FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PLANTEAMIENTO DE PLAN PILOTO BAJO EN ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y LUMINARIAS DE BAJO CONSUMO LED EN LA ILUMINACIÓN DE ÁREAS EXTERIORES DE LA UCAB.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ADRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR — Estévez López, Xavier
Luongo Rodríguez, Jesús Alberto

PROFESOR GUIA — Ing. Bonadio, Vincenzo

FECHA — Noviembre 2013

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PLANTEAMIENTO DE PLAN PILOTO BAJO EN ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y LUMINARIAS DE BAJO CONSUMO LED EN LA ILUMINACIÓN DE ÁREAS EXTERIORES DE LA UCAB.

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: .....

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:.....	Nombre:.....	Nombre:.....

REALIZADO POR — Estévez López, Xavier; Luongo Rodríguez, Jesús Alberto

PROFESOR GUIA — Ing. Bonadio, Vincenzo

FECHA — Noviembre 2013

AGRADECIMIENTOS

Jesús Alberto Luongo Rodríguez:

Quiero agradecer especialmente a mi familia, por haberme inculcado los valores esenciales que me hicieron llegar a lo que soy hoy en día, a mis padres (José Luongo y Denis de Luongo) que sin el apoyo y los consejos de ellos no hubiera logrado esta meta tan especial, a mi hermana Keydhen, que a pesar de la distancia física ha logrado estar cada día mas cerca de mi, y finalmente a mi hermana María Carolina como ejemplo de ser humano y profesional a seguir.

Xavier Estévez López:

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

Agradezco muy especialmente a mis padres los cuales durante estos años me han enseñado los valores de la vida para poder ser una mejor persona a nivel personal y profesional. Gracias a su gran apoyo en los momentos difíciles de la carrera que sin su ayuda nos los hubiese podido superar.

Agradezco a mi compañero de tesis y a su familia por su apoyo en la realización de la tesis.

Agradezco a mis abuelos Ramón (GIO) y Josefa (YAYA), los cuales me brindaron un gran apoyo durante toda mi carrera y me ayudaron a culminar la gran meta de ser ingeniero civil gracias a su aliento que desde un principio recibí para lograr todo mis objetivos planteados.

SINOPSIS

La motivación del presente Trabajo Especial de Grado fue la crisis actual de energía eléctrica en nuestro país y el daño que produce al medio ambiente. Se plantea la instalación de un plan piloto en energía fotovoltaica y luminarias LED, con el fin independizar de la red eléctrica tradicional una parte de la demanda, mediante la propuesta de un sistema aislado que satisfaga las exigencias energéticas de la iluminación del estacionamiento de la parte sur de la UCAB, que posee una cantidad de 48 faroles de iluminación vial y 24 postes de iluminación de caminería.

Los objetivos planteados para hacer posible esta propuesta son: el desarrollo de un sistema de iluminación autosuficiente basados en paneles fotovoltaicos y posteriormente realizar un estudio de costos que permita demostrar la factibilidad del proyecto.

Como resultado de lo antes descrito, se obtuvo que la opción de generación de energía mediante paneles solares no es factible económicamente, ya que no puede competir con los bajos costos de la energía proveniente de la red tradicional suministrada por el estado, sin embargo es una solución que incorporaría a la UCAB en la capacidad de ser auto-suficientes generando energía verde para su propio abastecimiento. Otro resultado, es que se pudo demostrar la gran eficiencia en ahorro energético que provee el uso de la tecnología LED, disminuyendo el consumo en un 70,18%.

Se recomienda a la UCAB tomar en cuenta los beneficios medioambientales para las generaciones futuras mediante la instalación de este tipo de sistemas fotovoltaicos e iluminación LED, que aunque impliquen un alto costo inicial permitirían la educación y preparación de nuevos profesionales.

Palabras claves: energía, generación, paneles fotovoltaicos, tecnología LED, luminaria.

INDICE

INTRODUCCIÓN **9**

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO **11**
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **11**
I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN : **12**
Objetivo general 12
Objetivos específicos 12
I.3 JUSTIFICACIÓN **13**
I.4 ALCANCE Y LIMITACIONES **15**

CAPÍTULO II-MARCO TEÓRICO **16**
II.1 ANTECEDENTES **16**
II.2 Energías existentes **18**
II.2.1 Energía eólica 19
II.2.2 Energía de Biomasa 22
II.2.3 Energía Hidráulica 23
II.2.4 Energía mareomotriz 24
II.2.5 Energía geotérmica 26
II.2.6 Energía Solar 28
II.2.7 Energía Solar Térmica 29
II.2.8 Energía solar fotovoltaica 29
II.2.9 Ventajas y Desventajas de las Energías Renovables 30
II.3 Radiación Solar **32**
II.4 Día Solar Promedio **34**
II.5 Panel solar **36**
II.5.1 Estructura de un panel fotovoltaico 36
II.5.2 Células fotovoltaicas 37
II.5.2.1 Tipos de Células fotovoltaicas 38
II.5.2.2 Parámetros que determinan una célula fotovoltaica 44
II.6 Sistema Fotovoltaico **45**
II.6.1 Procesos del Sistema Fotovoltaico 46
II.6.1.1 Generación 46
II.6.1.2 Regulación 47
II.6.1.3 Almacenamiento 48
II.6.1.4 Transformación 50
II.6.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos 51
II.7 Iluminación LED **55**

CAPÍTULO III - MARCO METODOLÓGICO 58
III.1 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico. 59
III.1.1 Análisis de carga. 59
III.1.2 Cálculo del Inversor a utilizar 59
III.1.3 Dimensionada del banco de baterías 60
III.1.4 Cálculo del arreglo fotovoltaico. 62
III.1.5 Dimensionamiento del regulador de carga. 64
CAPÍTULO IV - CÁLCULOS Y RESULTADOS 65
Caso A. Sistema fotovoltaico con luminaria actual. 65
A.1 Análisis de cargas 65
Caso B. Sistema fotovoltaico con luminaria LED. 70
Caso C. Sustitución de luminaria actual por luminaria LED. 74
CAPÍTULO V - ANÁLISIS DE RESULTADOS 76
RECOMENDACIONES 82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- Granja Eólica 20
Figura 2 – Potencia eólica anual instalada en el mundo. 1996-2012 20
Figura 3 – Potencia eólica instalada acumulada. 1996-2012.....21
Figura 4-Sistema de generación hidroeléctrica 24
Figura 5- Generador de corriente.....25
Figura 6-Presa de marea 25
Figura 7-Planta de energía geotérmica 26
Figura 8- Espectro de radiación solar 32
Figura 9-Tipos de radiación solar 33
Figura 10- Irradiación Solar 35
Figura 11- Estructura de un panel fotovoltaico 37
Figura 12- Estructura de una célula fotovoltaica 38
Figura 13-Celdas fotovoltaicas amorfas 39
Figura 13- Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino 40
Figura 14-Celdas de Silicio policristalino 41
Figura 15-Células de arseniuro de galio 42
Figura 16-Celulas bifaciales 43
Figura 17-Curva característica de un panel solar 45
Figura 18 - Sistema Fotovoltaico.....46
Figura 19 - Esquema de funcionamiento de un generador fotovoltaico 53
Figura 20 - Sistema fotovoltaico de conexión a la red 54
Figura 21 - Sistema fotovoltaico híbrido 55
Figura 22 - Porcentajes de uso de la iluminación LED por año. 57

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 - Día solar promedio 34
Ecuación 2 - Irradiación solar.....35
Ecuación 3 - Factor forma 44
Ecuación 4 - Eficiencia de rendimiento.....45
Ecuación 5 - Número de Inversores 60
Ecuación 6 -Capacidad de descarga de una batería 61
Ecuación 7- Número de baterías en paralelo 61
Ecuación 8 - Número de baterías en serie 62
Ecuación 9 - Número de baterías totales 62
Ecuación 10 - Número de paneles en serie 63
Ecuación 11 - Número de paneles en serio.....63
Ecuación 12 - Número de paneles totales.....63
Ecuación 13 - Corriente a manejar por el regulador.....64
Ecuación 14 - Número de reguladores 64

INTRODUCCIÓN

Desde hace ya un tiempo el mundo se está viendo enfrentado a problemas energéticos, debido al agotamiento de los combustibles fósiles y al alto grado de contaminación que genera la combustión de estos recursos no renovables.

Frente a la crisis se han tomado medidas que apuntan a una mejor utilización de los recursos energéticos existentes, como cambiando la iluminación a tecnología LED y la sustitución del consumo de energía procedente de combustibles fósiles por fuentes de energía alternativas como son entre otras la energía solar fotovoltaica, eólica y geotérmica, ya que al ser renovables son sustentables en el tiempo, solucionando los múltiples problemas ambientales, sociales y económicos que estas generan.

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce mediante unos receptores denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

La tecnología LED fue descubierta en los años veinte del siglo pasado por el ruso Oleg Lósev y ya, a partir de los años cincuenta, con los trabajos de Nick Holonyak, comenzó a generalizarse en indicadores de encendido o apagado en sus colores verde y rojo. Posteriormente, una de sus variantes, el diodo infrarrojo empezó a usarse para mandos

a distancia de televisores y, a partir de ellos, a otro tipo de electrodomésticos. Hoy también se utiliza en la fabricación de bombillos que por su bajo consumo están sustituyendo a los tradicionales.

Venezuela es un país con gran potencial para el desarrollo de la energía solar, donde se promedia una insolación de cinco horas diarias, se puede incrementar hasta en un 10% la adecuación de nuevas plantas ubicadas a las posiciones del sol con esta novedosa tecnología. En el año 2001 se iniciaron experiencias de aprovechamiento de la energía solar, siendo el poblado de Los Cedros, en el estado Sucre, uno de los pioneros en esta materia, pues algunas de sus casas se abastecen de la electricidad proveniente de paneles solares, teniendo la capacidad y potencia suficiente para satisfacer las necesidades de la población. Lamentablemente esto no se ha difundido y la población venezolana no está concientizada que hay que buscar otras alternativas de energía. En los últimos años se ha agudizado la crisis con cortes eléctricos desmejorando la calidad de vida del venezolano.

Este proyecto desarrollará un plan piloto de generación energética producida por un sistema fotovoltaico para la iluminación del estacionamiento de la parte sur en frente de los módulos, logrando independizarse de la red convencional de energía. También se reemplazarán los bombillos ya existentes por luminarias LED, logrando un bajo consumo, más años de durabilidad y minimizar los daños al ambiente.

Con este estudio se obtendrán beneficios ya que se estará implementando un sistema de generación eléctrica independiente de la red convencional de energía y estaremos colaborando con el ambiente. Para las generaciones futuras dentro de la universidad servirá de ejemplo para el desarrollo de estos en otras áreas.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El campus de la Universidad Católica Andrés Bello ha presentado en los últimos años dos grandes problemas; enfocados básicamente en la iluminación del campus y al actual problema que vivimos los venezolanos como es la baja eficiencia de generación y distribución que presenta el estado con el servicio de energía eléctrica a nivel nacional.

El crecimiento poblacional en la ultima década ha aumentado notablemente la demanda de energía, es por esto que Venezuela ha recurrido a la instalación de plantas termoeléctricas que solucionan con efectividad el problema de la demanda energética; sin embargo a largo plazo la contaminación ambiental se hace presente en este tipo de generación de energía. Es por esto que se ha planteado incluir la producción de energía mediante un sistema de paneles fotovoltaicos que no emiten contaminación y a su vez son autosustentables en el tiempo.

El consumo de energía de la Universidad Católica Andrés Bello promedia por mes 402.750,00 KWh, este numero refleja la gran cantidad de energía requerida por la institución; con el fin de disminuir y optimizar el consumo se ha planteado la alternativa de incluir las luminarias LED en el alumbrado de la Universidad.

Con la finalidad de promover un nivel de armonía con el medio ambiente; se ha planteado la opción de estudiar alternativas de autogeneración de energía no contaminante y su aplicación en el campus.

I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN :

Objetivo general

Elaborar un estudio que permita desarrollar un sistema de iluminación autosuficiente, basado en paneles fotovoltaicos y plantear la instalación de un módulo piloto en la iluminación de una zona de estacionamiento en la UCAB y sustentarlo con un análisis de costo-beneficio.

Objetivos específicos

- Realizar la incorporación de energía verde en nuestra universidad mediante paneles solares para iluminación del campus.
- Estudiar el aprovechamiento de la energía solar mediante paneles solares.
- Realizar el estudio de costos que permita demostrar la factibilidad del proyecto.

I.3 JUSTIFICACIÓN

El plan de Desarrollo de un país es fortalecer y asegurar el servicio eléctrico a la población, a la vez de garantizar la preservación del ambiente mediante el uso de fuentes alternativas de energía.

En este proyecto mediante una prueba piloto en la Universidad Católica Andrés Bello se plantea la utilización de energía fotovoltaica en una de sus áreas con el fin generar energía eléctrica limpia proveniente de la radiación solar y la utilización de luminarias LED, generando bajo consumo eléctrico y reducción en la contaminación lumínica.

Desde hace unos años Venezuela atraviesa una crisis energética que provoca cortes eléctricos en especial en el interior del país, repercutiendo en la calidad de vida. La población sigue creciendo, representando una demanda potencial de electricidad la cual el sector eléctrico de nuestro país no está en capacidad de solventar.

El gobierno venezolano específicamente el Ministerio para el Poder Popular de energía eléctrica ha exigido según la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela bajo el número 40.236 publicado en Caracas, lunes 26 de agosto de 2013 que en el Artículo 1“ Las Personas Jurídicas del Sector Privado, que superen una Demanda Asignada Contratada de un Megavoltioamperio (1MVA), deberán realizar acciones para mantener una reducción de al menos un diez por ciento (10%) de su consumo mensual con respecto al mayor valor entre el consumo facturado en el mismo mes o el consumo promedio mensual facturado.” Y que en el Articulo 2 “Las Personas jurídicas del Sector Privado, con cargas entre doscientos kilovoltioamperio (200 KVA) y un Megavoltioamperio (1 MVA), deberán acometer acciones para mantener una reducción de al menos un diez por ciento (10%) de su consumo mensual con respecto al mayor valor

entre el consumo facturado en el mismo mes o el consumo promedio mensual facturado." [36]

Esto ha llevado a las empresas y al sector privado a instalar sistemas de auto-suficiencia como son las plantas eléctricas aumentando la producción de CO_2 perjudicando aún más el medio ambiente.

Frente a la crisis surge la necesidad de estudiar energías alternativas que se están aplicando con éxito a nivel mundial como son la energía fotovoltaica y la utilización de luminarias LED, pensando en la responsabilidad social de conservar el ambiente en pro de un desarrollo sustentable en el futuro.

La energía fotovoltaica funciona independiente de la red eléctrica no siendo susceptible a las perturbaciones derivadas de las interrupciones y fallas que ocurran.

Venezuela por su situación geográfica hace viable la generación de electricidad por medio la energía fotovoltaica ya que su índice de incidencia solar es alto.

Para la población y el país es importante los beneficios tanto de la energía fotovoltaica como de la iluminación LED ya que se hace un ahorro de consumo y se aumenta el grado de satisfacción de los usuarios, adicional a esto se ayuda al ambiente, con la instalación de estos sistemas que reducen la contaminación ambiental.

La importancia de este proyecto radica en que los resultados de los mismos proporciona a la Universidad y a los estudiantes un soporte que demuestre los beneficios que aporta el uso de estos sistemas de iluminación, el cual a su vez permita sustentar la aplicación de estas tecnologías en proyectos futuros.

I.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

Los alcances de nuestra investigación son los siguientes:

- Se pretende el estudio de un desarrollo de iluminación con energía proveniente de paneles solares, el cual estara ubicado en la Universidad Católica Andrés Bello, específicamente en el estacionamiento de la parte sur, detrás del edificio de Modulos.
- Se realizara un análisis de costo-beneficios entre la energía utilizada actualmente y la energía generada mediante paneles solares.

Dentro de las limitaciones se tiene lo siguiente:

- No se estudiara el resto del campus de la universidad que conforma la zona específicamente de la parte norte del edificio de módulos e instalaciones deportivas por factores de tiempo y complejidad.
- El estudio económico que se realizara esta totalmente atado a la variaciones de precios y a la inflación que vive el país en estos momentos, de modo que probablemente sea un estudio que tenga una vigencia de corto plazo e incluso hasta días.

CAPÍTULO II-MARCO TEÓRICO

II.1 ANTECEDENTES

Durante la realización del trabajo especial de grado en la Universidad Catolica Andres Bello de Maria Jose Caso Sanchez y Wael Tabet Abou-Said (2008) afirman que:

En muchos casos, el costo de realizar estas operaciones con energía solar no puede competir con el costo menor de otras fuentes de energía. No es que se trate de una energía cara; todo lo contrario. Pero el problema es que se requiere una inversión inicial importante para comenzar a asimilar el uso de la energía solar. Es por ello, que la mayor parte de los problemas de utilización de esta energía se vinculan a problemas fundamentales económicos, dependiendo por lo tanto en cierta medida de los subsidios que este tipo de instalaciones pueden obtener de los organismos oficiales y gubernamentales.

En el trabajo especial de grado en la Universidad Católica Andrés Bello elaborado por Arvelo Julio y Barbato Daniel (2008) plantean que:

Al evaluar las distintas opciones proporcionadas en el país, se observa que las alternativas de generación eléctrica de baja contaminación, adecuadas a la zona donde esta ubicado el caso de estudio (Universidad Católica Andrés Bello) son:

La energía a través de paneles solares fotovoltaicos y los grupo electrógenos alimentados con gas natural, debido a que la incidencia de los rayos solares en el área grande, y además, se conoce la presencia de una red de distribución principal del combustible metano, a menos de cuarenta (40) metros de distancia. También, se suma el hecho de que existen numerosas empresas dedicadas a la instalación, comercialización y asesoría de los equipos que se utilizan en ambos sistemas.

Seekatz Adriana y Delago Searly en su trabajo especial de grado elaborado en la Universidad Catolica Andres Bello (2011), concluyen que:

El costo de la inversión de esta tecnología es elavado cuando son sistemas de generacion independientes que necesitan almacenamiento de energía, ya que el costo del banco de baterías representan aproximadamente la mitad de la inversión. Una de las aplicaciones de estos sistemas es conectarse a la red para disminuir la demanda en la misma y en algunos casos inyectar el exceso de producción eléctrica fotovoltaica. Sin embargo, hasta la fecha no existe en venezuela un marco legal que permita venderle energía a la red.

Por otro lado en esta tesis hacen una analisis de cargas muy significativo y detallado de apartamentos de interes social y de viviendas rurales; arrojando como resultados de consumo 5.299,50 Wh/día y 4.208,57 Wh/día respestivamente.

Entre otros proyecto de energia solar, se puede mencionar el desarrollado en el año 2001 por la empresa SOLARTEC, filial de la estadounidense solar electric Specialities, para satisfacer las necesiades energeticas al pueblo de los cedros, en el estado Sucre, compuesto de 19 viviendas. Esta utilización exitosa se pretendia extender hasta Macuro, tambien el estado Sucre, en un proyecto que comtemplaba la instalación de 3.000 paneles solares e incluia la instalación de una fabrica de paneles solares lo cual convertiria a venezuela en exportadora de paneles solares a Estados Unidos y a los paises de Centro America y Suramerica. Sim embargo, no se tienen mayores noticias al respecto y se desconoce si este proyecto prospero.

II.2 Energías existentes

Las Energías Renovables son aquellas que se producen de manera continua y que en un período de corto tiempo están de nuevo disponibles para ser utilizadas. Estas energías son inagotables y poseen la ventaja de poder complementarse entre ellas, lo que favorece su integración.

También son llamadas energías verdes, ya que sus efectos negativos con el medio ambiente son mucho menor a los impactos ambientales que son generados por las energías convencionales, como combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), energía nuclear, entre otras.

Durante los últimos años, la concientización sobre el impacto ambiental y el agotamiento de las fuentes fósiles que genera la industria energética ha llevado al mundo a buscar nuevas fuentes de energías y es justo aquí donde se está produciendo un renacer las energías renovables.

La sustentabilidad de estas energías viene dada a que son fuentes inagotables y tienen un gran potencial que garantiza el suministro eléctrico en el pasar del tiempo.

Dentro de la amplitud de estas energías se destacan las que poseen mayor desarrollo tecnológico que hace de ellas más competitivas en el mercado mundial, entre ellas se pueden mencionar:

Energía Renovables
- Eólica
- Biomasa
- Hidráulica
- Mareomotriz
- Geotérmica
- Solar

II.2.1 Energía eólica [1]

La energía eólica aprovecha la energía almacenada en el viento utilizando aerogeneradores convirtiéndola en energía mecánica de rotación, que puede utilizarse directamente para el movimiento de las máquinas o para generar energía eléctrica. La energía del viento tiene relación las masas de aire que se desplazan desde áreas de alta presión atmosférica hacia otras de baja presión, con velocidades directamente proporcionales con el gradiente de presión.

Del 1 al 2 % de la radiación solar es transformada en viento, generado por el calentamiento no uniforme de la superficie terrestre, si este porcentaje se aprovechara en su totalidad sería suficiente para abastecer cinco veces la necesidad energética mundial anual, pero la tecnología actual sólo permite aprovechar los vientos horizontales y próximos al suelo con una velocidad mínima de 20 km/h y máxima de 80 km/h.

Los parques eólicos son instalaciones de muchos aerogeneradores o molinos de vientos, que producen grandes potencias eléctricas para satisfacer las demandas requeridas por una población que necesite ser abastecida energéticamente.

Figura 1- Granja Eólica [12]

A continuación se muestran unos gráficos en los que se puede evidenciar el desarrollo de la energía eólica a través del tiempo.

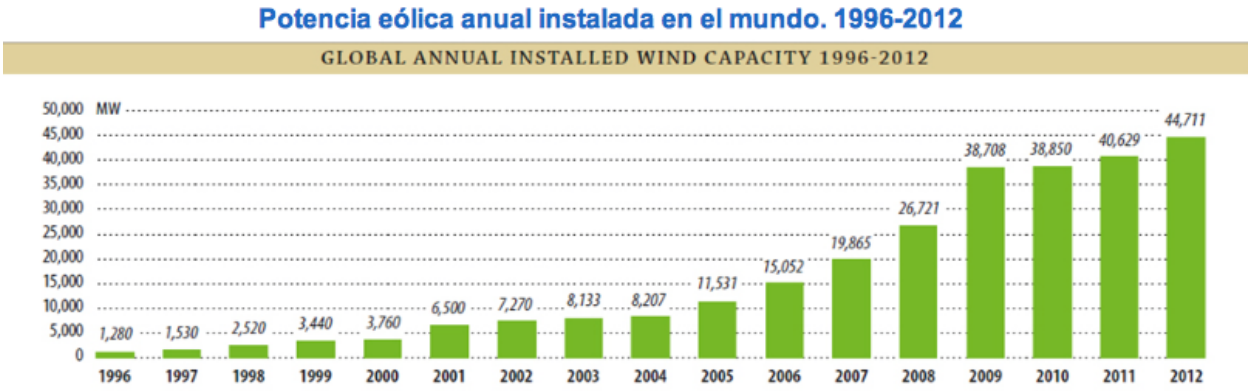


Figura 2 – Potencia eólica anual instalada en el mundo. 1996-2012 [24]

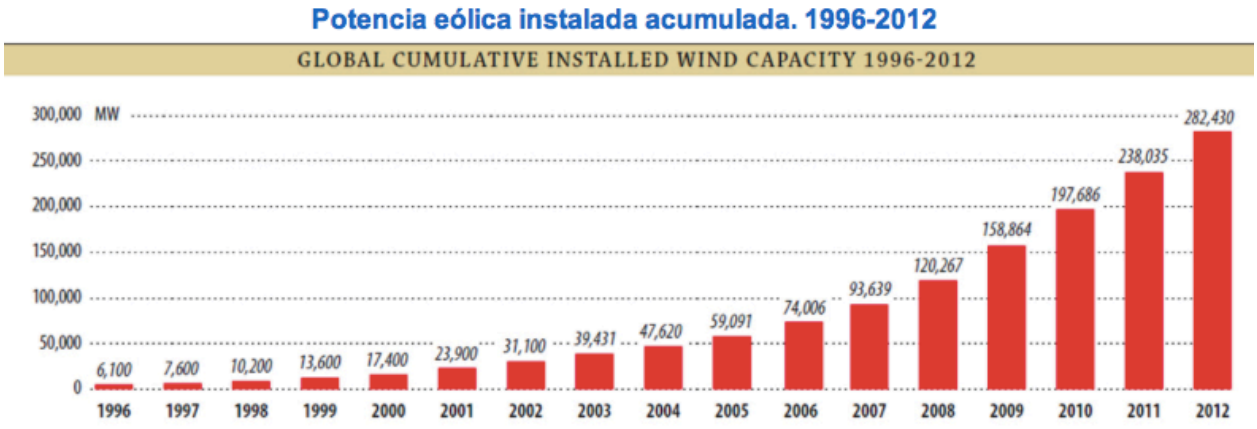


Figura 3 – Potencia eólica instalada acumulada. 1996-2012 [24]

Para desarrollar esta energía es necesario realizar un estudio que demuestre la viabilidad del viento como fuente de energía, en este estudio intervienen algunos factores que mencionaremos a continuación:

- Procedimiento de tomas de los datos necesarios a analizar, variables a medir (viento y dirección), frecuencia de muestreo, entre otros.
- Instrumentación a utilizar tal como, anemómetro, veleta, etc.

Sin embargo, la evaluación de los recursos eólicos presenta algunos problemas que se ven directamente reflejados en el desarrollo y funcionamiento de dicha energía.

- Se necesita disponer de medidas de velocidad y dirección del viento por períodos largos, de modo de obtener un modelo lo más representativo posible a la realidad en el pasar del tiempo.
- La variabilidad del viento dependiendo de la estación del año, día y hora.

II.2.2 Energía de Biomasa [25]

La energía de biomasa es considerada como una de las energías menos costosas dentro del rango de las energías renovables, esto se debe a que la tecnología que se requiere está bien desarrollada y existe actualmente en el mercado.

La biomasa es un conjunto de sustancias orgánicas depositadas en el suelo. También se entiende como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Esta energía se caracteriza al igual que las demás energías renovables por su menor impacto ambiental y su sustentabilidad basada en una fuente de suministro energético inagotable.

La biomasa energética únicamente abarca a los materiales de origen biológico que no son empleados para fines alimenticios o industriales y se puede clasificar de la siguiente manera:

- Biomasa residual: incluye los residuos agrícolas y forestales, los residuos de industrias forestales y agrícolas, los residuos sólidos urbanos y los biodegradables, tales como efluentes ganaderos, iodos depurados, aguas residuales urbanas y otras.
- Biomasa natural: es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana. Los recursos generados en las podas naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa. Cuando se explota esta biomasa hay que tener en cuenta que no podemos pasar por encima de la tasa de renovación del ecosistema, ya que se estaría descompensando e interviniendo en él de una forma irreversible. La utilización de estos recursos requiere de la gestión de su adquisición y transporte hasta la empresa de consumo final, lo que puede provocar que su uso no sea viable económicamente.

- Cultivos energéticos: son los efectuados con el objetivo del aprovechamiento energético y se caracterizan por tener una gran producción de materia orgánica por unidad de tiempo.
- Excedentes agrícolas: están conformados por los productos agrícolas que no pueden ser aprovechables por el ser humano, específicamente nos referimos a los residuos forestales.

En forma resumida lo que se busca es gasificar la biomasa de tal manera que se aproveche el gas para utilizarlo como combustible y generar energía. Este proceso se basa en producir un gas de poco valor calorífico a partir de un combustible sólido como lo es la biomasa. El método consiste en transformar con calor más del 99% del carbono que contiene la biomasa en un gas que luego sea sustituto del gas natural o cualquier combustible no renovable.

II.2.3 Energía Hidráulica [26][13]

Es la energía que se produce debido a un desnivel y un caudal de agua así generando una caída, provocando el movimiento de turbinas, de manera que se aprovecha la energía potencial, para transformarla en energía mecánica y finalmente en energía eléctrica. La energía hidráulica es un recurso natural disponible en las zonas geográficas donde presenten suficiente caudal para este ser utilizado y devuelto a su cauce.

Esta energía ha cobrado mucha relevancia a nivel mundial debido al gran incremento de costos de los combustibles fósiles que alimentan las plantas de generación térmicas, por otro lado las plantas hidroeléctricas no son contaminantes y poseen un bajo costo de operación y mantenimiento.

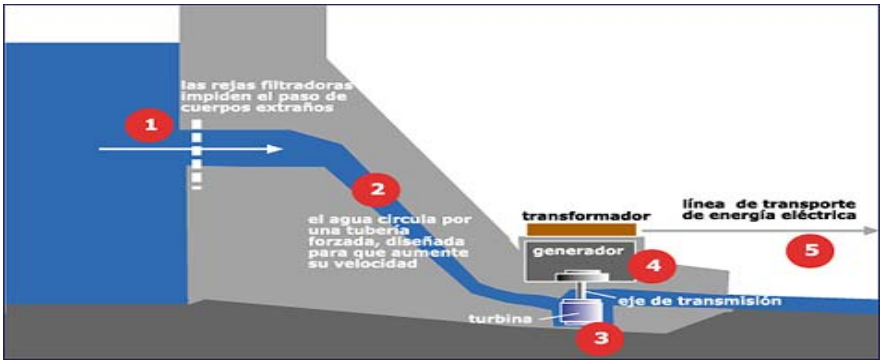


Figura 4-Sistema de generación hidroeléctrica [27]

II.2.4 Energía mareomotriz [2]

La energía mareomotriz proviene del aprovechamiento de las fuerzas de las olas del mar y de los cambios de la marea, para mover turbinas similares a las utilizadas en la hidroelectricidad y así generar energía eléctrica.

Actualmente esta energía se ha logrado desarrollar, básicamente, de dos maneras:

- Generador de la corriente de marea: estos generadores funcionan haciendo uso de la energía cinética que tiene el agua en movimiento para hacer girar las turbinas y de esta manera producen energía eléctrica. Este método es similar al que utilizan las turbinas eólicas, su única diferencia es que en vez de corrientes de viento para impulsar los generadores se impulsan mediante corrientes marinas.

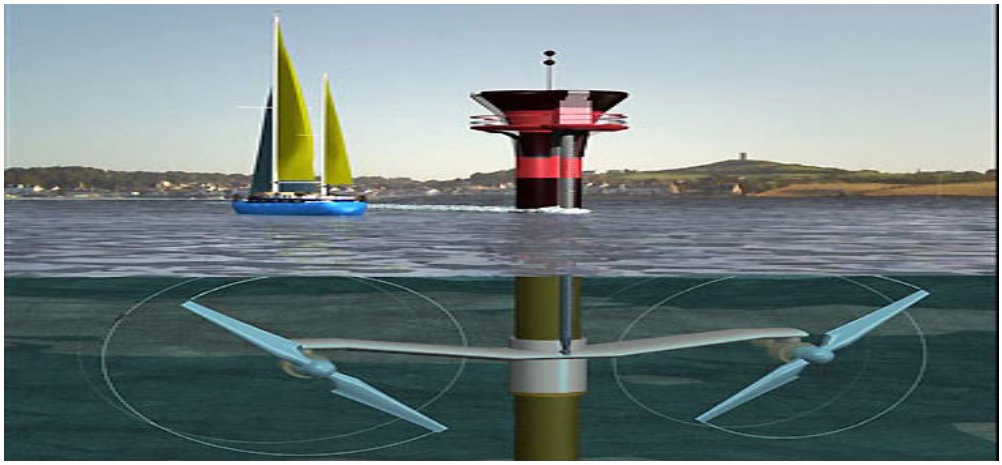


Figura 5- Generador de corriente [14]

- Presa de marea: estas presas hacen uso de la energía potencial que existe en las diferencia de altura entre las mareas altas y bajas. Las presas son esencialmente diques que se hacen a lo largo de un estuario. La desventaja de este método es que sufre de altos costos en la infraestructura civil y no hay muchos lugares en el mundo que sean aptos para este tipo de generación.

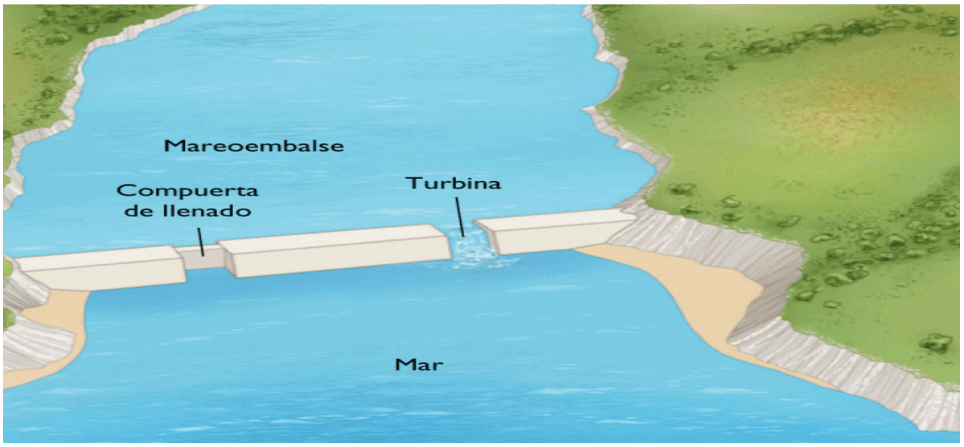


Figura 6-Presa de marea [16]

II.2.5 Energía geotérmica [3]

La energía geotérmica es un recurso renovable, por lo que hace que la misma sea ilimitada y sea una energía que se produce a bajo costo, confiable y que trae una mayor ventaja a nivel ambiental que las energías convencionales.

Dicha energía es aquella que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor que se produce en el interior de la tierra el cual se debe a varios factores, como lo son el gradiente geotérmico, el calor radiogenético, entre otros.

Mediante un proceso que consiste en excavar hasta donde se encuentra el reservorio geotérmico de agua, esta sube a la superficie por tuberías desde el interior de la tierra, donde el agua se despresuriza en vapor hasta activar las turbinas y éstas a su vez mueven el generador capaz de producir electricidad; la cual es llevada hasta los transformadores donde son elevadas las tensiones para ser transportadas por la red eléctrica hasta los centros de consumo. El vapor de agua utilizado para el movimiento de las turbinas después de enfriarse se convierte en agua y es inyectada nuevamente en el reservorio geotérmico para ser reutilizada.

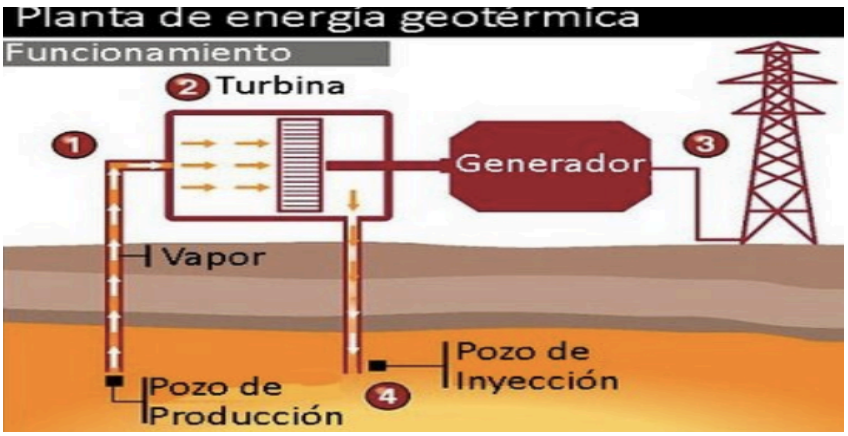


Figura 7-Planta de energía geotérmica [35]

Entre otros usos que se le da a la energía geotérmica es climatizar edificios y obtener agua caliente de forma ecológica, mediante un conjunto de tuberías enterradas en el subsuelo, captadoras de energía por las que circula agua glicolada que al entrar en contacto con el subsuelo captan o ceden energía como consecuencia de un salto térmico entre el fluido y el terreno.

Un equipo geotérmico está compuesto por:

- Una bomba de calor que es un dispositivo eléctrico que gracias a su avanzada tecnología realiza el aprovechamiento energético; el cual consiste en permitir que se realice el intercambio de calor con el suelo.
- Conjunto de tuberías de polietileno enterradas en el suelo para permitir la circulación del agua con glicol.
- Una bomba hidráulica, que bombea la solución de agua con glicol que fluye por las tuberías.

Los sistemas que se pueden emplear para la captación de la energía geotérmica son los siguientes:

- Captación vertical.
- Captación horizontal.
- Aguas subterráneas.
- Lagos y ríos.

Usos de la Energía Geotérmica:

- Balnearios: aguas termales que tienen aplicaciones para la salud.
- Calefacción y agua caliente.
- Electricidad.
- Extracción de minerales: se obtiene de los manantiales de azufre/ sal común, amoniaco, metano y ácido sulfhídrico.
- Agricultura y acuicultura: para invernaderos y criaderos de peces. [6]

II.2.6 Energía Solar [3]

La energía solar es aquella proveniente del sol en forma de radiación, la cual puede ser transformada para adaptarla a nuestras necesidades de consumo eléctrico o de consumo de calor. Se necesitan sistemas de captación y aprovechamiento de la radiación solar, es por esto que se han desarrollado varios sistema, entre ellos tenemos:

- **Energía solar térmica pasiva:** utiliza directamente la radiación del sol la cual es aprovechada mediante la incorporación de acristalamiento y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica.
- **Energía solar térmica:** consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos, haciendo uso del mismo para calentar agua caliente sanitaria, calefacción tanto para hogares como piscina, entre otros.
- **Energía solar fotovoltaica:** es aquella que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas las cuales integran el módulo solar. La electricidad producida puede ser almacenada en acumuladores o puede ser introducida directamente a la red de distribución eléctrica.

II.2.7 Energía Solar Térmica [4]

La energía solar térmica es una rama de la energía solar que se basa en la transformación de la radiación solar en calor, satisfaciendo directamente cualquier necesidad calorífica. La forma de aprovechar el calor y convertirlo en energía eléctrica se hace mediante un tanque de agua, en el cual se colocan una serie de espejos de manera que los rayos de luz incidan sobre ellos y calienten el agua generando vapor, este es obligado a pasar por unas turbinas que generan la electricidad. Esta energía es considerada renovable, ya que el agua se condensa y vuelva al tanque de manera de ser reusada.

Esta energía es comúnmente conocida por ser utilizada para calentar el agua y emplearla para uso doméstico, dándose a entender como calentadores domésticos. Los calentadores domésticos que funcionan con la energía del sol se basan en hacer circular el agua por tuberías en las cuales estimulan los rayos solares de manera que calientan el agua que pasa por ellas; posteriormente el agua se dirige a un tanque donde es almacenada y mantiene la temperatura a la cual fue calentada.

Este tipo de energía es más utilizada que la energía solar fotovoltaica debido a que la tecnología que requiere para su funcionamiento es menos costosa; es por esto que la energía solar térmica está muy de moda en hogares, por las ventajas anteriormente mencionadas.

II.2.8 Energía solar fotovoltaica [18],[19]

La energía fotovoltaica se denomina aquella que aprovecha la radiación solar mediante módulos fotovoltaicos, compuestos por dispositivos semiconductores tipo iodo que al recibir la radiación se excitan y provocan saltos eléctricos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. Los módulos se disponen en forma tal de que la cantidad de luminosidad que los mismos puedan absorber mediante las células fotovoltaicas

sea la mayor, generando así la mayor cantidad de energía eléctrica posible siendo la misma de bajo impacto ambiental.

La radiación solar es uno de los principales aspectos por los cuales fue inventado y creado los sistemas de producción de energía fotovoltaica, para hacer uso de este recurso con el cual contamos en nuestro planeta. Por lo tanto se debería hacer un estudio arduo sobre la radiación, ya que de esta manera podremos tomar la decisión de instalar un sistema de estos, debido que son instalaciones muy costosas y por lo tanto hay lugares en el mundo en los cuales no es conveniente instalar este tipo de sistema.

II.2.9 Ventajas y Desventajas de las Energías Renovables

	ENERGÍAS RENOVABLES	
	Ventajas	Desventajas
Energía Eólica	• No produce emisiones dañinas para el medio ambiente. • Es una energía que se produce mediante un recurso inagotable. • Se pueden aprovechar zonas específicas, tales como: desérticas, próximas a la costa, en laderas con mucha pendiente para ser cultivables. • Se puede instalar en terrenos compartidos con la agricultura y la ganadería. • Su instalación es rápida, varía entre 6 meses y un año. • No requiere de mantenimiento constante, suele ser una vez cada 6 meses. • Cada kw/h de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón evita: 0.6kg de Co2, Dióxido de Carbono 1.33gr de So2, Dióxido de Azufre 1.67gr de N0x, Óxido de Nitrógeno	• La inversión inicial es de muy alto costo. • Se necesitan grandes extensiones de terreno para su funcionamiento. • La contaminación acústica que generan los parques eólicos. • La capacidad de análisis para prever la generación de energía con antelación es muy baja, ya que la aleatoriedad del viento desempeña grandes problemas, de modo que no se obtiene con exactitud la cantidad de energía que se puede producir con un día de anticipación. • Se debe tener una velocidad mínima en el viento, para que se logre accionar el movimiento de las aspas y así producir la energía.
Energía Biomasa	• La biomasa no contribuye al calentamiento global y reduce los niveles atmosféricos de dióxido de carbono. • La conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura y la basura sólida para la producción energética es un uso eficaz de los residuos que a su vez reduce significativamente el problema de la disposición de basura. • La biomasa es un recurso inagotable.	• Restricciones de cultivos alimenticios por el uso de los mismos para la producción de combustibles. • El uso extensivo de biomasa proveniente de bosques naturales conllevan a la tala de árboles y generan un gran impacto en el ecosistema.

Energía Hidroeléctrica	• Es un recurso inagotable, debido al ciclo del agua. • No emite gases, es decir no contamina la atmósfera. • Los embalses se puede utilizar para actividades de recreo, control de inundaciones y sistemas de riego básicamente. • Es capaz de generar grandes cantidades de energía. • Bajo costo de operación y mantenimiento.	• Infraestructura de alto costo. • La vida útil del sistema dependerá de la vida útil del embalse. • Limita la navegación de los ríos represados.
Energía Mareomotriz	• Energía limpia, verde, renovable y silenciosa. • No produce gases invernaderos, ni emisiones. • Se pueden obtener grandes cantidades de energía de una manera ilimitada	• Impacto ambiental que la instalación y operación de estos sistemas genera. • Inversión inicial es muy elevada.
Energía Geotermica	• **Ventajas económicas:** o Ahorro medio del 70% en la factura de la electricidad. o El costo de mantenimiento es mínimo y su vida útil está por encima de los 30 años. • **Ventajas para la salud:** o No se utilizan productos tóxicos. o Se pueden instalar en lugares con poca refrigeración ya que no se producen llamas. o Es un sistema biosanitario, ya que elimina el riesgo de transmisión de legionelosis al no haber torres de refrigeración. • **Ventajas medioambientales:** o Utiliza la energía natural del sol y del suelo. o Reducción de las emisiones de CO_2 en torno al 50%. o No produce partículas volátiles contaminantes. o Reducción de emisiones de NO y SO_2. • **Ventajas arquitectónicas:** o Ahorro de espacio en azoteas y terrazas. o Mejora la estética en la edificación al no tener elementos externos visibles en fachadas y cubiertas.	• Se desprenden durante el proceso ciertas cantidades de emisiones como sulfuro de hidrógeno, ácido sulfhídrico, arsénico y otros minerales. • Deterioro del paisaje. • Contaminación térmica. • Emisiones de CO_2. • Contaminación de aguas próximas con sustancias como arsénico, amoniaco, ect.
Energía Solar	• Requiere de bajo mantenimiento. • Energía limpia que produce escaso impacto ambiental. • Energía limpia que no produce residuos. • Su adquisición se encuentra en el mercado tanto para pequeños como grandes desarrollos. • No hay dependencia de las compañías que suministran energías. • Menor dependencia energética de otras fuentes de energía. • No disminuye la calidad de aire y suelos. • Es inagotable.	• Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones. • Costo inicial de instalación elevado. • Los sistemas de acumulación (baterías) contienen agentes químicos peligros, por lo tanto deben tener un adecuado manejo a la hora de su sustitución luego de cumplir su vida útil, la cual es relativamente baja.

II.3 Radiación Solar [3]

Es la energía liberada de El Sol que es transmitida a su exterior mediante la radiación solar, esta energía proviene de reacciones que se generan en el interior de El Sol que producen una pérdida de masa. No toda la radiación alcanza la superficie de La Tierra, esto se debe a que hay ondas absorbidas por los gases de la atmósfera, fundamentalmente el ozono. Estas ondas se clasifican en ondas de baja, mediana y alta frecuencia que oscilan desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. Las ondas de baja frecuencia son las infrarrojas que proporcionan calor, las ondas de alta frecuencia son las ultravioletas que son las encargadas de realizar el proceso de la fotosíntesis y finalmente tenemos las ondas de mediana frecuencia que son las que conforman la parte visible del espectro. La magnitud de radiación se mide por W/m^2 (Vatio por metro cuadrado) esta unidad se conoce como irradiancia. El Sol emite una radiación de 63.450.720 W/m^2; de esta radiación solo llega a La Tierra 1/3 de le energía que es interceptada por la atmósfera y un 70% de ella incide en el mar.

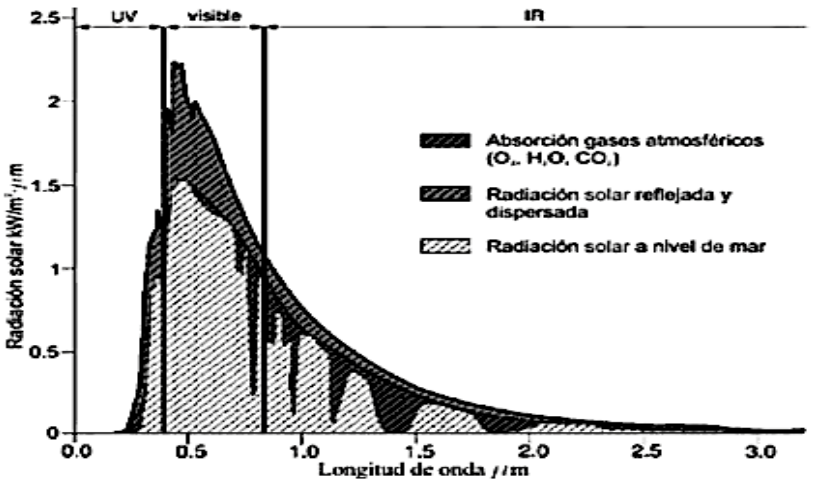


Figura 8- Espectro de radiación solar[4]

Tipos de Radiación

- Directa: Es la recibida desde El Sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
- Difusa: Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debido a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- Albedo: Es la radiación directa y difusa que se recibe por la reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

En las aplicaciones fotovoltaicas la radiación de mayor influencia es la directa, debido a que toda su energía incide sobre el panel; cuando la radiación directa es obstaculizada aparece la sombra, que sin embargo recibe radiación proveniente de la radiación difusa.

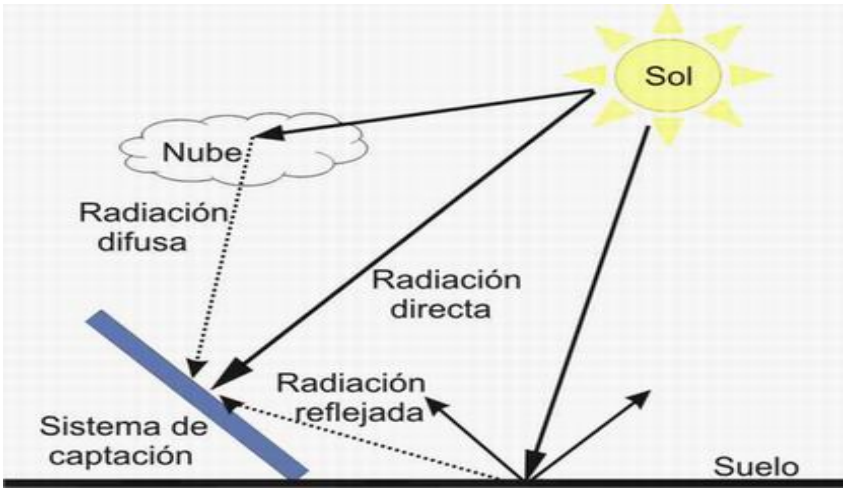


Figura 9-Tipos de radiación solar [17]

II.4 Día Solar Promedio

Durante el día el ángulo de incidencia del sol sobre la superficie terrestre varía con el transcurso del día. Este concepto en el sistema de paneles fotovoltaicos se conoce como el tiempo en horas con el cual el Sol irradia al panel con una potencia igual a una h.s.p (1 KW/m^2). Para obtener este valor se debe tener el promedio de irradiación diaria en el lugar de instalación de los paneles y se divide por la potencia máxima luminosa.

$$\text{Día solar promedio (h)} = \frac{Promedio\ de\ irradiación\ diaria\ \left(KWh\frac{}{m2}\right)}{Potencia\ máxima\ del\ PFV\ \left(\frac{KW}{m2}\right)}$$

Ecuación 1 - Día solar promedio

En otras palabras el día solar promedio representa la cantidad de horas en el día en el cual el panel solar es capaz de producir la potencia máxima especificada por el fabricante.

La irradiación solar es la cantidad de energía solar en (KWh/m^2) y se utiliza para dimensionar un sistema de paneles fotovoltaicos, sin embargo para obtener la irradiación solar es determinante conocer la irradiancia solar que es la potencia por unidad de área (KW/m^2) que varía durante el día y tiene un comportamiento que aumente cuando sale el sol y disminuye en su ocaso. De esta manera se muestra un gráfico de la irradiancia vs las horas del día; que da como producto bajo del área bajo la curva la irradiación solar.

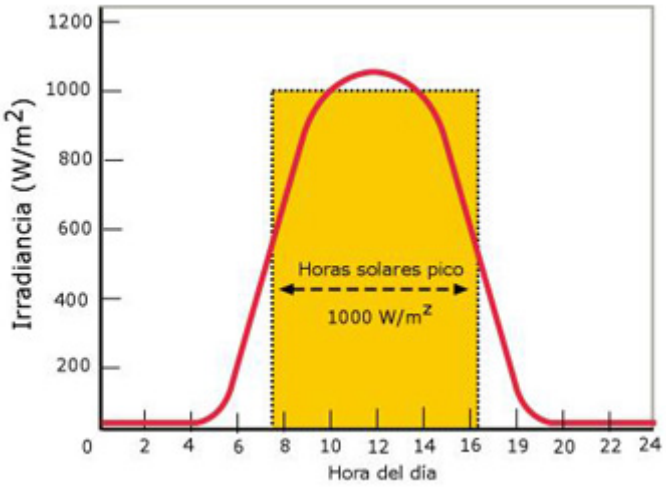


Figura 10- Irradiación Solar [7]

La irradiación solar se puede calcular con la siguiente fórmula :

$$H = E \times t$$

Ecuación 2 - Irradiación solar

Donde:

H = Irradiación Solar (Wh/m^2)

E = Irradiancia Solar (W/m^2)

t = Tiempo (horas)

II.5 Panel solar [20]

Los paneles están constituidos por un conjunto de células fotovoltaicas conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel incremente hasta el valor deseado. Además el panel solar cuenta con una serie de elementos que lo conforman haciendo una adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos y asegurando una rigidez suficiente a la hora de ser instalados.

II.5.1 Estructura de un panel fotovoltaico

- **Marco de aluminio:** está elaborado con aluminio para evitar los efectos corrosivos que pueda ocasionar el ambiente y por lo tanto cumplir con la función de asegurar una suficiente rigidez y estabilidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel.
- **Encapsulante:** se encuentra elaborado de silicón, pero más frecuentemente de EVA (etilen-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición a el Sol, buscando así que el índice de refracción sea similar al del vidrio para no alterar las condiciones de la radiación incidente. Su función es proteger a las células de posibles vibraciones que puedan generarse.
- **Cubierta de vidrio:** es la cubierta exterior de cara a el Sol, la cual se encuentra fabricada de vidrio de alta resistencia mecánica, alta transitividad y bajo contenido de hierro permitiendo facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar.
- **Cubierta posterior:** está formada por un conjunto de láminas de distintos materiales capaces de proporcionar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos.

- **Cableado y bornes de conexión:** protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas y haciendo uso de instalaciones eléctricas habituales.
- **Diodo de protección:** encargado de proteger sobre-cargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento del panel.

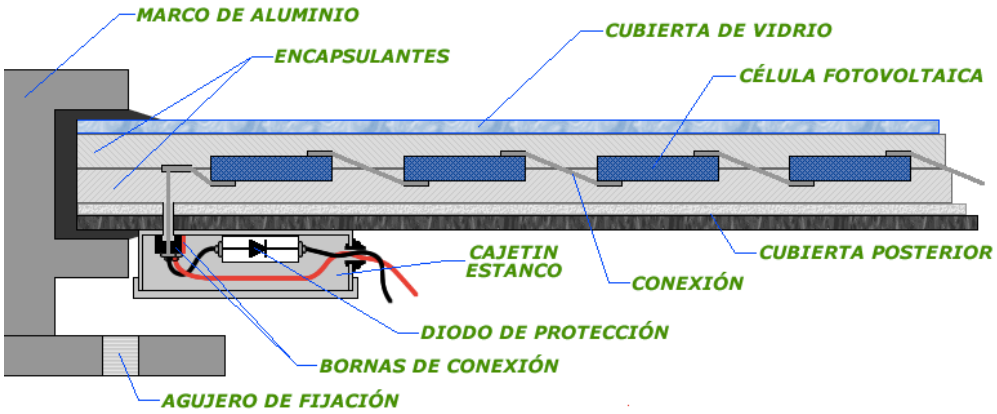


Figura 11- Estructura de un panel fotovoltaico [20]

II.5.2 Células fotovoltaicas [9]

Las células fotovoltaicas son dispositivos conformados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos, convirtiendo la energía luminosa en energía eléctrica. Las células están formadas por dos capas de semiconductores con dopados diferentes, la capa sobre la que incide la luz es de tipo N (negativa) dopada generalmente por fósforo y la capa inferior es de tipo P (positiva) dopada de boro. Una vez que se ponen en contacto estas dos capas formando la unión NP, son capaces de producir una barrera de potencial que hace posible el efecto fotovoltaico. Al ser está expuesta a la radiación, los fotones que transportan la energía de la luz solar, al incidir sobre ellos

generan una corriente eléctrica, convirtiendo así la célula en una pequeña pila generadora de energía eléctrica.

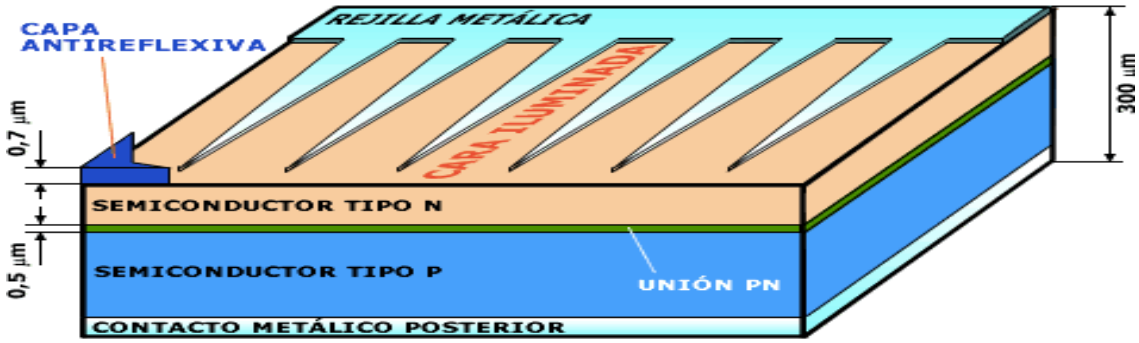


Figura 12- Estructura de una célula fotovoltaica [20]

II.5.2.1 Tipos de Células fotovoltaicas [8]

En la actualidad, la mayor producción de paneles solares son a partir del elemento químico metaloide llamado silicio (Si), ya que en nuestro planeta es el elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno, representa así un 27%. El silicio no se encuentra en la naturaleza en estado puro, sino unido a un cierto número de elementos por lo que hace que los costos de fabricación sean más elevados. Las celdas fotovoltaicas están compuestas por silicio tratado o dopado, de modo de que cuando recibe la luz solar se liberan electrones y por ende se genera electricidad. Entre las celdas fotovoltaicas que podemos conseguir en el mercado que su principal material de producción es el sílice podemos encontrar:

- **Celdas fotovoltaicas amorfas**

Se fabrican depositando una película fina de silicio amorfo en diversos tipos de soporte, abriendo así la posibilidad de construir células fotovoltaicas flexibles. El proceso de fabricación del silicio amorfo no requiere de un proceso de cristalización previo, sino que basta extraer el oxígeno del óxido de silicio para obtenerlos, siendo sus costos de fabricación es relativamente bajo.

La eficiencia del 8% que estas células fotovoltaicas brindan es baja, y a pesar de su bajo costo de producción a la hora de ser instalados se requiere más paneles solares en un mayor espacio para generar la misma potencia de salida que los paneles solares fabricados de celdas fotovoltaicas cristalinas.

Figura 13-Celdas fotovoltaicas amorfas [29]

- **Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino**

Son fabricadas con un silicio monocristalino el cual presenta una pureza y eficiencia eléctrica debido a que es el único cristal el cual asegura que los electrones se desplacen más libremente. Este material se obtiene a partir de barras largas y cilíndricas producidas mediante procesos complejos y muy costos; donde posteriormente la barra se corta en forma de obleas de medio milímetro de espesor. Este tipo de célula fotovoltaica presenta una eficiencia de alrededor del 16%.

Figura 13- Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino [29]

- **Celdas fotovoltaicas de silicio policristalino**

El silicio policristalino está conformado por pequeños cristales de una enorme pureza que hace que sus propiedades sean muy diferentes del silicio amorfo. Son fabricados mediantes unos moldes rectangulares donde hace que los costos de producción sean más baratos, pero teniendo como desventaja que los mismos producen menos energía eléctrica que las celdas fotovoltaicas monocristalinas. Hoy en día la mayoría de los paneles solares están siendo fabricados mediante este material, debido a que en los últimos tiempos la eficiencia del 14 % de estas células fotovoltaicas están igualando la de las células fotovoltaicas de silicio monocristalino.

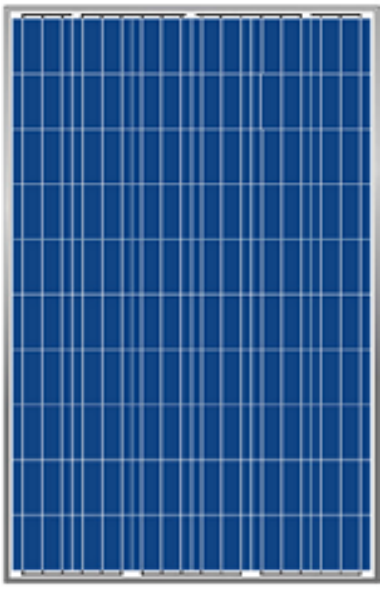


Figura 14-Celdas de Silicio policristalino [29]

- **Celulas de arseniuro de galio [21]**

El arsenio de galio componente por el que está formado esta célula fotovoltaica es un semiconductor de electricidad de alto rendimiento, que se ve perjudicado en cuanto al costo y su producción por ser un material raro y con alta escases. Este material a pesar de sus elevados costos de producción, presenta buenos rendimientos, con pequeño espesor, mantiene sus características físicas al ser expuesto a elevadas temperaturas y es muy resistente al daño por radiación.

Se considera que estas células fotovoltaicas son las más adecuadas a la hora de construir paneles solares debido a su eficiencia teórica del 27% y eficiencia práctica del 20%, hacen que se encuentren por encima de cualquiera de los otros paneles producidos en la actualidad.

Figura 15-Células de arseniuro de galio [30]

- **Células bifaciales [10]**

Su estructura es una doble unión de capas N^+-P-P^+ o P^+-N-N^+ , que en diferencia de las células fotovoltaicas comunes, éstas recogen la energía por ambas caras tanto la frontal como la trasera, permitiendo una gran cantidad de recopilación de la luz reflejada en la tierras, tejados, nubes y la atmósfera.

Estas células bifaciales tienen la capacidad de recolectar un 25% de radiación solar adicional al ser colocados en azoteas planas y un 40% adicional en instalaciones verticales como lo son cercas solares, barreras sonoras en carreteras y ferrocarriles entre otros. Su producción se ha visto perjudicada debido a la complejidad de fabricación, instalación y mantenimiento, a pesar de la ventaja que tiene los mismos a la hora de producir energía en condiciones nubladas y tener una gran eficiencia por su doble cara en comparación con las demás células fotovoltaicas.

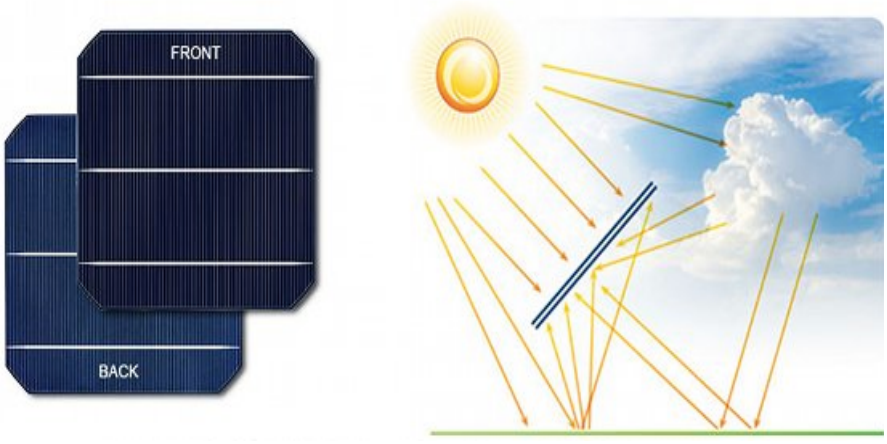


Figura 16-Celulas bifaciales [22]

II.5.2.2 Parámetros que determinan una célula fotovoltaica [23]

- **Corriente de cortocircuito (Isc):** intensidad máxima de corriente que puede circular por una célula fotovoltaica.
- **Tensión de circuito abierto (Voc):** es el máximo voltaje que proporciona una célula fotovoltaica cuando la misma no se encuentra conectada a ninguna carga.
- **Corriente:** intensidad que se produce a determinada tensión de corriente.
- **Potencia máxima (Pm) o potencia pico (Wp):** es el producto del valor de voltaje máximo (Vm) e intensidad máxima (Im) para los que la potencia entregada a una carga es la mayor.
- **Eficiencia total del panel:** cociente entre la potencia eléctrica producida por el panel y la potencia de la radiación incidente.
- **Factor de forma (FF):** se define como el cociente de potencia máxima que se puede entregar a una carga entre el producto de la tensión de circuito abierto y la intensidad de cortocircuito, es decir:

$$FF = \frac{Im * Vm}{Voc * Isc}$$

Ecuación 3 - Factor forma

- **Eficiencia de conversión o rendimiento de una célula fotovoltaica:** se define como el cociente entre la máxima potencia eléctrica que se puede entregar a la carga (Pm) y la irradiación incidente (Pl) sobre la célula fotovoltaica, la cual viene dada por la siguiente expresión:

$$n = \frac{Pm}{Pl}$$

Ecuación 4 - Eficiencia de rendimiento

Estos conceptos pueden ser demostrados en la curva característica de un panel solar la cual se basa en la comparación de la Intensidad vs Voltaje.

Punto A: es un punto cualquiera que representa el funcionamiento del panel solar en una condición determinada de intensidad y tensión.

Punto B: es el punto de máxima potencia, buscando una combinación de intensidad y tensión que arroja la mayor área del rectángulo posible.

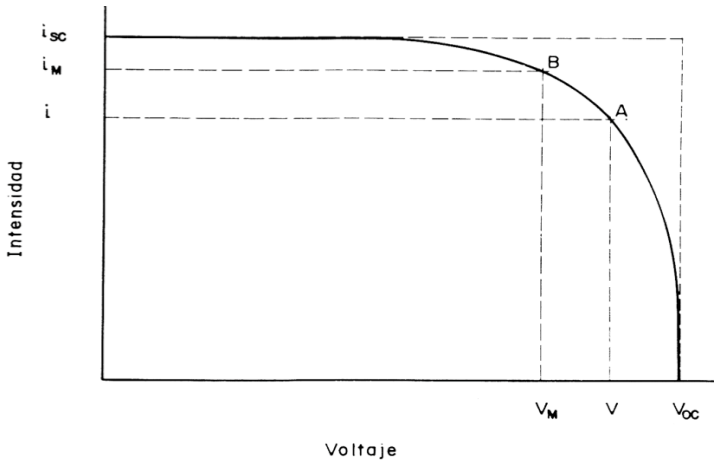


Figura 17-Curva característica de un panel solar [32]

II.6 Sistema Fotovoltaico

El sistema fotovoltaico es una manera de generar electricidad para satisfacer el consumo, este sistema requiere de la energía de el Sol para ser almacenada en baterías y luego distribuirla a su destino final. En la interface del almacenamiento y distribución nos encontramos con unos artefactos que dan vida a la durabilidad de las baterías y otros a la conversión de corriente continua en corriente alterna.

Los sistemas fotovoltaicos constan de una serie de procesos que hacen de su funcionamiento el más óptimo, entre estos tenemos: generación, regulación, almacenamiento, instrumentación y consumo.

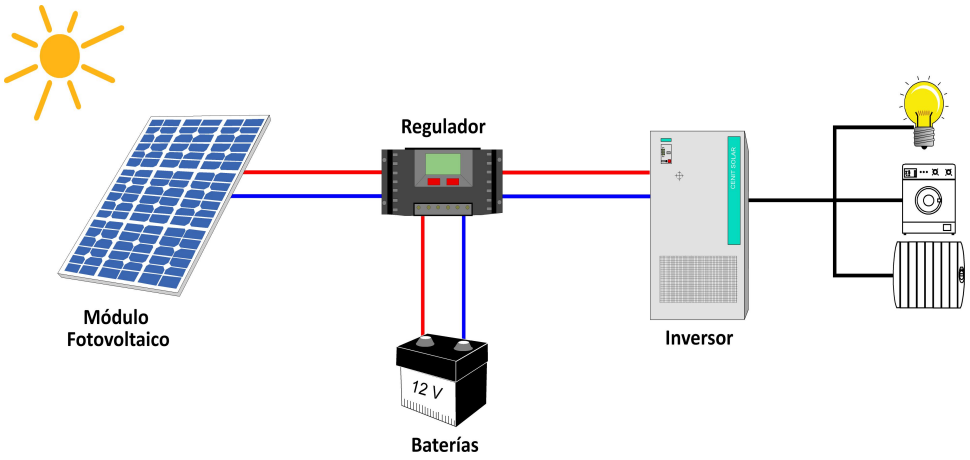


Figura 18 - Sistema Fotovoltaico [15]

II.6.1 Procesos del Sistema Fotovoltaico

II.6.1.1 Generación [6]

La generación de electricidad se efectúa mediante los paneles fotovoltaicos. Se debe suministrar un arreglo de paneles que sean capaces de generar la cantidad suficiente de energía para satisfacer la demanda. El cálculo de la cantidad de paneles va a depender de las siguientes variables:

- Irradiación Solar en el lugar de instalación de los paneles.
- Potencia de salida del panel.
- Demanda de energía corregida.
- Voltaje del sistema.

II.6.1.2 Regulación [6]

La regulación de carga tiene como función principal prevenir la descarga y la sobrecarga de las baterías. Otras funciones de los reguladores es la protección contra descargas profundas, compensación de temperatura, medidores o indicadores de voltaje y corriente, interruptores.

El regulador se encarga de tener un monitoreo constante de la tensión de la batería, de manera que cuando esta tensión llega al valor máximo de carga el regulador interrumpe el proceso. De igual forma cuando las baterías están en uso, es decir, estén proporcionado energía al sistema y llegan a un valor mínimo sin llegar a la descarga el regulador de carga funciona como un switch de corriente y anula la alimentación para no permitir la descarga profunda de la batería.

Finalmente los reguladores optimizan la energía proveniente de los paneles solares de manera que el panel solar funcione a un nivel óptimo de trabajo siempre dependiendo de la irradiancia que se tenga en ese momento.

Para poder seleccionar un regulador de carga se tienen que tener en cuenta las siguientes características del sistema a instalar.

- Caída del voltaje a corriente Nominal.
- Rango del sensor de temperatura de la batería.
- Temperatura de operación.
- Voltaje Nominal del sistema (12, 24 y 48v)
- Se dimensiona para la corriente de carga máxima.

II.6.1.3 Almacenamiento [31]

El almacenamiento de energía en este sistema es fundamental, ya que la disponibilidad de luz no coincide con el tiempo cuando necesitamos la energía eléctrica. De manera que es totalmente necesario producir la energía en el día y almacenarla para ser consumida en la noche. Aunque hay muchas formas de almacenar la energía, las más utilizadas son las baterías las que se usan en las aplicaciones fotovoltaicas conocidas como baterías de ciclo de descarga profunda. La diferencia con las baterías utilizadas en la tecnología automotriz es que éstas están diseñadas para entregar grandes cantidades de corriente en períodos cortos de tiempo, mientras que las baterías de ciclo profundo están diseñadas para descargas muy lentas que no sufran daño alguno.

En los sistemas fotovoltaicos una vez realizada la inversión de todos sus componentes suele tener una vida de generación de energía bastante prolongada que puede llegar a ser hasta de 25 años, con un estado perfecto de operación y uso. Sin embargo, las baterías en cuanto a durabilidad del sistema se refiere, su vida útil puede variar entre 2 y 10 años.

Las baterías solares vienen diseñadas en celdas de 2V cada una, conectando en serie para suministrar los voltajes que normalmente se utilizan en estos sistemas fotovoltaicos como lo son: 6V, 12V, 24V Y 48V. La corriente de carga de las baterías se debe trabajar con cuidado, debido a que si la carga está al 100% y la corriente de carga permanece se produce una sobrecarga en la batería. Siendo ésta una acción totalmente indeseada, ya que disminuye la vida útil de las baterías y se produce un efecto conocido como gasificación por exceso de oxígeno, deteriorando y oxidando los separadores de la batería.

La vida útil de las baterías va a depender de su calidad de fabricación y de su correcto uso, siempre evitando sobrecargas o descargas profundas; ésta se mide por la cantidad de ciclos profundos de carga/descarga, las baterías de carros regularmente viven 200 ciclos si

se carga a su 50% de su capacidad, mientras que las baterías de ciclo profundo son capaces de resistir desde 400 hasta 800 ciclos. Las de ciclo profundo son las que se utilizan en los sistemas fotovoltaicos .

La capacidad de una batería es la cantidad de corriente que puede entregar en un tiempo en horas a su voltaje nominal. Se denomina amperes-hora (Ah).

Las baterías se deben situar en un lugar totalmente ventilado debido a que en su proceso de carga y de descarga emiten gases, los cuales no deben de permanecer almacenados en un lugar cerrado.

Hay distintos tipos de baterías como son: las de Níquel-Hidruro Metálico, Ion de Litio, Polímero de Litio, Níquel-Cadmio, de Zinc-Aire y las de Plomo Ácido. Las más utilizadas a nivel mundial por su tecnología más desarrollada y por su costo/beneficio son las Plomo Ácido.

Tipos de Baterías de Plomo Ácido:

- Ácido Selladas: Estas baterías tienen la virtud que pueden ser ubicadas en lugares cerrados ya que generan pocos oxígeno; al ser selladas no requieren de mantenimiento.
- Ácido Abiertas: Al contrario de las baterías selladas estas si necesitan mantenimiento. Son más duraderas si el mantenimiento se hace periódicamente.
- Gel selladas: No requieren de mantenimiento y el electrolito esta en forma de gel. Más duraderas y su vida posee mayor cantidad de ciclos.

- AGM selladas: No requieren de mantenimiento y el electrolito esta en forma de masas esponjosas. La principal característica es que presentan una vida mucho más larga que las baterías de ácido y de gel. Ideales para los sistemas fotovoltaicos.

II.6.1.4 Transformación [11]

Es un inversor eléctrico que permite convertir la corriente continua (CC) que es suministrada directamente por los paneles solares y almacenados en las baterías a corriente alterna (CA), para ser utilizada por los aparatos eléctricos comunes que trabajan a corriente 110/220v.

Dependiendo de la onda suministrada podemos encontrar diferentes inversores como lo son:

- Ondas casi senoidales: son especiales para suministros de casi todo tipo de cargas, exceptuando aquellos equipos que necesitan mucha responsabilidad, como lo son por ejemplo, los sistemas de computación.
- Ondas senoidales: son utilizadas para cualquier tipo de receptores eléctricos, ya que calidad de generación es similar a la de las centrales eléctricas.
- Ondas cuadradas: son ondas que presentan problemas de histéresis y de armónicos transitorios, por los tanto solo pueden ser utilizadas para suministros a cargas resistivas puras como lo son bombilla, motores monofásicos y resistencias eléctricas.

Los inversores solares se pueden clasificar en tres diferentes tipos:

- Inversores simples o autónomos: se usan en sistemas fotovoltaicos aislados en donde los inversores toman la corriente directa de baterías cargadas por los paneles solares y/o de otras fuentes, como turbinas eólicas, generadores de energía, etc.
- Inversores con batería de apoyo: son inversores especiales que están diseñados para tomar la energía de las baterías, administrar la carga de las baterías y exportar el exceso de energía hacia la red eléctrica.
- Inversores de red: diseñados para apagarse automáticamente cuando el suministro de la red disminuye, por razones de seguridad.

La selección de los inversores viene caracterizada principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar a la del generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia que no es constante depende del régimen de carga al que esté sometido. La eficiencia a la hora de escoger un inversor debe estar por encima del 90%, donde en los regímenes de carga próximos a la potencia nominal la eficiencia es mayor que para los regímenes de carga baja.

II.6.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos [3]

Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se puede clasificar en tres tipos:

- **Sistema fotovoltaico aislado:** son utilizados especialmente para satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica de aquellos lugares donde no existe red eléctrica de distribución o esta es de difícil de acceso. Se considera un lugar de difícil acceso cuando la distancias hasta la red eléctrica se encuentra a más de 3Km.

Este tipo de sistema puede ser equipado por acumuladores (baterías) o no, donde en el caso de ser necesario su utilización es debido a que solo pueden proporcionar energía durante el día y la demanda se produce a los largo del día y la noche donde en esta última se debe garantizar la suficiente autonomía para satisfacer la demanda, lo que implica que el campo fotovoltaico ha de estar diseñado de tal forma que permita durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y la recarga de las baterías de acumulación.

Mientras también existen instalaciones aisladas donde no se requiere de la utilización de acumuladores (baterías) como tenemos los sistemas de riego, sistemas de bombeo de agua; entre otros, los cuales funcionan solo en las horas del día donde se aprovecha insolación solar para ser alimentados con electricidad.

Dentro del sistema aislado tenemos los siguientes componentes:

- Módulos Fotovoltaicos.
- Reguladores de carga.
- Sistema de acumulación.
- Inversor.
- Elementos de protección del circuito.

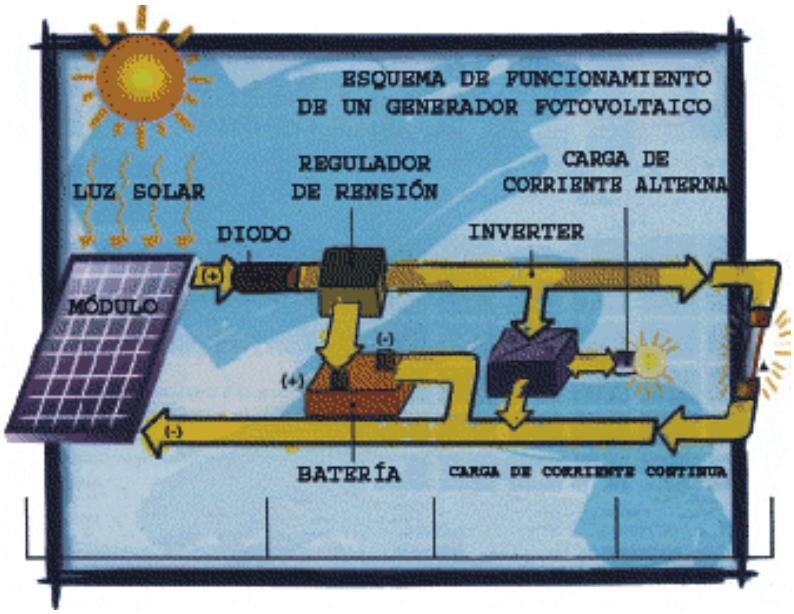


Figura 19 - Esquema de funcionamiento de un generador fotovoltaico [33]

- **Sistema fotovoltaico de conexión a la red:** este tipo de sistema se mantiene permanentemente conectado a la red eléctrica nacional debido a que no se utilizan sistemas de acumulación de energía, por lo tanto en las horas de irradiación solar escasas o nulas donde los generadores fotovoltaicos no producen energía suficiente para cubrir la demanda de electricidad, es la red quien proporciona la energía necesaria para satisfacer la demanda; y viceversa, en las horas donde la irradiación solar produce más energía eléctrica de la que se gasta este exceso se transfiere a la red. La eliminación de los acumuladores en estos sistema es debido a que son la parte más cara y compleja de una instalación, ya sea por los ciclos de carga, la vida útil, el mantenimiento, entre otros aspectos que lo hacen la parte más desfavorable de un sistema fotovoltaico.

Entre los principales componentes con los que está equipado este sistema encontramos lo siguiente:

- Módulos fotovoltaico
- Inversor para la conexión a la red eléctrica
- Elementos de protección del circuito
- Contador de energía

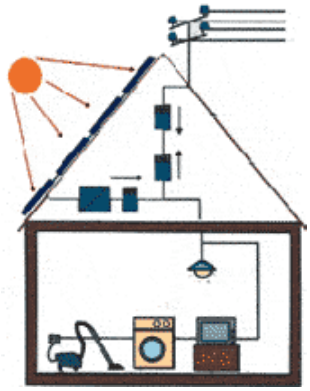


Figura 20 - Sistema fotovoltaico de conexión a la red [33]

- **Sistema fotovoltaico híbrido:** estos al igual que los sistemas fotovoltaicos con conexión a la red incorporan otro tipo de generación de energía, que por lo general son la energía eólica o los grupos electrógenos, para satisfacer la demanda; ya que no es suficiente con los módulos fotovoltaicos, por lo tanto se utiliza la tecnología auxiliar donde se aprovechan los recursos energéticos localizados cerca de la instalación para una mayor fiabilidad en el suministro de energía. La configuración de los sistemas fotovoltaicos híbridos pueden ser variables, y depender del tipo de equipos que se empleen para adaptar la potencia necesaria.

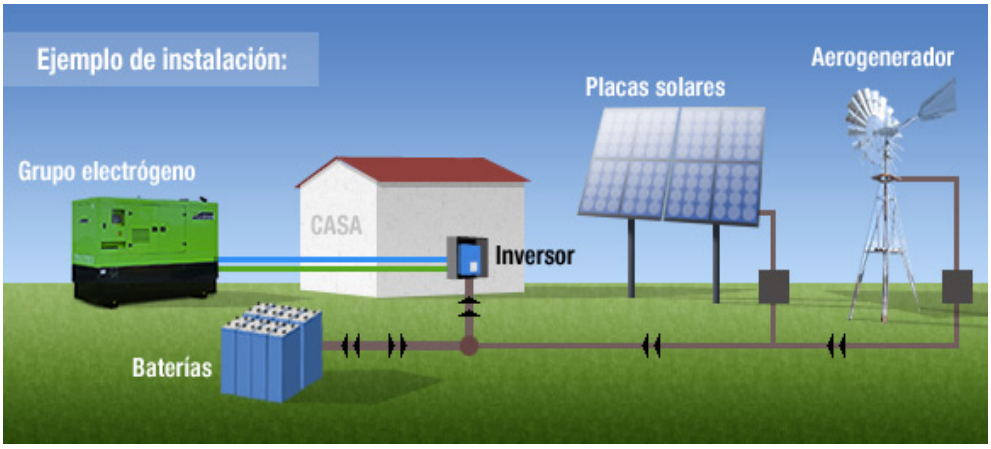


Figura 21 - Sistema fotovoltaico híbrido [34]

II.7 Iluminación LED [5]

La iluminación LED (*Light-Emitting Diode :* diodo emisor de luz) es la emisión de luz en estado sólido, que parte de un pequeño cristal de silicio, de tamaño muy reducido que está alrededor de un milímetro cuadrado. Esta iluminación es provocada por el proceso electrónico que produce la corriente eléctrica al pasar por una unión semiconductora.

Lo que se conoce como un LED, es una cápsula que posee uno o varios cristales semiconductores de silicio junto con una óptica que se encarga de regular la emisión de luz. Esta cápsula es fabricada normalmente de un plástico mucho más resistente que el cristal con el que fabrican los bombillos de descargas.

La diferencia básica que poseen los LED con las fuentes tradicionales de iluminación es que, la iluminación LED son elementos semiconductores, mientras que la iluminación tradicional tienen un diseño que se basa en un cerramiento de cristal relleno de gases que incluyen filamentos, electrodos o recubrimientos con propiedades lumínicas.

Las principales diferencias de la tecnología LED son las siguientes:

- Temperatura de Trabajo. No generan calor y por ende no se emite al ambiente de trabajo.
- Tamaño. Son perfectos para equipos compactos.
- Resistencia en su cápsula. Posee una resistencia a la rotura alta, de manera que son ideales.
- Evita emisiones no visibles como lo son los infrarrojos y ultravioleta.
- Amplio espectro de color dependiendo de la temperatura.
- Bajo consumo de energía con mayor o igual capacidad de iluminación.
- No poseen desechos peligrosos y tóxicos.
- Mayor vida útil.

La tecnología LED se ha incorporado al mercado mundial por su gran versatilidad y su bajo consumo, esta tecnología se puede ajustar a todos los usos de la iluminación actual, casas, oficinas, industrias, edificios, teatros, alumbrado público, estadios, casinos, celulares, pantallas de televisión, etc.

A continuación se presenta una tabla que refleja el uso de la iluminación LED de alta luminosidad en sus diferentes aplicaciones, sin embargo conocer los valores exactos de producción mundial de estos dispositivos es una tarea complicada debido a la gran cantidad de fabricantes y al amplio rango de productos que se generan con ellos. Algunos informes de empresas dedicadas a la investigación como lo son: IMS Reserch y Digitime Research; afirman que la cantidad de LED vendidos en el año 2009 alcanzó la cifra de 70 Billones de unidades.

Haciendo una estadística de las unidades vendidas hace referencia que la telefonía móvil hizo un consumo de más del 35% de toda la producción, quedando como la tecnología que más utilizó los LED en su desarrollo.

	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Varios	9,1 %	9,0 %	7,8 %	12,0 %	14,8 %	15,1 %
Iluminación	23,5 %	18,3 %	13,8 %	7,0 %	4,2 %	3,3 %
Automoción	5,5 %	5,8 %	6,9 %	9,4 %	11,8 %	13,2 %
Pantallas Gigantes	10,9 %	12,0 %	14,4 %	16,2 %	18,4 %	20,7 %
Retroiluminación TFT	37,3 %	39,0 %	35,2 %	28,0 %	14,6 %	2,1 %
Telefonía Móvil	13,7 %	15,9 %	21,9 %	27,4 %	36,1 %	45,5 %

Figura 22 - Porcentajes de uso de la iluminación LED por año. [5]

Los LED de luz blanca son de los más recientes de esta tecnología y están sustituyendo los focos y bombillos actuales por ser estos dispositivos de mayor consumo y menor capacidad de iluminación. En la actualidad los LED disponen de una tecnología que consume un 92% menos que las lámparas incandescentes de uso doméstico y el 30% menos que la mayoría de ellas, además los LED se caracterizan por su durabilidad que puede ser en un estado óptimo de uso y temperatura hasta de 20 años.

CAPÍTULO III - MARCO METODOLÓGICO

El dimensionado del sistema fotovoltaico y de luminarias LED, se realizará con tres casos:

Caso A. Se dimensionará el sistema fotovoltaico con la luminaria actual. El sistema de iluminación está ubicado en la parte norte de la Universidad Católica Andrés Bello. Consta de 24 postes de luz y una cantidad total de 48 faroles; cada farol posee un bombillo de rosca E40 y de un consumo de 400watts. En la red eléctrica también se incluyen 25 postes de iluminación que poseen bombillos ahorradores de rosca E27 y un consumo de 45watts. El sistema del dimensionado fotovoltaico se dividirá en tres fases de 110v, de manera de aprovechar el cableado de las luminarias ya existentes.

Caso B. Se dimensionará el sistema fotovoltaico para la cantidad de luminarias en el caso A pero se sustituirán los faroles de bombillos de rosca E40 y un consumo de 400watts por faroles con luminarias LED y consumo de 100 watts. En la caminaría se reemplazarán los bombillos ahorradores por luminarias LED de 10 watts. El sistema del dimensionado fotovoltaico se dividirá en tres fases de 110v, de manera de aprovechar el cableado de las luminarias ya existentes.

Caso C. Se calculará la diferencia de consumo entre la luminaria actual para la cual se hicieron los cálculos en el caso A y la luminaria LED utilizada en el caso B.

III.1 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

III.1.1 Análisis de carga.

El análisis del sistema de cargas eléctricas es el paso más importante para poder dimensionar un sistema fotovoltaico. Este análisis va a arrojar los números del consumo de energía y la demanda de potencia para la cual se ajusta la energía eléctrica que produce el sistema fotovoltaico, de manera que este sistema sea suficiente para suplir la demanda requerida.

Para estimar las potencias requeridas, se tomarán los datos de las luminarias que se utilizan en el alumbrado a estudiar. El tiempo de operación de las cargas va a depender del tiempo de uso que se les dé a las luminarias y los postes de luz; en este caso será de 12 horas al día, desde las 6pm hasta las 6am.

III.1.2 Cálculo del Inversor a utilizar

Se debe elegir un inversor que satisfaga la potencia corregida del sistema y las tensiones de entrada y de salida. La tensión de entrada del inversor debe corresponder al voltaje del arreglo del banco de baterías y la tensión de salida corresponde a 110v que es la tensión utilizada en Venezuela para luminarias. El voltaje de salida será el transformado que se requiere en la red eléctrica (trifásico 110/220). Se utilizará un inversor por fase para aprovechar el cableado existente de los postes de luz, el cual es un cableado trifásico y cada poste de luz utiliza una tensión de 220v.

En el caso que los inversores de corriente tengan una potencia corregida mayor que la nominal se podrán colocar en paralelo.

Número de Inversores

$$Número\ de\ Inversores\ = \frac{Potencia\ Corregida}{Potencia\ Nominal}$$

Ecuación 5 - Número de Inversores

Donde:

Potencia corregida: Potencia que se espera que esté conectada simultáneamente en Watts

Potencia Nominal: Potencia indicada por el fabricante del inversor seleccionado en Watts

III.1.3 Dimensionada del banco de baterías

La selección de la batería va a depender de los siguientes factores:

- Consumo diario corregido
- Voltaje del sistema

El voltaje del sistema será 48v, esto se debe a que para sistemas con potencias de más de 5KW se utilizará al menos este voltaje.

La autonomía requerida en el sistema será de 1 a 3 días ya que es un sistema interconectado, de manera que si falla el sistema fotovoltaico se podrá utilizar la corriente que provee el estado.

La capacidad de descarga de la batería se calcula de la siguiente manera:

$$Cd = \frac{Enrcorregida \times N°Auto}{Vsis \times MAXpd}$$

Ecuación 6 -Capacidad de descarga de una batería

Donde:

Encorregida: Energía corregida por eficiencia del cableado y del inversor. (Wh/Día)

N°Auto: Número de días de Autonomía (Días)

Vsis: Voltaje del Sistema (V)

MAXpd: Máxima profundidad de descarga de la batería. (%)

Cd = Capacidad de descarga. (Ah)

Una vez calculada la capacidad de descarga se selecciona una batería.

El número baterías será calculado de la siguiente forma:

$$N°de\ baterías\ en\ pararelo = \frac{Cd}{Cn}$$

Ecuación 7- Número de baterías en paralelo

Donde:

Cd = Capacidad de descarga. (Ah)

Cn = Capacidad Nominal de la batería. (Ah)

$$N° \ de \ baterías \ en \ serie \ = \frac{Vsistema}{Vn \ Batería}$$

Ecuación 8 - Número de baterías en serie

Donde:

Vsistema : Voltaje del sistema

Vn batería : Voltaje nominal de la batería

$$N° \ de \ baterías \ totales \ = N° de \ baterías \ en \ serie \times N° \ de \ baterìas \ en \ Paralelo$$

Ecuación 9 - Número de baterías totales

III.1.4 Cálculo del arreglo fotovoltaico.

Para el cálculo del arreglo fotovoltaico es necesario conocer los siguientes parámetros

- Voltaje del sistema.
- Demanda de corriente del sistema.
- Potencia Nominal del panel a utilizar.
- Horas de sol diarias.

El conjunto de paneles se calculan para proveer la energía requerida por el sistema en un solo día, de manera de ser almacena en el banco de baterías con el propósito de ser utilizada en la noche para la iluminación. El número de paneles se va a calcular determinando la cantidad de unidades en paralelo y la cantidad en serie, de manera que se cumpla con el voltaje correspondiente y la corriente del sistema.

El número de paneles en serie, se calculara de la siguiente manera:

$$Ns = \frac{Vsistema}{Vps}$$

Ecuación 10 - Número de paneles en serie

Donde:

Ns= Número de paneles en serie

Vsistema= Voltaje del sistema

Vps= Voltaje de trabajo del panel solar

El número de paneles en paralelo, se calculará de la siguiente manera :

$$Np = \frac{(\frac{Enrcorreiga}{Vsistema})}{Ip \times hsp}$$

Ecuación 11 - Número de paneles en serio

Donde:

Np= Número de paneles en paralelo

Enrcorregida = Demanda de energía corregida por la eficiencia del inversor, las baterías y el cableado (Wh/día)

Hsp = horas del sol pico (h)

Ip = intensidad de potencia máxima (A)

Número de paneles Totales :

$$N°Paneles\ totales = Np \times Ns$$

Ecuación 12 - Número de paneles totales

III.1.5 Dimensionamiento del regulador de carga.

Para realizar el dimensionamiento se tomará en cuenta ciertos parámetros tanto de los paneles fotovoltaicos como de los reguladores de carga seleccionados entre los cuales encontramos:

- Parámetros paneles fotovoltaicos:
  - Número de paneles conectados en paralelo.
  - Corriente de corto circuito del panel seleccionado.
- Parámetros del regulador de carga seleccionado:
  - Corriente nominal

Para el cálculo del número de reguladores tenemos lo siguiente:

$$Ix = Np * Isc$$

Ecuación 13 - Corriente a manejar por el regulador

Donde:

Np: número de paneles en paralelo

Isc: corriente de corto circuito del panel seleccionado

$$Número\ de\ reguladores = \frac{Ix}{In}$$

Ecuación 14 - Número de reguladores

Donde:

Ix: corriente capaz de manejar el regulador seleccionado

In: corriente nominal de regulador seleccionado

CAPÍTULO IV - CÁLCULOS Y RESULTADOS

Caso A. Sistema fotovoltaico con luminaria actual.

A.1 Análisis de cargas

Cargas a 110 V - 60Hz				
Cant. Luminaria E27	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
25	45	1125	12	13500

Cargas a 220 V - 60Hz				
Cant. Luminaria E40	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
48	400	19200	12	230400

Factor de Seguridad	10%
Eficiencia del regulador	90%
Consumo Total (Wh/día)	298100

El consumo total estimado para el sistema fotovoltaico es de 298100 Wh/día, el cual fue llevado a consumo por hora y dividida en tres fases, dando para cada una un consumo de 8280,56 Wh.

A.2 Cálculo del número de inversores.

Consumo Total por Fase (Wh)	8280,56

Fabricante	Modelo	Potencia Nominal (Wh)	Volt.Entrada	Volt.Salida	% Eficiencia	Número de Inversores	Inversores por cada fase (3 fases)
MAGNUM ENERGY	MS4448PAE	4400	48	120/240	94	6	2
DUNCAN	Duncan Back-Up Power	6000	48	110/220	96	6	2

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de seis (6) inversores Duncan Back-Up Power, correspondiendo dos (2) por cada una de las fases.

A.3 Cálculo de número de baterías.

Datos	
Número de Fases	3
Eficiencia del Cableado	95%
Eficiencia del Inversor	94%
Tiempo de Autonomía (día)	2
Voltaje del Sistema (V)	48
Profundidad de Descarga	75%
Energía Corregida por Fase (Wh/día)	111272,863
Cap.Descarga Batería 24h por Fase (Ah)	6181,8257

Fabricante	Modelo	Voltaje (v)	Cap. Nominal (Ah)	N.Bat. en serie por fase	N.Bat.en Paralelo por Fase	N. Baterías Totales por fase	N.Baterías Totales Sistema
Duncan	SP-160-12	12	160	4	39	156,00	468
Duncan	SP-200-12	12	240	4	26	104,00	312
Bosch	AS 34X	12	50	4	124	496,00	1488
Bosch	P5 S2000	12	105	4	59	236,00	708
Power Sonic	PDC-122000	12	214	4	29	116,00	348

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de trecientos doce (312) baterías Duncan SP-200-12, correspondiendo ciento cuatro (104) por cada una de las fases.

A.4 Cálculo de paneles solares.

Datos	
Voltaje Sistema (V)	48
Demanda Total de Energía con un 20% de aumento (Wh/día)	119240
Eficiencia del Cableado	95%
Eficiencia del Inversor	94%
Eficiencia del Regulador de Carga	97%
Eficiencia de las Baterías	90%
Demanda de Energía Corregida con un 20% de aumento (Wh/día)	152952,389
Insolación Max. en Venezuela (h)	4,9

Fabricantes	Intensidad (Ah)	Voltaje (v)	Panel (W)	Modelo Panel	Voltaje Real (v)	Corriente en Cortocircuito (Isc) (Ah)	N.Paneles en Serie	N.Paneles en Paralelo	N. Paneles Totales por fase	N. Paneles total
DUNCAN	7,75	35,5	275	275W	24	8,52	2	84	168	504
ATERSA	4,21	17,83	75	A-75P	12	4,35	4	155	620	1860
KYOCERA	7,61	26,3	200	KC200GT	24	8,21	2	86	172	516
ENERTIK	7,7	30,1	232	PS-230	24	8,32	2	85	170	510
SUNTECH	8,43	36,2	305	STP305-24/Ve	24	8,89	2	78	156	468
KYOCERA	7,99	40,1	320	KD320GX-LPB	24	8,6	2	82	164	492

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de quinientos cuatro (504) paneles solares Duncan 275W, correspondiendo ciento sesenta y ocho (168) por cada una de las fases.

A.5 Cálculo de Reguladores de carga

Datos	Intesidad (Ah)
ENERTIK (RST-40-48)	40
ATERSA (LEO20-MAESTRO)	50
MORNINGSTAR (TS-MPPT-60-150V)	60
ATERSA (MPPT-80C)	70
OSCP-48-150A	150

Fabricante	Modelo	ENERTIK (RST-40-48)	ATERSA (LEO20-MAESTRO)	MORNINGSTAR (TS-MPPT-60-150V)	ATERSA (MPPT-80C)	OSCP-48-150A
DUNCAN	275W	18	15	12	11	5
ATERSA	A-75P	17	14	12	10	5
KYOCERA	KC200GT	18	15	12	11	5
ENERTIK	PS-230	18	15	12	11	5
SUNTECH	STP305-24/Ve	18	14	12	10	5
KYOCERA	KD320GX-LPB	18	15	12	11	5

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de cuarenta y cinco (45) reguladores de carga Atersa (Leo20-Maestro), correspondiendo quince (15) por cada una de las fases.

Presupuesto:

PRESUPUESTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ESTACIONAMIENTO DE MODULOS SIN MODIFICACIÓN DE LA LUMINARIA						
# PARTES	PARTES DEL SISTEMA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (BsF)		TOTAL (BsF)	
1	Suministro de Modulos Paneles Solares Duncan 275W	504	Bs.F	32.340,00	Bs.F	16.299.360,00
2	Suministro de Regulador de Carga ATERSA (LEO20-MAESTRO)	45	Bs.F	19.800,00	Bs.F	891.000,00
3	Suministro de Baterías Duncan SP-200-12	312	Bs.F	13.003,20	Bs.F	4.056.998,40
4	Suministro de Inversores Duncan (Duncan Back-Up Power)	6	Bs.F	52.200,00	Bs.F	294.712,50
5	Estructura de Instalación	1	Bs.F	196.800,00	Bs.F	196.800,00
6	Instalación de Sistema	1	Bs.F	2.154.207,09	Bs.F	2.154.207,09
7	Caseta de Banco de Baterías	1	Bs.F	335.060,28	Bs.F	335.060,28
8	Caseta de Inversores	1	Bs.F	73.178,04	Bs.F	73.178,04
			Precio Total para la Instalación del Sistema		Bs.F	24.301.316,31

Caso B. Sistema fotovoltaico con luminaria LED.

B.1 Análisis de cargas

Cargas a 110 V - 60Hz LED	Fabricante: LEDBOX		Modelo: SMD5630	
Cant. Luminaria E27	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
25	12	300	12	3600

Cargas a 220 V - 60Hz LED	Fabricante: IKATALED		Modelo: IK-750L	
Cant. Luminaria E40	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
48	120	5760	12	69120

Factor de Seguridad	10%
Eficiencia del regulador	90%
Consumo Total (Wh/día)	88880

El consumo total estimado para el sistema fotovoltaico es de 88880 Wh/día, el cual fue llevado a consumo por hora y dividido en tres fases dando para cada una un consumo de 2468,89 Wh.

B.2 Cálculo del número de inversores.

Consumo Total por Fase (Wh)	2468,89

Fabricante	Modelo	Potencia Nominal (Wh)	Volt.Entrada	Volt.Salida	% Eficiencia	Número de Inversores	Inversores por cada fase (3 fases)
MAGNUM ENERGY	MS4448PAE	4400	48	120/240	94	3	1
DUNCAN	Duncan Back-Up Power	6000	48	110/220	96	3	1

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de tres (3) inversores Duncan Back-Up Power, correspondiendo uno (1) por cada una de las fases.

B.3 Cálculo de número de baterías.

Datos	
Número de Fases	3
Eficiencia del Cableado	95%
Eficiencia del Inversor	94%
Tiempo de Autonomía (días)	2
Voltaje del Sistema (V)	48
Profundidad de Descarga	75%
Energía Corregida por Fase (Wh/día)	33176,558
Cap.Descarga Batería 24h por Fase (Ah)	1843,142

Fabricante	Modelo	Voltaje (V)	Cap. Nominal (Ah)	N.Bat.en serie por fase	N.Bat.en Paralelo por Fase	N. Baterías Totales por fase	N.Baterías Totales Sistema
Duncan	SP-160-12	12	160	4	12	48,00	144
Duncan	SP-200-12	12	240	4	8	32,00	96
Bosch	AS 34X	12	50	4	37	148,00	444
Bosch	P5 S2000	12	105	4	18	72,00	216
Power Sonic	PDC-122000	12	214	4	9	36,00	108

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de noventa y seis (96) baterías Duncan SP-200-12, correspondiendo treinta y dos (32) por cada una de las fases.

B.4 Cálculo de paneles solares.

Datos	
Voltaje Sistema (V)	48
Demanda Total de Energía con un 20% de aumento (Wh/día)	35552
Eficiencia del Cableado	95%
Eficiencia del Inversor	94%
Eficiencia del Regulador de Carga	97%
Eficiencia de las Baterías	90%
Demanda de Energia Corregida con un 20% de aumento (Wh/dia)	45603,517
Insolación Max. en Venezuela (h)	4,9

Fabricantes	Intensidad (Ah)	Voltaje (V)	Panel (W)	Modelo Panel	Voltaje Real (v)	Corriente en Cortocircuito (Isc) (Ah)	N.Paneles en Serie	N.Paneles en Paralelo	N. Paneles Totales por fase	N. Paneles total
DUNCAN	7,75	35,5	275	275W	24	8,52	2	26	52	156
ATERSA	4,21	17,83	75	A-75P	12	4,35	4	47	188	564
KYOCERA	7,61	26,3	200	KC200GT	24	8,21	2	26	52	156
ENERTIK	7,7	30,1	232	PS-230	24	8,32	2	26	52	156
SUNTECH	8,43	36,2	305	STP305-24/Ve	24	8,89	2	24	48	144
KYOCERA	7,99	40,1	320	KD320GX-LPB	24	8,6	2	25	50	150

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de ciento cincuenta y seis (156) paneles solares Duncan 275W, correspondiendo cincuenta y dos (52) por cada una de las fases.

B.5 Cálculo de Reguladores de carga

Datos	Intesidad (Ah)
ENERTIK (RST-40-48)	40
ATERSA (LEO20-MAESTRO)	50
MORNINGSTAR (TS-MPPT-60-150V)	60
ATERSA (MPPT-80C)	70
OSCP-48-150A	150

Fabricante	Modelo	ENERTIK (RST-40-48)	ATERSA (LEO20-MAESTRO)	MORNINGSTAR (TS-MPPT-60-150V)	ATERSA (MPPT-80C)	OSCP-48-150A
DUNCAN	275W	6	5	4	4	2
ATERSA	A-75P	6	5	4	3	2
KYOCERA	KC200GT	6	5	4	4	2
ENERTIK	PS-230	6	5	4	4	2
SUNTECH	STP305-24/Ve	6	5	4	4	2
KYOCERA	KD320GX-LPB	6	5	4	4	2

Se utilizarán en el sistema fotovoltaico completo una cantidad de quince (15) reguladores de carga Atersa (Leo20-Maestro), correspondiendo cinco (5) por cada una de las fases

Presupuesto:

PRESUPUESTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ESTACIONAMIENTO DE MODULOS CON LUMINARIA LED (Nacional e importado)				
# PARTES	PARTES DEL SISTEMA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (BsF)	TOTAL (BsF)
1	Suministro de Modulos Paneles Solares Duncan 275W	156	Bs.F 32.340,00	Bs.F 5.045.040,00
2	Suministro de Regulador de Carga ATERSA (LEO20-MAESTRO)	15	Bs.F 23.038,50	Bs.F 345.577,50
3	Suministro de Baterías Duncan SP-200-12	96	Bs.F 13.003,20	Bs.F 1.248.307,20
4	Suministro de Inversores Duncan (Duncan Back-Up Power)	3	Bs.F 52.200,00	Bs.F 156.600,00
5	Suministro de Bombillos LEDBOX SMD5630	25	Bs.F 1.078,00	Bs.F 26.950,00
6	Suministro de Bombillos Ikataled IK-750L	48	Bs.F 12.100,00	Bs.F 580.800,00
7	Estructura de Instalación	1	Bs.F 60.520,00	Bs.F 60.520,00
8	Instalación de Sistema	1	Bs.F 740.327,47	Bs.F 740.327,47
9	Caseta de Banco de Baterías	1	Bs.F 103.095,47	Bs.F 103.095,47
10	Caseta de Inversores	1	Bs.F 38.884,27	Bs.F 38.884,27
			Precio Total para la Instalación del Sistema	Bs.F 8.346.101,91

Caso C. Sustitución de luminaria actual por luminaria LED.

Luminaria actuales

Cargas a 110 V - 60Hz				
Cant. Luminaria E27	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
25	45	1125	12	13500

Cargas a 220 V - 60Hz				
Cant. Luminaria E40	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
48	400	19200	12	230400

Consumo Total (Wh/dia)	243900

Luminaria LED

Cargas a 220 V - 60Hz LED	Fabricante: IKATALED		Modelo: IK-750L	
Cant. Luminaria E40	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
48	120	5760	12	69120

Cargas a 110 V - 60Hz LED	Fabricante: LEDBOX		Modelo: SMD5630	
Cant. Luminaria E27	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Hora/día	Wh/día
25	12	300	12	3600

Consumo Total (Wh/dia)	72720,00

Presupuesto:

Costo luminarias actuales					
	Cantidad	Costo Por Unidad		Costo Total	
E27	25	Bs.F	200,00	Bs.F	5.000,00
Farola	48	Bs.F	600,00	Bs.F	28.800,00
		Total		Bs.F	33.800,00
Vida Util	3 años				

Costo luminarias LED					
	Cantidad	Costo Por Unidad		Costo Total	
LED Ledbox	25	Bs.F	1.078,00	Bs.F	26.950,00
LED Ikataled	48	Bs.F	27.150,00	Bs.F	1.303.200,00
		Total		Bs.F	1.330.150,00
Vida Util	12 años				

CAPÍTULO V - ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para comparar económicamente los tres casos planteados y el caso actual que posee la universidad, se presenta a continuación el VPN y el VAE de cada uno de ellos, tomando en cuenta un valor del dinero en el tiempo del 10%, evaluado en doce años (12). En cada uno de los casos propuestos se considera la reinversión de los equipos que cumplen con su vida útil durante el tiempo evaluado.

Caso A. Sistema fotovoltaico con luminaria actual.

Costo total de Sistema Fotovoltaico con luminaria actual				
	Costo		VPN	
Inversión Inicial	Bs.F	24.301.316,31	Bs.F	24.301.316,31
Inversión a los 6 años batería	Bs.F	7.187.220,14	Bs.F	4.056.998,40
	Total		Bs.F	28.358.314,71
	VAE		Bs.F	4.161.960,28

Caso B. Sistema fotovoltaico con luminaria LED.

Costo total de Sistema Fotovoltaico y luminaria LED				
	Costo		VPN	
Inversión Inicial	Bs.F	8.346.101,91	Bs.F	8.346.101,91
Inversión a los 6 años batería	Bs.F	2.211.452,35	Bs.F	1.248.307,20
	Total		Bs.F	9.594.409,11
	VAE		Bs.F	1.408.107,29

Caso C. Sustitución de luminaria actual por luminaria LED.

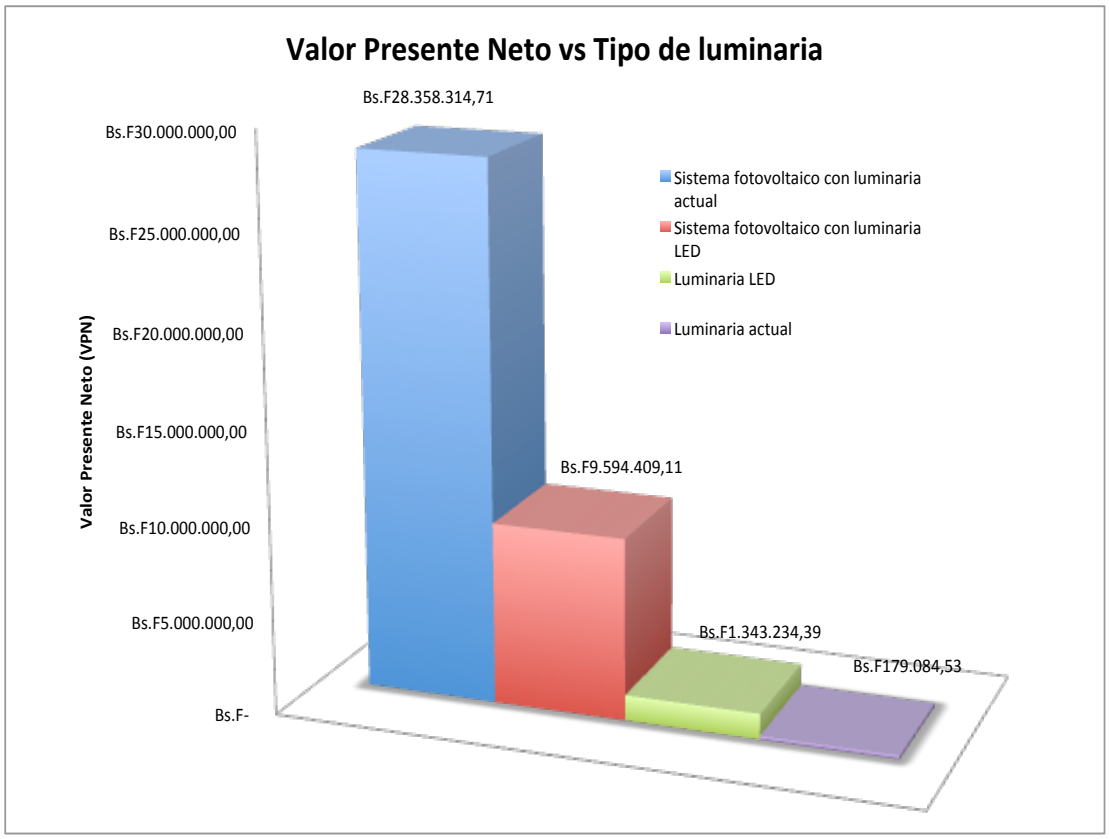
Luminaria actual

Costo total de luminaria actual				
	Costo		VPN	
Inversión Inicial	Bs.F	33.800,00	Bs.F	33.800,00
Costo anual electricidad	Bs.F	6.440,64	Bs.F	43.884,53
Inversión a los 3 años luminaria	Bs.F	44.987,80	Bs.F	33.800,00
Inversión a los 6 años luminaria	Bs.F	59.878,76	Bs.F	33.800,00
Inversión a los 9 años luminaria	Bs.F	79.698,63	Bs.F	33.800,00
	Total		Bs.F	179.084,53
	VAE		Bs.F	26.283,04

Luminaria LED

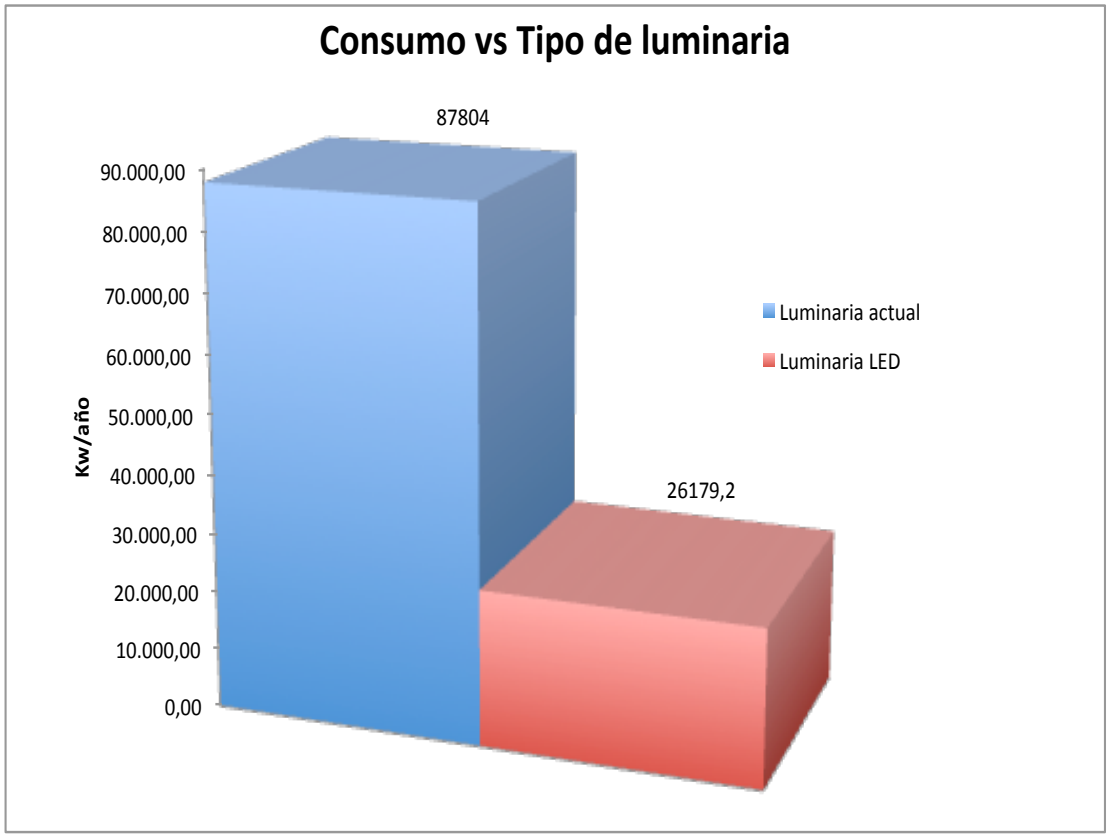
Costo total de luminaria LED				
	Costo		VPN	
Inversión inicial	Bs.F	1.330.150,00	Bs.F	1.330.150,00
Costo anual electricidad	Bs.F	1.920,31	Bs.F	13.084,39
	Total		Bs.F	1.343.234,39
	VAE		Bs.F	197.137,53

Se realizó un estudio comparativo de tres casos observando así una gran diferencia; viendo que la mejor alternativa económica es el Caso C, donde se planteo la sustitución de la luminaria actual por luminaria LED.



Analizando el grafico anterior, de manera de hacer factible económicamente la sustitución de luminarias convencionales por luminaria LED, se igualo el valor presente neto de ambas opciones con el fin que conseguir un porcentaje exacto de incremento en el costo de la energía convencional del estado, dando un valor de 3790%.

Se estudio la diferencia que existe entre el consumo que tiene la luminaria actual en comparación con la luminaria LED; donde se observo que con la utilización de la luminaria LED en la UCAB se ahorraría 61.624,8 Kwh/año, que sería un 70,18% del consumo actual. Analizando este número tenemos que el ahorro de esta energía es suficiente para satisfacer la demanda diaria de 31,85 apartamentos de tipo social.



CONCLUSIONES

La iluminación LED está siendo utilizada en gran parte del país, esta tecnología a pesar de ser muy costosa es una de las mejores soluciones que hoy en día se presenta para disminuir el consumo actual, viéndose reflejado un beneficio en el costo anual del pago de la electricidad en la UCAB. Después de analizar la opción de hacer una sustitución de bombillas colocando luminarias LED nos damos cuenta que, el consumo se disminuye en 70,18%, que serian 61.624,8 Kwh/Año con lo que se puede satisfacer la demanda diaria durante un año de 31 apartamentos de tipo de interés social. Esto refleja la efectividad de las luminarias LED, pero a pesar de disminuir el costo de la energía notablemente el proyecto no es viable económicamente, ya que la inversión inicial es muy grande y el tiempo para recuperarla es mayor a la vida útil de las luminarias LED. Para que este sistema sea rentable hoy en día el costo de la energía suministrada por el estado debe superar el 3790% del precio que posee actualmente.

Entre las ventajas que presenta la instalación de paneles solares está, que es auto-sustentable, el cual hace que la UCAB se independice en cierta parte de la red convencional produciendo su propia energía durante un lapso aproximado de 12 años. A esto se le suma la instalación de luminarias LED la cual hacen que este tipo de sistema sea más ahorrador a nivel de consumo y de esta manera se disminuyen la cantidad de componentes que conforman un sistema fotovoltaico.

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos tiene muy bajo costo ya que posee baterías selladas; es decir, libres de mantenimiento, por lo que no necesitan de sustitución sino hasta los 6 años, mientras que los paneles solares son limpiados por la lluvia. Las otras partes del sistema; como lo son inversores y reguladores son libres de mantenimiento hasta que su vida útil sea cubierta.

Posterior al análisis económico para el proyecto estudiado nos damos cuenta que la alternativa del sistema de paneles solares en conjunto con la tecnología LED propuesta para ser desarrollada en la UCAB no es rentable hoy en día, debido a que a pesar de que se puedan conseguir empresas encargadas de distribuirla e instalarla, la misma no resulta de gran beneficio económico por los grandes costos iniciales que se necesitan para realizar un proyecto de esta envergadura. Esto se debe a que el costo de la energía suministrada por el estado en Venezuela es muy económica, de manera que desplaza los sistemas fotovoltaicos de la competencia en generación de energía. Otro de los grandes problemas para desarrollar esta tecnología es la situación económica en la que nos encontramos, donde a pesar de que en cualquier país del mundo los precios de los materiales utilizados para realizar un sistema fotovoltaico son costosos, en Venezuela se presenta la gran desventaja del sistema de adquisición de divisas donde hace que los precios aumenten a un nivel desproporcionado, haciendo que el mismo no sea atractivo para el inversionista; la inversión inicial es tan alta y el costo de la energía del estado es tan bajo, que a pesar de que se está generando energía y no se necesita comprar al estado, no es negocio desarrollar este sistema.

En este proyecto, ya sea en la sustitución de luminaria actual por la luminaria LED o en la instalación del sistema fotovoltaico, notamos que no tenemos que hacer inversión en el cableado de los postes ya que se podrá utilizar el existente. Esto es una ventaja económica y técnica debido a que el costo y el tiempo de instalación disminuyen notablemente.

Este tipo de energía renovable y utilización de luminarias LED deben ser considerados como una inversión que la UCAB debe realizar para ser utilizado como parte académica por los alumnos de ingeniería, permitiendo de una manera práctica y teórica la capacitación de profesionales que puedan desarrollar sistemas de generación de energía verde y así colaborar con el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

Los estudiantes y profesionales deben tener en cuenta los beneficios medioambientales que proporciona este tipo de sistema fotovoltaico y luminaria LED, la idea no debería ser únicamente la rentabilidad económica, sino también mejorar el ambiente pensando en las generaciones futuras.

Generar conciencia ambiental a través de proyectos como estos de implementación de energías renovables como la fotovoltaica y luminaria LED en los estudiantes de la UCAB y formar profesionales capaces de desarrollar estas tecnologías.

Incentivar a empresas privadas en llevar a cabo la implementación de estos sistemas en la UCAB dejando a un lado la inversión económica y apoyar la voluntad de promoverla con el fin de un planeta verde.

La ejecución de este proyecto y el desarrollo de otros similares beneficiarían a los estudiantes en la capacitación de las nuevas tecnologías de forma teórica y práctica.

Considerar la pronta aprobación y buscar la rentabilidad del proyecto a corto plazo ya que en Venezuela los precios de los materiales para ejecutar el proyecto están ligados a los precios del dólar.

Aprovechar con más conciencia los avances tecnológicos para impulsar la explotación e implementación de fuentes renovables como la solar propuesta, pensando que los recursos provenientes del petróleo no son renovables y producen un creciente deterioro ambiental.

Promover la producción nacional de todos los componentes que conformar un sistema fotovoltaico, por la gran ventaja que presenta Venezuela, ya que cuenta con toda la materia prima necesaria para fabricar un sistema de alto rendimiento; esto haría de Venezuela un país productivo e incluso podría ser competitivo en un mercado internacional.

Involucrar a los estudiantes y comunidad mediante talleres en la creación de proyectos como estos y similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Villarubia, M. (2004). *Energía eólica*. Barcelona, España: Ediciones CEAC.
Garcia Crespo, F. J. *Ámbito Científico-Tecnológico-Formación Básica PCPI*. Editex

[2] Fraume Restrepo, N. *Diccionario Ambiental* . ECOE Ediciones.

[3] Mendez Muñiz , J. M., Curevo Garcia, R., & ECA instituto de tecnología y formación S.A.U. *Energía Solar Fotovoltaica* (2 Edición ed.). Fundación Confemtal.

[4] Rufes Martinez , P. (2010). *Energía Solar Termica-Tecnicas para su aprovechamiento* . MARCOMBO.

[5] Gago Calderon , A., & Fraile Vilarrasa, J. (2012). *Iluminación con tecnología LED*. Ediciones Nobel.

[6] Harper, E. (2010). *Instaslaciones eléctricas domésticas convensionales y solares fotovoltaicas* . D.F, Mexico : LIMUSA .

[7] Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de http://empresaseficientes.com

[8] Moro Vallina , M. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas* . Madrid , España: Paraninfo, S.A.

[9] (12 de Febrero de 2012). Recuperado el 19 de Septiembre de 2013, de http://panelessolarescaseros.net/?p=282

[10] Gormaz Gonzáles , I. (2007). *Técnicas y Procesos en las Instalaciones Singular en los Edificios*. (1ª ed.). Madrid , España: Paraninfo, S.A.

[11] (23 de Mayo de 2011). Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de http://www.caloryfrio.com/inversor-solar.html

[12] Recuperado el 11 de Septiembre de 2013, de http://eldiario.com.uy/2012/12/10parque-eolico-en-colonia-rosendo-mendoza-beneficia-a-productores-de-la-zona/

[13] Recuperado el 15 de Septiembre de 2013, de http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-goblal/hydropower-profile

[14] Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de http://ve.kalipedia.com/popup/popupwindow.html?tipo=imagen&titulo=central+de+energ&EDa+mareomotriz&url=/kalipedia/cienciasnaturales/media/200709/24/fisicayquimica/20070924klpcnafyq83.Ees.LCO.png&pow=749&poph=643

[15] Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php

[16] Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de http://efab3e7.webnode.pt/energias-renovaveis/energia-mareomotriz/

[17] Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico2.shtml

[18] Recuperado el 18 de Septiembre de 2013, de http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/14_fotovoltaica_energia.html

[19] Recuperado el 18 de Septiembre de 2013, de http://www.miliarium.com/bibliografia/Monografia/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarFotovoltaica.asp

[20] Recuperado el 19 de Septiembre de 2013, de http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/01_generador/01_basico/4_gene_01.htm

[21] Recuperado el 19 de Septiembre de 2013, de http://es.scrib.com/doc/136302883/Arseniuro-de-Galio

[22] Recuperado el 19 de Septiembre de 19 , de http://www.b-solar.com/Technology.aspx

[23] Recuperado el 17 de Septiembre de 2013 , de http://www.ujean.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame /03_celula/01_basico/3_celula_04.htm

[24] Recuperado el 15 de octubre de 2013, de http://www.offnews.info/verArticulo.php?contenidoID=44016

[25] Cabello Quiñones , A. M. (2006). *Solución para el desarrollo sustentable* (1ª edición ed.). Chile: ADNUMA.

[26] Boligana , J. J. (1999). *Proyecto de Ingeniería Hidrualíca* (Vol. II). Caracas , Venezuela : Fundacion Polar .

[27] Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de http://www.renovables-energia.com/2009/06/esquema-de-una-central-hidroelectrica/

[28] Recuperado el 15 de Septiembre de 2013, de http://energiageotermica.es

[29] Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de http://www.tualmacensolar.es/index.php?id_cms=7&controller=cms&id_lang=4

[30] Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de http://www.jaenclima.com/articulos/articulo_20.php

[31] Recuperado el 19 de Septiembre de 2013, de http://saber.ucv.ve/jspui/bistream/123456789/1366/1/tesis.pdf

[32] Recuperado el 15 de Octubre de 2013, de www.energetika.com.ar/Curva%20I-V.html

[33] Recuperado el 23 de Septiembre de 2013, de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914ed9045/1234567189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

[34] Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de http://www.inmesol.com/hybrid-system-advantages-of-the-hybrid-system.asp

[35] Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de http://erenovable.com/energia-geotermica/

[36] Recuperado el 10 de Octubre de 2013, de http://www.tsj.gov.ve/gaceta/agosto/2682013/2682013-3775.pdf#page=1

ANEXO 1

LEDBOX
Nature power light
www.ledbox.es

REF: LD1030538

Bombilla LED E27 12W, SMD5630, blanco cálido

CE RoHS

12 W	85-250VAC	1150	120	3000

Bombilla LED para casquillos o bases convencionales E27. Alta potencia lumínica, ahorro de hasta el 90% en su consumo de luz

Detalles

Potencia	12 W
Alimentación	85-250VAC
Casquillo	E27
Flujo luminoso	1150 lm
Ángulo	120 º
Color de luz	calido
Temperatura de color	3000 K
Vida útil	> 50.000 h
Dimensiones	Ø80x143mm

Las bombillas LEDBOX de bajo consumo, suponen una alternativa ecológica de gran calidad con amplias posibilidades de decoración y ahorro energético.
Iluminación LED de última generación
- Bajo consumo
- Se enciende al instante
- Máximo ahorro de energía
- Alta eficiencia
- Máxima duración
- Fácil instalación

Anexo 1 – Luminaria LED LEDBOX SMD5630

ANEXO 2

atersa
grupo elecnor

CARACTERÍSTICAS

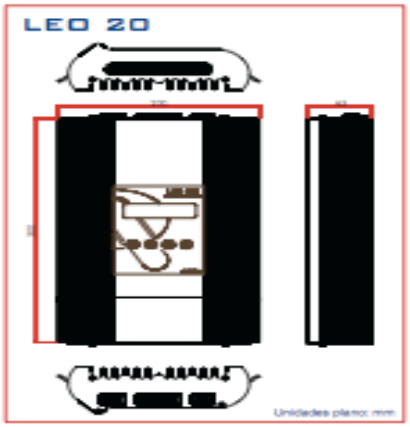
LEO 20

CARAC. ELÉCTRICAS	MODELOS				
	BÁSICO	MAESTRO		ESCLAVO	
Tensión Nominal (V)	12 / 24	12 / 24	48	12 / 24	48
Tensión máxima Trabajo (V)	45	45	90	45	90
Consumo medio regulador (mA)	10	10	12	10	12
Corriente máxima Paneles / Consumo Constante (A) Ik	50 / 50			50 / -	
Corriente máxima Paneles / Consumo 1 minuto (A) 1,2 x Ik	60 / 60			60 / -	
Corriente de Cortocircuito en Paneles / Consumo (A)	50 / 300			50 / -	
Tiempo de Detección de Cortocircuito	< 500 µs				
Rango de Temperatura de Funcionamiento	-20... +40 °C				
Rango de Temperatura de Almacenamiento	-20... +75 °C				
Precisión Medida de Tensión	2% FS + 2 dígitos				
Precisión Medida de Corriente	3% FS + 4 dígitos				
Resolución interna de la Tensión	0,05 V				
Resolución interna de la Corriente	0,05 A				
Entrada externa de Shunt	150 A / 60mV			NO	
Entrada externa Tensión Batería	NO	SI		NO	
Rango sonda externa temperatura	NO	-20... +80 °C		NO	
3 Relés de alarma	NO	30Vdc / 0,1 A		NO	
Teclado 4 teclas y Display LCD bajo Consumo	SI			NO	
Humedad Relativa (sin condensaciones)	< 90%				
Máxima Sección admisible en las bornas (mm²)	25				
Altura máxima de trabajo	2500m				

I_n = Corriente nominal a 40ºC

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Envolvente	Aluminio
Peso	2,00 kg.
Dimensiones (H x W x L)	300x200x83mm
Grado Protección	IP 20

FASES DE CARGA



Modificaciones: El contenido de este documento puede ser modificado sin previo aviso. Atersa se reserva el derecho de modificar las especificaciones del producto sin previo aviso y según sus propios criterios.

ATERSA MADRID
C/ Embajadores, 187-3º
28045 Madrid - España
tel. +34 915 178 452
fax. +34 914 747 467

ATERSA VALENCIA
P.Industrial Juan carlos I
Avda. de la Pola, 14
46440 Almussafes
Valencia - España
tel. 902 545 111
fax. 902 503 355
e-mail: atersa@elecnor.com

ATERSA ITALIA
Centro Direzionale Colleoni
Palazzo Liocorno - Ingresso 1
Via Paracelso n. 2
20864 Agrate Brianza
(MB) - Italia
tel. +39 039 2262482
fax. +39 039 9160546

Anexo 2 – Regulador de Carga, ATERSA LEO 20 MAESTRO

ANEXO 3

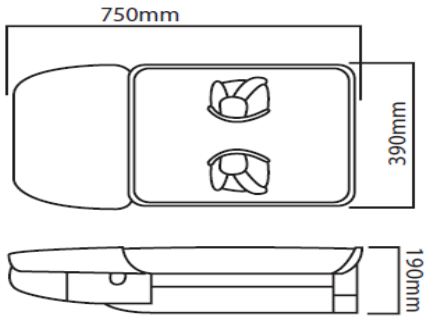
Luminarias para alumbrado público **IK750SL**

Datos técnicos

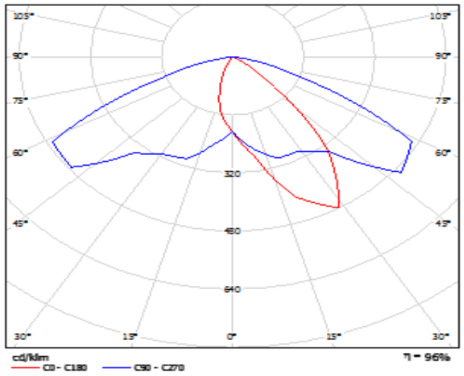
Modelo	**IK750SL**
Potencia	40W ~ 120W
Fuente de luz	02 módulos LED
Eficiencia lumínica	80 ~ 140 Lm/W
Ahorro comparativo	55 ~ 70% (*)
Temperatura de color	2.700K ~ 8.000K
Índice de rendimiento cromático (CRI)	>70%
Factor de potencia	0,95
Tiempo esperado de vida	50.000 horas
Eficiencia de la luminaria	>88%
Voltaje de alimentación	85 ~ 265Vac
Índice de protección	IP65
Dimensiones	750mm x 390mm x 190mm
Material	PC – aluminio
Diámetro del agujero para el brazo	Ø 50 ~ 60mm
Peso	12,5Kg

(*) Este valor varía según las Normas de cada país.

Dimensiones



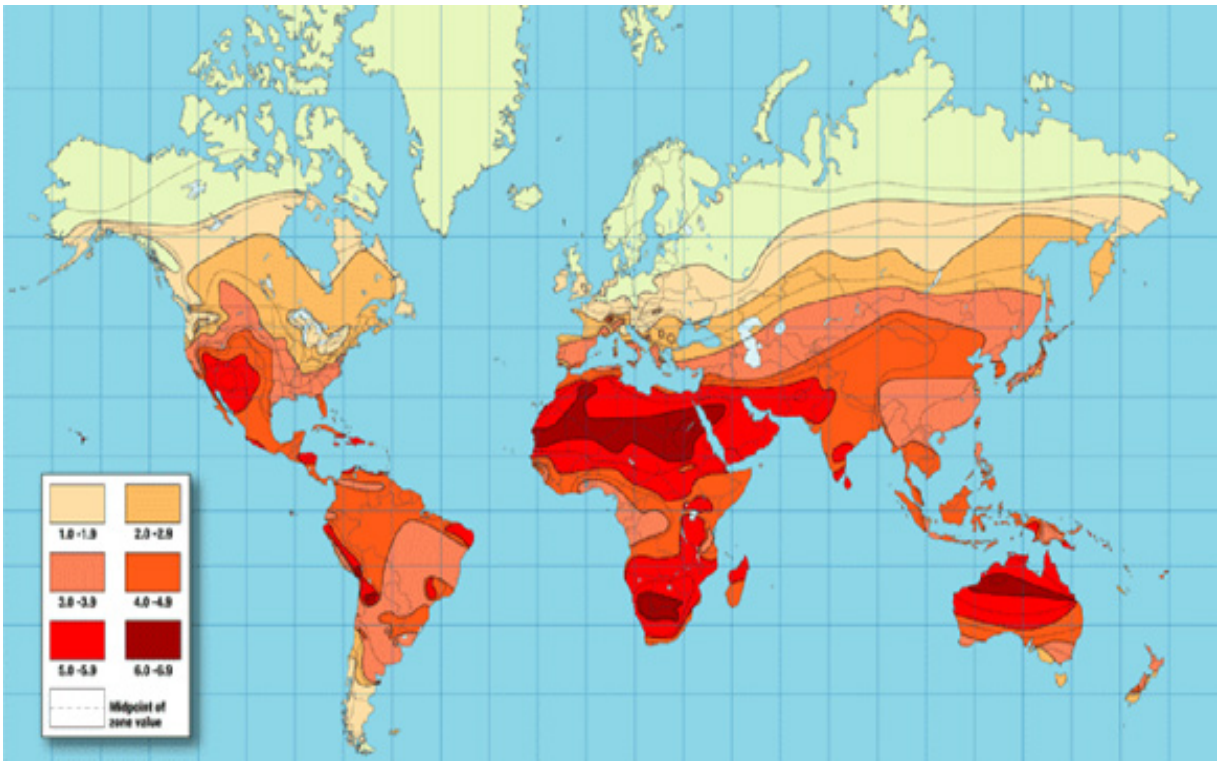
Distribución fotométrica



VENELED, C.A.
Distribuidores exclusivos para Venezuela y Latinoamérica.
C.C. FLORIDA OUTLED, Local 15, Zona Industrial Norte, al lado del C.C. Sambil
Maracaibo, estado Zulia – VENEZUELA
Telf. +58.261.744.5081
www.VENELED.com
Todos los derechos reservados.

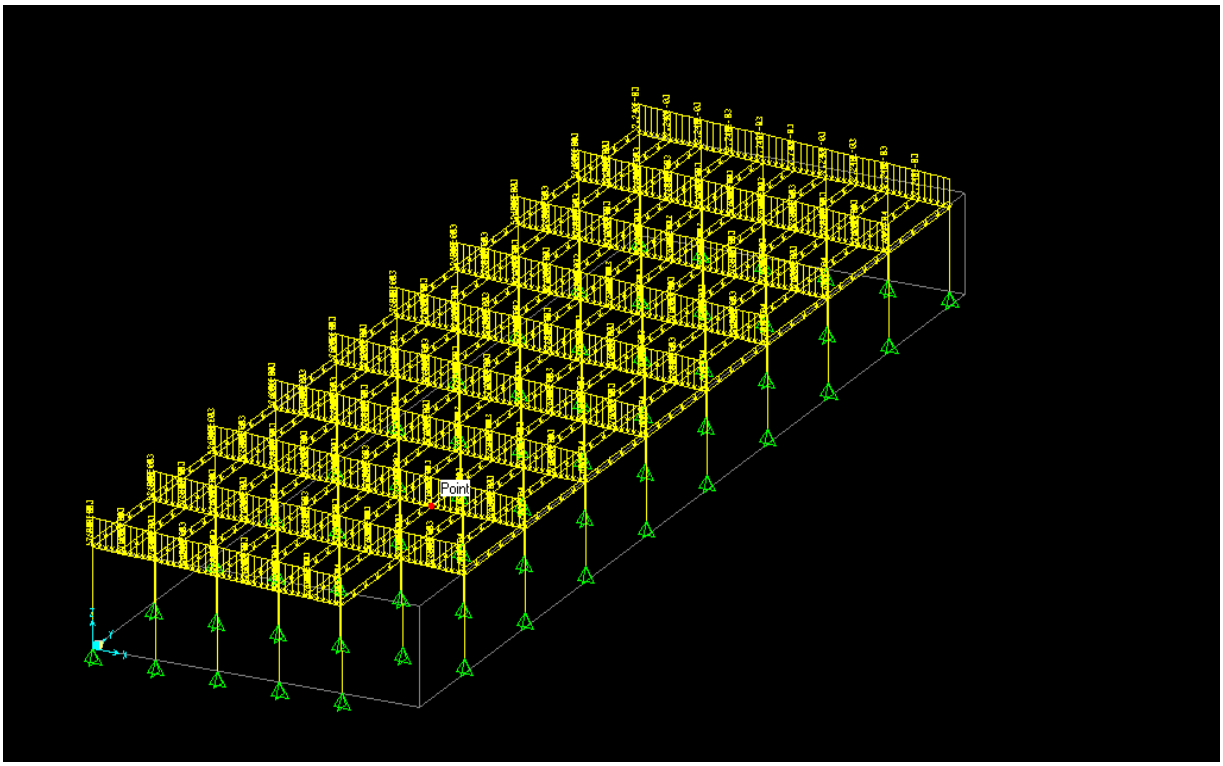
Anexo 3 – Luminaria LED, IKATALED IK-750SL

ANEXO 4



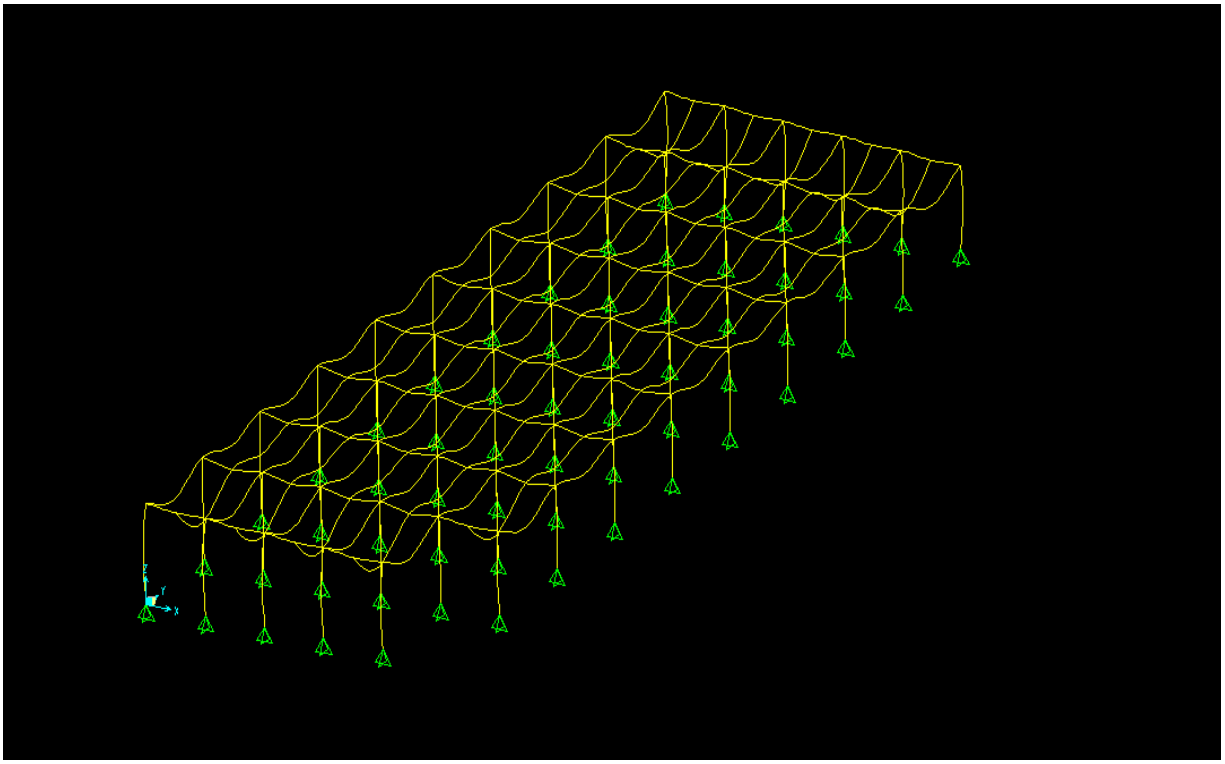
Anexo 4 – Horas del día promedio donde se puede aprovechar los rayos del sol.

ANEXO 5



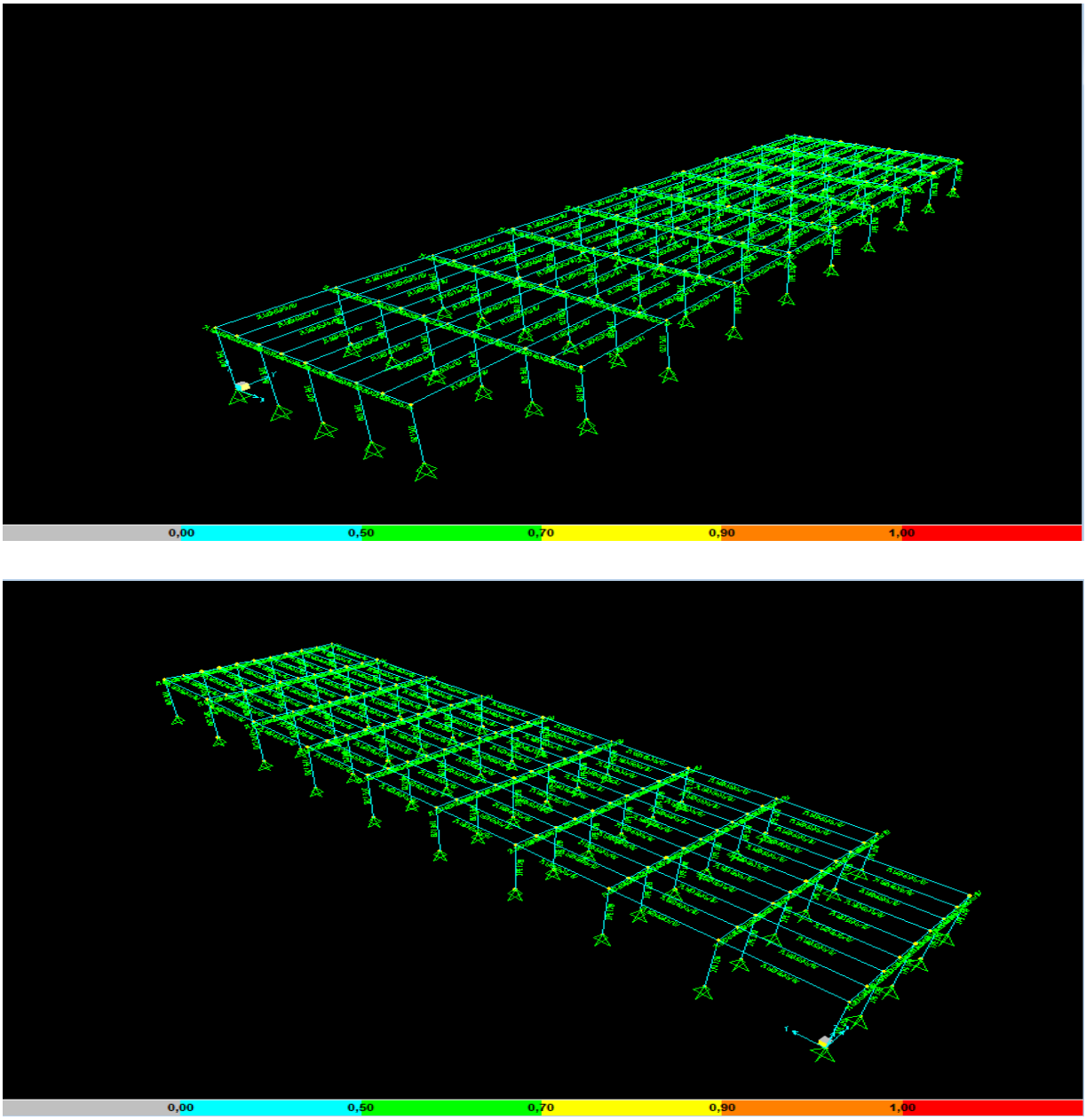
Anexo 5 – Estructura de instalación, Diagrama de cargas aplicadas.

ANEXO 6



Anexo 6 – Estructura de instalación, Deformada.

ANEXO 7



Anexo 7 – Estructura de instalación, Esfuerzos.

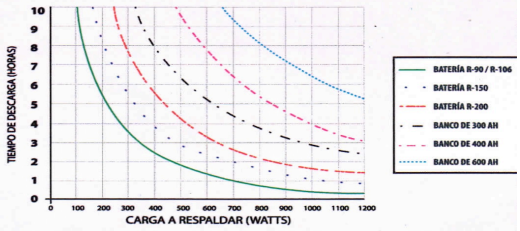
ANEXO 8

Especificaciones generales	DBP-1000	DBP-2000
Tensión nominal	120 VAC	120 VAC
Frecuencia nominal	60 Hz	60 Hz
Tensión dc	12 VDC	24 VDC
Forma de la onda	senoidal pura	senoidal pura
Protección de sobrecarga	tipo breaker	tipo breaker
Protección de cortocircuito	tipo breaker	tipo breaker
Tiempo de transferencia	10 ms	10 ms
Factor de potencia	0,9 - 1,0	0,9 - 1,0
Eficiencia nominal	> 88%	> 88%
Regulación de tensión	+ / - 10% rms	+ / - 10% rms
Corriente máxima de carga	35 +/- 5	35 +/- 5
Disparo por baja tensión	85 VAC. +/- 4%	85 VAC. +/- 4%
Re-enganche por baja tensión	95 VAC. +/- 4%	95 VAC. +/- 4%
Disparo por sobre tensión	135 VAC. +/- 4%	135 VAC. +/- 4%
Re-enganche por sobre tensión	127 VAC. +/- 4%	127 VAC. +/- 4%
Tensión mínima de arranque	10 VDC	10 VDC
Alarma de batería baja	10.5 VDC	10.5 VDC
Disparo por batería baja	10 VDC	10 VDC
Alarma por sobre tensión	16 VDC	16 VDC
Dimensiones	442/218/179 mm	442/218/179 mm
Peso	16 Kg	19,5 Kg

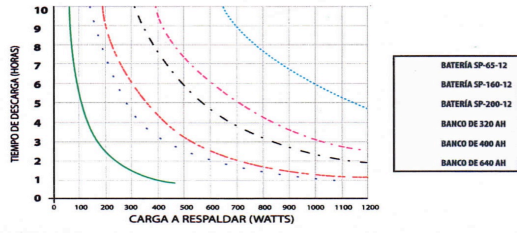
Duncan
Caja de Energía

- Equipos de onda senoidal pura
- Capacidad pico que duplica a la nominal
- Respuesta inmediata
- Protección contra cortocircuito a la salida AC
- Capacidades entre 1000 y 6000 vatios
- Respuesta inmediata
- Silencio absoluto
- No genera gases de escape
- No requiere de ningún combustible
- Mínimo mantenimiento
- Permite su utilización de manera nominal

CURVA DE DESCARGA PARA SISTEMAS DE 12 V BATERÍAS AGM



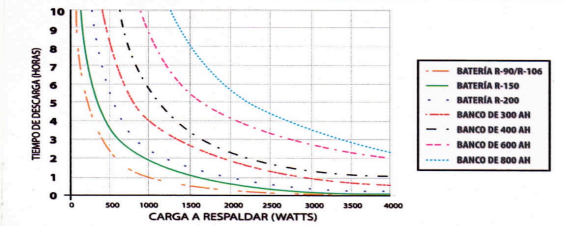
CURVA DE DESCARGA PARA SISTEMAS DE 12 V BATERÍAS SP



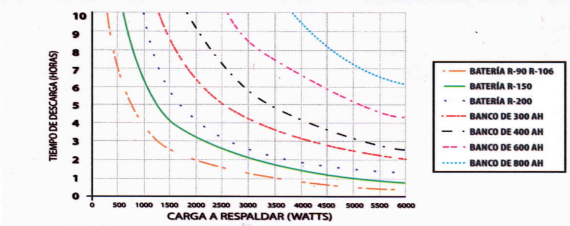
DBP-3000	DBP-4000	DBP-6000
120 VAC	120 / 230 VAC	120 / 230 VAC
60 Hz	60 Hz	60Hz
24 VDC	24 / 48 VDC	48 VDC
senoidal pura	senoidal pura	senoidal pura
tipo breaker	tipo breaker	tipo breaker
tipo breaker	tipo breaker	tipo breaker
10 ms	10 ms	10 ms
0,9 - 1,0	0,9 - 1,0	0,9 - 1,0
> 88%	> 88%	> 88%
+ / - 10% rms	+ / - 10% rms	+ / - 10% rms
45 +/- 5	65 +/- 5	50 +/- 5
85 VAC. +/- 4%	184 vac / 154 VAC +/- 4%	184 vac / 154 VAC +/- 4%
95 VAC. +/- 4%	194 vac / 164 VAC +/- 4%	194 vac / 164 VAC +/- 4%
135 VAC. +/- 4%	253 VAC +/- 4%	253 VAC +/- 4%
127 VAC. +/- 4%	243 VAC +/- 4%	243 VAC +/- 4%
20 VDC	20 VDC	40 VDC
21 VDC	21 VDC	42 VDC
20 VDC	20 VDC	40 VDC
32 VDC	32 VDC	64 VDC
442/218/179 mm	598/218/179 mm	598/218/179 mm
24 Kg	35,5 Kg	45 Kg

Curvas de descarga de baterías

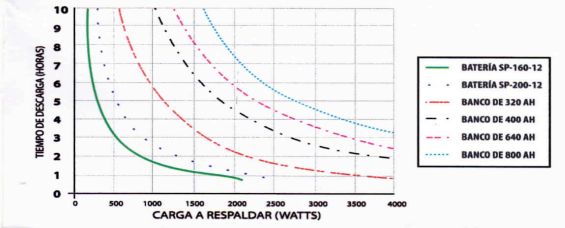
CURVA DE DESCARGA PARA SISTEMAS DE 24 V BATERÍAS AGM



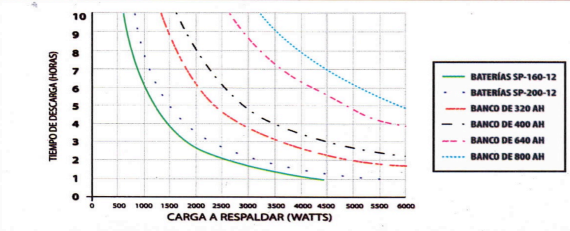
CURVA DE DESCARGA PARA SISTEMAS DE 48 V BATERÍAS AGM



CURVA DE DESCARGA PARA SISTEMAS DE 24 V BATERÍAS SP



CURVA DE DESCARGA PARA SISTEMAS DE 48 V BATERÍAS SP

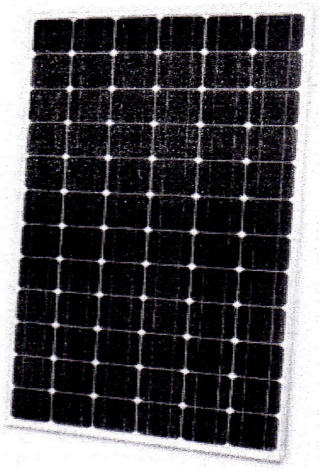


Anexo 8 – Inversor, DUNCAN DBP-6000

ANEXO 9

Model: SLT -72M-275

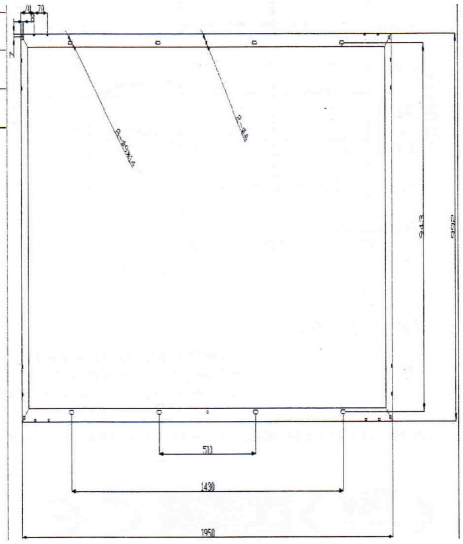
High Performance Mono Crystalline SLT Module



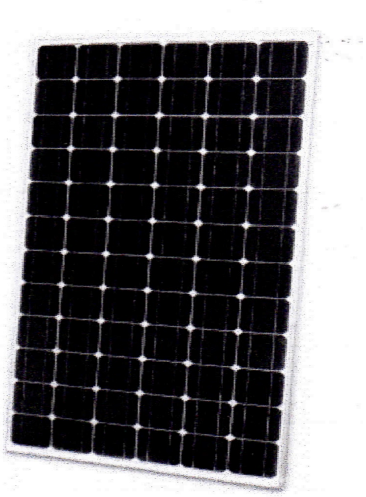
Specification	
Model	SLT-72M-275
Cell Size (mm)	156*156
No. of Cells (Pcs)	72
Dimensions (mm)	1950*992*50
Solar Cell Efficiency	15.70%

Electrical Characteristics	
Model	SLT-72M-275
Max Power (Wp)	275
Max. Power Voltage (Vmp)	35.5
Max. Power Current (Imp)	7.75
Open Circuit Voltage (Voc)	42.6
Short Circuit Current (Isc)	8.52

Standard Operating Conditions	
Max. System Voltage (V)	1000
Temperature Coeff. of Isc (%)	0.05/°C
Temperature Coeff. of Voc (%)	-0.35/°C
Temperature Coeff. of Pm (%)	-0.45/°C
Temperature Coeff. of Im (%)	+0.1/°C
Temperature Coeff. of Vm (%)	-0.38/°C
Nominal Operating Cell Temperature-NOCT	45 ± 2°C
Temperature Range	-40°C ~ +80°C



High Performance Mono Crystalline SLT Module

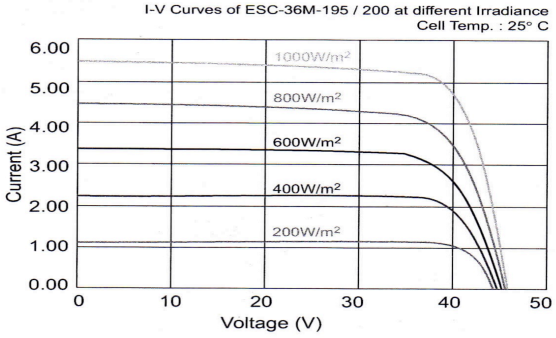


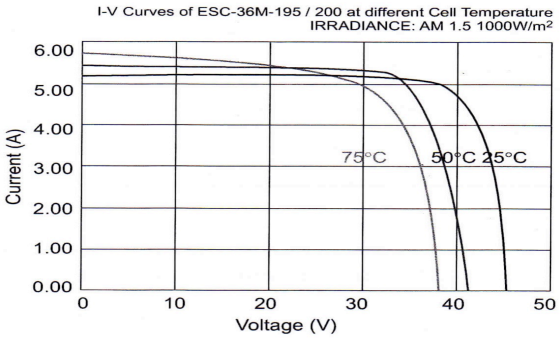
Other Characteristics

Weather Resistance Junction Box Type (TUV Safety Class II)	IP65, TUV Certified
Construction	Superstrate: High Ttransmission3.2mm Tempered Low Iron Glass Substrate: White Back Sheet; Encapsulant: Fast Cure EVA
Frame	Clear anodized aluminium alloy; Color: Silver
Watt Tolerance	± 3%
Module Efficiency	16.20% / 16.40%
Weight	14.5 kg
Product Certifications	IEC 61215, IEC 61730 & CE

Characteristics

Module I-V Graph 275W





Warranty

- 2 years warranty against manufacturing defects
- 10 years warranty at 90%rated performance
- 20 years warranty at 80%rated performance

Note: This publication summerizes product warranty and specification, which are subject to change without prior notice.

Anexo 9 – Panel solar monocristalino, DUNCAN SLT-72M-275

ANEXO 10: PLANO DEL ESTACIONAMIENTO SUR CON UBICACIÓN DE LA LUMINARIA ACTUAL.

ANEXO 11: PLANO DE PLANTA DE ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PANELES SOLARES, BANCO DE BATERÍAS Y CASETA DE INVERSORES.