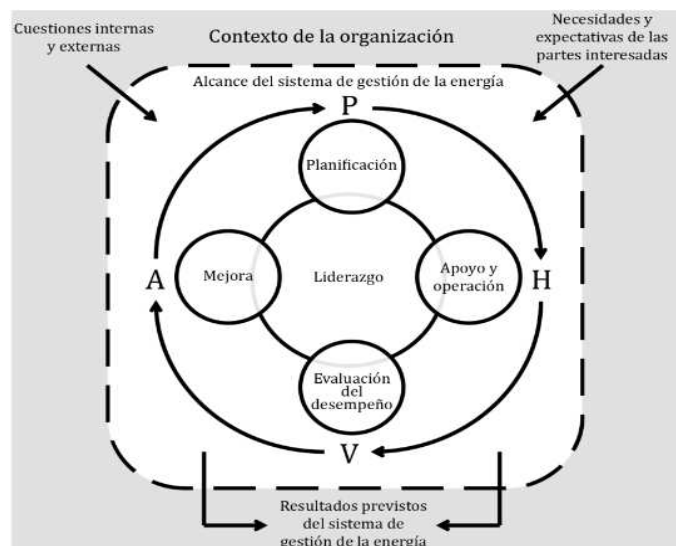
organizaciones establezcan medidas que permitan mejorar la eficiencia en el uso de la energía, reduciendo costos e impacto ambiental con reconocimiento internacional.

La norma ISO 50001 Sistemas de Gestión de la energía actualizada en el año 2018, dispone de estándares y requisitos de reconocimiento internacional con el propósito de que las organizaciones establezcan medidas que permitan mejorar y/o sistematizar prácticas en el uso eficiente de la energía, con el fin de reducir costos, el impacto ambiental y el posicionamiento competitivo en el área que desarrolla sus actividades, sin sacrificar su productividad o crecimiento.

El alcance de la norma contempla la certificación del Sistema de Gestión de la energía basado en los modelos de mejora continua con ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). implementado y declarado de completo cumplimiento por una organización de cualquier tipo de actividad (industrial, comercial, educativo) o simplemente para sistematizar o implementar las mejoras en la gestión energética incluyendo cambios de tecnología, que generen una disminución en el impacto ambiental derivado de las actividades de la organización en este caso el Chrisban Hotel Boutique.

La norma ISO 50001 pretende de igual forma aportar a la solución de problemas de altos costos, reducción de gases de efecto invernadero y la mejora continua en el suministro de energía eléctrica basándose en el modelo del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar).

**Figura 2-1** Ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar



Fuente: NTC-ISO 50001

## **2.3 METODOLOGIA DE LA ISO 50001**

### **2.3.1. Responsabilidad de la dirección**

La alta dirección lidera la responsabilidad del Sistema de Gestión de Energía (SGE), sobre la dirección recae el compromiso con la política general del SGE, la planificación energética, la implementación y operación, la verificación y la revisión constante para mejorar y mantener la eficacia del SGE, de igual manera y los alcances y límites del SG+E. Dentro de las responsabilidades de la dirección también están el asignar los rubros necesarios para ejecución y mantenimiento del SGE, así como impulsar la comunicación y toma de conciencia a todos los niveles de la organización. Las tareas y responsabilidades de la alta dirección consignadas en la norma ISO50001 se denotan a continuación.

- Determinar alcance y límites del SGE
- Considerar el desempeño energético en una planificación a largo plazo
- Designar un representante por la dirección del SGE
- Definir responsabilidades y autoridades sobre el SGE
- Identificar las personas del equipo de gestión del SGE

### **2.3.2 Política Energética**

La política energética es la declaración formal expuesta por la alta dirección, sobre el pacto que instituye la organización para lograr la mejora continua del consumo energético, dicha política debe ir documentada y notificada a todos los niveles de la organización, se debe revisar habitualmente y actualizar si se requieren cambios relacionados a nivel organizacional, en actividades del negocio o si está ya no refleja las necesidades de la entidad.

Al definir las políticas energéticas, se debe tener en cuenta la naturaleza de las operaciones y la escala del uso y consumo de energía de la organización, para proporcionar un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos energéticos, y para respaldar la adquisición de productos y servicios de ahorro de energía. Servicio. Su formulación debe incluir compromisos relacionados con el cumplimiento de los requisitos legales energéticos para asegurar la disponibilidad de información y recursos que cumplan con las metas energéticas y las metas personales.

### **2.3.3 Planificación Energética**

El plan energético permite un plan documentado que se actualizará continuamente y proporciona las principales pautas para mejorar el modelo de consumo energético de la organización en un tiempo determinado; este estará compuesto por un grupo de personas con las habilidades adecuadas y basadas en la comprensión de la política energética sus procesos están diseñados.

Las organizaciones deben determinar y mantener los requisitos legales aplicables relacionados con el uso y consumo de energía y EE, y deben cumplirlos teniendo en cuenta las regulaciones vigentes. Esta información debe ser actualizada de acuerdo con la revisión planificada y será considerada en la implementación del sistema de gestión energética, y el alcance de los requisitos legales se definirá como el uso y consumo de energía durante la implementación de la entidad.

Con base en la medición del consumo de energía, la matriz de consumo de energía, las especificaciones de los equipos y las instalaciones, los planes y los diagramas de flujo de procesos, las organizaciones deben determinar sus fuentes de energía actuales y recopilar información sobre el uso y el consumo de energía actuales y pasados de sus procesos; y estimar el uso y el consumo de energía en el futuro. Esto es para determinar los equipos, sistemas, procesos y personal que consumen mucha energía y para determinar su desempeño energético. Además, el equipo responsable debe investigar e identificar otras variables internas y externas que puedan afectar el uso de energía de la entidad, algunas de estas variables pueden estar relacionadas con la producción, el cambio climático y la demanda de energía en épocas específicas del año. Día festivo y así sucesivamente.

### **2.3.4 Implementación y Operación**

La implementación y operación del SGE requiere principalmente el compromiso de la alta gerencia, los representantes de la gerencia, el equipo de gestión de energía, los líderes identificados en el diagrama de flujo y la participación del personal de operaciones, técnico y de gestión interna. A la entidad, utilizará el plan de acción de la fase anterior para asegurar su implementación y operación.

Las personas que están relacionadas con SGE o que trabajan para la organización deben seleccionarse en función de su educación, capacitación, habilidades y experiencia

específicas. Cuando sea necesario, la entidad deberá establecer requisitos de formación dirigidos a controlar el uso masivo de energía y el funcionamiento del sistema de gestión energética, impartir formación o realizar otras acciones para cumplir con estos requisitos, y llevar un registro de estas actividades.

Teniendo en cuenta las políticas, metas, metas energéticas y planes de acción, las empresas deben determinar y planificar las operaciones y actividades de mantenimiento relacionadas con SGE, y asegurarse de que sus estándares de operación y mantenimiento efectivos se registren y comuniquen al personal interno y externo, de acuerdo con estas Pautas que operan. Y mantener instalaciones, equipos, procesos y sistemas. Asimismo, identificar oportunidades de mejora y control operativo en el diseño de instalaciones nuevas o rehabilitadas, y establecer registros y estándares de eficiencia energética para la compra de nuevos equipos, sistemas o proyectos. Como resultado de este proceso, se espera que la entidad obtenga la siguiente información:

Requisitos de competencias, entrenamiento y necesidades de formación.

- Procedimiento para la comunicación interna y externa.
- Manual de procedimientos, guías e instructivos para la operación y el mantenimiento del SGE.
- Procedimiento control de documentos y registros.
- Evidencia documentada de la política, objetivos, metas energéticas y planes de acción.
- Plan operativo y de mantenimiento para los SGE.
- Registros de las actividades de diseño.
- Especificaciones de compra de equipos, sistemas y servicios de energía.

### **2.3.5 Verificación**

El capítulo de verificación corresponde a la parte “Verificar” del ciclo PHVA para el SGE. La organización puede considerar la unificación de estos requisitos con los sistemas de gestión anteriormente implementados. El propósito de alcanzar, evaluar y analizar es conseguir datos e información, para determinar en qué medida el desempeño energético está mejorando y si el control operacional se mantiene.

La entidad debe monitorear, medir y analizar en intervalos programados y registrar los resultados de las características clave de sus operaciones que determinan el desempeño



energético, tales como, los USE, las variables pertinentes relativas a los USE, los IDEns, la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y metas individuales, evaluando la relación entre el consumo energético real y el consumo energético esperado, e investigando y respondiendo a las desviaciones importantes del rendimiento energético. Teniendo en cuenta el proceso de planificación energética, es importante desarrollar un plan de medición energética acorde al tamaño, capacidad y complejidad de cada organización.

### **2.3.6 Revisión de la Dirección**

La revisión es la responsabilidad principal de la alta dirección y tiene como objetivo principal responder a la pregunta “¿El SGE está cumpliendo y conservando las mejoras planificadas para el desempeño energético de la organización?”. Dicha revisión deberá realizarse a intervalos planificados; en periodos de tiempo suficientes para que las no conformidades se hayan corregido y los ajustes planificados se hayan llevado a cabo, ayudando a una mejor toma de decisión y a la mejora continua.

Como resultado de esta actividad y para asegurar que el ciclo PHVA se complete y sea efectivo, se espera que la entidad obtenga la siguiente información:

- Informe de revisión por la dirección.
- Cambios en el desempeño energético.
- Cambios en la política energética.
- Cambio en los IDEns.
- Cambios en los objetivos, metas u otros elementos del SGE, coherentes con el compromiso de la organización con la mejora continúa.
- Cambios en la asignación de recursos.

## **2.4. Estándar ISO 7730 2005**

La norma ISO (2005) 7730: 2005 demuestra modelos para predecir la sensación térmica general y el estado de incomodidad (insatisfacción térmica) de las personas que interactúan en ambientes térmicos moderados. Establece la apreciación del análisis del confort térmico mediante el cálculo de PMV (voto medio previsto) y PPD (porcentaje

previsto de insatisfechos) y el confort térmico específico, proveyendo las condiciones térmicas y ambientales que supongan admisibles para el confort térmico general, así como las que representan el malestar específico.

Los modelos de predicción del estándar ISO 7730-2005 ergonomía del ambiente térmico determinan las mediciones de tasa metabólica o energía emitida en forma de calor o emitidas por el cuerpo humano según la actividad que esté realizando, en la tabla 2-1 a continuación quedan descritos los datos determinados por el estándar ISO. Para efecto de cálculo de dimensionamiento de aire acondicionado se requiere unidades en BTU/h, el factor de conversión está dado por la ecuación 2-3

$$\frac{BTU}{h} = W * 3,4121 \quad (2-3)$$

**Tabla 2-1** Energía emitida por el cuerpo humano

ACTIVIDAD	ENERGIA [W]	[BTU/h]
Reposo tendido	83	283.3703
Reposo sentado	104	355.0664
Actividad Sudentaria	126	430.1766
Actividad ligera de pie	167	571.1547
Actividad media de pie	209	713.5469
<b>PROMEDIO</b>	<b>137.8</b>	

**Fuente:** Elaboración Autor con (2021) con información ISO 7730-2005

## 2.5. Iluminación

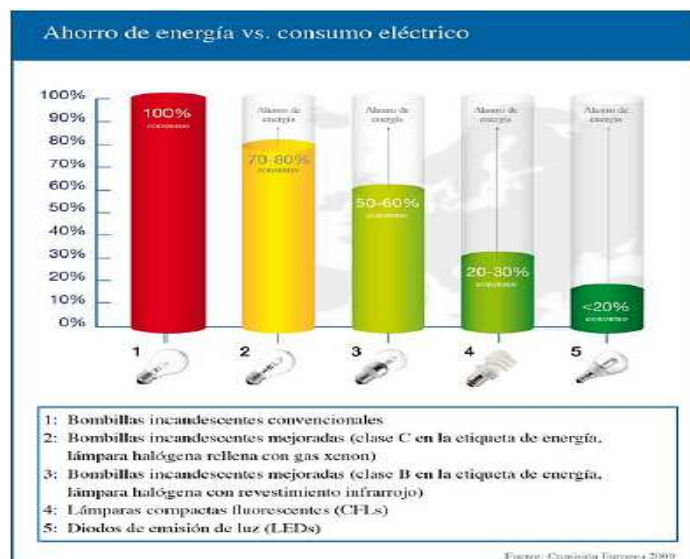
La iluminación de espacios tiene amplia relación con las instalaciones eléctricas, ya que la mayoría de las fuentes modernas de iluminación se basan en las propiedades de incandescencia y la luminiscencia de materiales sometidos al paso de corriente eléctrica. Una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, productividad y de rendimiento en el trabajo, mejora el confort visual Ministerio de Minas y Energía (2013).

Según estudios y normativas de la unión europea las luminarias artificiales acaparan el 19% del consumo energético total y son causantes 6% de las emisiones globales de gases efecto invernadero. En concordancia con esto actualmente se promueve el uso o cambio

de luminarias convencionales a nuevas tecnologías LED. El siguiente grafico muestra las diferencias en ahorros y consumos eléctricos (ver Figura 2.2).

Al observar la Figura 2.2 se identifica que un bombillo tradicional incandescente tiene un consumo eléctrico del 100%, mientras que la tecnología LED está por debajo del 20 % del consumo eléctrico, lo que diferencia la iluminación LED de las demás bombillas es el bajo consumo eléctrico. Gutiérrez (2014) entre un 80 y 90% menos que una bombilla incandescente tradicional y un 65% menos que una bombilla de bajo consumo de tecnología fluorescente.

**Figura 2-2** Ahorro vs consumo de luminarias.



Fuente: Gutiérrez (2014)

## 2.6. Climatización y aire acondicionado

La Climatización definida por el RITE (2013) se direcciona en dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. Bajo este concepto, Díez, (2014) presenta una caracterización puntual sobre este tema, comprendiendo que “la climatización se puede clasificar en tres actividades básicas ventilación, calefacción y refrigeración. Además, por su alcance puede ser de tipo unitaria o centralizada” (par. 3)

Por su parte unos de los sistemas más utilizados para climatizar espacios es el aire acondicionado; de igual manera los aires acondicionados tienen gran parte del gasto energético de los hoteles por eso es de vital importancia seleccionar adecuadamente su aplicación. Actualmente existen diferentes sistemas de aire acondicionado instalados en espacios domiciliarios, hoteles, oficinas, entre otros, como:

- **Aire acondicionado central.** Con capacidades desde los 12000 a 24000 BTU en los domésticos y 32000 a 60000 BTU comercial. el aire se distribuye a través de ductos y rejillas difusores.
- **Split o mini Split.** Capacidad desde los 9000 a 32000 BTU. La ventaja principal es que es eficiente y de muy bajo nivel de ruido.
- **Mini Split inverter** en términos técnicos dados por MN Del Golfo (s.f.) es uno de los aires acondicionado más usado actualmente, puede llegar a un ahorro energético de 70% gracias a la tecnología inverter.
  - ✓ El término Inverter, significa que se puede regular el voltaje y la frecuencia de un equipo.
- **VRF (Variable Refrigerant Flow).** Tomando en cuenta lo dispuesto por Climaproyectos (s.f.) Posee características importantes que lo diferencian.
  - ✓ Capacidad de controlar la cantidad de refrigerante que fluye a través del sistema de refrigeración.
  - ✓ Sus unidades interiores reciben únicamente la cantidad de refrigerante necesario para acondicionar el espacio al cual están acondicionando.
  - ✓ El motor del compresor usando tecnología inverter varía su velocidad, con el fin de incrementar o disminuir la capacidad requerida del sistema.

La eficacia energética de los sistemas de aire acondicionado está relacionada con el COP y el EER. El COP es una unidad de medida que permite conocer la cantidad de energía eléctrica consumida por el sistema sobre el calor producido en el condensador. Mientras que El EER corresponde a la eficacia energética frigorífica, es decir que indica esa misma relación de energía eléctrica consumida, pero con el frío producido en el evaporador. A continuación, en la figura 2-3 queda evidenciado cómo es posible conocer las unidades de eficiencia de los sistemas de aire acondicionado COP y EER

**Figura 2-3** Ecuaciones COP y EER

<b>COP (explicación)</b>	<b>EER (explicación)</b>
$COP = \frac{\text{Energía calorífica condensador} + \text{energía térmica compresor}}{\frac{\text{energía mecánica compresor}}{\eta \text{ mecánico}}}$	$EER = \frac{\text{Energía calorífica condensador}}{\frac{\text{energía mecánica compresor}}{\eta \text{ mecánico}}}$
$COP = \frac{h_2 - h_5}{\frac{(h_2 - h_1)}{\eta \text{ mecánico}}}$	$EER = \frac{h_1 - h_6}{\frac{(h_2 - h_1)}{\eta \text{ mecánico}}}$

Fuente: Tecener y Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, A.C. (COMPITE) (2015)

Cabe destacar que en Colombia desde el 31 de agosto de 2016 es obligatorio exhibir la etiqueta energética, MinMinas (2015) regulada en el reglamento técnico de etiquetado, RETIQ. Cuyo objeto es constituir medidas que fomenten el Uso Racional y Eficiente de la Energía – URE, en los equipos que usan Energía Eléctrica y Gas Combustible, Incluyendo claro está el aire acondicionado. Es un rótulo de color amarillo, que revela la información de un equipo específico -neveras, lavadoras, aires acondicionados, calentadores de agua, equipos de cocción, balastos y motores industriales-. Proporcionando información acerca de consumo y desempeño energético con la que se pueda comparar con equipos similares y hacer una elección adecuada a cada necesidad.

La cantidad de calor que se remueve del lugar a acondicionar por unidad de tiempo se le conoce como potencia frigorífica o carga térmica frigorífica, este concepto se mide en frigorías por hora (fg/h), una unidad de medida que corresponde a una kilocaloría eliminada o kilocaloría negativa, según la convención de signos ya adoptada en el estudio de la Termodinámica. En la práctica, la potencia frigorífica se evalúa en Toneladas de Refrigeración (TR), unidad que equivale a la cantidad de calor a extraer del agua para lograr una temperatura de 0 °C formando una tonelada de hielo cada 24 horas. (Cruz da Costa, 2017)

Para el correcto dimensionamiento de un aire acondicionado se parte de una estimación de 100 frigorías por metro cuadrado o cincuenta frigorías por metro cubico. Tener en cuenta factores como por ejemplo ventanas y el número de personas que circulan en el

espacio a dimensionar. El factor de conversión queda descrito en la siguiente relación de unidades de potencia y refrigeración tabla 2-2, Blog de Lucera (s.f.)

**Tabla 2-2** Relación de unidades

RELACION DE UNIDADES
1 fg/h = -1 Kcal
1 fg/h = 3.97 BTU/h
1 TR = 12000 BTU/h = 3023.95 fg/h

**Fuente:** Elaboración Autor con (2021) con información Cruz da Costa (2017)

## 2.7. Diagrama de Pareto

Un diagrama de Pareto, en consideración de Rus (2020) es un gráfico donde la información de los datos a analizar se muestra mediante un esquema de barras de forma descendente y en función de su prioridad. También se le conoce como curva cerrada o distribución A-B-C. Lo que permite conocer el orden de importancia de las variables que intervienen en un estudio.

Este grafico se basa en el principio o ley de Pareto. Ingeniero economista italiano que enuncio dicha ley que se cumple en el diagrama, descubrió que el 80% de las de las actividades que se realizan son triviales y solo suponen un 20% del resultado y a la inversa. Por tanto, es a las segundas a las que hay que dedicar un mayor esfuerzo. De ahí que su interpretación es clave al momento de usarlo, un ejemplo muy usado para dar buen uso de esta herramienta es en el área de marketing. Aproximadamente el 20% de clientes genera el 80 % de ingreso. Por lo cual se debe priorizar el 80% del esfuerzo y el tiempo en ellos. En conclusión, El diagrama de Pareto nos permite conocer qué actividades son prioritarias según este principio.

## 2.8. Retorno de inversión

Retorno sobre la inversión (ROI por sus siglas en inglés: Return On Investment) es un índice o indicador financiero que mide la rentabilidad de una inversión; Arturo (2019) lo establece como aquel instrumento con lo cual se puede definir la relación que hay entre la inversión realizada y las ganancias a obtenerse. A modo de ejemplo una ROI de 10% relaciona el porcentaje de la inversión que se va a recuperar. La utilidad de la ROI radica

en que nos permite conocer la viabilidad de una inversión, además que nos facilita comparar otras alternativas de inversión.

El cálculo del ROI se obtiene de la ecuación 2.5:

$$ROI = \frac{\text{Utilidad o Ganancia}}{\text{Inversión}} * 100 \quad (2-5)$$

En donde:

**ROI:** índice de retorno de la inversión.

**Utilidad o Ganancia:** utilidades, ganancias o beneficios obtenidos o que se esperan obtener por la inversión durante un periodo de tiempo determinado.

**Inversión:** capital que se ha invertido o se va a invertir.

Posibles resultados:

- ✓ Un índice mayor que 0 significa que la inversión es rentable.
- ✓ Un índice igual o menor que 0 significa que la inversión no es rentable.

## 2.9. Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica Iberdrola (s.f.) considera que es una fuente de energía renovable y limpia que aprovecha la radiación que genera el sol para producir energía eléctrica. Se basa en el efecto fotoeléctrico, en el cual un determinado material es capaz de absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, con el fin de generar una corriente eléctrica. Para dicha función se utilizan materiales semiconductores que forman un panel o celda solar fotovoltaica normalmente de silicio o de otros semiconductores de capa fina.

El nivel de irradiación global es la suma de la radiación directa más la radiación difusa, un parámetro importante para evaluar el potencial de la energía solar en un área específica. Esta radiación instantánea se expresa en unidades de potencia por unidad de área ( $\frac{\text{energía}}{\text{área} \cdot \text{tiempo}}$ .) Se mide en Watts por metro cuadrado ( $\text{W/m}^2$ ). La cantidad de radiación expresada en irradiancia suele estar integrada en el tiempo como ( $\frac{\text{energía}}{\text{área}}$ ) y la unidad

utilizada es kWh/ m<sup>2</sup> por día (si se cuenta en días) o por año (si se cuenta como años) (IDEAM, s.f)

**Plantas fotovoltaicas conectadas a la red:** Son sistema de generación de energía solar fotovoltaica que trabajan en paralelo con la red principal de energía Eléctrica, es decir, las salidas de ambos sistemas de generación están conectadas entre sí haciéndose parte de su red de distribución. Su diseño y dimensionamiento en cuanto a la potencia de los paneles y el Angulo de inclinación varía sustancialmente comparado con un sistema de generación aislado principalmente porque no incluyen almacenamiento intermedio, debido a que toda la energía generada se suministra a la red de distribución. (planas, 2020)

**Plantas fotovoltaicas autónomas:** Son sistemas de generación de energía solar fotovoltaica que están aislados de la red eléctrica, de manera que toda la energía generada por los paneles solares es consumida directamente por el consumidor final, normalmente son usados en zonas apartadas donde es más económico su uso que extender la red eléctrica. Su ventaja radica en la independencia de elementos externos para el abastecimiento de energía y su costo, el cual requiere una inversión inicial. Pero, luego el costo directo del kWh de energía eléctrica es cero. A diferencia con los sistemas conectados a la red los sistemas autónomos deben contar con acumuladores de energía eléctrica que pueda ser usada en horarios donde los paneles solares no generen electricidad. Poseen cinco elementos básicos (planas, 2020):

1. **Paneles fotovoltaicos** captan la radiación solar y transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones). según su fabricación son monocristalino, policristalino o amorfo. Los de silicio monocristalino se fabrican a partir de un único cristal de silicio puro con un máximo de eficiencia de entre un 18 % y un 20 %. Los policristalino se fabrican en bloque a partir de varios cristales, por lo que supone un valor más económico y una eficiencia media de entre el 16 % y el 17,5 %. Las de silicio amorfo son una red cristalina desordenada, lo que disminuye la eficiencia entre un 8 % y un 9 %.
2. **Inversores:** convierten la corriente eléctrica continua que producen los paneles en corriente alterna, apta para el consumo. Se requieren debido a que Los paneles solares fotovoltaicos generan energía eléctrica en corriente continua y equipos eléctricos que normalmente utilizamos requieren entrada de corriente alterna.



3. **Transformadores:** la corriente alterna que se genera en los inversores es de baja tensión (380-800 V), de modo que se usa un transformador para elevar a media tensión (hasta 36 kV).

Las plantas no conectadas a la red funcionan en isla y suelen encontrarse en lugares remotos. Estas plantas aisladas requieren elementos adicionales para funcionar:

4. **Baterías:** almacenan la energía producida por los paneles y no demandada en el momento, para cuando sea necesario. Es decir, se encarga de almacenar la energía que produce el panel fotovoltaico cuando el consumo es bajo, para que pueda utilizarse cuando se necesita energía eléctrica. Suelen ser baterías, aunque algunas instalaciones mezclan energía solar con energía hidráulica, y la energía producida por los paneles solares se utiliza para operar bombas y elevar el agua a cierta altura. Una cierta altura de agua tiene energía potencial, que se puede convertir de nuevo en energía eléctrica accionando una turbina.
5. **Reguladores:** protegen y previenen el uso ineficiente de la batería. administran la energía con eficiencia. conectan los paneles solares con el resto de los dispositivos fotovoltaicos del sistema. Ayudan a extender la vida de las baterías al impedir que se sobrecargue o se sobre descargue el sistema. Para elegir un regulador se tiene en cuenta la capacidad de entrega de corriente máxima medida en amperios.

Figura 2-4 Esquema de sistema solar fotovoltaico



Fuente: Barrera (2017)

## **3.Desarrollo del proyecto**

### **3.1 Diagnóstico y caracterización Energética**

El Chrisban Hotel Boutique, es una entidad que desarrolla el concepto boutique el cual se refiere a hoteles que surgieron en los años 80' que distan de grandes cadenas hoteleras, por el contrario, buscan su propio estilo, que en ocasiones puede llegar a ser temático en sus decoraciones proporcionando un ambiente elegante e íntimo.

Dentro de su estructura el hotel cuenta con servicios hoteleros de lujo, con el confort y la tecnología, cuenta con una oferta de 18 habitaciones donde disponen de TV de pantalla plana, un escritorio y baño privado con ducha. 4 habitaciones se ubican en la casona colonial y 14 habitaciones se ubican en una torre desde donde se puede observar la ciudad. Además, proporciona una piscina cubierta, un centro de spa y bienestar y conexión Wi-Fi gratuita. El hotel cuenta con una recepción 24 horas, jardín, una terraza, servicio de entrega de comestibles, instalaciones para reuniones y mostrador de información turística.

Para dar inicio con la propuesta se requiere recopilar los datos de potencia, corrientes, voltajes de electrodomésticos, aires acondicionados entre otros, para establecer un aproximado de gasto energético que consume las instalaciones del hotel. Una vez hallados los datos de consumo más comunes en el hotel, se procederá a realizar el levantamiento de información que permitirá brindar una posible solución. Para todo lo anteriormente mencionado es necesario procesar los datos proporcionados en la visita al hotel, que permite organizar de manera ordenada la información adquirida y determinar así los valores totales a analizar dentro del proceso.

#### **3.1.2 Recopilación de la información**

El día 1 de octubre de 2020 se realiza visita al Chrisban Hotel Boutique, donde se realizó recorrido por las instalaciones, tomando registros fotográficos, recopilación de datos técnicos de todos los activos Hotel y obteniendo información física (recibos de consumo y auxiliar pagos de servicios públicos) por parte de la administración. Evidencia registrada en la tabla 3-1

Tabla 3-1 Registro fotográfico.

DETALLE	MATERIALES Y/O ACTIVOS	DESCRIPCION
<p><b>AIRE ACONDICIONADO</b></p>		<p>Placa de datos tecnicos del aire acondicionado encontrado en el hotel, consumo de 2000 w. 9000 Y 12000 Btu/h.</p>
<p><b>VENTILADOR</b></p>		<p>Presente en 6 habitaciones del hotel, consumo 10 w.</p>
<p><b>TUBO FLUORESCENTE</b></p>		<p>Presente en 18 habitaciones del hotel, consumo 20 w.</p>
<p><b>BOMBILLO AHORRADOR</b></p>		<p>Presente en 18 habitaciones del hotel y zonas comunes, consumo 8w.</p>
<p><b>TELEVISOR</b></p>		<p>Televisor smart presente en 18 habitaciones del hotel, consumo 120w.</p>

Fuente: Elaboración Autor (2021)

En la tabla 3-1 se puede apreciar los equipos encontrados en la visita al hotel, se encontraron instalados aires acondicionados tipo Split con una potencia de 9000 BTU/h y consumo eléctrico de 2000 W, los hallazgos más significativos están en el tipo de iluminación que se encontró. Se evidencia el uso de tubos fluorescentes en las habitaciones con un consumo de 20 W y bombillos ahorradores de 8W tanto en las habitaciones como en las zonas comunes, lo que representa una oportunidad de mejora debido a las nuevas tecnologías LED ofrecidas en el mercado y la posibilidad de generar una propuesta acorde a las necesidades del hotel. A continuación, se muestra el inventario general de lo encontrado en la visita al Chrisban Hotel Boutique.

**Tabla 3-2** Inventario General

INVENTARIO GENERAL								
#	HABITACION	VENTILADOR	AIRE ACONDICIONADO	LAMPARA LED	TUBO FLUORESCENTE	BOMBILLO	TELEVISOR	DIMENSION (m <sup>3</sup> )
101	SENCILLA	1			2	4	1	33.63
102	SENCILLA	1			2	4	1	33.63
103	DOBLE	1			2	4	1	33.63
104	DOBLE	1			2	4	1	33.63
105	DOBLE	1			2	4	1	33.63
106	DOBLE	1			2	4	1	33.63
107	DOBLE		1		2	4	1	33.63
108	DOBLE		1		2	4	1	33.63
201	DOBLE		1		2	4	1	33.63
202	DOBLE		1		2	4	1	33.63
203	TRIPLE		1		2	4	1	46.74
204	CUADRUPLE		1		2	4	1	46.74
301	DOBLE		1		2	4	1	46.74
302	DOBLE		1		2	4	1	46.74
303	TRIPLE		1		2	4	1	46.74
304	CUADRUPLE		1		2	4	1	46.74
401	SEIS		1		2	4	1	79.60
402	TRIPLE		1		2	4	1	46.74
	AUDITORIO		2	14				217.15
	PASILLOS					24		
	RECEPCION		1					
	BAÑO SOCIAL					4		
	COCINA					3		
<b>TOTAL</b>		<b>6</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>36</b>	<b>103</b>	<b>18</b>	

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

En el inventario general registrado en la tabla 3-2 queda descrito el tipo y cantidad de habitaciones del hotel, así como los equipos que consumen energía eléctrica en cada una

de ellas. Adicional se inserta una columna (Dimensión), cálculo realizado con base en las medidas tomadas en la visita al hotel. En resumen 6 habitaciones del hotel están adecuadas con ventilador y 12 con aire acondicionado. 6 luminarias por habitación y 1 televisor.

### 3.1.3 Estimación de consumo eléctrico

Con el registro de consumo de energía eléctrica del 2019 debido a que en el año 2020 la entidad no logró operar con normalidad a causa de la Pandemia del COVID-19, se comenzó a procesar y analizar la información recolectada. Con datos relacionados al periodo comprendido entre enero a diciembre del año 2019, con un valor de \$545 pesos el kWh, el consumo cobrado en la factura del servicio (valor real de la factura) no representa el valor que se cobra por kilovatio consumido, contiene además otros costos adicionales, como son, alumbrado público, una razón que obliga a realizar la diferencia entre consumo y costos adicionales detallados a continuación en la tabla 3-3.

**Tabla 3-3** consumo año 2019

PERIODO 2019	CONSUMO [kWh/mes]	VALOR REAL FACTURA. \$	VALOR REAL CONSUMO \$	DIFERENCIA	CONSUMO REAL	OCUPACIÓN (100%)	OCUPACIÓN (70%)
ENE/FEB	1383	\$ 1,019,610.00	\$ 755,076.51	\$ 264,533.49	74%	28	20
FEB/MARZ	1517	\$ 1,116,960.00	\$ 828,236.49	\$ 288,723.51	74%	31	22
MARZ/ABRIL	1564	\$ 1,131,590.00	\$ 853,897.08	\$ 277,692.92	75%	32	22
ABRIL/MAYO	1620	\$ 1,175,020.00	\$ 884,471.40	\$ 290,548.60	75%	33	23
MAYO/JUN	1286	\$ 988,150.00	\$ 702,117.42	\$ 286,032.58	71%	26	18
JUN/JUL	1757	\$ 1,319,130.00	\$ 959,269.29	\$ 359,860.71	73%	36	25
JUL/AGO	1975	\$ 1,658,130.00	\$ 1,078,290.75	\$ 579,839.25	65%	40	28
AGO/SEP	2171	\$ 1,828,410.00	\$ 1,185,300.87	\$ 643,109.13	65%	45	32
SEP/OCT	1475	\$ 1,163,140.00	\$ 805,305.75	\$ 357,834.25	69%	30	21
OCT/NOV	1291	\$ 1,023,590.00	\$ 704,847.27	\$ 318,742.73	69%	26	18
NOV/DIC	1332	\$ 1,045,910.00	\$ 727,232.04	\$ 318,677.96	70%	27	19
<b>TOTAL</b>	<b>17371</b>	<b>\$ 13,469,640.00</b>	<b>\$ 9,484,044.87</b>	<b>Promedio</b>	<b>71%</b>		
		<b>VALOR (kWh)</b>	<b>\$ 545.97</b>				

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

Como se evidencia en cada cálculo de la Tabla 3-3, se puede determinar que a lo largo del año el kWh tiene un valor de \$545.97 pesos, lo que permite calcular un consumo de energía eléctrica real a pagar de \$9.484.044,87 durante el año 2019, de manera que esto

---

representa en promedio un 71% de consumo real de kWh; resulta oportuno aclarar que los cálculos para determinar los usos significativos de la energía y la estimación de ocupación son aproximados, debido a la dificultad de medir directamente y a que no se cuenta con estadísticas, parámetros históricos u otros datos adicionales que permitan una rigurosidad y exactitud en dichos cálculos. Sin embargo, se establecieron y calcularon por medio de literatura especializada que permitió la estimación de los USE y su posterior análisis para la propuesta de eficiencia energética. Hecha la observación anterior y partiendo del consumo eléctrico del año 2019 donde los meses agosto/septiembre tuvieron un consumo de energía de 2171 kWh-mes, periodos con más consumo de energía eléctrica y un alto costo en la factura por valor de \$1'828.410 pesos colombianos y debido a que el hotel no proporciona datos acerca de la estadía de sus clientes o estadísticas acerca de su ocupación se hará una estimación de la máxima ocupación que se presentan en el Anexo A y B representada de la siguiente manera:

1. Ocupación en fines de semana (viernes, sábado y domingo) es de 100%
2. Ocupación días de la semana (lunes, martes, miércoles y jueves) es de 70%

El estimado de ocupación no se toma de forma arbitraria, por el contrario, según cifras del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Mincit (2020) la media de ocupación nacional para el año 2019 estuvo en un 57.7%. Además, al considerar lo detallado en el EITiempo.com (2020) con cifras de COTELCO la asociación de hoteles en Colombia informo una ocupación por encima del 80% en las zonas turísticas de Colombia. Cabe agregar que en el informe de impactos del COVID-19 en el sector turismo del valle del cauca, (Gobernacion del Valle, 2020) para el año 2019, ingresaron a Colombia 3,95 millones de extranjeros, de los cuales 215.535 arribaron al departamento del Valle del Cauca; Los turistas tanto nacionales como extranjeros, se dispersaron en diferentes municipios para su estadía, siendo Cali el principal destino a visitar con el 62,35% del total de los turistas, seguido del municipio de Guadalajara de Buga con el 17,86% y Buenaventura con el 12,99%. El tiempo promedio de estancia regular en el Valle del Cauca es de 6 días, con una media de 2 días. No obstante, se debe recordar que Guadalajara de Buga es un sitio turístico reconocido por sus lugares religiosos que por lo general realiza sus eventos durante los fines de semana, de ese modo, para ser conservativos con los cálculos aproximados y enmarcado en la información estadística encontrada, se asume que la ocupación del hotel se divide en tres días, los cuales son viernes, sábado y domingo,

que corresponden al 40% de la semana con una ocupación del 100% del hotel, ya los cuatro días restantes lunes, martes, miércoles y jueves, que abarcan el 60% de la semana tendrán una ocupación al 70% mensual de la capacidad del Chrisban. Apoyados en la ecuación 3-1 y realizando los respectivos cálculos se estima ocupación real aproximada de 82%, dato requerido para el cálculo de cargas totales en un mes.

$$(\% \text{Días fin de semana} * \% \text{Ocupación}) + (\% \text{Días de semana} * \% \text{Ocupación}) = \% \text{Ocupación} \quad (3-1)$$

$$(40\% * 100\%) + (60\% * 70\%) = 82\%$$

La carga total analizada para el registro de consumo más alto durante un mes de operaciones se obtiene dividiendo las cargas de iluminación, aire acondicionado y televisión de acuerdo con su uso. Para las cargas se plantearon supuestos sobre las horas de no sol, sin embargo, se apoyó con un estudio realizado por la Universidad Nacional para la Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2016) acerca del consumo final de la energía en el sector terciario al cual pertenecen los hoteles; el cual indica que el horario de mayor consumo de energía se encuentra entre las 9AM y las 9PM con su mayor pico entre las 5PM y 9PM horas de no sol que se tomaron en el presente trabajo para la realización de los pertinentes cálculos de cargas totales.

Las cargas totales de iluminación se dividieron en iluminación utilitaria y cargas de uso momentáneo que hace referencia a espacios como baños e iluminación de lujo. Para el caso de iluminación utilitaria, se estima un uso promedio diario de 3 horas con base en el estudio de la UPME descrito anteriormente, las habitaciones actualmente cuentan con 2 bombillos ahorradores de 8 W de ahí que la carga de consumo eléctrico por habitación sea de 48 Wh. de modo que las 18 habitaciones consumen un total de energía eléctrica de 864 W diarios, datos consignados en la Tabla 3-4 carga de iluminación 1

**Tabla 3-4** carga de iluminación 1

CARGA DE ILUMINACION 1 [W]			
HABITACION	BOMBILLO [2]	HORAS USO DIA	TOTAL CARGA[Wh]
101	16	3	48
102	16	3	48
103	16	3	48
104	16	3	48
105	16	3	48
106	16	3	48
107	16	3	48
108	16	3	48
201	16	3	48
202	16	3	48
203	16	3	48
204	16	3	48
301	16	3	48
302	16	3	48
303	16	3	48
304	16	3	48
401	16	3	48
402	16	3	48
<b>TOTAL</b>			<b>864</b>

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

Para las cargas de uso momentáneo se estima un promedio de funcionamiento diario de una hora, las habitaciones del Chrisban Hotel Boutique cuentan con 2 bombillos ahorradores de 8 W, distribuidos en el baño y la ducha, además cada habitación cuenta con una decoración en él que se usa dos tubos fluorescentes de 20 W cada uno. La tabla 3-5 carga de iluminación 2 refiere los datos y cálculos para las iluminarias de uso momentáneo, la carga diaria de consumo eléctrico por habitación es de 56 Wh y la carga total diaria de consumo eléctrico es de 1008 Wh.



**Tabla 3-5** carga de iluminación 2

CARGA DE ILUMINACION 2 [W]				
HABITACION	BOMBILLO [2]	TUBO FLUOR. [2]	HORAS USO DIA	TOTAL CARGA[Wh]
101	16	40	1	56
102	16	40	1	56
103	16	40	1	56
104	16	40	1	56
105	16	40	1	56
106	16	40	1	56
107	16	40	1	56
108	16	40	1	56
201	16	40	1	56
202	16	40	1	56
203	16	40	1	56
204	16	40	1	56
301	16	40	1	56
302	16	40	1	56
303	16	40	1	56
304	16	40	1	56
401	16	40	1	56
402	16	40	1	56
<b>TOTAL</b>				<b>1008</b>

1.008 kWh

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

El uso estimado promedio para los televisores es de una hora, según ficha técnica de información encontrada en este electrodoméstico detalla un consumo energético de 120 W. La tabla 3.6 carga televisor, describe que el consumo eléctrico por habitación es de 120 Wh y el consumo de energía eléctrica de las 18 habitaciones existentes en el hotel representa un total diario de 2160 Wh.

**Tabla 3-6** Carga televisor

CARGA TELEVISOR [W]			
HABITACION	TELEVISOR	HORAS USO DIA	TOTAL CARGA[Wh]
101	120	1	120
102	120	1	120
103	120	1	120
104	120	1	120
105	120	1	120
106	120	1	120
107	120	1	120
108	120	1	120
201	120	1	120
202	120	1	120
203	120	1	120
204	120	1	120
301	120	1	120
302	120	1	120
303	120	1	120
304	120	1	120
401	120	1	120
402	120	1	120
<b>TOTAL</b>			<b>2160</b>

2.16 kWh

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

La carga por climatización entre las cuales están los ventiladores y aire acondicionado, su consumo y horas de uso se consignan en la tabla 3-7 (climatización). Cabe aclarar que los cálculos se realizan teniendo en cuenta un máximo teórico encontrado en los equipos del hotel, con una potencia de 2000 W el cual representa el pico al encender el equipo, luego de superarlo la potencia es mucho más baja. Sin embargo, se debe tener en cuenta el máximo teórico con el fin de establecer los USE y posteriormente realizar la propuesta de una instalación de paneles solares en concordancia con el registro del periodo de alta demanda de energía eléctrica del hotel observada en la Tabla 3-3. El estimado de uso diario es de 3.5 horas por habitación. La ficha técnica de información de los equipos encontrados en la revisión muestra un consumo eléctrico de 2000 W para aire

acondicionados y 10 W para los ventiladores. Con estos datos técnicos y el estimado de uso diario se calcula la carga energética por habitación, dando como resultado 35 Wh de consumo de energía eléctrica para habitaciones con ventilador y 7000 Wh de consumo de energía eléctrica para habitaciones con aire acondicionado; por consiguiente, el Chrisban Hotel Boutique consume diariamente un total de 84210 Wh de energía eléctrica.

**Tabla 3-7** Climatización.

CLIMATIZACION				
NUMERO DE HABITACION	POTENCIA VENTILADOR [W]	POTENCIA AIRE ACONDICIONADO[W]	USO DIARIO [h]	TOTAL CONSUMO [Wh]
101	10		3.5	35
102	10		3.5	35
103	10		3.5	35
104	10		3.5	35
105	10		3.5	35
106	10		3.5	35
107		2000	3.5	7000
108		2000	3.5	7000
201		2000	3.5	7000
202		2000	3.5	7000
203		2000	3.5	7000
204		2000	3.5	7000
301		2000	3.5	7000
302		2000	3.5	7000
303		2000	3.5	7000
304		2000	3.5	7000
401		2000	3.5	7000
402		2000	3.5	7000
			<b>TOTAL</b>	<b>84210</b>

84.21 kWh

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

A continuación, en la tabla 3-8 se muestra la suma de las cargas totales ya descritas y estimadas anteriormente con cada uno de los elementos eléctricos y electrónicos del hotel, que corresponden al consumo eléctrico de un día; **Ahora bien, al realizar el cálculo por 30 días con una ocupación del 100% y sin olvidar que se trabaja con el máximo teórico se**

obtiene un valor de 2647,26 kWh, el cual era de esperarse ya que no corresponde con el valor máximo encontrado en la factura del hotel, no obstante, se puede corroborar que al asumir la aproximación con la ocupación estimada del 82% en la ecuación 3-1, según los datos estadísticos brindadas por la gobernación del Valle para un periodo de 30 días, las cargas de consumo de energía eléctrica equivalen a un total de 2170,75 kWh siendo un valor similar al registrado en la factura con el consumo eléctrico más alto del hotel, concluyendo de manera parcial que el procedimiento realizado hasta ahora es adecuado, permitiendo dar solidez a la información manejada para implementar el sistema de gestión de energía.

**Tabla 3-8** Carga Total

FUENTE DE CONSUMO ELECTRICO	CONSUMO [kWh]
ILUMINACION	1.8720
AIRE ACONDICIONADO	84.21
TELEVISION	2.16
<b>TOTAL CONSUMO DIARIO</b>	<b>88.242</b>
CONSUMO POR 30 DIAS -100 % OCUPACION MENSUAL	2647.26
CONSUMO ESTIMADO DE 82 % OCUPACION MENSUAL	<b>2,170.75</b>

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

### 3.2 Análisis de los datos obtenidos

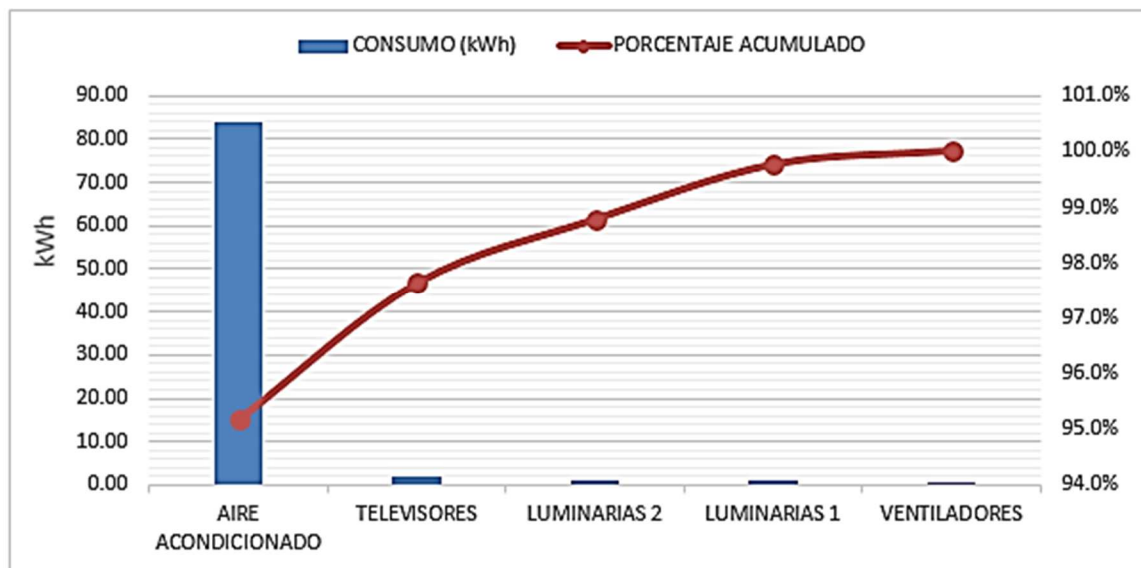
Antes de efectuar el abordaje explicativo del potencial de ahorro energético en cada uno de los puntos a analizar, se ha de entender y saber cuáles son los puntos con carga de mayor consumo, para lo cual se realizó la clasificación porcentual de los consumos energéticos encontrados en las instalaciones del hotel.

**Tabla 3-9** Clasificación porcentual de los consumos.

CARGA	CONSUMO (kWh)	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
AIRE ACONDICIONADO	84.00	84.00	95.2%	95.2%
TELEVISORES	2.16	86.16	2.4%	97.6%
LUMINARIAS 2	1.008	87.17	1.1%	98.8%
LUMINARIAS 1	0.864	88.03	1.0%	99.8%
VENTILADORES	0.21	88.24	0.2%	100.0%
<b>TOTAL</b>	<b>88.242</b>			

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

En la tabla 3-9 se observa la distribución porcentual de las cargas al igual que en la gráfica de la figura 3-1 con lo cual se puede apreciar que el punto de mayor incidencia de carga energética se encuentra en el aire acondicionado representado por un 95.2 % del total del consumo energético. Esto se debe al equipamiento instalado de aire acondicionado en 12 de las 18 habitaciones disponibles en el hotel. Las luminarias representan el 2.1% del consumo total de carga energética y aunque este porcentaje es bajo y el hotel cuenta con tecnología ahorradora, aun hacen uso de tubo fluorescente que hace los consumos sean considerables.

**Figura 3-1** Diagrama de Pareto puntos clave de consumo energético

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

Los otros equipos como lo son ventiladores y televisores que sumados dan un porcentaje de 2.6% del total del consumo energético, cargas que se podrían tomar como despreciables, sin embargo, toda carga tiene posibilidad de estudiarse una mejora.

### 3.3 Dimensionamiento de Aire Acondicionado

Las dimensiones de un aire acondicionado dependen de varios factores entre los cuales debe tener en cuenta:

- Área acondicionar
- Incidencia solar
- Energía emitida por el cuerpo humano
- Número de ventanas en la habitación.
- Tipo de aislamiento en el techo.
- Transferencia de calor de paredes.
- Temperaturas medias y máximas de verano.
- Color y tipo de techo.

El cálculo de cargas térmicas no es sencillo, de acuerdo con Ingemecanica (s.f.) cuando hablamos de la carga térmica de un edificio, se puede entender que el proceso del que estamos hablando es un fenómeno que tiende a cambiar la temperatura interna del aire o su contenido de humedad. Sin embargo la torre de habitaciones de Chrisban Hotel Boutique no posee una carga térmica central o única, de modo que para efectos del dimensionamiento y teniendo en cuenta lo descrito en el marco teórico con respecto a las frigorías y su factor de conversión de [la tabla 2-2, se realizó un cálculo de frigorías para el adecuado acondicionamiento de cada una de las habitaciones, teniendo en cuenta que el objetivo del presente de trabajo no es ser riguroso en esta sección, dado que se requiere un valor aproximado para realizar una posterior propuesta de mejora en el consumo energético del hotel una vez se ha identificado que existen equipos de aire acondicionado de mayor eficiencia que los que se encuentran actualmente instalados en la entidad, como lo son los equipos inverter. La tabla 3-10 contiene la información acerca del dimensionamiento de aire acondicionado para cada una de las habitaciones, teniendo en cuenta los datos técnicos que se relacionan contiguos al presente párrafo y que establece las fórmulas para el respectivo cálculo que se evidencia en la tabla.](#)

- **Medidas:** Son las que corresponden a las habitaciones del hotel y se relacionan en la columna 2 de la tabla 3-10
- **Volumen** = área de la base x altura
- **Frigorías** = 50 x volumen
- **1 frigoría** = 3.97 BTU
- **BTU total** = promedio adicional Tabla 2-1 Energía emitida por el cuerpo humano norma ISO 7730-2005

**Tabla 3-10** Cálculo de frigorías.

HABITACION	MEDIDAS [m]	VOLUMEN ( $m^3$ )	[fg/h] NECESARIAS	CONVERSION [BTU/h]	[BTU/h] TOTAL
DOBLE Y SENCILLA	3.30X3.86X2.64	33.62832	1681.416	6675.22152	6950.82152
TRIPLE Y CUADRUPE	4.54X3.90X2.64	46.74384	2337.192	9278.65224	9829.85224
SEXTUPLE	6.70X4.50X2.64	79.596	3979.8	15680.412	16507.212

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

La tabla 3-10 presenta en frigorías/hora y en BTU/hora la potencia requerida para la adecuada ambientación de cada una de las habitaciones en el Chrisban Hotel Boutique, se puede apreciar que para las habitaciones doble y sencilla se podría adquirir una mejor opción para la mejora de la eficiencia energética debido a que el dimensionamiento está aproximadamente 2000 BTU/h por debajo del equipo de 9000 BTU/h que actualmente está instalado, adicionalmente, no se debe olvidar que los aires acondicionados instalados actualmente son de la tecnología On-Off, discusión que se hará en la sección 4.9. Sin embargo, en el mercado colombiano no existe dicha opción, solo es posible adquirir aire acondicionado a partir de 9000 BTU/h. Para el caso de las habitaciones triple y cuádruple, se puede notar que la aplicación actual es la adecuada lo que permite asegurar desde el punto de vista de dimensionamiento que no habrá necesidad ni opción de proponer o recomendar algún cambio que permita mejorar los consumos energéticos. Caso contrario al de la única habitación séxtuple ya comparando el equipo que actualmente está instalado de 12000 BTU/h y los cálculos de frigorías requeridas para alcanzar el confort adecuado, es superado totalmente. Sin embargo, desde el punto de vista de equipos o cambio de

tecnología se puede proponer cambios que puedan integrarse en conjunto con el sistema de gestión de la energía.

### 3.4 Análisis de Luminarias

Al realizar la caracterización del Chrisban Hotel Boutique se encontró que la totalidad de los bombillos usados son de tipo Led ahorradores de 8 W, pero se encontraron tubos fluorescentes de 20 W. Habiendo analizado su consumo y las alternativas en el mercado se realizó un análisis descrito en la tabla 3-13 para bombillos ahorradores de 5 W cuya ficha técnica se registra en la figura 3-2 y para tubos led de 10 W en la figura 3-3.

**Figura 3-2** Ficha técnica Tubo LED 10 W



Tubo LED T8, 10W de potencia, una luminosidad de 800 lúmenes y una vida útil de 35.000 horas, ofrece una luz blanca fría.

MODELO	TUBO LED T8
Potencia	10W
Alimentacion	AC195 264V
Dimensiones	2.6x6000 mm
Peso	350 g
Luminosidad	800 lúmenes
Vida Util	35.000 horas
Color de luz	Blanco frio
Factor de potencia	0.90
Tipo Led	SMD2835
Temperatura de color	6400K

**Fuente:** Zona de proyectos (s.f.)



Figura 3-3 Ficha técnica Bombillo LED 5 W

**Bombillos LED 5W**





ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo	Potencia	Flujo luminoso
IBA005W	5W	450Lm

Grado IP IP20	Ángulo de apertura 250°	IRC 80 Ra	Marca y tipo de LED Epistar SMD 3535	Voltaje y frecuencia 100-240V 50/60Hz	Vida Útil 25.000h	Garantía 2 Años
------------------	----------------------------	--------------	---	---	----------------------	--------------------

Temperatura de Color  
4.500K Blanco frío

DESCRIPCIÓN GENERAL

Los bombillos LED ecolite® son fabricados bajo altos estándares de calidad y tecnología. Son ideales para diferentes tipos de aplicaciones: oficinas, bancos, centros comerciales, mesas de noche, neveras.

- Certificado bajo reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP
- Bajo consumo de energía y baja emisión de calor
- No emite radiación infrarroja / ultravioleta
- Libre de elementos tóxicos como el mercurio y el plomo
- No dimerizable

ESTRUCTURA Y DIMENSIONES



Φ	L
55mm	100 mm

Fuente: ECOLITE (2019)

Tabla 3-11 Cambio de luminarias.

	LUMINARIAS ACTUAL 8 W [kWh]	CAMBIO LUMINARIAS A 5 W [kWh]	AHORRO [kWh]
<b>CONSUMO DIARIO</b>	1.872	1.08	0.792
<b>CONSUMO MENSUAL</b>	56.16	32.4	23.76
<b>CONSUMO ANUAL</b>	673.92	388.8	285.12
	<b>AHORRO DE kWh</b>		<b>309.672</b>
<b>VALOR EN PESO</b>	\$ 367,940.10	\$ 212,273.14	
	<b>AHORRO EN PESOS</b>		<b>\$ 155,666.97</b>

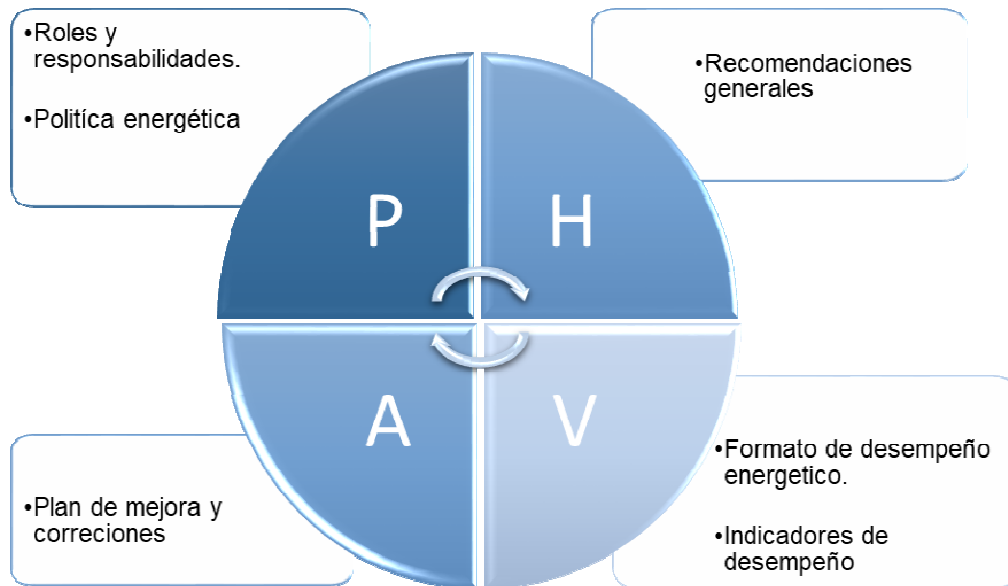
Fuente: Elaboración Autor (2021)

En la tabla 3-11 se logra analizar la baja en el consumo de kWh, actualmente en Colombia se comercializa bombillos ahorradores y tecnología LED entre otros, para el análisis de esta propuesta de eficiencia, se hizo énfasis al cambio a tecnología LED las cuales contemplan una vida útil que varía entre las 25000 y 50000 horas Comprated (s.f.). Lo que permitió analizar el ahorro bajo diferentes aspectos, como el consumo y ahorro de kilovatio, el aumento del valor que generalmente afecta el valor del kWh consumido, el ahorro en dinero por los kWh que se dejaron de consumir y la viabilidad o no del cambio de tecnología.

## 4. Propuesta de un SGE

### 4.1. Diagrama del SGE

**Figura 4-1** Diagrama SGE del Chrisban Hotel Boutique



**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

La figura 4-1 contiene el diagrama del SGE, propuesto bajo el ciclo de mejora continua PHVA de la norma ISO 50001 sé que describe a continuación.

### 4.2. Roles y Responsabilidades De La Alta Dirección

La norma ISO 50001 establece claramente que ISO (2018) “la organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente el SGE, incluyendo los procesos necesarios y sus interacciones, además de mejorar continuamente el desempeño energético” (par. 22). Bajo este concepto se debe tener en cuenta el liderazgo y compromiso al momento de una posible implementación del proceso de un SGE, así mismo la alta dirección se debe comprometer con el desarrollo y ejecución, conformando líderes en los procesos que conozcan sus roles y responsabilidades, por consiguiente, se establece una propuesta para la asignación de roles y responsabilidades basado en la norma NTC ISO50001:2019 establecido en tabla 4-1.

**Tabla 4-1** Liderazgo y Compromisos Numeral 5

CARGO	ROLES, RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES	REQUISITO NTC-ISO 50001:2019
GERENTE	Asegurar que el SGE se establezca, implemente, mantenga y mejoren continuamente	5.3
	Asegurar que el SGE cumple con los requisitos de este documento	
	Establecer los criterios y métodos necesarios para asegurar que la operación y el control del SGE sean eficaces	
	Asegurando la integración de los requisitos del SGE en los procesos del negocio de la organización	5.1
	Asegurando que están disponibles los recursos necesarios para el SGE.	
ADMINISTRADOR	Implementar planes de acción para la mejora continua del desempeño energético.	5.3
	Informar sobre el desempeño del SGE y la mejora del desempeño energético a la alta dirección, a intervalos determinados	
	Comunicando la importancia de la gestión de la energía eficaz y en conformidad con los requisitos	5.1
	Asegurando que el SGE logra los resultados previstos.	

**Fuente:** Elaboración Autor (2021) con información NTC ISO 50001:2019 ISO (2018)

La tabla 4-1 registra los roles y responsabilidades de los requisitos del numeral 5.1 y 5.3 de la norma NTC ISO 50001:2019, donde se propone las asignaciones para la alta dirección según el cargo que desempeñan dentro del Chrisban Hotel Boutique. Cabe agregar que la alta dirección tiene como responsabilidad garantizar el funcionamiento del SGE, como también fomentar la toma de conciencia en todos los estamentos del Hotel y establecer los criterios y métodos para asegurar la eficaz ejecución e inspección del SGE para mejora continua.

### 4.3. Política Energética

De acuerdo con los criterios establecidos por la norma NTC ISO 50001:2019 se realiza como propuesta la política energética del Chrisban Hotel Boutique, teniendo en cuenta los requisitos 5.2 de la norma.

**Figura 4-2** Política energética del Chrisban Hotel Boutique.



**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

#### 4.4. Indicadores de Desempeño

La Red Colombiana De Conocimiento En Eficiencia Energética- RECIEE en su manual de Implementación de un sistema de Gestión de la Energía, brinda una guía con base en la norma ISO 50001 segunda versión RECIEE (2019), en el que se estipula que los parámetros a computar a través del indicador de desempeño lo definen la organización y estos pueden ser de tres formas:

- Consumo de energía por unidad de tiempo.
- Consumo específico de energía por unidad de tiempo.
- La eficiencia energética de un componente u otro que la organización establezca.

El cálculo del desempeño al utilizar el indicador debe realizarse usando la comparación del indicador definido con su línea base. Por ejemplo, el Consumo de energía real comparado con el consumo base; consumo de energía por unidad de producción real, con el consumo de energía por unidad de producción base. Con respecto a este concepto se

propone los indicadores de desempeño descritos en la Tabla 4-2 y también relacionados en las ecuaciones ( 2-1) y ( 2-2) del marco teórico.

**Tabla 4-2** Indicadores de Desempeño Energético.

QUE MIDE	COMO LO MIDE			PARA QUE SIRVE	
		MAX	PROMEDIO		MIN
DESEMPEÑO ENERGETICO	$I_{energ} = \frac{kWh_{mes}}{HDO_{totales}}$	2153,28	500,32	9,46	Evaluar el desempeño energético mediante el consumo de energía referido a: personas visitantes; número de empleados
	$I_{energ} = \frac{kWh_{mes}}{m^2}$	25,88	6,31	0,199	Evaluación del desempeño energético mediante el consumo de energía referido a: m2 de superficie.

**Fuente:** Elaboración Autor (2021) con información Velázquez (2015)

Para efectos del correcto uso de los indicadores propuestos en caso de una posible aplicación del SGE en el Hotel, se hace necesario tener en cuenta el modelo de Gestión Integral de Energía para Hoteles en Colombia Velázquez (2015), el cual propone un modelo propio para la implementación de sistemas de gestión de energía basado en normas como la NTC-ISO 50001 o la norma tailandesa TEM (en inglés, Total Energy Management Handbook). En el cual para efectos de su investigación realizó un muestreo a 25 hoteles, donde se obtuvieron los valores de desempeño energético máximo, promedio y mínimo. Estos indicadores de intensidad evaluados en su investigación pueden ser usados como punto de comparación o línea base para el presente trabajo. Es decir, la Tabla 4-2 nos muestra un indicador de desempeño energético, su ecuación y el muestreo máximo, promedio y mínimo resultante de la investigación del modelo de Gestión Integral de Energía para Hoteles en Colombia, con base en esta información y debido a que el ciclo de facturación del consumo energético es mensual se propone fijar una evaluación de los indicadores bajo este mismo ciclo, de esta forma cada mes el Chrisban Hotel Boutique podrá identificar si los indicadores arrojan información coherente, comparable y dentro del rango de ahorro especificado por el estudio descrito.

## 4.5. Objetivos del SGE

Los objetivos del SGE constituyen resultados que una organización se plantea lograr en línea con su política energética, pueden estar relacionados con aspectos de gestión, cumplimiento de aspectos legales o con aspectos energéticos. Da facilidad para la asignación de recursos y de responsabilidades de las diferentes áreas de la organización involucradas, promueven la comunicación y fomentan la participación de personal y partes interesadas para los resultados a la dirección. Con base en este concepto se plantean dos objetivos que promuevan la política energética propuesta para el Chrisban hotel Boutique.

- **Objetivos**

1. Disminuir el consumo de energía eléctrica, con la búsqueda de estrategias que promuevan el aumento escalable del ahorro.
2. Promover la cultura de participación y compromiso hacia la mejora continua del desempeño energético.

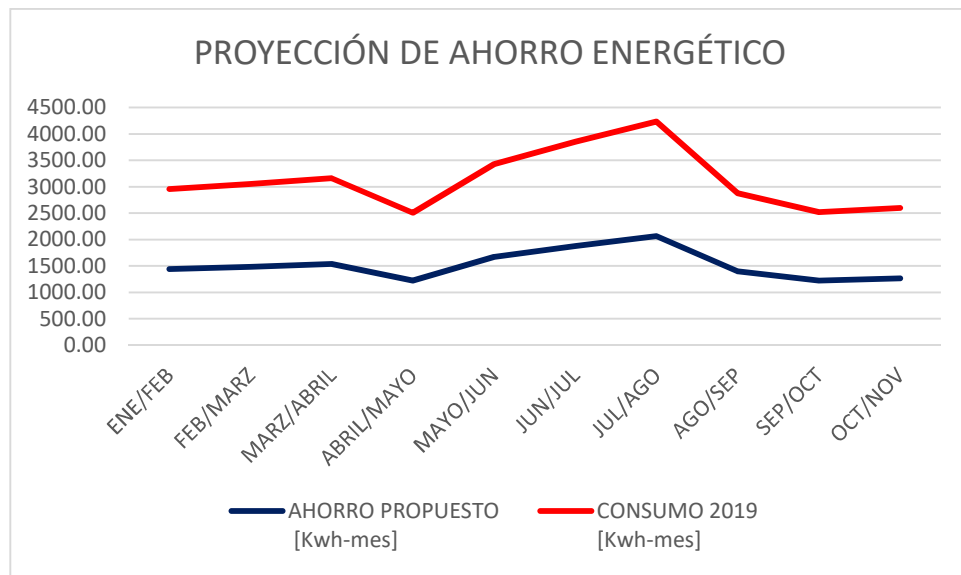
- **Metas**

Las metas en los SGE representan objetivos cuantificables concretos asociados a la mejora del desempeño energético. En la tabla 4-3 se observan cálculos asociados a la propuestas de ahorro de 5%.

**Tabla 4-3** Propuesta de ahorro del 5%

PERIODO	CONSUMO 2019 [Kwh-mes]	AHORRO 5% [kWh-mes]	AHORRO PROPUESTO [Kwh-mes]
ENE/FEB	1383	69.15	1313.85
FEB/MARZ	1517	75.85	1441.15
MARZ/ABRIL	1564	78.20	1485.80
ABRIL/MAYO	1620	81.00	1539.00
MAYO/JUN	1286	64.30	1221.70
JUN/JUL	1757	87.85	1669.15
JUL/AGO	1975	98.75	1876.25
AGO/SEP	2171	108.55	2062.45
SEP/OCT	1475	73.75	1401.25
OCT/NOV	1291	64.55	1226.45
NOV/DIC	1332	66.60	1265.40
<b>Total</b>	<b>17371</b>	<b>78.96</b>	<b>16502.45</b>

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

**Figura 4-3** Proyección de ahorro energético

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

1. Plantear un ahorro del 5% en el consumo de energía eléctrica, mediante controles operativos y las recomendaciones generales establecidas en el formato de la Tabla 4-4; partiendo de los consumos del año 2019 (Tabla 3-3) dicho ahorro representa en promedio un 78,96 kWh por mes.
2. Capacitar al personal del Chrisban Hotel Boutique del uso de la lista de chequeo, roles y responsabilidades y la política energética de manera que permita validar su adecuado uso tanto diario como mensual.

#### 4.6. Recomendaciones Generales

A continuación, se realiza lista de chequeo Tabla 4-3 donde se establece medidas de control y prevención para el Hotel, recomendaciones generales que promueven el uso adecuado de los elementos del hotel y proporcionan una guía para establecer rutinas que encaminen el Chrisban Hotel boutique a una mejora continua en caso de una implementación de un SGE. Provee recomendaciones diarias, mensuales, trimestrales o según necesidad. Quien lo debería ejecutar y quien chequea con el fin de llevar un control

que proporcione información básica, confiable y sobre de primera mano es decir de quienes a diario interactúan con los elementos y equipos del hotel.

**Tabla 4-4** lista de chequeo para control de Eficiencia Energética.

MEDIDA	QUIEN EJECUTA	QUIEN CHEQUEA	CUMPLE		FIRMA
			SI	NO	
<b>DIARIO</b>					
Reducir la iluminación en las áreas exteriores e interiores, así como reducir lo máximo posible el tiempo de estas encendidas.	Todo personal	Admon			
Programar PC de forma tal que al dejar de usarse por tiempo (10 minutos) automáticamente pase al estado de hibernación o apagado.	Personal Mtto	Admon			
Desconectar impresoras, fax, y otros periféricos del tomacorriente	Todo personal	Admon			
Apagar A/C funcionando en habitaciones desocupadas.	Conserjes	Ama de llaves			
Durante la limpieza de las habitaciones abrir las cortinas y apagar la iluminación y no encender el A/C.	Conserjes	Ama de llaves			
Mantener limpias las luminarias de la habitación, lámparas y demás luces.	Conserjes y personal de Mtto.	Ama de llaves			
Reportar rápidamente averías por puertas o ventanas, salideros de agua o problemas en las instalaciones	Conserjes	Ama de llaves			
Apagar luces de todos los locales al terminar la jornada laboral (cocina, lavandería, almacenes, baños, pasillos, etcétera ).	Todo personal	Ama de llaves/Admon			
Apagar el A/C al terminar la jornada.	Todo personal	Ama de llaves/Admon			
Eliminar las pelusas e hilachas de las trampas de los equipos de lavandería al menos dos veces al día y chequear su presencia en otros mecanismos diariamente.	Conserjes	Ama de llaves			
No utilizar los equipos de lavandería en horario pico	Conserjes	Ama de llaves			
Operar equipos de lavandería a máxima capacidad	Conserjes	Ama de llaves			
<b>MENSUAL</b>					
Limpieza y funcionamiento de las luminarias.	Personal Mtto	Admon			
Mantener en óptimas condiciones los brazos de puertas para evitar escapes innecesarios en habitaciones climatizadas.	Personal Mtto	Admon			
Mantener limpias las rejillas de los A/C de los espacios climatizados.	Personal Mtto	Admon			
<b>TRIMESTRAL O SEGÚN NECESIDAD</b>					
Planificar ciclos de fregado de paredes trimestralmente.	Conserjes	Ama de llaves			
Desconectar equipos que no se requieran.	Todo personal	Admon			
Desconectar iluminación en áreas desocupadas.	Todo personal	Admon			
Emplear colores claro en las paredes interiores de los locales	Pintor	Admon			

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)



## 4.7. Verificación

La verificación de la propuesta representa la etapa final del ciclo PHVA de un sistema de gestión de la energía. Considerando las directrices establecidas por el RECIEE (2019), en este punto se evalúa y se lleva a cabo el seguimiento a las mejoras que se han propuesto, de modo que se pueda visualizar el desempeño energético y la efectividad del sistema de gestión de la energía.

Puesto que la evaluación del desempeño se centra en elementos y sistemas que ya han sido puesto en marcha y debido a que esta es una propuesta la cual no contempla una ejecución el autor propone un formato de evaluación y verificación plasmado en la tabla 4-4 la cual contemple parámetros de medición que permitan visualizar la disminución en consumo energético y costo del kWh pagado.

**Tabla 4-5** Formato de evaluación.

<b>FORMATO DE EVALUACION DESEMPEÑO ENERGETICO</b>			
<b>1. DATOS GENERALES</b>			
Fecha (dd/mm/aaaa) :	_____	Fecha ultimo reporte	_____
Meta de ahorro:	_____	Responsable:	_____
<b>2. MEDICIÓN</b>		<b>3. ANALISIS.</b>	
Consumo kw/h	_____	Consumo mes anterior	_____
Subio	<input type="checkbox"/>	Bajo	<input type="checkbox"/>
Estable	<input type="checkbox"/>		
Costo factura	_____	Costo factura anterior	_____
Subio	<input type="checkbox"/>	Bajo	<input type="checkbox"/>
Estable	<input type="checkbox"/>		
Producción energía solar	_____	Producción anterior	_____
Subio	<input type="checkbox"/>	Bajo	<input type="checkbox"/>
Estable	<input type="checkbox"/>		
Gastos adicionales	_____		
		Se cumple:	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
<b>OBSERVACIONES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA:</b>			

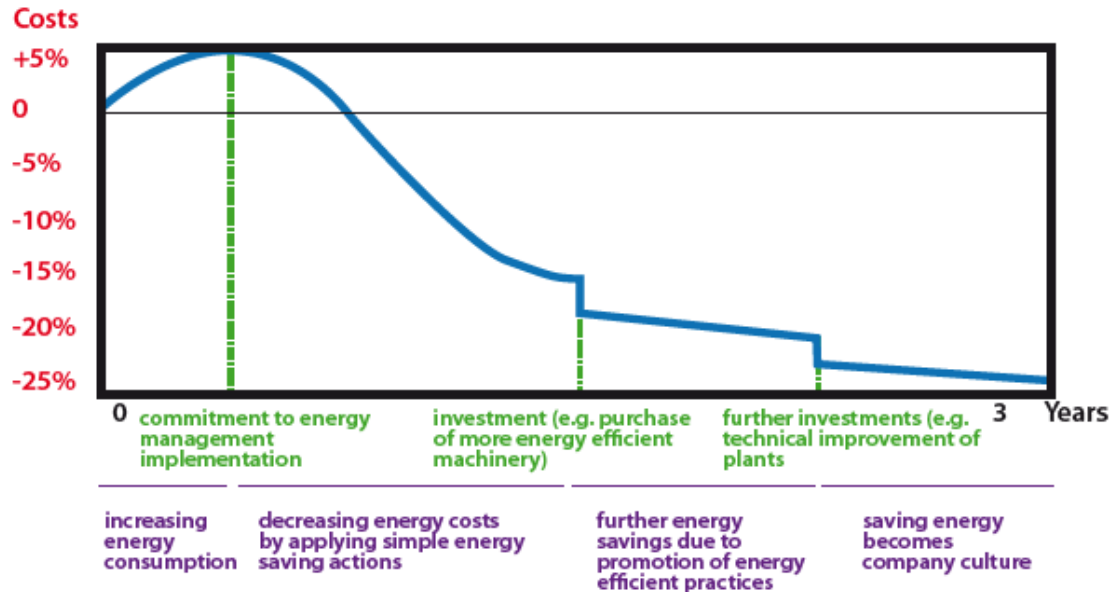
**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

Ante lo expuesto, es necesario considerar las recomendaciones planteadas por Smarkia (2014) al determinar que las mediciones y comparaciones del consumo eléctrico de un periodo a otro, no son suficientes para determinar el ahorro energético alcanzado, por lo que es importante efectuar ajustes en el proceso de análisis para hacer equiparables las situaciones de escenarios pasados y actuales, con el fin de poder comparar de forma eficiente. Para poder alcanzar dichos escenarios equiparables de análisis, se requiere hacer uso de protocolos reconocidos internacionalmente, para lograr que las mediciones y verificaciones sean fiables, objetivas y cumplan con los requisitos técnicos establecidos en las normatividades internacionales.

#### **4.8. Beneficios de un SGE**

La implementación de un Sistema de Gestión Energética le daría al Chrisban Hotel boutique la oportunidad de tener conocimiento clave entorno al uso energía eléctrica, los potenciales ahorros y mejoras, también dispondría de documentación y registros fiables en relación con los ahorros conseguidos aspectos muy necesarios teniendo en cuenta las actuales circunstancias económicas y de salud pública. Además, un SGE le proporcionara elementos y mecanismos a la hora de toma de decisiones que permitirán mantener y aumentar su competitividad.

Directamente un ahorro energético en base a la implementación de un SGE repercute en una disminución del coste de generación de sus servicios, lo que genera a su vez un efecto diferenciador frente a los competidores, hay estudios que así lo avalan y evidencian los beneficios de los SGE.

**Figura 4-4** Evolución de una gestión energética sistemática.

**Fuente:** SEI Sustainable Energy Ireland; AEDHE y Fundación MAPFRE (2011)

La gestión energética sistemática que se consigue con un SGE se evidencia en la figura 4-3, aunque supone un coste inicial, en relación con AEDHE, et al. (2011) rápidamente genera una disminución de costos, y los resultados son visibles en tan solo tres años, consiguiéndose ahorros cercanos al 23% del costo inicial. En este sentido la Universidad del Atlántico, realizó una investigación Valencia, Cárdenas, Meriño (2018) sobre la aplicación del método de ocupación equivalente como herramienta para gestión energética en el sector hotelero (Application of Equivalent Occupation Method as a Tool for Energy Management in Hotel Sector) donde a partir del diagnóstico Energético e implementación del programa de gestión eficiente de la energía bajo la norma ISO 50001:2011, el 9,11% de los ahorros de energía se obtuvieron mediante control operativo. Mediante la implementación de planes de acción correctiva, como el apagado de equipos innecesarios en la empresa, instalación de módulos de iluminación LED, configuración de termostatos, además de capacitación y sensibilización al personal, y control de energía reactiva en el hotel se lograron ahorros efectivos. Alrededor del 8% del consumo de energía primaria en 2016.

#### **4.9. Plan de mejoramiento para aire acondicionado**

Con el análisis realizado en la figura 3-1 en el que se muestra el Diagrama de Pareto como un procedimiento para identificar los puntos clave de consumo, se pudo determinar que la climatización representa un 95% del gasto energético del hotel. De igual manera al hacer los cálculos pertinentes para las habitaciones según su acomodación se pudo determinar que para las habitaciones sencillas y dobles el aire acondicionado está sobredimensionado, 2000 BTU/h aproximadamente. Lo que podría a primera vista representar una oportunidad de mejora. Sin embargo, en la investigación comercial se encuentra que en Colombia solo es posible adquirir equipos a partir de 9000 BTU/h. con lo cual no podría proponer alguna mejora en eficiencia en cuanto a dimensionamiento, Lo cual nos deja el cambio de tecnología como opción para proponer mejoras que propendan los objetivos planteados en esta investigación.

Para las habitaciones triple y cuádruple se haya que los cálculos están por encima 800 BTU/h aproximadamente, del equipo instalado actualmente el cual es de 9000 BTU/h, con lo cual se podría proponer un cambio de equipo. Pero, comercialmente la siguiente opción es de 12000 BTU/h lo que dejaría sobredimensionadas las habitaciones. De modo que no es aconsejable cambiar el equipo en lo concerniente a dimensionamiento. Caso similar el de la habitación múltiple el cual el cálculo arroja que está muy por encima del equipo instalado de 12000 BTU/h aproximadamente 6500 BTU/h con lo que se pudo deducir que la habitación requiere de otro tipo de equipo de aire acondicionado.

El objetivo general de este proyecto es Proponer un plan de reducción del consumo eléctrico actual en el hotel Chrisban Hotel Boutique y los cálculos y su posterior análisis nos indica que el aire acondicionado es el mayor consumidor de energía eléctrica y hay habitaciones con sobredimensionamiento, en general los equipos actuales y sus especificaciones cumplen con las expectativas de dimensionamiento requeridas mas no de ahorro energético por lo que se hace necesario recomendar tecnologías acordes a las necesidades de eficiencia energética que se propuso esta investigación.

Para requerimientos futuros se proponen dejar una calculadora de frigorías con su respectiva conversión a BTU figura 4.4, medida con la cual se comercializan equipos de aire acondicionado en la república de Colombia. Calculadora que con base en el área y

numero de persona para la cual está diseñado el espacio a climatizar genera el dato requerido para la adquisición de los equipos.

**Figura 4-5** Muestra calculadora frigorías

HABITACION	FRIGORIAS NECESARIAS	BTU	BTU TOTAL
SENCILLA	1981,415	6725,564	6.853,46
0	1981,415	6725,564	0

HABITACION	FRIGORIAS NECESARIAS	BTU	BTU TOTAL
NINGUNO	8505	34020	0,00
30	8505	34020	38.154

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

#### 4.9.1. Cambio de tecnología

Además de los cálculos de dimensionamiento, cabe recordar que el Chrisban Hotel boutique es un establecimiento que lleva un poco más de 6 años prestando sus servicios, lo que hace que los equipos de aire acondicionado sean relativamente nuevos, de igual forma esta investigación se planteó con proponer alternativas a largo plazo. Lo que nos conlleva a proponer en caso de un cambio de equipo de aire acondicionado tener en cuenta la tecnología inverter, aunque no es una tecnología tan nueva puede ofrecer alternativas de ahorro energético significativo. A continuación, en tabla 4- 5 se describen las ventajas del aire acondicionado con tecnología inverter.

**Figura 4-6** Ventajas de tecnología inverter.

<b>A/C TECNOLOGIA INVERTER</b>	
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	un microcontrolador electrónico regula la velocidad del compresor del A/C, acelera la velocidad para que alcance la temperatura deseada, Una vez se adquiere esta temperatura, el inversor actúa disminuyendo la velocidad del compresor, para mantener la temperatura. Un A/C inverter no funciona constante al 100%, un convencional funciona siempre a la misma velocidad del compresor.
<b>AHORRO ENERGETICO</b>	debido a que el compresor no está siempre al 100%, sino que se adapta según las circunstancias, gasta menos electricidad. Se calcula en un ahorro energético de entre el 25 al 30%.
<b>TEMPERATURA</b>	El inversor proporciona una temperatura más estable. corrige las variaciones de temperatura del área de trabajo, disminuyendo o aumentando la velocidad del compresor para que la temperatura sea estable. Un aire acondicionado de temperatura fija, no puede hacer lo mismo.
<b>RENDIMIENTO</b>	superior a los convencionales. Logran alcanzar la temperatura deseada en menor tiempo (al poder acelerar o ralentizar el compresor). Al no trabajar el compresor siempre al 100% de capacidad tal como los equipos on/off, sufre menos desgaste y se alarga la vida útil del equipo.
<b>PRECIO</b>	son más costoso que los de tecnología fija o on/off. las ventajas que conlleva un mayor ahorro energético compensa la inversión.

**Fuente:** Elaboración Autor (2021) con información expuesta por Bellver (2020)

Como se describe en la tabla 4-5 la tecnología inverter tiene grandes ventajas, gracias a su funcionamiento el ahorro energético es considerablemente alto, aun con precios más elevados que el de un aire acondicionado convencional dichas ventajas hacen inclinar la balanza hacia el uso de esta tecnología. Sin embargo, se tener en cuenta que el ahorro energético se logra haciendo un uso correcto de los equipos, de manera que se debe tener en cuenta dos aspectos a la hora apostar por cambio a aires inverter. Lo primero; un equipo con tecnología inverter no funciona como un equipo convencional, es decir si se utiliza en ciclos constantes ON/OFF el consumo de energía eléctrica será mayor. Lo segundo, evitar programar temperaturas mínimas o máximas esto generaría picos de potencia que acarrearía consumos altos de energía eléctrica.

Bajo las condiciones de uso adecuadas la tecnología inverter asegura mínimo un ahorro energético de 20%, para efectos de evidenciar el ahorro en el consumo de Chrisban hotel boutique y aplicando dicho ahorro energético al análisis de cargas realizado en la tabla 3-8 donde el consumo de energía eléctrica para aire acondicionado fue de 84.21 kWh diarios y suponiendo un uso total de tecnología inverter en las doce habitaciones habilitadas con aire acondicionado. Tendríamos un ahorro de 16.84 kWh diarios correspondiente al ahorro energético del 20%.

#### 4.10. Plan de mejoramiento para iluminarias

En el caso de las luminarias se presenta una oportunidad para mejorar la eficiencia energética debido a que en la actualidad el hotel cuenta con luces de tubo fluorescente y bombillos que aun que son ahorradores pueden mejorar y ahorrar aún más, por lo que se propone el cambio de bombillo ahorrador de 8 W a bombillo de tecnología LED de 5 W. Y los tubos fluorescentes de 20 W a tubos LED de 10 W.

La tabla 4-5 muestra el costo en el mercado comercial colombiano de las luminarias que se debe a asumir por el cambio de tecnología, en la búsqueda de mejorar y gestionar de manera adecuada los sistemas que consumen energía. [Se aclara que por la instalación encontrada en la visita al Chrisban Hotel Boutique no se anexa costos asociados a cambios de sockets y arrancadores, los tubos LED no requieren de dispositivos como cebadores y reactancias para el encendido. Lo que permite que sean aún más eficientes energéticamente ya que estos elementos consumen energía eléctrica por sí mismos.](#)

**Tabla 4-6** Costo del cambio de luminarias

LUMINARIA ACTUAL				CAMBIO LUMINARIA			
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	VALOR	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	VALOR
72	BOMBILLOS 8W	\$ 5,000	\$ 360,000	72	BOMBILLOS 5W	\$ 12,900	\$ 928,800
36	TUBO 20W	\$ 11,100	\$ 399,600	36	TUBO 10W	\$ 18,000	\$ 648,000
			<b>VALOR TOTAL \$ 759,600</b>				<b>VALOR TOTAL \$ 1,576,800</b>

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

Después de haber discutido al cambio de luminarias desde el punto de vista energético en tabla 3-11 y de acuerdo con los costos registrados en la tabla 4-6 se realiza un análisis financiero que pueda presentar una mejor visión de dicha inversión y la incidencia que estos cambios tienen en el consumo anual de kWh.

**Tabla 4-7** Análisis financiero

AÑO	VALOR kWh	VALOR kWh BOMBILLO 8W	VALOR kWh BOMBILLO 5W
2019	\$ 545.97	\$ 367,940.10	\$ 212,273.14
2020	\$ 548.70	\$ 369,779.80	\$ 213,334.50
2021	\$ 551.44	\$ 371,628.70	\$ 214,401.17
2022	\$ 554.20	\$ 373,486.85	\$ 215,473.18
2023	\$ 556.97	\$ 375,354.28	\$ 216,550.55
2024	\$ 559.76	\$ 377,231.05	\$ 217,633.30
2025	\$ 562.56	\$ 379,117.21	\$ 218,721.47
2026	\$ 565.37	\$ 381,012.79	\$ 219,815.07
2027	\$ 568.19	\$ 382,917.86	\$ 220,914.15
2028	\$ 571.04	\$ 384,832.45	\$ 222,018.72
<b>COSTO ANUAL EQUIVALENTE</b>		<b>\$ 454,317.41</b>	<b>\$ 379,117.61</b>
<b>VALOR PRESENTE NETO (VPN)</b>		<b>\$ 4,420,695.55</b>	<b>\$ 3,688,970.51</b>

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

Para el análisis financiero se tuvo en cuenta:

- Para el año 2019 el valor de kWh fue pagado a \$545.94 pesos, para requerimientos del análisis financiero se tuvo en cuenta un aumento del 0.5% anual en el kWh debido a que el costo de la energía eléctrica constantemente esta al alza.
- La estimación de consumos anuales de la tabla 3.3
- Los costos de cambio de tecnología registrados en la tabla 4-6

El análisis financiero logra deducir que:

- El ahorro en kWh anual representa una disminución significativa en los costos del consumo eléctrico que en promedio se sitúan en \$155.666,94 (Tabla 3-13).
- Lo que se dejara de pagar en la factura representa un ahorro anual de 1.68%.



- Los bombillos LED tienen un promedio de vida útil de 25000 a 30000 horas con lo cual se pudo analizar que no solo se debe tener en cuenta a 10 años si no a periodos prolongados de forma sostenible.
- Se puede deducir ahorro en dinero debido al ahorro en el consumo de kWh sin embargo no se puede verificar su viabilidad debido a que no se cuenta con datos de ingreso de Chrisban hotel boutique.

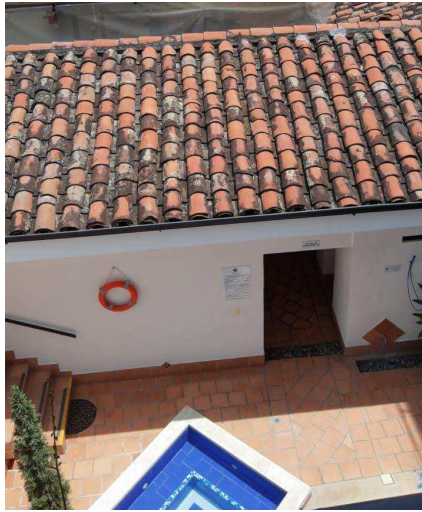
#### **4.11. Plan de mejoramiento para el sistema de suministro de energía**

Con el fin de buscar un autoabastecimiento de electricidad, se estudia la posibilidad de la puesta en marcha de una instalación de paneles solares que permita generar gran parte del consumo energético del hotel. En concordancia con el plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022 de la Unidad De Planeación Minero-Energética adscrita al Ministerio De Minas Y Energía que contempla los incentivos y las metas que se dispuso para generación de energías renovables.

Los sistemas de energía solar fotovoltaicos también ofrecen varias ventajas, tomando en consideración a Barrera (2017) se logra establecer su vida media de utilidad que se considera esta en 20 años, demandan bajo mantenimiento y la oportunidad de generar energía aislada de la red además del reconocimiento diferencial ante competidores. Sus componentes protegen las partes sensibles y la producción correcta de energía garantizando calidad y continuidad a los elementos que alimenta ya sea que sea un sistema conectado a la red o un sistema aislado, como fue descrito en el marco teórico.

Para el caso de Chrisban Hotel Boutique ubicado en la ciudad de Guadalajara de Buga y teniendo en cuenta esta propuesta, en la visita se pudo apreciar un espacio adecuado para instalación de paneles solares, sitio que es el adecuado debido a su ubicación e inclinación. Su ubicación se adecua a los requerimientos de radiación para una ciudad como Buga ubicada al norte de la línea ecuatorial o paralelo 0.

**Figura 4-7** Ubicación de sistema solar fotovoltaico



**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

Para examinar la posibilidad del uso de energía solar fotovoltaica, se investigó la irradiancia en la ciudad de Guadalajara de Buga con el fin de analizar alternativas para instalar en el sistema de suministro de energía eléctrica con kits de energía solar, permitiendo dar alternativas de planes de mejora que permitan tener un panorama general que disminuya el gasto energético, teniendo en cuenta que el objetivo del trabajo de grado no es diseñar un sistema de energía solar. Para La ciudad de Buga de acuerdo con datos de Weather Spark (2020) La fase más resplandeciente del año dura 2,2 meses. Del 3 de julio al 9 de septiembre, la energía de onda corta incide al día en promedio por  $m^2$  en 5,2 kWh. El día más radiante del año es el 7 de agosto, 5,5 kWh aproximadamente. La fase más oscura del año dura 2,5 meses. Del 12 de octubre al 29 de diciembre, la energía de onda corta incide al día en promedio por  $m^2$  en 4,4 kWh. El día más oscuro del año es el 4 de noviembre, con un promedio de 4,1 kWh de electricidad. Bajo esta premisa se analizan kit de sistemas de energía solar fotovoltaica que nos permitan realizar un juicio respecto a su uso y aplicación.

Tabla 4-8 Kit solar numero 1

Cant	Detalle de los Productos	Stock	IVA	Unidad	Valor Neto
15	Cable Solar 6mm Color Rojo por metros	SI	19%	\$ 5.360	\$ 80.400
15	Cable Solar 6mm Color Negro por metros	SI	19%	\$ 5.360	\$ 80.400
1	Conector MC4 1000V 1 Par WorldSunlight	SI	19%	\$ 4.800	\$ 4.800
4	Cable AWG 6/0 Soldador Soldaflex	SI	19%	\$ 13.600	\$ 54.400
8	Conector AWG 4/0 para Bancos de Baterías	SI	19%	\$ 3.250	\$ 26.000
1	Breaker 63 Amperes DC Siemens 72 Voltios	SI	19%	\$ 39.900	\$ 39.900
1	Conectores MC4 Triple Grado A	SI	19%	\$ 32.000	\$ 32.000
4	Panel Solar 375 Watts ZNSHINE Monoperc	SI	0%	\$ 489.000	\$ 1.956.000
4	Bateria de 150Ah 12V GEL Maxpower	SI	19%	\$ 819.300	\$ 3.277.200
1	Conectores MC4 Dobles en Y	SI	19%	\$ 22.000	\$ 22.000
1	Breaker 32 Amperes DC Siemens 72 Voltios	SI	19%	\$ 31.900	\$ 31.900
1	Inversor Hibrido 3000W/48V LHM 120V	SI	0%	\$ 2.890.000	\$ 2.890.000

NETO	\$ 8.495.000
IVA	\$ 693.310
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9.188.310</b>

CANT.	ELECTROMESTICO	HORA
1	NEVERA 45 WATTS	24 HORAS
2	VENTILADOR 45 WATTS	6 HORAS
1	MICROONDAS	20 MINUTOS
10	BOMBILLOS 9 WATTS	8 HORAS
2	TV LED	6 HORAS
1	DECODIFICADOR SATELITAL	24 HORAS
3	CARGADOR CELULAR	2 HORAS
1	LAVADORA	2 HORAS
1	COMPUTADOR	7 HORAS
1	ROUTER	24 HORAS
1	IMPRESORA	1 HORA

	GENERACION DE ENERGIA	AHORRO APROXIMADO EN \$
<b>DIA</b>	6,000 WATTS	\$ 3.540
<b>MES</b>	180 KWH	\$ 106.200
<b>AÑO</b>	2,160 KWH	\$ 1.274.400

**Fuente:** Solartex Colombia (2020)

Con el kit número1 con una inversión de \$9.188.310 pesos moneda corriente

- Se generaría 2160 kWh anual
- Representaría el 12.4% de la que se necesitó consumir de energía eléctrica en el año 2019 tabla 3.3.
- Se dejarían de cancelar anualmente \$1.179.295
- Representa un ahorro de 8.76%. Anual.

**Tabla 4-9** Kit solar numero 2

Cant	Detalle de los Productos	Stock	IVA	Unidad	Valor Neto
1	Inversor MUST EP3300-TLV 6000W Fase Dividida Incl MPPT 80A	SI	0%	\$ 4.430.000	\$ 4.430.000
1	Controladora MPPT 60A 2880W 12/24/36/48V PowMR	SI	0%	\$ 890.000	\$ 890.000
18	Panel Solar 335 Watts ZNSHINE Doble Vidrio Poli	SI	0%	\$ 462.000	\$ 8.316.000
16	Bateria de 200Ah 12V GEL Maxpower	SI	19%	\$ 1.099.000	\$ 17.584.000
2	DPS 2P 500VDC 20-40KA Worldsunlight	SI	19%	\$ 142.500	\$ 285.000
4	Caja Fusible tipo Riel con Fusible 30A 1000V DC	SI	19%	\$ 69.300	\$ 277.200
2	Breaker DC 1P 250V 32A Worldsunlight	SI	19%	\$ 74.000	\$ 148.000
40	Cable Solar 6mm Color Rojo por metros	SI	19%	\$ 5.360	\$ 214.400
40	Cable Solar 6mm Color Negro por metros	SI	19%	\$ 5.360	\$ 214.400
2	Conectores MC4 Triple Grado A	SI	19%	\$ 32.000	\$ 64.000
10	Conector MC4 1000V 1 Par WorldSunlight	SI	19%	\$ 4.800	\$ 48.000
8	Cable AWG 2/0 Soldaflex HF Flexible	SI	19%	\$ 28.200	\$ 225.600
40	Conector AWG 2/0 para Bancos de Baterias	SI	19%	\$ 4.460	\$ 178.400
18	Estructura Metalica para Montaje de Paneles Solares	SI	19%	\$ 180.000	\$ 3.240.000

NETO	\$ 36.115.000
IVA	\$ 4.271.010
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40.386.010</b>

CANT.	ELECTROMESTICO	HORA
1	NEVERA	24 HORAS
1	MICROONDAS	20 MINUTOS
1	JUGUERA	30 MINUTOS
1	MOTOR 1HP	2 HORAS
4	VENTILADORES	6 HORAS
15	BOMBILLOS	8 HORAS
2	TV LED	6 HORAS
2	DECODIFICADOR SATELITAL	24 HORAS
1	ROUTER	24 HORAS

	GENERACION DE ENERGIA	AHORRO APROXIMADO EN \$
DIA	24,120 WATTS	\$ 14.219
MES	723 KWH	\$ 426.570
AÑO	8,683 KWH	\$ 5.118.840

**Fuente:** Solartex Colombia (2020)

Con el kit número 2 con una inversión de \$40.386.010 pesos moneda corriente

- Se generaría 8683 kWh anual
- Representaría el 49.9% de la que se necesitó consumir de energía eléctrica en el año 2019 tabla 3.3.
- Se dejarían de cancelar anualmente \$ 4.740.657,51
- representa un ahorro de 35.19%. Anual.

La utilización de generación de energía solar fotovoltaica en el Chrisban Hotel Boutique es viable desde el punto de vista de ahorro de los consumos energéticos y generaría un ahorro visible y porcentualmente alto. Como inversión no se podría concluir si es viable debido a que no se cuenta con datos de ingresos del hotel.

## 4.12. Análisis global costo/beneficio.

- Horas estimadas del sistema de gestión de la energía.

**Tabla 4-10** Horas estimadas a utilizar en SGE

	Gerente	Administrador	Colaboradores	Total Horas
<b>Etapa 1:</b> Diagnostico y caracterizaciónn	10	30	15	<b>55</b>
<b>Etapa 2:</b> Diseño SGE	24	45	25	<b>94</b>
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>75</b>	<b>40</b>	<b>149</b>

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

En la Tabla anterior se entregan las horas estimadas que debe realizar cada miembro del Hotel para las distintas etapas de una futura implementación, cada integrante se encuentra comprometidas con el SGE y conocen sus beneficios. Estas horas pueden llegar a variar según situación que se presente dentro del proceso.

- Viabilidad en costo por cambio de luminarias.

**Tabla 4-11** Viabilidad de cambio de luminarias

PERIODO	AÑO	VALOR kWh	Valor Presente
0			<b>-\$ 1,576,800</b>
1	2019	\$ 545.97	\$ 155,666.97
2	2020	\$ 548.70	\$ 156,445.30
3	2021	\$ 551.44	\$ 157,227.53
4	2022	\$ 554.20	\$ 158,013.67
5	2023	\$ 556.97	\$ 158,803.73
6	2024	\$ 559.76	\$ 159,597.75
7	2025	\$ 562.56	\$ 160,395.74
8	2026	\$ 565.37	\$ 161,197.72
9	2027	\$ 568.19	\$ 162,003.71
10	2028	\$ 571.04	\$ 162,813.73
<b>COSTO ANUAL EQUIVALENTE</b>			<b>\$ 1,592,165.84</b>
<b>VALOR PRESENTE NETO (VPN)</b>			<b>\$ 3,688,970.51</b>
<b>Tasa De Interés De Retorno (TIR)</b>			<b>18%</b>
<b>Índice De Rentabilidad Razón Beneficio/Costo (IR)</b>			<b>1.01</b>

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

El costo beneficio del cambio de luminaria se consigue del ahorro que representa dejar de consumir 388.8 kWh evidenciado en la Tabla 3-11. Además, en consecuencia con lo descrito en el marco teórico en lo concerniente a ROI o IR (índice de rentabilidad). Como

se evidencia en la tabla 4-11, el valor del **IR = 1,01** lo que indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

El resultado obtenido en la TIR es otro de los parámetros que ayuda a decidir si el proyecto es factible o no. Este resultado indica que el proyecto es rentable en un 18%, lo que quiere decir que representa utilidades y es factible.

- Análisis del costo aire acondicionado actual vs cambio tecnología inverter

**Tabla 4-12** Cambio a tecnología inverter

CAMBIO DE TECNOLOGIA INVERTER					
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	VALOR	INSTALACION	TOTAL INVERSION
11	Aire acondicionado Mini Split Inverter Frigidaire	\$ 1,299,000	\$ 14,289,000	\$ 100,000	\$ 14,389,000
1	Aire Acondicionado 17000 BTU Tipo Split Inverter	\$ 1,699,900	\$ 1,699,900	\$ 100,000	\$ 1,799,900
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>					<b>-\$ 16,188,900</b>

AÑO	CONSUMO [kWh/mes]	VALOR PRESENTE
0		-\$ 16,188,900
1	2019	17,371
2	2020	13,897
3	2021	11,117
4	2022	8,894
5	2023	7,115
<b>COSTO ANUAL EQUIVALENTE</b>		<b>31,881,565</b>
Tasa De Interés De Retorno (TIR)		34%
Índice De Rentabilidad Razón Beneficio/Costo (IR)		1.97

**Fuente:** Elaboración Autor (2021)

La tabla 4-12 muestra el comparativo del costo del cambio de tecnología a tecnología inverter y el coste de instalación para cada sistema, se aprecia que el cambio es viable a 5 años. Además, en consecuencia con lo descrito en el marco teórico en lo concerniente a ROI o IR (índice de rentabilidad). Esto quiere decir que el cambio de la tecnología como tal es viable tanto técnico como económicamente.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

El estudio actual examinó los datos recopilados del consumo de energía eléctrica del Chrisban Hotel Boutique en el año 2019 debido a que en el año 2020 la entidad no logró operar con normalidad a causa de la Pandemia del COVID-19, no obstante, el hotel busca ser competitivo en el mercado por lo que mediante la presente investigación adaptó parte de la ISO 50001, en el que se establece un sistema de gestión energética con su respectiva política empresarial en el ámbito, asignación de roles de sus empleados, recomendaciones generales para el buen uso de sus equipos eléctricos junto con indicadores de gestión que le proporcionara elementos y mecanismos a la hora de toma de decisiones que permitirán mantener y aumentar su competitividad.

Al evaluar el uso significativo de la energía (USE) mediante un diagrama de Pareto se encontró que la climatización del Chrisban Hotel Boutique representa el 95,2% del consumo energético del lugar. Adicionalmente, cuando se realizó los cálculos de dimensionamiento se determinó que la capacidad térmica de los equipos actualmente instalados cumple para acondicionar cada habitación, sin embargo, al ser una tecnología On-Off se estima que el Hotel tendrá la posibilidad de tener un ahorro energético del 25%-30% si decide reemplazar los dispositivos actuales a aires acondicionados con tecnología inverter.

Adicionalmente, otro USE identificado fue la iluminación ya que representa un 2,5% del consumo total de la energía eléctrica, siendo este otro camino para proponer un cambio de tecnología de bombillo ahorrador de 8 W a bombillo LED de 5 W, así como también el de tubo fluorescente de 20 W a tubo LED de 10 W que representa un ahorro anual de 285.12 KWh que corresponde a un ahorro anual de 1.68% del consumo total de la energía eléctrica. En el análisis financiero el valor de la tecnología LED supera en más del 50% el valor de la tecnología actual, sin embargo, el valor agregado está en la duración debido a que un bombillo ahorrador tiene un promedio de vida útil de 6000 horas, mientras que la vida útil de un bombillo LED está en promedio entre 25000 y 30000 horas, con lo que se pudo analizar por 10 años. Pero, se puede analizar por más años debido a la durabilidad.

Los hallazgos de este estudio permiten concluir en primera instancia, que el Chrisban Hotel Boutique presenta un margen de ahorro energético importante, permitiendo evidenciar oportunidades de mejora que aplican para tener en cuenta en un sistema de gestión de la energía.

Como una alternativa, se planteó un estudio para el uso de la energía solar fotovoltaica obteniendo resultados de viabilidad en cuanto a la disminución de consumo de energía eléctrica debido a que se obtuvo un ahorro anual en KWh de 12,4% para el primer kit analizado y de 49,9% para el segundo kit analizado.

Se realizó la caracterización energética del hotel, se determinaron criterios y requerimientos aplicables al hotel con base a la norma y se elaboró en plan de mejoramiento con medidas a corto plazo representado en el sistema de gestión de la energía. En cuanto a un proyecto de mediano plazo, se establece el plan de mejoramiento en luminarias. Por último, como una medida a largo plazo, se dispone el uso a futuro de tecnología inverter en el aire acondicionado y un posible cambio en el suministro de energía eléctrica con sistema solar fotovoltaico. De modo que el estudio ha demostrado con éxito que existe tecnología en la cual se logra generar un ahorro escalable en el consumo eléctrico, al igual que este caso sirve de ejemplo real para que empresas y hogares establezcan acciones de mejoramiento entorno al tipo de equipos o dispositivos eléctricos a emplear en las instalaciones para alcanzar un ahorro óptimo en el consumo eléctrico, lo que al final se traduce en un beneficio económico positivo sostenible.



## 5.2 Recomendaciones

En caso de una implementación de la propuesta del trabajo de grado, se debe de realizar un acompañamiento por personas expertas en eficiencia energética con el fin de evitar detalles que puedan llegar afectar negativamente los sistemas existentes.

Esta investigación ha arrojado una serie de parámetros técnicos de análisis, que se pueden emplear en futuros estudios, para la identificación de oportunidades de mejoramiento entorno a la obtención de una eficiencia energética en empresas y hogares, se logró determinar propuestas de mejoramiento al Chrisban Hotel Boutique, de manera que deja una hoja de ruta clara para realizar estudios similares para impulsar una mejor cultura en el consumo eléctrico en el país.

En futuras investigaciones sería interesante implementar los parámetros de análisis técnicos planteados en este estudio, no solo en el sector hotelero sino en empresas que demandan un mayor consumo eléctrico como pueden ser el sector industrial fabricas e ingenios azucareros, para determinar cómo se puede optimizar la eficiencia energética en el país.

Se recomienda para futuros trabajos analizar el sistema solar fotovoltaico con mediante el uso del software RetScreen, de igual forma realizar estudios para un sistema solar conectado a la red.

En la propuesta se plantearon los indicadores con base en un estudio de realizado en la universidad que nos permite tener un punto de partida para verificar el desempeño energético del SGE, sin embargo, se recomienda realizar una línea base con datos propios del hotel que permita tener lineamientos y metas de ahorro acordes a los consumos energéticos propios del hotel.

## A. Anexo: Tabla de ocupación al 100%

OCUPACIÓN 100%																			
Ventilador	Ventilador	Ventilador	Ventilador	Ventilador	Ventilador	Airc	Airc	Airc	Arc	Airc	Airc	Arc	Airc	Arc	Airc	Arc	Airc	Airc	N° Persona
Sencilla	Sencilla	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Triple	Cuadruple	Doble	Doble	Triple	Cuadruple	Seis	Triple		
101	102	103	104	105	106	107	108	201	202	203	204	301	302	303	304	401	402		
1	1	2	-	2	2	2	2	-	2	3	4	2	2	3	4	6	3	41	
1	-	2	-	2	2	2	2	-	2	-	4	2	-	3	-	6	-	28	
-	-	-	2	-	2	2	-	2	2	3	-	2	-	3	4	6	3	31	
-	1	2	2	-	2	-	2	2	-	-	4	2	2	3	4	6	-	32	
1	1	-	2	2	2	-	2	2	-	3	4	2	2	3	4	-	3	33	
-	1	-	2	-	2	-	2	-	2	-	-	2	2	3	4	6	-	26	
1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	-	4	2	2	3	4	-	3	36	
1	1	2	-	2	2	2	2	2	2	3	4	2	2	3	4	6	-	40	
1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	2	2	3	4	6	3	45	
-	1	2	-	2	-	2	2	-	2	3	-	2	2	3	-	6	3	30	
-	-	2	2	-	2	-	-	2	-	3	4	2	-	-	-	6	3	26	
1	-	-	2	-	2	2	-	-	2	3	-	2	-	3	4	6	-	27	

## B.Anexo: tabla de ocupación al 70%

OCUPACIÓN 70%																		
Ventilador	Ventilador	Ventilador	Ventilador	Ventilador	Ventilador	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Nº Persona
Sencilla	Sencilla	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Doble	Triple	Cuadruple	Doble	Doble	Triple	Cuadruple	Seis	Triple	
101	102	103	104	105	106	107	108	201	202	203	204	301	302	303	304	401	402	
-	1	-	-	2	-	2	-	-	2	3	4	-	2	-	4	6	3	29
1	-	2	-	2	2	-	2	-	2	-	4	2	-	3	-	-	-	20
-	-	-	2	-	2	2	-	2	2	3	-	2	-	-	4	-	3	22
-	1	2	-	-	2	-	2	-	-	-	4	-	2	3	-	6	-	22
1	-	-	2	2	-	-	-	2	-	3	4	2	-	3	4	-	-	23
-	1	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	2	2	3	4	-	-	18
1	1	-	2	-	2	2	2	-	2	-	4	2	-	-	4	-	3	25
1	-	2	-	2	2	2	2	2	2	-	4	2	-	3	4	-	-	28
1	-	2	2	2	2	2	-	2	-	3	4	-	2	3	4	-	3	32
-	1	2	-	2	-	2	2	-	2	-	-	2	2	3	-	-	3	21
-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	3	4	2	-	-	-	-	3	18
1	-	-	2	-	-	2	-	-	2	3	-	2	-	3	4	-	-	19

## ▪ Bibliografía

- AEDHE y Fundación MAPFRE. (2011). Guía Práctica para la implantación de sistemas de gestión energética. <http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2011/05/guia-pr%C3%A1ctica-para-implantaci%C3%B3n-de-sistemas-de-EE.pdf>.
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética, AChEE. (2017). Beneficios de los Sistemas de Gestión de Energía basados en ISO 50001 y casos de éxito. *Guía ISO 50001*, [https://guiaiso50001.cl/guia/wp-content/uploads/2017/05/Casos\\_exito\\_correccion9.pdf](https://guiaiso50001.cl/guia/wp-content/uploads/2017/05/Casos_exito_correccion9.pdf).
- Albuquerque, F. (1995). Competitividad internacional, estrategia empresarial y papel de las regiones. *Revista EURE 21(63)*, 41-56. <http://mail.eure.cl/index.php/eure/article/view/1138/240> .
- Arturo, K. (2019). ¿Qué es el retorno de la inversión (ROI)? *Crece Negocios*, <https://www.crecenegocios.com/roi/>.
- Banco Mundial. (2019). Medio ambiente. *Entendiendo a la pobreza*, <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/overview#1>.
- Barrera, J. (2017). Estudio diagnóstico energético del Iberostar Grand Hotel Trinidad . [tesis de pregrado, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas], La Habana, Cuba.
- Bellver, E. (2020). Diferencias entre aire acondicionado inverter vs no inverter. <https://www.periodistadigital.com/magazine/escaparate/20200726/diferencias-aire-acondicionado-inverter-vs-inverter-noticia-689403837685/>.
- Berrios, M. (2019). ISO 50001. La solución ideal para el ahorro energético. *Cinde.es*, <http://cinde.es/blog/iso-50001-la-solucion-ideal-para-el-ahorro-energetico/>.
- Blog de Lucera. (s.f.). *¿Como Elegir Un Aire Acondicionado?* Obtenido de Recuperado el 10 abril 2020 de <https://lucera.es/blog/como-elegir-aire-acondicionado>
- Borroto, A. (2009). *Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía*. Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur.

- Bravo, D. y Martínez, Y. (2017). Eficiencia energética, competitividad empresarial y economía verde. *Revista Publicando*, 3(9), 447-466.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5833551>.
- Carbonocero. (2021). Calculadora de Huella de Carbono.  
<https://calculadora.carbonocero.org/>.
- Chevez, P.; Martini, I. y Franco, A. (2018). Construcción de escenarios urbano-energéticos a partir de la implementación de estrategias de eficiencia energética y energías renovables en el sector residencial. *Repositorio Institucional CONICET Digital*, [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta].  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/84424>.
- Climaproyectos. (s.f.). Sistemas VRF. <https://sistemasvrf.com/>.
- Compratuled. (s.f.). ¿Cuánto duran las bombillas LED?  
<https://blog.compratuled.es/cuanto-duran-bombillas-led/>.
- Cotelco. (2021). 2020: año nefasto para la hotelería en Colombia.  
[https://cotelco.org/noticias/ocupacion\\_2020](https://cotelco.org/noticias/ocupacion_2020).
- Cruz da Costa, E. (2017). *Refrigeracion* (11 ed.). sao paulo: Edgard blucher. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sibTDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA18&dq=frigoria+a+btu+hora&ots=vsh7WFT2Rq&sig=fZth3\\_zvJxEvV6coGCSlJc0cGE8#v=onepage&q=frigoria%20a%20btu%20hora&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sibTDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA18&dq=frigoria+a+btu+hora&ots=vsh7WFT2Rq&sig=fZth3_zvJxEvV6coGCSlJc0cGE8#v=onepage&q=frigoria%20a%20btu%20hora&f=false)
- Díez, T. (31 de diciembre de 2014). *Qué se entiende por Climatización*. Obtenido de Planeta Ahorro: <http://climatizacion10.com/planeta-ahorro/que-se-entiende-por-climatizacion.html>
- ECOLITE. (2019). Ficha tecnica Bombillo 5w. <https://ecolite.com.co/wp-content/uploads/2020/08/ficha-tecnica-bombillo-led-5w.pdf>.
- EITiempo. (2020). Ocupación hotelera en temporada de vacaciones aumentó 3,4 %.  
<https://www.eltiempo.com/vida/viajar/ocupacion-hotelera-en-temporada-de-vacaciones-2019-y-2020-452584>.
- Enerdata. (2020). Anuario estadístico mundial de energía 2020. *Enerdata.net*,  
<https://datos.enerdata.net/electricidad/datos-consumo-electricidad-hogar.html>.
- Gobernacion del Valle. (2020). *Impactos del COVID-19 en el sector turismo del valle del cauca*. Obtenido de <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=viewpdf&id=42485>

- González, C.; Pérez, R.; Vásquez, C. y Araujo, G. (2014). Eficiencia Energética. Uso Racional de la Energía Eléctrica en el Sector Administrativo. *Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Municipio Libertador, Distrito Capital. República Bolivariana de Venezuela*,  
[https://www.researchgate.net/publication/308607887\\_Eficiencia\\_Energetica\\_Uso\\_Racional\\_de\\_la\\_Energia\\_Electrica\\_en\\_el\\_Sector\\_Administrativo](https://www.researchgate.net/publication/308607887_Eficiencia_Energetica_Uso_Racional_de_la_Energia_Electrica_en_el_Sector_Administrativo).
- Gutiérrez, M. (2014). Iluminación Led: ahorro, eficiencia e innovación: proyecto de mejora de la iluminación de un hotel. [*Tesis Pregrado, Repositorio institucional de la Universidad de La Laguna*], <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/1142>.
- Iberdrola. (s.f.). Qué es la energía solar fotovoltaica: ¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas? <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-fotovoltaica>.
- IDEAM. (s.f.). *Distribución global de la irradiación global horizontal*.
- IDEAM y PNUD. (2016). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: En 20 años Colombia aumentó en un 15% sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero.  
<https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/presscenter/articles/2016/11/03/ideam-y-pnud-presentan-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero.html>.
- Ingemecanica. (s.f.). Guía para el Cálculo de las Cargas Térmicas en los Edificios.  
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>.
- ISO. (2018). ISO 50001:2011(es) Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso. *Online Browsing Platform (OBP)*,  
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>.
- ISO.org. (2005). ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.  
<https://www.iso.org/standard/39155.html>.
- Isotools. (25 de junio de 2018). *Sistemas de Gestión de Medio Ambiente y Energía*. Obtenido de Recuperado el 10 abril 2020 de <https://www.scribbr.es/detector-de-plagio/generador-apa/>
- López, L. y Prieto, B. (s.f.). Reglamento Técnico de Etiquetado – RETIQ. *Ministerio de Minas y Energía*,  
[https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23921491/27121\\_proy\\_RETIQ\\_conceptos\\_201217.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23921491/27121_proy_RETIQ_conceptos_201217.pdf).

- Michael, J. (1996). *La Economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*. Barcelona: Fuhem.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Mincit. (2020). En 2019, la ocupación hotelera, con 57,8 %, registró la cifra más alta en los últimos 15 años. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/turismo/cifra-mas-alta-de-ocupacion-hoteler-a-en-15-anos>.
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). Energía Eléctrica - Ministerio de Minas y Energía. <https://www.minenergia.gov.co/retie>.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). Anexo General Reglamento Técnico de Etiquetado - RETIQ. *RESOLUCIÓN No. 4 1012*, <https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24237146/Anexo+General+RETIQ+U%CC%81ltima+Versio%CC%81n.pdf>.
- Ministerio de Minas y Energía MME y Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2016). Plan de acción indicativo de eficiencia energética PAI PROURE 2017-2022. *MinMinas*, [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI\\_PROURE\\_2017-2022.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf).
- MN Del Golfo. (s.f.). ¿Cómo funciona un minisplit inverter? <https://www.mndelgolfo.com/reportaje/como-funciona-un-minisplit-inverter/>.
- planas, o. (11 de marzo de 2020). *Energía solar*. Obtenido de energía solar: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/instalaciones-fotovoltaicas-aisladas>
- RECIEE. (2019). Implementación de un sistema de gestión de la energía, Guía con base en la norma Iso 50001. *Red Colombiana de conocimiento en eficiencia energética*, [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia\\_estructura\\_ISO50001.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf).
- RITE. (2013). Climatización. Apéndice 1. Términos y Definiciones. *Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación (RITE) de España*, <http://www.madrid.org/bdccm/normativa/PDF/Instalaciones/Instalaciones%20terminicas/Normas%20Tratadas/ESRd10272007.pdf>.
- Rodríguez, T. y García, S. (2018). Planeación energética para el desarrollo de la RECP: Un caso de estudio en el sector hotelero. *International Workshop | Advances in Cleaner Production – Academic Work*, 1-10. [http://www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sessoes/5B/4/rodriguez-toscano\\_and\\_garcia\\_samper\\_academic.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sessoes/5B/4/rodriguez-toscano_and_garcia_samper_academic.pdf).

- Rus, E. (2020). Diagrama de Pareto. <https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-pareto.html>.
- Smarkia. (2014). ¿Cómo medir el ahorro energético de forma fiable? <https://www.smarkia.com/es/blog/como-medir-el-ahorro-energetico-de-forma-fiable>.
- Solartex Colombia. (2020). *Paneles solares*. Obtenido de <https://www.solartex.co/#>
- Soriano, R. (2011). Ahorro de energía en hoteles de México. *Repositorio Institucional UNAM*, [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México UNAM]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3431029>.
- Taliani, E., y Álvarez, J. (1994). El sistema de gestión y de costes basado en las actividades: un nuevo instrumento para la competitividad empresarial. *Instituto de Estudios Económicos*, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=129452>.
- Tecener y Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, A.C. (COMPITE). (2015). Sistema de Aire Acondicionado Tutorial para el trabajo en campo. [https://energypedia.info/images/c/c3/GIZ\\_Tutorial\\_Aire\\_Acondicionado\\_2015.pdf](https://energypedia.info/images/c/c3/GIZ_Tutorial_Aire_Acondicionado_2015.pdf).
- Valencia, G.; Cardenas, Y. y Meriño, L. (2018). Application of equivalent occupation method as a tool for energy management in hotel sector. *International Journal of Energy Economics and Policy*, , 8(5), 187-192. <http://hdl.handle.net/11323/1411>.
- Velázquez, J. (2015). Modelo de gestión integral de energía para hoteles en Colombia. *Repositorio Unal*, [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56051>.
- Villeda, A. E. (7 de Febrero de 2020). *youtube*. Obtenido de Herramientas financieras en Excel (VPN, TIR, IR): <https://youtu.be/VNKgxyu5bPc>
- Zona de proyectos. (s.f.). Ficha técnica Tubo Led T8 10W. [http://zonadeproyectos.com/systems/Support6/webfactu/users/fichatecnica/fichas\\_tecnicas/1537564596\\_.pdf](http://zonadeproyectos.com/systems/Support6/webfactu/users/fichatecnica/fichas_tecnicas/1537564596_.pdf).