

Luis Carlos Mendoza Toledo

“PLAN PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
SOLAR FOTOVOLTAICA COMO USUARIO AUTOPRODUCTOR EN  
EDIFICIO DE ATENCIÓN AL MIGRANTE DEL MINISTERIO DE  
RELACIONES EXTERIORES, ZONA 10, CIUDAD DE GUATEMALA,  
GUATEMALA.”



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de ingeniería.

Guatemala, octubre de 2023

Informe final de graduación.

“PLAN PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
SOLAR FOTOVOLTAICA COMO USUARIO AUTOPRODUCTOR EN  
EDIFICIO DE ATENCIÓN AL MIGRANTE DEL MINISTERIO DE  
RELACIONES EXTERIORES, ZONA 10, CIUDAD DE GUATEMALA,  
GUATEMALA.”



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Luis Carlos Mendoza Toledo

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería  
Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, octubre de 2023

Informe final de graduación.

“PLAN PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
SOLAR FOTOVOLTAICA COMO USUARIO AUTOPRODUCTOR EN  
EDIFICIO DE ATENCIÓN AL MIGRANTE DEL MINISTERIO DE  
RELACIONES EXTERIORES, ZONA 10, CIUDAD DE GUATEMALA,  
GUATEMALA.”



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2023

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Licenciado en Ingeniería Industrial con  
énfasis en Recursos Naturales  
Renovables.

## **Prólogo**

Derivado al avance de la tecnología con respecto al implementación de energías renovables, se busca la utilización de fuentes renovables para sustituir la generación de Energía Eléctrica por medio de combustibles fósiles, y contribuir a disminuir la contaminación del medio ambiente generado por las mismas.

El Ministerio de Relaciones Exteriores -MINEX- es una entidad de Gobierno encargada de la formulación de políticas exteriores y todo lo relacionado a las relaciones internacionales y su marco jurídico. Demarca y preserva los límites del territorio nacional, velando los intereses del Estado, a través de tratados y convenios establecidos con otros países; asimismo, en concordancia con el Instituto Nacional de Migración, se coordinan para dar cumplimiento a la Ley Migratoria que rige en el país, además resguarda a los connacionales que se encuentran fuera de la región guatemalteca. Es importante agregar, que el MINEX forma parte del Sistema Nacional de Seguridad.

Esta tesis busca, que, a través de una instalación solar fotovoltaica, pueda contribuir a la reducción de costos de energía eléctrica, y a la vez la disminución de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Logrando lo anterior, se podrá reflejar en el aprovechamiento de presupuesto establecido al rubro de servicios de energía eléctrica, que actualmente es proveída por la Empresa Eléctrica de Guatemala -EEGSA-.

Cabe resaltar que este proyecto es una propuesta de implementación de energía solar fotovoltaica, que se estableció acorde a las necesidades energéticas del edificio de «Atención al Migrante» que funciona en el MINEX; además, se encuentra desarrollado para su evaluación, análisis y aprobación.

## **Presentación**

El siguiente proyecto fue realizado en el Ministerio de Relaciones Exteriores para buscar una reducción del impacto ambiental, tanto en la infraestructura del edificio que es relativamente antigua que no cuenta con tecnología moderna, así como de desarrollar un programa institucional ambientalmente responsable.

Además de disminuir el consumo de energía, busca también reducir un impacto en la contaminación de los recursos naturales, factor relevante de acuerdo a la coyuntura política primordial para todos los países a nivel mundial. Aparte de los aspectos mencionados anteriormente; este proyecto busca promover la reducción del consumo y uso más eficiente de recursos.

Un sistema de paneles solares fotovoltaicos para reducir la factura mensual de electricidad está diseñado para ser instalado en sitios donde ya existe suministro eléctrico convencional, ya que su función es producir energía eléctrica que es devuelta a través del contador de electricidad. El sistema produce electricidad únicamente durante el día y devuelta a la red de distribución. La electricidad no es almacenada en ningún otro dispositivo adicional, por lo que la institución siempre dependerá del suministro eléctrico exterior, y por seguridad, el sistema no produce electricidad cuando se va la luz.

Para la instalación del sistema, se debe realizar un trámite con la Empresa Eléctrica de Guatemala -EEGSA- para cambiar de régimen de consumidor a Autoprodutor, ya que el contador del régimen de Autoprodutor contabiliza la carga que se consume, y la carga que se devuelve a la red eléctrica. La factura mensual de electricidad será por la diferencia de consumos y si el cliente consume más de lo que produce, pagara el valor de la parte consumida, y el transporte de la carga que devolvió a la red de distribución. Si el cliente produjo más electricidad de la que consumió durante el mes, tendrá un saldo a favor que se acumulará.

## Índice general

Prólogo

Presentación

I. INTRODUCCIÓN .....	1
I.1 Planteamiento del problema.....	2
I.2 Hipótesis .....	2
I.3 Objetivos.....	3
I.3.1 General.....	3
I.3.2 Especifico.....	3
I.4 Justificación .....	3
I.5 Metodología.....	3
I.5.1 Métodos .....	4
I.5.2 Técnicas .....	6
II. MARCO TEÓRICO .....	7
III. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....	63
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	74
IV.1 Conclusiones.....	74
IV.2 Recomendaciones. ....	76
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## Índice de Figuras

Figura 1: Energía Eléctrica.....	7
Figura 2: Tipos de energías .....	9
Figura 3: Transformación de la Energía .....	10
Figura 4: Electricidad.....	11
Figura 5: Historia de la Electricidad .....	12
Figura 6: Tipos de Centrales Eléctricas .....	13
Figura 7: Transmisión de Energía Eléctrica.....	14
Figura 8: Distribución de energía eléctrica. ....	15
Figura 9: Matriz Energética .....	16
Figura 10: Hidroeléctrica .....	17
Figura 11: Subsector Eléctrico.....	22
Figura 12: Mercado Eléctrico.....	23
Figura 13: Esquema eléctrico.....	24
Figura 14: Sistema eléctrico.....	26
Figura 15: Energías Renovables.....	33
Figura 16: Reducción de los costos energéticos .....	36
Figura 17: VAD propuesto por la Empresa Eléctrica de Guatemala .....	39
Figura 18: Precio de la Gasolina en América Latina .....	43
Figura 19: Servicio de alumbrado público.....	45
Figura 20: Conexión en serie de paneles solares .....	47

Figura 21: Energía eléctrica solar fotovoltaica .....	49
Figura 22: Mapa de potencial Solar .....	50
Figura 23: Proyectos de Generación Solar Fotovoltaica, en operación .....	50
Figura 24: Proyectos de Generación Solar Fotovoltaica, en operación .....	51
Figura 25: Sistema eléctrico de red de distribución solar fotovoltaica .....	53
Figura 26: Auto productores de energía eléctrica .....	54
Figura 27: Sistema eléctrico solar fotovoltaico aislado .....	55
Figura 28: Sistema eléctrico solar fotovoltaico aislado .....	57
Figura 29: Conexión en paralelo de paneles solares .....	58
Figura 30: Conexión en serie de paneles solares .....	58
Figura 31: Inversor de corriente directa a corriente alterna .....	59
Figura 32: Banco de baterías de ciclo profundo.....	59
Figura 33: Conexión en serie de paneles solares .....	61

## Índice de cuadros

Cuadro 1: Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	64
Cuadro 2: Tiempo en que se ha notado incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	65
Cuadro 3: Reporte del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante, en el último año.....	66
Cuadro 4: Causa del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	67
Cuadro 5: Reducción de costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	68
Cuadro 6: Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.....	69
Cuadro 7: Necesidad de implementar el plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.....	70
Cuadro 8: Acciones a contemplar al momento de implementar el sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.....	71
Cuadro 9: La falta de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante, afecta negativamente en el consumo energético. ....	72

Cuadro 10: Implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.....	73
---	----

### **Índice de gráficas**

Gráfica 1: Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	64
Gráfica 2: Tiempo en que se ha notado incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	65
Gráfica 3: Reporte del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante, en el último año.....	66
Gráfica 4: Causa del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	67
Grafico 5: Reducción de costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.....	68
Gráfico 6: Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.....	69
Grafico 7: Necesidad de implementar el plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.....	70
Gráfico 8: Acciones a contemplar al momento de implementar el sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.....	71
Gráfico 9: La falta de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante, afecta negativamente en el consumo energético.....	72

Gráfico 10: Implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores..... 73

## I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global, es un tema prioritario en todas las agendas políticas y económicas internacionales, a tal punto que, en las cumbres de las principales potencias del mundo se ha acordado la necesidad de establecer estrategias para contrarrestar los efectos negativos por la emisión de CO<sub>2</sub> en la atmosfera. Es por eso que es necesario buscar otras fuentes de energías renovables que puedan reemplazar las actuales.

La ciudad de Guatemala no ha sido la excepción a esto, con el avance del tiempo nos hemos visto en la necesidad de buscar alternativas amigables para mejorar el impacto negativo en el medio ambiente; por lo que, es necesario implementar el uso de energía renovable para solucionar dicho inconveniente. Entre los recursos renovables que se pueden utilizar, se encuentra la energía solar, la cual, ha sido importante en todos los procesos energéticos del planeta.

Derivado de lo anterior, nace el proyecto de tesis denominado “Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como usuario autoprodutor en edificio de atención al migrante del ministerio de relaciones exteriores, zona 10, ciudad de Guatemala, Guatemala”, la cual, es una propuesta de mejora para el gasto de energía eléctrica dentro del Edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, que surge como una necesidad de mejora en la calidad del gasto de la institución y además, contribuir a la reducción de la contaminación atmosférica.

En la implementación del proyecto, se logrará establecer un sistema de energía solar fotovoltaica para que la administración actual pueda hacer uso del mismo y así poder beneficiar a la institucionalidad del Ministerio de Relaciones Exteriores -MINEX- a largo plazo.

## **I.1 Planteamiento del problema**

En el edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, existe un incremento constante en los costos de consumo energético.

Durante la investigación del presente proyecto, se logró establecer que la causa principal de dicha situación se deriva de la inexistencia alternativas que puedan aprovechar el uso de la energía proveniente de los rayos solares. Por lo cual surge la necesidad, de la creación del plan para la implementación de un sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Auto productor en el Edificio.

Actualmente la dependencia que provee de energía eléctrica es la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. -EEGSA-. Esto provoca un efecto directo en los costos de consumo energético, y se evidencia en las facturas emitidas por EEGSA

## **I.2 Hipótesis**

### **Hipótesis causal**

“El incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor.”

### **Hipótesis interrogativa**

¿Será la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor, la causante del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.?

### **I.3 Objetivos**

#### **I.3.1 General**

Disminuir costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

#### **I.3.2 Especifico**

Reducir dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

### **I.4 Justificación**

Como se denota en el efecto de este documento, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; la situación del efecto identificado seguirá en condiciones desfavorables en cuanto al incremento de costos de consumo energético, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del “Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala”.

Derivado a lo anterior, de implementarse el plan de energía solar fotovoltaica como usuario autoprodutor, se podrá ser más eficiente en cuanto a la reducción del costo de consumo energético ya que, se tendrá la capacidad de producir energía limpia que se podrá aprovechar en las distintas áreas del edificio. De no implementarse los costos de consumo eléctrico seguirán aumentando de manera constante.

### **I.5 Metodología**

Los métodos y técnicas empleados para la elaboración del presente trabajo de

investigación se exponen a continuación:

### **I.5.1 Métodos**

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue el método deductivo, auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y de los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, con el auxilio de los métodos; estadístico y síntesis.

La forma de empleo de los métodos citados, se exponen a continuación:

#### **Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis**

Para la formulación de la hipótesis el método fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales sobre la deficiencia en el gasto de consumo energético del mismo. Se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa: Se utilizó directamente con las personas encuestadas en el Ministerio de Relaciones Exteriores, en donde se realizó un censo, se observó interés por parte de los funcionarios encuestados.

Investigación documental: Se utilizó a efectos de determinar si dentro del Ministerio de Relaciones Exteriores. existen registros relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Se pudo determinar que dentro los archivos del Ministerio de Relaciones Exteriores únicamente existen los registros de las facturas eléctricas emitidas por la Empresa Eléctrica durante el periodo de investigación determinado.

Encuesta: Se procedió a encuestar a los empleados del Departamento de Compras y Contabilidad; y a los empleados del Departamento de Mantenimiento a fin de determinar la profundidad de sus conocimientos respecto a la implementación de un sistema solar fotovoltaico y sus efectos positivos sobre el mismo.

Con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis a cuyo efecto se utilizó el marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

El método del marco lógico permitió, entre otros aspectos, identificar el objetivo general y específico de la investigación; así como establecer la problemática que es el punto central del presente estudio.

### **Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.**

Para la comprobación de la hipótesis, el método inductivo fue el utilizado y con él se pudieron obtener resultados específicos de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados.

Se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Encuesta. Una vez formulada la idea general de la problemática, se procedió a encuestar a las personas que conforman los distintos departamentos que tiene relación con el tema de gastos de servicios y mantenimiento del edificio, es decir: empleados del Departamento de Compras y Contabilidad; empleados del Departamento de

Mantenimiento, con el fin de poder establecer qué tan familiarizados con los costos de energía eléctrica y las soluciones alternativas para tratar dicho problema.

Determinación de la población a investigar. En ese sentido, se procedió a efectuar un censo para obtener la información de manera confiable. Con esto se pretende que el nivel de confianza que se obtenga será del cien por ciento.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, como objeto de la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información obtenida a través del método estadístico, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

### **I.5.2 Técnicas**

Las técnicas empleadas en la formulación fueron: la observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la encuesta a las personas relacionadas directamente con la problemática.

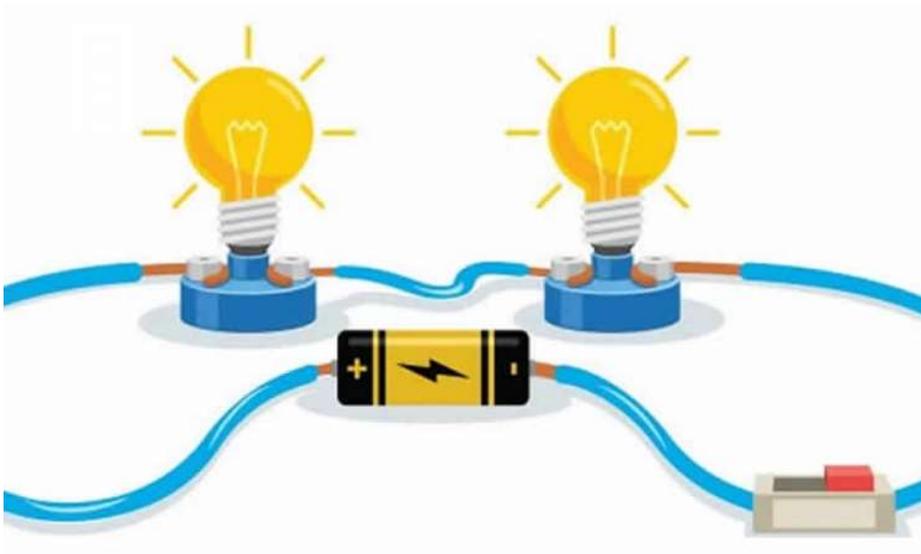
## II. MARCO TEÓRICO

### Energía eléctrica

Para poder entender qué es la Energía eléctrica, primero se debe de comprender el significado de sus palabras por separado. Así, el Diccionario de la Real Academia Española define energía como la “capacidad para realizar un trabajo y se mide en julios.” (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2019) Asimismo, se puede conceptualizar como “la capacidad que tiene un cuerpo o un sistema para realizar un trabajo o producir algún cambio o transformación. Tales cambios pueden ser movimientos, calentamiento o alteraciones en dicho cuerpo.”

A partir del párrafo anterior, se entiende que la energía es una propiedad inherente a todo cuerpo, dado a que se manifiesta en los cambios físicos, químicos o materiales realizados en la naturaleza.

Figura 1: Energía Eléctrica



Fuente: (eléctrica, 2020)

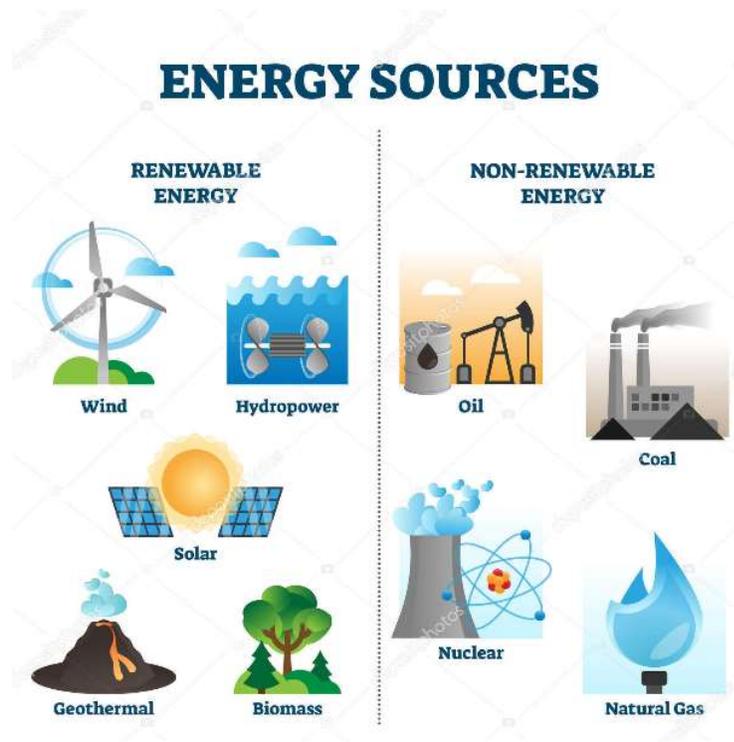
“Además, la energía se puede manifestar en diferentes formas, ya sea en forma de movimiento, posición, calor, electricidad, radiación electromagnética, moléculas, del sol, entre otras; y al depender del proceso que sufre dicha energía, esta se denomina de maneras distintas, tal como cinética, potencial, eléctrica, atómica, ionización, fotovoltaica, entre otras.” (Endesa, fundacionendesa, 2021)

De la misma manera, la energía se muestra de diferentes modalidades, recibiendo de esta forma diferentes denominaciones según las ocupaciones y los cambios que puede ocasionar.

“Entre los tipos de energía podemos mencionar a la energía mecánica, la cual se relaciona con el movimiento de los cuerpos que involucran distintas energías que tiene un objetivo en movimiento; energía interna que se puede encontrar por medio de la temperatura en un cuerpo; energía eléctrica, esta se relaciona con la corriente eléctrica, la cual se puede manifestar en cualquier objeto que utilice corriente eléctrica; energía térmica, esta se manifiesta mediante el calor, se puede asociar con la cantidad de energía que pasa de un cuerpo caliente a otro más frío.” (Endesa, fundacionendesa, 2021)

“La energía presenta las siguientes propiedades: Se transforma, la energía no se crea ni destruye, solo se transforma; se conserva, la energía no se destruye, no puede haber más o menos energía de la que había al principio; se transfiere, la energía puede pasar de un cuerpo a otro en forma de calor; se degrada, la energía que no es aprovechada durante el trabajo se manifiesta en forma de calor o ruido.” (Endesa, fundacionendesa, 2021)

Figura 2: Tipos de energías



Fuente: (Depositphotos, 2021)

Del mismo modo, la palabra eléctrica proviene del latín *electrum* y, de conformidad con el Diccionario de la Real Academia Española, significa que “tiene o transmite electricidad, que funciona mediante electricidad o es relativo a la electricidad.” (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2019), Así, referencia a la fuerza manifestada por la atracción o repulsión que se genera entre partículas cargadas de electrones y protones.

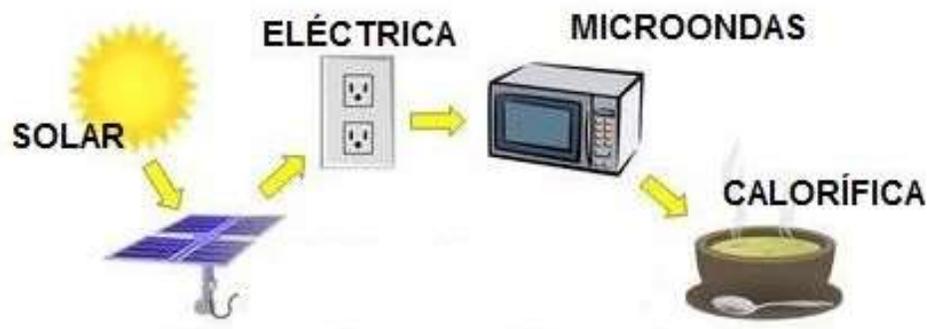
A partir del párrafo anterior, la palabra eléctrica se puede definir como:

“Forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, situaciones que permitirá establecer una corriente eléctrica entre ambos puntos si se los coloca en contacto por intermedio de un conductor eléctrico para obtener el trabajo mencionado.” (Ucha, 2010)

Derivado de lo anterior, la Energía eléctrica es la transportada por la corriente eléctrica, la cual consiste en el movimiento de electrones y protones a través de un conducto.

“De acuerdo con el Principio de Conservación de la Energía, el cual sugiere que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. Así, se establece que todas las formas de energías se encuentran en un constante proceso de transformación y la energía total, permanece constante. Además, la Energía eléctrica puede encontrarse como energía lumínica, mecánica y térmica. Generación, transporte y repartimiento de la energía eléctrica.” (Aga, 2019)

Figura 3: Transformación de la Energía



Fuente: (A., Areaciencias, 2021)

“La Energía eléctrica es una de las energías más utilizadas por la humanidad, pues la mayoría de las cosas que se encuentran en la vida cotidiana se mueven o funcionan gracias a la energía, la cual, previamente, llevó un proceso desde su generación hasta su distribución.” (Endesa, fundacionendesa, 2021)

## **Electricidad**

“Se puede definir como la energía generada por el movimiento de electrones y protones de paso por materiales conductores. La electricidad es la energía que permite hacer brillar bombillos, hacer funcionar objetos eléctricos los cuales se encuentran en casas, edificios, calles, vehículos, entre otros.” (Endesa C. D., 2021)

Figura 4: Electricidad



Fuente: (Romero, 2020)

## **Generación**

“Desde la Antigüedad, ya eran conocidos los fenómenos eléctricos, pero fue hasta inicios del siglo XX la energía eléctrica no se podía trasladar a extensa distancia. Por esa razón, las centrales de la época se situaban alrededor de los centros de consumo.” (Endesa, Historia de la electricidad, 2021)

Figura 5: Historia de la Electricidad



Fuente: (Endesa, Historia de la electricidad, 2021)

“Los adelantos de la tecnología han permitido el desarrollo de las primeras centrales hidroeléctricas en la primera mitad del siglo pasado. Su creación exigía grandes esfuerzos económicos y financieros que las instalaciones existentes. Por esa razón, y de manera paralela, se comenzaron a generar algunas compañías eléctricas de gran magnitud y recursos.” (Endesa, Historia de la electricidad, 2021)

Asimismo, “La mayoría de las centrales son convencionales, se utiliza el calor que generan los combustibles para mover la turbina.” (González González-Tejina, 2018). Además, dentro de las energías no convencionales se encuentra la solar o la eólica; sin embargo, actualmente, se experimenta el uso de otras Energías renovables como la oceánica o la biomasa.

“De la misma manera, entre los principales tipos de centrales eléctricas se pueden mencionar las centrales térmicas (combustibles fósiles), las centrales hidroeléctricas (agua), centrales nucleares (fisión y fusión nuclear), centrales solares (sol), centrales fotovoltaicas (sol), centrales eólicas (viento), biomasa

(quema de compuestos orgánicos), centrales mareomotrices (generada por el nivel del mar), entre otras.” (Voltio, 2019)

Figura 6: Tipos de Centrales Eléctricas



Fuente: (Flores, 2020)

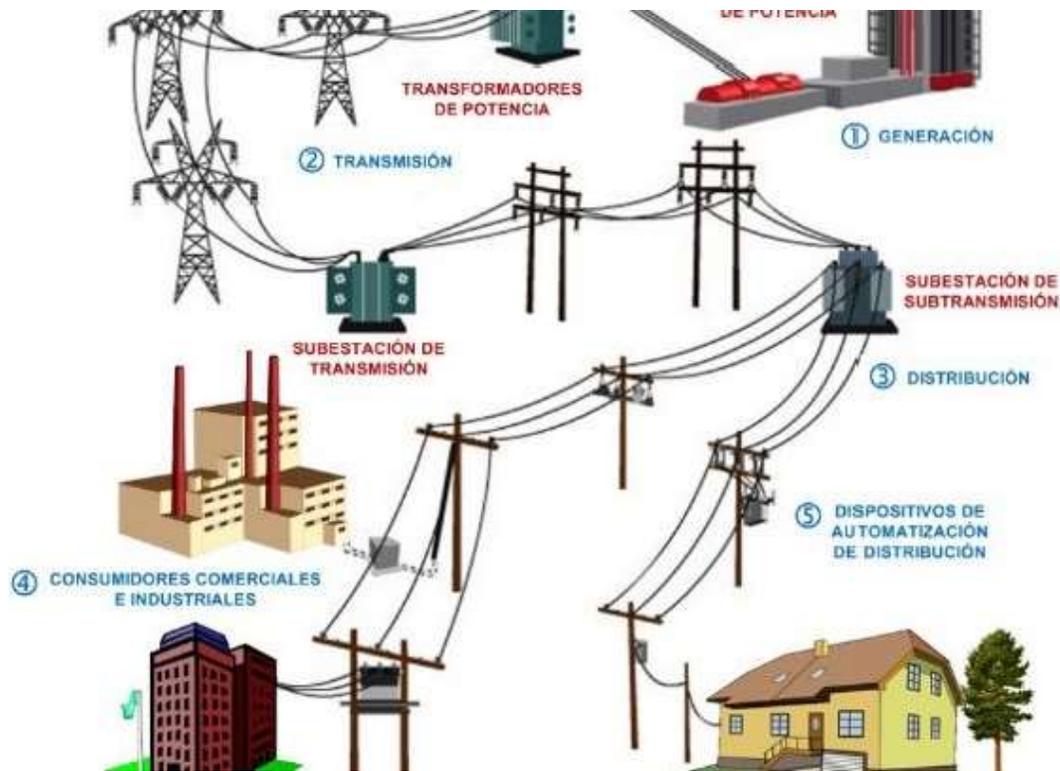
## Transmisión

A partir de generada la Energía eléctrica por alguna central anteriormente mencionada, inmediatamente se procede a la fase de Transmisión:

“El transporte eléctrico posibilita transferir la energía producida en las centrales eléctricas hasta los centros de consumo. En otras palabras, es el camino que ejecuta la electricidad a partir de que se produce hasta que empieza a distribuirse.” (Endesa, Transporte de electricidad, 2021)

Del mismo modo, “la Transmisión es el sistema encargado de llevar la Energía eléctrica desde las Centrales eléctricas; por medio de líneas de transmisión a tensiones elevadas, junto con las subestaciones eléctricas, las cuales pueden estar elevadas o subterráneas; hasta los puntos de consumo, al recorrer grandes distancias y transmitir gran cantidad de energía.” (Endesa, Transporte de electricidad, 2021)

Figura 7: Transmisión de Energía Eléctrica



Fuente: (Profesionales en Ingeniería Eléctrica, 2018)

## Distribución

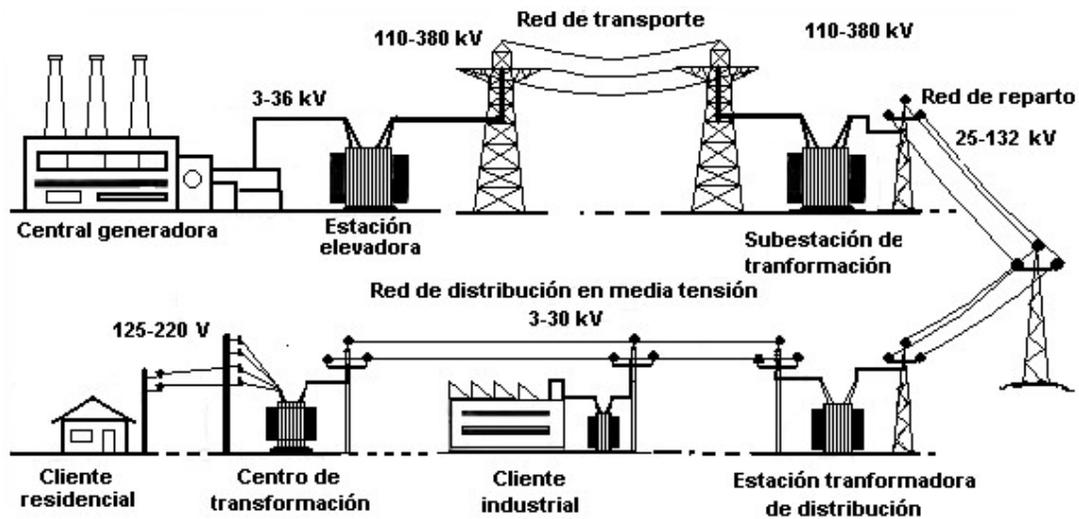
“La Distribución consiste en el último paso antes de poder poseer Energía eléctrica en cualquier lugar. También, su función principal es la de abastecer de energía desde la subestación de transformación y redes de transporte hasta los usuarios. Así, es el paso encargado de repartir la Energía eléctrica dentro de los distintos centros, regiones, departamento, residencias, industrias o donde se consume. Consiste en transformar la energía a voltajes adecuados para distribuirla a los comercios, industrias y hogares.” (Foro Transporte de Energía Eléctrica en Guatemala, 2021)

“Igualmente, dicho sistema consta de 2 etapas, la primera es la red de reparto, a partir de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante

anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo.” (Universidad Dr. José Matías Delgado, S/F)

“A partir del párrafo anterior, primero se debe de transportar la energía a través de las subestaciones; ya sea elevadora, reductora, compensatoria, switch, principal, entre otras; hasta las subestaciones de distribución a través de los alimentadores principales, transformadores, alimentadores secundarios, acometidas y equipos de medición.” (Universidad Dr. José Matías Delgado, S/F)

Figura 8: Distribución de energía eléctrica.



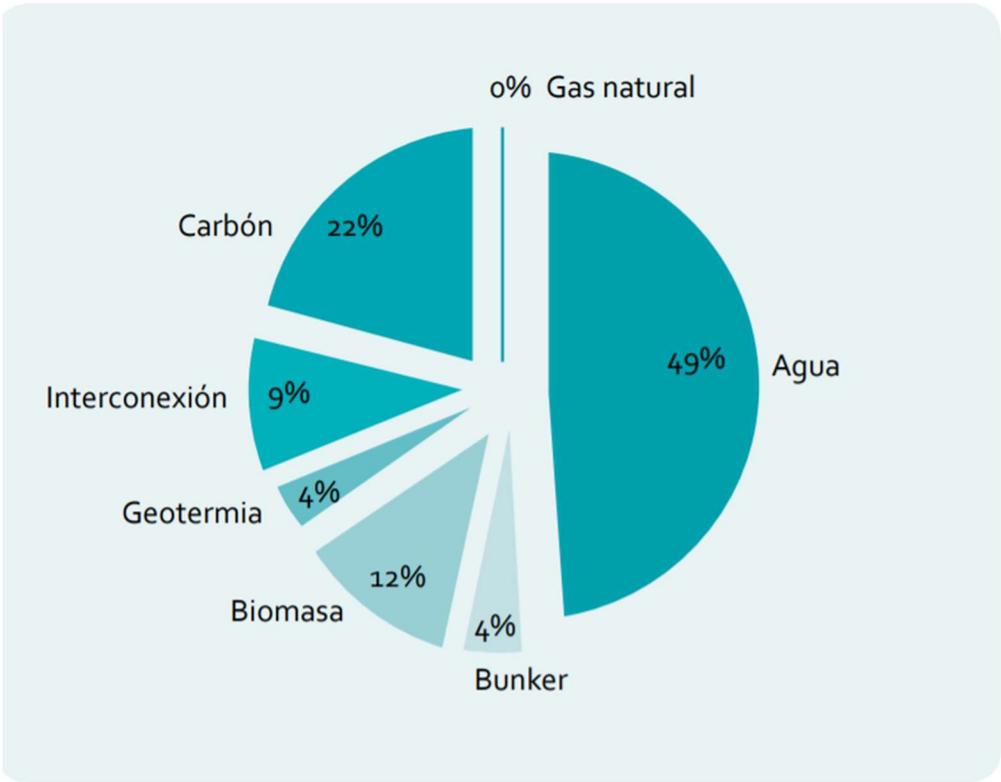
Fuente: (Requisitos para el proceso de distribución, 2014)

## Historia de la Energía eléctrica en Guatemala

Según se ha mencionado anteriormente, la generación de Energía eléctrica consiste en la transformación de alguna clase de energía en energía eléctrica, por medio de un generador eléctrico de las centrales generadoras, las cuales dependen de la fuente que utilicen.

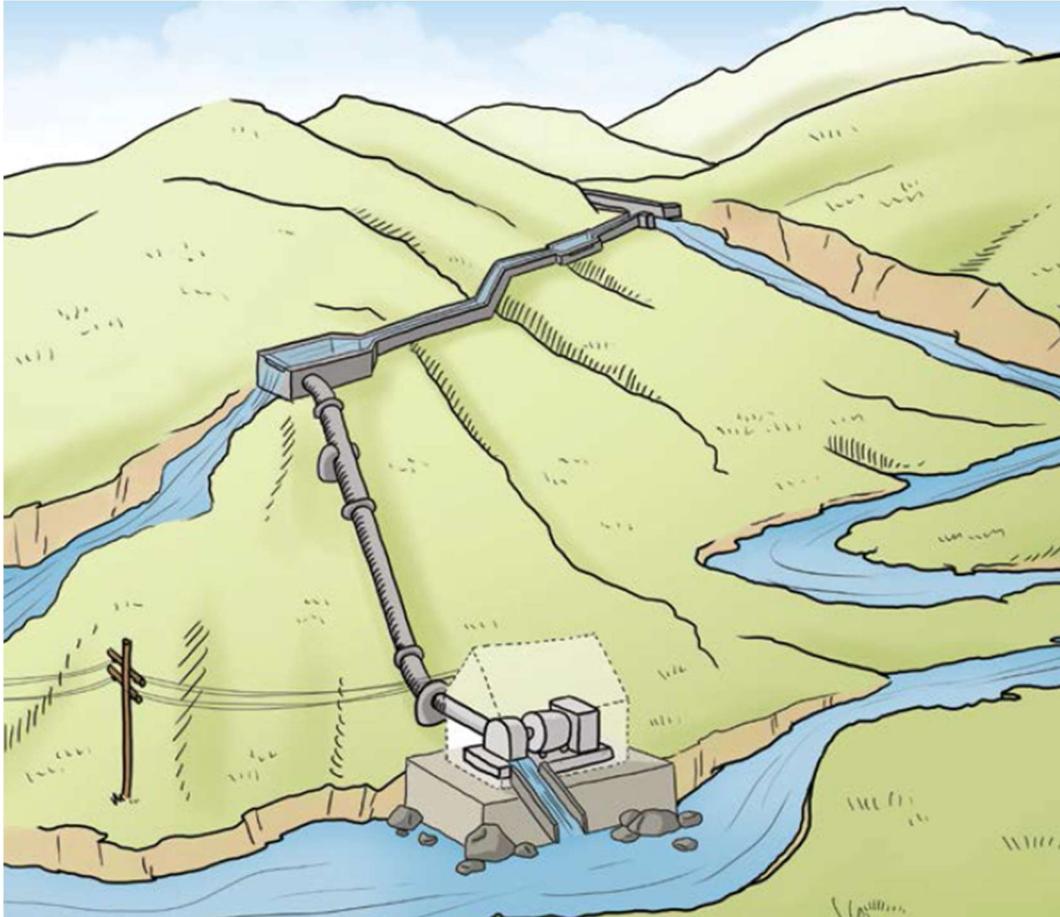
Asimismo, “en Guatemala, existen diversas fuentes de energía las cuales son aprovechadas por las empresas encargadas, tales como las derivadas del petróleo, el movimiento del agua, el vapor de agua o agua caliente, el carbón y las biomاسas; sin embargo, las principales son aquellas que derivan del petróleo y las hidroeléctricas.” (Alfaro, 2013)

Figura 9: Matriz Energética



Fuente: (Alfaro, 2013)

Figura 10: Hidroeléctrica



Fuente: (Alfaro, 2013)

“Además, antes de la Colonia, los nativos iluminaban sus hogares con rajas de ocote y pino rojo, al ser estos sus únicas fuentes de energía; luego con la llegada de los españoles, el Capitán General de Guatemala, por primera vez, solicitó al Ayuntamiento que considerara la posibilidad de alumbrar la ciudad con faroles de candelas: La electrificación en Guatemala se inició en 1885 cuando fue instalada la primera central hidroeléctrica en la Finca El Zapote, al norte de la ciudad capital.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

“El año de 1894 fue un año histórico para Guatemala, puesto que, en diciembre de ese año, seis personas se organizaron en una sociedad anónima con capital limitado, a la cual le denominaron Empresa Eléctrica de Guatemala -EEG-, y dio como resultado que oficialmente naciera la empresa eléctrica.” (INDE, 2021)

“De la misma manera, luego en el año 1896, se formó la Empresa Eléctrica del Sur por empresarios alemanes, quienes construyeron la hidroeléctrica Palín en el departamento de Escuintla, con una capacidad de 722 KW, la cual brindó servicios a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla.” (INDE, 2021)

Del mismo modo, y posteriormente, “en 1927 surge la construcción de la hidroeléctrica del Estado, la que más tarde toma el nombre de Santa María, ubicada en el Municipio de Zunil, Departamento de Quetzaltenango. También, poseía como fin proveer de energía al Ferrocarril Nacional de los Altos, pero al desaparecer este, las autoridades de gobierno decidieron que la planta se orientara a cubrir la demanda de electricidad a los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá y Suchitepéquez.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

“Igualmente, en 1940, por medio del Decreto Número 1287 del Congreso de la República, se crea el Departamento de Electrificación Nacional, dependencia del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, que consecutivamente, en mayo de 1959, dio origen al actual Instituto Nacional de Electrificación -INDE-.” (INDE, 2021)

“Asimismo, a partir de los años siguientes, iniciaron sus operaciones varias hidroeléctricas públicas y privadas. Además, durante la década de los años cincuenta se inició la construcción de la Hidroeléctrica Río Hondo, en el Departamento de Zacapa, pero fue hasta en 1962 que empezó a operar con una capacidad de 2400 Kw.

De la misma manera, tanto esta hidroeléctrica como la de Santa María eran de los primeros bienes del Instituto Nacional de Electrificación –INDE-.” (INDE, 2021)

“Del mismo modo, en 1965, como consecuencia de la demanda de energía eléctrica y para atender los planes que el gobierno poseía, se colocó en operación la Central Diesel de San Felipe en el Departamento de Retalhuleu, con una capacidad de 2440 Kw. También, A principios de la década de los setenta se instaló la hidroeléctrica Jurún Marinalá con 60 Mw., la cual se clasifica como una central de regulación diaria, y se encuentra ubicada en la aldea Agua Blanca, en el interior de la finca El Salto, en el Departamento de Escuintla.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

Igualmente, “En 1982, inició operaciones la hidroeléctrica Aguacapa con 75 Mw.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015), la cual se encuentra ubicada en el Departamento de Escuintla, y es clasificada como una central de regulación diaria.

Asimismo, “En el año 1986 inició operaciones la hidroeléctrica Chixoy con 300 Mw. considerada la más grande del país, y se encuentra ubicada en la aldea Quixal, Municipio de San Cristóbal, Departamento de Alta Verapaz. Asimismo, a partir de 1992, dieron inicio sus operaciones varias generadoras privadas, entre las que se pueden mencionar: Los Ingenios Azucareros, ENRON en Puerto Quetzal, SIDEGUA, LAGOTEX, Secacao, Río Bobos, TAMPA, Zunil, Pasabien, Poza Verde, Tululá, Las Vacas, Matanzas, entre otras.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015),

“Además, en el año 1996 inició la modernización del subsector eléctrico en Guatemala, momento que se vio marcado por la promulgación y vigencia del Decreto Número 93-96, Ley General de Electricidad, del Congreso de la República.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

“A partir del párrafo anterior, dicha Ley estipula con claridad aspectos referentes a las actividades de generación, transporte y distribución de la energía eléctrica en el

Sistema Eléctrico Nacional -SEN-, y la coordinación y regulación de actividades comerciales del sector eléctrico, bajo la supervisión de un marco institucional conformado por el Ministerio de Energía y Minas -MEM-, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica -CNEE- y el Administrador del Mercado Mayorista -AMM-.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

“El reglamento de dicha Ley se encuentra regulado en el Acuerdo Gubernativo Número 256-97, el cual entró en vigencia el 3 de abril de 1997. Sin embargo, este fue reformado en el año 2008, pues se buscaba el incremento de la competencia, reducir el precio de la electricidad, fortalecer el marco legal en cuanto al cumplimiento de los principios que se establecen en la Ley e impulsar nuevas tecnologías para el desarrollo del sistema de transporte del país y el aprovechamiento de los recursos hídricos existentes.” (Rodas, S/F)

## **Subsector eléctrico en Guatemala**

### **Política Energética:**

“Según esta Política se encuentra la base fundamental del desarrollo del subsector eléctrico, al definir los objetivos que deben considerarse en toda acción institucional, regulatoria o evolutiva del mercado eléctrico, ya sea en el ámbito público o privado.” (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

### **Marco Institucional:**

“El Marco Institucional se encuentra conformado principalmente por tres entidades que determinan su fundamento en la Ley General de Electricidad, al ser estas: el Ministerio de Energía y Minas -MEM-, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica -

CNEE-, y el Administrador del Mercado Mayorista -AMM-.” (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

“El Ministerio de Energías y Minas -MEM- es el órgano del Estado responsable de formular y coordinar las políticas, los planes y programas relativos al subsector eléctrico; velar por el cumplimiento y aplicación de la Ley General de Electricidad y su Reglamento; y regular y aplicar lo concerniente a la producción, el transporte, la distribución y comercialización de la energía y los hidrocarburos.” (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

“La Comisión Nacional de Energía Eléctrica -CNEE- es el órgano técnico del Ministerio, creado por la Ley General de Electricidad, y es el encargado de cumplir y hacer cumplir la Ley. Del mismo modo, entre sus funciones se pueden mencionar: velar por su cumplimiento, proteger los derechos de los usuarios, prevenir conductas ilícitas, definir tarifas, entre otras que se encuentran establecidas en la Ley.” (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

“El Administrador del Mercado Mayorista -AMM- es la entidad privada sin fines de lucro, que coordina las transacciones entre los participantes del mercado mayorista de electricidad, y vela por el mantenimiento de la calidad y seguridad del suministro de energía eléctrica en Guatemala.” (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Figura 11: Subsector Eléctrico



Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2017)

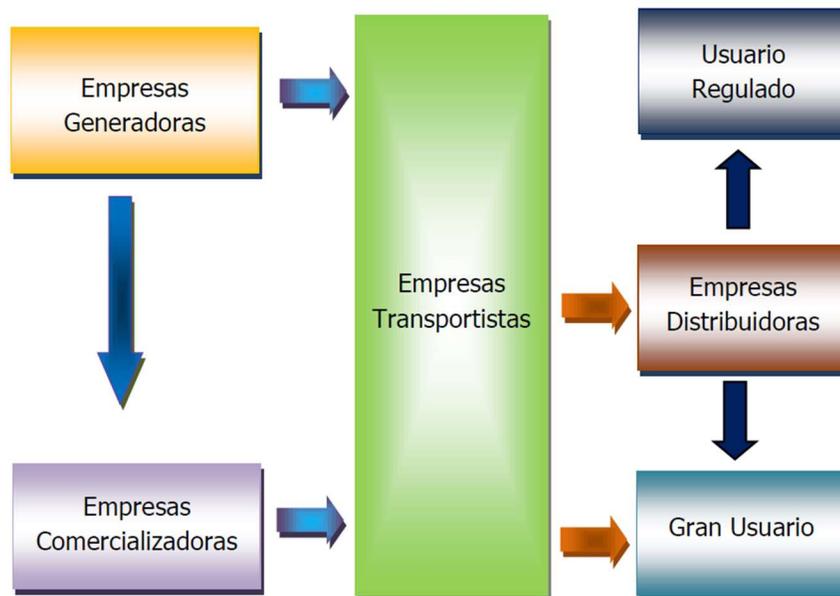
### **Marco Regulatorio:**

“El Marco Legal que rige el subsector eléctrico, está conformado por la Ley General de Electricidad y su Reglamento, el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, el Acuerdo Número AG-110-2002, el Acuerdo Gubernativo Número 244-2003, la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable y su Reglamento, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, entre otros Acuerdos Ministeriales publicados por el Ministerio de Energía y Minas, Normas y Resoluciones emitidas por la Comisión y el Mercado Mayorista.” (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

## Mercado eléctrico:

“A través de dicho Mercado, se realizan todas aquellas transacciones comerciales del subsector eléctrico: la compra y venta de potencias y energía, cuya importancia radica en que determina cuantitativamente la dimensión del sistema eléctrico. También, dentro de la Ley General de Electricidad se encuentra regulado que el mercado de Energía eléctrica está constituido por los mercados reguladores y mayorista, y estos a su vez se integran por agentes y grandes usuarios.” (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

Figura 12: Mercado Eléctrico



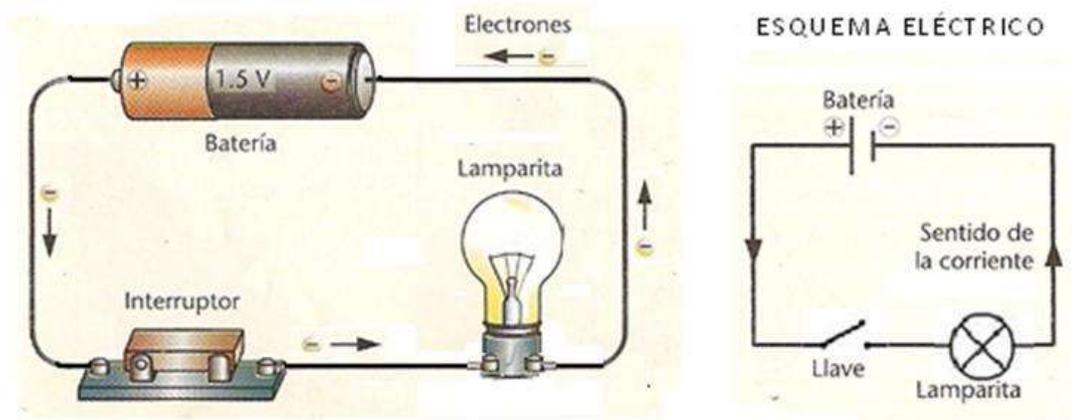
Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2017)

## Sistema eléctrico

“El Sistema eléctrico es el “Sistema conformado por la infraestructura física que permite cumplir, tanto cualitativa como cuantitativamente con el suministro de energía eléctrica.” (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

Asimismo, consiste en el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, redes de distribución, equipo eléctrico, centros de carga y, en general, toda clase de infraestructura destinada a la prestación de servicios, interconectados o no, dentro del cual se efectúan las diferentes, transferencias de Energía eléctrica entre diversas regiones del país.

Figura 13: Esquema eléctrico



Fuente: (A., La física y química, 2019)

“Además, en Guatemala, el Sistema eléctrico está conformado por el Sistema Eléctrico Nacional -SEN-, el cual está integrado por el Sistema Nacional Interconectado -SIN- y algunos sistemas aislados. De la misma manera, el Sistema

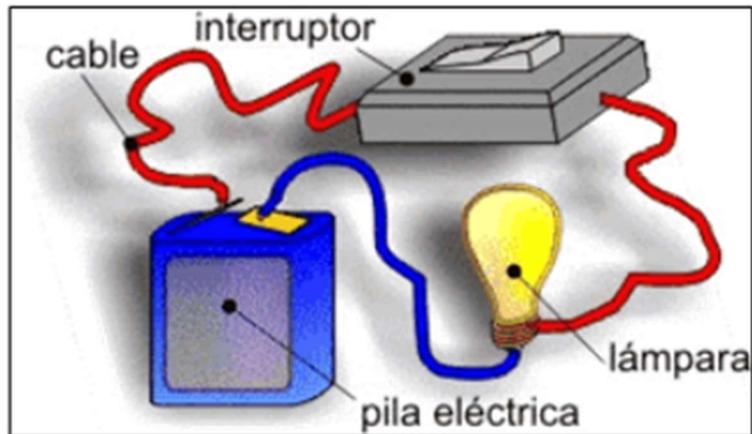
Eléctrico se divide en Sistema de generación, Sistema de transporte y Sistema de distribución.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

“El Sistema de generación está conformado por centrales, “hidroeléctricas, turbinas de vapor, turbinas de gas, motores de combustión interna, centrales geotérmicas y eólicas. Esta actividad no está sujeta al Ministerio, salvo aquellas que hacen uso de bienes de dominio público, tales como las hidroeléctricas y las geotérmicas.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

“El sistema de transporte se conforma por el sistema principal y secundario, esta actividad está sujeta a la autorización del Ministerio de Energía y Minas, solamente si utiliza bienes de dominio público, el acceso y ampliación del mismo requiere autorización de la Comisión, es coordinada por el Administrador del Mercado Mayorista y ejecutada por los transportistas.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

“El sistema de distribución está integrado por la infraestructura de distribución que opera en tensiones menores de 34.5 Kw. Las operaciones del sistema son coordinadas por el Administrador del Mercado Mayorista y ejecutada por los distribuidores. Las principales empresas distribuidoras de energía son: Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A; Distribuidora de Electricidad de Occidente, S.A; Distribuidora de Electricidad de Oriente, S.A; Así como las Empresas Eléctricas Municipales, que prestan servicios eléctricos en los cascos urbanos y departamentos del oriente y occidente del país.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2015)

Figura 14: Sistema eléctrico



Fuente: (ELÉCTRICOS, 2021)

### Costos energéticos

“La Energía eléctrica es una de las energías más utilizadas por la humanidad actualmente, dada su aplicación en los diversos ámbitos, dispositivos, productos y aparatos cotidianos, y posee la dificultad de almacenar la electricidad al provocar que la oferta deba ser igual a la demanda. No obstante, es necesario que exista además de una coordinación en la producción de la Energía eléctrica, decisiones y regulaciones que se determinen para obtener una inversión en la generación y el transporte de dicha energía.” (Colino Martínez & Caro)

Igualmente, antes de analizar los Costos energéticos aplicables para la Energía eléctrica del país, es necesario que primero se estudien los costos, los cuales se generan durante el transcurso de todo el proceso eléctrico.

“Asimismo, de manera general puede decirse que los costes de la generación de la energía se desglosan entre los costes de capital que corresponden a la inversión inicial del plan, los costes asociados al combustible de cada sistema de producción y los

costes derivados del mantenimiento y la operación de las plantas generadoras.”  
(Colino Martínez & Caro)

Además, los precios de generación de energía tienen que tener en cuenta el tipo de fuente que se va a usar en el plan, los costos y efectos los cuales conlleven la producción, el mantenimiento, transporte y el reparto de esta.

“De la misma forma, Guatemala es un territorio que cuenta con una amplia proporción de recursos naturales renovables, los cuales al ser explotados de manera idónea y mediante los mecanismos adecuados, podrían ser una gigantesca fuente de Energía eléctrica.” (Colino Martínez & Caro)

“Del mismo modo, para ejemplificar, la leña consiste en la fuente energética con mayor demanda en el país dado que existen grandes superficies forestales, y la mayor parte de la población vive en el área rural con escasos recursos económicos, lo cual impide poseer acceso y disponibilidad a otras fuentes energéticas. También, otras fuentes de energía son el diésel, la gasolina, el fuel oil, el gas propano y el bagazo de caña, el cual es la única fuente biomásica utilizada en Guatemala.” (Colino Martínez & Caro)

“El principal proveedor de energía eléctrica es el sector público, a través del Instituto Guatemalteco de Electrificación –INDE- y la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A; sin embargo, el sector privado también posee una participación, pero de forma pasiva.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

“La electricidad de Guatemala se genera principalmente por medio de las centrales hidroeléctricas, las centrales térmicas y los co-generadores, pero incluso con estos no se alcanza una gran cobertura, puesto que el país se encuentra entre los más bajos de Latinoamérica.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

“El Ministerio de Energía y Minas clasifica los gastos de consumo en cuatro subsectores: comercio y servicios, residencial, industria y transporte. El primer subsector constituye la actividad económica con mayor representación en el Producto Interno Bruto -PIB-; no obstante, el incremento en la demanda energética de este debe abastecerse de la forma más eficiente posible, al considerar el impacto en los costos por existir poca disponibilidad y mala calidad del abastecimiento energético.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

“La Administración Gubernamental posee como objetivo reducir los costos del Estado, al garantizar que las actividades puedan realizarse con la misma atención y responsabilidad.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

“La energía residencial representa la mayor demanda energética del país, como consecuencia del uso de los múltiples dispositivos electrónicos y electrodomésticos. La demanda de energía útil y energía final de este subsector, además del abastecimiento eficiente de las mismas, conlleva un esfuerzo y colaboración entre la población y aquellas empresas, tanto públicas como privadas, que proveen el servicio de Energía eléctrica.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

Igualmente, “El subsector industrial se encarga de transformar la materia prima en productos con valor agregado al utilizar los recursos energéticos de acuerdo con el proceso de transformación que se realice.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

“Este subsector puede dividirse según los tipos de industria que existen actualmente en Guatemala, y cada subsector dependerá más en un tipo de energía o energético según el grado de desarrollo tecnológico. Cada industria, debido a las diferencias de procesos, debe por lo tanto realizar para sí misma un análisis de los recursos

energéticos que necesita a través de un sistema de gestión de energía.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

Asimismo, por ejemplo, se puede evidenciar dicho subsector en las industrias de alimentos, bebidas alcohólicas, manufactura química y farmacéutica, equipos eléctricos, entre otras.

Además, “El subsector de transporte y movilidad es una de las áreas que necesita mejoras en cuanto al uso de la energía” (Ministerio de Energía y Minas, 2018). Actualmente los energéticos usados para el transporte y movilidad urbana son casi en su totalidad derivados de petróleo, sin embargo, el uso de otros energéticos como electricidad, GLP, gas natural, o carbón, permitirá a largo plazo alcanzar la seguridad energética y estabilidad tan necesaria en este subsector.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

De la misma manera, es posible establecer que:

“Guatemala, presenta un panorama energético en el que han surgido nuevas fuerzas que cambian aceleradamente cualquier referencia anterior. En este sentido, aunque el desarrollo del mercado regional está por facilitar el comercio de energía más allá de las fronteras físicas establecidas, el surgimiento de crecientes demandas sociales que derivan en conflictos relacionadas con la preservación y conservación del medio ambiente, y otras más radicales relacionados con la oposición de proyectos mineros e hidroeléctricos ha complicado el desarrollo de algunos proyectos, sin embargo los nuevos contratos que se han otorgado en los dos últimos años demuestran que existe certeza jurídica y actualmente está por dar un nuevo impulso al mercado energético del país.” (Organización Latinoamericana de Energía OLADE, 2014)

Del mismo modo, se determina que: “El consumo doméstico de energía a nivel mundial aún está en una etapa de desarrollo, millones de personas en el mundo aún no tienen acceso a la electricidad y estas recurren a la leña, el carbón, los residuos agrícolas (biomasa) y a los excrementos de animales para satisfacer sus necesidades diarias de energía. El petróleo y otros combustibles fósiles se consolidaron durante el siglo XX como la base de la matriz energética, tanto por los costos de producción y de transporte como por la multiplicidad de usos.” (Organización Latinoamericana de Energía OLADE, 2014)

“A corto plazo no se prevé un cambio significativo en esta situación a pesar de lo limitado de los yacimientos y de las dificultades ambientales en su producción y utilización, así como la disminución de los precios de la tecnología para el uso de recursos renovables que, aún requieren subsidios para su implantación.” (Organización Latinoamericana de Energía OLADE, 2014)

También, a partir de las dos ideas planteadas anteriormente, es posible precisar que:

“Con este panorama, el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala lanzó en el año 2013 su Política Energética 2013-2027, la cual buscó, en el largo plazo, reducir los efectos de la globalización y el cambio climático, y contribuir a la sostenibilidad social y ambiental.” (Organización Latinoamericana de Energía OLADE, 2014)

“Sin embargo, para obtener energía útil es preciso invertir antes una cierta cantidad de energía de fuentes primarias y secundarias, esta relación se cuantifica mediante un parámetro denominado –EROI– por sus siglas en inglés, Energy Return On Investment, que consiste en el cociente entre la energía obtenida y la que es necesario gastar previamente para obtenerla.” (López, 2008)

Igualmente, “No es fácil evaluar con precisión todos los insumos energéticos y no todos son de la misma naturaleza.” (López, 2008)

“Algunos necesitan la utilización directo de energía fósil, mientras tanto, otros lo son a modo de electricidad, y una sección de ellos es dependiente de componentes locales, lo cual introduce variaciones en las estimaciones que realizan diferentes autores para la misma fuente de energía.” (López, 2008)

“Asimismo, al principio de los tiempos, el petróleo poseía un EROI alto, el cual contribuyó así a un desarrollo rápido de las tecnologías basado en su uso. Además, una parte importante del sostenido crecimiento económico durante la segunda mitad del siglo XX se debe al uso intensivo de esta fuente de energía de alta calidad.” (López, 2008)

“Hoy, el EROI de los nuevos yacimientos es más bajo que antes y lo más posible es que siga en disminución. Referente a los petróleos no convencionales también tienen un EROI inferior gracias a la gran proporción de energía que se necesita invertir en el procedimiento térmico y en la manipulación de gigantes porciones del material en el cual permanecen embebidos los hidrocarburos.” (López, 2008)

De la misma manera, es importante revelar que: “Para el caso de los biocombustibles, pasar de un grano, por ejemplo, a etanol con un alto grado de pureza, exige el consumo de una gran cantidad de energía previa, en la producción de semillas, abonos, transporte y tratamiento del producto hasta llegar al combustible listo para su uso.

El balance energético en este caso es bastante pobre, según la mayoría de los expertos, únicamente un pequeño porcentaje de la invertida. El escaso remanente energético que, en el mejor de los casos, se obtiene al momento de convertir el grano de cereal en bioetanol es un factor a tener en cuenta más de fondo y menos coyuntural que la discutida influencia que haya podido tener en el aumento del precio del maíz.” (López, 2008)

Del mismo modo, es posible establecer que: “No ocurre lo mismo con la caña de azúcar, más eficiente desde el punto de vista energético y de menor impacto sobre el sector alimentario y menos aún con el llamado bioetanol de segunda generación, que se obtendrá, cuando la tecnología se desarrolle a escala industrial, a partir de biomasa celulósica procedente de residuos orgánicos o de plantas leñosas o herbáceas.” (López, 2008)

También, es significativo determinar que: “Algunos autores consideran que el balance energético de las fuentes de energía, o de los cultivos en el caso de la alimentación, es un factor esencial a la hora de explicar hechos históricos determinantes, como la quiebra de equilibrios sociales debida a rendimientos energéticos decrecientes en la agricultura, la emergencia de la civilización tecnológica a partir del descubrimiento de los usos industriales al carbón, o la transformación del transporte y la agricultura a partir de una fuente que ha tenido un enorme rendimiento energético hasta este momento como es el petróleo.” (López, 2008)

“El carbón sigue es abundante, con un balance energético menor que el petróleo, pero aceptable, aunque tiene graves contraindicaciones medioambientales, por lo que su aprovechamiento energético limpio, por ejemplo, con tecnologías de captura y secuestro de dióxido de carbono, requerirá de procesos costosos en energía, con lo que su balance energético final disminuirá.” (López, 2008)

Igualmente, es posible aseverar que: “Las energías renovables, viento y sol principalmente, presentan un buen balance energético y el aumento de su contribución a la producción de energía es un objetivo estratégico. Sus principales inconvenientes son, además del precio, la exigencia de grandes extensiones de territorio debido a su carácter difuso, que podrá resolverse con dispositivos de almacenamiento de energía,

es este un sector que recibe una gran atención en la comunidad de científicos y tecnólogos.” (Lopez, 2008)

“En todo caso, las energías renovables y la energía nuclear tienen un balance energético claramente menos favorable que el que ha caracterizado históricamente al petróleo. Los avances en investigación y desarrollo podrán mejorar la situación, pero en ningún caso invertir una tendencia que nace de las características físicas de las fuentes de energía disponibles.” (López, 2008)

### **La Energía eléctrica y el medio ambiente**

Asimismo, “Actualmente, los transportes, supermercados, empresas, industrias y la mayor parte de los hogares del mundo dependen del suministro de energía eléctrica. Sin embargo, satisfacer esta demanda global está por comenzar a pasar factura al medioambiente del planeta.” (Twenergy, 2019). Además, la electricidad se genera de varias formas, pero algunas poseen un menor impacto sobre el ambiente que otras.

“De la misma manera, en el caso de la electricidad producida por el agua, sol o viento, es decir Energías renovables, el impacto ambiental es menor a la Energía eléctrica que se obtiene por la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), pues estos combustibles expulsan gran cantidad de gases contaminantes y producen los gases de efecto invernadero, los cuales a largo plazo afectan la atmósfera del planeta, al perjudicar de manera trascendente a este, y en consecuencia el recalentamiento de la tierra:” (Factor Energia, 2021)

Figura 15: Energías Renovables



Fuente: (Factor Energía, 2021)

“En este mismo conjunto de fuentes de energías no renovables, se hallan las centrales nucleares, las cuales despiertan gran inquietud por el almacenamiento a extenso plazo de sus residuos, así como por la probabilidad de que se hagan accidentes que encaminen a la liberación de agentes y químicos radioactivos al ámbito.” (Twenergy, 2019)

A partir del párrafo anterior, se afecta el aire, el cual los seres vivos respiran; el agua, que es sustento y productor de energía o el suelo, al dejar a su paso tierras infértiles e incapaces de producir alimento.

“Igualmente, cada vez es más recurrente que los gobiernos de diferentes territorios comiencen a llevar a cabo reglas, mediadas y técnicas para el desarrollo de Energías renovables las cuales no fueron explotadas con anterioridad, como por ejemplo la eólica y solar, para auxiliar al medio ambiente y detener progresivamente el cambio climático, fenómeno mundial el cual perjudica a todos y todos los organismos vivos quienes habitan en la tierra.” (Twenergy, 2019)

## **Reducción de los costos energéticos**

La importancia radica en “Reducir los costos energéticos contribuye a mejorar la competitividad de las empresas, junto a una gestión eficiente y demás beneficios a las compañías. Así se desprende del libro Disminución de costes energéticos en la empresa editado por el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, donde se señala que la tendencia al alza del precio de la energía, así como las consecuencias medioambientales negativas asociadas a su consumo obligan cada vez más a las empresas a seguir estrategias de ahorro energético.” (Remica, 2018)

A partir del párrafo anterior, es necesario que las compañías realicen una auditoría energética la cual les permita ser conscientes del consumo energético, pues con el análisis del uso de la energía pueden implementar una medida de ahorro y eficiencia energética, la cual se adapte mejor a cada caso.

“También, en vez de utilizar combustibles fósiles para abastecer la energía de la compañía y perjudicar al medio ambiente, se debería de utilizar la electricidad generada a partir de Energías renovables, lo cual contribuye a ahorrar energía y cuidar el medio ambiente. Igualmente, por ejemplo, se podría implementar e instalar paneles solares fotovoltaicos en aquellos edificios que sea posible, los cuales son paneles solares térmicos o generadores para contribuir al autoconsumo eléctrico. Asimismo, aunque depende de cada caso, estas medidas pueden llegar a generar ahorros importantes.” (United Nations, S/F)

Figura 16: Reducción de los costos energéticos



Fuente: (Postgrado, 2017)

### **Incremento de costos en Energía eléctrica**

Según el incremento de costos en Energía eléctrica, “Guatemala es el país centroamericano que más energía eléctrica genera, de hecho, cada año tiene un importante excedente para exportar y se la vende a los países vecinos. Sin embargo.” (Caubilla, 2018), el costo de la electricidad se ha visto influenciado por los precios de los combustibles con grandes oscilaciones y tendencias al alza, problema el cual afecta y crea conflicto con los usuarios quienes consumen dicha energía:

“El Ministerio de Energía y Minas estipuló que la razón por la que los precios de la energía son altos se debe a que en Guatemala la tarifa social solo aplica para un segmento de la población mientras que en otros países el Estado es quien subsidia el consumo de energía generado por los habitantes.” (Caubilla, 2018)

Además, “se toma como referencia a la Empresa Eléctrica de Guatemala, tanto El Salvador como que Nicaragua, Honduras, Costa Rica y Panamá cuentan con tarifarios más económicos para los usuarios que en Guatemala.” (Caubilla, 2018), y únicamente Belice supera las tarifas guatemaltecas.

“De la misma manera, es importante revelar que en los últimos 25 años, la demanda de energía eléctrica en Guatemala ha presentado un crecimiento promedio sostenido de un 7% anual... durante el período 2008-2012, la demanda tubo una desaceleración en su crecimiento, asociada directamente con la crisis económica mundial que impactó en la economía nacional... En la actualidad, la demanda de potencia eléctrica reporta valores cercanos a los 1,500 MW, mientras que el parque generador guatemalteco posee una capacidad instalada cercana a los 2700 MW, lo que implica una sobreoferta, principalmente de centrales de generación térmica.” (Ministerio de Energía y Minas, 2013)

Del mismo modo, en virtud de lo anterior, se puede inferir que la demanda de la electricidad ha presentado un crecimiento potencial, pues los usuarios, a quienes se les brinda el servicio, han aumentado progresivamente.

“A partir del párrafo anterior, se puede evidenciar en los diferentes informes anuales que emite el Ministerio de Energía y Minas -MEM-, pues en el año 2010 se distribuían 3,927.20 GWh a 943,495 clientes” (Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., 2012); “mientras que ocho años después se distribuye la cantidad de 5,104.41 GWh a 1,265.41 clientes” (Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., 2019). Así, al considerar los datos estadísticos, se puede evidenciar el aumento de Energía eléctrica generada a través de los años; así como el crecimiento de los clientes a los cuales se les distribuye tal energía.

“También, como se mencionó anteriormente, el subsector de energía eléctrico residencial es el más grande, pues los usuarios utilizan diariamente una diversidad de

dispositivos electrónicos, los cuales utilizan grandes proporciones de electricidad, al originar como resultado la existencia de una mayor generación de electricidad y la distribución de esta posea una mayor amplitud, lo cual produce como consecuencia que los costos de este subsector sean elevados.” (Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., 2019)

Igualmente, “Guatemala cuenta con varios distribuidores de Energía eléctrica pero los del sector público; entiéndase la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A, Energuate y algunas Municipalidades; son los que poseen una actividad pasiva, dichas entidades compran la energía y, conjuntamente, con el gobierno, estipulan y establecen las tarifas las cuales se les van a imponer a los usuarios, al considerar el costo que dichas distribuidoras posean para generar la energía, transportarla y distribuirla.” (Comisión Nacional de Energía eléctrica, 2013)

“Asimismo, la Ley General de Electricidad contempla en el Título IV como se estipula, lo relativo al régimen de precios de la electricidad. Además, específicamente, a partir del Capítulo III de dicho Título se regula lo concerniente a las tarifas aplicables a consumidores finales. El Artículo 71, en su parte conducente, establece que:” (Comisión Nacional de Energía eléctrica, 2013)

“Las tarifas a consumidores finales de servicios de distribución final, en sus componentes de potencia y energía, serán calculadas por la Comisión como la suma del precio ponderado de todas las compras del distribuidor, referidas a la entrada de la red de distribución y del Valor Agregado de Distribución -VAD-.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2019)

Figura 17: VAD propuesto por la Empresa Eléctrica de Guatemala



Fuente: (Jiguan, 2018)

“A partir del párrafo anterior, se referencia que la tarifa final, la cual se les impondrá a los usuarios quienes gozan del servicio eléctrico, será impuesta por la Comisión al considerar la potencia, la energía y los demás gastos durante el proceso de generación, transporte y distribución de la Energía eléctrica. De la misma manera, el Artículo 77 establece que La metodología para la determinación de las tarifas será revisada por la Comisión cada cinco (5) años, durante la primera quincena de enero de año que corresponda.” (Comisión Nacional de Energía eléctrica, 2013)

“Según el párrafo anterior, sea cual fuere la tarifa impuesta por la Comisión, previo a los estudios necesarios para la estipulación de las tarifas, debe de ser revisada cada cinco años, y esta a su vez no puede ser susceptible de ajustes durante su período de vigencia, salvo si sus reajustes triplican el valor inicial.” (Comisión Nacional de Energía eléctrica, 2013)

“La Ley regula de forma general y brevemente lo relativo a los costos, mientras el Reglamento, específicamente el Título IV, establece disposiciones más amplias y específicas en cuanto a las tarifas que se deben de emplear y la forma en la cual estas deben de ser establecidas.” (Comisión Nacional de Energía eléctrica, 2013)

De la misma manera, a principios de este año, la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. emitió un boletín informativo, en el cual explicaba las razones por las cuales iba a variar las tarifas social y no social de Energía eléctrica de 4 y 6 centavos. Así, “las tarifas para el trimestre que comprende del 1 de febrero al 30 de abril, son de Q 1.16 KWh para la Social y de Q 1.23 kWh la no social.” (Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., 2019)

“Los inviernos secos siempre provocan este aumento en la tarifa de los primeros meses del año, sin embargo, en la actualidad EEGSA tiene tarifas competitivas derivado de la diversificación de su matriz energética en la que se incluyen otras fuentes renovables además del agua, así como la solar y eólica.” (Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., 2019)

A partir del párrafo anterior, se produce como resultado que exista una mayor competitividad entre las centrales generadoras de electricidad, pues al utilizar otra clase de fuente energética además del agua, se requiere un mayor costo por la tecnología necesaria para generar energía.

“Igualmente, al implementar nuevas técnicas y nuevos métodos para la utilización de las fuentes primarias, de las cuales Guatemala es privilegiada, se pueden disminuir los costos de la Energía eléctrica; así como empezar a contribuir con el medio ambiente, en virtud que, al utilizar una cantidad exuberante de combustibles fósiles, solo provocan un deterioro transcendental para el medio ambiente.” (Castro, 2006)

“Conforme el párrafo anterior, una ejemplificación son los diversos incentivos que hay para el desarrollo de proyectos de generación de energía, al usar el sol como fuente de energía; así como hay una normativa la cual beneficia el desarrollo de proyectos de Energía renovable, todo con el propósito de impulsar el Desarrollo Sustentable en el territorio.” (Castro, 2006)

Además, “El sol es la estrella más próxima a la tierra, es el lugar donde ocurren conversiones de tipo fusión nuclear.” (Ministerio de Energía y Minas, 2018), al generar como resultado energía radiante, la cual viaja en forma de ondas electromagnéticas en el espacio hasta llegar a la tierra de forma menos intensa que la original.

“El ser humano puede ser capaz de aprovechar dichas ondas que son generadas por el sol ya sea por fotosíntesis, base de la agricultura y la vida en general; por la conversión de tipo luminoso-térmico para transformarla en electricidad o indirectamente por medio de los vientos y de las diferencias de temperatura en las masas oceánicas.” (Landívar, 2018)

“De la misma manera, es posible establecer que la Energía solar es prácticamente un recurso inagotable a escala humana y disponibilidad de uso. Así, como consecuencia, la generación de Energía eléctrica por combustibles fósiles se disminuye significativamente, al igual que la necesidad de líneas de distribución, especialmente en zonas de baja densidad. Sin embargo, fue hasta el 2014 que inició la utilización del sol como fuente primaria para la generación de energía, pues en este año empezó a operar la primera central solar fotovoltaica llamada Central Solar Fotovoltaica SIBO, ubicada en el Municipio de Estanzuela del Departamento de Zacapa.” (Landívar, 2018)

“Del mismo modo, a partir del funcionamiento de dicha central solar, se crearon otras que se encuentran en el Sistema Nacional Interconectado, entre las cuales se pueden mencionar Horus I, Horus II, Granja Solar La Avellana, Granja Solar Taxisco, Granja Solar El Jobo, entre otras, las cuales están ubicadas principalmente en el Departamento de Santa Rosa.” (Landívar, 2018)

“También, y en consecuencia del aumento del uso de Energía renovable, el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Política Energética 2013-2027, promueve la inversión en el sector energético en proyectos de Energía renovable, con lo cual además de diversificarse la matriz de generación de energía, se verifican los precios de esta en el mediano y largo plazos.” (Landívar, 2018)

“Igualmente, dicha Política se encuentra respaldada por el Decreto 52-2003 del Congreso de la República; Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable; Acuerdo Gubernativo número 211-2005, del Presidente de la República; y el Reglamento de la Ley y la Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable y Usuarios Autoprodutores.” (Landívar, 2018)

“El Decreto 52-2003 del Congreso de la República, Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, consiste en el primer paso para el progreso y cuidar el medio ambiente; asimismo, posee por objeto promover el desarrollo de proyectos de Energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para tal efecto.” (Landívar, 2018)

### **Indicadores del incremento de costos energéticos**

Los indicadores más visibles del incremento en los costos de la energía eléctrica son aquellos factores que inciden directamente en la producción y distribución de esta, los

cuales, al momento de incrementar su costo, anuncian la proximidad de la subida de precios de la energía:

“La CNEE detalló que el alza (en la energía eléctrica) se debería a que los costos internacionales de los combustibles usados para la generación de energía se han aumentado, entre ellos el carbón, subió un 25 por ciento entre abril del 2018 y febrero de 2019. Además el dólar, que tiene una incidencia significativa porque los precios de suministro de energía se realizan en dicha moneda, subió un 5 por ciento entre enero de 2018 y marzo de 2019, argumentó. El crecimiento se debe, a la reducción de la generación hídrica por efectos de la estacionalidad del sistema de régimen de lluvias y los efectos de la sequía que viene perjudicando al territorio a partir del año pasado, mencionó.” (Emisoras Unidas, 2019)

“A partir del párrafo anterior, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica expresa que factores como el precio internacional del combustible, el incremento del valor del dólar y la reducción de la generación hídrica, influyen directamente en el costo de la Energía eléctrica, por lo cual el mantener estos factores controlados es vital para el sostenimiento de los costos.” (Emisoras Unidas, 2019)

Figura 18: Precio de la Gasolina en América Latina



Fuente: (ProEconómica, 2020)

## **Dependencia de consumo energético de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. -EEGSA-**

Además, en Guatemala existen dos empresas dedicadas a la producción y distribución de Energía eléctrica, de las cuales, la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. distribuye el servicio en los Departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla; mientras que el resto de los departamentos, son cubiertos por Energuate: “La distribuidora, hoy llamada Energuate (1,6 millones de clientes), la EEGSA cuenta con 1,2 millones de clientes que representan el 40% de los consumidores en el país y el 60% del consumo de energía.” (Álvarez, 2018)

“De la misma forma, pese a que geográficamente EEGSA cubre un territorio mucho menor, el porcentaje de cobertura de servicio es menor solo por pocos puntos de vista porcentuales, al brindar el servicio solo a 400,000 consumidores menos; aun de esta forma, el consumo de energía es más grande. Igualmente, lo anterior se relaciona de manera directa porque los departamentos atendidos por esta compañía son más bien catalogados como urbanos, por lo que, en su mayoría, las casas y construcciones cuentan con electricidad.” (Álvarez, 2018)

También, es importante resaltar que el servicio de alumbrado público es mucho más extenso en dichos departamentos que en los del área rural, por lo cual se explica ese nivel de consumo.

Figura 19: Servicio de alumbrado público



Fuente: (Bin, 2020)

### **Sistema eléctrico de red de distribución convencional**

Según el Sistema eléctrico de red de distribución convencional, es posible determinar que:

“La red eléctrica comienza en los lugares donde se crea la electricidad. Una vez generada la electricidad, ésta debe ser transmitida y distribuida a los consumidores. La red de instalaciones de transmisión y distribución forma la red eléctrica. Típicamente, la electricidad se transmite a un voltaje muy alto sobre las líneas eléctricas que salpican el campo. Cuanto mayor sea el voltaje, menor será la corriente necesaria para la misma cantidad de energía y, por tanto, menor pérdida de

electricidad. Cuando la electricidad llega a los vecindarios de los clientes, los transformadores convierten la electricidad de alto voltaje a una tensión más baja para su distribución a hogares y negocios.” (ShareAmerica, 2016)

“La electricidad viaja desde la planta de producción a través del cableado de alta tensión que se observa por los alrededores, y son pocos los lugares donde el cableado se realiza de forma subterránea. Así, debido al voltaje trasladado, se debe tratar el cableado con extremo cuidado. Igualmente, esta energía llega a los transformadores, los cuales adaptan el voltaje para el consumo en las viviendas y los edificios particulares.” (ShareAmerica, 2016)

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son: “Subestación de distribución: conjunto de elementos cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas. Entre ellos se encuentran: transformadores, interruptores, circuito primario. circuito secundario.” (coggle.it, 2019)

### **El sol como fuente de energía**

El sol es una estrella compuesta de gases y plasma indispensable para la vida humana tanto, para las personas como la fauna y flora en esta tierra. Por medio del sol obtenemos diversas fuentes de energía como la energía solar fotovoltaica que se aprovecha en los sistemas fotovoltaicos, la energía térmica que se puede aprovechar por medio de la radiación térmica en calentadores de agua solares y la química que es de suma importancia en el proceso de fotosíntesis en las plantas.

Figura 20: Conexión en serie de paneles solares



Fuente: (Blanca, 2021)

### **Energía eléctrica solar fotovoltaica**

“La energía solar fotovoltaica transforma de manera directa la luz solar en electricidad y emplea una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica (que conforman los paneles) se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, así genera corriente eléctrica. Existen tres tipos de paneles solares: fotovoltaicos, generadores de energía para las necesidades de los

hogares; térmicos, que se instalan en casas con recepción directa de sol; y termodinámicos, que funcionan a pesar de la variación meteorológica, es decir, aunque sea de noche, llueva o esté nublado.” (Energía solar fotovoltaica, 2019)

“La Energía fotovoltaica es una alternativa para la Energía de combustible fósil, a través del uso de un recurso altamente disponible, que anteriormente había sido desaprovechado, y ahora con la cantidad adecuada de celdas solares, se puede producir suficiente energía para alimentar una vivienda.” (Energía solar fotovoltaica, 2019)

Asimismo, “Este tipo de energía es inagotable y no contamina, por lo que contribuye al desarrollo sostenible. Esta puede ser utilizada de dos formas diferentes: vendiéndose a la red eléctrica o consumida en lugares aislados donde no existe una red eléctrica convencional.” (Energía solar fotovoltaica, 2019); y en Guatemala se ha utilizado este tipo de energía para alimentar viviendas en áreas rurales donde la distribución convencional no posee acceso.

“Los gastos de instalación y mantenimiento de los paneles solares, cuya vida eficaz media es superior a los 30 años, ha disminuido ostensiblemente en los últimos años, mientras se realiza la tecnología fotovoltaica. Necesita de una inversión inicial y de pequeños costos de operación, sin embargo, una vez instalado el sistema fotovoltaico, el combustible es gratuito y de por vida.” (Energía solar fotovoltaica, 2019)

Figura 21: Energía eléctrica solar fotovoltaica

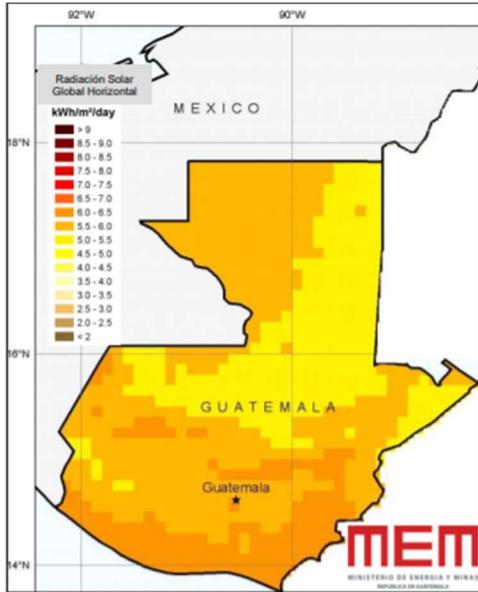


Fuente: (Energía Solar Fotovoltaica Aprende Facil, s.f.)

### **Energía solar en Guatemala**

“Guatemala está situado en una posición geográfica favorable para el aprovechamiento del recurso de los rayos del sol. El valor promedio anual de radiación solar global para todo el país es de 5.3 kWh/m<sup>2</sup> /día.” (Energia, 2018)

Figura 22: Mapa de potencial Solar



Fuente: (Energía, 2018)

“Guatemala cuenta con grandes centrales solares de generación de energía, por ejemplo, la central solar fotovoltaica SIBO, ubicada en el departamento de Zacapa; Granja Solar La Avellana, ubicada en el departamento de Santa Rosa; Proyecto Planta Fotovoltaica de 50 MW (Horus I), ubicada en el municipio de Chiquimulilla, entre otros.” (Energía, 2018)

Figura 23: Proyectos de Generación Solar Fotovoltaica, en operación

Proyecto	Ubicación	Capacidad efectiva, en MW
Central Solar Fotovoltaica SIBO	Estanzuela, Zacapa	5.0
Proyecto Planta Fotovoltaica de 50 MW (Horus I)	Chiquimulilla, Santa Rosa	50.0
Horus II	Chiquimulilla, Santa Rosa	30.0
Granja Solar La Avellana	Taxisco, Santa Rosa	1.0
Granja Solar Taxisco	Taxisco, Santa Rosa	1.5
Granja Solar El Jobo	Taxisco, Santa Rosa	1.0
Granja Solar Pedro de Alvarado	Moyuta, Jutiapa	1.5
Granja Solar Buena Vista	Jutiapa, Jutiapa	1.5
<b>Total</b>		<b>91.5</b>

Fuente: (Energía, 2018)

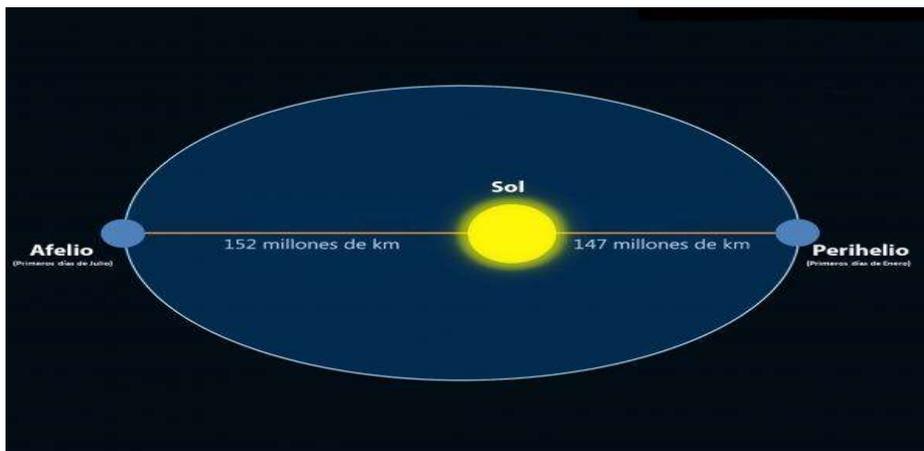
## Perihelio y Afelio Solar

La tierra y otros cuerpos del sistema solar giran alrededor del sol en un movimiento que se llama traslación, que dura 365 días, lo que equivale a un año. Durante ese trayecto hay un punto en donde está más cerca al sol, el cual se llama Perihelio; por otro lado, cuando la tierra está en su punto más lejos al sol se llama Afelio.

Cuando se implementan sistemas de energía solar, es importante tener en cuenta los conceptos descritos en el párrafo anterior, ya que, es vital conocer el punto más cercano de la tierra con respecto al sol, para orientar de una manera mas eficiente los paneles solares y así aprovechar la energía brindada por el sol.

“La Tierra y otros cuerpos del sistema solar orbitan al Sol en una trayectoria que no es circular sino elíptica, de modo su distancia a éste es variable, lo que significa que hay un punto de la trayectoria en que están más cerca del Sol (Perihelio) y otro en el que están más lejos (Afelio).” (Planetario de Montevideo, S/F)

Figura 24: Proyectos de Generación Solar Fotovoltaica, en operación



Fuente: (Planetario de Montevideo, S/F)

## **Sistema eléctrico solar fotovoltaico conectado a la red (On Grid)**

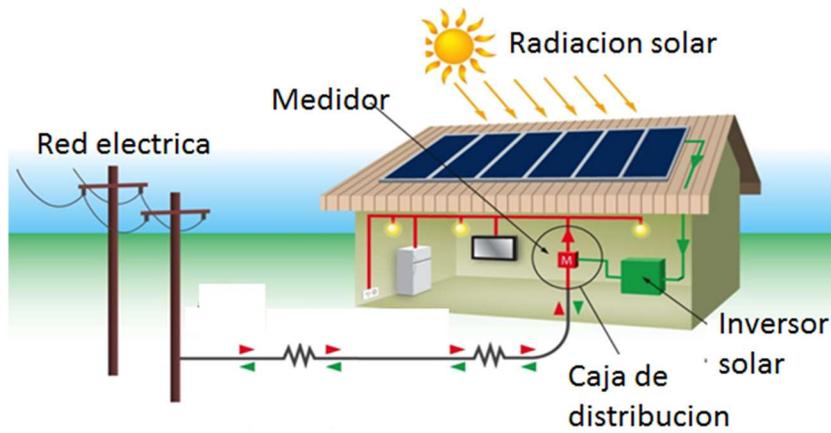
“Dentro de los beneficios potenciales de la energía fotovoltaica más importantes son: suavización de picos de demanda cuando existe cierto grado de coincidencia entre el perfil de generación fotovoltaica y el perfil de consumo del inmueble o alimentador. Alivio térmico a equipos de distribución, lo que implica también la posibilidad de postergar inversiones de capital para incrementar su capacidad o reemplazo. Disminución de pérdidas por transmisión y distribución. Soporte de voltaje en alimentadores de distribución.

El uso de energía solar no solo puede aplicarse a una vivienda autosustentable, si no también conectarse a una red que permitirá el ahorro de energía de venta.” (Renovaenergía S.A., 2020)

“En el caso de los sistemas fotovoltaicos ligados a la red, cuya principal aplicación se da en viviendas o edificaciones dentro de las zonas urbanas, los elementos conversores encargados de transformar la luz del sol en electricidad se instalan sobre el techo de las construcciones para proveer a éstos una mayor y mejor exposición a los rayos solares. En cuanto a la conexión eléctrica del sistema a la red, ésta se lleva a cabo a través de un inversor.” (Raúl González G., 2003)

“La red de Energía fotovoltaica tiende a ser más pequeña, pues las instalaciones más grandes, aplicadas en la actualidad, llegan a alimentar como máximo a un edificio, al poseer la limitante de que los paneles abarcan espacio, y si no se cuenta con el espacio adecuado, se limita el número de placas las cuales puedan instalarse.” (Raúl González G., 2003)

Figura 25: Sistema eléctrico de red de distribución solar fotovoltaica



Fuente: (A., Sopelia es la plataforma solar de América Latina., 2020)

### **Usuario Auto Productor**

“Un usuario Auto productor con Excedentes de Energía es el usuario del sistema de distribución que inyecta energía eléctrica a dicho sistema, producida por generación con fuentes de energía renovable, ubicada dentro de sus instalaciones de consumo, y que no recibe remuneración por dichos excedentes.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala, Centro América , 2019)

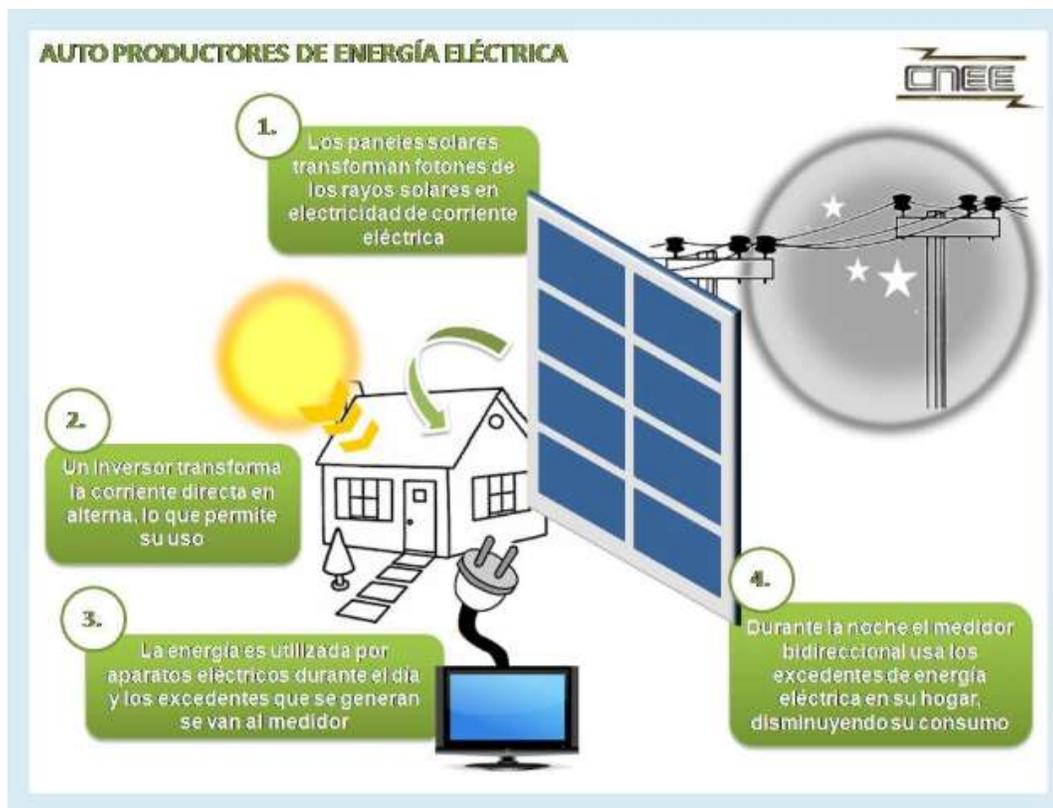
A partir del párrafo anterior, el usuario, a través de paneles solares instalados en su casa, aporta electricidad al disminuir el consumo de energía convencional y, por lo tanto, reduce el costo de este.

“Además, a partir de la Energía renovable la Norma Técnica para la Conexión, Operación, Control y Comercialización de la Generación Distribuida Renovable (NTGDR) y Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía establece las disposiciones generales que deben cumplir los Generadores Distribuidos Renovables y los Distribuidores para la conexión, operación, control y comercialización de

energía eléctrica producida con fuentes renovables.” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala, Centro América , 2019)

De la misma manera, la siguiente imagen se muestra cómo funciona el ser un Usuario Auto productor, lo cual crea grandes ventajas, sobre todo económicas.

Figura 26: Auto productores de energía eléctrica



Fuente: (CNEE, 2014)

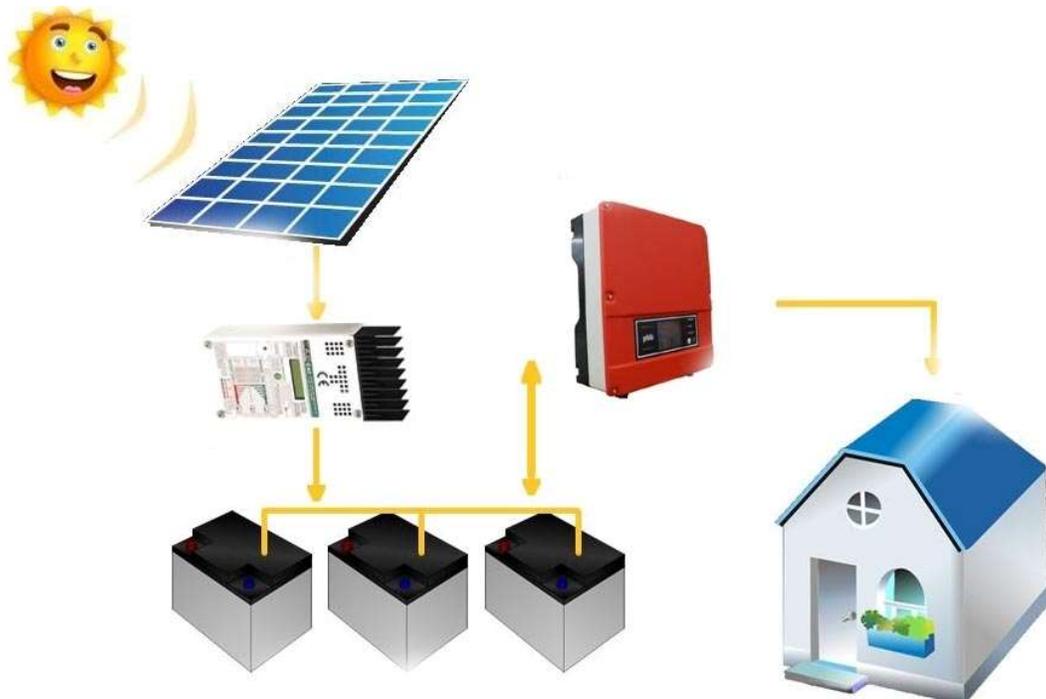
## Sistema eléctrico solar fotovoltaico aislado de la red (Off grid)

El sistema Off grid hace referencia a un sistema solar fotovoltaico aislado de la red eléctrica convencional. Estos tipos de sistemas fotovoltaicos se componen de los siguientes elementos: paneles solares, inversores, bancos de baterías, cableado, etc.

La manera en que funciona el sistema es la siguiente:

Los paneles solares captan la energía solar, transformándola en corriente directa, la cual carga un banco de baterías y ésta envía la corriente hacia un inversor, el cual transforma la corriente directa en corriente alterna para que pueda distribuirse en todo el lugar.

Figura 27: Sistema eléctrico solar fotovoltaico aislado



Fuente: (Solare, 2021)

## **Descripción de componentes del Sistema Solar Fotovoltaico**

### **Paneles Solares Fotovoltaico:**

“Los paneles solares, son planchas cristalinas, cuya función principal es la captación de los rayos del sol para generar electricidad por medio de la radiación solar, están compuestos por células fotovoltaicas de silicio, que permite transformar la energía lumínica en energía eléctrica.” (Autosolar Energy Solutions, 2021)

Existen diferentes tipos de paneles solares fotovoltaicos, que se clasifican según su composición, los cuales se describen a continuación:

### **Paneles solares monocristalinos:**

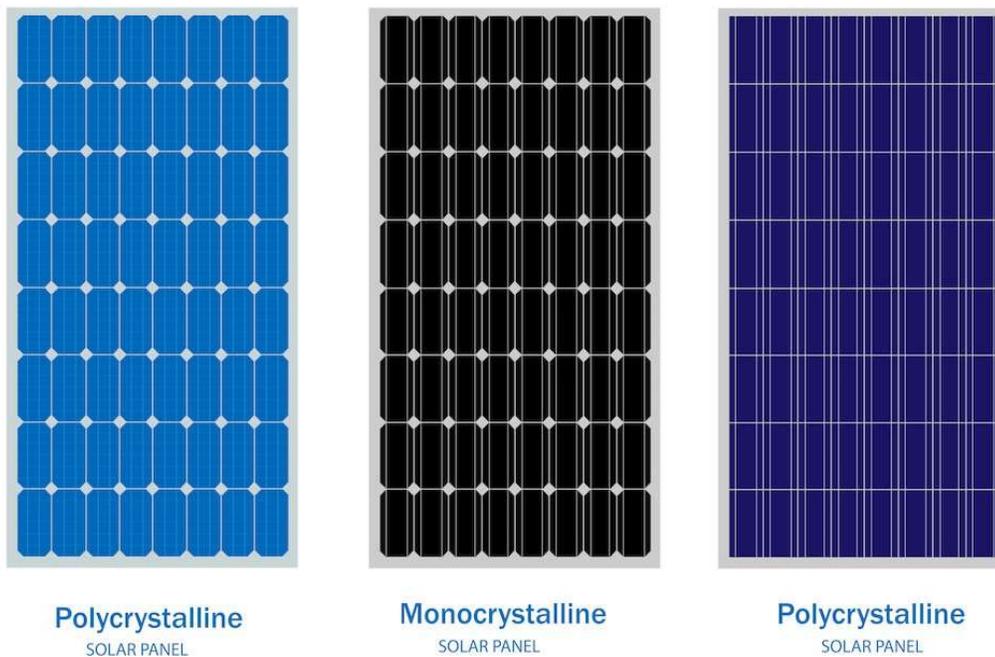
“Tienen mayor rendimiento, se utilizan cuando no se dispone de mucha superficie para instalar paneles fotovoltaicos. Con el uso de estos paneles podemos conseguir mayor potencia con la misma superficie ocupada. su vida útil también es mayor que la de los paneles policristalinos y tienen mejores valores de producción con radiación difusa.” (artesolarf, 2020)

### **Paneles solares policristalinos:**

“A diferencia de las monocristalinas, éstas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio y presenta una mayor heterogeneidad. Este tipo de fabricación es más económica que la del silicio monocristalino, pero reduce ligeramente la eficiencia de las células.” (artesolarf, 2020)

“La principal diferencia entre ambos es la pureza del silicio, lo que al final se traduce en una disparidad reseñable en el rendimiento que obtendremos de ambos paneles solares para el autoconsumo.” (SotySolar, 2021)

Figura 28: Sistema eléctrico solar fotovoltaico aislado



Fuente: (ecoinvento, 2021)

### **Tipos de arreglos de paneles solares:**

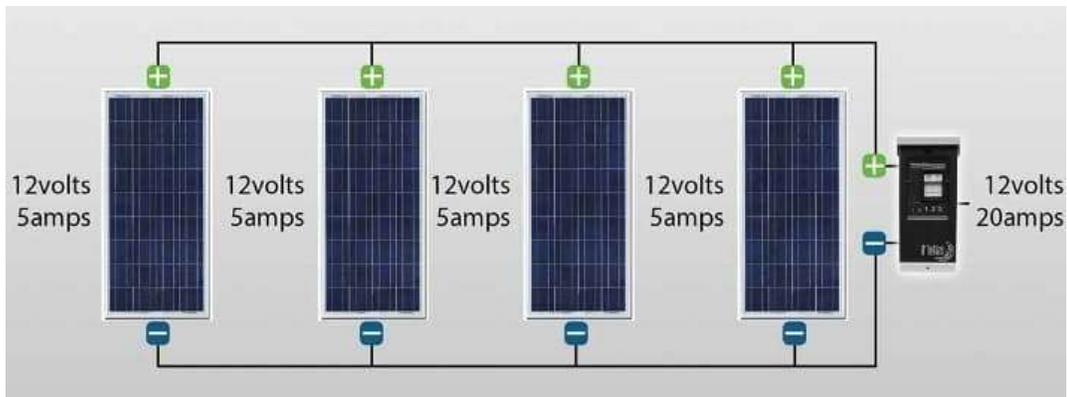
Existen 2 tipos de arreglos de paneles solares en un sistema solar fotovoltaico, los cuales se utilizan según las necesidades en cuanto a potencia y tensión requerido.

### **Conexión en paralelo de paneles solares:**

“en este tipo de conexión se agrupan todos los polos positivos de las placas de los paneles solares y por otro lado se agrupan todos los polos negativos de los paneles

solares, esto con el fin de sumar el amperaje (amperios) y no afectar la tensión (voltios).” (Damia Solar Electrosol Energia S.L., 2016)

Figura 29: Conexión en paralelo de paneles solares

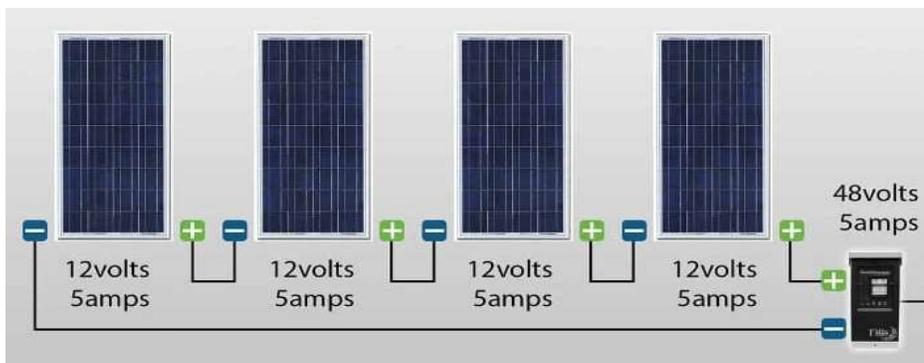


Fuente: (mipanel solar, 2020)

### Conexión en serie de paneles solares:

“Se debe conectar el positivo de un panel solar al negativo del otro, realizando esta acción sucesivamente hasta tener en un extremo el positivo y en el otro el negativo., esto con el fin de sumar las tensiones (voltios) y no afectar el amperaje (amperios).” (Damia Solar Electrosol Energia S.L., 2016)

Figura 30: Conexión en serie de paneles solares



Fuente: (mipanel solar, 2020)

### **Inversores:**

“Los inversores se utilizan para convertir voltajes de 12 o 24 voltios (corriente directa) a voltajes de 120 o 220 (corriente alterna) para encender aparatos eléctricos del hogar, se emplean en sistemas solares fotovoltaicos.” (Portillo, 2018)

Figura 31: Inversor de corriente directa a corriente alterna

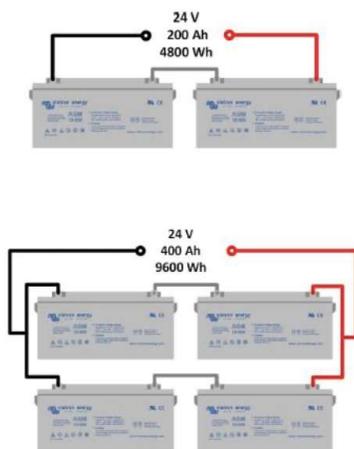


Fuente: (Portillo, 2018)

### **Banco de baterías:**

“En los sistemas solares fotovoltaicos aislados a la red convencional se utilizan baterías o banco de baterías de ciclo profundo dependiendo de la demanda requerida por el sistema.” (Fernandez, 2021)

Figura 32: Banco de baterías de ciclo profundo



Fuente: (Fernandez, 2021)

## **Técnicas para implementación de Sistema de Energía eléctrica solar fotovoltaica**

Según el Sistema de Energía eléctrica solar fotovoltaica, se crearon dos maneras relevantes de implementar este. La primera:

“Centrales fotovoltaicas y huertos solares: recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido una sociedad, etc. Cada instalación tiene su propietario y todas ellas se ubican en el mismo lugar.” (Unidad I Componentes de una instalación solar fotovoltaica)

Según el párrafo anterior, la unión de un grupo de personas quienes se unen para colocar paneles solares no solo ahorra recursos al ampliar la cantidad de placas y, por tanto, la cobertura de la energía; sino también pueden vender esa energía y convertirla en un negocio rentable.

La segunda manera es a través de los edificios fotovoltaicos:

“Es una de las últimas aplicaciones desarrolladas para el uso de la energía fotovoltaica. La rápida evolución en los productos de este tipo ha permitido el uso de los módulos como material constructivo en cerramientos, cubiertas y fachadas de gran valor visual. Además, la energía fotovoltaica es el sistema de energías renovables más adecuado para la generación de electricidad en zonas urbanas sin provocar efectos ambientales adversos. La integración arquitectónica consiste en combinar la doble función, como elemento constructivo y como productor de electricidad, de los módulos fotovoltaicos.” (Unidad I Componentes de una instalación solar fotovoltaica)

“Del mismo modo, dicha técnica se ha implementado en la actualidad, principalmente en edificios de entidades bancarias que buscan ser más eficientes y amigables con el

ambiente, y además reducir los costos de estas.” (Unidad I Componentes de una instalación solar fotovoltaica)

## **Energía solar**

El sol es una estrella compuesta de gases y plasma indispensable para la vida humana tanto, para las personas como la fauna y flora en esta tierra. Por medio del sol obtenemos diversas fuentes de energía como la energía solar fotovoltaica que se aprovecha en los sistemas fotovoltaicos, la energía térmica que se puede aprovechar por medio de la radiación térmica en calentadores de agua solares y la química que es de suma importancia en el proceso de fotosíntesis en las plantas.

Figura 33: Conexión en serie de paneles solares



Fuente: (Blanca, 2021)

## **Marco Legal para el uso de Energías renovables en Guatemala**

Según el Marco Legal, en Guatemala, el uso de Energías renovables es incentivado por la Legislación descrita a continuación:

“El Decreto número 52-2003 del Congreso de la República de Guatemala, nombrado la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto.” (Ministerio de Energía y Minas DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA, 2005)

El Acuerdo Gubernativo no. 211-2005, nombrado Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, “tiene por objeto desarrollar los preceptos normativos de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable y asegurar las condiciones adecuadas para la calificación y aplicación concreta de los incentivos establecidos en la indicada Ley.” (Ministerio de Energía y Minas DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA, 2005)

### III. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “El incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (personal de los Departamentos de: Compras, y, Contabilidad) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica censal por medio de la población finita cualitativa, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

La segunda población de estudio (técnicos el departamento de Mantenimiento) se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto, se trabajó con 21 personas de los departamentos citados para la comprobación de la variable efecto; para responder causa, se identificaron a 8 técnicos del Departamento de Mantenimiento.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

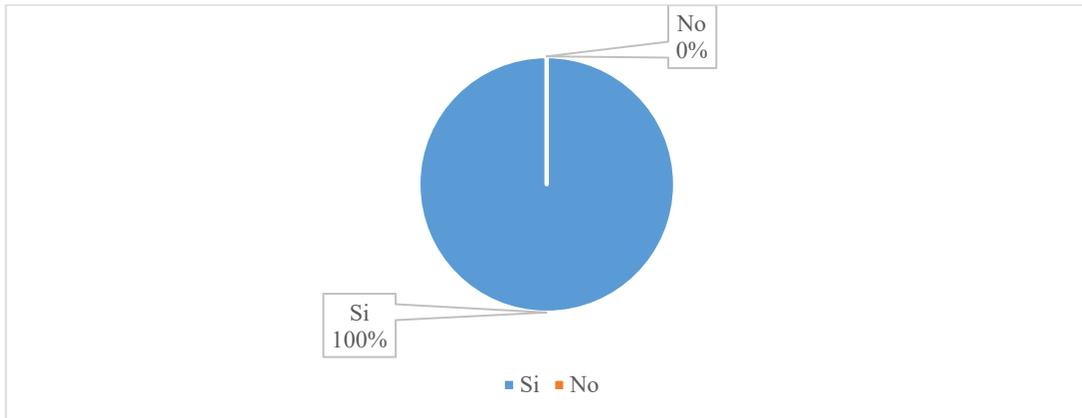
### 3.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto)

**Cuadro 1: Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	21	100
No	0	0
Totales	21	100

Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

**Gráfica 1: Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante.**



Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

#### **Análisis**

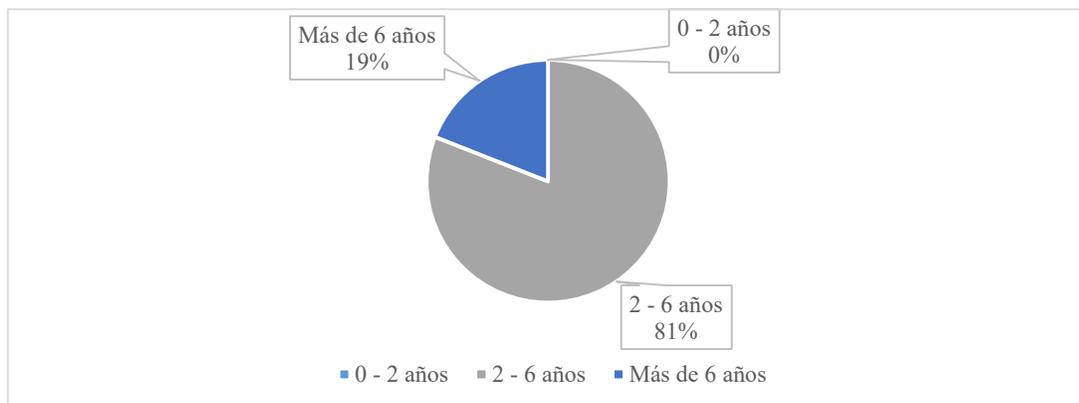
El efecto se confirma mediante la opinión del total de los encuestados, al indicar que si se reporta incremento en costos de consumo energético del edificio de Atención al Migrante; mientras que ninguno de ellos, afirma la situación contraria.

**Cuadro 2: Tiempo en que se ha notado incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 - 2 años	0	0
2 - 6 años	17	81
Más de 6 años	4	19
Totales	21	100

Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

**Gráfica 2: Tiempo en que se ha notado incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante**



Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

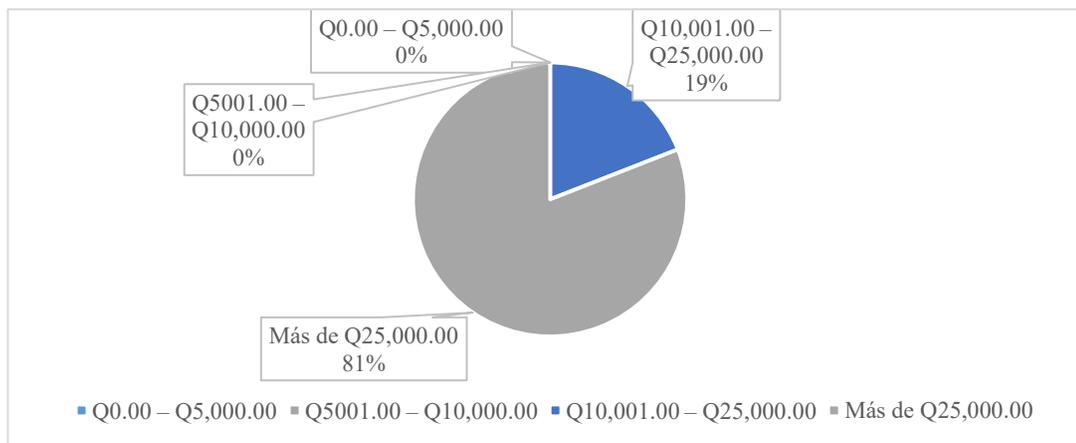
**Análisis:** De acuerdo con los resultados de la encuesta, 17 de los encuestados opinaron que han notado un incremento de costos de consumo energético en un periodo de 2 a 6 años; por otro lado, 4 encuestados opinaron que el consumo energético lleva más de 6 años de incremento; al contrario, ninguno de los encuestados opinó que existe un incremento en los costos energéticos en un periodo menor a 2 años.

**Cuadro 3: Reporte del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante, en el último año**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Q0.00 – Q5,000.00	0	0
Q5001.00 – Q10,000.00	0	0
Q10,001.00 – Q25,000.00	4	19
Más de Q25,000.00	17	81
Totales	21	100

Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

**Gráfica 3: Reporte del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante, en el último año.**



Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

### Análisis

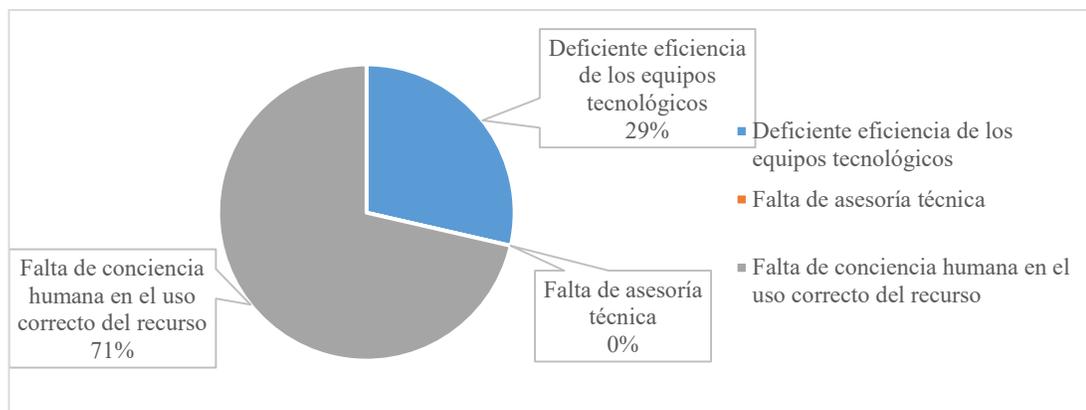
De acuerdo a la opinión de 17 de los entrevistados se ha incrementado más de Q25,000.00 y 4 personas dijeron que entre los Q10,001.00 a los Q25,000.00

**Cuadro 4: Causa del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Deficiente eficiencia de los equipos tecnológicos	6	28.6
Falta de asesoría técnica	0	0
Falta de conciencia humana en el uso correcto del recurso	15	71.4
Totales	21	100

Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

**Gráfica 4: Causa del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante**



Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

### **Análisis**

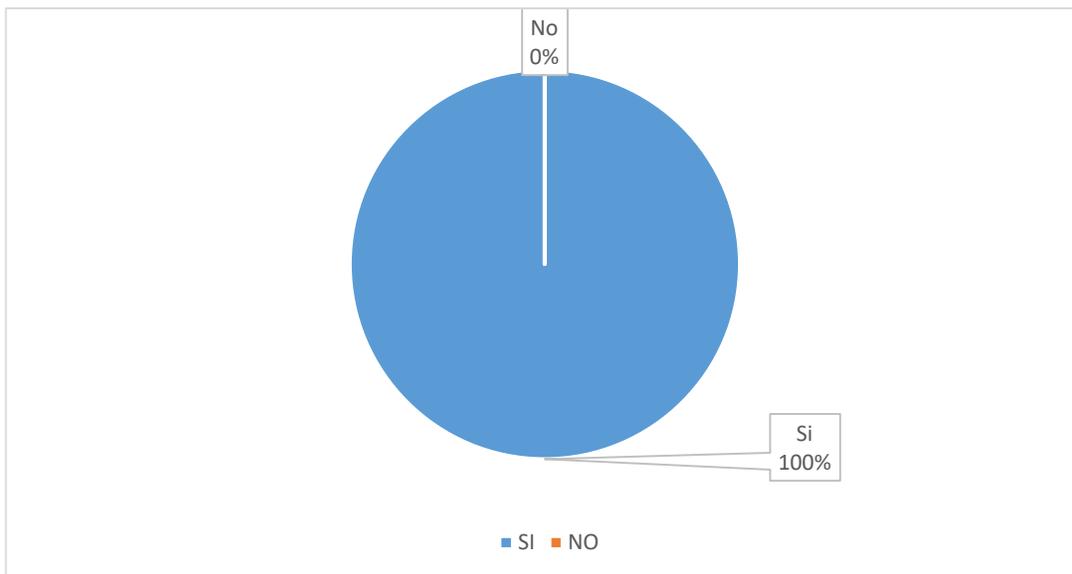
De acuerdo con la opinión de 15 de los entrevistados, la principal causa es la falta de conciencia humana en el uso correcto del recurso, 6 opinan que es la deficiente eficiencia de los equipos tecnológicos, por otro lado nadie dijo que es por falta de asesoría técnica.

**Cuadro 5: Reducción de costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	21	100
No	0	0
Totales	21	100

Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

**Grafico 5: Reducción de costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante**



Fuente: Personal del Departamento de Compras y Contabilidad encuestados, Julio 2020

**Análisis**

El efecto se confirma mediante la opinión del total de los encuestados, al indicar que si se pueden disminuir los costos de consumo energético del edificio de Atención al Migrante; mientras que ninguno de ellos, afirma la situación contraria.

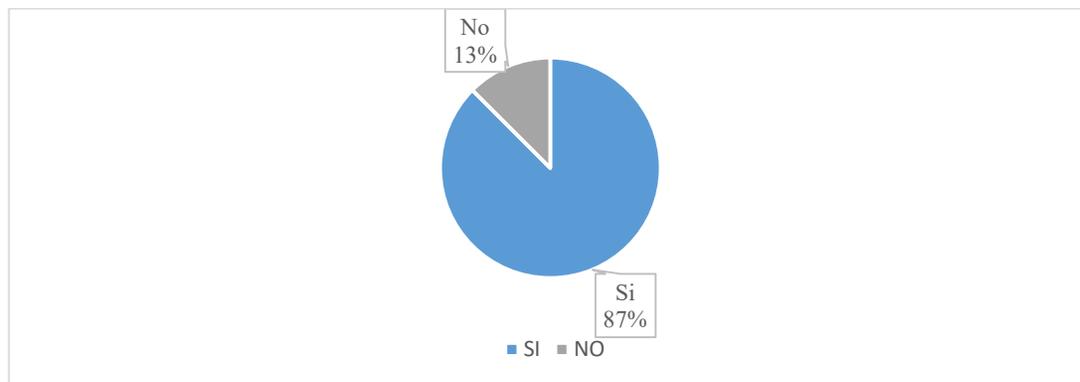
### 3.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente x (causa).

**Cuadro 6: Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	7	87.5
No	1	12.5
Totales	8	100

Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Gráfico 6: Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores.**



Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

#### **Análisis**

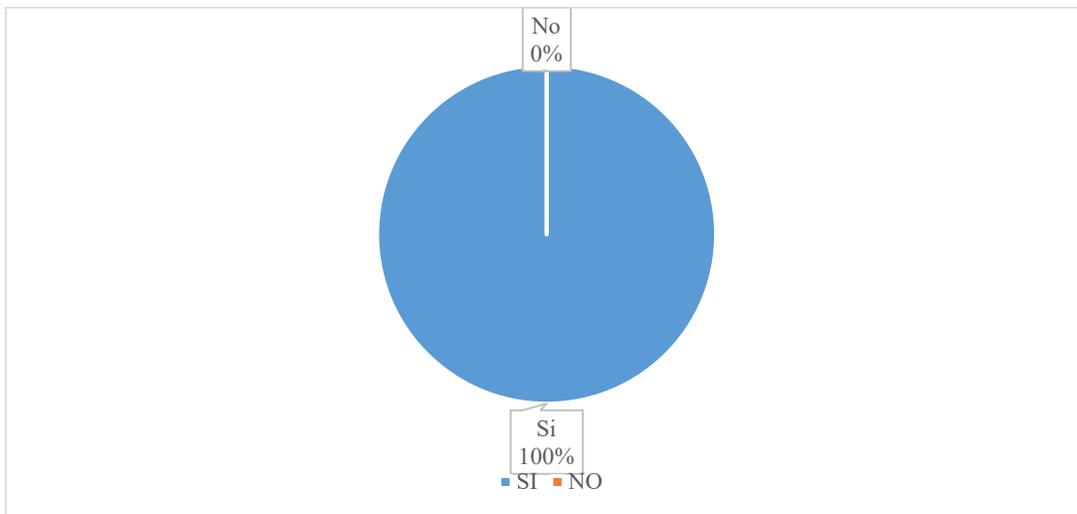
De acuerdo con la opinión de la mayoría de los entrevistados, se tiene plan para la implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor, la mínima parte dice que no.

**Cuadro 7: Necesidad de implementar el plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	8	100
No	0	0
Totales	8	100

Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Grafico 7: Necesidad de implementar el plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores**



Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Análisis**

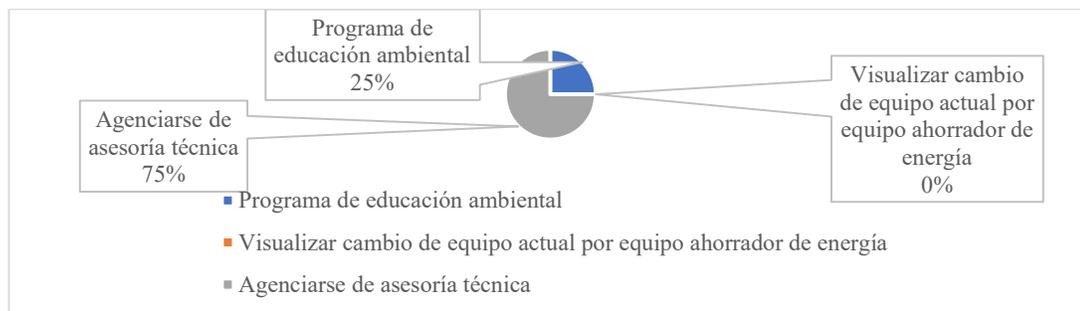
La totalidad de los encuestados manifestó la necesidad de implementar el plan de un sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como usuario autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante.

**Cuadro 8: Acciones a contemplar al momento de implementar el sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Programa de educación ambiental	2	25
Visualizar cambio de equipo actual por equipo ahorrador de energía	0	0
Agenciarse de asesoría técnica	6	75
Totales	8	100

Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Gráfico 8: Acciones a contemplar al momento de implementar el sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores**



Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Análisis**

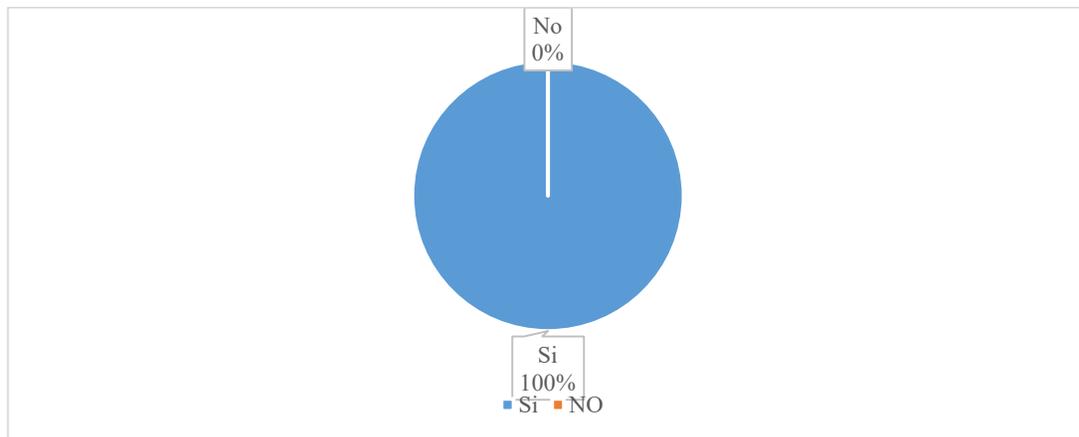
6 de los encuestados indican que deben Agenciarse de asesoría técnica, mientras que 2 de los encuestados indican que se necesita un programa de educación ambiental, por otro lado, nadie indica que se necesita visualizar el cambio de equipo actual por equipo ahorrador de energía.

**Cuadro 9: La falta de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante, afecta negativamente en el consumo energético.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	8	100
No	0	0
Totales	8	100

Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Gráfico 9: La falta de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante, afecta negativamente en el consumo energético.**



Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

### **Análisis**

Todos los trabajadores del edificio de Atención al Migrante, indicaron que la falta de un plan para implementar un sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica afecta negativamente en el consumo energético, mientras que nadie expresa lo contrario

**Cuadro 10: Implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	8	100
No	0	0
Totales	8	100

Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Gráfico 10: Implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores**



Fuente: Personal del Departamento de Mantenimiento, Julio 2020

**Análisis**

Todos los trabajadores están conscientes que debe implementarse un sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como usuario autoprodutor en el edificio de atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **IV.1 Conclusiones**

El presente trabajo trató acerca de exponer varios análisis referentes al incremento en el costo del consumo de la energía eléctrica en el edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, luego cada análisis generó una recomendación correspondiente, la idea principal gira en torno al uso de las energías renovables en sustitución de la forma tradicional de abastecerse de este servicio tan importante de consumo masivo, imprescindible para la realización de la mayoría de las actividades.

1. Se comprueba la hipótesis: “El incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor”. Se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (personal de los Departamentos de: Compras, y, Contabilidad) se direccionó a obtener información sobre el efecto con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error para las 2 variables del árbol de problemas.
2. Existe incremento del costo de consumo energético derivado a que aún no se cuenta con la implementación de un sistema solar fotovoltaico.
3. Existe aumento constante en el incremento de costos de consumo energético en un periodo mayor a 6 años, lo cual nos demuestra que la causa del problema es algo reincidente a través de los años y que tiene una tendencia al alza.

4. De acuerdo con el criterio de los entrevistados, existe un incremento en el costo del consumo energético a más de Q25,000.00 en el último año, lo que evidencia la necesidad de la implementación de un plan energético.
5. Según el criterio de las personas entrevistadas se puede determinar que la principal causa del aumento de energía eléctrica podría derivarse al uso inadecuado de los equipos tecnológicos afectando así en el incremento del costo de la energía.
6. La totalidad de las personas están de acuerdo con que existen métodos para poder disminuir el costo de consumo energético; sin embargo, en la actualidad no existe ninguna política interna para realizar los cambios necesarios.
7. La mayoría de los encuestados tienen conocimiento de la existencia de un plan para la implementación de energía solar fotovoltaica; sin embargo, al momento no se ha ejecutado.
8. Bajo el criterio de la totalidad de los encuestados existe la necesidad de implementar un plan de energía solar fotovoltaica, lo cual evidencia que el problema se encuentra latente.
9. Según los encuestados, es de vital importancia la adquisición de asesoría técnica como acción prioritaria; así mismo, la implementación de proyectos de educación ambiental, ya que no se cuenta con los mismos.
10. Los resultados de la encuesta evidencian que las personas están conscientes que la falta de implementación de plan de energía solar fotovoltaica, afectan negativamente los costos de consumo energético.
11. A pesar de que existe dentro de la planificación la implementación de un plan para un sistema solar fotovoltaico, al momento no se ha podido ejecutar derivado a los tiempos de programación anual.

## **IV.2 Recomendaciones.**

1. Implementar el plan de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10 ciudad de Guatemala, Guatemala.
2. Evaluar el impacto en la reducción de costos derivado de la implementación del plan de energía solar fotovoltaico.
3. Establecer planificación a largo plazo, para dar mantenimiento periódicamente a los equipos implementados, para que el proyecto sea sustentable a través del tiempo.
4. Reducir el costo de consumo energético anualmente.
5. Implementar campañas de concientización para fomentar el uso adecuado de los equipos tecnológicos en los trabajadores.
6. Regular mediante políticas internas metodologías para disminuir el costo de consumo energético.
7. Dar a conocer los avances de los procesos de la implementación de energía solar fotovoltaica. Efectuar el plan para la implementación de energía solar fotovoltaica.
8. Implementar un plan de energía solar fotovoltaica, evaluar la viabilidad y buscar financiamiento, y formar un equipo de trabajo dedicado para garantizar el éxito del proyecto.
9. Adquirir asesoría técnica y un proyecto de educación ambiental para el personal.
10. Implementar el plan de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor
11. Gestionar con las autoridades correspondientes los trámites necesarios para su implementación

## BIBLIOGRAFÍA

1. A. (14 de 12 de 2019). *La física y química*. Obtenido de <https://lafisicayquimica.com/comodibujar-diagramas-de-circuito-electrico/>
2. A. (09 de 11 de 2020). *Sopelia es la plataforma solar de América Latina*. Obtenido de <https://www.energiasolar.lat/dimensionado-de-un-sistema-fv-conectado-a-red/>
3. A. (16 de 4 de 2021). *Areaciencias*. Obtenido de Principio de Conservación de la Energía: <https://www.areaciencias.com/fisica/principio-de-conservacion-de-la-energia/>
4. *acciona.com*. (2019). Obtenido de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
5. Aga, R. (21 de 01 de 2019). *Fundación Novia Salcedo*. Obtenido de <https://www.noviasalcedo.es/la-energia-un-bien-esencial-y-universal/>
6. Alfaro, O. (2013). *Centrales hidroeléctricas de pequeña escala*. Guatemala: Tritón Imagen & Comunicaciones.
7. Álvarez, L. (2018). *estrategiaynegocios.net*. Obtenido de <https://www.estrategiaynegocios.net/centroamericaymundo/1202664-330/guatemala-el-gran-productor-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-de-la-regi%C3%B3n>
8. artesolarf. (10 de 03 de 2020). <https://www.artesolarfotovoltaica.com/>. Obtenido de <https://www.artesolarfotovoltaica.com/diferencias-entre-monocristalinos-y-policristalinos/>

9. Asociación de Academias de la Lengua Española. (2019). *Diccionario de la Real Academia Española*. (A. d. Española, Editor) Obtenido de dle.rae.es: <https://dle.rae.es/?id=FGD8otZ>
10. Autosolar Energy Solutions. (15 de 07 de 2021). *autosolar*. Obtenido de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>
11. Bin, H. (27 de 02 de 2020). <http://concritorio.gt/>. Obtenido de <http://concritorio.gt/el-congreso-esta-a-un-paso-de-regular-el-cobro-de-alumbrado-publico/>
12. Blanca. (07 de 06 de 2021). *Erenovable.com*. Obtenido de <https://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
13. Castro, E. d. (06 de 2006). [glifos.senacyt.gob.gt](http://glifos.senacyt.gob.gt). Obtenido de <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202004.08.pdf>
14. Caubilla, R. (06 de febrero de 2018). *¿Por qué es más cara la "luz" en Guatemala que en otros países?* Obtenido de soy502.com: <https://www.soy502.com/articulo/guatemala-no-tiene-tarifa-electrica-mas-baja-region-31313>
15. CNEE. (2014). *Auto productores de energía eléctrica*. GUATEMALA.
16. *coggle.it*. (2019). Obtenido de <https://coggle.it/diagram/W6VA2BiXxmrv1fB/t/1%C3%ADneas-de-sub-transmisi%C3%B3n%2C-las-las-protecciones-el%C3%A9ctricas>
17. Colino Martínez, A., & Caro, R. (s.f.). *Sistemas de Generación Eléctrica*. Obtenido de [dialnet.unirioja.es](https://dialnet.unirioja.es): <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4548653.pdf>
18. Comisión Nacional de Energía eléctrica. (08 de 2013). *Marco Legal del Sub Sector*. Obtenido de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco->

legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLA  
MENTOS.pdf

19. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2015). *Mercado de energía eléctrica*. Obtenido de [cnee.gob.gt](http://www.cnee.gob.gt):  
<http://www.cnee.gob.gt/pdf/informacion/GuiadelInversionista2015.pdf>
20. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (28 de 11 de 2019). Obtenido de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2019/CNEE%20265%202019.pdf>
21. Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala, Centro América . (2019). *Autoproductores*. Obtenido de [http://www.cnee.gob.gt/wp/?page\\_id=1746](http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=1746)
22. Damia Solar Electrosol Energia S.L. (2016). *damiasolar.com*. Obtenido de [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo_1)
23. Depositphotos, I. (28 de 08 de 2021). *Depositphotos*. Obtenido de <https://sp.depositphotos.com/347788878/stock-illustration-energy-sources-vector-illustration-collection.html>
24. ecoinvento. (14 de 07 de 2021). *ecoinventos.com*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/diferencia-paneles-solares-monocristalinos-policristalinos/>
25. eléctrica, D. d. (08 de 12 de 2020). *P. Juridica*. Obtenido de <https://www.prensajuridica.com/details/item/2839-disposiciones-de-la-creg-sobre-la-conexi%C3%B3n-de-autogeneraci%C3%B3n-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica.html>
26. ELÉCTRICOS, T. -S. (17 de 09 de 2021). *TOMi.digital*. Obtenido de [https://tomi.digital/en/73035/sistemas-tecnologicos-electricos?utm\\_source=google&utm\\_medium=seo](https://tomi.digital/en/73035/sistemas-tecnologicos-electricos?utm_source=google&utm_medium=seo)

27. Emisoras Unidas. (29 de 4 de 2019). *emisorasunidas.com*. Obtenido de <https://emisorasunidas.com/2019/04/29/anuncian-incremento-tarifa-energia-guatemala-lluvias/>
28. Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (21 de marzo de 2012). *Informe Anual 2011*. Obtenido de *eegsa.com.gt*: <https://eegsa.com/wp-content/uploads/2016/04/Informe-Anual-EEGSA-2011.pdf>
29. Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (enero de 2019). *Varían las tarifas de EEGSA*. Obtenido de *eegsa.com*: [https://eegsa.com/wp-content/uploads/2019/01/Boletín-EEGSA-Ajuste-Tarifario-Febrero-marzo-y-abril-2019\\_010219.pdf](https://eegsa.com/wp-content/uploads/2019/01/Boletín-EEGSA-Ajuste-Tarifario-Febrero-marzo-y-abril-2019_010219.pdf)
30. Endesa. (2021). *fundacionendesa*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/que-es-la-energia>
31. Endesa. (2021). *fundacionendesa.org*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/transporte-de-electricidad>
32. Endesa. (2021). *fundacionendesa.org/*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/historia-de-la-electricidad>
33. Endesa, C. D. (21 de 06 de 2021). *Endesa*. Obtenido de <https://www.endesa.com/es/conoce-la-energia/energia-y-mas/como-se-genera-electricidad>
34. *Energía Solar Fotovoltaica Aprende Fácil*. (s.f.). Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/energia-solar-fotovoltaica.htm>

35. Energia, D. G. (23 de 05 de 2018). Obtenido de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>
36. Factor Energia. (26 de 06 de 2021). *factorenergia.com*. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>
37. Fernandez, A. (06 de 02 de 2021). *fesatsolar.com*. Obtenido de <https://www.fesatsolar.com/post/arreglos-en-serie-o-paralelo-para-baterias-de-ciclo-profundo>
38. Flores, G. (02 de 10 de 2020). *Aura Energia*. Obtenido de <https://www.aura-energia.com/tipos-de-centrales-electricas-en-espana/>
39. Foro Transporte de Energía Eléctrica en Guatemala. (07 de 04 de 2021). *forotee.com.gt*. Obtenido de <https://forotee.com.gt/noticias/como-funciona-el-sistema-de-energia-electrica-en-guatemala-trecsa/>
40. González González-Tejina, A. (septiembre de 2018). *Cuaderno de trabajo de Tecnologías, 3ro ESO*. Obtenido de [aprendemostecnologia.org: https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2018/09/cuaderno-de-tecnologia-3eso.pdf](https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2018/09/cuaderno-de-tecnologia-3eso.pdf)
41. INDE. (2021). *inde.gob.gt*. Obtenido de <http://www.inde.gob.gt/blogs/evolucion-de-la-electricidad-en-guatemala/>
42. Jiguan, B. (14 de 04 de 2018). *dca.gob.gt*.
43. Landívar, n. d. (06 de 2018). *infoiarna.org.gt*. Obtenido de <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2019/03/Perfil-Energetico-de-Guatemala.pdf>

44. López, C. (04 de agosto de 2008). *El coste energético de la producción de energía*. Obtenido de gtd.es: <https://www.gtd.es/es/blog/el-coste-energetico-de-la-produccion-de-energia>
45. Lopez, C. (17 de 06 de 2008). *Elpais.com*. Obtenido de [https://elpais.com/diario/2008/06/18/opinion/1213740004\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2008/06/18/opinion/1213740004_850215.html)
46. *mheducation.es*. (s.f.). Obtenido de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
47. Ministerio de Energía y Minas. (febrero de 2013). *Política Energética 2013-2027*. Obtenido de mem.gob.gt: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2013/02/PE2013-2027.pdf>
48. Ministerio de Energía y Minas. (24 de julio de 2017). *Subsector Eléctrico en Guatemala*. Obtenido de mem.gob.gt: <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Subsector-Eléctrico-en-Guatemala.pdf>
49. Ministerio de Energía y Minas. (23 de mayo de 2018). *Energía Solar en Guatemala*. Obtenido de mem.gob.gt: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energía-Solar-en-Guatemala.pdf>
50. Ministerio de Energía y Minas. (noviembre de 2018). *Política Energética 2019-2050*. Obtenido de mem.gob.gt: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/11/Política-Energética-2019-2050.pdf>
51. Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Objetivos y Funciones*. Obtenido de mem.gob.gt: <http://www.mem.gob.gt/quienes-somos/objetivos-y-funciones/>
52. Ministerio de Energía y Minas DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA. (22 de julio de 2005). *Decreto Número 52-2003, Acuerdo Gubernativo No. 211-2005*. Obtenido de <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Decreto-y-Acuerdo->

Gubernativo.pdf?\_\_cf\_chl\_jschl\_tk\_\_=662802d23c5ca12f16dc07dbcd666f2  
bf9c4e2d1-1587405833-0-  
Abqpykb76\_SGGSV9X3jBXaSJyMkqTyAlhRC5UjGxXj4vFd8frk6Zq8TUE  
d5HP3rPOutZbzyTX\_FGh7KxgUtto\_VE643i5dYsn

53. mipanelsolar. (10 de 08 de 2020). *mipanelsolar.com*. Obtenido de <https://mipanelsolar.com/blog/conectar-paneles-solares>
54. Muñoz, E. N. (05 de 06 de 2019). Sistema automatico de llenado. (J. N. Ruano, Entrevistador) Guatemala, Guatemala.
55. Organización Latinoamericana de Energía OLADE. (agosto de 2014). *Acceso a mercados Energéticos -FASE 2-*. Obtenido de [olade.org: http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/08/MERCADOS-ENERGETICOS-GT-FINAL.pdf](http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/08/MERCADOS-ENERGETICOS-GT-FINAL.pdf)
56. Perez, R. O. (10 de 06 de 2019). Lavado externo llenadora tetra pak. (J. N. Ruano, Entrevistador)
57. Planetario de Montevideo. (S/F). *planetario.montevideo.gub.uy*. Obtenido de <https://planetario.montevideo.gub.uy/actividades/perihelio-y-afelio-de-la-tierra>
58. Portillo, G. (14 de 03 de 2018). *renovablesverdes.com*. Obtenido de <https://www.renovablesverdes.com/inversor-corriente/>
59. Postgrado, E. d. (20 de 12 de 2017). *Gerens - Escuela de Postgrado*. Obtenido de <https://gerens.pe/blog/control-reduccion-costos-sostenibles/>
60. ProEconomica. (02 de 06 de 2020). *proeconomia.net*. Obtenido de <https://proeconomia.net/precio-gasolina-mundo-america/>

61. Profesionales en Ingeniería Eléctrica. (30 de 9 de 2018). *Sector Electricidad | Profesionales en Ingeniería Eléctrica*. Obtenido de <https://www.sectorelectricidad.com/20860/las-perdidas-de-energia-electrica/>
62. Raúl González G., H. R. (2003). *ecotec.unam.mx*. Obtenido de <http://ecotec.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/Sistemas-Fotovoltaicos-conectados-a-la-red.pdf>
63. Remica. (06 de 04 de 2018). *Reducir los costes energéticos mejora la productividad de las empresas*. Obtenido de [remicaservicioenergeticos.es: https://remicaserviciosenergeticos.es/blog/costes-energeticos/](https://remicaserviciosenergeticos.es/blog/costes-energeticos/)
64. Renovaenergía S.A. (14 de 11 de 2020). *renova-energia.com*. Obtenido de <https://www.renova-energia.com/energia-renovable/energia-solar-fotovoltaica-conexion-de-red/>
65. *Requisitos para el proceso de distribución*. (junio de 2014). Obtenido de [instalacioneselectricasmdmr: https://instalacioneselectricasmdmr.wordpress.com/2014/06/10/requisitos-para-el-proceso-de-distribucion/](https://instalacioneselectricasmdmr.wordpress.com/2014/06/10/requisitos-para-el-proceso-de-distribucion/)
66. Rodas, L. L. (S/F). *Reglamento de la Ley General de Electricidad*. Obtenido de <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/Reglamento%20de%20la%20LGE.pdf>
67. Romero, S. (04 de 06 de 2020). *muyinteresante*. Obtenido de <https://www.muyinteresante.es/tecnologia/articulo/este-dispositivo-produce-electricidad-utilizando-las-sombras-351591262163>
68. ShareAmerica. (18 de 11 de 2016). Obtenido de <https://share.america.gov/es/que-es-la-red-electrica-y-como-funciona/>

69. Solare, G. (17 de 01 de 2021). *globalsolare* . Obtenido de <https://globalsolare.com/blog/sistemas-solares-fotovoltaicos-interconectados-a-la-red-vs-sistemas-aislados/>
70. Solbern. (2019). *Llenadora de líquido*. Recuperado el 16 de JUNIO de 2019, de Solbern: <https://www.solbern.com/liquids.html>
71. SotySolar. (14 de 09 de 2021). *sotysolar.es*. Obtenido de <https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalinas>
72. Tetra pak. (2018). *Tetra pak A3/Speed*. Recuperado el 16 de JUNIO de 2019, de Tetra pak: <https://www.tetrapak.com/mx/packaging/tetra-pak-a3speed>
73. Toledo, M. (06 de 06 de 2019). Lavado CIP. (J. N. Ruano, Entrevistador)
74. Twenergy. (01 de febrero de 2019). *¿Qué es la energía eléctrica?* Obtenido de [twenergy.com: https://twenergy.com/energia/energia-electrica/que-es-la-energia-electrica-381/](https://twenergy.com/energia/energia-electrica/que-es-la-energia-electrica-381/)
75. Ucha, F. (Noviembre de 2010). *Definición ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-electrica.php>
76. United Nations. (S/F). *un.org*. Obtenido de United Nations: <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>
77. Universidad Dr. José Matías Delgado. (S/F). *La Energía Eléctrica, Generación, Distribución y Consumo. Cap 2*. Obtenido de [ujmd.edu.sv: https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/Fulltext/ADLD0000526/Capitulo%202.pdf](https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/Fulltext/ADLD0000526/Capitulo%202.pdf)
78. Voltio. (04 de 03 de 2019). *voltioenergia*. Obtenido de <https://voltioenergia.es/centrales-electricas-existen/>

# ANEXOS

## Anexo 1. Dominó

F-30-07-2019-01

### *Modelo de investigación: Dominó*

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y UNiversidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: Luis Carlos Mendoza Toledo Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 18 de marzo de 2022

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general Disminuir costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Finalizado el primer año de ejecutada la propuesta, se habrán disminuido los costos de consumo energético, con lo que se alcanza el 90% de la solución propuesta en el objetivo general. Verificadores: Reportes de la Unidad Ejecutora; de la Dirección Financiera. La unidad ejecutora se enlaza con la Dirección Administrativa para ejecutar el programa de uso correcto del recurso energético dirigido a colaboradores de la institución. Cooperante: Dirección Administrativa.</p>
<p>2) Problema central Dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>5) Objetivo específico Reducir dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al finalizar el primer año de la propuesta, se reduce la dependencia de consumo energético a red de EEGSA, y se alcanza el 90% de solución planteada al problema central. Verificadores: Reporte de la unidad ejecutora; Unidad de Mantenimiento.</p>
<p>3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>6) Nombre Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>12) Resultados o productos * Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es la Dirección Administrativa de la Cancillería del Ministerio. * Se dispone del plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor.</p>

<p>a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor.</p>	<p>* Se cuenta con el programa de capacitación al personal involucrado y sensibilización a usuarios en general.</p>	<p>Supuestos: La unidad de Mantenimiento coopera con la Unidad Ejecutora para garantizar mantenimiento permanente a la nueva red instalada. Cooperante: Unidad de Mantenimiento.</p>
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>a) ¿Considera usted que existe incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante? Sí _____ No _____</p> <p>b) ¿Desde hace cuánto tiempo usted ha notado incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante? 0-2 años ___ 2-6 años ___ Más de 6 años ___</p> <p>c) ¿En cuánto se ha reportado el incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante, en el último año? Q0.00-Q5,000.00 ___ Q5,001.00-Q10,000.00 ___ Q10,001.00-Q25,000.00 ___ Más de Q25,000 ___</p> <p>Dirigidas al personal de los Departamentos de: Compras, y, Contabilidad, de la Dirección Financiera del Ministerio de Relaciones Exteriores.</p> <p>Boletas 21, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p>N/A</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a) ¿Conoce si existe plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores? Sí ___ No ___</p> <p>b) ¿Considera usted que es necesario implementar el plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones</p>		



## Anexo 2. Árbol de problemas

**Tópico:** Dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.

Efecto o consecuencia general  
(Variable dependiente)

Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años.

Problema central o clave  
(Causa intermedia)

Dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Causa principal  
(Variable independiente)

Inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

**Hipótesis causal:**

“El incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor.”

**Hipótesis interrogativa:**

¿Será la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor, la causante del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.?

## Árbol de objetivos

Fin u objeto general



Disminuir costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Objetivo específico



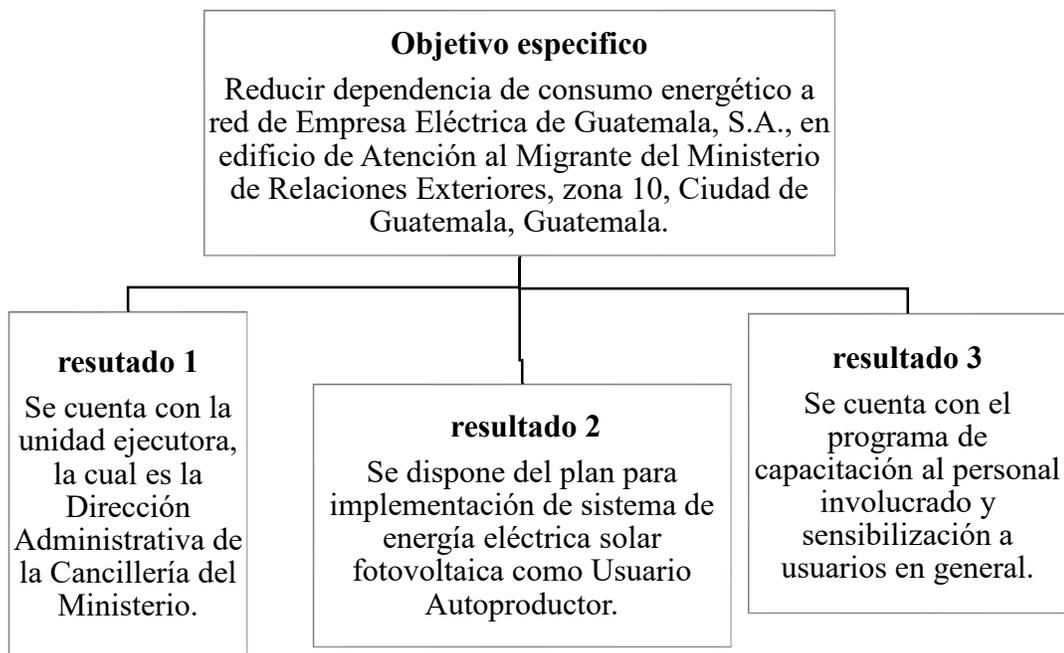
Reducir dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Medio de solución



Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

**Anexo 3: Diagrama del medio de solución de la problemática**



**Anexo 4: Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años.”**

Esta boleta censal está dirigida al personal de los Departamentos de: Compras, y, Contabilidad, de la Dirección Financiera del Ministerio de Relaciones Exteriores; que se calculó con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error, por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera usted que existe incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Desde hace cuánto tiempo usted ha notado incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante?

2.1 0 - 2 años \_\_\_\_\_

2.2 2 - 6 años \_\_\_\_\_

2.3 Más de 6 años \_\_\_\_\_

3. ¿En cuánto se ha reportado el incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante, en el último año?

3.1. Q0.00 – Q5,000.00 \_\_\_\_\_

3.2. Q5001.00 – Q10,000.00 \_\_\_\_\_

3.3. Q10,001.00 – Q25,000.00 \_\_\_\_\_

3.4. Más de Q25,000.00 \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es la causa del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante?

4.1. Deficiente eficiencia de los equipos tecnológicos \_\_\_\_\_

4.2. Falta de asesoría técnica \_\_\_\_\_

4.3. Falta de conciencia humana en el uso correcto del recurso \_\_\_\_\_

5. ¿Considera usted que se pueden disminuir los costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

**Anexo 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.”**

Esta boleta censal está dirigida a técnicos el departamento de Mantenimiento de la Dirección Administrativa del Ministerio de Relaciones Exteriores de Guatemala; con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Conoce si existe plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Considera usted que es necesario implementar el plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

3. ¿Qué acciones considera usted que se deben contemplar al momento de implementar el sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores?

3.1 Programa de educación ambiental \_\_\_\_\_

3.2 Visualizar cambio de equipo actual por equipo ahorrador de energía \_\_\_\_\_

3.3 Agenciarse de asesoría técnica. \_\_\_\_\_

4. ¿Cree usted que la falta de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante, afecta negativamente en el consumo energético?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación, el plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

## **Anexo 6: Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra**

Para la población efecto; problema central y causa, respectivamente se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que todas son poblaciones finitas cualitativas de 21 personas de los Departamentos de Compras y Contabilidad, (efecto) y 8 técnicos del Departamento de Mantenimiento para población causa y problema central.

**Anexo 7: Comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.**

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2017 a 2021); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a **“Incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años”**.

Requisito.  $+>0.80$  y  $+<1$

Año	X (años)	Y (Consumo energético en Quetzales)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2018	1	120624.26	120624.26	1	14550212100.55
2019	2	128302.59	256605.18	4	16461554600.71
2020	3	141400.642	424201.93	9	19994141558.01
2021	4	166539.194	666156.78	16	27735303138.17
2022	5	202479.954	1012399.77	25	40998131771.84
Totales	15	759347	2479987.91	55	119739343169.28

n= 5  
 $\sum X = 15$   
 $\sum XY = 2479987.912$   
 $\sum X^2 = 55$   
 $\sum Y^2 = 119739343169.28$   
 $\sum Y = 759346.64$   
 $n \sum XY = 12399939.56$   
 $\sum X * \sum Y = 11390199.6$   
 Numerador= 1009739.96

Fórmula:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2 * (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$n \sum X^2 = 275$   
 $(\sum X)^2 = 225$   
 $n \sum Y^2 = 598696715846.40$   
 $(\sum Y)^2 = 576607319679.29$   
 $n \sum X^2 - (\sum X)^2 = 50$   
 $n \sum Y^2 - (\sum Y)^2 = 22089396167$   
 $(n \sum X^2 - (\sum X)^2) * (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2) = 1104469808355.42$   
 Denominador: 1050937.585  
 $r = 0.96079917$

Análisis: Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.96$  se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

## Anexo 8: Comentado sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y (Consumo energético en Quetzales)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2018	1	120624.26	120624.26	1	14550212100.55
2019	2	128302.59	256605.18	4	16461554600.71
2020	3	141400.642	424201.926	9	19994141558.01
2021	4	166539.194	666156.776	16	27735303138.17
2022	5	202479.954	1012399.77	25	40998131771.84
Totales	15	759346.64	2479987.912	55	119739343169.28

n=	5
ΣX=	15
ΣXY=	2479987.912
ΣX <sup>2</sup> =	55
ΣY <sup>2</sup> =	119739343169.28
ΣY=	759346.64
nΣXY=	12399939.56
ΣX*ΣY=	11390199.6
Numerador de b:	1009739.96
Denominador de b:	
nΣX <sup>2</sup> =	275
(ΣX) <sup>2</sup> =	225
nΣX <sup>2</sup> - (ΣX) <sup>2</sup> =	50
b=	20194.7992
Numerador de a:	
ΣY=	759346.64
b * ΣX =	<b>302921.988</b>
Numerador de a:	
a:	<b>456424.652</b>
a=	<b>91284.9304</b>

Fórmulas:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Fórmulas:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Ecuación de la línea recta Y= a+(b*x)				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	91284.9304	+	20194.7992	X
Y(2023)=	91284.9304	+	20194.7992	6
Y(2023)=	212453.7256			
Y(2023)=	212,453.73	Consumo energético en Quetzales		

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2024)=	a	+	(b * X)	
Y(2024)=	91284.9304	+	20194.7992	X
Y(2024)=	91284.9304	+	20194.7992	7
Y(2024)=	232648.5248			
Y(2024)=	232,648.52	Consumo energético en Quetzales		

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2025)=	a	+	(b * X)	
Y(2025)=	91284.9304	+	20194.7992	X
Y(2025)=	91284.9304	+	20194.7992	8
Y(2025)=	252843.324			
Y(2025)=	252,843.32	Consumo energético en Quetzales		

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2026)=	a	+	(b * X)	
Y(2026)=	91284.9304	+	20194.7992	X
Y(2026)=	91284.9304	+	20194.7992	9
Y(2026)=	273038.1232			
Y(2026)=	273,038.12	Consumo energético en Quetzales		

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2027)=	a	+	(b * X)	
Y(2027)=	91284.9304	+	20194.7992	X
Y(2027)=	91284.9304	+	20194.7992	10
Y(2027)=	293232.9224			
Y(2027)=	293,232.92	Consumo energético en Quetzales		

### Proyección con proyecto

Año a proyectar	=	Año anterior	más o - dep la solución propuesta	Porcentaje propuesto	
Y (2023)	=	Y(2022)	-	11%	=
Y (2023)	=	Q202,479.95	-	22272.79	180207.16
Y (2023)	=	180,207.16	Quetzales de consumo		

Y (2024)	=	Y(2023)	-	14%	=
Y (2024)	=	Q180,207.16	-	25229.00	154978.15
Y (2024)	=	154,978.15	Quetzales de consumo		

Y (2025)	=	Y (2024)	-	17%	=
Y (2025)	=	Q154,978.15	-	26346.29	128631.87
Y (2025)	=	128,631.87	Quetzales de consumo		

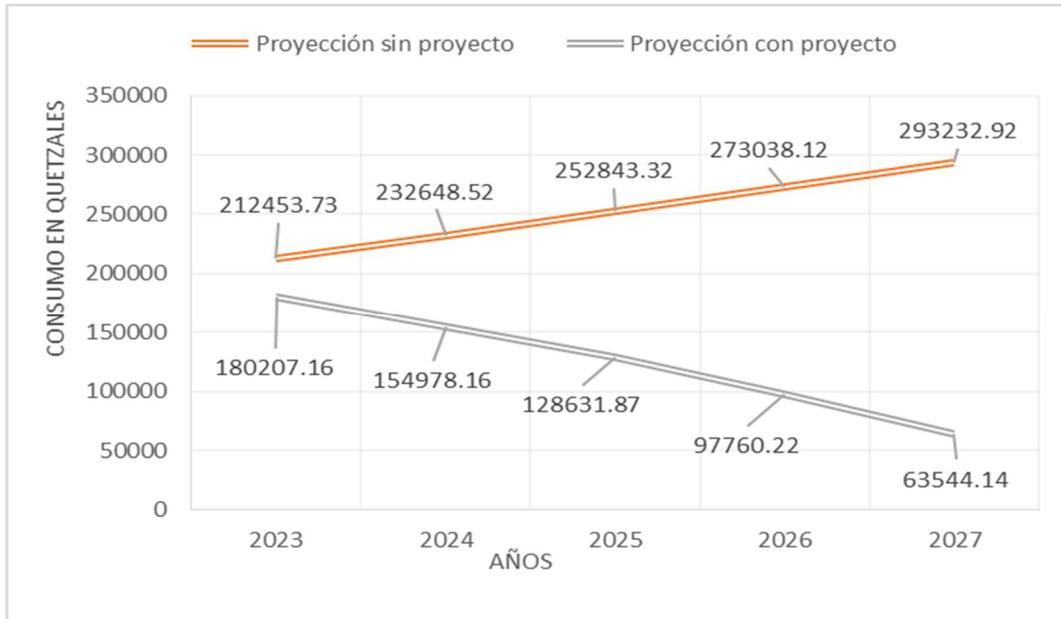
Y (2026)	=	Y (2025)	-	24%	=
Y (2026)	=	Q128,631.87	-	30871.65	97760.22
Y (2026)	=	97,760.22	Quetzales de consumo		

Y (2027)	=	Y (2026)	-	34%	=
Y (2027)	=	Q97,760.22	-	34216.08	63544.14
Y (2027)	=	63,544.14	Quetzales de consumo		

Cuadro comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2023	212453.73	180207.16
2024	232648.52	154978.16
2025	252843.32	128631.87
2026	273038.12	97760.22
2027	293232.92	63544.14

**Gráfica 1:** Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Análisis: Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del “Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoproducer en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala”. Para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Luis Carlos Mendoza Toledo

**TOMO II**

“PLAN PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
SOLAR FOTOVOLTAICA COMO USUARIO AUTOPRODUCTOR EN  
EDIFICIO DE ATENCIÓN AL MIGRANTE DEL MINISTERIO DE  
RELACIONES EXTERIORES, ZONA 10, CIUDAD DE GUATEMALA,  
GUATEMALA”.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de ingeniería

Guatemala, octubre de 2023

Informe final de graduación.

“PLAN PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
SOLAR FOTOVOLTAICA COMO USUARIO AUTOPRODUCTOR EN  
EDIFICIO DE ATENCIÓN AL MIGRANTE DEL MINISTERIO DE  
RELACIONES EXTERIORES, ZONA 10, CIUDAD DE GUATEMALA,  
GUATEMALA.”



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Luis Carlos Mendoza Toledo

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería  
Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, octubre de 2023

Informe final de graduación.

“PLAN PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
SOLAR FOTOVOLTAICA COMO USUARIO AUTOPRODUCTOR EN  
EDIFICIO DE ATENCIÓN AL MIGRANTE DEL MINISTERIO DE  
RELACIONES EXTERIORES, ZONA 10, CIUDAD DE GUATEMALA,  
GUATEMALA.”



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2023

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Licenciado en Ingeniería Industrial con  
énfasis en Recursos Naturales  
Renovables.

## **Prólogo**

Derivado al avance de la tecnología con respecto al implementación de energías renovables, se busca la utilización de fuentes renovables para sustituir la generación de Energía Eléctrica por medio de combustibles fósiles, y contribuir a disminuir la contaminación del medio ambiente generado por las

mismas.

El Ministerio de Relaciones Exteriores -MINEX- es una entidad de Gobierno encargada de la formulación de políticas exteriores y todo lo relacionado a las relaciones internacionales y su marco jurídico. Demarca y preserva los límites del territorio nacional, velando los intereses del Estado, a través de tratados y convenios establecidos con otros países; asimismo, en concordancia con el Instituto Nacional de Migración, se coordinan para dar cumplimiento a la Ley Migratoria que rige en el país, además resguarda a los connacionales que se encuentran fuera de la región guatemalteca. Es importante agregar, que el MINEX forma parte del Sistema Nacional de Seguridad.

Esta tesis busca, que, a través de una instalación solar fotovoltaica, pueda contribuir a la reducción de costos de energía eléctrica, y a la vez la disminución de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Logrando lo anterior, se podrá reflejar en el aprovechamiento de presupuesto establecido al rubro de servicios de energía eléctrica, que actualmente es proveída por la Empresa Eléctrica de Guatemala -EEGSA-.

Cabe resaltar que este proyecto es una propuesta de implementación de energía solar fotovoltaica, que se estableció acorde a las necesidades energéticas del edificio de «Atención al Migrante» que funciona en el MINEX; además, se encuentra desarrollado para su evaluación, análisis y aprobación.

## **Presentación**

El siguiente proyecto fue realizado en el Ministerio de Relaciones Exteriores para buscar una reducción del impacto ambiental, tanto en la infraestructura del edificio que es relativamente antigua que no cuenta con tecnología moderna, así como de desarrollar un programa institucional ambientalmente responsable.

Además de disminuir el consumo de energía, busca también reducir un impacto en la contaminación de los recursos naturales, factor relevante de acuerdo a la coyuntura política primordial para todos los países a nivel mundial. Aparte de los aspectos mencionados anteriormente; este proyecto busca promover la reducción del consumo y uso más eficiente de recursos.

Un sistema de paneles solares fotovoltaicos para reducir la factura mensual de electricidad está diseñado para ser instalado en sitios donde ya existe suministro eléctrico convencional, ya que su función es producir energía eléctrica que es devuelta a través del contador de electricidad. El sistema produce electricidad únicamente durante el día y devuelta a la red de distribución. La electricidad no es almacenada en ningún otro dispositivo adicional, por lo que la institución siempre dependerá del suministro eléctrico exterior, y por seguridad, el sistema no produce electricidad cuando se va la luz.

Para la instalación del sistema, se debe realizar un trámite con EEGSA para cambiar de régimen de consumidor a Autoprodutor, ya que el contador del régimen de Autoprodutor contabiliza la carga que se consume, y la carga que se devuelve a la red eléctrica. La factura mensual de electricidad será por la diferencia de consumos y si el cliente consume más de lo que produce, pagara el valor de la parte consumida, y el transporte de la carga que devolvió a la red de distribución. Si el cliente produjo más electricidad de la que consumió durante el mes, tendrá un saldo a favor que se acumulará.

## Índice general

Prólogo

Presentación

I. RESUMEN.....1

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....9

ANEXOS

## I. RESUMEN

De acuerdo con la presente tesis se logra resumir lo siguiente: luego de realizar el análisis, evaluación y verificación del problema, la investigación refleja que existe una necesidad latente en el edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, debido a la dependencia de consumo energético de la red convencional ya que, con el crecimiento con el pasar de los años de la institución y las tarifas energéticas los costos van en aumento.

La implementación de este proyecto es de vital importancia dentro de la institución para el cumplimiento de objetivos que son: la reducción de costos de consumo energético y la dependencia de consumo energético a la red de la Empresa Eléctrica de Guatemala, propuestos en el presente trabajo de tesis, para lograr así una disminución de costos de consumo energético considerable con el pasar de los años.

A consideración del autor este trabajo de investigación, la implementación del plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como usuario autoproducer en edificio de Atención al Migrante, tendrá un gran impacto no solo a nivel de disminución de costos energéticos, si no también tendrá un gran impacto a nivel ambiental al utilizar energía renovable proveniente de la luz del sol, ya que, con esto se contribuirá a detener la emisión de CO<sub>2</sub> en la atmosfera.

### **Planteamiento del problema**

En el edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, existe un incremento constante en los costos de consumo energético.

Durante la investigación del presente proyecto, se logró establecer que la causa principal de dicha situación se deriva de la inexistencia alternativas que puedan aprovechar el uso de la energía proveniente de los rayos solares. Por lo cual surge la necesidad, de la creación del plan para la implementación de un sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Auto productor en el Edificio.

Actualmente la dependencia que provee de energía eléctrica es la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. -EEGSA-. Esto provoca un efecto directo en los costos de consumo energético, y se evidencia en las facturas emitidas por EEGSA

## **Hipótesis**

### **Hipótesis causal**

“El incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoproducer.”

### **Hipótesis interrogativa**

¿Será la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoproducer, la causante del incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.?

## **Objetivos**

### **General**

Disminuir costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

## **Específico**

Reducir dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

## **Justificación**

Como se denota en el efecto de este documento, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; la situación del efecto identificado seguirá en condiciones desfavorables en cuanto al incremento de costos de consumo energético, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del “Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoproducer en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala”.

Derivado a lo anterior, de implementarse el plan de energía solar fotovoltaica como usuario autoproducer, se podrá ser más eficiente en cuanto a la reducción del costo de consumo energético ya que, se tendrá la capacidad de producir energía limpia que se podrá aprovechar en las distintas áreas del edificio. De no implementarse los costos de consumo eléctrico seguirán aumentando de manera constante.

## **Metodología**

Los métodos y técnicas empleados para la elaboración del presente trabajo de investigación se exponen a continuación:

### **Métodos**

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue el método deductivo, auxiliado por el método del marco lógico para

formular la hipótesis y de los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, con el auxilio de los métodos; estadístico y síntesis.

La forma de empleo de los métodos citados, se exponen a continuación:

### **Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis**

Para la formulación de la hipótesis el método fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales sobre la deficiencia en el gasto de consumo energético del mismo. Se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa: Se utilizó directamente con las personas encuestadas en el Ministerio de Relaciones Exteriores, en donde se realizó un censo, se observó interés por parte de los funcionarios encuestados.

Investigación documental: Se utilizó a efectos de determinar si dentro del Ministerio de Relaciones Exteriores. existen registros relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Se pudo determinar que dentro los archivos del Ministerio de Relaciones Exteriores únicamente existen los registros de las facturas eléctricas emitidas por la Empresa Eléctrica durante el periodo de investigación determinado.

Encuesta: Se procedió a encuestar a los empleados del Departamento de Compras y Contabilidad; y a los empleados del Departamento de Mantenimiento a fin de determinar la profundidad de sus conocimientos respecto a la implementación de un sistema solar fotovoltaico y sus efectos positivos sobre el mismo.

Con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis a cuyo efecto se utilizó el marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis,

además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

El método del marco lógico permitió, entre otros aspectos, identificar el objetivo general y específico de la investigación; así como establecer la problemática que es el punto central del presente estudio.

### **Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.**

Para la comprobación de la hipótesis, el método inductivo fue el utilizado y con él se pudieron obtener resultados específicos de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados.

Se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Encuesta. Una vez formulada la idea general de la problemática, se procedió a encuestar a las personas que conforman los distintos departamentos que tiene relación con el tema de gastos de servicios y mantenimiento del edificio, es decir: empleados del Departamento de Compras y Contabilidad; empleados del Departamento de Mantenimiento, con el fin de poder establecer qué tan familiarizados con los costos de energía eléctrica y las soluciones alternativas para tratar dicho problema.

Determinación de la población a investigar. En ese sentido, se procedió a efectuar un censo para obtener la información de manera confiable. Con esto se pretende que el nivel de confianza que se obtenga será del cien por ciento.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, como objeto de la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información obtenida a través del método estadístico, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

### **Técnicas**

Las técnicas empleadas en la formulación fueron: la observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la encuesta a las personas relacionadas directamente con la problemática.

### **Propuesta de solución**

El Ministerio de Relaciones Exteriores ya cuenta con la Unidad Ejecutora que es la Dirección Administrativa, se dispone del plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica y cuenta con un programa de capacitación al personal involucrado. En los anexos se adjunta la propuesta de solución detallada, también incluye la Matriz de la Estructura Lógica para la evaluación del trabajo.

### **Resumen de resultados**

**Resultado 1: Unidad ejecutora: Dirección Administrativa de la Cancillería del Ministerio.**

**Actividad 1: Espacio físico.**

**Actividad 2: Material y equipo.**

**Actividad 3: Personal técnico.**

**Actividad 4: Recursos financieros.**

**Resultado 1: Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.**

### **Actividad 1: Permisos Legales**

Acción 1: Estudio de impacto ambiental.

Acción 2: Permiso o aval del Ministerio de Relaciones Exteriores.

### **Actividad 2. Adecuación del área para la instalación del equipo.**

Acción 1: Ubicaciones del equipo (panel solar; luminarias; sistema de acumulación energético).

Acción 2: Limpieza.

Acción 3: Adecuación física.

### **Actividad 3: Características del sistema**

Acción 1: Capacidad Energética

Acción 2: Componentes (paneles, inversores, cableado, acumuladores)

### **Actividad 4. Instalación de sistema solar fotovoltaico.**

Acción 1: Cableado.

Acción 2: Montaje e instalación de inversores al sistema.

Acción 3: Montaje de paneles y conexión al sistema.

Acción 4: Seguridad industrial.

### **Actividad 5. Operación y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico.**

### **Resultado 3: Programa de capacitación**

**Actividad 1: Convocatoria.**

**Actividad 2: Metodología.**

**Actividad 3: Frecuencia.**

#### **Actividad 4: Temas.**

La principal conclusión es la que comprueba la hipótesis: “El incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor”. Se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (personal de los Departamentos de: Compras, y, Contabilidad) se direccionó a obtener información sobre el efecto con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error para las 2 variables del árbol de problemas.

Mientras que la principal recomendación es implementar el plan de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor en el edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10 ciudad de Guatemala, Guatemala.

Además, se indica que en el anexo 1, se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y que en el anexo 2, se incluye la Matriz de la Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollada la propuesta.

## II CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

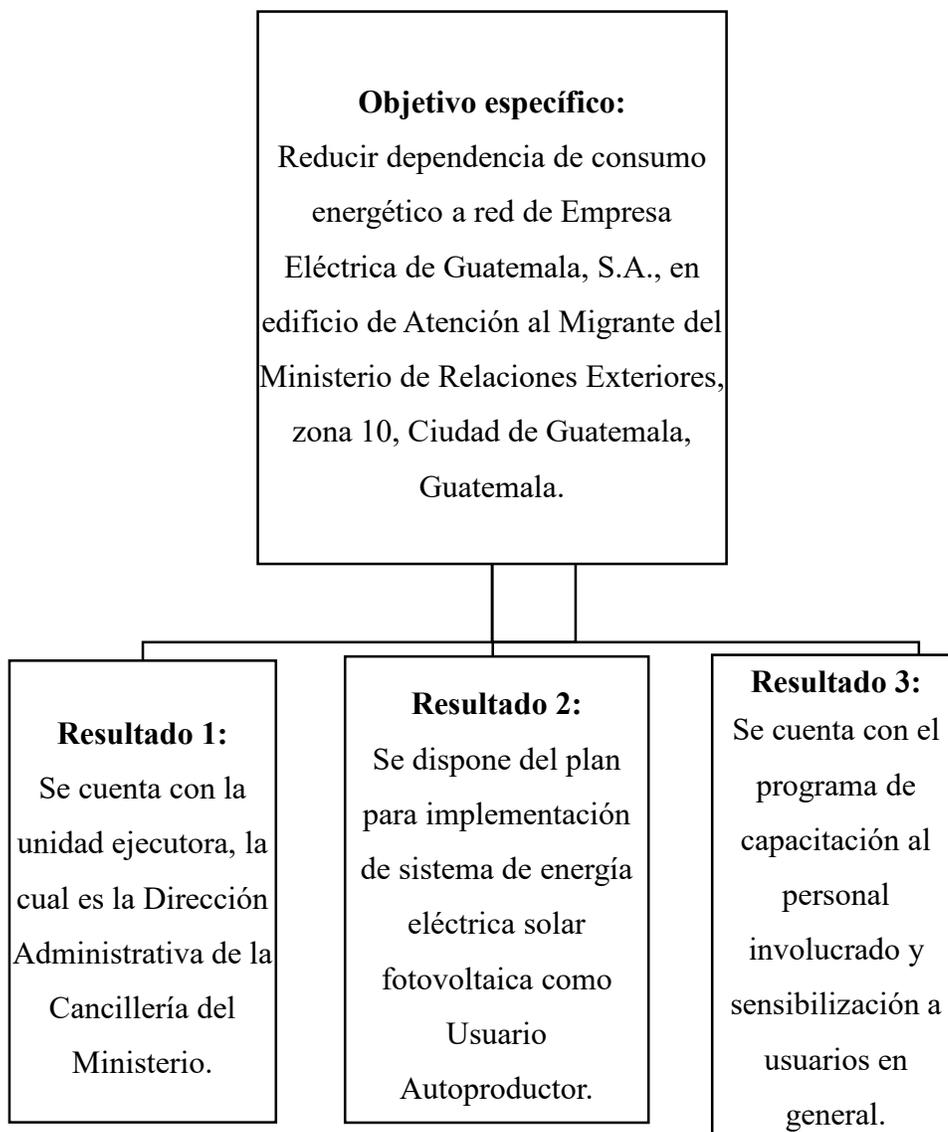
Se comprueba la hipótesis: “El incremento en costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala, en los últimos 5 años, por dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., es debido a la inexistencia de plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoproducer”. Se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (personal de los Departamentos de: Compras, y, Contabilidad) se direccionó a obtener información sobre el efecto con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error para las 2 variables del árbol de problemas.

Implementar el plan de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoproducer en el edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10 ciudad de Guatemala, Guatemala.

## ANEXOS.

### Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

La Unidad Ejecutora (Dirección Administrativa de la Cancillería) es la encargada de la implementación del plan de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor, con el objetivo de disminuir los costos de consumo energético y desarrollar el programa de capacitación para el personal involucrado.



**Resultado 1: Unidad Ejecutora (Dirección Administrativa de la Cancillería del Ministerio).**

**Actividad 1: Espacio físico.**

Es necesario contar con una oficina de 10 metros cuadrados la cual estará ubicada dentro de la Dirección Administrativa, para poder instalar ampliamente al personal asignado.

**Actividad 2: Material y equipo.**

2 escritorios tradicionales para oficina color negro de 1.2metros

2 sillas para oficina con ruedas,

2 computadoras de escritorio DELL Optiplex 7060 con las características siguientes: memoria RAM 12GB, disco duro de 512 SSD, Windows 10 Pro y Microsoft Office Pro 2019

1 impresora multifuncional Hp Laserjet Pro 500 mfp m525 con las siguientes características: Escaneo, impresión de páginas blanco y negro, color, conectividad: USB, Ethernet, Wifi

**Actividad 3: Personal técnico.**

Un gerente con el perfil siguiente: que sea Ingeniero Industrial, será quien estará a cargo de la unidad ejecutora.

Un asistente de gerencia con el perfil siguiente: Perito en secretariado, que cuente con conocimientos de paquetes ofimáticos.

**Actividad 4: Recursos Financieros.**

El Ministerio de Relaciones Exteriores proporcionará los recursos necesarios para el funcionamiento de la unidad ejecutora.

## **Resultado 2: Plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como Usuario Autoprodutor.**

### **Actividad 1: Permisos Legales**

Acción 1: Estudio de impacto ambiental.

Se debe contratar a un regente ambiental, el cual deberá realizar el estudio de impacto ambiental respectivo, para posteriormente realizar el trámite necesario en la oficina de Permisos Ambientales, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Acción 2: Permiso o aval del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Se debe elaborar una carta de permiso dirigida a la Dirección General de la Cancillería, en la cual se informa del proyecto y se solicita el permiso respectivo.

### **Actividad 2. Adecuación del área para la instalación del equipo.**

Acción 1: Ubicaciones del equipo

Ubicación paneles solares: se instalará en el área de la terraza del Edificio de Atención al Migrante.

Componentes del sistema: en cuanto a inversor; transformador y flipones serán ubicados en el patio trasero del edificio dentro de un cuarto equipado con lo necesario para un óptimo funcionamiento.

Acción 2: Limpieza.

En el área identificada para la instalación del sistema, se debe realizar una limpieza en toda la superficie de la terraza y el interior del cuarto en donde estarán ubicados los equipos, y retirar cualquier material de desecho que pueda afectar el aprovechamiento de los espacios.

Acción 3: Adecuación física.

Se instalarán 10 estructuras metálicas sobre las cuales descansarán 18 paneles solares en cada estructura; cada estructura metálica tendrá 20 metros de largo x 1 metro de ancho y 1 metro de alto (con respecto al suelo); cada estructura estará distanciada a 1.5 metros y sí.

Para el área donde estarán los componentes del sistema, no se harán modificaciones y se utilizará el espacio tal y como está.

### **Actividad 3: Características del sistema**

Acción 1: Capacidad Energética

Cantidad de paneles solares: 180 Paneles solares.

Capacidad energética por panel: 2700 W/h/día.

Capacidad energética del sistema: 486,000 W/h/día

Requerimientos energéticos para el arranque del sistema: 739.8 V

Tipo de sistema solar: sistema On Grid, en el cual la energía no se acumula y se utiliza directamente; puede estar conectado con el sistema convencional energético y al momento de bajar la producción del sistema solar, se activa automáticamente la alimentación energética convencional.

Acción 2: Componentes (paneles, inversores, cableado, acumuladores)

Los Componentes para utilizar son los siguientes:

**Inversor:**

Marca: SMA, Modelo: STP 62-US-41, Potencia máxima del arreglo (CC): 93750 WP, Potencia nominal (CA): 62500 w, Voltaje: 550 V ... 800 V

Imagen 1: Inversor



Fuente: Mendoza., L. noviembre 2021

**Paneles solares:**

Marca: URECO, Modelo: FAK450E8C, Potencia: 450 Watts, Voltaje: 41.10 V, Tipo de Celda: Mono Cristalina

Imagen 1: Panel solar propuesto.



Fuente: Mendoza, L., noviembre 2021

**Cable:**

Cable de cobre para corriente directa con protección UV calibre 8 AWG

**Transformador:**

Marca Jefferson Electric, Modelo 423-6316, Voltaje Primario 480/277V, Voltaje Secundario 208/120V

**Actividad 4. Instalación de sistema solar fotovoltaico.**

Acción 1: Cableado.

Para la conexión entre los paneles solares ubicados en la terraza del edificio de Atención al Migrante hacia el inversor, se utilizará cable fotovoltaico DC calibre 8; para la conexión del inversor hacia los flipones se utilizará cable AC; de los flipones hacia el transformador se utilizará cable AC y del transformador hacia el contador bidireccional también se utilizará cable AC.

Además de eso se instalará un punto de red en el cuarto de los equipos previamente adecuado, con el fin de conectar el inversor con un cable de red RJ45 y así conectarlo a la red de datos del Edificio de Atención al Migrante.

Acción 2: Montaje e instalación de inversores al sistema.

El inversor se pondrá en el área delimitada en la acción 1, actividad 2; en donde se recibirá el cableado de corriente directa de los paneles solares y la convertirá en corriente alterna la cual la enviará hacia los flipones y de estos al transformador para convertir la tensión de 480 a 208 Voltios esto para enviarlo al contador bidireccional para su distribución con la empresa eléctrica.

### Acción 3: Montaje de paneles y conexión al sistema.

Para el montaje de paneles solares sobre las estructuras metálicas, se tendrá en cuenta una conexión de 10 grupos de 18 paneles interconectados en serie, para cumplir con la demanda de la potencia y tensión requerida por el inversor. Cada panel ira sujeto a la estructura mediante bisagras flexibles para su modificación y posterior captación de energía solar. Cada panel estará interconectado entre sí, con el panel de a lado, del panel donde finaliza cada serie, saldrán 2 cables (positivo y negativo) hacia el inversor, el cual transformara la energía captada en corriente eléctrica alterna su uso diario.

### Acción 4: Seguridad industrial.

Se debe tener cuidado con la manipulación de los elementos que componen el sistema solar fotovoltaico, tanto en el momento de transporte como durante su instalación, es por ello por lo que el personal que trabajará en todo el proceso deberá tener en cuenta lo siguiente:

Uso de casco para evitar golpes.

Uso de gafas de sol para evitar deslumbramientos.

Uso de cuerdas y arneses de sujeción para evitar caídas.

Uso de calzado adecuado.

Desplazarse con cuidado por el tejado, evitando pisar sobre zonas frágiles.

No subir a cubiertas o tejados si están mojados.

Es importante usar herramientas aisladas que no permitan el contacto accidental simultáneo de los bornes.

No coger o sujetar nada hasta estar en situación estable.

Trabajar en equipo.

### **Actividad 5. Operación y puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico.**

Para la puesta en marcha se procederá a encender los flipones, los cuales arrancan los inversores, y estos a su vez encienden el sistema solar. En la puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico se podrá ingresar vía internet a un sistema en un sitio web en donde se registrará previamente el inversor, esto con el fin de poder monitorear los consumos en tiempo real y poder generar información necesaria para un mejor análisis del aprovechamiento de la energía solar, para lograr obtener medias de lo producido en Watts en cada jornada laboral.

En dado caso la producción solar disminuya, automáticamente la fuente energética convencional se activará.

## Anexo 2: Matriz de la Estructura Lógica

Componentes	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Disminuir costos de consumo energético en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>Finalizado el primer año de ejecutada la propuesta, se habrán disminuido los costos de consumo energético, con lo que se alcanza el 90% de la solución propuesta en el objetivo general.</p>	<p>Reportes de la Unidad Ejecutora; de la Dirección Financiera.</p>	<p>La unidad ejecutora se enlaza con la Dirección Administrativa para ejecutar el programa de uso correcto del recurso energético dirigido a colaboradores de la institución.</p> <p>Cooperante: Dirección Administrativa.</p>
<p><b>Objetivo específico:</b></p>			

<p>Reducir dependencia de consumo energético a red de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., en edificio de Atención al Migrante del Ministerio de Relaciones Exteriores, zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.</p>	<p>Al finalizar el primer año de la propuesta, se reduce la dependencia de consumo energético a red de EEGSA, y se alcanza el 90% de solución planteada al problema central.</p>	<p>Reporte de la unidad ejecutora; Unidad de Mantenimiento.</p>	<p>La unidad de Mantenimiento coopera con la Unidad Ejecutora para garantizar mantenimiento permanente a la nueva red instalada. Cooperante: Unidad de Mantenimiento.</p>
<p><b>Resultado 1:</b></p>	<p style="background-color: #cccccc;"></p>	<p style="background-color: #cccccc;"></p>	<p style="background-color: #cccccc;"></p>
<p>Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es la Dirección Administrativa de la Cancillería del Ministerio.</p>			
<p><b>Resultado 2:</b></p>	<p style="background-color: #cccccc;"></p>	<p style="background-color: #cccccc;"></p>	<p style="background-color: #cccccc;"></p>
<p>Se dispone del plan para implementación de sistema de energía eléctrica solar fotovoltaica como</p>			

Usuario Autoprodutor.			
<b>Resultado 3:</b>			
Se cuenta con el programa de capacitación al personal involucrado y sensibilización a usuarios en general.			

Fuente: Mendoza, L., agosto 2021

### Anexo 3. Presupuesto.

Como se puede percibir en el anexo que a continuación se presenta, se enlistan los resultados y al mismo tiempo el costo unitario por cada uno de ellos, finalmente se detalla también el costo total de la propuesta para solucionar la problemática identificada en el árbol de problemas.

Presupuesto		
No. Resultado	Descripción	Costo unitario
1	Unidad ejecutora	Q62,000.00
2	Implementación del sistema Solar Fotovoltaico	Q796,000.00
3	Capacitación	Q10,000.00
Total		Q868,000.00

## Anexo 4: otros anexos.

### Anexo 4.1: Cuadros

Cuadro 1: Necesidades energeticas de Edificio de Atención al Migrante

No.	Oficina	Consumo (W)	Potencia (W)	Consumo Diario (KW/h)	Consumo Mes (KWH)
1	Baño Subdirector	9	18	0.09	1.8
2	Baño Director	9	36	0.18	3.6
3	Bodega Correspondencia	32	64	0.32	6.4
4	Ingreso a Atención al Público	15	45	0.45	9
5	Cocina	32	64	0.64	12.8
6	Sala de Espera Banco	32	64	0.64	12.8
7	Gradas Asistencia Consular	32	128	1.28	25.6
8	Gradas Consulares	96	128	5.76	25.6
9	Bodega Consulares	32	32	25.6	25.6
10	Pasillo Consulares	64	320	4.48	64
11	Baño Hombres	1232	1328	3.68	73.6
12	Baño Mujeres	1232	1328	3.68	73.6
13	Baño Hombres Segundo Nivel	1232	1328	3.68	73.6
14	Baño Mujeres Segundo nivel	1232	1360	4	80
15	BañoHombres Atención al Públi	1232	1392	4.32	86.4
16	Baño Mujeres Atención al Públi	1232	1392	4.32	86.4
17	Pasillo Segundo Nivel	32	576	5.76	115.2
18	Sala Atención al Público	602	804	8.76	175.2
19	Registro Civil Segundo Nivel	997.5	1561.5	9.91	199.3
20	Ministerio Público	1347.5	1443.5	10.11	204.2
21	Sala de Reunion Consulares	1602	1876	13.52	270.4
22	Oficina Director	2347.5	2571.5	14.39	288.9
23	Oficina Subdirector	2347.5	2571.5	14.39	288.9
24	Renap	2530.5	3145.5	14.11	295.3
25	Jefatura Correspondencia	3547.5	3983.5	15.83	329.7
26	Cocina Segundo Nivel	2732	4328	15.08	349.6
27	Banco	1542	3920	24.72	506.4
28	Atención al Público	811	3108	31.14	634.8
29	Correspondencia	2117	4655	39.92	814
30	Registro Civil	3912.5	5994.5	41.27	842.1
31	Cuarto Frio	1137.5	1212.6	28.302	849.06
32	Autenticas	2629.67	5877.34	44.274	898.14
33	Técnicos Consulares	2847.5	8157.5	68.39	1368.9
<b>Sumatoria Total</b>		<b>40828.17</b>	<b>64812.94</b>	<b>462.996</b>	<b>9090.9</b>

Fuente: Ministerio de Relaciones Exteriores., noviembre 2021