

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL



**“Estudio de eficiencia energética mediante la
implementación de un sistema solar fotovoltaico aislado en
la Pizzeria Amore Mio”**

Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Presentado por: Univ. Waldo Pérez Cáceres

Asesor: Ing. Armando Alcázar Vivado

Cobija - Bolivia

Agradecimiento

Agradezco a mis Padres, por todas las energías depositadas en mi persona desde el momento de darme la vida. Por el cariño, apoyo moral y económico que siempre recibí. Por otorgarme la mejor de las herencias, el ejemplo y la motivación que permitieron la culminación satisfactoria de mis estudios. Con Respeto y Amor.

Agradezco a mi esposa, por el apoyo y la motivación que me brinda día a día a mi lado siempre incondicional para que juntos alcancemos nuestras metas.

A mis Hermanos; Por haberme brindado su apoyo moral que lograron reafirmar mis metas.

A todos mis docentes que me brindaron su apoyo, para las personas que estuvieron presentes durante el desarrollo del proyecto y para los que me ofrecieron sus conocimientos, un agradecimiento sincero por contribuir en este proyecto.

Resumen

Hoy en día se está tratando de forma recurrente el tema energético, lo cual se debe principalmente al aumento desproporcionado de la demanda de energía eléctrica, especialmente por parte de las industrias que cada vez consumen mayor cantidad de energía en sus procesos productivos. El aumento de la población también contribuye en este tema.

Poco a poco se han ido tomando las medidas que apuntan a una mejor utilización de los recursos energéticos existentes, mediante la aplicación de políticas de eficiencia energética para equipos eléctricos, las cuales se irán masificando gradualmente hacia equipos que demanden más energía.

La utilización de sistemas alternativos de generación eléctrica, como lo son los sistemas solares fotovoltaicos, han permitido disminuir la demanda de energía eléctrica de la red de distribución, o bien alimentar de energía a aquellos sectores en los que no existen servicios eléctricos. Actualmente es una alternativa relativamente cara para sectores de baja radiación solar, ya que es necesario contar con una gran superficie captadora para poder generar la energía requerida. En el norte de Bolivia el caso es distinto, ya que cuenta con condiciones buenas de radiación solar y horas de sol diarias.

Al final de esta tesis se realizó el diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado destinado a la iluminación de la pizzería Amore Mio, la cual estará iluminada con focos Led, el objetivo de este proyecto es analizar la eficiencia energética mediante la utilización de un sistema solar fotovoltaico para calcular el beneficio económico y ambiental mediante el cálculo de la huella de carbono comparando el gasto por el consumo de energía convencional suministra por ENDE – Cobija con el ahorro generado luego de la implementación del sistema.

Abstract

Nowadays, the energy issue is recurrently being addressed, which is mainly due to the disproportionate increase in the demand for electricity, especially by industries that increasingly consume more energy in their production processes. The increase in population also contributes to this issue.

Have gradually been taking measures aimed at better use of existing energy resources, by implementing energy efficiency policies for electrical equipment, which Iran is moving equipment to mass demand more energy.

Finally the use of alternative power generation, such as photovoltaic systems, have allowed to reduce the demand for electrical power distribution network or power supply to areas in which there was no electricity. He is currently a relatively expensive alternative for areas of low solar radiation, since it is necessary to have a great sensor able to generate the energy required. In the north of Bolivia the case is different, since it has good conditions of solar radiation and daily hours of sun.

At the end of this thesis the design of an isolated photovoltaic solar system was designed for the lighting of the Amore Mio pizzeria, which will be illuminated with LED spotlights, the objective of this project is to analyze the energy efficiency through the use of a solar system photovoltaic to calculate the economic and environmental benefit by calculating the carbon footprint by comparing the expenditure for conventional energy consumption supplied by ENDE - Blankets with the savings generated after the implementation of the system.

HOJA DE APROBACION

La presente tesis fue revisada y aprobada por.

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
<i>Presidente</i>	<i>Dr. Benjamín Oliveira Carrillo</i>
<i>Tribunal 1</i>	<i>Ing. Jorge Azad Ayala</i>
<i>Tribunal 2</i>	<i>Ing. José Manuel Magne Mamani</i>
<i>Asesor de tesis:</i>	<i>Ing. Armando Alcázar Vivado</i>

Cobija 26 de noviembre del 2018

INDICE

	Pág.
1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos	6
1.1.1. Objetivo General.....	6
1.1.2. Objetivos Específicos	6
1.4. Hipótesis	7
2. Revisión bibliográfica.....	8
2.1. Eficiencia Energética.....	8
2.2. Luz	8
2.3. Fuentes de Luz	10
2.3.1. Luz Natural	10
2.3.2. Luz Artificial	11
2.4. Sistemas de iluminación	11
2.5. Tipos de Lámparas	12
2.5.1. Lámparas Incandescentes	13
2.5.2. Lámparas Fluorescentes	13
2.6. Lámparas LED	14
2.7. La Energía Solar	15
2.8. La radiación solar.....	16
2.8.1. Radiación solar en Bolivia y su aprovechamiento	17

2.8.2.	Captación de la energía Solar	20
2.9.	El efecto fotovoltaico	25
2.10.	Los sistemas solares fotovoltaicos aislados.	26
2.11.	Componentes de una central Fotovoltaica.....	27
2.11.1.	Paneles solares.....	27
2.11.2.	Células cristalinas	28
2.11.3.	Amorfas.....	29
2.11.4.	Estructura del panel	29
2.11.5.	Inversor	30
2.11.6.	Baterías.....	31
2.11.7.	Tipos de Baterías de Aplicaciones Solares	32
2.11.8.	Regulador de carga.....	35
2.12.	Dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos.	35
2.13.	Energía Fotovoltaica en Bolivia.	37
2.13.1.	El potencial Solar	37
2.14.	Central termoeléctrica.....	39
2.14.1.	Central térmica convencional	41
2.15.	Huella de carbono.....	43
2.15.1.	Huella de carbono	43
2.15.2.	Gases Efecto Invernadero provenientes de la Electricidad.	43
3.	Materiales y métodos	44
3.1.	Desarrollo metodológico.	44
3.2.	Materiales.	44

3.3.	Análisis financiero del proyecto.....	45
3.4.	Personal requerido.....	45
3.5.	Procedimiento de evaluación económica.....	45
3.6.	Lugar de implementación de los paneles.....	45
3.7.	Tiempo de trabajo de campo	45
3.8.	Datos de la Pizzeria Amore Mio.....	46
3.9.	Cálculos del Proyecto	47
3.10.	Implementación del sistema solar fotovoltaico.....	53
3.10.1.	Ubicación de los paneles fotovoltaicos	53
3.10.2.	Orientación.....	54
3.10.3.	Inclinación de los paneles	54
3.10.4.	Estructura del soporte	54
3.10.5.	Sistema de baterías	55
3.10.6.	Inversor de voltaje.....	56
3.10.7.	Conductores.....	57
3.10.8.	Lámparas Led	58
3.10.9.	Configuración de los sistemas fotovoltaicos.....	58
3.11.	Evaluación económica.....	59
3.11.1.	Rentabilidad del proyecto fotovoltaico.....	60
3.12.	Calculo de la reducción de la huella de carbono del proyecto.....	64
3.12.1.	Emisiones de CO2 con el Sistema Fotovoltaico.....	64
3.12.2.	Emisiones de CO2 con Energía Convencional a diesel	64
3.13.	Comparación entre la energía convencional y la energía solar.	66

4. Resultados.....	67
5. Conclusiones.....	69
5.1. Factibilidad del proyecto	69
5.2. Eficiencia energética y consumo.....	69
6. Recomendaciones.....	71
7. Bibliografía.....	72

1. Introducción

La generación de energía eléctrica ha sido la herramienta fundamental en el desarrollo de la humanidad, específicamente para la producción de bienes y servicios que tienen por objeto el mejoramiento de la calidad de vida de las sociedades.

En los últimos años, la demanda energética ha crecido a un ritmo acelerado e imparable al tiempo que baja la eficiencia y aumentan descontroladas las emisiones de gases de efecto invernadero, pues se vive en una sociedad que está regida por el consumo de combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades energéticas.

Las fuentes de energía alternativa se han vuelto una solución viable y necesaria para revertir las consecuencias que trae consigo el cambio climático, ya que actualmente se tienen resultados de este fenómeno como los altos niveles de temperatura y lluvias atípicas, y es un problema que a la mayoría de la población afecta. Por ello la necesidad desarrollar e instrumentar proyectos, tales como la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para el cuidado al medio ambiente.

En el presente estudio se abordarán temas como eficiencia energética y energía solar que permita convertirla en energía eléctrica, terminando con un diseño de un sistema de iluminación alimentado por paneles fotovoltaicos, utilizando lámparas Led, para el cual se analizará el diseño en términos técnicos y económicos la factibilidad de la instalación del sistema en la Pizzeria Amore Mio de la ciudad de Cobija.

1.1. Planteamiento del problema

En los últimos años el consumo de energía eléctrica en Cobija se ha elevado a un ritmo superior al resto del País debido al crecimiento poblacional según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) En el período intercensal 2001 y 2012, el municipio de Cobija tuvo un crecimiento del 107,3% de su población, incrementándose de 22.324 a 46.267 habitantes, con proyecciones para el 2018, de un crecimiento poblacional, de 64.311 habitantes aproximadamente, con una tasa media de crecimiento anual del 6,5 %, donde el 91,4 % tiene acceso a la energía eléctrica, lo cual significa que existe una mayor demanda energética considerando su crecimiento poblacional.

Esta realidad pone de manifiesto que la electricidad es un recurso de creciente demanda y debido a que no nos encontramos conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN), el costo de energía eléctrica es mayor al resto del país.

Hoy en día, la tecnología fotovoltaica disponible comercialmente es una alternativa real para su aplicación en diversas tareas domésticas, industriales y agropecuarias. Sin embargo, es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin.

Pues bien, el problema que aquí se plantea está dado por el elevado consumo de energía eléctrica a causa del mal aprovechamiento de esta, junto con la dependencia de la planta eléctrica ENDE que utiliza diesel para la generación de electricidad, para lo cual es necesario buscar una forma alternativa de abastecimiento técnicamente factible y económicamente viable que permita reducir el consumo y los costos por este concepto.

Para identificar la solución al problema se debe elaborar el árbol de problemas como se explica a continuación:

Árbol de Problemas: Identifica las debilidades para el acceso a las energías limpias en la ciudad de Cobija, en este sentido la pregunta a contestar es la siguiente:

¿La implementación de un sistema solar fotovoltaico aislado destinado a la iluminación de la Pizzeria Amore Mio será técnicamente factible y económicamente viable comparado con el suministro de energía eléctrica tradicional?

Para responder a esta pregunta, se creó un árbol del problema, el cual es una herramienta participativa, que se basa en un análisis completo y correcto de una situación existente.

Este árbol cuenta con tres partes:

- a) Tronco: Cual es el problema principal? En este caso es el limitado acceso a las energías renovables de las actividades económicas del municipio de cobija.
- b) Raíces: Cuales son las causas del problema? Con respecto a este caso es la falta de conocimiento sobre las alternativas de energías renovables en la población Cobijeña.
- c) Hojas: Cuales son los efectos del problema? En este caso es la pérdida de la calidad de vida por el incremento de las emisiones de CO2 y el incremento de la demanda energética de la región.

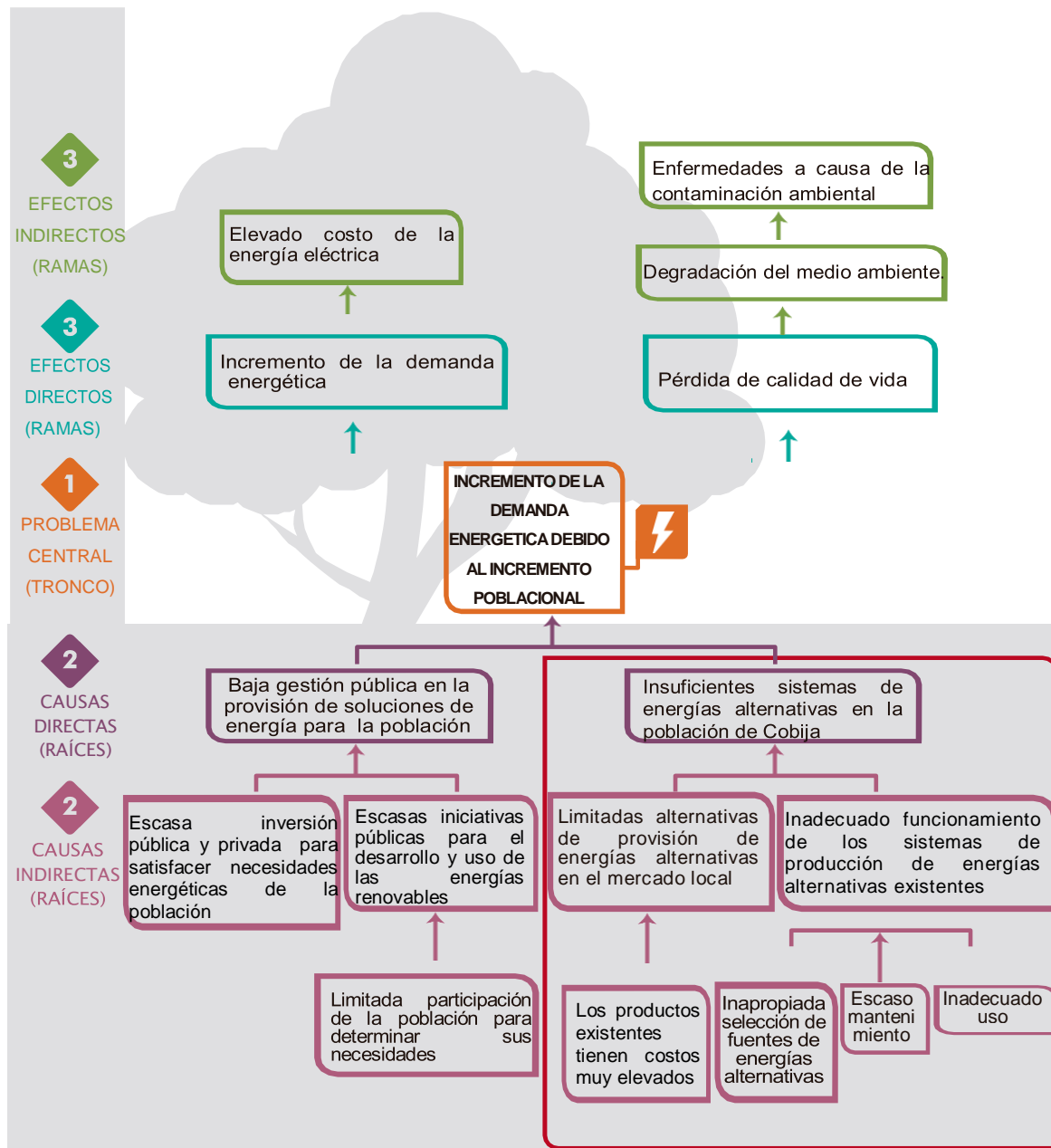


Figura 1. Árbol del problema.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el problema identificado, que es el incremento de la demanda energética debido al incremento poblacional en el municipio de Cobija del Departamento de Pando, esta tesis de grado ara un estudio y comparara resultados entre la generación de energía convencional a diesel versus la generación de energía fotovoltaica destinada a reemplazar la iluminación de la Pizzeria Amore Mio, con el fin de promover la eficiencia energética que contribuyan a la reducción de emisiones de dióxido de carbono que son generados por la planta de energía eléctrica ENDE Cobija y analizar la factibilidad técnica, económica y ambiental del sistema.

1.2. Justificación

Esta investigación busca evaluar y comparar la eficiencia energética de la implementación de unos paneles solares que pueda satisfacer la necesidad de energía eléctrica que requiere la Pizzeria Amore Mio, ya que atiende a pobladores del Municipio de Cobija como también a visitantes del interior y exterior del país.

Para la gran mayoría de los bolivianos, la electricidad es algo que siempre está disponible, se presiona un interruptor y algo se prende, se conecta un artefacto electrodoméstico y éste funciona, sin estar conscientes que detrás de estas simples acciones hay un largo camino, una gran infraestructura que puede ser afectada por factores climáticos, políticos, económicos o sociales. Cabe destacar que la electricidad debe ser generada, transportada, distribuida, medida y facturada, pero todo este proceso requiere de un sistema eléctrico que debe mantenerse al día, donde se incluye personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos, todo esto es para reflexionar y pensar en la necesidad de no malgastar este recurso, ni los que la hacen posible. En vista de esto el gobierno y algunas empresas particulares están emprendiendo planes, programas económicos y energéticos, con la finalidad de aumentar las reservas existentes y disminuir el uso desproporcionado que se tiene de la energía

eléctrica, como es el caso del presente trabajo que enmarca dentro de sus lineamientos la integración de un sistema fotovoltaico en una actividad económica.

Además, son muchas las posibilidades de reducción del consumo de energía que se gasta en una actividad económica, desde el simple cambio de una lámpara hasta la implementación de nuevos sistemas con equipamiento electrónico. Pensando en ello se desarrollara una tecnología que permita a la Pizzeria generar su propia energía eléctrica.

1.3. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Realizar un estudio de eficiencia energética mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico aislado comparado con la energía convencional suministrada por ENDE Cobija en la Pizzeria Amore Mio.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de paneles solares fotovoltaicos aislado para suplir la carga suministrada por ENDE Cobija destinada a la iluminación de la Pizzeria.
- Implementar el sistema solar fotovoltaico aislado mediante el montaje eléctrico de los paneles.
- Comparar los costos de inversión inicial de este sistema con el pago por el consumo de energía eléctrica del local comercial durante la vida útil del panel.
- Determinar la eficiencia energética de los paneles fotovoltaicos, comparado con el consumo de energía convencional, mediante la medición de la huella de carbono.

1.4. Hipótesis

El obtener energía eléctrica por medio de paneles solares fotovoltaicos producirá un beneficio económico y contribuirá a disminuir la huella de carbono debido a la quema de combustibles fósiles.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Eficiencia Energética.

La eficiencia energética como concepto, agrupa acciones que se toman tanto en el lado de la oferta como de la demanda, sin sacrificar el bienestar ni la producción, permitiendo mejorar la seguridad del suministro. Logrando, además, ahorros tanto en el consumo de energía como en la economía de la población en general. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en las finanzas de las empresas energéticas (Olade, 2007).

La eficiencia energética (EE) tiene como objetivo brindar un conjunto de acciones para reducir el consumo de la energía y alcanzar mayores beneficios finales, tales como un menor consumo de los recursos naturales y un menor impacto sobre el medio ambiente.

Para poder desarrollar la EE es importante contar con el apoyo de las tecnologías limpias, que brindarán un aporte significativo para lograr que las prácticas ambientales sean eficientes.

2.2 Luz

La luz es un conjunto de radiaciones electromagnéticas al cual el ojo humano es sensible. La sensibilidad del ojo humano varía para cada individuo, pero típicamente un individuo puede observar la radiación de longitud de onda entre 380nm (Luz Violeta) y 780nm (Luz Roja), esto corresponde a una pequeña porción del espectro electromagnético que se encuentra entre las radiaciones ultravioletas y las infrarrojas denominada Luz Visible. (Ver Figura 1).

La luz es emitida cuando los electrones exteriores (o de valencia) de los átomos realizan transiciones.

Cuando un átomo es excitado, ya sea por calentamiento, por el paso de una corriente eléctrica u otro tipo de excitación, los electrones pueden ser elevados desde su estado base (o de mínima energía) a un estado excitado (de más energía). Transcurrido un pequeño período de tiempo el electrón tiende por naturaleza a regresar a su estado base, a esto se le llama transición y en ésta la porción de energía excedente que tenía el electrón excitado es emitida, esta emisión puede estar en la región visible (luz) si el electrón que fue excitado era un electrón de valencia. (Halliday, 1993)

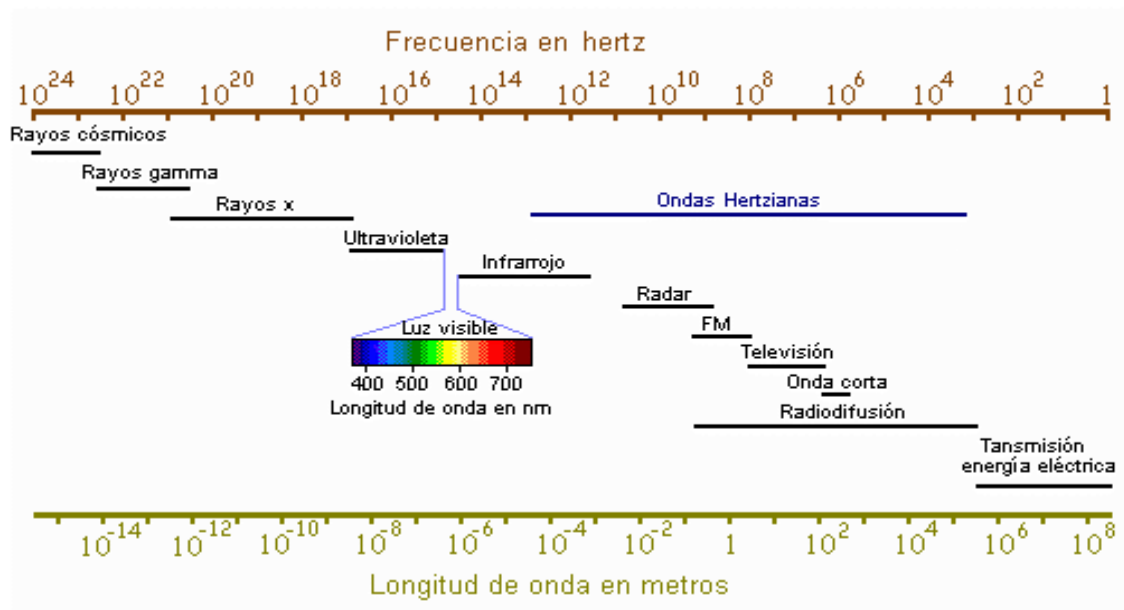


Figura 2. Espectro electromagnético.

Fuente: Fernández, (2012). Luminotecnia.

Los fenómenos que causan que un cuerpo emita radiaciones son básicamente dos, la Incandescencia y la Luminiscencia. Se llama Incandescencia a la capacidad que tienen algunos cuerpos de emitir luz al ser calentados.

2.3. Fuentes de Luz

Se entiende por fuente de luz a aquellos cuerpos que la generan, ya sea producida por ellos mismos o por que la reflejan. En nuestro entorno existen diferentes tipos de luz, las cuales pueden ser naturales o artificiales.

Así mismo se tienen las fuentes primarias, las cuales producen la luz por medio de procesos internos, por ejemplo el sol y son secundarias si estas producen la luz por reflexión como es el caso de la luna o de cualquier otra superficie que la refleje.

La primera finalidad de una fuente de luz consiste en producirla y la eficacia con que una lámpara realiza este cometido se expresa en lúmenes emitidos por watts consumidos, relación llamada eficiencia luminosa (Farras, 2011).

2.3.1. Luz Natural

La luz natural también conocida como luz diurna o de día, es aquella producida por el sol, se tienen tres tipos de luz natural, las directas, indirectas y difusas.

El sol determina las características esenciales de la luz natural disponible, el largo de los días y sus cambios estacionales, así como de los cambios de carácter que ocurren durante el día. Estas características dependen de los movimientos de la tierra, del ángulo de sus ejes y del ángulo de la superficie iluminada respecto al ángulo de incidencia del rayo de luz (Farras, 2011).

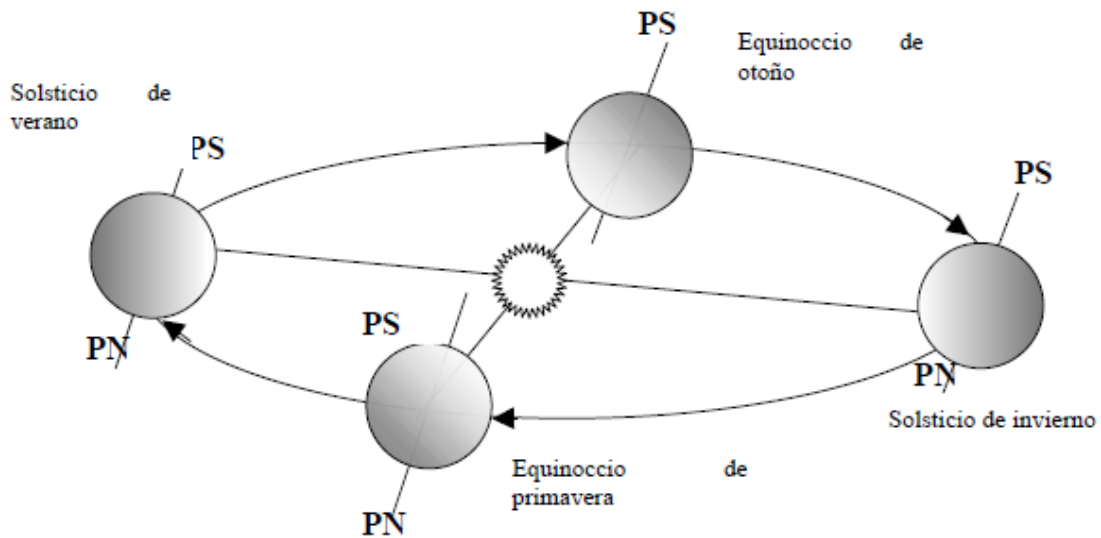


Figura 3. Gráfico de la geometría solar

Fuente: Tejada, A. y Gómez, G. (2015) Prontuario solar.

2.3.2. Luz Artificial

Es aquella provista por fuentes artificiales que poseen una distribución espectral similar a la luz natural, estas fuentes pueden ser muy variadas, ya que van desde lámparas de gas y aceite, velas y en su mayoría son lámparas y luminarios eléctricos. Representa el 19% del consumo de electricidad mundial (Osram.2004).

2.4. Sistemas de iluminación

Con el constante incremento por la conservación de la energía en los años recientes, se ha enfocado la atención en el consumo de energía y los métodos para reducir este.

Todas las actividades llevadas a cabo requieren iluminación: en casa, el transporte, la oficina, el comercio y la industria.

Un sistema de iluminación es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un aumento de iluminación en el plano de trabajo para la realización de actividades específicas.

El objetivo de estos sistemas no es simplemente el proporcionar luz, si no permitir que las personas reconozcan fácil y claramente, sin error lo que ven, sin fatigar la vista.

Todo esto dependerá del tipo de luminario utilizado para la iluminación del inmueble, entre los parámetros que sirven para definir una lámpara tenemos las características fotométricas: la intensidad luminosa, el flujo luminoso y el rendimiento o eficiencia.

Además de estas, existen otros que nos informan sobre la calidad de la reproducción de los colores y los parámetros de duración de las lámparas (Farras, 2011).

2.5. Tipos de Lámparas

En la actualidad las fuentes de iluminación más populares son seis: lámparas incandescentes, fluorescentes, vapor de mercurio, aditivos metálicos y vapor de sodio (baja y alta presión). Todas estas lámparas con excepción de las incandescentes son lámparas de descarga de gas, lo que significa que la luz es creada a través de la excitación de los gases dentro de la lámpara.

La eficiencia es determinada por la cantidad de luz, medida en lúmenes producidos por cada watt de energía requerida por la lámpara. Los lúmenes por watt (LPW) de varias fuentes de luz pueden variar considerablemente. (Osram. 2008)

Actualmente se están desarrollando nuevas tecnologías en equipos de iluminación, dando como resultado el uso de lámparas LED, lámparas que utilizan diodos emisores de luz como fuente luminosa.

2.5.1. Lámparas Incandescentes

Las lámparas incandescentes es uno de los tipos más comunes de fuentes de luz, aun siendo esta la lámpara con la menor eficiencia (lúmenes por watt) y el menor tiempo de vida.

La luz es producida en eta lámpara por el efecto Joule cuando el filamento es calentado hasta la incandescencia, siendo este una resistencia al flujo de la corriente eléctrica.

El invento de la lámpara incandescente se le atribuye a Thomas Alva Edison.

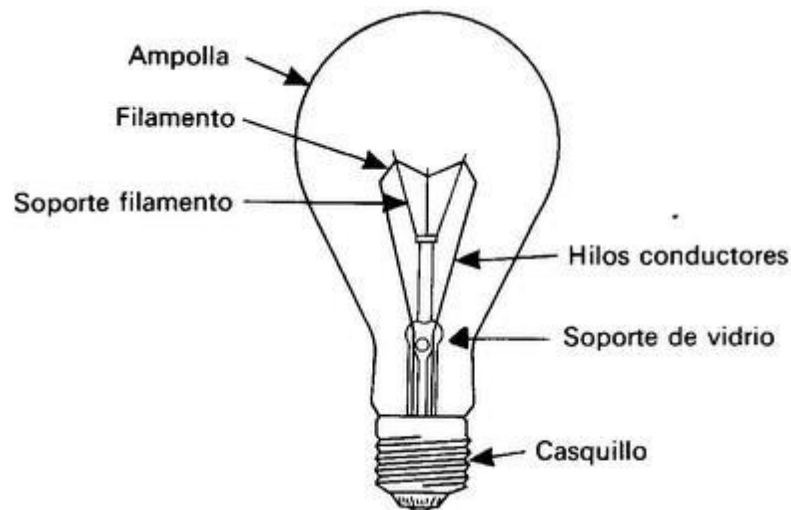


Figura 4. Bombilla incandescente

Fuente: Tanides, C. (1998). El Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Iluminación Residencial

2.5.2. Lámparas Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes se están convirtiendo en el tipo más común de fuente luminosa, es fácil distinguirlas por su diseño tubular, su operación consiste en un arco eléctrico producido entre dos electrodos, los cuales están separados dependiendo la longitud del tubo, la luz ultravioleta producida por el

arco activa un revestimiento de fósforo en el interior de las paredes del tubo, causando que la luz sea producida.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por estar formadas por un tubo cilíndrico, con casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos.

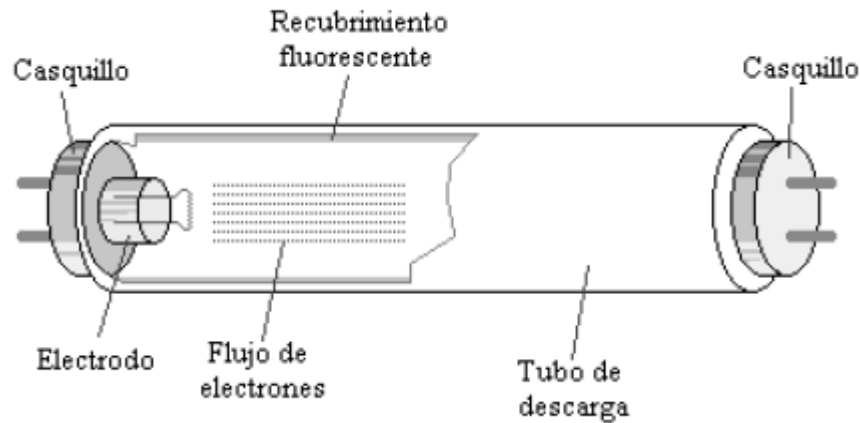


Figura 5. Lámpara fluorescente

Fuente: Tanides, C. (1998). *El Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Iluminación Residencial*

2.6. Lámparas LED

Lámparas de bajo consumo LED suponen una alternativa ecológica de gran calidad a las bombillas incandescentes.

Un LED (diodo de emisión de luz) es una fuente de luz que encaja perfectamente en un circuito eléctrico. Debido a que los LED se iluminan por el movimiento de los electrones en un material semiconductor, los LED no se queman, no se calientan y no utilizan sustancias peligrosas como el mercurio, además de ser reciclables. (Obralux. 2005)

La tecnología LED aporta la mejor eficiencia disponible para la conversión de energía eléctrica en luminosa. Con una eficiencia energética media de un 85% se pueden obtener más de 80 lúmenes por watt.

La emisión de luz que proporcionan los LED es direccional, la luz blanca que producen los LED, permite la mejor reproducción cromática actualmente disponible. Colores intensos y claramente diferenciados.

Actualmente las lámparas de LED se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil.



Figura 6. Lámparas LED

Fuente: Tanides, C. (1998). *El Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Iluminación Residencial*

2.7. La Energía Solar.

Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. (Orbegozo y Arivilca, 2010).

Sin la presencia del sol no existiría vida en la tierra. El planeta sería demasiado frío, no crecerían las plantas ni habría vida alguna, exceptuando por algunas

bacterias. Todos nuestros recursos energéticos provienen indirectamente del sol.

Los combustibles fósiles son plantas y árboles muy antiguos, que crecieron gracias a la luz solar y han sido comprimidos durante millones de años. La energía eólica e hidráulica son generadas mediante procesos conducidos por el sol. La madera para combustible es obtenida de los árboles, los cuales no podrían crecer sin luz solar. (Orbegozo y Arivilca, 2010).

2.8. La radiación solar

El calor se logra mediante los colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación.

La radiación solar se valora en tres unidades físicas concretas:

- Radiación directa: Es la radiación que llega a un determinado lugar procedente del disco solar, su unidad de medida es $[W/m^2]$.
- Radiación difusa: Es la radiación procedente de toda bóveda celeste excepto la procedente del disco solar y cuya unidad de medida es $[W/m^2]$.
- Radiación reflejada: Es la radiación reflejada por el suelo (albedo), se mide en $[W/m^2]$.

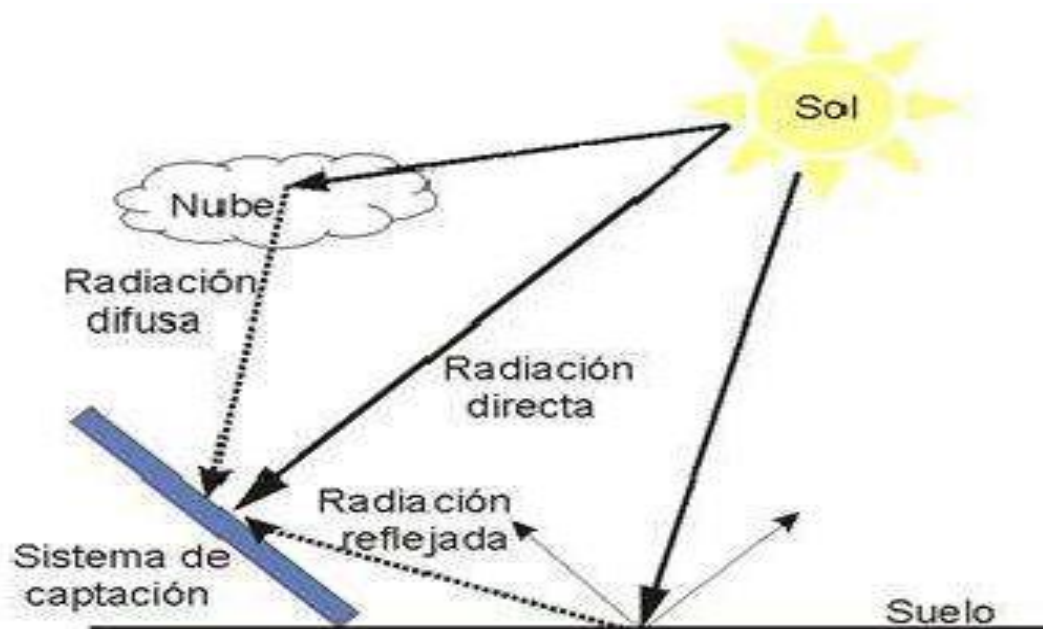


Figura 7. Ilustración de diferentes radiaciones procedentes del sol.
 Fuente: Lucano, M., y Fuentes M. (2010). Evaluación del potencial de radiación solar global utilizando modelos de sistemas de información geográfica e imágenes satelitales

2.8.1. Radiación solar en Bolivia y su aprovechamiento

Un estudio difundido por la Plataforma Energética del Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (Cedla) revela que el 97 por ciento del territorio nacional es apto para la utilización de la energía solar, gracias a los altos niveles de radiación solar en gran parte del territorio boliviano.

Se puede concluir que la utilización de la energía solar a nivel de todo el territorio nacional es factible, a excepción de algunas zonas que constituyen menos del 3 por ciento del territorio nacional, señala el estudio denominado "Rol e impacto socioeconómicos de las energías renovables del área rural de Bolivia".

La investigación desarrollada por Miguel Fernández Fuentes identificó que el único espacio "impracticable" para la utilización de la energía solar son las zonas de formación de nubes ubicadas en las fajas orientales de la Cordillera de Los Andes, por la baja tasa de radiación solar.

Los altos valores de radiación solar en Bolivia, según el estudio publicado en 2011, se deben a la posición geográfica que tiene el territorio, el cual se encuentra en la zona tropical del sur, entre los paralelos 11° y 22°. Por ello, la tasa de radiación entre la época de invierno y verano no representa diferencias que sobrepasen el 25 por ciento.

Bolivia tiene la ventaja de ser uno de los países en el mundo de recibir grandes cantidades de energía solar, por encontrarse cerca al desierto de Atacama, que es el centro de radiación solar para la América Latina. Esta es una razón para el aprovechamiento y la aplicación de la energía solar.

El sol envía energía en forma de rayos solares, llamada también radiación solar. Esta radiación no siempre es igual, se sabe que en el verano hace más calor que en invierno. Hay días cuando el sol tiene menor intensidad, porque el cielo está nublado.

Antes de llegar los rayos del sol a los lugares donde están instalados los paneles solares, la radiación debe pasar por una capa de aire, la atmósfera, que es el aire que se respira y donde se encuentran las nubes.

El Altiplano por estar en altura tiene menor cantidad de aire. Esto se experimenta cuando se llega del trópico y tiene problemas para respirar. Los rayos del sol para llegar a la tierra en el Altiplano no tienen que atravesar una capa gruesa de la atmósfera; por esta razón, el Altiplano de Bolivia cuenta con la mayor oferta de la energía solar. La radiación solar baja su intensidad en los valles y tiene su menor intensidad en las llanuras. No obstante, los sistemas fotovoltaicos dan igualmente muy buenos resultados en el trópico de Bolivia.

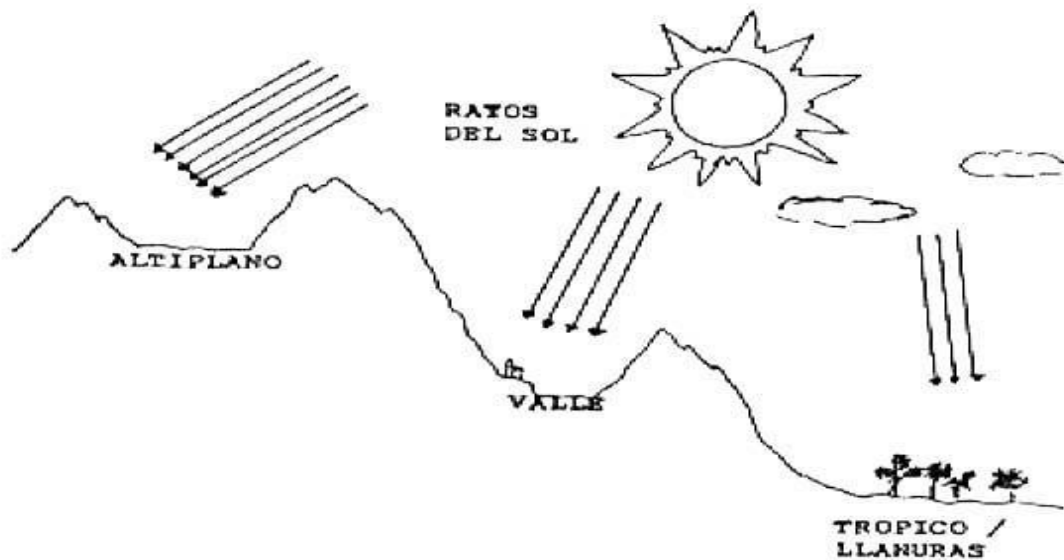


Figura 8. Rayos solares en diferentes lugares de Bolivia.

Fuente: Mayer, F. (2013) Tecnologías de Energía Solar en Bolivia.

Existen diferentes tipos de rayos que llegan a la superficie de la tierra. Cuando no hay nubes o son pocas es cuando se puede notar claramente el sol, los rayos del sol producen sombras bien marcadas. Esta es la parte de los rayos solares que se llama “RADIACIÓN DIRECTA”.

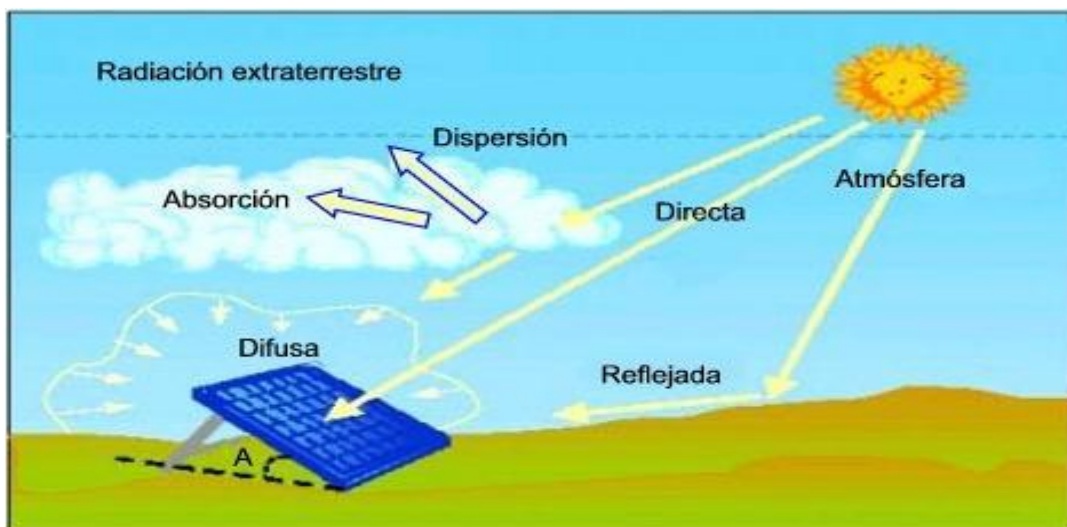


Figura 9. Componentes de la radiación solar que llega a la tierra.

Fuente: Fernández, D. 2012. Luminotecnia.

Cuando el cielo está completamente nublado esto no significa que no hay luz durante el día. Hay menos luz y no se produce sombra. Existe una luz difusa. Por esto, esta parte de los rayos del sol se llama “radiación difusa”. Este tipo de rayos se tiene también en días semi-nublados, son los rayos que pasan a través de las nubes.

Ambos tipos de rayos contribuyen a la generación de energía eléctrica con los paneles solares. También en días nublados se puede ganar un pequeño monto de energía eléctrica. El conjunto de los dos tipos de rayos solares se llama “radiación global”.

2.8.2. Captación de la energía Solar

Para captar los rayos solares, la superficie de los paneles fotovoltaicos debe estar orientada hacia el sol. La mejor generación de corriente eléctrica se tiene cuando los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el panel solar.

Los rayos solares que inciden perpendicularmente sobre el panel o la celda solar producen más energía eléctrica que rayos que inciden inclinados sobre el panel o la celda.

Para un panel fotovoltaico montado sobre un techo o caballete en forma fija se tiene el problema que el sol sube en el este en la mañana, gana en altura hasta mediodía para bajar después en el oeste. La oferta de energía solar que recibe el panel fijo durante el día es variable.

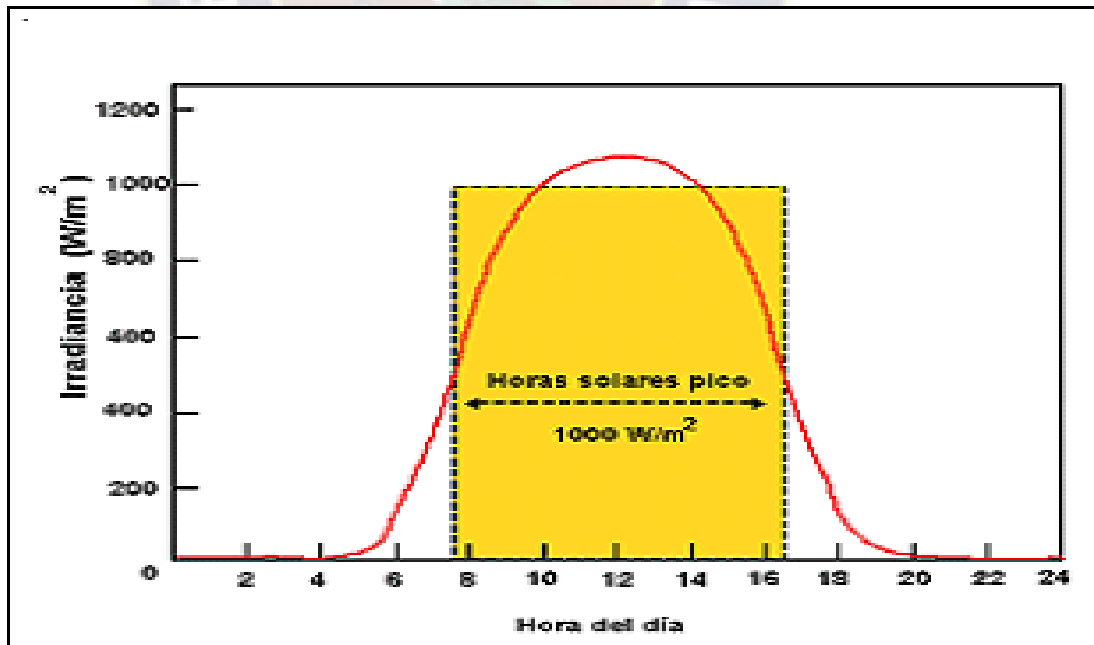


Figura 10. Oferta de la radiación solar durante un día.

Fuente: Lucano, M., y Fuentes M. (2010). Evaluación del potencial de radiación solar global utilizando modelos de sistemas de información geográfica e imágenes satelitales.

No se debe pensar solamente en el movimiento del sol durante un día, se debe tomar en cuenta las diferentes posiciones del sol durante el año.

Todos saben que durante el año el sol cambia su altura en el cielo. Se utiliza la posición del sol durante mediodía, porque a este tiempo, la fuerza del sol es más poderosa.

En junio se ve que el sol se ve en el Norte, mientras que en noviembre y febrero el sol sea encuentra directamente encima de nuestras cabezas. En diciembre, a mediodía, el sol brilla desde el sur. Tomando en cuenta todos los meses del año, se nota que la mayor parte del año el sol se ve desde el norte.

Significa, que por un lado un panel fotovoltaico debe mirar hacia el norte para captar un máximo de los rayos solares y así funcionar bien. Esta orientación hacia el norte es válida para el hemisferio SUR donde se encuentra Bolivia.

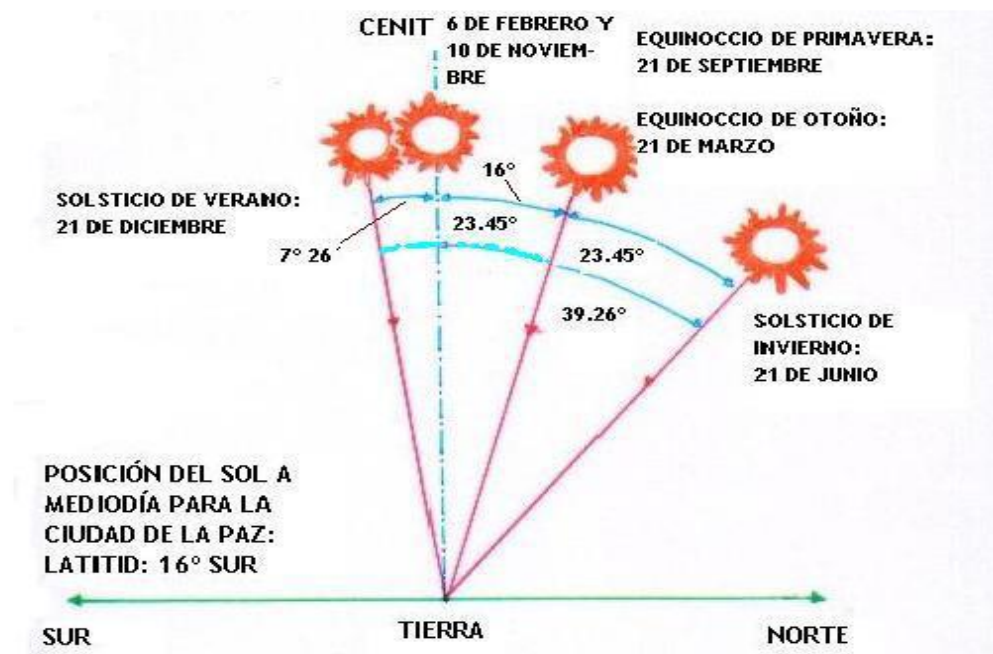


Figura 11. Posiciones del sol a mediodía para diferentes meses del año
Fuente: Lucano, M., y Fuentes M. (2010). Evaluación del potencial de radiación solar global utilizando modelos de sistemas de información geográfica e imágenes satelitales.

Por otro lado, un panel debe estar orientado casi perpendicularmente a los rayos solares cuando ellos tienen su mayor intensidad, significa una orientación hacia la posición del sol a mediodía.

Como ya se ha visto, esta posición es distinta durante los diferentes meses del año. Se puede encontrar dos diferentes soluciones para este problema:

- Ajustar el ángulo del panel fotovoltaico cada 3 meses.
- Mantener una posición fija buscando un ángulo de inclinación promedio.

Las desviaciones para invierno y verano son de tal manera, que durante invierno, cuando hay menos radiación solar, esta inclinación hacia el norte aumenta el monto de energía solar recibida en comparación con una superficie horizontal. Al revés, para verano, cuando hay una mayor oferta de radiación solar, el monto de energía eléctrica producida es un poco más bajo porque la

cubierta transparente del panel solar refleja parte de la radiación solar. Al final, para un ángulo de 11° se recibe para Cobija un monto casi uniforme de energía solar durante el año.

Mirando a un mapa se nota que la ciudad de Cobija está ubicada casi a 11° de Latitud Sur. Significa que la inclinación de 11° de un panel fotovoltaico en la ciudad de Cobija corresponde a su latitud y da buenos resultados durante todo el año.

Esta observación es válida para todos los otros lugares de Bolivia. Inclinando el panel con el mismo ángulo que la latitud del lugar de la instalación da resultados casi uniformes de generación de energía eléctrica durante todo el año.

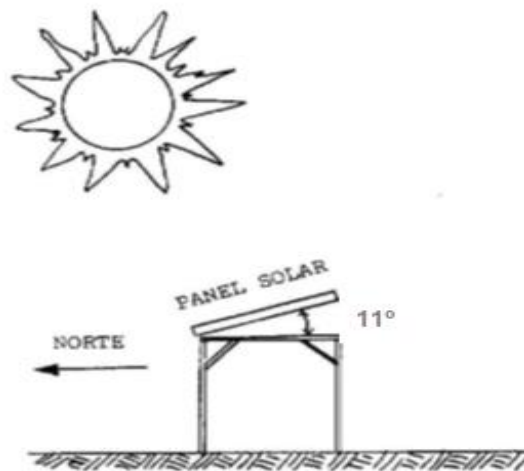


Figura 12. Orientación recomendable para un panel fotovoltaico (Ejemplo para la ciudad de Cobija).

Fuente: Mayer F. (2013) Tecnologías de Energía Solar en Bolivia.

No se debe olvidar, en todos estos casos, el panel debe mirar siempre hacia el norte con la inclinación que corresponde a la ubicación (latitud) del lugar de la instalación.

Tabla 1: Inclinaciones óptimas de paneles fotovoltaicos para diferentes lugares de Bolivia

Lugar	Grados de inclinación hacia el norte
Cobija	11°
Cochabamba	17°
Desaguadero	16°
El Alto	16°
La Paz	16°
Nor Yungas	16°
Oruro	18°
Potosí	19°
Santa Cruz	18°
Sucre	19°
Sur Yungas	16°
Tarija	21°
Trinidad	15°
Uyuni	20°

Fuente: Mayer F. (2013) Tecnologías de energía solar en Bolivia.

En la tabla 1 se nota, que las diferencias en la inclinación para los diferentes lugares no son tan grandes. En las instalaciones realizadas durante varios años, se ha visto que utilizando una inclinación de 16° o 20° hacia el NORTE como promedio para toda Bolivia tiene poca influencia para regiones del país ubicados en el extremo norte o sur. Trabajando con inclinaciones de 20° se puede aprovechar las inclinaciones de techos para poder montar los paneles fotovoltaicos sin problemas. Se ha visto también que desviaciones hasta 45°

respecto al norte, o sea los paneles miran hacia nor-este o nor-oeste no tienen demasiadas implicaciones en el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

2.9. El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica como se puede observar en la figura 12.

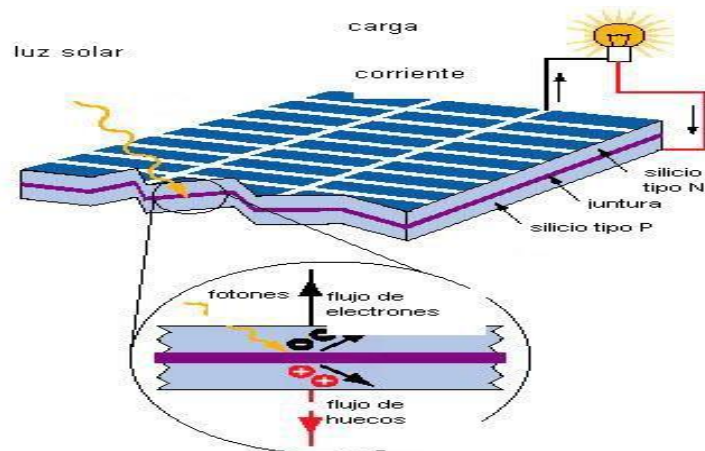


Figura 13. Esquema del efecto FV
Fuente: Orbeago y Arivilca, (2010).

La eficiencia de las celdas solares es determinante para reducir los costos de los sistemas fotovoltaicos, ya que su producción es la más cara de todo el sistema. La tabla 2 muestra un panorama de las eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celdas. (Orbeago y Arivilca, 2010)

Tabla 2. Eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celdas solares.

Tecnología	Simbolo	Características	Eficiencia de celdas en laboratorio(%)	Eficiencia típica en módulos comerciales (%)
Silicio monocristalino	sc - Si	tipo oblea	24	(13-15)
Silicio policristalino	mc - Si	tipo oblea	19	(12-14)
Películas de silicio cristalino cobre ceramica	f - Si	tipo oblea	17	(8-11)
Película de silicio cristalino sobre vidrio		película delgada	9	
Silicio amorfo (incluye tandems silicio - germanio)	a - Si	película delgada	13	(6-9)
Diseleniuro de cobre - indio / galios	CIGS	película delgada	18	(8-11)
Telurio de cadmio	CdTe	película delgada	18	(7-10)
Celdas organicas (incluye celdas de TiO2 sensibles a la humedad)		película delgada	11	
Celdas tandem de alta eficiencia	III - V	tipo oblea y película delgada	30	
Celdas concentradoras de alta eficiencia	III - V	tipo oblea y película delgada	33 (tandem) 28 (solo)	

Fuente: Orbegozo y Arivilca, (2010).

En Bolivia, las principales tecnologías que se comercializan son: Módulos de silicio monocristalino, policristalino y películas delgadas de silicio amorfo.

2.10. Los sistemas solares fotovoltaicos aislados.

Un sistema fotovoltaico aislado o autónomo se trata de un sistema auto-abastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico. La corriente producida por el módulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V o 48V. (Pareja, M. 2010)

La energía eléctrica producida se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía. (Pareja. 2010)

El regulador de carga es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil. (Pareja. 2010)

Este tipo de instalaciones son muy útiles para abastecer lugares de difícil acceso a donde llevar un punto de conexión de la Red Eléctrica resulta demasiado caro. Caso de existir grupos electrógenos permiten mejorar el nivel de vida al reducir o eliminar los ruidos, olores de combustibles y mantenimientos costosos. (Pareja. 2010)

2.11. Componentes de una central Fotovoltaica.

Una central solar fotovoltaica cuenta con distintos elementos que permiten su funcionamiento entre las cuales tenemos las principales: Paneles fotovoltaicos, inversores de corriente continuo a corriente alterna, regulador de carga, baterías, etc.

2.11.1. Paneles solares

La mayor parte de los módulos o paneles fotovoltaicos poseen entre 36 y 96 células conectadas en serie. En la primera época de las instalaciones fotovoltaicas, su aplicación principal eran las instalaciones aisladas, en las que se empleaban baterías de 12 V para el almacenamiento de la energía. En la

actualidad, los módulos estándar llegan a entregar una potencia de hasta 300 W, con unos valores de tensión que rondan los 30 V.

Los paneles fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado de la potencia pico que corresponde a la potencia máxima que el modulo puede entregar bajo condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25°C (no temperatura ambiente)

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

2.11.2. Células cristalinas

Una célula solar típica posee en la actualidad una superficie de 244 cm² y produce una potencia de unos 4 W con una tensión de 0.5 V y una intensidad de 7 y 8 amperios. Estos valores hacen necesario una conexión de varias células en serie.

- Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Policristalinas: Cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas. Las células de silicio policristalinas tienen una estructura no uniforme, se fabrican en moldes rectangulares. La mayor parte de los paneles solares que se comercializan están formados por células de silicio policristalinas. Los paneles de silicio policristalinas poseen una eficiencia de entre el 13 - 16 %, estos valores aumentan sensiblemente cada año.

2.11.3. Amorfos

Cuando el silicio no se ha cristalizado.



Figura 14. Tipos células solares

Fuente: Pareja. (2010). Calculo de una instalación aislada.

La efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también su peso, grosor y coste. El rendimiento de las monocristalinas y policristalinas pueden alcanzar el 20%, mientras que el de las de capa fina puede no llegar al 10%, sin embargo su coste y peso es muy inferior.

2.11.4. Estructura del panel

La agrupación de las células formando un circuito es lo que se conoce como módulo o panel fotovoltaico.

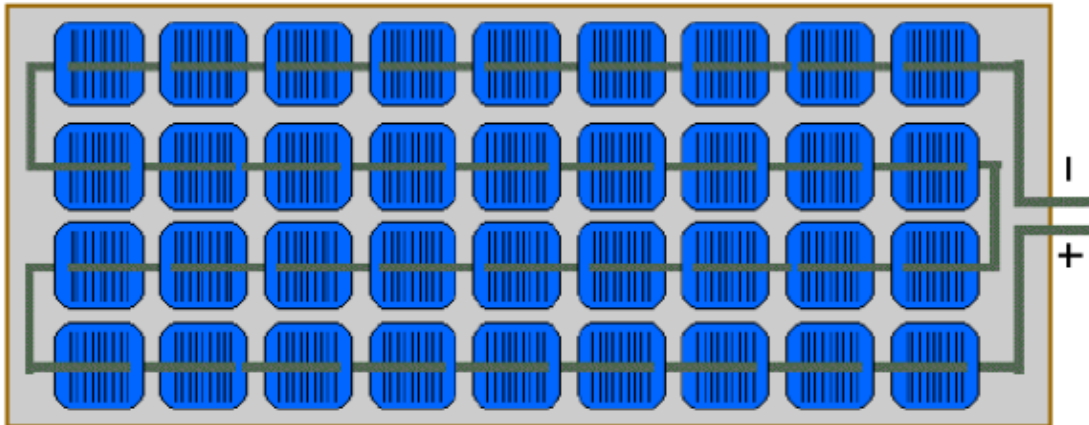


Figura 15. Estructura del panel

Fuente: Pareja. (2010). Cálculo de una instalación aislada.

2.11.5. Inversor

Su función es alterar la tensión y características de la intensidad que reciben convirtiéndola a la adecuada para los usos que necesiten (suministros). Existen diferentes clases de convertidores: *cc/cc*, *ca/cc*, *ac/cc*, *cc/ac*. (Pareja, M. 2010)

El más utilizado en una instalación fotovoltaica aislada es el del tipo *cc/ac*, que convierte la tensión del banco de batería a consumos de corriente alterna. A este tipo de reguladores se les suele denominar inversores. (Pareja, M. 2010)

Los de tipo *ca/cc* y *ca/ca* no se utilizan en instalaciones solares fotovoltaicas aisladas.

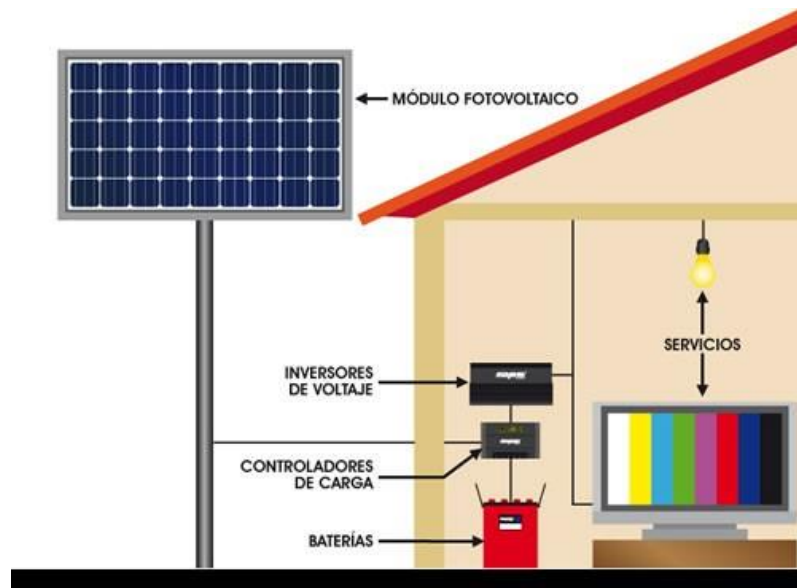


Figura 16. Componentes de un sistema fotovoltaico aislado
Fuente: Pareja. (2010). Calculo de una instalación aislada.

2.11.6. Baterías

La energía producida por el campo fotovoltaico se caracteriza por su variabilidad tanto diaria como estacional y, además, su aleatoriedad. Esto afecta negativamente a la disponibilidad de la energía y, consiguientemente, a su autonomía. Para evitar este inconveniente es necesario incluir en el sistema los acumuladores eléctricos o baterías. (Pareja, M. 2010)

El uso de acumuladores eléctricos, o batería, permite:

- Dotar al sistema de una fuente eléctrica independiente de las condiciones de radiación solar existentes.
- Dotar al sistema de una autonomía de servicio de los módulos fotovoltaicos.
- Dotar al sistema de cierta capacidad de puntas de intensidad superiores a la nominal.

- Dotar al sistema de condiciones de estabilidad en la tensión aceptables para los elementos de consumo.

Temperatura: factor decisivo para la vida de baterías.

La **temperatura** tiene gran influencia sobre la batería, una temperatura entre 20 y 25°C es lo óptimo para una batería en uso. A más alta temperatura, la vida es más reducida. Una temperatura 10 grados arriba de 25°C puede cortar la vida por la mitad.

Eficiencia de Baterías Solares

La capacidad de las baterías varía según su tipo, su calidad de construcción, la temperatura, vejez, y el estado de descarga. Una batería descargada con una corriente alta en poco tiempo tiene menos capacidad que la misma descargada con una corriente pequeña sobre un tiempo prolongado.

Más importante es la diferencia entre la cantidad de energía que entra en la batería (cargando) y la que es disponible en la batería (descargando). Esta eficiencia de Coulomb (también conocido como eficiencia de Faraday) es en baterías normales de plomo entre 70 y 85%. Significa por ejemplo que de 100Ah usados para cargar la batería, solamente entre 70 y 85Ah son disponibles, el resto de la energía se pierde principalmente en calor y el proceso químico.

2.11.7. Tipos de Baterías de Aplicaciones Solares

Baterías de Gel. En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. La corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas.



Figura 17. Baterías de Gel
Fuente: Pareja. (2010). Calculo de una instalación aislada.

Baterías tipo AGM. Estas baterías cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos. Sus ventajas son una alta resistencia en climas fríos, su auto descarga sobre el tiempo es mínimo y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo (hasta 95%). Tienen una baja resistencia interna que permite corrientes altas. Desventaja, aparte del precio, es su vulnerabilidad más alta a descargas profundas. La vida puede variar considerablemente según la calidad.

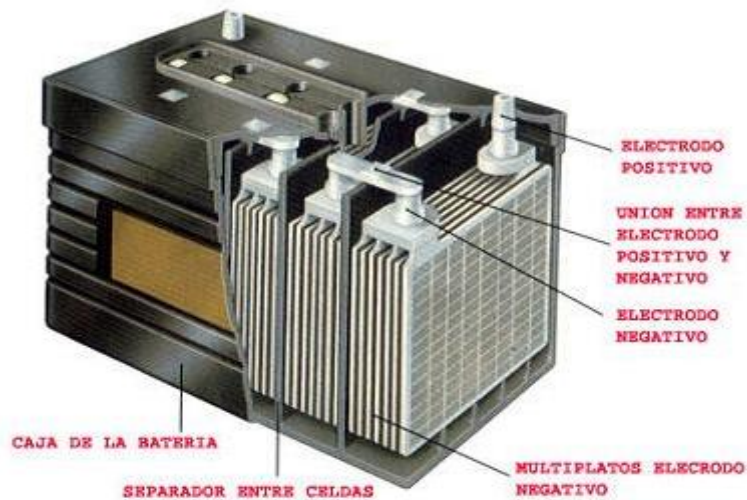


Figura 18. Baterías tipo AGM
Fuente: Pareja. (2010). Calculo de una instalación aislada.

Batería de Ión-Litio: Es el tipo de baterías más conocido por su uso en instrumentos cotidianos como telefonía móvil, ordenadores portátiles...El Ion Litio predomina en el desarrollo de los vehículos eléctricos debido a que posee unas prestaciones bastante elevadas, de hecho, se espera que sea la tecnología más extendida del futuro.

Ventajas:

Cuentan con una energía específica muy elevada 80 - 170 Wh/Kg, casi el doble que las NiHM y más de cuatro veces las de plomo, aunque es bastante complicado encontrar en el mercado actual, baterías por encima de los 115Wh/Kg.

Presentan un bajo "efecto memoria", por lo que tienen una muy buena capacidad de recarga. Su impacto medioambiental puede considerarse moderado.

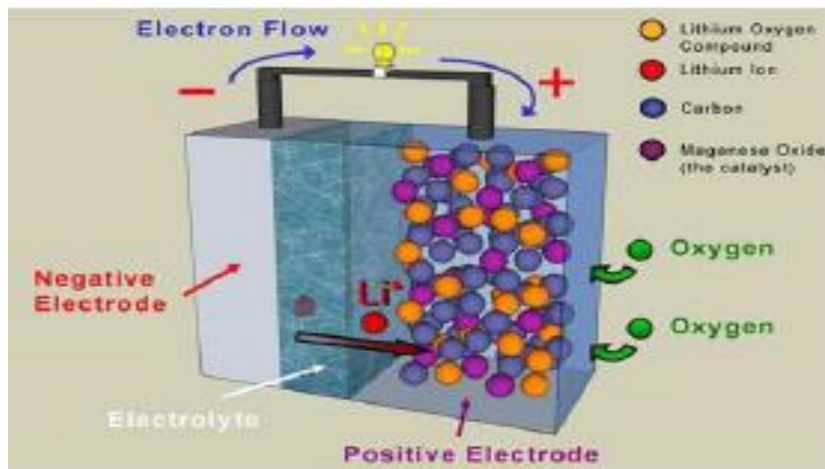


Figura 19. Esquema batería ión-litio
Fuente: Pareja. (2010). Calculo de una instalación aislada.

Queremos destacar que no existe la mejor batería. Hay que encontrar la batería óptima para cada solución.

Hay una tendencia de cada vez más usar las de tipo li-ion por su buena relación de vida y su manejo fácil con un peligro reducido.

Existen baterías líquidas tradicionales aptos para aplicaciones solares y eólicas de una excelente calidad con una vida extrema que se usan frecuentemente en operaciones de altas exigencias (un ejemplo son las baterías tubulares OPzS de Hoppecke que pueden alcanzar una vida de diseño hasta 25 años).

2.11.8. Regulador de carga.

El regulador es el encargado de controlar los procesos de carga y descarga de la batería. Las principales tareas que realiza son (Pareja, M. 2010):

- Evita sobrecargas en la batería: que una vez cargada la batería (EDC=100%) no continúe cargando. Así se evita la generación de gases y aumenta la vida de la misma.
- Impide sobredescarga de la batería en los periodos de luz solar insuficiente: cuando una vez la batería este descargada no continúe suministrando corriente a la instalación; aumenta la vida de la batería.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.

2.12. Dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos.

El dimensionamiento del sistema FV consiste en determinar su capacidad para satisfacer la demanda de energía de los usuarios. En zonas rurales y aisladas, donde no existen sistemas auxiliares, el sistema FV debe poseer una alta confiabilidad. Debido a que un sistema es un conjunto de componentes, cada uno de ellos debe ser tan confiable, que no ponga en peligro al sistema. El método de dimensionamiento se fundamenta en el balance de energía (Orbegozo, y Arivilca, 2010):

Energía generada = Energía consumida + Pérdidas propias del sistema FV

Los requerimientos del usuario son el punto de partida de todo ciclo. En el caso de la energía renovable esto no es diferente. Junto con las condiciones climáticas, que ya han sido discutidas con detenimiento en la sección de recursos de energía solar, un sistema puede diseñarse exactamente para satisfacer las necesidades del usuario a los más bajos costos (Orbegozo y Arivilca, 2010).

Después de que el sistema se ha diseñado y se ha determinado su tamaño, el usuario debe ser instruido en cómo operar y dar mantenimiento a su sistema. Para esto debe dársele un entrenamiento rápido, pero sencillo, y completo junto con un manual con texto y diagramas fáciles de comprender (Orbegozo y Arivilca 2010).

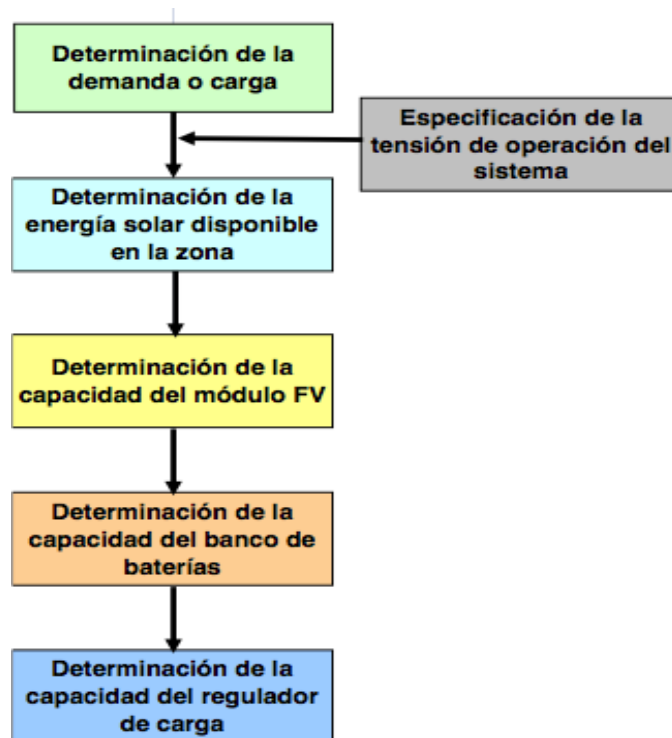


Figura 20. Diagrama de flujo de un sistema fotovoltaico.

Fuente: Orbegozo y Arivilca, (2010). Manual técnico para instalaciones domiciliarias.

2.13. Energía Fotovoltaica en Bolivia.

Las dos terceras partes de Bolivia, cuya posición latitudinal está entre los paralelos 9° 40'S y 22° 53' O, se encuentran en la franja de mayor radiación solar. Esta situación hace que cuente con uno de los mayores niveles de intensidad solar del continente. La incidencia solar en el territorio nacional alcanza los promedios anuales de 5,4 kWh/m² día de intensidad y de 7 h/día de insolación efectiva.

2.13.1. El potencial Solar

El año 2010 (CEDLA, 2010), el Proyecto de Energía Solar de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) en Cochabamba actualizó la información sobre energía solar, presentando un mapa de radiación, el mismo que fue preparado usando datos meteorológicos satelitales y validado localmente, con mediciones puntuales, lo cual ha permitido ajustar los datos globales a la especificidad regional.

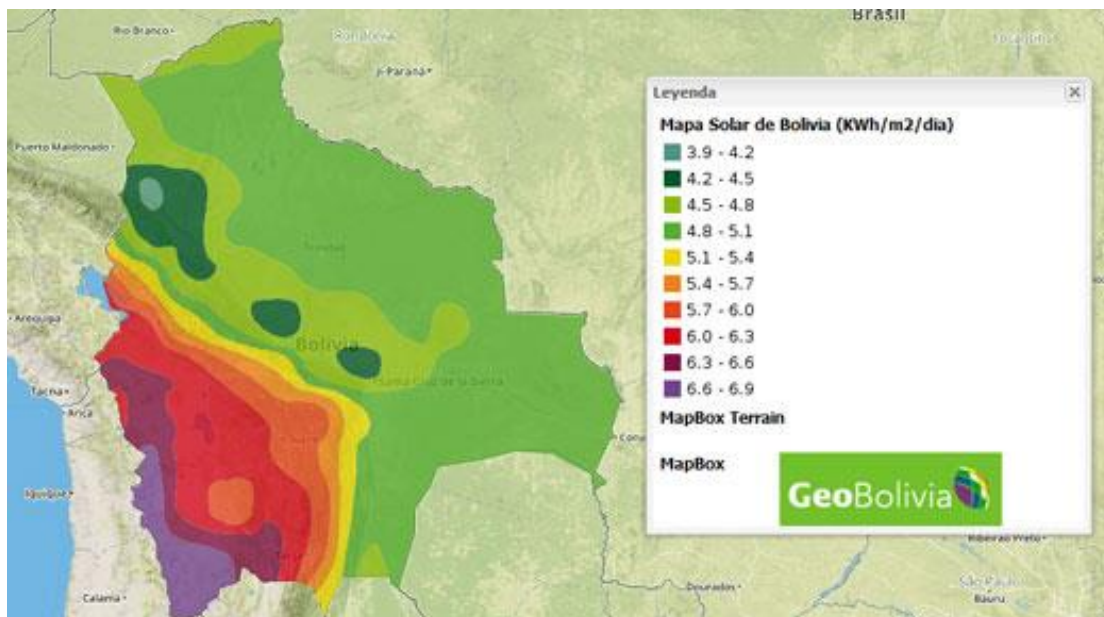


Figura 21. Mapa de Radiación Solar Media Anual para Bolivia.
Fuente: GeoBolivia. (2010)

En Bolivia las regiones del Altiplano y de los Valles interandinos reciben una alta tasa de radiación solar; entre 5 y 6 kWh/m²día, dependiendo de la época del año. En la zona de los Llanos la tasa de radiación media se sitúa entre 4,5 y 5 kWh/m²día.

Los altos valores de radiación solar en Bolivia se deben a la posición geográfica que tiene su territorio, el cual se encuentra en la zona tropical del Sur, entre los paralelos 11° y 22° Sur. Por ello la tasa de radiación entre la época de invierno y verano no representa diferencias que sobrepasen el 25%, a diferencia de otras regiones del globo que se encuentran en latitudes mayores.

La presencia de la cordillera de los Andes modifica en alguna medida la radiación solar, beneficiando con una mayor tasa a las zonas altas como el Altiplano.

Los altos niveles de radiación solar, hacen que el aprovechamiento de esta fuente de energía sea posible de realizar en prácticamente todo el territorio nacional.

La visión y rol estratégico del sector eléctrico establecidos a partir del nuevo modelo de desarrollo promovido por el actual gobierno ha permitido impulsar intensivamente programas y proyectos de energías alternativas de manera planificada, continua y sostenida, obteniéndose resultados concretos y significativos que contribuyen al incremento dinámico de la cobertura de acceso al servicio básico de electricidad a través del Programa Electricidad para Vivir con Dignidad.

El Estado Boliviano, asumió la meta de incorporar a su matriz energética un promedio de 180 Mw de energía alternativa de fuentes no tradicionales hasta el año 2025, como primeros pasos instaló más de 20 mil sistemas fotovoltaicos domiciliarios, y pone en marcha la primera planta fotovoltaica híbrida del país,

que se está construida a 6 km al sureste de la ciudad de Cobija, comprende una parcela de unas 15 ha, dentro del terreno de la Gobernación de Pando.

Para alcanzar los 5 MW de capacidad nominal, se ha diseñado una planta con un total de 17.352 paneles Yingli de 300 W, agrupados en strings de 18 paneles. Se han dispuesto estos paneles sobre unas estructuras de soporte de 6 m de longitud y con una capacidad de 12 paneles (3 a lo ancho y 4 en altura), por lo que en cada conjunto de 6 estructuras se instalan 4 strings de 18 paneles, cada uno.

Se ha dividido toda la planta fotovoltaica en tres campos, conectados a tres edificios de transformación. Cada uno de estos tres edificios, cuenta con dos inversores del fabricante alemán SMA (SC 800CP XT) de 850 kVA. Una vez realizada la conversión DC/AC, se eleva la tensión hasta 34.5 kV, mediante transformadores de 1800 kVA, conformando entre los edificios un anillo de media tensión, para mayor seguridad de suministro eléctrico.

La ejecución de este proyecto representa un ahorro de 1,9 millones de litros por año de diesel, lo que significa un ahorro para el país de 1,8 millones de dólares anuales, y 13,3 millones de litros de diésel en 7 años de uso. El proyecto permitió disminuir el subsidio de diésel en la generación de electricidad.

Se redujo las emisiones, producidos por la generación de electricidad mediante diesel. Con esta producción de energía limpia y renovable, se generara un impacto medioambiental positivo, evitando la emisión de más de 5.000 toneladas de CO₂ por año.

2.14. Central termoeléctrica

Las centrales termoeléctricas cubren la demanda de energía eléctrica como consecuencia de la energía térmica de combustión. Usan distintos combustibles sólidos (carbón mineral), líquidos (gas-oil y fuel-oil, originarios de la refinación

de petróleo crudo) y gaseosos (gas natural) como materia prima. Utilizan turbinas de vapor como máquinas motrices que son accionadas por el vapor de agua que se genera en calderas (Fernández, 2012).

Existen dentro del proceso termoeléctrico una clasificación de tipos de generación de acuerdo a la tecnología utilizada para hacer girar los generadores eléctricos, denominándoseles como sigue:

- **Vapor.** Con vapor se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.
- **Turbogas.** Los gases de combustión se expanden para producir el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.
- **Combustión Interna.** Con un motor de combustión interna se produce el movimiento del generador eléctrico.
- **Ciclo combinado.** Una segunda clasificación corresponde al tipo de centrales que utilizan una combinación de las tecnologías de turbogas y vapor para la generación de energía eléctrica, denominada ciclo combinado.

Otra clasificación de las centrales termoeléctricas corresponde al combustible primario para la producción de vapor, según:

- **Vapor (combustóleo, gas y diesel)**
- **Carboeléctrica (carbón)**
- **Dual (combustóleo y carbón)**
- **Geotermoeléctrica (vapor extraído del subsuelo)**
- **Nucleoeléctrica (uranio enriquecido)**

Una central termoeléctrica de tipo vapor es una instalación industrial en la que la energía química del combustible se transforma en energía calorífica para producir vapor, este se conduce a la turbina donde su energía cinética de presión se convierte en energía mecánica, la que se transmite al generador,

para producir energía eléctrica (Delgadillo, 2007). Estas centrales utilizan el poder calorífico de combustibles derivados del petróleo (combustóleo, diesel y gas natural), para calentar agua y producir vapor con temperaturas del orden de los 520°C y presiones entre 120 y 170 kg/cm², para impulsar las turbinas que giran a 3600 r.p.m.

2.14.1. Central térmica convencional

Las centrales térmicas convencionales o termoeléctricas convencionales producen electricidad a partir de combustibles fósiles como el diesel, el proceso de combustión (reacción química de ciertos componentes con el oxígeno del aire) se realiza en la caldera, donde la energía interna de las materias primas se libera generando calor (Fernández, 2012).

La energía interna de los combustibles se libera en forma de calor para producir un movimiento de turbinas que genera corriente eléctrica. El vapor necesario para el funcionamiento de las máquinas motrices, se produce en calderas, quemando combustible en los hogares que forman parte integrante de las propias calderas; desde éstas, el vapor se conduce por medio de canalizaciones hasta las máquinas o las turbinas de vapor.

Las centrales térmicas de vapor comprenden tres partes constructivas esenciales:

1. Sala de calderas
2. Sala de máquinas
3. Sala de distribución

Y además, los intercambios de energía se realizan utilizando tres clases de circuitos principales y varios auxiliares:

CENTRAL TÉRMICA

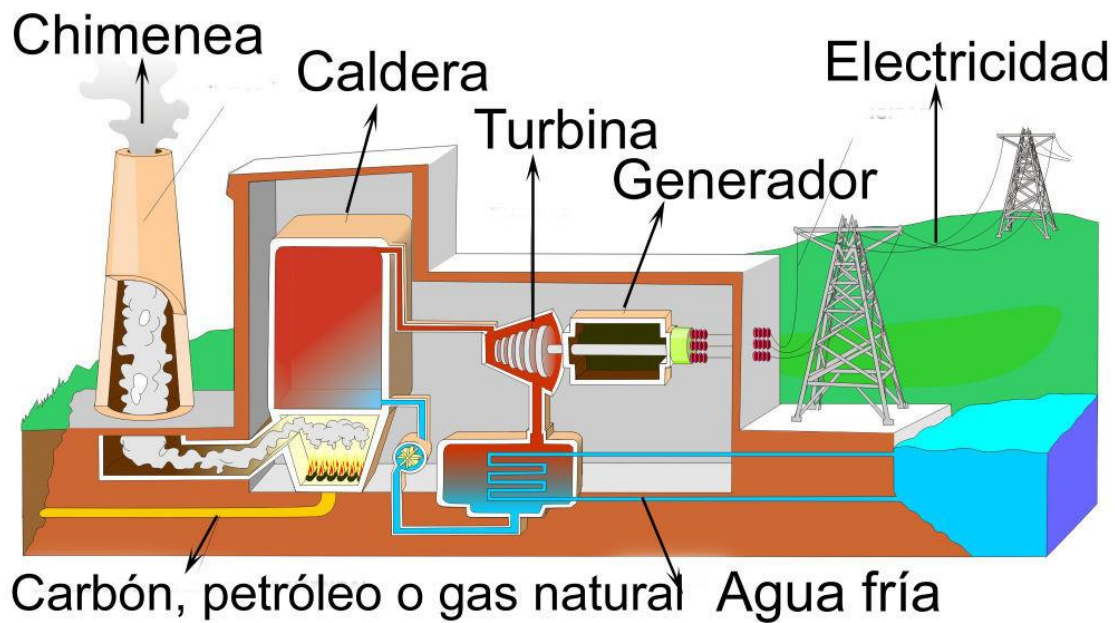


Figura. 22. Representación esquemática de una central térmica de vapor

Fuente: Fernández, (2012). Centrales de generación de energía eléctrica.

El combustible se quema en la caldera, lo que provoca que se desprenda la energía calorífica que contiene. Ésta se usa para calentar agua y transformarla en vapor a una presión y temperatura muy elevadas. A su vez, el vapor a elevada presión y temperatura transfiere su energía haciendo girar una turbina y un alternador para que éste produzca electricidad. La electricidad generada pasa por un transformador para aumentar su tensión y así transportarla a distancia reduciendo las pérdidas en los cables conductores.

2.15. Huella de carbono

2.15.1. Huella de carbono

La HC corresponde a la cantidad de GEI medidos en unidades equivalentes de dióxido de carbono, liberados a la atmósfera derivados de la elaboración, transporte y distribución de un determinado producto o servicio hasta llegar al consumidor final. La cantidad de GEI liberados está determinada tanto por factores directos, que están relacionados con el proceso productivo del bien o servicio, así como factores indirectos que son producidos por la actividad (Borquéz, R. 2010)

2.15.2. Gases Efecto Invernadero provenientes de la Electricidad.

Unas de las fuentes de emisiones directas evidenciadas en el ciclo de vida del producto es el uso de electricidad (kWh.). La generación de GEI de esta fuente está dada por la combustión de materias primas para su generación. El carbón mineral, petróleo crudo, leña, gas natural entre otros, son utilizados por las termoeléctricas para generar electricidad. La combustión de estos combustibles fósiles generan CO₂ basándose en la reacción general de la combustión completa de los hidrocarburos, $C_xH_y + n O_2 \rightarrow x CO_2 + (y/2) H_2O + \text{Calor}$, (García, 2001). La combustión de los diferentes combustibles difiere en las emisiones de CO₂. Por ejemplo la obtención de un MWh producido en base a carbón emite 1.05 toneladas de CO₂, el diesel contribuye con 0.742 toneladas de CO₂, el gas natural emite 0.608 toneladas de CO₂ y el sistema hidráulico contribuye con 0.0066 toneladas de CO₂ (MDSMA, SNRNMA, SSMA y PNCC. 2007). Estas diferencias hacen que el factor de emisión utilizado para el cálculo de la HC sea diferente para cada tipo de combustible.

3. Materiales y métodos

3.1. Desarrollo metodológico.

Para la realización de esta investigación, se implementó una metodología descriptiva junto con una metodología comparativa, guiado por el texto metodología de la investigación de Roberto Hernández Sampieri. Donde se mostrará la viabilidad y la eficiencia en la aplicación de un sistema de energía solar fotovoltaico aislado en la Pizzeria Amore Mio de la ciudad de Cobija, teniendo como herramientas el uso de datos obtenidos por la generación de energía convencional producida por ENDE Cobija y datos obtenido por el uso de energía solar fotovoltaica en la Pizzeria, informará aspectos como los costos del sistema, la utilidad a largo plazo, las diferencias entre las energías autosustentables y energías convencionales entre otras. Teniendo un enfoque cuantitativo, donde se analizará la certeza de la hipótesis planteada.

3.2. Materiales.

Tabla 3. Lista de materiales

Nº	Material	Unidad	Cantidad
1	Panel fotovoltaico de 100 W	Pza.	3
2	Regulador de carga de 12 V	Pza.	1
3	Batería de ciclo profundo a Gel	Pza.	2
4	Inversor de voltaje de 2000 W	Pza.	1
5	Lámparas LEDs de 13 W	Pza.	21
6	Cableado con conductor Nro 12	Mts	10
7	Cableado con conductor Nro 14	Mts	100
8	Boquilla de PVC	Pza.	21
9	Interruptor de PVC	Pza.	7

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.3. Análisis financiero del proyecto

Por medio de un análisis financiero se pretenderá demostrar si la instalación proyectada será rentable. Se realizó un análisis de las variables para comprobar que la inversión sea rentable por medio de un Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y Periodo de recuperación (PR).

Para ejecutar este análisis se tuvo en cuenta la potencia instalada (capacidad de producción del sistema fotovoltaico), los consumos mensuales promedios de la Pizzeria, para calcular mes a mes la efectividad del sistema.

3.4. Personal requerido

- Personal de registro de datos (1 personas).
- Personal encargado de la instalación de los paneles (1 personas).

3.5. Procedimiento de evaluación económica

- Costo de instalación de paneles fotovoltaicos.
- Ingreso de los datos al equipo (computadora portátil), facturas previas y posteriores a la instalación de los paneles solares fotovoltaicos.
- Análisis de costo-beneficio de la instalación.

3.6. Lugar de implementación de los paneles

Avenida Acre s/n Barrio Eureka del Municipio de Cobija del Departamento de Pando.

3.7. Tiempo de trabajo de campo

- La instalación del sistema fotovoltaico se desarrolló en un periodo de cinco días aproximadamente.

3.8. Datos de la Pizzeria Amore Mio

a) Características Específicas del local comercial

- **Dimensiones**
16 x 14 m²
- **2 depósitos**
2 lámparas
- **Sala**
10 lámparas
- **Cocina**
1 lámpara
- **Alar**
4 lámparas
- **Horno**
3 lámparas
- **Baño**
1 lámpara

b) Descripción de las cargas de luz

21 puntos de luz = 273 W

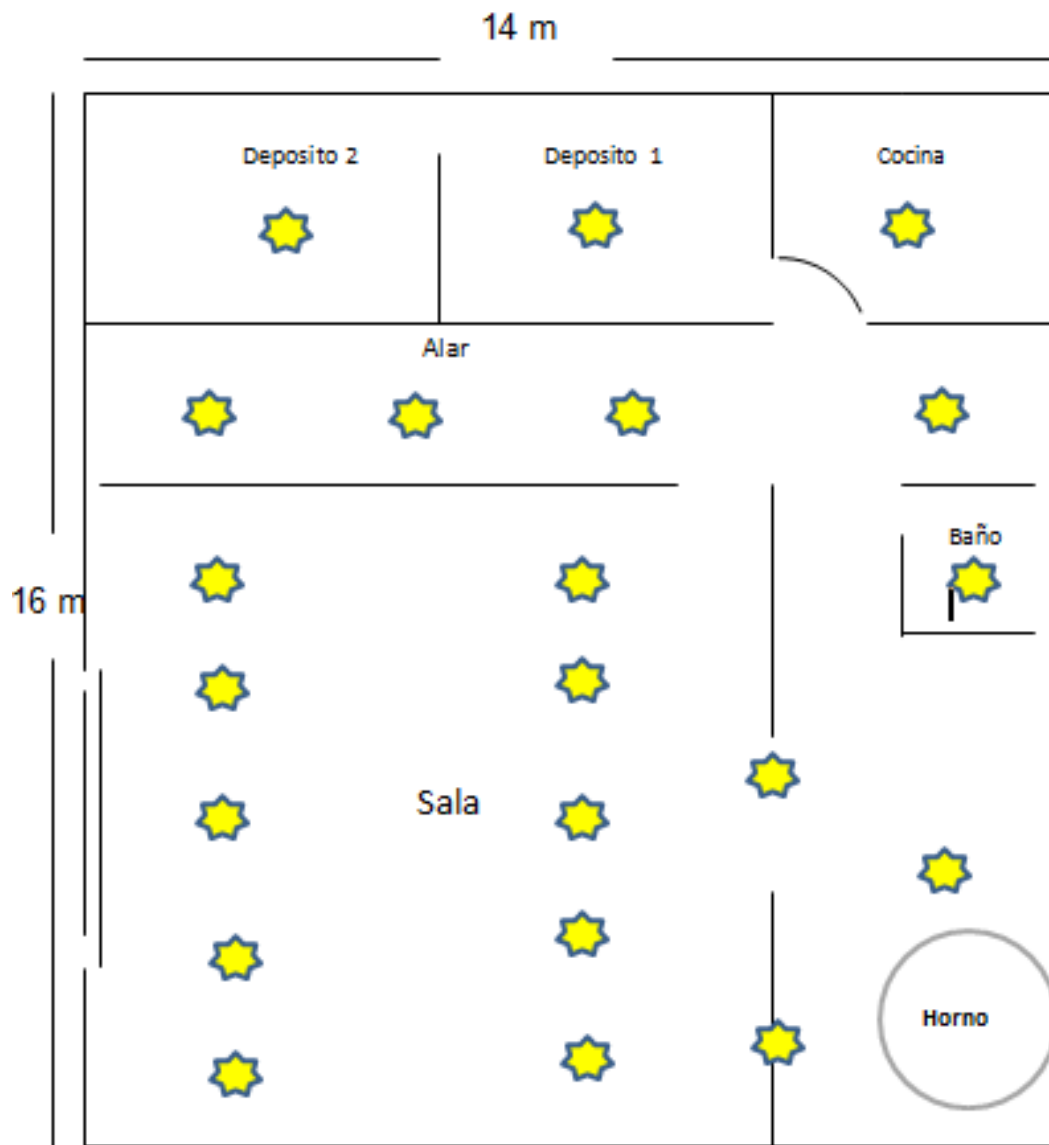


Figura 20. Plano de los puntos de luz en la pizzería.

Fuente: Elaboración propia.

3.9. Cálculos del Proyecto

a) Energía Consumida

$$E_c = (P_1t_1) + (P_2t_2) + (P_3t_3) + (P_4t_4) + \dots Wh$$

P = Potencia de cada una de las cargas (W)

t = Tiempo de uso de cada una de las cargas (hrs.)

Tabla 4. Carga utilizada para la iluminación

Cantidad de punto	Lugar	Potencia (W)	Subpotencia (W)	Hrs.	Energía (W/h)
1	Deposito 1	13	13	5	65
1	Deposito 2	13	13	5	65
10	Sala	13	130	5	650
1	Cocina	13	13	5	65
4	Alar	13	52	5	260
3	Horno	13	39	5	195
1	Baño	13	13	5	65
Total = E_c					1365 Wh/día

Fuente: elaboración propia.

b) Cálculo del Arreglo Solar

A partir del consumo eléctrico real calculado, la cantidad de paneles solares necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema se calcula considerando que la generación de energía tendrá la capacidad de abastecer la carga conectada a dicho sistema.

Se realizó el cálculo del número de paneles solares mediante la siguiente formula:

$$M = \frac{E_c F_s}{I_M V_M H_P N_{Bat} N_{Inv}}$$

M = Número de módulos solares

E_c = Energía consumida diariamente por las cargas (Whr/día)

F_s = Factor de sobre dimensionamiento del Sistema (Se sobre dimensiona 10% a 20% $F_s = 1.1$ a 1.2).

I_m = Corriente del módulo solar (máxima insolación $1\text{Kw}/\text{m}^2$)

V_m = Voltaje promedio de operación del módulo solar (No confundirlo con el voltaje de baterías).

H_p = Radiación de la localidad en el mes de menor insolación expresada en horas máximas de insolación.

N_{Inv} = Eficiencia del inversor CD/CA en caso de que el equipo opere en:

C.A. valores típicos 0.8 a 0.9

C.D. valor es de 1

N_{Bat} = Eficiencia de carga de la batería 0.87 a 0.9 "0.81"

$$M = \frac{E_c F_s}{I_m V_m H_p N_{Bat} N_{Inv}}$$

$$M = \frac{\left(1365 \frac{\text{Whr}}{\text{dia}}\right)(1.1)}{(4.92 \text{ Amp})(24.88 \text{ V})(5)(0.9)(0.9)}$$

$$M = \frac{1501.5}{495.7}$$

$$M = 3.02 = \mathbf{3 \text{ paneles}}$$

Por lo tanto se compraron 3 paneles de 100W , con una tensión de 24.88V y una corriente de 4.92Amp .

c) Cálculo del ángulo de inclinación y del ángulo de orientación

Mirando a un mapa se nota que la ciudad de Cobija está ubicada casi a 11° de Latitud Sur. Significa que la inclinación de 11° de un panel fotovoltaico en la ciudad de Cobija corresponde a su latitud y da buenos resultados durante todo el año.

Esta observación es válida para todos los otros lugares de Bolivia. Inclinando el panel con el mismo ángulo que la latitud del lugar de la instalación da resultados casi uniformes de generación de energía eléctrica durante todo el año.

No se debe olvidar, en todos estos casos, el panel debe mirar siempre hacia el NORTE con la INCLINACIÓN que corresponde a la ubicación (LATITUD) del lugar de la instalación.

d) Cálculo del Banco de Baterías

Una parte vital para la autonomía del sistema fotovoltaico es el banco de baterías, ya que estos equipos permiten almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos y poder mantener la autonomía del sistema en caso de que no se presenten las condiciones de irradiación por determinados periodos de tiempo.

Se realizó el cálculo de la capacidad del banco de baterías mediante la siguiente ecuación:

$$C_B = \frac{A_U E_C}{V_B F_U F_i N_{Inv}}$$

C_B = Capacidad del banco de baterías

E_C = Energía consumida diariamente

A_U = Autonomía deseada en el banco de baterías (días) varía entre 4 días con buena insolación y hasta 6 días para lugares nublados.

V_B = Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.

F_U = Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar la autonomía de diseño del sistema evitando que las baterías se descarguen totalmente.

$F_u = 0.5$ baterías de placa delgada

$F_u = 0.8$ baterías de placa gruesa

F_i = Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor nominal comercial como resultado de una razón (tiempo) de descarga.

Este valor varía desde 1.05 en baterías de placa delgada hasta 1.35 en baterías de placa gruesa tipo tabular.

$$C_B = \frac{A_U E_C}{V_B F_U F_i N_{Inv}}$$

$$C_B = \frac{(1 \text{ dia})(1365 \text{ Whr/dia})}{(12 \text{ V})(0.8)(1.35)(0.9)}$$

$$C_B = 117.02 \text{ Am/hr}$$

e) Cálculo del Número de Baterías

$$N_B = \frac{C.R}{C_B}$$

N_B = Número de baterías que se necesitan

$C.R$ = Capacidad de energía requerida para funcionar en días nublados (Ah)

C_B = Capacidad de la batería (Ah)

$$N_B = \frac{C.R}{C_B}$$

$$N_B = \frac{117.02 \text{ Ahr}}{100 \text{ Ahr}}$$

$$N_B = 1.17 \text{ Bat} = 2 \text{ Baterias}$$

f) Cálculo del Controlador de Carga

$$I_{max} = I_{SC} N_P$$

$$I_{max} = (5.22 \text{ A}) (3 \text{ paneles})$$

$$I_{max} = \mathbf{15.66 \text{ A}}$$

g) Especificación del Inversor

$$INV = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7$$

$$INV = \text{Potencia del Inversor (W)}$$

$$W = \text{Potencia de cada una de las cargas (W)}$$

$$INV = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7$$

$$INV = (13W) (21)$$

$$INV = \mathbf{273W}$$

Con respecto al valor calculado se concluyó que el tipo de inversor que se necesita es:

Un Inversor de 300 W, Onda Senoidal Modificada, 12VCD - 120VAC.

Una vez realizado el dimensionamiento del sistema, la configuración de este sería como se muestra en la Figura 21.

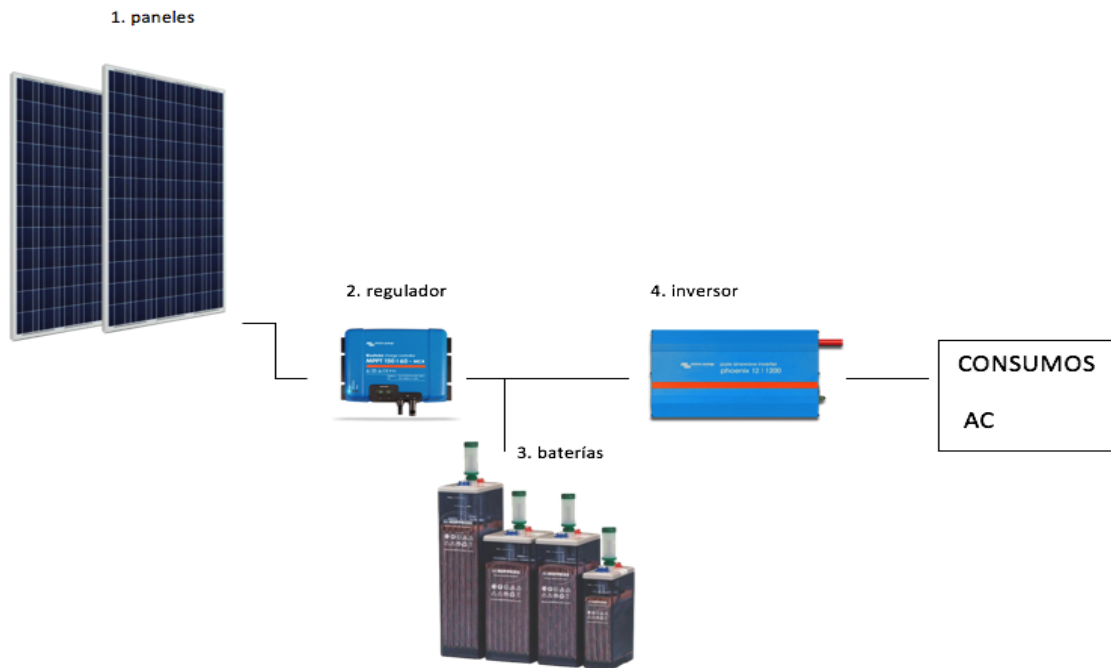


Figura 21. Diagrama de funcionamiento del sistema fotovoltaico

Fuente: Orbegozo y Arivilca, (2010). Manual técnico para instalaciones domiciliarias.

3.10. Implementación del sistema solar fotovoltaico

Luego de haber desarrollado el diseño y los cálculos necesarios se implementó el proyecto tomando en cuenta las siguientes condiciones:

3.10.1. Ubicación de los paneles fotovoltaicos

Para instalar los paneles fotovoltaicos, se escogió un lugar despejado donde no existen, árboles o lugares que le provoque sombra al panel, así mismo se decidió colocarlos lo más cerca posible a las baterías y el controlador de carga.

3.10.2. Orientación

Para que un panel fotovoltaico opere al máximo, se orientó hacia el sol para captar en su plenitud los rayos, aunque también en días nublados el panel generará electricidad, la orientación de los paneles solares es muy importante, entre más radiación solar reciban durante todo el día más eficientes serán.

La orientación de los paneles solares fue hacia el norte debido a que nos encontramos en el hemisferio sur.

Los paneles solares siempre se instalaran con una pequeña inclinación casi horizontal, para que el agua lluvia haga el trabajo de limpieza.

3.10.3. Inclinación de los paneles

Mirando a un mapa se nota que la ciudad de Cobija está ubicada casi a 11° de Latitud Sur. Significa que la inclinación de 11° de un panel fotovoltaico en la ciudad de Cobija corresponde a su latitud. Esta regla permite obtener un promedio simple del ángulo de inclinación de los paneles, que podrían beneficiarse de un rendimiento promedio aceptable durante todo el período del año.

3.10.4. Estructura del soporte

Es muy importante tener el conocimiento sobre los tipos de generación de energía alternativa así como la instalación de sus elementos para su correcto funcionamiento.

Los paneles fueron ensamblados al techo del local comercial ya que este se encuentra en un ángulo correcto de inclinación con relación al calendario solar.

A continuación se muestra una figura de cómo fue el montaje de los paneles.



Figura 22. Estructura de soporte en el techo de la pizzería.
Fuente: Elaboración propia.

La estructura que soporta al panel fotovoltaico quedo firme ya se aseguró con bisagras en el techo del local comercial.

3.10.5. Sistema de baterías

Una parte vital para la autonomía del sistema fotovoltaico es el banco de baterías, ya que estos equipos permitirán almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos y poder mantener la autonomía del sistema.

El banco de baterías estará protegido por el controlador de carga. Tanto las baterías como el controlador de carga deberán estar protegidos del medio ambiente es decir que deberán ubicarse en un lugar protegido de la lluvias para lo cual fueron situados dentro del local.

Así mismo, estos dos elementos estarán lo más cerca posible. Para evitar la caída de tensión, la batería debe ser colocada sobre una base de madera para evitar su descarga.

A continuación se muestra una figura de cómo fue el montaje del controlador de carga y de las baterías.

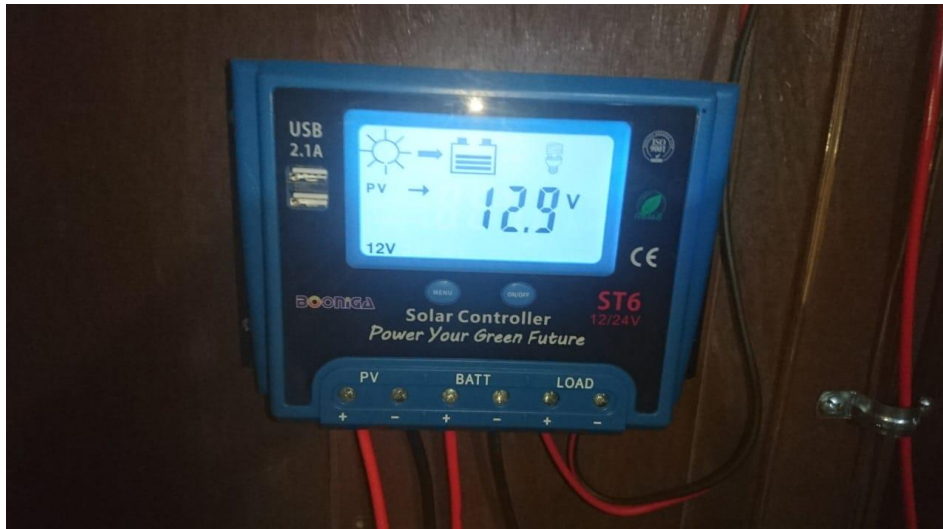


Figura 23. Sistema control de carga de las baterías.
Fuente: Elaboración propia.

3.10.6. Inversor de voltaje

Se instaló un inversor de marca POWER INVERTER de 2000W cuyas características principales de operación es la conmutación automática del transformador, muestra las tres puntas de rendimiento para distintos voltajes de entrada, es decir la variabilidad del voltaje debido a los factores de radiación, temperatura y contaminación no afectan las necesidades de energía eléctrica para la iluminación de la pizzería.

Los voltajes mínimo y máximo de operación y rendimiento óptimo es de 12 V a 120 VAC con una eficiencia del 96.1%, factor de potencia uno y una frecuencia de 60 Hz los datos están registrados en la tabla 4. Los datos de salida de este

inversor se utilizan para determinar la potencia que suministrará a la carga del sistema.

Tabla 4. Principales características del inversor

Inversor	POWER INVERTER 2000
Potencia (W)	2000
Ingreso voltaje (V)	12
Salida voltaje (V)	110
Frecuencia (Hz)	60

Fuente: Elaboración propia.

3.10.7. Conductores

Para realizar la instalación de la red eléctrica de la Pizzeria se utilizó un conductor THW de 14 AVG para el sistema de iluminación y un conductor THW de 12 AVG para el controlador de carga y las baterías, este tipo de conductor es recomendado ya que pueden ser utilizados, en lugares secos o húmedos.



Figura 25. Cable flexible de 14 AVG utilizado para el sistema de iluminación.

Fuente: Elaboración propia

3.10.8. Lámparas Led

Luego de haber desarrollado un estudio de mercado se optó por las lámparas LED de 13W que resultaron ser las luminarias que mejor se acoplen a nuestro sistema de energía solar fotovoltaico, ya que se busca obtener el menor consumo de energía y un mayor ahorro económico.



Figura 26. Lámparas LED de 13W utilizado en el sistema de iluminación.
Fuente: Elaboración propia.

3.10.9. Configuración de los sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser configurados de varias formas, y estas configuraciones dependen de varios factores, lo importante a determinar es el sistema que queremos, en nuestro caso vamos a tener un sistema de iluminación autónomo.

Se debe tener en cuenta el uso que le vamos a dar a esta energía, los focos LED necesarios, así mismo la inversión económica que representa vs el beneficio que se va a obtener.

A continuación se muestra una figura de cómo quedo la configuración del sistema fotovoltaico.



Figura 24. Sistema fotovoltaico de la Pizzeria Amore Mio.
Fuente: elaboración propia.

Este sistema deberá abastecer nuestra demanda en su totalidad sin depender de otro sistema de energía.

3.11. Evaluación económica

Una vez implementado el sistema solar fotovoltaico, es necesario especificar el costo asociado a los equipos descritos, de este modo, en la tabla 5. Se presenta el valor neto de cada uno de los equipos comprados en el mercado local.

Tabla 5. Costos: Sistema solar fotovoltaico de la Pizzeria.

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Parcial
Sistema de energía				
Panel fotovoltaico de 100 W	3	Pza.	1000	3000
Regulador de carga de 12 V	1	Pza.	300	300
Batería de ciclo profundo a gel 100 A	2	Pza.	2000	4000
Inversor de voltaje de 2000 W	1	Pza.	800	800
Cable de conexión del sistema	10	Mts.	5	50
Conexiones internas				
Focos LED de 13 W	21	Pza.	20	420
Cable conductor AVG 14	100	Mts.	3	300
Cable conductor AVG 12	10	Mts.	5	50
Boquilla de PVC	21	Pza.	5	105
Interruptor	7	Pza.	8	56
Costo total de la inversión				9081 Bs.

Fuente: Elaboración propia

3.11.1. Rentabilidad del proyecto fotovoltaico

Para realizar la estimación de la rentabilidad del proyecto, es necesario conocer los ingresos y egresos que se tendrán dentro del período de vida útil de la instalación.

La vida útil del panel solar es de 25 años, según el fabricante, por este motivo se considera una vida útil del proyecto de 25 años.

Por otra parte la vida útil de la batería se estima de 8 a 10 años según datos del fabricante, por este motivo transcurrido el tiempo descrito anteriormente se debe adquirir una nueva batería. El resto de los equipos (inversor y regulador)

se considera que su vida útil igual al del panel solar, ya que son equipos electrónicos que no presentan un desgaste físico.

Para conocer el ahorro o ingreso producido por el sistema fotovoltaico es necesario realizar una estimación de producción tomando como referente los consumos anteriores los cuales los observaremos en la tabla 6.

Tabla 6. Comportamiento del consumo de energía eléctrica según facturas de ENDE.

MES	CONSUMO MES kWh/mes	CONSUMO MES (BS)	AHORRO MES (BS)
20/04/2018	657	673.36	0
18/05/2018	641	656.96	0
19/06/2018	614	629.29	0
PROMEDIO MES	637.33	653.2	0
PROMEDIO AÑO	7648	7838.4	0

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica de la Pizzeria hasta fecha 19/06/18 fue en promedio 653.2 bolivianos por concepto de 637.33 kWh. A partir de este referente luego de la instalación del sistema solar operando con iluminación Led el sistema facturo:

Tabla 7. Comportamiento del consumo de energía eléctrica luego de la implementación de sistema solar fotovoltaico.

MES	CONSUMO MES kWh/mes	CONSUMO MES (BS)	AHORRO MES (BS)
20/07/2018	544	556.92	96.28
18/08/2018	561	574.68	78.52
19/09/2018	505	516.78	136.42
PROMEDIO MES	536.67	549.46	103.74
PROMEDIO AÑO	6440	6593.52	1244.88

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de la Pizzeria operando con sistema de iluminación solar fotovoltaico tiene una media de 536,67 (kWh/mes), lo cual generará un consumo anual aproximado de 6440 kWh/año. Considerando el costo actual de 1 kWh en la ciudad de Cobija es de 1.02 bolivianos, esto significa que se producirá un ahorro/ingreso anual aproximado de 1244.88 bolivianos.

En la tabla 8. Se presentan los flujos de caja que se tendrán para cada año considerado la vida útil del sistema. Con esta evaluación se determinará si el proyecto es factible de implementar, esto se obtendrá del cálculo del VAN (Valor Actual Neto)

Para dicho sistema, se considera cada 10 años realizar el cambio de baterías lo que tiene un costo de 4000 bolivianos. Las lámparas Led tienen una vida útil de 50.000 horas, es decir, no es necesario reemplazar éstas durante la vida útil del proyecto.

La tasa de mercado de 3% es la utilizada en evaluaciones económicas en inversiones que ofertan los bancos de la región.

Tabla 8. Evaluación económica del sistema solar fotovoltaico.

AÑO	FLUJO DE AHORRO (A)	INVERSION (B)	FLUJO ACUMULADO	FLUJO DE EFECTIVO NETO (A-B)
0		9081		-9081
1	1244,88		612	1244,88
2	1244,88		1856,88	1244,88
3	1244,88		3101,76	1244,88
4	1244,88		4346,64	1244,88
5	1244,88		5591,52	1244,88
6	1244,88		6836,4	1244,88
7	1244,88		8081,28	1244,88
8	1244,88		9326,16	1244,88
9	1244,88		10571,04	1244,88
10	1244,88	4000	11815,92	-2755,12
11	1244,88		13060,8	1244,88
12	1244,88		14305,68	1244,88
13	1244,88		15550,56	1244,88
14	1244,88		16795,44	1244,88
15	1244,88		18040,32	1244,88
16	1244,88		19285,2	1244,88
17	1244,88		20530,08	1244,88
18	1244,88		21774,96	1244,88
19	1244,88		23019,84	1244,88
20	1244,88	4000	24264,72	-2755,12
21	1244,88		25509,6	1244,88
22	1244,88		26754,48	1244,88
23	1244,88		27999,36	1244,88
24	1244,88		29244,24	1244,88
25	1244,88		30489,12	1244,88
	TASA DE MERCADO		VAN	TIR
	3%		7.405,20	10%

Fuente: Elaboración propia.

3.12. Cálculo de la reducción de la huella de carbono del proyecto.

A continuación, se calculará el beneficio ambiental mediante la adaptación de la ecuación para calcular la huella de carbono de las emisiones totales de CO₂ en la generación de energía:

$$\text{Factor de emisión GEI} = \frac{\text{Emisiones totales de CO}_2 \text{ de la generación (ETG)}}{\text{Electricidad generada en la vida útil del proyecto (EG)}}$$

Nota: El Factor de emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI al 2016 es de 0,742 Ton CO₂/MWh (MDSMA, SNRNMA, SSMA y PNCC. 2007)

3.12.1. Emisiones de CO₂ con el Sistema Fotovoltaico

Electricidad Generada en la vida útil del proyecto = Producción anual de energía con alternativa del sistema solar fotovoltaico * 25 años

$$= 6.440 \text{ kWh/año} * 25 \text{ años} = 161.000 \text{ kWh} * \frac{1 \text{ Mwh}}{1000 \text{ Kwh}} = \mathbf{161 \text{ MWh}}$$

Emisiones totales CO₂ en la generación del proyecto (ETGP)

ETGP = Factor marginal de emisión GEI x EG

$$\text{ETGP} = 0.742 \text{ Ton} \frac{\text{CO}_2}{\text{Mwh}} \times 161 \text{ MWh} = \mathbf{119.46 \text{ Ton CO}_2}$$

3.12.2. Emisiones de CO₂ con Energía Convencional a diesel

Electricidad Convencional Generada en 25 años = Consumo Energético convencional anual * 25 años

$$= 7.647.96 \text{ kWh/año} * 25 \text{ años} = 191.199 \text{ kWh} * \frac{1 \text{ Mwh}}{1000 \text{ Kwh}} = \mathbf{191.19 \text{ MWh}}$$

Emisiones totales CO2 en la generación Convencional a diesel (ETGCD)

ETGCD = Factor marginal de emisión GEI × EG

$$\text{ETGCD} = 0.742 \text{ Ton} \frac{\text{CO}_2}{\text{MWh}} \times 191.20 \text{ MWh} = \mathbf{141.87 \text{ Ton CO}_2}$$

Reducción de Emisiones de CO2 implementando el sistema fotovoltaico.

Reducción de CO2 = ETGCD- ETGP= 141.86 Ton CO2 – 119.46 Ton CO2 =
22.39 Ton CO2

Tabla 8. Calculo de la reducción de la huella de carbono.

Emisiones totales de gases	Promedio kWh/año	Generación de energía eléctrica del proyecto a 25 años	Generación de energía eléctrica del proyecto	Emisiones totales de gases	%
ETGP	6440	161000 kWh	161,00 MWh	119,46 Ton CO2	84,21%
ETGCD	7648	191200 kWh	191,20 MWh	141,87 Ton CO2	100,00%
REDUCCIÓN DE CO2				22,41 Ton CO2	15,79%

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los cálculos realizados en los numerales 4.4.1 y 4.4.2, se concluye que impacto ambiental en cuanto a emisiones de CO2 que tendría la generación de energía eléctrica con el sistema fotovoltaico, durante los 25 años de vida útil del proyecto, sería de 22.41 Ton CO2, lo que representaría una reducción del 15.79%, en comparación con la emisión total de CO2 del sistema convencional en 25 años. Por lo anterior mencionado, el proyecto genera impacto ambiental, puesto que con la implementación del sistema fotovoltaico, se dejaría de emitir 22.41 Ton CO2 durante 25 años, contribuyendo a la eficiencia energética, mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible.

3.13. Comparación entre la energía convencional y la energía solar.

Una vez obtenido los resultados de la energía convencional y la energía solar en la pizzería Amore Mio, es necesario comparar las emisiones de CO₂ y los costos generados por ambos sistemas, como se podrá observar en la tabla 9. Se realizó un cuadro comparativo.

Tabla 9. Cuadro comparativo de energía convencional vs energía solar (tiempo del proyecto 25 años)

Energías a comparar	Energía convencional (ENDE)	Energía solar fotovoltaica	Reducción y ahorro	% de reducción y ahorro
Emisiones de Ton CO₂	142,87	119,46	22.41	15,79%
Costo (Bs)	195.960,00	181.919,00	14.041,00	7,17%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se compara el costo por concepto de consumo energético convencional, comparado con el ahorro producido por los paneles implementados en la pizzería, logrando un ahorro de 14.041 Bs. en la vida útil del proyecto y por consecuencia se logra reducir las emisiones de CO₂ en un 15,79 % comparado con las emisiones generadas por ENDE Cobija.

4. Resultados

A continuación, se reúnen los resultados obtenidos del estudio de la eficiencia energética realizado para la Pizzeria Amore Mio, teniendo en cuenta los objetivos planteados en el presente documento:

- Se realizaron cálculos para el diseño de una red eléctrica alimentada por Energía Solar Fotovoltaica con la finalidad de suplir la carga requerida para la iluminación de la Pizzeria.
- La inversión que se realizó en la implementación del sistema de Energía Solar Fotovoltaica para la iluminación de la Pizzeria Amore Mio, tuvo un costo de 9081 bolivianos.
- En la Pizzeria Amore Mio, el consumo energético convencional promedio previo a la implementación del sistema es de 637.33 kWh/mes. Posterior a la implementación, en los meses de Junio, Julio y Agosto, los consumos energéticos disminuyeron a una media de 536.67 kWh/mes.
- Se implementó un sistema de iluminación LED con el propósito de reducir el consumo energético convencional. Con dicha implementación, el ahorro que se logró fue de un 15.79%, es decir, un consumo energético promedio de 6440 kWh/año.
- En el Análisis Financiero, se evidencia que la implementación del sistema de Energía Solar Fotovoltaica para la iluminación es factible, pues los egresos no son mayores a los ingresos, con un Valor Actual Neto (VAN) positivo en 25 años de 7.405,20 bolivianos.
- Se realizó el diseño y la implementación de una red eléctrica alimentada por Energía Solar Fotovoltaica con la finalidad de lograr la reducción del CO₂, mediante el cálculo de la huella de carbono. Al realizar la comparación entre los dos cálculos de las emisiones de CO₂ del proyecto y de los consumos previos, se evidencia que las emisiones totales de gases se redujeron de 76,67 Ton CO₂ a 64.56 Ton CO₂ lo

que representaría una reducción del 15.79%, en comparación con la emisión total de CO₂ del sistema convencional a diesel en 25 años.

- La implementación de la Energía Solar Fotovoltaica en la Pizzeria Amore Mio de la Ciudad de Cobija, emite aproximadamente 22.41 Ton CO₂ menos de Gases de Efecto Invernadero en 25 años, comparado con la Energía de tipo convencional.

5. Conclusiones

Se estudió la aplicación de un sistema de energía solar fotovoltaica destinado a la iluminación que nos permita la eficiencia energética en la pizzería Amore Mio, esto como una necesidad latente ante el emergente crecimiento de la demanda energética, especialmente aquella a base de combustibles fósiles y ante la eminente preocupación por los efectos adversos generados por el deterioro en el medio ambiente.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se realizan las siguientes conclusiones:

5.1. Factibilidad del proyecto

La implementación de un sistema de Energía Solar para la iluminación de la Pizzeria, es factible, pues el beneficio monetario es positivo ya que su Valor Actual Neto (VAN) en 25 años es de 7.405,20 bolivianos, lo cual representa un beneficio económico.

Si se analizan los flujos de caja proyectados una vez implementado el proyecto, de acuerdo con los cuales los costos pagados por razón del consumo de energía se reducen en un 15,79 % anual, la inversión inicial planteada podrá encontrar el balance económico para el año 8, con un ahorro a favor de 245.16 bolivianos. Si estos valores son proyectados a 25 años, el valor de recuperación corresponderá a más de 7.405,20 bolivianos.

5.2. Eficiencia energética y consumo

El consumo energético promedio previo a la instalación de los paneles solares en la pizzería era 637,33 kWh/mes, luego de la instalación y puesta en marcha del sistema el consumo se redujo a 536,67 kWh/mes en promedio, logrando una eficiencia del 15,79% mensual de lo que se consumía anteriormente. La

sustitución por un sistema fotovoltaico para la iluminación de la Pizzeria, contribuyen en gran medida al ahorro energético y logra la eficiencia energética debido al ahorro en la facturación de energía de tipo convencional.

Por otra parte, la reducción del consumo energético y el uso del sistema fotovoltaico contribuirían a mitigar la problemática del cambio climático, ya que la Pizzeria dejaría de emitir aproximadamente 22,41 Ton CO₂ menos de Gases de Efecto Invernadero en 25 años del proyecto.

6. Recomendaciones

- Antes de montar, instalar y usar el equipo de una instalación fotovoltaica se deben de leer los manuales de usuario de cada uno de los equipos, para usarlos de la manera más adecuada y eficiente, logrando así alargar la vida útil de la instalación fotovoltaica.
- Si se desean obtener porcentajes de ahorro energéticos significativos, además de aplicar medidas de eficiencia energética es muy importante hacer conciencia a todas las personas que utilizan las instalaciones eléctricas, la importancia del uso racional y adecuado de la energía eléctrica.
- Para tener un Tiempo de Recuperación de la Inversión inicial bajo, al momento de comprar el equipo fotovoltaico se deben de buscar los equipos que ofrezcan las mejores prestaciones. Permitiendo con esto que existan más años de aprovechamiento del sistema solar fotovoltaico una vez recuperada la inversión.
- Los beneficios económicos y ambientales que desprende la utilización de paneles solares fotovoltaicos son un incentivo que se puede traducir en el uso diferente de actividades y/o destino diferente que la sociedad considere; es una excelente alternativa para las instituciones públicas y privadas con el fin de reducir los costos asociados al suministro de energía eléctrica.
- Esta tesis es el primer paso para que la universidad pueda incursionar aún más en temas relacionados al medio ambiente e invertir en nuevos proyectos para el ahorro de energía y la mitigación de impactos. Se recomienda evaluar la posibilidad de implementar este mismo modelo al Campus Universitario con el fin de incrementar el ahorro y los beneficios obtenidos.

7. Bibliografía

- Borquéz, R. (2010) Huella de Carbono. Terram. Volumen 26 (número 1). Páginas 1-9.
- Creus, A. (2014). Energías renovables. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Delgadillo, M. (2007) Optimización del Desempeño del Sistema de Control de una Unidad de Generación Eléctrica, UNAM, México.
- Farras, J. (2011) Iluminación. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/46.pdf>
- Fernández, D. (2012). Centrales de generación de energía eléctrica. Centrales Térmicas, (pág. 116). Cantabria, España.
- García, R. 2001. Combustión y Combustibles. Recuperado de <http://www.energia.inf.cu/ieemep/SyT/CDG/Taller1BURE/COMBUSTION.PDF> (26 Agosto 2018).
- Halliday, D. y Resnick, R. (1993). Física (3a. ed., V. 2), pp. 331-332. México: CECSA.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2012). Población por provincias y municipios, censos 2001 y 2012, tasas de crecimiento intercensal. Recuperado de <http://www.censosbolivia.ine.gob.bo/>
- Itlalaguna. (2014) Luz e iluminación. Recuperado de http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/optica/OPDF1_archivos/UNIDAD1TEMA1.PDF
- Lucano, M., y Fuentes M. (2010). Evaluación del potencial de radiación solar global utilizando modelos de sistemas de información geográfica e imágenes satelitales. Recuperado de

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=s1562&script=sci_arttext&tlng=en.pdf

- Mayer, F. (2013) Tecnologías de Energía Solar en Bolivia. La Paz, Bolivia, 2011.
- MDSMA, SNRNMA, SSMA y PNC. (2007). Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Bolivia – 1990. La Paz, Bolivia: Programa Nacional de Cambios Climáticos.
- OLADE. (2007, agosto). Eficiencia energética: Recurso no aprovechado.
- Orbegozo, C. y Arivilca, R. (2010). Energía Solar Fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones domiciliarias.
- Obralux. (2005). Luminotecnia. Recuperado de <http://www.obralux.com/2lumnino.asp>
- Osram. (2004). Led en la iluminación general. Recuperado de <http://www.osram.es/108FOLLETO.pdf>
- Osram. (2008) Iluminación industrial. Recuperado de <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6419/14/IluminacionV2OSRAM.pdf>
- Pareja, M. (2010). Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. Barcelona, España: Segunda edición. editorial Marcombo S.A.
- Perales, T. (2012). El universo de las energías renovables. Barcelona, España: Marcombo.
- Sampieri, R. Fernández, C. y Lu, P. (2003). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.
- Tanides, C. (1998). El Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Iluminación Residencial, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Vol. 2, Nro. 2, pp. 6.5-6.8, Salta, Argentina
- Tejada, A. y Gómez, G. (2015) Prontuario solar. México, Veracruz: Electrónico Pred.

Anexos

Anexo 1. Factura de energía eléctrica correspondiente al mes de Abril 2018

ENDE		FACTURA		NIT: 1023187029	
CORPORACIÓN		ZONA FRANCA		N° FACTURA: 33155	
Empresa Nacional de Electricidad		SIN DERECHO A CREDITO FISCAL		N° AUTORIZACION: 29640180000372	
CASA MATRIZ: Calle Colombia No. 655 Zona Central		SUCURSAL 1: Km. 3 carretera Porvenir		ORIGINAL	
Casilla 565 - Tel.: (591-4) 4520317 - Fax:4520318		Tel.: 8422269 - 800101095			
Cochabamba - Bolivia		Cobija - PANDO		Generación, captación y distribución de energía eléctrica	
Lugar y Fecha de Emisión: Cobija, 30/04/2018				NIT 5156334	
Cliente: PEREZ CACERES, WALDO				Cuenta: 25506 CBJ-6001-195-00	
Dirección: URB. SANTA MARIA				Categoría: DOM DOMICILIARIO SI	
Periodo de Consumo: Del 20/03/2018 AL 18/04/2018		Días: 29 Periodo: Abril/2018		CONCEPTO	
Lectura Anterior: 25438.00		Lectura Actual: 26095.00 Medidor: 00212297		IMPORTE Bs	
Consumo: 657.00		Potencia: 0.00		Importe por Energía/Potencia: 675.32	
Tipo de Lectura: Normal		Multiplicador: 1.00		Créditos/Débitos/Devolución: 0.00	
		Vencimiento: 30/05/2018		Descuento por Vejez (Ley 1886): 0.00	
		Próxima Medición: 18/05/2018		Descuento por Tarifa Dignidad: 0.00	
		Entidad: BANCO PRODEM S.A.		Importe por Conexión/Reconexión: 0.00	
		Cajero: SABINO FORRA F-2339416		Tasa de Alumbrado Público: 67.53	
		Observaciones:		Tasa de Aseo y Recojo de Basura: 13.00	
		RESTITUCIÓN CONFORME DECRETO DE N° 1414/2018 S.A.		Total Factura: 755.85	
		07 MAY 2018		Importe por Restitución: 17.30	
		Sabino Forra Taboada		IMPORTE TOTAL A PAGAR: 738.55	
Son: SETECIENTOS TREINTA Y OCHO, 55/100 Bolivianos				Fecha Límite de Emisión: 28/07/2018	
Lugar y Fecha de Pago: Cobija, 07/05/2018 11:31:15					
Código de Control: E1-DC-79-6B					
ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS. EL USO ILICITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LEY.					
Ley Nro. 453: El proveedor deberá suministrar el servicio en las modalidades y términos ofertados o convenidos.					
2339416					

Anexo 2. Factura de energía eléctrica correspondiente al mes de Mayo 2018

ENDE		FACTURA		NIT: 1023187029	
CORPORACIÓN		ZONA FRANCA		N° FACTURA: 46308	
Empresa Nacional de Electricidad		SIN DERECHO A CREDITO FISCAL		N° AUTORIZACION: 29640180000372	
CASA MATRIZ: Calle Colombia No. 655 Zona Central		SUCURSAL 1: Km. 3 carretera Porvenir		ORIGINAL	
Casilla 565 - Tel.: (591-4) 4520317 - Fax:4520318		Tel.: 8422269 - 800101095			
Cochabamba - Bolivia		Cobija - PANDO		Generación, captación y distribución de energía eléctrica	
Lugar y Fecha de Emisión: Cobija, 31/05/2018				NIT 5156334	
Cliente: PEREZ CACERES, WALDO				Cuenta: 25506 CBJ-6001-198-00	
Dirección: URB. SANTA MARIA				Categoría: DOM DOMICILIARIO SI	
Periodo de Consumo: Del 18/04/2018 AL 17/05/2018		Días: 29 Periodo: Mayo/2018		CONCEPTO	
Lectura Anterior: 26095.00		Lectura Actual: 26736.00 Medidor: 00212297		IMPORTE Bs	
Consumo: 641.00		Potencia: 0.00		Importe por Energía/Potencia: 658.00	
Tipo de Lectura: Normal		Multiplicador: 1.00		Créditos/Débitos/Devolución: 0.00	
		Vencimiento: 30/06/2018		Descuento por Vejez (Ley 1886): 0.00	
		Próxima Medición: 16/06/2018		Descuento por Tarifa Dignidad: 0.00	
		Entidad: BANCO PRODEM S.A.		Importe por Conexión/Reconexión: 0.00	
		Cajero: MELISSA SALAZAR F-2352281		Tasa de Alumbrado Público: 65.80	
		Observaciones:		Tasa de Aseo y Recojo de Basura: 13.00	
				Total Factura: 736.80	
				IMPORTE TOTAL A PAGAR: 736.80	
Son: SETECIENTOS TREINTA Y SEIS, 80/100 Bolivianos				Fecha Límite de Emisión: 28/07/2018	
Lugar y Fecha de Pago: Cobija, 08/06/2018 11:21:24					
Código de Control: 3E-13-67-56					
ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS. EL USO ILICITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LEY.					
Ley Nro. 453: El proveedor deberá suministrar el servicio en las modalidades y términos ofertados o convenidos.					
2352281					

Anexo 3. Factura de energía eléctrica correspondiente al mes de Junio 2018

ENDE **FACTURA** NIT: 1023187029
 CORPORACIÓN Empresa Nacional de Electricidad
 ZONA FRANCA SIN DERECHO A CREDITO FISCAL N° FACTURA: 59715
 N° AUTORIZACION: 296401800000372 ORIGINAL

CASA MATRIZ: Calle Colombia No. 655 Zona Central
 Casilla 565 - Tel.: (591-4) 4520317 - Fax:4520318
 Cochabamba - Bolivia
 SUCURSAL 1: Km. 3 carretera Porvenir
 Tel.: 8422269 - 800101095
 Cobija - PANDO

Lugar y Fecha de Emisión: Cobija, 30/06/2018
 Cliente: PEREZ CACERES, WALDO
 Dirección: URB. SANTA MARIA
 Generación, captación y distribución de energía eléctrica
 NIT 5156334
 Cuenta: 25506 CBJ-6001-200-00
 Categoría: DOM DOMICILIARIO SI

Periodo de Consumo: Del 17/05/2018 AL 19/06/2018 Días: 33 Periodo: Junio/2018
 Lectura Anterior: 26736.00 Lectura Actual: 27350.00 Medidor: 00212297
 Consumo: 614.00 Potencia: 0.00 Vencimiento: 30/07/2018
 Tipo de Lectura: Normal Multiplicador: 1.00 Próxima Medición: 19/07/2018

CONCEPTO	IMPORTE Bs
Importe por Energía/Potencia:	629.29
Créditos/Débitos/Devolución:	0.00
Descuento por Vejez (Ley 1886):	0.00
Descuento por Tarifa Dignidad:	0.00
Importe por Conexión/Reconexión:	0.00
Tasa de Alumbrado Público:	62.93
Tasa de Aseo y Recojo de Basura:	13.00

Entidad: BANCO PRODEM S.A.
 Cajero: YESENIA RIVERO F-2275313

Son: SETECIENTOS CINCO, 22/100 Bolivianos
 Lugar y Fecha de Pago: Cobija, 06/07/2018 03:02:37
 Código de Control: BD-CE-0E-5A-CE

IMPORTE TOTAL A PAGAR: 705.22
 Fecha Límite de Emisión: 28/07/2018

2275313

ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS. EL USO ILICITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LEY.
 Ley Nro. 453: El proveedor deberá suministrar el servicio en las modalidades y términos ofertados o convenidos.

Anexo 4. Factura de energía eléctrica correspondiente al mes de Julio 2018

ENDE **FACTURA** NIT: 1023187029
 CORPORACIÓN Empresa Nacional de Electricidad
 ZONA FRANCA SIN DERECHO A CREDITO FISCAL N° FACTURA: 6543
 N° AUTORIZACION: 29640180000266C ORIGINAL

CASA MATRIZ: Calle Colombia No. 655 Zona Central
 Casilla 565 - Tel.: (591-4) 4520317 - Fax:4520318
 Cochabamba - Bolivia
 SUCURSAL 1: Km. 3 carretera Porvenir
 Tel.: 8422269 - 800101095
 Cobija - PANDO

Lugar y Fecha de Emisión: Cobija, 31/07/2018
 Cliente: PEREZ CACERES, WALDO
 Dirección: URB. SANTA MARIA
 Generación, captación y distribución de energía eléctrica
 NIT 5156334
 Cuenta: 25506 CBJ-6001-201-00
 Categoría: DOM DOMICILIARIO SI

Periodo de Consumo: Del 19/06/2018 AL 19/07/2018 Días: 30 Periodo: Julio/2018
 Lectura Anterior: 27350.00 Lectura Actual: 27894.00 Medidor: 00212297
 Consumo: 544.00 Potencia: 0.00 Vencimiento: 30/08/2018
 Tipo de Lectura: Normal Multiplicador: 1.00 Próxima Medición: 18/08/2018

CONCEPTO	IMPORTE Bs
Importe por Energía/Potencia:	556.92
Créditos/Débitos/Devolución:	0.00
Descuento por Vejez (Ley 1886):	0.00
Descuento por Tarifa Dignidad:	0.00
Importe por Conexión/Reconexión:	0.00
Tasa de Alumbrado Público:	55.69
Tasa de Aseo y Recojo de Basura:	13.00

Entidad: BANCO PRODEM S.A.
 Cajero: LESLIE MATURRANO F-2364500

Son: SEISCIENTOS VEINTICINCO, 61/100 Bolivianos
 Lugar y Fecha de Pago: Cobija, 09/08/2018 09:17:27
 Código de Control: 2A-5C-4F-CB-FF

IMPORTE TOTAL A PAGAR: 625.61
 Fecha Límite de Emisión: 15/01/2019

2364500

ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS. EL USO ILICITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LEY.
 Ley Nro. 453: En caso de incumplimiento a lo ofertado o convenido, el proveedor debe reparar o sustituir el servicio.

Anexo 5. Factura de energía eléctrica correspondiente al mes de Agosto 2018

ENDE		FACTURA		NIT: 1023187029	
CORPORACIÓN		ZONA FRANCA		N° FACTURA: 19933	
Empresa Nacional de Electricidad		SIN DERECHO A CREDITO FISCAL		N° AUTORIZACION: 29640180000266C	
CASA MATRIZ: Calle Colombia No. 655 Zona Central		SUCURSAL 1: Km. 3 carretera Porvenir		ORIGINAL	
Casilla 565 - Tel.: (591-4) 4520317 - Fax:4520318		Tel.: 8422269 - 800101095			
Cochabamba - Bolivia		Cobija - PANDO		Generación, captación y distribución de energía eléctrica	
Lugar y Fecha de Emisión: Cobija, 31/08/2018			NIT 5156334		
Cliente: PEREZ CACERES, WALDO			Cuenta: 25506 CBJ-6001-202-00		
Dirección: URB. SANTA MARIA			Categoría: DOM DOMICILIARIO SI		
Periodo de Consumo: Del 19/07/2018 AL 21/08/2018 Días: 33 Periodo: Agosto/2018			CONCEPTO		
Lectura Anterior: 27894.00 Lectura Actual: 28455.00 Medidor: 00212297			IMPORTE Bs		
Consumo: 561.00 Potencia: 0.00 Vencimiento: 30/09/2018			Importe por Energía/Potencia: 574.68		
Tipo de Lectura: Normal Multiplicador: 1.00 Próxima Medición: 20/09/2018			Créditos/Débitos/Devolución: 0.00		
Entidad: BANCO PRODEM S.A.			Descuento por Vejez (Ley 1886): 0.00		
Cajero: BLANCA GALARZA BEYUMA F-2403081			Descuento por Tarifa Dignidad: 0.00		
			Importe por Conexión/Reconexión: 0.00		
			Tasa de Alumbrado Público: 57.47		
			Tasa de Aseo y Recojo de Basura: 13.00		
Son: SEISCIENTOS CUARENTA Y CINCO, 15/100 Bolivianos			IMPORTE TOTAL A PAGAR: 645.15		
Lugar y Fecha de Pago: Cobija, 05/09/2018 01:22:02			Fecha Límite de Emisión: 15/01/2019		
Código de Control: 9F-21-1F-AF					
ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS. EL USO ILICITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LEY.					
Ley Nro. 453: En caso de incumplimiento a lo ofertado o convenido, el proveedor debe reparar o sustituir el servicio.					

2403081

Anexo 6. Factura de energía eléctrica correspondiente al mes de Sept/2018.

ENDE		FACTURA		NIT: 1023187029	
CORPORACIÓN		ZONA FRANCA		N° FACTURA: 33530	
Empresa Nacional de Electricidad		SIN DERECHO A CREDITO FISCAL		N° AUTORIZACION: 296401800002660	
CASA MATRIZ: Calle Colombia No. 655 Zona Central		SUCURSAL 1: Km. 3 carretera Porvenir		ORIGINAL	
Casilla 565 - Tel.: (591-4) 4520317 - Fax:4520318		Tel.: 8422269 - 800101095			
Cochabamba - Bolivia		Cobija - PANDO		Generación, captación y distribución de energía eléctrica	
Lugar y Fecha de Emisión: Cobija, 30/09/2018			NIT 5156334		
Cliente: PEREZ CACERES, WALDO			Cuenta: 25506 CBJ-6001-204-00		
Dirección: URB. SANTA MARIA			Categoría: DOM DOMICILIARIO SI		
Periodo de Consumo: Del 21/08/2018 AL 18/09/2018 Días: 28 Periodo: Septiembre/2018			CONCEPTO		
Lectura Anterior: 28455.00 Lectura Actual: 28960.00 Medidor: 00212297			IMPORTE Bs		
Consumo: 505.00 Potencia: 0.00 Vencimiento: 30/10/2018			Importe por Energía/Potencia: 516.78		
Tipo de Lectura: Normal Multiplicador: 1.00 Próxima Medición: 18/10/2018			Créditos/Débitos/Devolución: 0.00		
Entidad: BANCO PRODEM S.A.			Descuento por Vejez (Ley 1886): 0.00		
Cajero: BLANCA GALARZA BEYUMA F-2422082			Descuento por Tarifa Dignidad: 0.00		
			Importe por Conexión/Reconexión: 0.00		
			Tasa de Alumbrado Público: 51.68		
			Tasa de Aseo y Recojo de Basura: 13.00		
Son: QUINIENTOS OCHENTA Y UNO, 46/100 Bolivianos			IMPORTE TOTAL A PAGAR: 581.46		
Lugar y Fecha de Pago: Cobija, 05/10/2018 11:49:56			Fecha Límite de Emisión: 15/01/2019		
Código de Control: 28-22-61-50-85					
ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS. EL USO ILICITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LEY.					
Ley Nro. 453: En caso de incumplimiento a lo ofertado o convenido, el proveedor debe reparar o sustituir el servicio.					

2422082

Anexo 7. Ultima lectura de consumo correspondiente al mes de Sept/2018

ENDE

AVISO DE COBRANZA # 125 ROSELLANA

NOMBRE: PEREZ CACERES WALDO
 DIRECCION: URB. SANTA MARIA
 No. CUENTA: 25506 No. MEDIDOR: 00212297

PERIODO DE CONSUMO DE: 21-08-18 A: 18-09-18 VENCIMIENTO: 30-10-18 FACT. MULT.: 1
 CATEGORIA: DOM L. ANTERIOR: 28455 L. ACTUAL: 28960 CONSUMO: 505 POT. FACT.: 0
 PERIODO: Sep/18 F. EMISION: 03-09-18 F. PROX. MED: 03-10-18 F. PROX. EMI: 31-10-18 POT. CONT.: 2

EVOLUCION DEL CONSUMO EN KWh:

SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
442	648	671	761	785	619	607
ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
657	641	614	544	561	505	

OBSERVACION: CONSUMO NORMAL

Importe Energia	Bs.	516.78
+ Reconexion	Bs.	0
Importe Total por Suministro	Bs.	516.78
- Beneficio x Vejez(Ley 1886)	Bs.	0
- Beneficio x Tarifa Dignidad	Bs.	0
Importe Total ENDE	Bs.	516.78
+ Alumbrado Publico	Bs.	51.68
+ Tasa de Aseo y Recojo de Basura	Bs.	13.00
TOTAL A PAGAR DE: Sep/18	Bs.	581.46

PAGUE SU FACTURA DE Sep/18 A PARTIR DEL: 30-09-2018

FACTURAS ADEUDADAS: 0 MES(es) Bs. 0
 MESES ADEUDADOS :

TOTAL DEUDA ACUMULADA Bs. 581.46

LINEA GRATUITA DE ATENCION AL COSUMIDOR: 800-1010-95

Anexo 10. Componentes del sistema solar fotovoltaico. Panel, controlador de carga, batería e inversor de voltaje.



Anexo 11. Inversor de voltaje de 2000W de potencia.



Anexo 12. Batería a gel recargable de 12V 100Ah/10h.



Anexo 13. Controlador de carga de 12V.



Anexo 14. Instalación de los paneles solares en el techo de la pizzería.



Anexo 15. Sistema solar fotovoltaico conectado y en funcionamiento.

