



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

DEPENDENCIA:

Consejo de Ciencia y Tecnología de Estado de Chiapas

REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PROYECTO:

“Diseño e implementación de un sistema de iluminación mediante el uso de energía alternativa de la sala 2 del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología”

CARRERA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PLAN: IELC-2004-292

NOVENO SEMESTRE

RESIDENTES:

No. CONTROL

DÍAZ VELÁZQUEZ HILDER

05270262

MÉNDEZ SÁNCHEZ VÍCTOR HUGO

05270290

ASESOR:

M. C. ARNULFO CABRERA GÓMEZ

REVISOR:

ING. GERARDO FERNANDO DIAZ BORREGO

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; ENERO 2010.



"2009, El Año del Poeta y Escritor Jaime Sabines Gutiérrez"

Dirección General

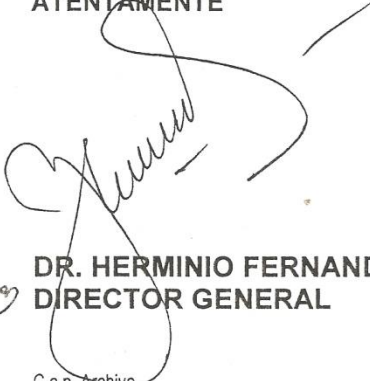


**DR. DANIEL SAMAYOA PENAGOS
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN
TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
PRESENTE**

Se otorga la presente **LIBERACIÓN DE RESIDENCIA PROFESIONAL** al C. **Hilder Díaz Velazquez**, de la carrera en Ingeniería en Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y con número de control 05270262 quien realizó su Residencia Profesional con el proyecto denominado, Diseño e Implementación de un Sistema de Iluminación Mediante el uso de Energía Alternativa de la sala 2 del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología, durante el periodo del 06 de agosto de 2009 al 13 de Noviembre, con duración de 640 horas.

Para los efectos legales procedentes se extiende la presente constancia en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, a los 09 días del mes de Diciembre de 2009.

ATENTAMENTE



**DR. HERMINIO FERNANDO CHANONA PÉREZ
DIRECTOR GENERAL**

C.c.p. Archivo



Calzada Cerro Hueco N. 3000, Col. Cerro Hueco, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Tel.- 63 925 64, 63 92731, 63 927 19

Ext. 26131; www.cocytech.gob.mx

**Son Hechos
no palabras**



"2009, El Año del Poeta y Escritor Jaime Sabines Gutiérrez"

Dirección General



**DR. DANIEL SAMAYOA PENAGOS
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN
TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
PRESENTE**

Se otorga la presente **LIBERACIÓN DE RESIDENCIA PROFESIONAL** al C. Víctor Hugo Méndez Sánchez, de la carrera en Ingeniería en Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y con número de control 05270290 quien realizó su Residencia Profesional con el proyecto denominado, Diseño e Implementación de un Sistema de Iluminación Mediante el uso de Energía Alternativa de la sala 2 del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología, durante el periodo del 06 de agosto de 2009 al 13 de Noviembre, con duración de 640 horas.

Para los efectos legales procedentes se extiende la presente constancia en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, a los 09 días del mes de Diciembre de 2009.

ATENTAMENTE

[Handwritten signature of Dr. Herminio Fernando Chanona Pérez]

**DR. HERMINIO FERNANDO CHANONA PÉREZ
DIRECTOR GENERAL**

C.c.p. Archivo



Calzada Cerro Hueco N. 3000, Col. Cerro Hueco, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Tel.- 63 925 64, 63 92731, 63 927 19
Ext. 26131; www.cocytech.gob.mx





SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INFORME DE REVISION DEL REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

FECHA: 14 - ENERO - 2010

C. ING. VICENTE LEON OROZCO
JEFE DEPTO. ING. ELECTRICA y ECA.
PRESENTE

Por este medio, comunicamos a usted el resultado emanado de la revisión al siguiente Informe de Residencia Profesional, realizado durante el semestre AGOSTO – DICIEMBRE 2009.

a) Nombre de los Residentes	MENDEZ SANCHEZ VICTOR HUGO DIAZ VELAZQUEZ HILDER
b) Carrera	INGENIERIA ELECTRONICA
c) Nombre del Proyecto	"Diseño e implementación de un sistema de iluminación mediante el uso de energía alternativa de la sala 2 del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología"

HA SIDO:

APROBADO

O

NO APROBADO

Indicándole realizar lo siguiente:

ATENTAMENTE


M. en C. ARNULFO CABRERA GOMEZ
REVISOR


ING. GERARDO FERNANDO DIAZ BORREGO
REVISOR

NOTA: Al llenar esta forma, recuerde escribir con una (X) el cuadro que corresponda al resultado de la revisión.

"2009, Año de la Reforma Liberal"

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal 599
Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87
<http://www.ittg.edu.mx>



RSQC - 247
1997-2009
ALCANCE DEL SISTEMA: PROCESO EDUCATIVO

INDICE

CAPITULO I PRESENTACION DEL PROYECTO	7
1.1 INTRODUCCIÓN	7
1.2 JUSTIFICACIÓN	8
1.3 OBJETIVOS	9
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA	10
1.4.1 ACERCA DEL MUSEO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE CHIAPAS	10
1.4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS	11
1.4.2 MAPA DE UBICACION	12
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	13
1.7.1 ALCANCES.....	13
1.7.2 LIMITACIONES	14
CAPITULO II FUNDAMENTO TEORICO	15
2.1 MARCO REFERENCIAL	15
2.1.1 RESULTADOS OPERACIONALES DEL PRIMER SISTEMA FOTOVOLTAICO TRIFASICO INTERCONECTADO A LA RED EN MEXICO.	15
2.2 MARCO TEÓRICO.....	28
2.2.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN BASADO EN LÁMPARAS LEDS.	28
2.2.2 ENERGIA SOLAR.....	30
2.2.3 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA.	33
2.3 MARCO NORMATIVO	51
2.3.1 NORMA NOM-007-ENER-2004.....	51
2.3.2 PEC NOM-007-ENER-2004	56

CAPITULO III PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS	59
3.1 ESTUDIO TÉCNICO	59
3.1.1 ESTUDIO DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA	59
3.1.2 MEDIDAS DE LAS MAMPARAS CON LAS QUE CUENTA EL MUSEO	64
3.2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	65
3.2.1 CONCENTRADO DE CARGAS	65
3.2.2 SELECCIÓN DE LÁMPARAS LED	69
3.2.3 CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	81
CONCLUSIONES	90
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	92
ANEXOS	93

1.1 INTRODUCCIÓN

Nuestra vida actualmente se desarrolla con una total dependencia de la energía eléctrica, muchas formas de obtención de esta energía parten de los combustibles fósiles, lo que supone una doble problemática: su inminente agotamiento, y los problemas medioambientales que su explotación está originando, este hecho nos obliga a buscar formas alternativas de obtención de electricidad, y algunas de ellas ya se utilizan actualmente con gran éxito.

Estudiar algunas de estas formas alternativas de obtención de energía eléctrica nos compromete a reducir el índice de contaminación generada por gases u otros contaminantes el cual provocan que nuestro planeta tenga cambios climáticos, siendo este un problema mundial que cada vez tiende a incrementarse en lugar de reducir. Actualmente existen diversas organizaciones que están en busca de un plan de desarrollo sustentable de manera que ayude a mejorar la calidad de vida humana.

Las energías alternativas o renovables tienden a producir un impacto ambiental mínimo, entre ellas está la energía solar de cual se enfoca nuestro campo de estudio el cual se ha demostrado resultados positivos que favorecen al medio ambiente.

Como parte del plan de estudio que realizan los Institutos Tecnológicos , se realizo la residencia profesional en el Museo de Chiapas de Ciencia y Tecnología el cual cuenta con tres salas permanentes que son: Universo y Tierra, Vida y Ser Humano, Comunicaciones y Herramientas). Dichas salas contaban con un sistema de iluminación con lámparas de Halógeno y dicroicas, las cuales eran suministradas por energía eléctrica proporcionada por CFE (Comisión Federal de Electricidad), sin embargo el gasto de electricidad era muy elevado debido al alto consumo, es por ello que se diseño e implemento un sistema de iluminación basado en energía alternativa usando paneles solares logrando obtener un mejor ahorro en energía.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El proyecto surgió por la inquietud de evaluar los sistemas de iluminación de edificios públicos en Chiapas, en particular, en la Sala 2 “Vida y Ser Humano” del Museo Chiapas, con lo cual se logrará minimizar gastos por pagos realizados a Comisión Federal de Electricidad (CFE), ya que estas presentan un consumo considerable de energía eléctrica además que favorecen el medio ambiente.

Para poder minimizar los costos se pretende implementar iluminación basada en LED (Diodo Emisor de Luz), que tiene como característica principal su bajo consumo de energía, larga vida de aproximadamente 50,000 horas, no genera calor, el cual nos permitirá reducir la facturación de energía hasta en un 80%.

Ligado a esto, se instalará un Sistema Fotovoltaico (SFV), los cuales tienen una vida útil promedio de 25 años, esto permitirá independizar parcialmente el consumo de energía que nos provee CFE, ya que el servicio que ésta nos brinda solo se requerirá en el momento en que el SFV no pueda suministrar la energía necesaria para el sistema de iluminación.

Además, este proyecto está pensado para que en un futuro se desarrolle este tipo de iluminación en otras instalaciones públicas o privadas, como: escuelas, parques, bibliotecas, edificios de gobierno, salones de fiestas, restaurantes, casas habitación, entre otros.

Es por ello que se pretende el uso de energía alternativa como parte del desarrollo sustentable que muchos países han adoptado para lograr una mejor calidad de vida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de iluminación mediante el uso de energía alternativa y lámparas LED para la Sala 2 “Vida y Ser Humano” del Museo Chiapas, para independizar el consumo de energía suministrada a través de la línea de Comisión Federal de Electricidad, logrando con esto un mayor ahorro económico.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Instalar un Sistema Fotovoltaico (SFV) para proveer de energía eléctrica al sistema de iluminación.
- Independizar parcialmente el consumo de energía que nos provee CFE.
- Rediseñar la luminaria de la Sala 2 del Museo Chiapas, para obtener una mejor iluminación, basados en las Normas Mexicanas.
- Implementar un sistema de iluminación basada en tecnología LED, el cual nos permitirá reducir la facturación de energía hasta en un 80%.
- Promover el uso racional de energía eléctrica.
- Disminuir el calentamiento global y la contaminación por CO₂ emanados a la atmósfera.
- Minimizar gastos realizados a CFE de pagos realizados por la facturación en el consumo de energía eléctrica.

1.4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA

1.4.1 ACERCA DEL MUSEO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE CHIAPAS

EL Museo de Ciencia y Tecnología de Chiapas es una dependencia del Consejo de Ciencia y Tecnología de Chiapas (COCyTECH), esta a su vez es un organismo público descentralizado de la Administración Pública del Estado, con personalidad Jurídica y patrimonio propio, sectorizado a la educación, que goza de autonomía técnica, de gestión y presupuestaria y con sede en la Capital del Estado de Chiapas. Se encuentra ubicado en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Calzada Cerro Hueco No. 3000, Col. Cerro Hueco C.P. 29094.

El museo cuenta con 3 salas denominadas: Universo y Tierra, Vida y Ser Humano, Comunicaciones y Herramientas. Los edificios tienen un diseño elíptico con un área aproximada de : 2748.9 m².

La primer sala trata de el *Universo y Tierra*, los temas que se tratan en este espacio abarcan desde el origen del universo hasta la de nuestro planeta, y desde el cosmos hasta el estado de Chiapas.

La segunda sala trata de la *Vida y ser humano*, en ella se presenta cómo parte de esa materia dio origen a la vida y cómo, a partir de la evolución de los seres vivos y su distribución, existe la biodiversidad, pero poniendo énfasis en los principales hitos del desarrollo humano; sus cambios biológicos, la fabricación de herramientas, el descubrimiento del fuego, el desarrollo del lenguaje, la domesticación de las plantas y animales, su paso de cazador nómada a agricultor sedentario. En esta sala se pone particular atención a la diversidad biológica y cultural del estado de Chiapas.

Finalmente, llegamos a la tercera sala denominada *Comunicaciones y herramientas*, en este espacio se presenta a la tecnología como una aplicación de los conocimientos científicos para cubrir nuestras necesidades diarias y solucionar problemas sociales, ambientales y económicos.

El diseño e implementación será exclusivamente para la segunda sala denominada “Vida y ser humano”, el cual es visitado 400 veces por semana. Teniendo un horario de servicio de 10 am a 5 pm de Martes a Domingo.

1.4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

El área de Cerro Hueco presenta un clima cálido subhúmedo con temperatura media anual de 24.5° C, con régimen de lluvias principales en verano y lluvias invernales menores al 5% de la precipitación total.

La temperatura media anual registrada es de 24.5 grados centígrados, mientras que las temperaturas más altas en la región, se dan en el transcurso de los meses de marzo a septiembre con valores iguales o superiores a 25° C. Los meses mas fríos son enero, noviembre y diciembre, con temperaturas medias mensuales de 22° C.

Los extremos de la localidad Cerro Hueco se ubican en las coordenadas 16° 43' 21.58" de latitud norte; y en las coordenadas 93° 05' 32.92" de longitud oeste. Con una elevación de aproximadamente 900 m snm.

1.4.2 MAPA DE UBICACION

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

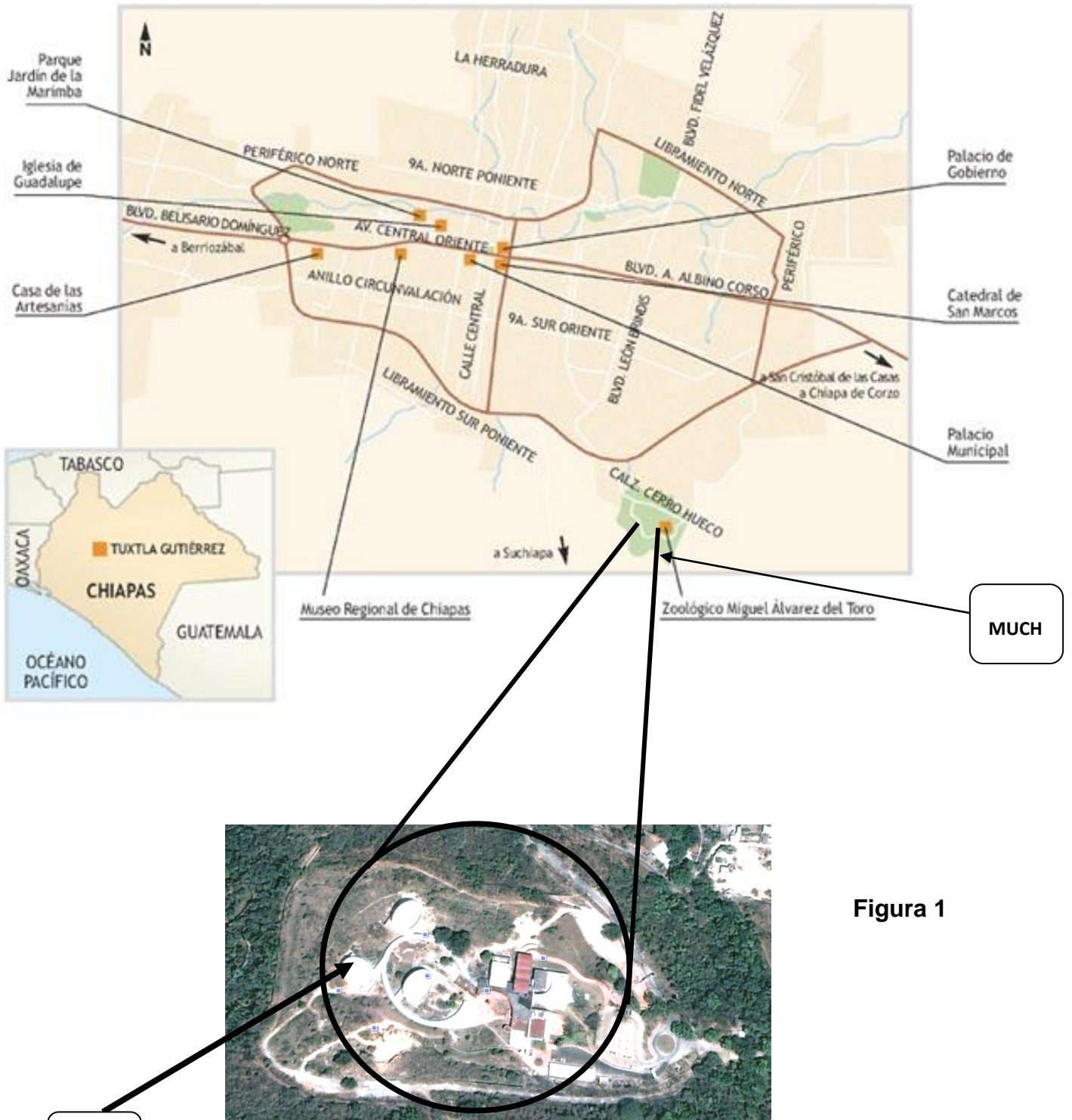


Figura 1

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología cuenta con tres salas suministradas por CFE (Comisión Federal de Electricidad) de las cuales el sistema de iluminación está basado en su mayoría en lámparas dicroicas y halógenas, de 50 watts y 32 watts respectivamente, el cual representa un gran consumo de energía debido al tipo de lámpara con que cuenta la instalación. Por esta razón se propone otro tipo de tecnología para la iluminación basadas en LED y para el suministro de energía se propone la energía alternativa basada en Paneles Solares que ayudara a reducir el consumo de energía.

1.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El diseño y la implementación del sistema de ahorro de energía es únicamente para la sala 2 “ Vida y Ser Humano” del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología.

Los paneles solares únicamente abastecerá energía al sistema de iluminación, es decir, no suministrara energía a los sistemas de aire acondicionado, Pantallas LCD, Computadoras y algún otro dispositivo electrónico conectado a la red.

Las lámparas dicroicas MR16 adecuadas para el museo deben de tener un ángulo de apertura de aproximadamente 40° pero debido a que no es muy comercial se implementara lámparas con un ángulo de apertura de 30°.

1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.7.1 ALCANCES

- Con la implementación del sistema se espera obtener un ahorro de mas del 60 % del consumo de energía eléctrica.
- Menor indice contaminacion al medio ambiente.

1.7.2 LIMITACIONES

- Las limitantes de este sistema es que no será capaz de suministrar energía a todos los demás dispositivos tales como el aire acondicionado, pantallas, computadoras, etc.
- Los materiales no se encuentran comercialmente en el estado es por ello que se necesitan cotizar desde otros lugares el cual tiene un costo adicional.

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 RESULTADOS OPERACIONALES DEL PRIMER SISTEMA FOTVOLTAICO TRIFASICO INTERCONECTADO A LA RED EN MEXICO.

En México, dado el abundante recurso solar existente, la tecnología fotovoltaica conectada a la red está siendo seriamente considerada para evaluar sus potenciales beneficios en esquemas de generación distribuida, tanto para el sistema eléctrico y sus usuario, como para el medio ambiente.

Como antecedente de ello es oportuno citar la reciente instalación del primer vecindario fotovoltaico en el Valle de la Misiones, en Mexicali B.C ; un proyecto impulsado por el gobierno del estado con el apoyo del CFE, implementado para reducir el consumo de electricidad en las viviendas amparadas por el proyecto y contribuir, en la medida de su todavía limitada dimensión, al soporte de la red eléctrica de distribución de la CFE.

A finales del 2005 la Empresa The Green Corner (grupo dedicado para producir, distribuir y comercializar productos orgánicos), instalo en la ciudad de México el primer sistema fotovoltaico trifásico interconectado (SFVI) a la red de distribución del sistema eléctrico nacional.

El sistema fotovoltaico tiene una capacidad de 30.6 kWp. Dadas las características eléctricas particulares en el punto de interconexión del sistema con la red y su capacidad instalada.

2.1.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

El diagrama de bloques de la figura 2.1 muestra la configuración eléctrica del sistema fotovoltaico, su conexión con la red de distribución de la CLyFC, así como los flujos de potencia real en el circuito.

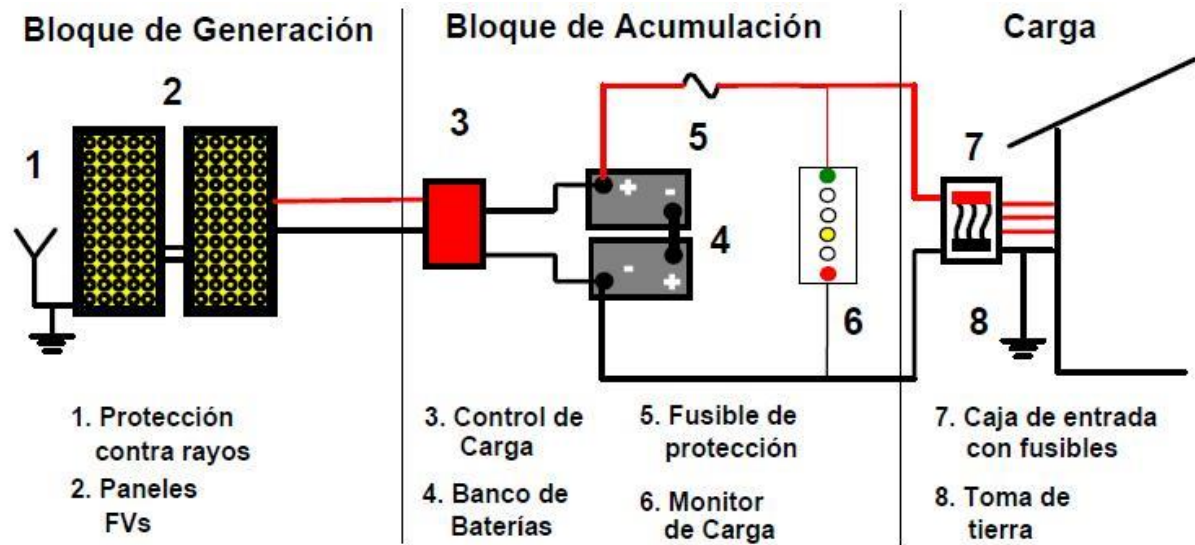


Figura 2.1

2.1.3 GENERADOR FOTOVOLTAICO

El generador fotovoltaico (GFV) está constituido por un arreglo de 204 módulos FV marca Shell modelo SQ150-PC. Dividido en dos subarreglos de 8 y 9 cadenas en paralelo de 12 módulos FV en serie. Cada subarreglo alimenta un inversor fv.

Físicamente, el GFV se encuentra dividido en cuatro secciones uniformemente distribuidas (orientadas al sur), con el propósito de mantener un inclinación de 19 grados en la superficie de los módulos sin incrementar sustantivamente la altura de la estructura soporte y por lo tanto el techo del inmueble.

Las secciones se encuentran separadas en promedio 1.2 metros para facilitar las labores de la instalación y mantenimiento de los módulos, y evitar en lo posible la generación de sombreado entre secciones, sobre todo en la época de invierno.

Para proporcionar condiciones de seguridad física al personal de mantenimiento que eventualmente necesita laboral en el área, el arreglo fotovoltaico se encuentra habilitado en su perímetro con un barandal.

SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA.

El sistema cuenta con dos inversores trifásicos para interconexión a la red de 15 kW de capacidad, que en conjunción con un transformador de aislamiento delta-estrella con relación 1:1, constituye la interfaz entre la sub arreglos FV y la red eléctrica.

2.1.4 INTERCONEXIÓN CON LA RED ELÉCTRICA.

El servicio de electricidad en el inmueble se da a través de un circuito trifásico de cuatro hilos con neutro a tierra, a un voltaje de 220 VCA y 60 Hz. El SFVI se encuentra conectado en paralelo con las barras principales del centro de carga del inmueble mediante un interruptor termo magnético de tres polos.

2.1.5 MEDICIÓN DE ENERGÍA

La instalación se encuentra habilitada en su comedia eléctrica con un kilowattorimetro bidireccional para medición neta de energía. El equipo fue suministrada e instalado por el proveedor del servicio eléctrico para efectos de facturación de la energía consumida en el inmueble.

2.1.6 MONITOREO DE VARIABLES

Para caracterizar el desempeño operacional del SFVI, este se encuentra instrumentado para medir tanto las variables climatológicas (i, e., temperaturas e irradiación), como las variables eléctricas en los diferentes subsistemas (i.e. voltaje, corriente y potencia). La tabla 1 en lista las variables monitoreadas 461 en el sistema y la exactitud de los transductores utilizados para tal propósito.

La instrumentación del sistema se realizó conforme a la normatividad internacional existente para este propósito. La medición de cada variable se realiza mediante transductor conectados en un sistema de adquisición de datos (SAD). Los datos

almacenados en el SAD para cada variable, corresponden al valor promedio de 10 minutos de valores adquiridos cada 10 segundos.

TABLA 2.1.- VARIABLES MONITOREADAS EN EL SFVI

ID	VARIABLE	UNIDAD	EXACTITUD
CLIMATOLOGICAS			
1	Irradiación solar en los planos de los paneles	W/m ²	± 3 %
2	Irradiación solar en el plano horizontal	W/m ²	± 3%
ARREGLOS FOTOVOLTAICOS			
3,4	Voltaje arreglos fotovoltaicos 1y2	VCD	± 0.5%
5,6	Corriente de salida de arreglo FV 1 y 2	ACD	± 0.5 %
7, 8	Potencias de salida de arreglo FV1 y 2	W	Calculo
9	Temperatura del arreglo FV1	°C	± 0.5 °C
INVERSORES			
10-12	Potencias reales de salidas de los inversores L1,L2 y L3	W	±0.5%
13-15	Potencias reactivas de salida de los inversores L1,L2 y L3	VAR	±0.5 %
RED ELÉCTRICA			
16-18	Potencias reales entregadas a al red: L1,L2 y L3	W	± 0.5 %
19-21	Potencias reactivas entregadas a al red: L1,L2 y L3	VAR	± 0.5 %
22-24	Potencias reales consumidas de la red: L1,L2 y L3	W	±0.5 %
25-27	Potencias reactivas consumidas de la red: L1,L2 y L3	VAR	± 0.5 %
28	Voltaje fase A	VCA	± 0.5 %
29	Voltaje fase B	VCA	± 0.5 %
30	Voltaje fase C	VCA	± 0.5 %

2.1.7 RESULTADOS OPERACIONALES.

Las características particulares, y los resultados globales que caracterizan el comportamiento operacional del sistema fotovoltaico en el inmueble en el periodo comprendido entre junio de 2006 y mayo de 2007, son los mostrados en la tabla 2.

Los valores de cada uno de los índices en la tabla corresponden a valores promedio o acumulados (según sea el caso), todos ellos obtenidos en una base anual.

TABLA 2.2 .- RESUMEN DE RESULTADOS OPERACIONALES DE LA SVFI

Datos del generador fotovoltaico	
Potencia nominal (kWp)	30.6
Área de l generador (m ²)	263
Tipo de módulos	Si _c
Ángulos de inclinación del arreglo	19 °
Azimut	0°
Datos del inverso (2)	
Potencia nominal (kW)	15
Voltaje de entrada (VCD)	408-521
Datos climatológicos	
Irradiación en el plano del arreglo (kWh/m ² ,año)	1733
Irradiación diaria promedio (kWh/m ² -dia)	4.7
Irradiación total (p. arreglo) kWh/año	456603
Temperatura ambiental promedio (°C)	17.8
Temperatura de módulos promedio (°C)	21.9
Balances de energía	
Energía producida por el arreglos FV (kWh/año)	35,818
Energía entregada por el sistema (kWh/año)	29,734
Energía entregada a CFE (kWh/año)	7,111
Energía consumida de CFE (kWh/año)	95124
Potencia máxima registrada	
Potencia máxima de salida	23.6
Día	288
Hora	11:40
Irradiación W/m ²	1,077
Temperatura ambiente (°C)	20.7
Temperatura de los módulos (°C)	45.0

2.1.8 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

La figura 2.2 muestra el comportamiento mensual de la irradiación incidente sobre la superficie del generador FV y la temperatura promedio de la operación de módulos, así como la temperatura ambiente promedio en el sitio, durante el periodo reportado.

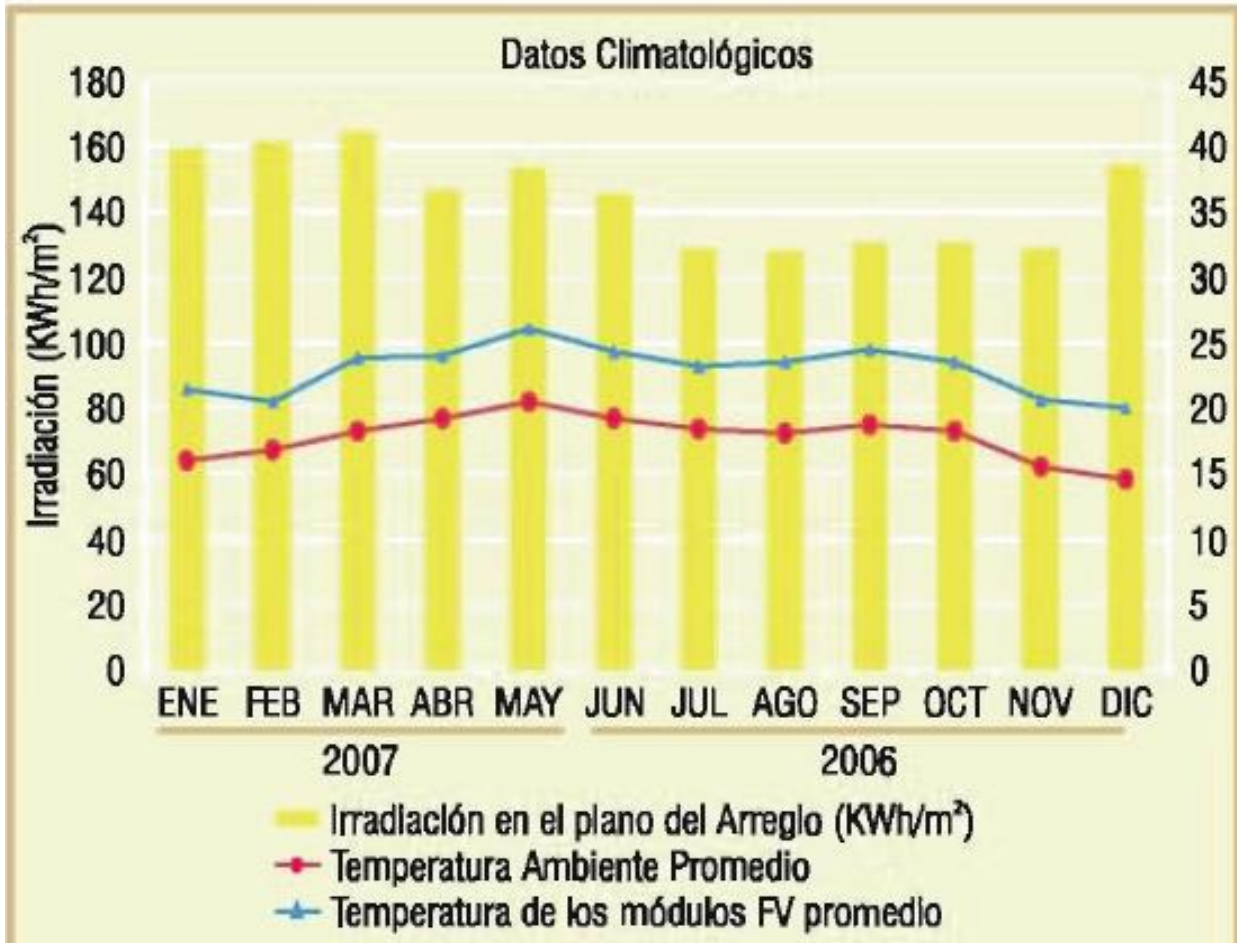


Figura 2.2

Como se puede mostrar el gráfico de la figura 2.2, existe una marcada correlación entre los valores promedio de la temperatura de operación de los módulos FV y la temperatura ambiente; el incremento de temperatura entre los valores promedio fue de a aproximadamente 5 °C . En el caso de la temperatura ambiente, los valores registrados en el periodo (menores que 20 °C) impactan favorablemente en el desempeño operacional de los módulos FV con su cercanía a las condiciones estándar (STC) en las que el fabricante establece la potencia pico de los mismos.

Con relación con la irradiación captada en el plano de arreglo FV (1,733 kWh/m².año), el 63.8 % de esta se captó con valores de irradiación entre 550 y 900 W/m². el valor mensual máximo de irradiación se registró en marzo (164.3 kWh/m².mes).

2.1.9 INTERACCIÓN DEL SFVI CON LA RED ELÉCTRICA

De acuerdo con la información contenida en la tabla 2.2, un alto porcentaje (76 %) de la producción final del SFVI (29734 kWh/año) es utilizado directamente por las cargas del edificio por el momento de la generación; y solamente 24 % de esta producción es vertido al red eléctrica (7,111 kWh/año).

Así mismo, 31.2 % de l total de la energía requerida en el edificio durante el periodo fue proporcionada por el SFVI . Solo se compro a la CLyFC 68.7 % de la energía utilizada con base en los anterior y dado el esquema de medición neta que se tiene en el inmueble, el ahorro económico anual que se obtuvo en la facturación de servicio de energía proveniente de la red es proporcional 31.2 % , puesto que la energía limpia generada sustituyo energía normalmente tomada de la red. La tarifa en la cual se factura el servicio de electricidad proporcionado por la compañía de luz y fuerza de l centro (CL&FC), es la tarifa 2, que corresponde a servicios para uso comercial en baja tensión. Con relación al patrón típico de demanda de electricidad de inmueble, y el impacto sobre este tiene la generación fotovoltaica, el grafico de la figura 5 muestra como se modifica el primero por efecto de la generación fotovoltaica local; para este mes en particular, se puede observar con el sistema fotovoltaico, durante el periódico comprometido entre las 11:30 y las 14:45 horas, además de cubrir completamente demanda de las cargas en el inmueble aporta electricidad a la red eléctrica.

La carga instalada en el edificio esta constituida básicamente por equipo trifásico de refrigeración, línea blanca, equipo de computo e iluminación. El consumo eléctrico promedio diario de la carga del inmueble es de 260.6 kWh/dia.

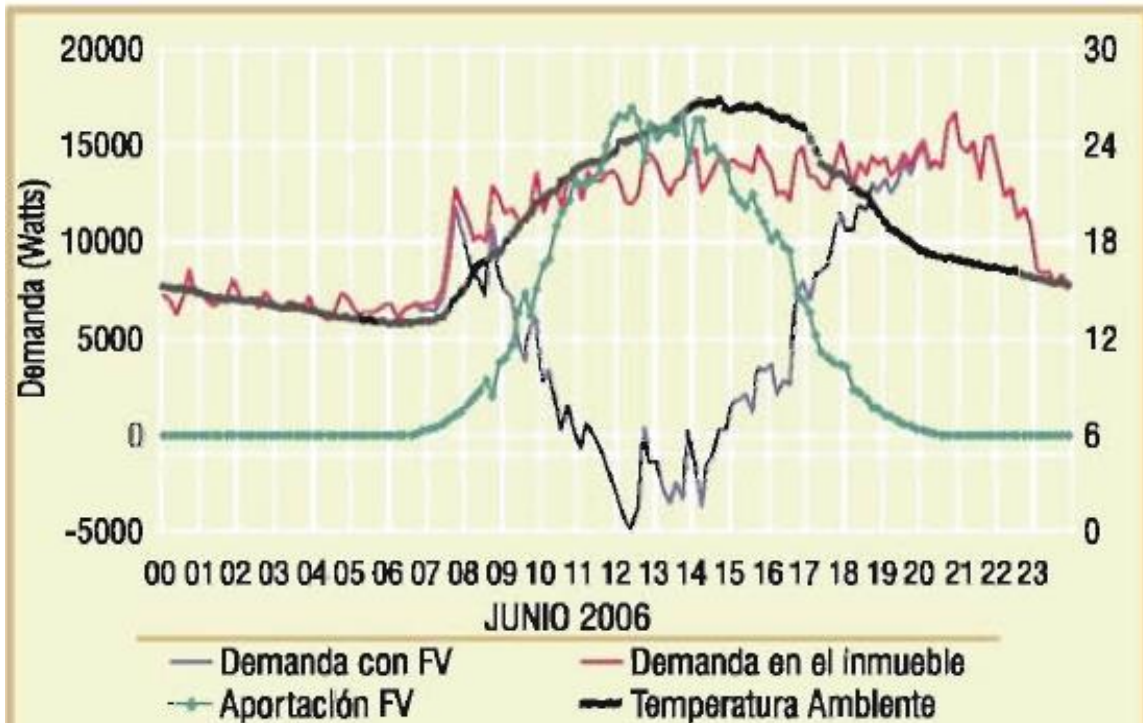


Figura 2.3

Del conjunto de resultados en la tabla 2.2, los dos índices que ameritan un análisis más puntual por el bajo valor reportado respecto a los valores esperados, son los correspondiente a la eficiencia del sistema de acondicionamiento de potencia (82.9 %) y a la eficiencia del generador fotovoltaico (8.1 %). El valor de estos índices repercute directamente en la producción final de electricidad del SFVI, y por ende en la relación de desempeño y el factor de planta obtenido para este.

La hoja de especificaciones técnicas del fabricante de los inversores usados establece una eficiencia arriba de 1 90 % así mismo, la eficiencia promedio anual del generador fotovoltaico (8.1%) es un valor sustantivamente bajo para módulos FV de silicio cristalino, sobre todo considerando que la temperatura de operación de estos registro condiciones favorables durante el periodo.

2.1.10 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La máxima producción de electricidad del sistema se registra en el mes de marzo (3,147 kwh/mes) y la mínima en el mes de octubre (1,966 kwh/mes); para una producción final anual del SFVI de 29,734 kwh/año. Esta producción final anual del sistema refleja un valor normalizado de producción de la planta de 972 kwh / kWp año. A nivel mensual, la figura 2.4 muestra la producción de electricidad del generador fotovoltaico y la producción final del SFVI, así como la eficiencia del sistema de acondicionamiento de potencia en su conjunto (inversores-transformadores de acoplamiento).

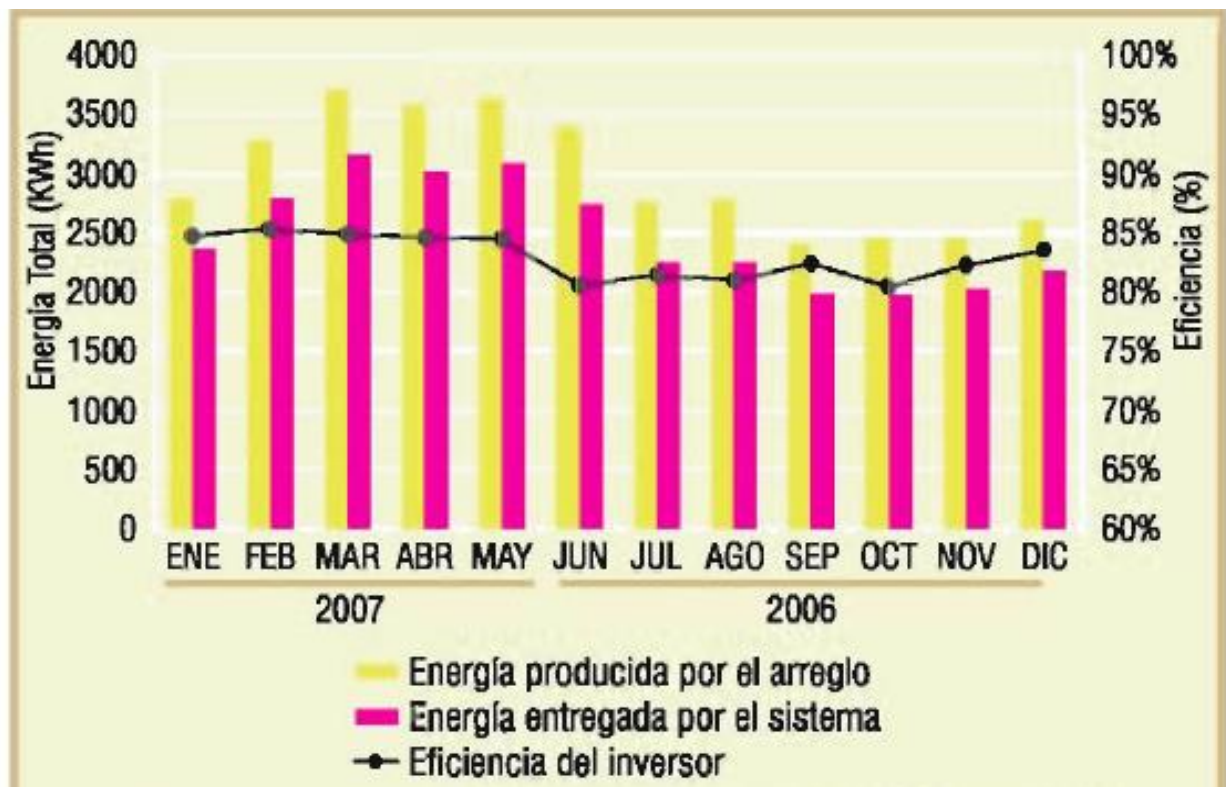


Figura 2.4

Durante la operación normal del sistema en el sitio se observó que el sistema de acondicionamiento de potencia (inversores-transformadores de acoplamiento), el cual permanece conectado al circuito eléctrico al término del ciclo de insolación diario (noche), registra un consumo promedio de 174 kwh/mes, (2,083 kwh/año), equivalente a 7% de la producción final entregada por el SFVI.

La figura 2.5 muestra, al nivel mensual, la producción final de electricidad del SFVI y el consumo eléctrico registrado por el mismo durante la noche (energía demandada de la red), así como el nivel de irradiación mensual incidente en el generador FV. Como se puede observar en el gráfico de la figura 2.3 , la magnitud de consumo eléctrico demandado de la red por el sistema de acondicionamiento de potencia (inversores-transformadores de acoplamiento), tiene un comportamiento cuasi-constante, independientemente del nivel de irradiación y de la producción de electricidad del SFVI.

Este autoconsumo de electricidad del sistema fotovoltaico en condiciones de “espera” (durante la noche) representa pérdidas en su producción final de electricidad, de manera que disminuyen 6.5 % tanto el valor de la relación de desempeño (3.9 puntos porcentuales) con el factor de planta (0.8 puntos porcentuales). La eliminación de estas pérdidas nocturnas incrementaría en 5.8 puntos porcentuales la eficiencia global del sistema de acondicionamiento de potencia (de 82.9 a 88.7 %).

En conjunción con las pérdidas nocturnas en el sistema de acondicionamiento de potencia, se identifico también un problema sombreado sobre la superficie del generador fotovoltaico.

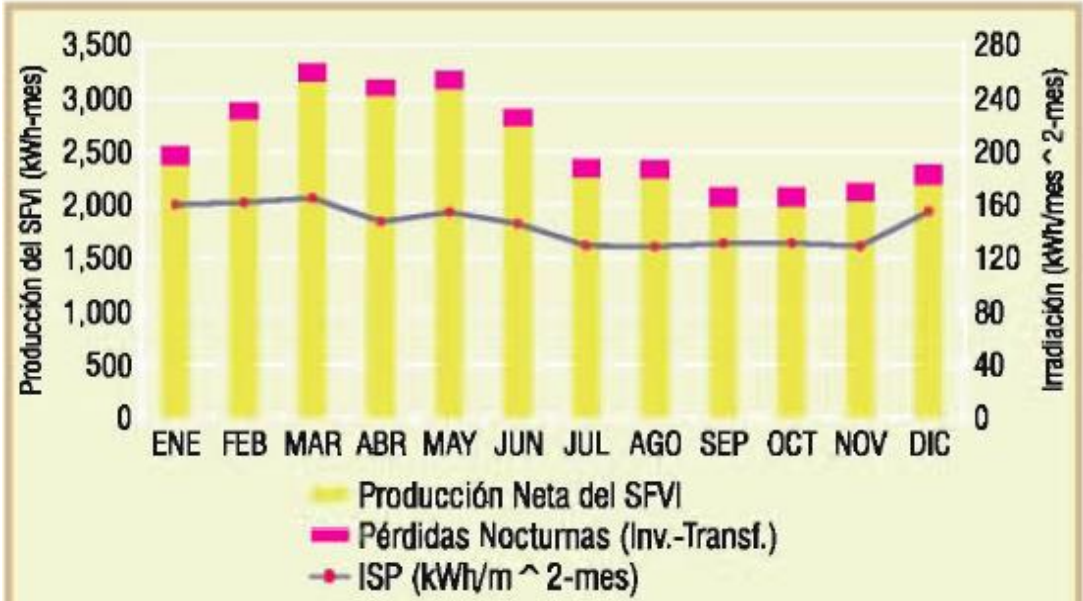


Figura 2.5

El generador fotovoltaico tiene instalado en su perímetro un barandal con el propósito de proporcionar condiciones físicas al personal de mantenimiento. Este barandal a pesar de las características esbeltas de sus pasamanos, barrotes y largueros; origina que la superficie de los módulos adyacentes a la sección localizada en la cara sur del inmueble, se produzca un sombreado a todo lo largo de esta, sombreado que se agrava durante los meses de otoño-invierno cuando el ángulo del vector solar se reduce (ver figura 2.6); esta condición de sombreado impacta negativamente en la eficiencia global de GFV.

El sombreado entre secciones, menos relevante por la separación existente entre ellas (1.2 m), aunque evidentemente también impacta en la eficiencia global GFV ocurre únicamente durante un periodo corto comprendido entre finales de otoño y principios de invierno.

El grafico de la figura 2.7 muestra los valores mensuales de eficiencia obtenido en el GFV, así como su correlación con los niveles de irradiación registrados.

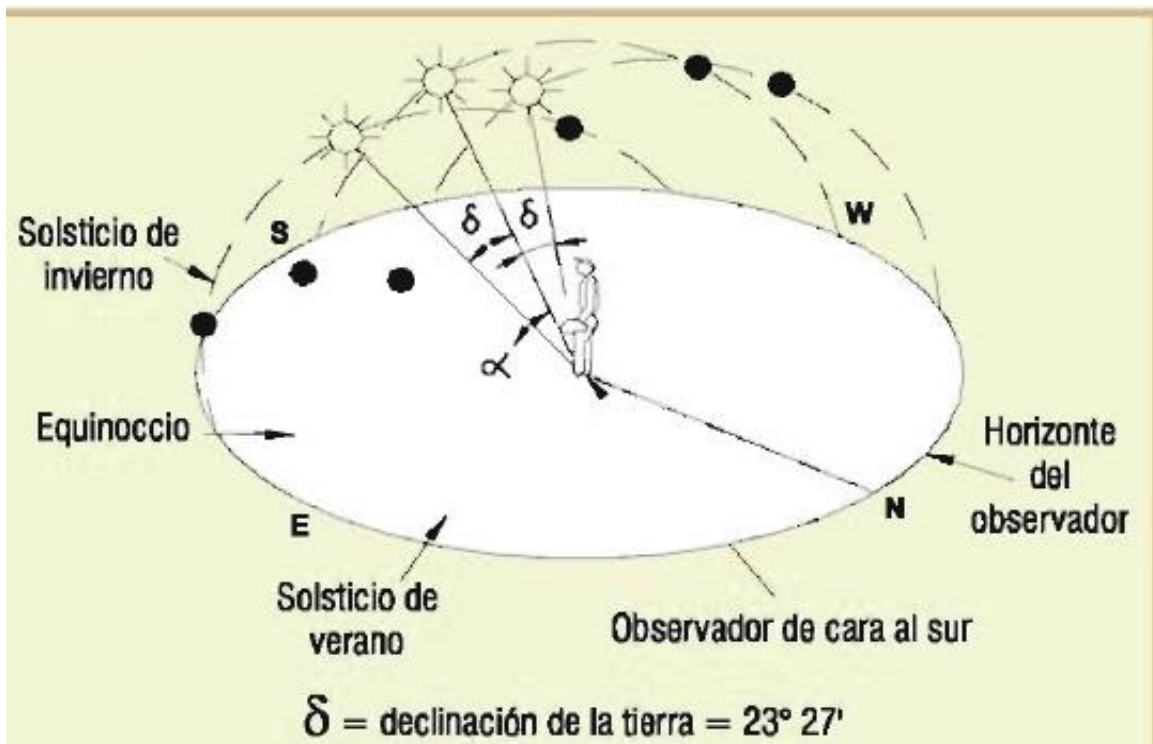


Figura 2.6

Nótese que el valor más alto de eficiencia se alcanza en el mes abril, cuando por el ángulos de inclinación de las superficie del arreglo FV en la dirección sur (19°), el vector solar es cuasi-perpendicular al plano de esta y la sombra originada por el barandal del inmueble es mínima. El valor más bajo de eficiencia se registran en los meses de diciembre y enero, a pesar de que el valor de la irradiación es significativamente más alto que el de los 5 meses anteriores y similar al registrado en febrero y marzo; este comportamiento de la eficiencia del GFV es producto del sombreado sobre la superficie de los módulos cuando el ángulo del vector solar se reduce en por la época del año y la sombra del barandal proyectada sobre la superficie del arreglo se incrementa.

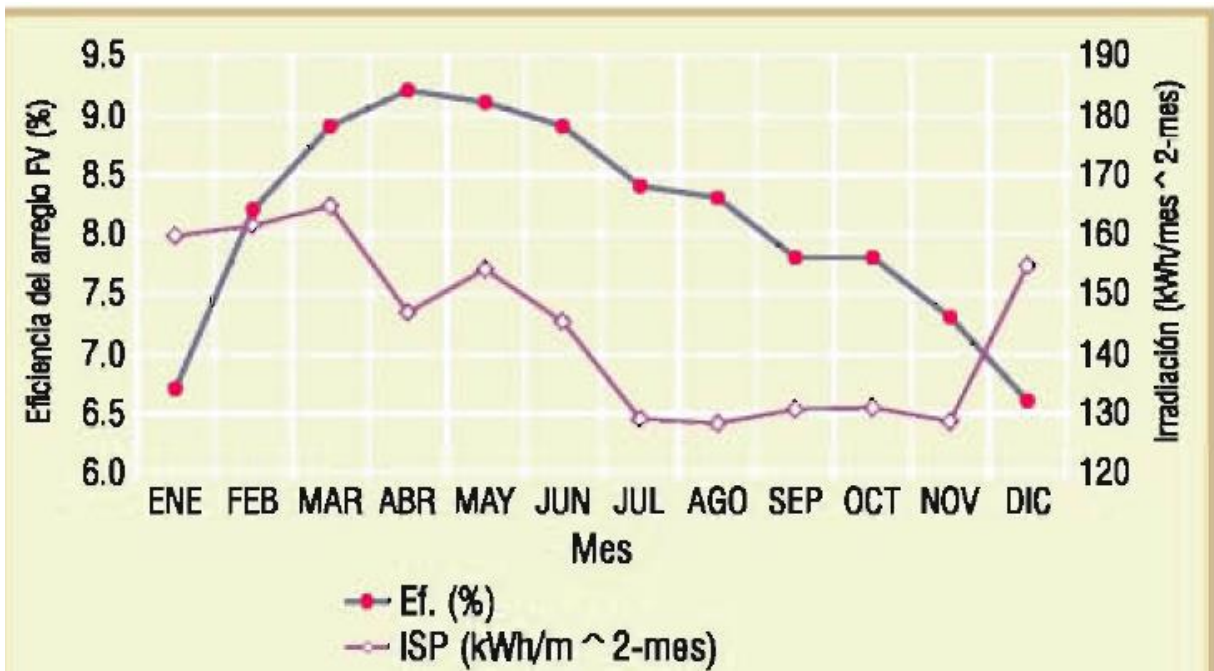


Figura 2.7

Esta condición de sombreado sobre la superficie del generador fotovoltaico afecta en aproximadamente 1.5 puntos porcentuales la eficiencia global anual de este.

Este decremento en la eficiencia global del GFV representa una reducción de 18 % de la producción final de electricidad del sistema fotovoltaico. La eliminación de esta condición de sombreado incrementaría en aproximadamente 19 puntos porcentuales

la relación de desempeño obtenida para el periodo, y en dos puntos porcentuales el factor de la planta.

En términos generales, el desempeño operacional del SFVI en el inmueble durante el periodo de análisis reporta un comportamiento bastante aceptable, sin embargo, se estima que este se puede mejorar sustancialmente mediante la reducción o la eliminación de los efectos negativos que tienen sobre el desempeño global del sistema: tanto el consumo eléctrico nocturno del SFVI cuando este se pasa a la condición de “espera” por la terminación del ciclo solar, como por la condición de sombreado sobre la superficie del generador FV originada por las protecciones en el perímetro de este. Las acciones específicas a implementar para mitigar o eliminar estos efectos, necesariamente tendrían que ser producto de un estudio más detallado y puntual de los dos problemas identificados, lo cual va más allá del propósito de este artículo.

Sin embargo, con la finalidad de mostrar el impacto económico que la implementación de estas mejoras tendrían en el sistema, es importante señalar que la potencial eliminación del consumo eléctrico que demanda el SFVI durante la noche, en conjunción con la eliminación del problema de sombreado sobre la superficie de los módulos FV; operativamente representa, en términos globales, un aumento.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN BASADO EN LÁMPARAS LEDS.

En el mercado existen múltiples sistemas iluminación, pero los más relevantes con los que el LED debe competir en sistemas de iluminación artificial son los halógenos y los fluorescentes. El LED es un producto relativamente novedoso y desconocido en este campo, frente a otros que llevan años en el mercado. Por tal motivo se ha realizado esta comparativa con sus oponentes más directos (halógeno y fluorescente), con el fin de poder evaluar más fácilmente sus características y entender así el porque se va a convertir sin duda ninguna en el sistema más utilizado en el futuro.

2.2.1.1 VENTAJAS DEL LED:

Bajo consumo: Una lámpara LED se alimenta a baja tensión, consumiendo así poca potencia.

Ejemplo: Una lámpara halógena de 50W de potencia ilumina 25 lumens/W consiguiendo un total de 1250 lumens. Para conseguir la misma iluminación con una lámpara de LEDs vamos a necesitar 179 LEDs (utilizando LEDs de alta luminosidad que iluminan 7 lumens/unidad), de esta forma tendremos la misma iluminación con ambas lámparas pero sin embargo nuestro consumo con la lámpara de LEDs va ser 4 veces menor, ya que sólo consumirá 13W. (*Datos aproximados).

Baja temperatura: El LED se alimenta a baja tensión, consumiendo así poca energía y por lo tanto emitiendo poco calor. Esto es debido a que el LED es un dispositivo que opera a baja temperatura en relación con la luminosidad que proporciona. Los demás sistemas de iluminación en igualdad de condiciones de luminosidad que el LED emiten mucho más calor.

Mayor rapidez de respuesta: El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que el halógeno y el fluorescente, del orden de algunos microsegundos.

Luz más brillante: En las mismas condiciones de luminosidad que sus rivales, la luz que emite el LED es mucho más nítida y brillante.

Sin fallos de iluminación: Absorbe las posibles vibraciones a las que pueda estar sometido el equipo sin producir fallos ni variaciones de iluminación. Esto es debido a que el LED carece de filamento luminiscente evitando de esta manera las variaciones de luminosidad del mismo y su posible rotura.

Mayor duración y fiabilidad: La vida de un LED es muy larga en comparación con los demás sistemas de iluminación:

Tabla 2.3

Vida Media	Horas
LED	100.000 h.
Fluorescente	20.000 h.
Halógeno	4.000 h.

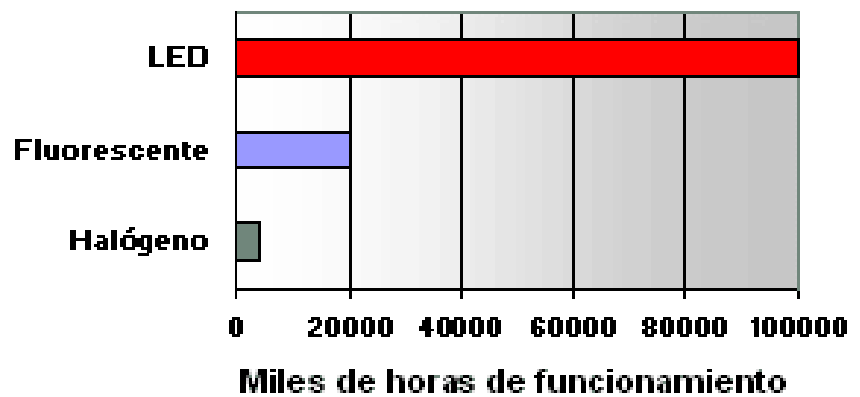


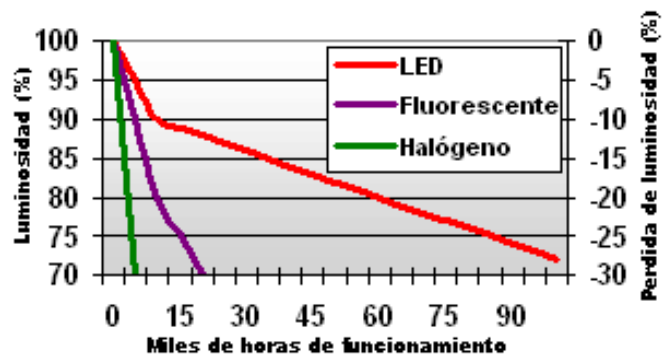
Figura 2.8

Y su fiabilidad es mucho mayor, ya que la degradación de la luz es mínima en relación a la de halógenos y fluorescentes:

Tabla 2.4

Perdida de luminosidad	-20%	-30%
LED	45.000 h.	100.000 h.
Fluorescente	5.000 h.	20.000 h.
Halógeno	1.500 h.	4.000 h.

Figura 2.9



2.1.1.2 DESVENTAJAS DEL LED:

Precio: El mayor inconveniente que tiene el LED sin duda es su precio, pero si evaluamos sus múltiples e inmejorables condiciones de funcionamiento, y sobre todo su larga vida en comparación con los demás sistemas de iluminación, estamos en condiciones de afirmar que es la inversión más sensata, eficaz y rentable que podemos hacer.

2.2.2 ENERGIA SOLAR

La Energía es la capacidad para realizar un trabajo, en el mundo de hoy esta energía es la utilizada para el funcionamiento de maquinas que son parte de nuestra vida diaria para el desarrollo económico de un país y para el bienestar de su población.

Cada día el hombre tiene nuevas y mayores necesidades por tal motivo se necesita mayor energía para realizar diferentes tipos de trabajo, en este caso la energía del movimiento de electrones o energía eléctrica es la utilizada para el funcionamiento de nuestros aparatos que comúnmente se llaman aparatos eléctricos como cada día es mayor el consumo de energía por el crecimiento de la población, grandes ciudades, medicina, etc.

Se esta llegando a la búsqueda de nuevas formas de energía que sean favorables pero que a su vez no contaminante y renovable cuyo nombre se conoce como Energía Alternativa producción de energía no convencional o limpias y renovables, son ventajosas en tanto y cuando se explote un tipo de recurso renovable y a su vez no producirán agentes contaminantes que perjudiquen la salud del medio ambiente y social.

Utiliza la radiación solar con el uso de paneles solares. El sol es la principal fuente de energía, esta energía nos llega a través del espacio en forma de ondas existen muchas formas de energía radiante donde la más visible es la energía luminosa por esta razón estamos más familiarizados con la luz solar que con las otras formas que son invisibles, esta energía radiante se propaga en todas direcciones. Se utiliza en la calefacción de edificios y residencias así como para el suministro de agua caliente,

además existen edificios construidos con techo de vidrio recubiertos en su interior con paneles de metal negro.

La utilización de la energía solar para la producción de la energía eléctrica esta en el inconveniente de que los paneles solares son costosos al igual que un buen sistema de almacenaje de energía, ahora la diferencia esta que esta energía es gratis y muchos se basan en el costo de instalación.

2.2.2.1 VENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR.

Los beneficios de la energía solar a escala comercial van más allá de los beneficios fiscales. La energía solar beneficia la economía mundial, ambiental y socialmente.

2.2.2.2 LAS VENTAJAS ECONÓMICAS DE LA ENERGÍA SOLAR:

Los permisos y la instalación son más rápidos que otras fuentes de energías renovables.

Tiene una curva de energía predecible, y es más eficiente cuando las tarifas de las para-estatales están más altas.

Produce energía de manera local, lo que reduce la necesidad de líneas de transmisión de alto voltaje, en donde se pierde mucha energía.

Es confiable a largo plazo. Sin partes móviles, los sistemas fotovoltaicos fijos duran más que otras fuentes de energía.

2.2.2.3 LAS VENTAJAS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA SOLAR:

Es limpia silenciosa y atractiva a la vista. Las plantas de energía solar no contaminan, no hacen ningún ruido y no se consideran feas.

Se usa muy poca agua para producir la electricidad.

Pueden ser instaladas en prácticamente cualquier parte del mundo, ya que en todos lados hay sol.

2.2.2.3 LAS VENTAJAS SOCIALES DE LA ENERGÍA SOLAR:

Crea energía limpia y renovable que ayudará a la salud de las futuras generaciones.

Se crean buenos y nuevos trabajos que ayudan a la economía. De hecho la energía solar crea más trabajo por megawatt que cualquier otra fuente de energía.

Energía solar, sistemas fotovoltaicos, energías renovables, plantas de energía solar.

Se elimina la dependencia de energía, ya que se puede producir localmente

2.2.2.4 LA ENERGÍA SOLAR EN LA ACTUALIDAD.

La energía solar funciona de muchas maneras, una de ellas es mediante los paneles solares de tipo fotovoltaicos, éstos se encargan de captar los rayos del sol con el objetivo de transformarlos mediante un proceso muy tecnológico en electricidad.

De esta forma se pueden cubrir todas las necesidades básicas que un hogar posee, hasta incluso, en muchos países el uso de la energía solar se comercializa de forma muy rentable.

Las viviendas que se alimentan de la energía solar y poseen paneles fotovoltaicos, utilizan la energía térmica obtenida de ellos con el fin de calentar agua, permitiendo así un gran ahorro de energía.

Con los avances tecnológicos y los procesos de investigación constantes la producción de paneles solares ha mejorado así como la explotación de energía solar, dándole la posibilidad a cualquier consumidor de convertirse tanto en usuario como inversor. La utilización de los paneles fotovoltaicos en viviendas unifamiliares tiene ventajas y desventajas, con respecto a las primeras, podemos decir que se ahorra un gran consumo de energía lo que hace que las facturas que abonemos a fin de mes sean mucho más bajas.

Pero como principal desventaja, los paneles fotovoltaicos necesitan de una gran obra de instalación e inversión, la única ventaja aquí es que el costo se amortiza con el transcurso de los años y su mantenimiento es casi nulo.

2.2.3 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA.

2.2.3.1 EL WATT-HORA.

Cuando la potencia que se disipa en una carga se calcula en términos del tiempo, se puede determinar la cantidad de energía consumida por la carga. Si se entrega un Watt durante 1 segundo, la energía consumida en este tiempo es igual a un Joule. Por lo tanto al Joule también se le llama Watt-segundo. En los cálculos de potencia eléctrica, también se utilizan el Watt-Hora o el Kilowatt-Hora, ya que con frecuencia son unidades más convenientes que el Watt-Segundo. Un Kilowatt-Hora representa 1000 Watts entregados durante una hora.

2.2.3.2 OBSERVACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LAS LÁMPARAS LED.

Se realizó una observación en distintas lámparas LED para determinar su consumo eléctrico. Los resultados obtenidos y la información facilitada por los fabricantes sirvieron para corroborar que para el cálculo del consumo eléctrico, es fuente confiable guiarse por el consumo propio que contiene cada lámpara y que viene señalado en cada una de estas.

Así, finalmente, el procedimiento a seguir para el cálculo del consumo eléctrico de las lámparas a utilizar, será el descrito a continuación, en donde los valores usados para el consumo eléctrico de cada artefacto, será el que indica el fabricante en la placa del producto o en su ficha técnica, y en el caso de haber consumos variables, se utilizará un valor estimativo que puede ser el promedio entre el consumo mayor y el menor de dicho artefacto.

2.2.3.3 VOLTAJE DE TRABAJO.

El sistema completo, desde los módulos fotovoltaicos incluyendo las baterías, tendrá un voltaje de trabajo de 12 Volts de CD. Generalmente los SFV trabajan a 12Volts,

24Volts, 36Volts ó 48Volts. Esta denominación es independiente del hecho que los módulos fotovoltaicos funcionarán con un voltaje levemente mayor, para poder cargar las baterías.

2.2.3.4 DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS.

El siguiente paso es separar las lámparas consumidoras de electricidad según el tipo de corriente con que funcionan, para esto se hará una división entre equipos de la siguiente manera:

- a) Lámparas que funcionan con Corriente Continua (CC).
- b) Lámparas que funcionan a 110 Volts/60 Hz en Corriente Alterna (CA).

2.2.3.4.1 EQUIPOS QUE FUNCIONAN CON CORRIENTE CONTINUA.

Para determinar el consumo total de las lámparas que funcionan en Corriente Continua (CC), se deberá completar los datos de la Tabla 4.1, en donde en la segunda columna: “Consumidor, Descripción” debe ir el nombre y una descripción de la lámpara LED. En la tercera columna: “Cantidad” (A) deberán ir la(s) cantidad(es) de artefacto(s) de este tipo que se contemplan en la instalación. En la cuarta columna: “Potencia en Watts” (B), deberá ir la Potencia propia del equipo en cuestión. En la quinta columna: “Horas de Servicio Promedio / Día” (C), deberá ir el número de horas (en promedio) que se espera tener el artefacto funcionando durante un día. Finalmente en la última columna: “Consumo en Watt-hora/Día” se deberá anotar el resultado de la multiplicación de: $A \times B \times C$, con lo que sumando todos los valores de esta última columna se obtendrá el Consumo total de equipos en Corriente Continua en Watt-Hora por Día.

Tabla 2.5 .- Lámparas que funcionan con corriente continua (CC)

No.	Consumidor/ descripción	A	B	C	AxBxC
		Cantidad	Potencia (Watt)	Horas de servicio	Consumo en Watt/hora día
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Consumo total de Corriente Continua					
Watt/hora por día (AxBxC)					

Para obtener el Consumo Total de los equipos en corriente continua (CC) en Ampere-Hora (Ah), este valor obtenido, se divide por el valor del voltaje al cual se trabaja (Vtr). El valor del Voltaje de trabajo, puede ser 12Volts, 24Volts, 36Volts, 48Volts, etc. Este es el valor del voltaje que poseen los equipos.

$$\text{Carga Diaria (C}_{cc}\text{)} = \frac{\text{Energía}}{V_{tr}} = \frac{\text{Potencia}}{V_{tr}} * \text{Horas de servicio Prom./Día}$$

En donde:

- Potencia = A x B = Cantidad de Lámparas x Potencia de la lámpara.
- Horas de Servicio Prom. / Día = C

Por lo que:

- A x B x C = Entrega el consumo en Watt-Hora / Día y,
- $\frac{A \times B \times C}{V_{tr}}$ = Entrega el consumo en Ampere-Hora/Día.

Así, al Total del consumo de equipos en Corriente Continua (CC) en Ampere-Hora, lo llamaremos: C_{cc}

2.2.3.4.2 LÁMPARAS QUE FUNCIONAN A 110 VOLTS/60 HZ EN CORRIENTE ALTERNA.

Para determinar el consumo total de lámparas que funcionan a 110 Volts, se deberá completar los datos de la Tabla 4.2, en donde se procederá de manera análoga a lo señalado en el punto 4.4.1 (Equipos que funcionan con Corriente Continua).

Tabla 2.6.- Lámparas que funcionan a 110 Volt con corriente alterna (CA)

No.	Consumidor/ descripción	A	B	C	AxBxC
		Cantidad	Potencia (Watt)	Horas de servicio	Consumo en Watt/hora día
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Consumo total de 110 Volts de Corriente Alterna					
Watt/hora por día (AxBxC)					

Para obtener el Consumo Total de los equipos en corriente alterna (CA) en Ampere-Hora (Ah), este valor obtenido, se divide por el valor del voltaje al cual se trabaja (Vtr). (El voltaje en que trabaja la fuente de generación (Módulos Fotovoltaicos, que como ya se mencionó anteriormente puede ser de 12volts, 24Volts, etc.).

$$\text{Carga Diaria (CA)} = \frac{\text{Consumo total de lámparas de 110 VCA}}{V_{tr} \times n} = C_{CA}$$

En donde:

n = rendimiento del Inversor.

Así, al Total del consumo de equipos en Corriente Alterna en Ampere-Hora, lo llamaremos: C_{CA} .

Con los datos obtenidos se obtendrá la Carga Diaria aproximada que demandaremos en la vivienda, a la que llamaremos: CD (Ah)

$$CD = C_{CC} + C_{CA}$$

Una vez calculada la carga diaria CD (Ah) demandada, se impondrá que la carga que entreguen los módulos fotovoltaicos que se instalen CG, debe ser capaz de entregar la carga diaria demandada CD.

2.2.3.5 DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR DE UN LUGAR.

El sol emite constantemente enormes cantidades de energía; una fracción de ésta alcanza la tierra. Sin embargo, no toda la energía proveniente del sol puede ser utilizada de manera efectiva. Parte de la luz solar es absorbida en la atmósfera terrestre o, reflejada nuevamente al espacio.

Podemos definir los siguientes conceptos básicos:

- Radiación Directa: Es la radiación solar recibida del sol que haya sido difractada por la atmósfera.
- Radiación Difusa: Es la Radiación solar recibida del sol después que su dirección ha sido cambiada debido a los procesos de reflexión y refracción que ocurren en la atmósfera.
- Radiación Total: Es la suma de las radiaciones directa y la difusa que inciden sobre una superficie.

$$\text{Radiación Total} = \text{Radiación Directa} + \text{Radiación Difusa.}$$

2.2.3.6.- HORAS DE SOL EQUIVALENTE.

La intensidad de la luz solar que alcanza nuestro planeta varía según el momento del día y del año, el lugar y las condiciones climáticas. La energía total registrada sobre una base diaria o anual se denomina “radiación” e indica la intensidad de dicha luz. La radiación se expresa en Wh/m² por día o, también, en kWh/m² por día.

Con el fin de simplificar los cálculos realizados basándose en la información de radiación, la energía solar se expresa en equivalentes a horas de luz solar plena. La luz solar plena registra una potencia de unos 1,000 W/m²; por lo tanto, una hora de luz solar plena equivale a 1 kWh/m² de energía, es también denominada “HORA DE SOL EQUIVALENTE”, “HORA DE SOL PICO” u “HORA DE SOL PUNTA”.

La luz solar plena registra una potencia de unos 1000 W/m². Esta luz, cayendo en perpendicular sobre una superficie de 1 m² durante una hora, equivale a una energía de 1000 Wh ó 1 kWh (Energía = Potencia multiplicada por tiempo. (E = P x t)). Del mismo modo, una radiación diaria promedio de 5 kWh/m²/día corresponderá a 5 horas de luz solar plena al día.

Para entender este concepto se dan a continuación las definiciones de Irradiación e Insolación:

Irradiancia: Potencia solar medida en Watts por metro cuadrado (W/ m²)

Parámetro clave para entender o probar el rendimiento sistemas fotovoltaicos en un momento dado.

Insolación: Energía solar medida en Watts-hora por metro cuadrado (Wh/ m²)

Parámetro clave para diseñar sistemas fotovoltaicos o entender su desempeño promedio.

$1000 \text{ Wh/m}^2 = 1 \text{ kWh/m}^2 = 1 \text{ Hora Solar Punta (HSP)}$

Como se señalaba anteriormente, para el cálculo de la energía entregada por un panel solar, y facilitar el cálculo, se deberá transformar esta información de la Insolación de un día, en “HORAS DE SOL EQUIVALENTE”, donde se toma el valor entregado por la Insolación, y al dividirlo por el valor de $1000 \text{ Watt.Hora / m}^2$ nos entrega el valor de estas “Horas de Sol Equivalente”.

2.2.3.6.1.- POTENCIA PUNTA.

Al ser expuesta a la luz, una celda solar produce electricidad. Dependiendo de la intensidad de la luz (la radiación en W/m^2), una celda solar produce mayor o menor cantidad de electricidad: la luz solar plena es preferible a la sombra y, a su vez, la sombra es mejor que la luz eléctrica. Para hacer una comparación entre diferentes celdas y paneles solares es necesario conocer la llamada “potencia nominal” de los mismos. La potencia nominal, expresada en Watts Punta o Wp (Watts Peak), es una medida que indica cuánta energía puede producir dicho panel solar bajo condiciones óptimas de operación.

Para determinar y comparar la potencia nominal de los paneles solares, se mide su salida bajo condiciones estándar de prueba (STC). Estas son:

- Una radiación de 1000 W/m^2 .
- Un espectro solar de referencia de AM 1,5 (que define el tipo y color de la luz)
- Una temperatura de celda de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (la eficiencia de un panel solar disminuye significativamente cuando la temperatura de la celda aumenta).

2.2.3.7 PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

2.2.3.7.1.- CONCEPTOS BÁSICOS.

Para poder seleccionar los Módulos Fotovoltaicos, debemos primero entender que es un Módulo Fotovoltaico, y para esto definiremos conceptos básicos:

2.2.3.7.2 - LA CELDA FOTOVOLTAICA.

La palabra fotovoltaico(a) está formada por la combinación de dos palabras de origen griego: Foto, que significa luz, y voltaico que significa eléctrico. El nombre resume la acción de estas celdas: transformar, directamente, la energía luminosa en energía eléctrica.

El voltaje de una celda fotovoltaica (Celda FV) es de corriente continua (CC). Por lo tanto, hay un lado que es positivo y otro negativo.

Las celdas Fotovoltaicas que se ofrecen en el mercado actual utilizan dos tipos de materiales semiconductores. Uno tiene una estructura cristalina uniforme, el otro una estructura policristalina. El tipo cristalino requiere un elaborado proceso de manufactura, que insume enormes cantidades de energía eléctrica, incrementando substancialmente el costo del material semiconductor (generalmente Silicio). Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad oscila entre un 9% y un 12%.

La versión policristalina se obtiene fundiendo el material semiconductor, el que es vertido en moldes rectangulares. Su estructura cristalina no es uniforme, de ahí el nombre de poli (muchos) y cristalino (cristales). Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es algo menor a las de silicio Monocristalino.

Los dos tipos pueden ser identificados a simple vista, ya que la estructura cristalina provee una superficie de brillo uniforme, mientras que la policristalina muestra zonas de brillo diferente.

Las celdas Fotovoltaicas que utilizan semiconductores cristalinos tienen una eficiencia mayor a las que utilizan el semiconductor policristalino, pero los procesos de fabricación que usan materiales semiconductores no-cristalinos (policristalinos o amorfos) prometen ser la solución más económica en el futuro. La competencia entre tecnologías genera nuevos métodos de fabricación a menores costos.

De no ser tratada, la superficie del material semiconductor que está expuesta a la luz incidente tiende a reflejar una porción de la misma, disminuyendo la cantidad de energía luminosa que puede llegar al par semiconductor. Para evitar esta pérdida, el fabricante deposita una finísima capa de material antirreflectante.

2.2.3.7.3.- MÓDULO FOTOVOLTAICOS.

El módulo fotovoltaico está compuesto por celdas individuales conectadas en serie. Este tipo de conexión permite adicionar tensiones (voltajes). La tensión nominal del módulo será igual al producto del número de celdas que lo componen por la tensión de cada celda (aprox. 0,5 Volts). Generalmente se producen módulos formados por 30, 32, 33 y 36 celdas en serie, según la aplicación requerida.

Se busca otorgarle al módulo, rigidez en su estructura, aislación eléctrica y resistencia a los agentes climáticos. Por esto, las celdas conectadas en serie son encapsuladas en un plástico elástico (Etilvinilacetato) que hace las veces de aislante eléctrico, un vidrio templado de bajo contenido de hierro, en la cara que mira al sol, y una lámina plástica multicapa (Poliéster) en la cara posterior. En algunos casos el vidrio es reemplazado por una lámina de material plástico transparente.

El módulo tiene un marco que se compone de aluminio o de poliuretano, y cajas de conexiones a las cuales llegan las terminales positivo y negativo de la serie de celdas. En las borneras de las cajas se conectan los cables que vinculan el módulo al sistema.

2.2.3.7.4.- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS AMORFOS.

Algunos módulos fotovoltaicos no tienen celdas independientes conectadas entre sí, sino una estructura semiconductor que ha sido depositada, en forma continua, sobre una base metálica laminar. Este proceso permite la fabricación de un módulo Fotovoltaico flexible, el que puede adaptarse a superficies que no son completamente planas. La superficie activa de estos paneles no tiene una estructura cristalina, y por ello se la denomina amorfa (a = sin; morfos = forma). La ausencia de una estructura cristalina aumenta la posibilidad de que una carga libre sea atrapada, lo que se traduce en una menor eficiencia de conversión. Estos módulos adquieren rigidez mecánica mediante el uso de una placa de acero en la parte posterior, un laminado plástico de protección en el frente y un marco metálico de aluminio.

Su eficiencia de conversión varía entre un 5 y un 7%.

Una característica sumamente útil de estos módulos es su comportamiento a altas temperaturas de trabajo, ya que no existe una degradación en la potencia de salida en este tipo de paneles.

2.2.3.8 SISTEMA FOTOVOLTAICO.

2.2.3.8.1 SISTEMA DE GENERACIÓN.

Un sistema Fotovoltaico consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando la energía solar. La carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán

utilizarse en el sistema. La completa definición de la carga debe tener en cuenta tres características que la definen: el tipo, el valor energético y el régimen de uso.

Existen tres tipos de cargas:

- Corriente Continua,
- Corriente Alterna, y
- Mixta (CC y CA).

Cuando la carga tiene aparatos de Corriente Alterna, se necesitará incorporar al sistema un inversor. Este componente transforma el voltaje de Corriente Continua proporcionado por los paneles en un voltaje de Corriente Alterna. Las pérdidas de energía en estos sistemas son mayores que la de los de Corriente Continua.

El valor energético representa el total de energía que consumirá la carga dentro de un período determinado, generalmente un día. Para sistemas pequeños este valor estará dado en Wh/día. Para sistemas de mayor consumo en KWh/día.

El régimen de uso responde a dos características: cuándo se usa la energía generada y la rapidez de su uso. Dependiendo de cuándo se usa la energía, se tendrá un régimen diurno, nocturno o mixto. La rapidez del consumo (energía por unidad de tiempo), determina el valor de la potencia máxima requerida por la carga.

Dentro de los sistemas de generación podemos definir los siguientes tipos:

- Directamente conectados a una carga.
- Sistema módulo batería.
- Sistema fotovoltaico, batería y regulador.
- Sistema Fotovoltaico Mixto.
- Sistema Híbrido.

a) Directamente conectados a una carga:

Es el sistema más simple en el cual el generador fotovoltaico se conecta directamente a la carga, normalmente un motor de corriente continua. Se utiliza fundamentalmente en bombeo de agua. Al no existir baterías ni componentes electrónicos aumenta la confiabilidad pero resulta difícil mantener un rendimiento eficiente a lo largo del día.

b) Sistema módulo batería:

Se puede utilizar un módulo fotovoltaico para reponer simplemente la autodescarga de una batería que se utilice para el arranque de un motor, por ejemplo. Para ello pueden utilizarse los módulos de silicio amorfo o Monocristalino.

Otra importante aplicación en la que el sistema fotovoltaico se conecta en forma directa a la batería es en sistemas de electrificación rural de pequeña potencia.

En estos casos se utilizan generalmente uno o dos módulos de silicio monocristalino de 30 celdas cada uno conectados en paralelo para lograr la potencia deseada.

c) Sistema fotovoltaico, batería y regulador

Es la configuración utilizada con módulos de 33 o 36 celdas en la cual se conecta el generador fotovoltaico a una batería a través de un regulador para que esta no se sobrecargue. Las baterías alimentan cargas en corriente continua.

d) Sistema Fotovoltaico con carga Mixta:

Un sistema Fotovoltaico con carga mixta es aquel que tiene cargas de Corriente Continua y Corriente Alterna. La introducción de cargas de Corriente Alterna en un sistema Fotovoltaico para uso doméstico ocurre, en general, por la inexistencia de un

modelo adecuado para Corriente Continua del aparato requerido por el usuario. Como los modelos ofrecidos son usados, en su mayoría, en vehículos de recreación, el voltaje de trabajo típico es de 12V. Si el voltaje nominal del sistema es mayor que 12V, muchos de ellos no podrán ser usados o se necesitará una línea separada de 12V. Otro factor que determina el uso de aparatos domésticos para Corriente Alterna es la inexistencia de versiones de Corriente Continua de bajo voltaje de aparatos domésticos que han alcanzado un alto grado de aceptación por parte del consumidor. Este grupo comprende las lavadoras y secadoras de ropa, las máquinas de coser y las aspiradoras de pisos, como ejemplos.

Cuando se necesite energía en corriente alterna se deberá incluir un inversor. La potencia generada en el sistema fotovoltaico podrá ser transformada íntegramente en corriente alterna o podrán alimentarse simultáneamente cargas de corriente continua (C.C.) y de corriente alterna (C.A.)

La conversión de Corriente Continua a Corriente Alterna se realiza con una eficiencia que oscila entre el 75% y el 91%. Esto significa que las pérdidas varían entre el 25% y el 9% de la potencia suministrada a la entrada. Los valores porcentuales más elevados corresponden a los modelos que manejan un bajo valor de potencia. Esto se debe a que el consumo del circuito del inversor no crece proporcionalmente con el aumento de la potencia que éste puede manejar.

Porcentualmente, estas pérdidas representan un menor valor cuando la potencia que maneja el inversor se eleva. Modelos de 100 W a 200 W pierden entre 20% y 25%. Modelos de más de 400 W pierden entre el 9% y el 15 %. Dentro del rango de trabajo especificado para la unidad, el porcentaje de pérdida varía con la carga. Por esto se debe observar este detalle al estudiar las especificaciones de la unidad elegida.

e) Sistema Híbrido:

Un sistema Fotovoltaico híbrido es aquel que utiliza otras fuentes de energía (renovables o no) para complementar la acción generadora de los paneles Fotovoltaicos. La composición híbrida del sistema de generación define a este sistema.

2.2.3.9 SELECCIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Ahora que conocemos lo necesario para dimensionar el sistema fotovoltaico, deberemos considerar las siguientes variables:

➤ *Precio de los Módulos:*

Al contrario que con la mayoría de los elementos que debemos adquirir en el mercado para los distintos requerimientos del cliente, el precio en el proceso de selección de los Módulos Fotovoltaicos no es tan predominante, como lo puede ser La “Potencia Punta” del módulo u otros, sino viene participando en el proceso final de selección, cuando ya se ha determinado que tipos de paneles se instalarán, comparando los costos de cada solución.

➤ *Potencia Punta:*

Esta variable afecta en gran medida al proceso de selección de los paneles fotovoltaicos, ya que influye finalmente en la solución óptima. Por ejemplo si hay una muy pequeña demanda eléctrica, el tipo de módulo fotovoltaico que se deberá seleccionar deberá tener un valor de Potencia Punta lo más cercano al valor de la Potencia necesaria para abastecer de electricidad.

➤ *Energía eléctrica que se debe abastecer:*

La cantidad de energía eléctrica nos incide también en el proceso de selección, ya que si la demanda eléctrica es alta, nos convendrá contar con un menor número de módulos fotovoltaicos, pero de mayor potencia, para evitar mayores pérdidas.

➤ *Tipo de célula constituyente:*

Este parámetro queda incluido indirectamente en “Potencia Punta”, ya que el tipo de célula constituyente, (cristalina, policristalina, amorfo) incidirá en el rendimiento del módulo con la consiguiente variación entre un tipo y otro de módulo y en las Potencias Punta de cada uno, con el caso particular del panel amorfo, que podrá ser necesario en un caso muy particular en el que se le debiera dar por algún motivo al panel cierta oblicuidad, cosa que ni el módulo cristalino o el policristalino podrían solucionar de manera tan simple.

➤ *Disponibilidad en el mercado:*

Este factor es de esperar que muy pronto sea menos importante. La disponibilidad de los paneles fotovoltaicos va en aumento, al igual que la mejora en la tecnología, lo que implica un aumento en los rendimientos de potencia generada. Por lo pronto se debe cuidar de tener en cuenta la mayor cantidad de distribuidores en el mercado, y las facilidades que entregan para el transporte hasta el lugar donde se requieren o cual es el punto más cercano de entrega, y los diferentes cargos que puedan aplicar los distribuidores por la localización geográfica en la cual se aplicará.

➤ *Radiación Solar disponible:*

Este parámetro no diferenciará uno de otro modelo fotovoltaico, pero si influirá en la cantidad de módulos fotovoltaicos que se requieren para abastecer el consumo eléctrico. A mayor Radiación Solar disponible, una menor cantidad de módulos

fotovoltaicos será necesaria para obtener una cantidad de energía determinada y viceversa.

➤ *Tamaño (Superficie que ocupan):*

Este factor es muy poco determinante y solo será considerado en el caso de que exista una limitante muy fuerte en cuanto al espacio físico disponible para instalar los paneles fotovoltaicos.

➤ *Voltaje de Trabajo:*

Como se conocen ahora el valor de la energía que debe ser generada como la aportada por el panel, la relación entre ambos valores entrega una indicación del número de paneles requeridos en el sistema. El número exacto de ellos, en algunos diseños, estará determinado por el voltaje de trabajo y la corriente máxima de carga. Estos dos factores pueden dictar una combinación serie o serie-paralelo de los paneles, determinando eventualmente el número a usarse.

2.2.3.10 CANTIDAD DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Con el valor de la energía que debe ser generada y con la aportada por el panel, se tiene una relación entre ambos valores, la que entrega una indicación del número de paneles requeridos en el sistema. El otro factor que determina el número de módulos es la diferencia entre los voltajes de los artefactos que consumen la energía y el sistema de generación.

Para alcanzar los requerimientos del sistema tanto en carga como en voltaje, se debe tener en cuenta que las conexiones en serie suman las tensiones (voltajes) y las conexiones en paralelo suman las cargas.

2.2.3.11 INSTALACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.

2.2.3.11.1 ORIENTACIÓN.

Un panel solar genera electricidad incluso en ausencia de luz solar directa. Por lo cual, un sistema solar generará energía aun con cielo nublado. Sin embargo, las condiciones óptimas de operación implican: la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el sol, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar directa. En el Hemisferio Sur, el panel deberá orientarse hacia el norte y en el Hemisferio Norte, hacia el sur. Los módulos deberán estar orientados de manera tal que el frente de los mismos mire al Norte geográfico en el Hemisferio Sur del planeta y en el Hemisferio Norte, hacia el Sur geográfico.

Por lo tanto, en la práctica, los paneles solares deberán ser colocados en ángulo con el plano horizontal (inclinados).

2.2.3.11.2.- ANGULO DE INCLINACIÓN.

El sol se desplaza en el cielo de este a oeste. Los paneles solares alcanzan su máxima efectividad cuando están orientados hacia el sol, en un ángulo perpendicular con éste a mediodía. Por lo general, los paneles solares son colocados sobre un techo o una estructura y tienen una posición fija; no pueden seguir la trayectoria del sol en el cielo. Por lo tanto, no estarán orientados hacia el astro con un ángulo óptimo (90 grados) durante toda la jornada. El ángulo entre el plano horizontal y el panel solar se denomina ángulo de inclinación. Debido al movimiento terrestre alrededor del sol, existen también variaciones estacionales.

Idealmente, en verano los paneles solares deberían ser colocados en posición ligeramente más horizontal para aprovechar al máximo la luz solar. Sin embargo, los mismos paneles no estarán, entonces, en posición óptima para el sol del invierno. Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre

los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Cada latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. Los paneles deben colocarse en posición horizontal únicamente en zonas cercanas al ecuador.

Ahora bien, los distribuidores de paneles solares recomiendan que se utilice un ángulo de inclinación igual a la latitud más 15° . Esto se debe principalmente a que con esta inclinación, el panel solar tendrá un mejor rendimiento anual, la orientación del sol varía según la hora del día y también de acuerdo al día del año.

2.3 MARCO NORMATIVO

2.3.1 NORMA NOM-007-ENER-2004

Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de Abril del 2005 y entró en operación el 15 de Agosto del 2005.

2.3.1.1 OBJETIVO.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto:

- a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.
- b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

2.3.1.2 CAMPO DE APLICACIÓN.

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones de los sistemas de Alumbrado interior y exterior con carga conectada de alumbrado mayor o igual a 3 kW de los edificios existentes.

En particular, los edificios cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana son aquellos cuyos usos autorizados en función de las principales actividades y tareas específicas que en ellos se desarrollen, queden comprendidos dentro de los siguientes tipos:

- a) Oficinas
- b) Escuelas y demás centros docentes
- c) Establecimientos comerciales
- d) Hospitales
- e) Hoteles
- f) Restaurantes
- g) Bodegas
- h) Recreación y cultura (Museo)
- i) Talleres de servicio
- j) Centrales de pasajeros.

Para ampliaciones o modificaciones de edificios no residenciales ya existentes, la aplicación de esta Norma queda restringida exclusivamente a los sistemas de alumbrado de dicha ampliación o modificación no a las áreas construidas con anterioridad.

2.3.1.4 EXCEPCIONES.

No se consideran dentro del campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana a los sistemas de alumbrado que se instalen en los siguientes lugares:

- ◆ Centros de baile, discotecas y centros de recreación con efectos especiales de alumbrado.

- ◆ Interiores de cámaras frigoríficas.
- ◆ Estudios de grabación cinematográficos y similares.
- ◆ Áreas que se acondicionan temporalmente donde se adicionan equipos de alumbrado para exhibiciones, exposiciones, convenciones o se montan espectáculos.
- ◆ Tiendas y áreas de tiendas destinadas a la venta de equipos de alumbrado.
- ◆ Instalaciones destinadas a la demostración de principios luminotécnicos.
- ◆ Áreas de atención especializada en hospitales y clínicas.
- ◆ Edificaciones nuevas, ampliaciones y modificaciones que se localicen en zonas de patrimonio artístico y cultural, de acuerdo a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas o edificios catalogados y clasificados como patrimonio histórico según el INAH y el INBA.
- ◆ Sistemas de alumbrado de emergencia independientes.
- ◆ Equipos de alumbrado para señales de emergencia y evacuación.
- ◆ Equipos de alumbrado que formen parte integral de otros equipos, los cuales estén conectados a circuitos de fuerza o contactos.
- ◆ Equipos de alumbrado empleados para el calentamiento o preparación de alimentos.
- ◆ Anuncios luminosos y logos.
- ◆ Alumbrado de obstrucción para fines de navegación aérea.
- ◆ No se consideran en el alcance de esta Norma Oficial Mexicana otros tipos de edificios de uso diferente a los mencionados en el campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, tales como: salas de espera de centrales de pasajeros, edificios destinados a seguridad pública y nacional, naves industriales (área de proceso).

- ◆ Iluminación teatral (área de escenario).
- ◆ Iluminación destinada al crecimiento de plantas o animales para alimentación o investigación.

2.3.1.5 ESPECIFICACIONES:

Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)	
Tipo de edificio	DPEA (W/m ²)
Oficinas	
Oficinas	14
Escuelas y demás centros docentes	
Escuelas o instituciones educativas	16
Bibliotecas	16
Establecimientos comerciales	
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	20
Hospitales	
Hospitales, sanatorios y clínicas	17
Hoteles	
Hoteles	18
Moteles	22
Restaurantes	
Bares	16
Cafeterías y venta de comida rápida	19
Restaurantes	20
Bodegas	
Bodegas o áreas de almacenamiento	13
Recreación y Cultura	
Salas de cine	17
Teatros	16
Centros de convenciones	15
Gimnasios y centros deportivos	16
Museos	17
Templos	24
Talleres de servicios	
Talleres de servicio para automóviles	16
Talleres	27
Carga y pasaje	
Centrales y terminales de transporte de carga	13
Centrales y terminales de transporte de pasajeros, aéreas y terrestres	16

Tabla 2.7

En el caso de fachadas de edificios la eficacia de la fuente de iluminación que se utilice para su iluminación no debe ser menor a 22 lm/W.

- La DPEA para las áreas exteriores restantes, que formen parte de los edificios contemplados dentro del campo de aplicación de la presente Norma no debe ser mayor de 1,8 W/m².

- Los estacionamientos cubiertos, cerrados o techados, que formen parte de los edificios contemplados dentro del campo de aplicación de esta Norma, la DPEA a cumplir no debe ser mayor de 3 W/m² y, para los estacionamientos abiertos no debe exceder lo establecido en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8

Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para estacionamientos abiertos

Area a iluminar m ²	Densidad de potencia W/m ²
< 300	1,80
de 300 a < 500	0,90
de 500 a < 1 000	0,70
de 1 000 a < 1 500	0,58
de 1 500 a < 2 000	0,54
> 2 000	0,52

2.3.1.6 MÉTODO DE CÁLCULO

La determinación de las DPEA del sistema de alumbrado de un edificio no residencial nuevo o ampliación de alguno ya existente, de los tipos cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana, serán calculadas a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga Total Conectada para Alumbrado}}{\text{Area Total Iluminada}}$$

Donde la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) está expresada en W/m², la carga total conectada para alumbrado está expresada en Watts y el área total iluminada está expresada en m².

Se considerará que la instalación cumple con lo establecido por esta Norma Oficial Mexicana sí y sólo sí, las DPEA calculadas son iguales o menores que los valores límites establecidos para cada uso del edificio analizado, tomando en cuenta las excepciones aplicables y los ajustes por bonificaciones de potencia permitidos.

2.3.2 PEC NOM-007-ENER-2004

PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACION DE LA CONFORMIDAD, DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-ENER-2004.

Fue elaborado por la SECRETARIA DE ENERGIA y publicada en el diario oficial de la federación el miércoles 29 de noviembre del 2006, entrando en vigor a los 60 días naturales posteriores a su publicación.

2.3.2.1 OBJETIVO

Este procedimiento para la evaluación de la conformidad (PEC), se establece para facilitar y orientar a las unidades de verificación (UV), y a los usuarios de energía eléctrica, en la aplicación de la norma NOM- 007-ENER-2004, eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

2.3.2.2 ASPECTOS TECNICOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO DE ALUMBRADO A VERIFICAR.

a) Para llevar a cabo la verificación el usuario debe entregar el proyecto del sistema de alumbrado.

b) La verificación del proyecto y la instalación deben considerar como mínimo:

b-1.- Identificación del tipo de edificio.

- si es de un solo uso determinar los metros cuadrados totales.
- se es de uso mixto, determinar los metros cuadrados por uso.

b-2.- Lámparas.

- Tipo de lámpara y potencia nominal.
- Valor de eficacia de la fuente de iluminación.

b-3.-Balastos.

- Tipo de balastro y potencia nominal.

c) De acuerdo al 3.9 del PEC, el proyecto del sistema de alumbrado se define como el conjunto de documentos correspondientes a una instalación del sistema de alumbrado, que se ha de construir o a partir de los cuales se ha construido.

Los documentos son:

- Planos eléctricos de alumbrado, que incluyan los DPEA.
- Cuadros de carga del sistema de alumbrado.
- Memoria de calculo donde se detallen los DPEA, de acuerdo con el método establecido en la NOM.
- Características técnicas de los componentes del sistema de alumbrado (lámparas, balastos, sistemas de control para el alumbrado y el plano general de la edificación que permita determinar el área total a iluminar, a considerar. Esta información deberá ir firmada por el responsable del proyecto.

Nota: De acuerdo al punto 3.10 del PEC, el responsable del proyecto es una persona física, que sea arquitecto, ingeniero electricista, ing. Mecánico electricista o ingeniero en ramas a fines, con especialidad en ingeniería eléctrica, titulado con

cedula profesional, con conocimientos para diseñar, calcular y supervisar, una instalación de sistemas de alumbrado.

2.3.2.3 LISTA DE VERIFICACION

Tabla 2.9

LISTAS DE VERIFICACION		FORMATO F-17/RT-007 REV. 0		
NORMA NOM-007-ENER-2004				
No DE VERIFICACION		UVCONAE165-		
TIPO DE VERIFICACION		PROYECTO <input type="checkbox"/> OCULAR <input type="checkbox"/>		
CAP./SEC.	TEXTO DE REFERENCIA	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
PEC 3.9	VERIFICAR SI CUENTA CON LOS PLANOS ELECTRICOS DE ALUMBRADO Y MEMORIA DE CALCULO EN DONDE SE DETALLEN LAS DENSIDADES DE POTENCIA ELÉCTRICA DE ALUMBRADO(DPEA)DE ACUERDO CON EL METODO ESTABLECIDO POR LA NOM-007-ENER-2004			
PEC 3.9	VERIFICAR SI LOS PLANOS Y MEMORIA ESTAN FIRMADOS POR EL RESPONSABLE DE PROYECTO.			
PEC 6.2.1	VERIFICAR LA IDENTIFICACION DEL TIPO DE EDIFICIO			
PEC 6.2.2 Y 6.2.3	VERIFICAR LAS CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALUMBRADO. LAMPARAS; TIPO DE LAMPARA Y POTENCIA NOMINAL, ASI COMO EL VALOR DE EFICACIA DE LA FUENTE DE ILUMINACION. BALASTROS: TIPO DE BALASTRO Y POTENCIA NOMINAL.			
NOM 2	VERIFICAR SI CUMPLE CON EL CAMPO DE APLICACIÓN (CARGA TOTAL) CONECTADA PARA ALUMBRADO MAYOR O IGUAL A 3 KW Y QUE ESTEN COMPRENDIDOS DEL 2 a) AL j)			
NOM 5	VERIFICAR QUE LOS EDIFICIOS NO RESIDENCIALES ESTEN COMPRENDIDOS DENTRO DE LA CLASIFICACION DEL CAPITULO 5			
NOM 6 Y TABLA 1	VERIFICAR QUE LOS VALORES DE DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA) TOTALES, CUMPLAN CON LA TABLA 1 DE ACUERDO AL TIPO DE EDIFICIO.			
NOM 6.1	VERIFICAR QUE LA EFICACIA DE LA DE FUENTE DE ILUMINACION EN FACHADAS NO SEA MENOR A 22 LUM/WATTS.			
NOM 6.2	VERIFICAR QUE LOS DPEA PARA LAS AREAS EXTERIORES RESTANTES NO SEAN MAYOREAS DE 1.8 W/M² .			
NOM 6.3 Y TABLA 2	VERIFICAR QUE LOS DPEA DE LOS ESTACIONAMIENTOS CUBIERTOS, CERRADOS O TECHADOS NO SEAN MAYOR DE 3 W/M² . Y PARA LOS ESTACIONEMIENTOS ABIERTOS NO EXCEDAN LO ESTABLECIDO EN LA TABLA 2.			
NOM 7.4	VERIFICAR LAS CONSIDERACIONES ESPECIALES 7.4.1, 7.4.2 a), b) Y c).			

CAPITULO III PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 ESTUDIO TÉCNICO

Antes de comenzar el diseño fue necesario realizar un estudio previo el cual nos garantice la viabilidad del proyecto , se realizaron muestras tanto de temperaturas como cantidad de luxes en el área.

3.1.1 ESTUDIO DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA

Las mediciones que muestra la table 3.1 fueron realizadas en puntos estratégicos a distancias de 1 metro aproximadamente logrando cubrir toda el área del museo, cabe mencionar que las pruebas fueron realizadas en un día de visita normal, es decir con todo el sistema funcionando.

Tabla 3.1

Muestra N.	Cant. De luz (lux)	Temp. (°C)
1	70	26
2	19	26
3	25	26
4	24	27
5	21	26
6	26	26
7	18	26
8	20	27
9	11	26
10	20	27
11	16	26
12	37	28
13	41	28
14	54	27
15	83	27
16	60	28
17	55	28
18	120	27
19	82	28
20	37	28
21	30	28
22	33	27
23	70	28
24	58	28
25	32	27
26	26	28
27	24	26
28	39	28
29	24	26
30	25	26
31	23	28
32	35	28
33	34	28
34	34	28
35	32	28
36	32	28
37	42	28
38	21	27
39	33	27
40	32	27

Temp. Promedio en la sala
27.175 °C

Iluminacion promedio
37.95 Lux

Mapa representativo de la sala Vida y Ser Humano donde se muestra la distribución actual del sistema de iluminación y la ubicación de las mamparas con que cuenta dicha sala.

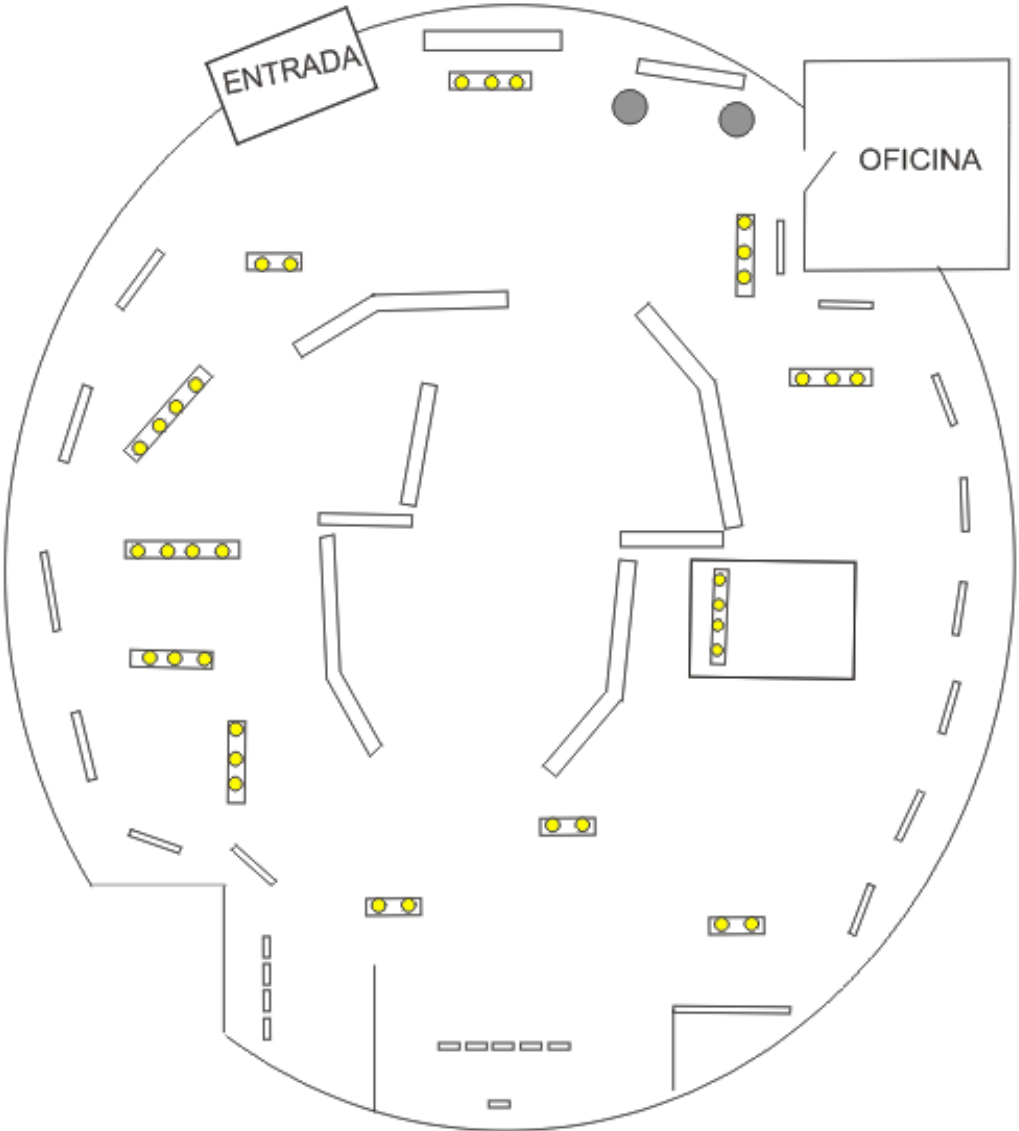


Figura 3.1

Mapa de representación de la sala 2 donde se hace un aproximado de los puntos estratégicos tomados para hacer el estudio de luxes.

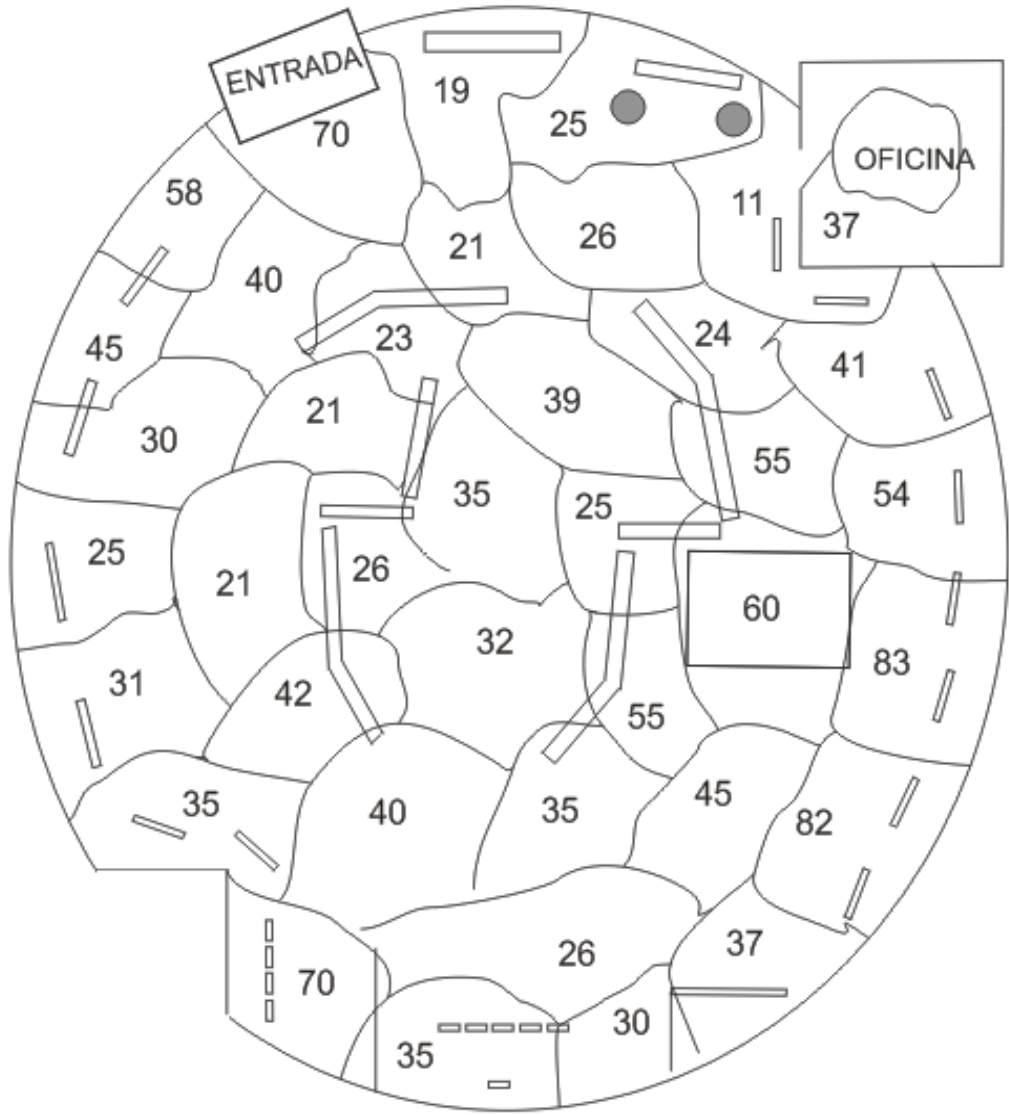


Figura 3.2

Mapa representativo de las temperaturas tomadas durante el estudio de la sala vida y ser Humano.

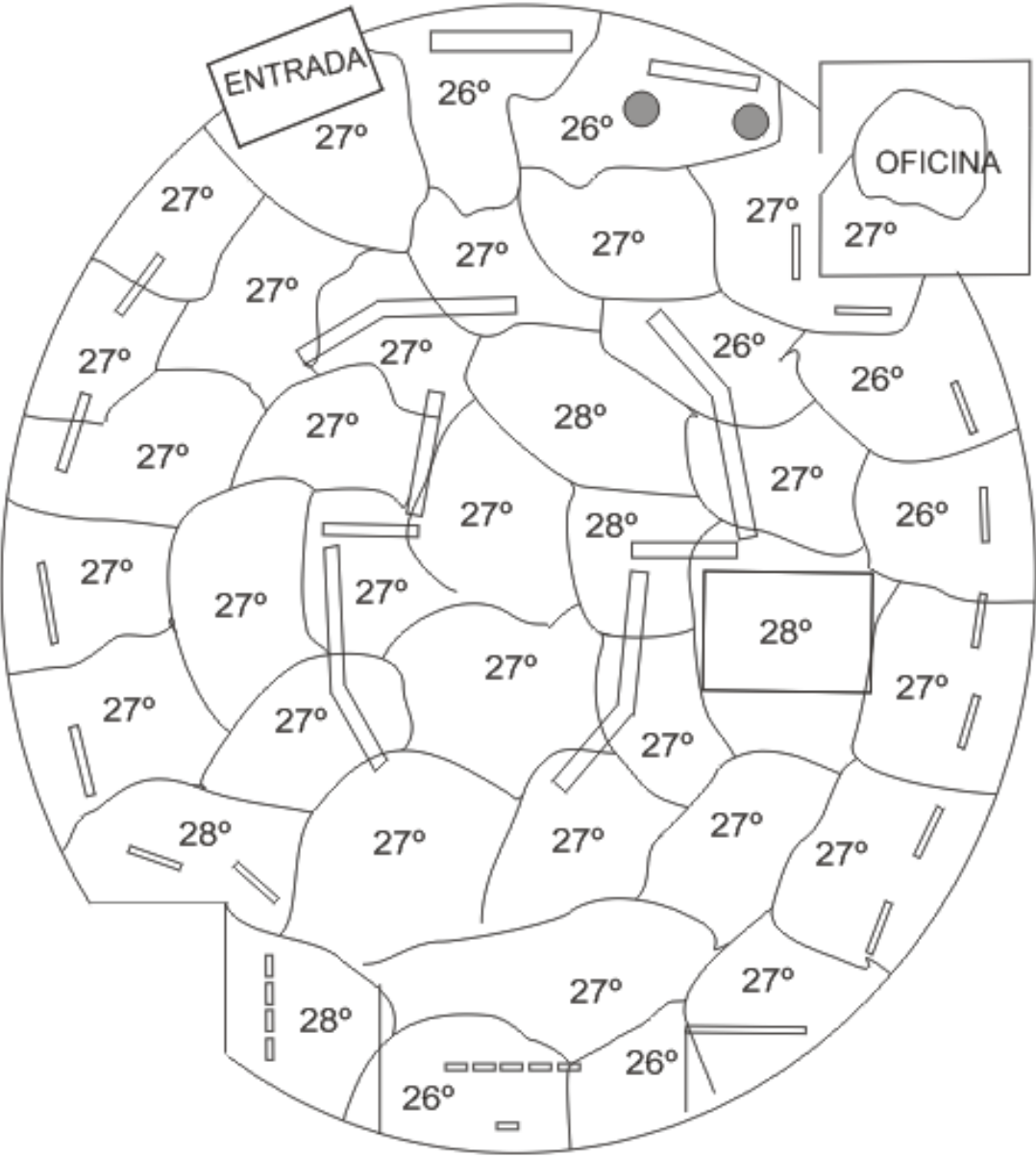


Figura 3.3

3.1.2 MEDIDAS DE LAS MAMPARAS CON LAS QUE CUENTA EL MUSEO.

Como se puede observar estas mamparas fueron diseñadas para dos lámparas de tubo de 60 cm de 17 watts. Distribuidas tal y como se muestra en la representación grafica.

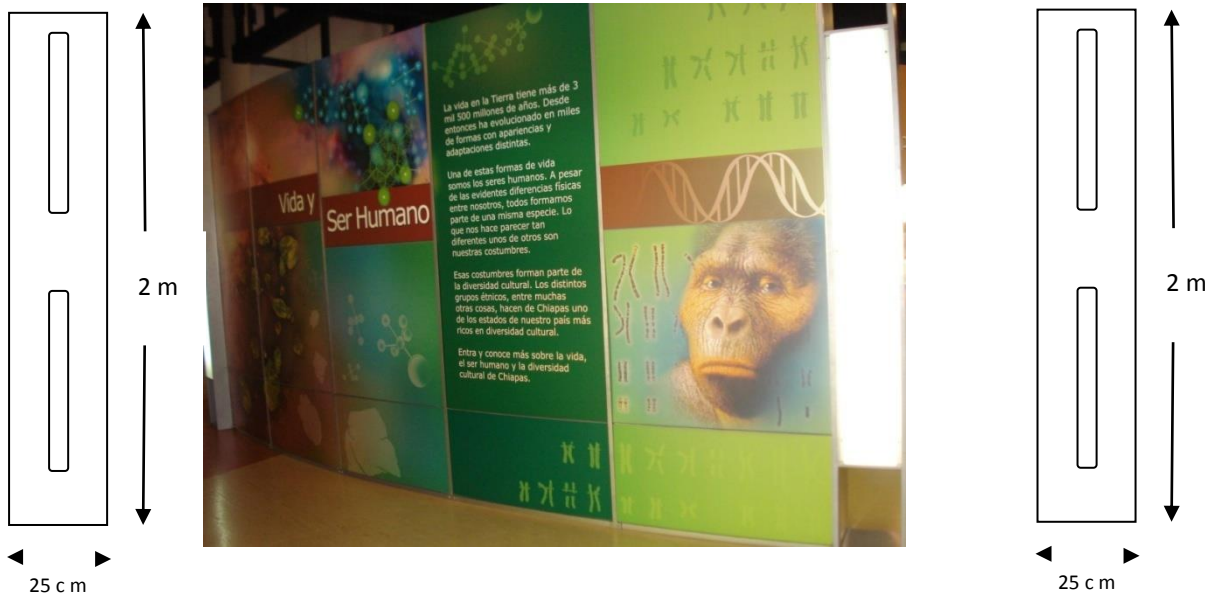
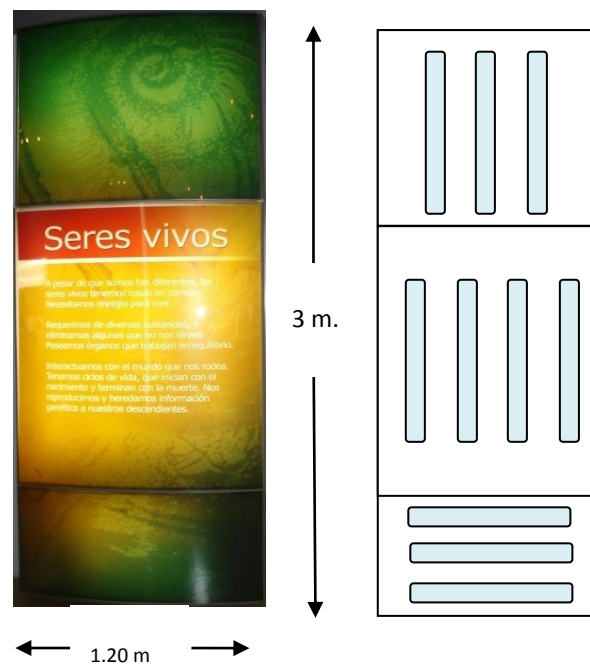


Figura 3.4

La mayor parte de las mamparas son del mismo tipo que se muestra a continuación. Diseñadas para lámparas de tubo de 60 cm de 17 watts.

Figura 3.5



3.2.1.1 IDENTIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE CARGAS.

De los datos encontrados, se hizo una división de cargas, de la siguiente manera:

- Los puntos 1, 3 y 6, los cuales representan lámparas dicróicas de 50 W.
- Puntos 10, 11, 12, 13 y 18, que simbolizan lámparas de halógeno de 17 y 32 Watts, lámparas de 10W, focos de 40W (luz de día), focos de 25W (cálidas), y focos fluorescentes de 32 W.
- Puntos 2, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 16 y 17 al cual se le denomino misceláneos, que no son de iluminación, como: reproductores DVD, computadoras, pantallas, proyectores, etc.

3.2.1.2 GASTOS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

A partir de estos datos se generó una tabla de costos de iluminación, basados en la potencia que consume cada una de las cargas.

Horas de Servicio		Días de Servicio			cargo promedio KW/hr
8	hrs/dia	Dias Facturados	Inhabiles	Laborales	1.2792
48	hrs/semana	31	5	26	
Carga de Dicroicas		Costo			Puntos Tomados Tabla 1
3.74	KW/h	\$994.45 pesos			1, 3, 6
29.90	KW/dia	a la carga total			
777.40	KW/Mensual	33.54% de costo			
Carga de Flourecentes		Costo			Puntos Tomados Tabla 1
4.89	KW/h	\$1,300.43 pesos			10, 11, 12, 13, 18
39.10	KW/dia	a la carga total			
1016.60	KW/Mensual	43.85% de costo			
Carga de Miscelaneos		Costo			Puntos Tomados Tabla 1
2.03	KW/h	\$540.46 pesos			2, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17
16.25	KW/dia	a la carga total			
422.50	KW/Mensual	18.23% de costo			
Consumo de Balastro		COSTO			
0.49	KW/h	\$130.04 pesos			
3.91	KW/dia	a la carga total			
101.66	KW/Mensual	4% de costo			
Estado Actual					
CARGA		COSTO			
10.656	KW/h	\$2,965.39 pesos			
85.25	KW/dia				
2216.50	KW/Mensual				

Tabla 3.3

Del anterior se puede marcar los siguientes puntos:

Dicroicas:

- Tiene un consumo de 3.74 KW/H, equivalente a 29.90 KW/día ó 777.40 KW/Mes, con un importe de \$ 994.45 mensual.

Fluorescentes, en el cual se incluye el consumo del balastro:

- 5.38 KW/h, correspondiente a 43.01 KW/Día ó 1118.26 KW/Mes, con un monto de \$ 1430.47 mensual.

Misceláneos, en la cual como se mencionó no son parte del sistema de iluminación:

- 2.03 KW/H, equivalente a 16.25 KW/Día, ó 422.50 KW/Mes con un importe de \$ 540.46 mensual.

3.2.2 SELECCIÓN DE LÁMPARAS LED

Para el reemplazo de las luminarias se optó por varios tipos de lámparas LED, debido al espacio que se necesita iluminar.

3.2.2.1 LÁMPARAS DICROICAS DE LED TIPO MR16.

Se eligieron por lámparas dicroicas tipo MR16, ya que son las que nos dan la iluminación equivalente a las Dicroicas MR16 de 50W que actualmente se encuentran instaladas.

Este tipo de lámpara presenta las siguientes características:

Tabla 3.4

MODELO	FS-HP/MR16- CW/3*1W-3A
TIPO	MR16
BASE	GU5.3
COLOR	Blanco Frío
VOLTAJE (V)	12 ó 24
LED	3 pza.
POTENCIA (W)	3
FLUJO LUMINOSO	75



FIGURA 3.6

Con este tipo de lámpara se obtiene un ahorro del 94% en el consumo de energía eléctrica actual.

3.2.2.2 LÁMPARAS TUBULARES LED TIPO T8.

Se seleccionaron lámparas tipo T8 de 60 y 120 cms. según las necesidades de iluminación, las cuales sustituyen a lámparas Halógenas T8 de 17 y 32 watts, respectivamente. Las cuales presentan las siguientes características.

Tabla 3.5

TUBO LED 144 PZA / 7W	
MODELO	FS-T8/60-CW/144-3P
TIPO	Tubo LED
BASE	T8
COLOR	Blanco Frío
VOLTAJE (V)	110 AC 60 Hz
LED	144 pza.
POTENCIA (W)	7
FLUJO LUMINOSO	580

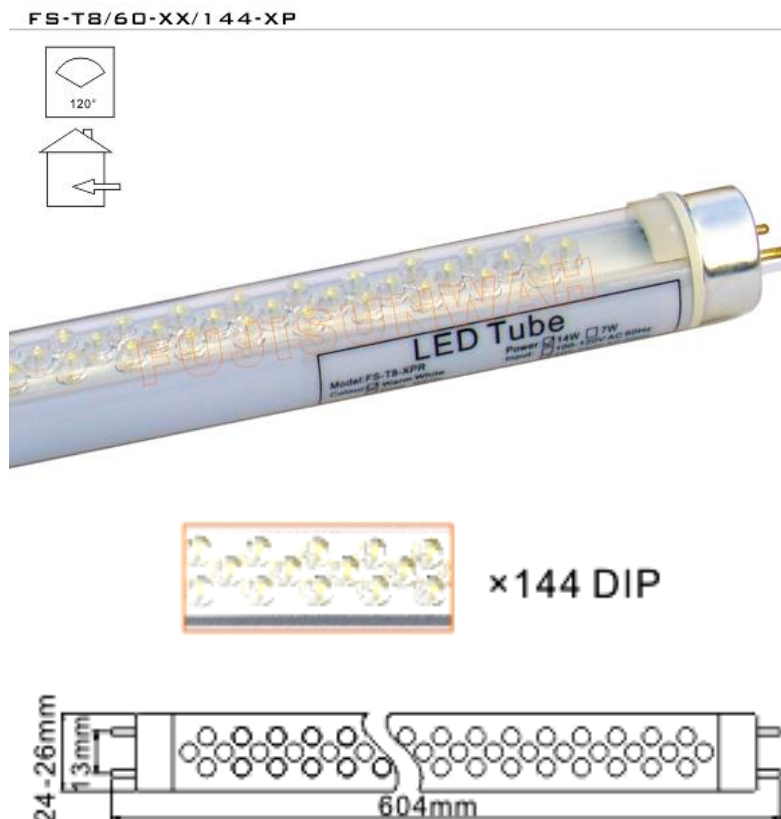


Figura 3.7

Tabla 3.6

TUBO LED 300 PZA / 14W	
MODELO	FS-T8/120-CW/300-3PR
TIPO	Tubo LED
BASE	T8
COLOR	Blanco Frío
VOLTAJE (V)	110 AC 60 Hz
LED	300 pza.
POTENCIA (W)	14
FLUJO LUMINOSO	1200

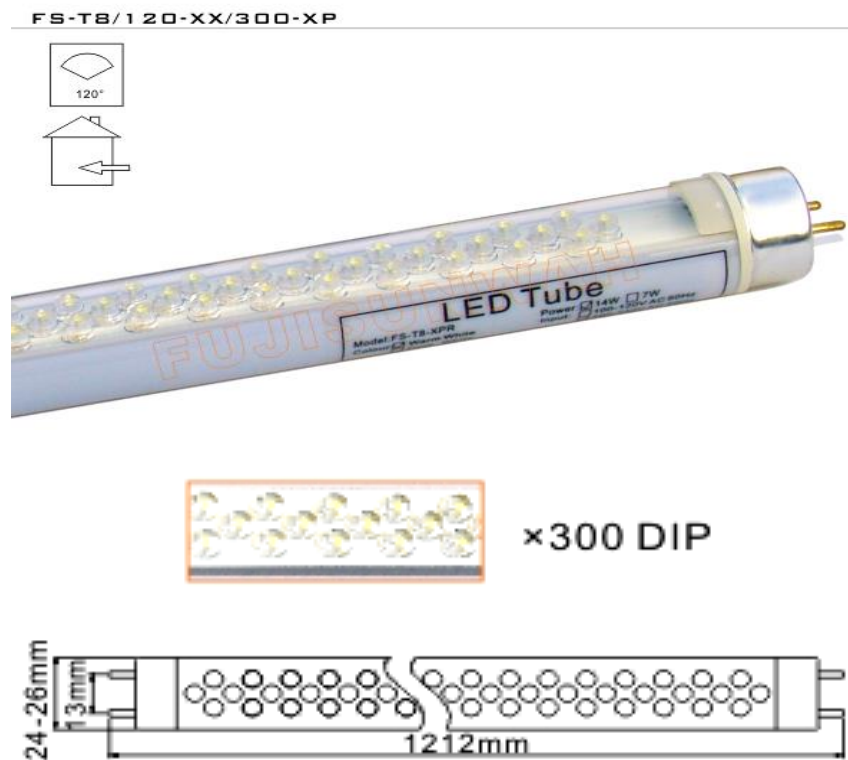


Figura 3.8

Con los tubos LED de 60 y 120 cms, se consume el 41% y 43% de la potencia requerida por las lámparas de halógeno de 17 y 32 Watts respectivamente.

3.2.2.3 MÓDULOS DE 4 LED.

Se optó por este tipo de luminarias debido y sus dimensiones, ya que se implementaran en espacios reducidos y son alimentados con 12VCD. Son usadas para reemplazar, lámparas de 10W, focos de 40W (luz de día), focos de 25W (cálidas), focos fluorescentes de 32 W, lámparas halógenas de 17W.

Los módulos cuentan con las siguientes características:

Tabla 3.7

MODELO	RFT35-4X
TIPO	MODULO DE 4 LED
COLOR	Blanco Frío
VOLTAJE (V)	12 ó 24 CA
LED	4 pza. 5050 SMD LED
POTENCIA (W)	4
FLUJO LUMINOSO	28



Figura 3.9

Los módulos no reemplazan a las lámparas anteriormente instaladas en razón de 1:1, debido a que los espacios a iluminar son de mayor dimensión, por lo que es necesario la instalación de hasta 2 o más módulos para iluminar correctamente el área requerida.

3.2.2.4 TABLAS DE AHORRO ENERGETICO

En base a las características de consumo de las luminarias LED, se realizó una tabla de consumo mensual.

Tabla 3.8

Horas de Servicio		Días de Servicio			carga promedio KW/hr		
8	hrs/dia	Días Facturados	Inhabiles	Laborales	1.2792		
48	hrs/semana	31	5	26			
Carga de Dicroicas LED		Costo			TIPO	MR16 LED	
0.19	KW/h	\$51.09 pesos			CANT.	64	PZA.
1.54	KW/dia	a la carga total			CONSUMO	3	WATT
39.94	KW/Men	3.89% de costo			TOTAL	192	WATT
T8-60CM, T8-120CM, MODULOS LED		Costo			TIPO	T8-60 CM	
2.71	KW/h	\$722.12 pesos			CANT.	126	PZA.
21.71	KW/dia	a la carga total			CONSUMO	7	WATT
564.51	KW/Mensual	54.97% de costo			TOTAL	882	WATT
Carga de Miscelaneos		Costo			TIPO	T8-120 CM	
2.03	KW/h	\$540.46 pesos			CANT.	68	PZA.
16.25	KW/dia	a la carga total			CONSUMO	14	WATT
422.50	KW/Mensual	41.14% de costo			TOTAL	952	WATT
ESTADO PROYECTADO		Costo			TIPO	MODULOS DE 4 LEDS	
4.94	KW/h	Costo Total Mensual			CANT.	220	PZA.
39.50	KW/dia	\$1,313.67 pesos			CONSUMO	4	WATT
1026.95	KW/Mensual				TOTAL	880	WATT
COSTOS MENSUALES							
Actual	Proyectado	Ahorro					
\$2,965.39	\$1,313.67	\$1,651.72			55.70% DE AHORRO COMPARATIVO		

Del cual se puede observar los siguientes datos:

Un ahorro importante en el consumo de energía eléctrica con el remplazo de lámparas dicroicas.

Tabla 3.9

DICROICAS MR16	CONSUMO EN KW		
	HORA	DÍA	MES
50 W	3.74	29.90	777.40
3 W LED	0.19	1.54	39.94

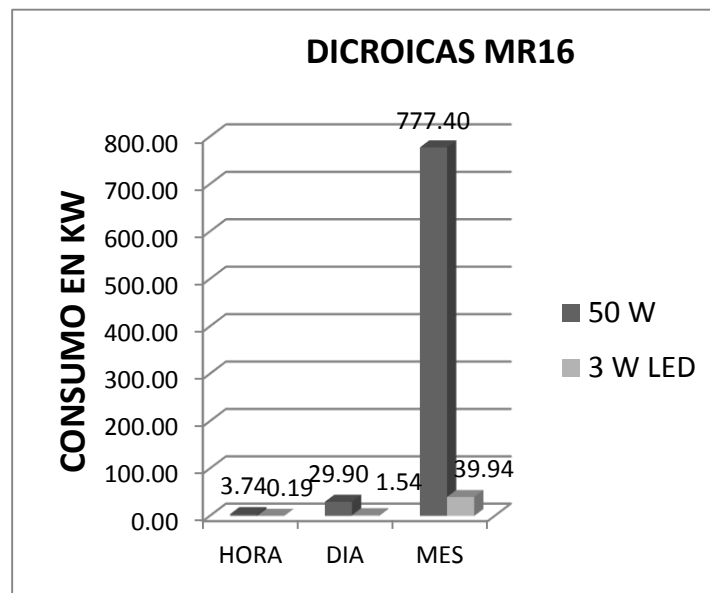


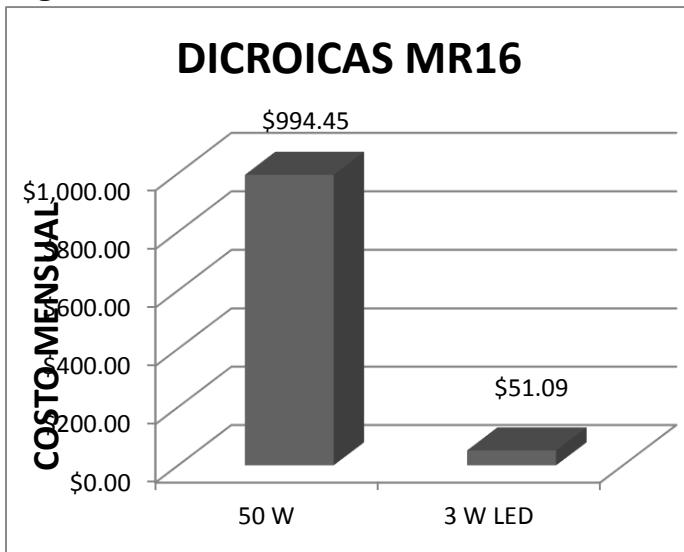
Figura 3.10

Que representa un 94.86 % de ahorro en el costo de energía.

Tabla 3.10

DICROICAS MR16	COSTO	AHORRO
50 W	\$994.45	94.86 %
3 W LED	\$51.09	

Figura 3.11



El ahorro en lámparas tubulares T8 de 60 y 120 cms. y módulos LED.

Tabla 3.11

LÁMPARAS	CONSUMO KW		
	HORA	DÍA	MES
HALÓGENAS y BALASTROS	5.38	43.01	1118.26
T8 DE 60 y 120 CM, y MÓDULOS LED	2.71	21.71	564.51

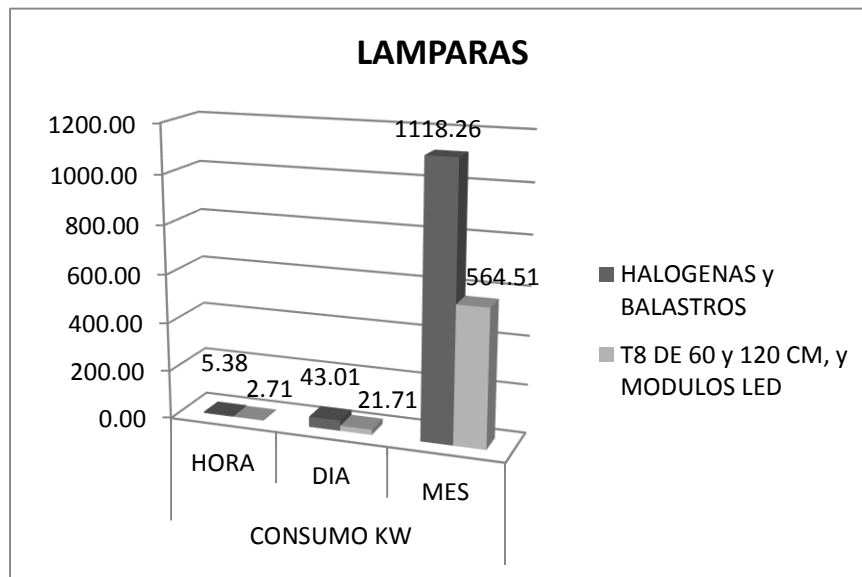


Figura 3.12

El cual representa un 49.52 % del costo mensual.

Tabla 3.12

LÁMPARAS	COSTO DEL CONSUMO	AHORRO
HALÓGENAS y BALASTROS	\$1,430.48	49.52 %
T8 DE 60 y 120 CM, y MÓDULOS LED	\$722.12	

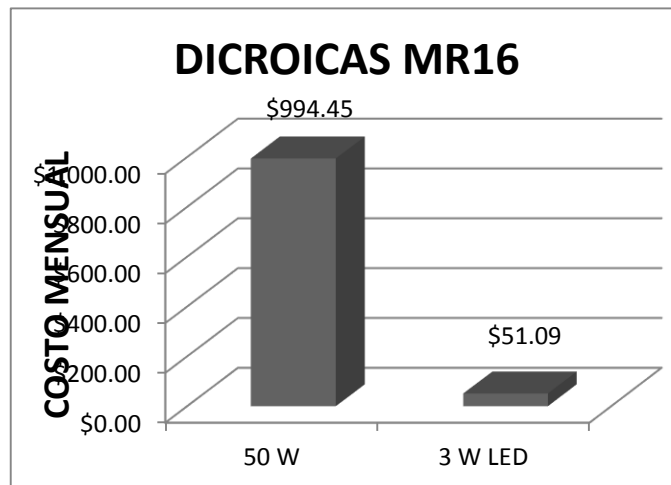


Figura 3.13

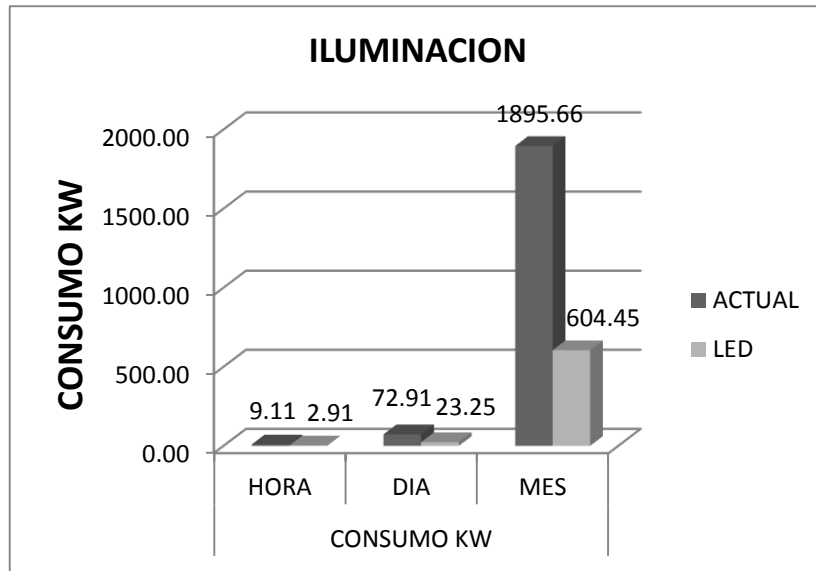
En general se puede recalcar un ahorro del 68.11 %.

En energía:

Tabla 3.13

ILUMINACIÓN	CONSUMO KW		
	HORA	DÍA	MES
ACTUAL	9.11	72.91	1895.66
LED	2.91	23.25	604.45

Figura 3.14

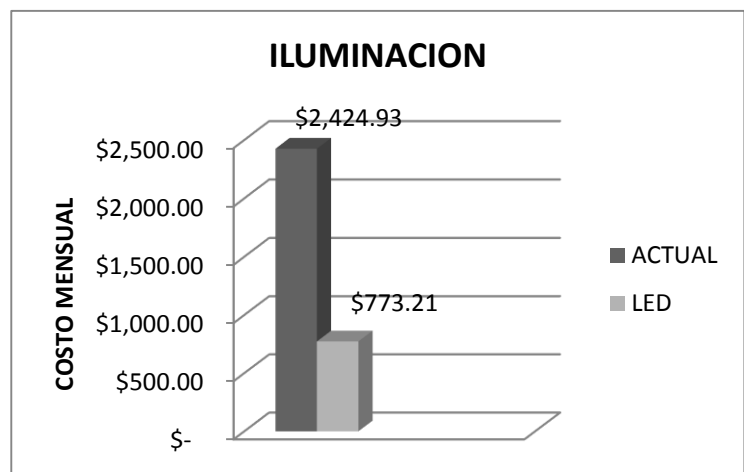


En el costo de energía:

Tabla 3.14

ILUMINACIÓN	COSTO DEL CONSUMO	AHORRO
ACTUAL	\$ 2,424.93	68.11%
LED	\$ 773.21	

Figura 3.15



3.2.2.5 PRESUPUESTO PARA LA ADQUISICIÓN DE LÁMPARAS LED.

Tabla 3.15

AG ELECTRONICA S. A. DE C. V.					
COMPONENTES PROFESIONALES					
R. F. C. AEL920315-L68					
CORREO ELECTRONICO: ventasag@agelectronica.com.mx					
PAGINA WEB: http://www.agelectronica.com.mx					
SUCURSAL					
CALLE REPUBLICA DEL SALVADOR No. 20-F					
COLONIA CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO					
DELEGACION CUAUHTEMOC, C. P. 06000					
MEXICO, DISTRITO FEDERAL					
CANTIDAD	CLAVE	DESCRIPCION	PRECIO U.	IMPORTE	TOTAL CON IVA
135	FS-T8/60-CW/144-3P	TUBO DE 144 LEDS BLANCO 60CM	\$ 356.52	\$ 48,130.47	\$ 55,350.04
75	FS-T8/120-CW/300-3PR	TUBO DE 300 LEDS BLANCO 120CM	\$ 643.48	\$ 48,260.85	\$ 55,499.98
230	RFT35-4W	MODULO DE 4 LEDS 5050 BLANCO 12V/120MA	\$ 45.22	\$ 10,399.91	\$ 11,959.90
70	FS-HP/MR16-CW/3X1W-1A	FOCO DE 3 LEDS 1W X 3 BLCO FRIO 12V	\$ 230.44	\$ 16,130.45	\$ 18,550.02
				TOTAL	\$ 141,359.93

Nota: La cotización fue realizada el día 30 de Octubre de 2009, los precios están sujetos a cambios sin previo aviso.
No incluye gastos de envío.

3.2.2.6 RETORNO DE LA INVERSIÓN

En la tabla siguiente se muestra una estimación del ahorro que se alcanza con la implementación de lámparas LED.

Tabla 3.16

LAMPARA	Tecnologia	Consumo (Watts)		Ahorro en Watts		Ahorro en %	Cantidad	Carga Instalada (KW) consumo por cantidad	Cargo por demanda maxima (\$)
————	ACTUAL	9113.75		—		—	————	9.11	\$1,400.97
————	LED	2906.00		6207.75		68	————	2.91	\$446.71
Horario punta 18:00 a 22:00hrs (hrs/dia)		Intermedio 6:00 a 18:00hrs 22:00 a 24:00hrs (hrs/dia)		Tiempo de uso horario base 00:00 a 6:00 hrs (hrs/dia)		Consumo de energia en punta KWh/mes (30dias)		Consumo de energia en intermedio KWh/mes (30dias)	Consumo de Energia en base KW/hmes (30Dias)
0		8		0		0		2187.30	0
0		8		0		0		697.44	0
cargo por consumo de energia en punta	cargo por consumo de energia intermedio	cargo por consumo de energia base	facturacion mensual iva incluido	ahorro mensual	facturacion anual	ahorro anual		Inversion en pesos MXN iva incluido	Retorno sobre la inversion INVERSION INICIAL / AHORRO ANUAL
\$ -	\$ 1,758.37	\$ -	\$ 3,633.24	—	\$ 43,598.84	\$ -			5.07
\$ -	\$ 560.67	\$ -	\$ 1,158.49	\$ 2,474.75	\$ 13,901.88	\$ 29,696.96		\$ 150,670.08	AÑOS
estimacion de vida util	vida util en horas	horas de uso al dia	horas de uso al año	años de vida util	Ahorro durante vida util	Ahorro - Inversion			
	50,000	8	2920	17.12	\$ 508,509.63	\$ 357,839.55			
		12	4380	11.42	\$ 339,006.42	\$ 188,336.34			79
		24	8760	5.71	\$ 169,503.21	\$ 18,833.13			

De la tabla anterior podemos destacar varios puntos, como son:

El ahorro de:

- 6207.75 W Hora, el cual representa el 68% de la energía que actualmente se consume, con un valor de \$ 954.26.
- 1,489.86 KWMes, con un valor de \$ 2,474.75 mensuales.
- \$ 29,696.96 anuales.

La inversión:

- Una inversión de \$150,670.08, el cual se recuperará en aproximadamente 5.07 años.

Retorno de la inversión, con una estimación de 50,000 horas de vida:

- Con 8 horas de uso al día:
 - 17.12 años de vida, y
 - \$ 357,839.55 de ahorro.
- 12 horas diarias:
 - 11.42 años de utilidad, y
 - \$ 188,336.34 de ahorro.
- 24 horas diarias:
 - 5.71 años en duración, y
 - \$ 18,833.13 de ahorro.

En resumen, se puede decir que con el solo hecho de cambiar las lámparas existentes a lámparas tipo LED se obtiene un ahorro en el consumo de energía eléctrica.

Además, de los beneficios indirectos, como:

- La generación de menos calor, lo que conlleva a que el sistema de enfriamiento de la sala consuma menos energía para mantener la temperatura;
- No dañan la superficie iluminada ya que no emiten rayos UV.

3.2.3 CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

3.2.3.1 DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS.

El primer paso es establecer la solución de lámparas que el sistema alimentará. Para rentabilizar al máximo una instalación solar, se debe seleccionar bombillas de bajo consumo, por ejemplo: fluorescentes y otros elementos que contribuyan al ahorro energético. Para el caso de nuestro proyecto de iluminación, si cumple con esta necesidad debido a que se emplean lámparas LED que son de bajo consumo.

Estos componentes, normalmente disponibles con alimentación de 110 ó 220 V, también existen con alimentación a 12 ó 24 V y siempre que sea posible en un sistema fotovoltaico, deberán adquirirse a esta tensión. Como describiremos más adelante, la conversión de la señal de 12 ó 24 V en una señal de 110 ó 220 V repercute directamente en una pérdida de energía, que puede evitarse mediante el uso de dispositivos con alimentación a 12 ó 24 V. Para esto se calcula en consumo energético de las diferentes lámparas que funcionan a 12V y 110 V.

Consumo de energía de Corriente Continua.

Tabla 3.17

No.	Consumidor/ descripción	A	B	C	AxBxC
		Cantidad	Potencia (Watt)	Horas de servicio	Consumo en Watt/hora día
1	Dicroicas MR16 LED	64	3	8	1536
2	Módulos de 4 LED	220	4	8	7040
Watt/hora por día (AxBxC)					8576

Consumo de energía de Corriente Alterna.

Tabla 3.18

No.	Consumidor/ descripción	A	B	C	AxBxC
		Cantidad	Potencia (Watt)	Horas de servicio	Consumo en Watt/hora día
1	Tubo LED-60 cms.	126	7	8	7056
2	Tubo LED-120 cms.	68	14	8	7616
Watt/hora por día (AxBxC)					14672

Con los datos obtenidos en las tablas se tiene que la el consumo diario de energía eléctrica aproximada que se demanda es:

$$CD = CCC + CCA = 8576 + 14672$$

$$CD = 23248 \text{ W}$$

Establecer la demanda media de energía diaria, es el segundo paso para dimensionar el sistema fotovoltaico. Partiendo de los datos proporcionados por el fabricante, debe multiplicase la potencia por las horas que el dispositivo estará conectado. Podemos postular que el tiempo total del uso interior será de 8 h/día.

Por tanto, el consumo diario en el interior será la suma de la potencia de las lámparas por las horas de funcionamiento. Como apuntábamos anteriormente, en

compensación por las posibles pérdidas de la instalación, conversión, baterías, etc. existe un factor de corrección que debe aplicarse al consumo diario. Esta constante, en aplicaciones a 110 V puede establecerse en un 40%, y en aplicaciones a 12 V es de un 30 %. Así, el sistema deberá proporcionar un 30% más que el estrictamente calculado.

Calculando esta compensación por perdidas en la instalación se tiene:

Tabla 3.19

No.	Consumidor/ descripción	A	B	C	AxBxC	Factor de coreccion %	Consumo diario requerido
		Cantidad	Potencia (Watt)	Horas de servicio	Consumo en Watt/hora día		
1	Dicroicas MR16 LED	64	3	8	1536	30	1996.80
2	Módulos de 4 LED	220	4	8	7040	30	9152.00
3	Tubo LED-60 cms.	126	7	8	7056	40	9878.40
4	Tubo LED-120 cms.	68	14	8	7616	40	10662.40
Demanda Diaria (Watts)							31689.60

Por consiguiente, 31,689.60 W/diarios, constituirá la potencia que deberá generar el sistema diariamente.

3.2.3.2 CALCULO DE LOS PANELES NECESARIOS.

Calcular el rendimiento de las placas solares es el siguiente paso. Dependiendo de la situación geográfica, la época del año y las condiciones meteorológicas, el panel solar generará una potencia distinta. Partiendo del hecho que el panel se ha orientado correctamente el factor de rendimiento regional medio para Tuxtla Gutiérrez es de 4.5. Así, la potencia de cada panel, puede multiplicarse directamente por 4.5, obteniéndose la potencia diaria por panel.

Empleando **“Panel Solar FV ERDM Solar 215W”**, con un potencia indicada de 215 W, la potencia producida por cada unidad diariamente es de $215 \times 4.5 = 967.5$ W.

Con éste resultado puede determinarse el número de placas fotovoltaicas que aseguren el consumo diario requerido. Simplemente debe dividirse el consumo obtenido en el apartado 6.2.1 entre el rendimiento por panel del antes encontrado:

$$\text{No. de paneles} = 31689.60 \text{ W} / 967.5 \text{ W} = \mathbf{32.75 \text{ paneles}}$$

Del dato anterior traducido al número entero superior indica un total de 33 paneles fotovoltaicos de 215 W.

3.2.3.3 CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS.

La autonomía del sistema. En una aplicación como ésta, donde precisamente se requiere obtener la electricidad durante las horas nocturnas, los paneles solares no actúan. Por este motivo, el sistema debe incluir un medio de almacenamiento que recoja la energía obtenida durante el día para poder emplearla durante la noche: mediante baterías. El número y capacidad de las baterías necesarias para nuestro sistema se obtiene a partir del valor resultante en la demanda diaria.

Dividiendo la demanda diaria entre 24 V, que es la tensión de trabajo de las baterías, el resultado arroja la capacidad aproximada de almacenamiento necesario:

$$C = 31,689.60 \text{ W} / 24 \text{ V} = 1320.40 \text{ Ah}$$

Ahora bien, el sistema debe ofrecer la autonomía necesaria para afrontar periodos de escasa producción, como días nublados, nieblas persistentes, etc. En aplicaciones críticas, como sistemas de alarma, control, telecomunicaciones, etc, la autonomía puede establecerse hasta en 10 días. En la aplicación que analizamos, un máximo de 2 será suficiente.

$$C_T = 1320.40 \text{ Ah} \times 2 = 2,640.80 \text{ Ah}$$

El cálculo completo de las baterías también debe reflejar el nivel tolerable de reserva o descarga, que proporciona cada fabricante y que normalmente se encuentra entre el 50 y el 80% (factor multiplicador de 0,5 a 0,8).

Así, para obtener la configuración de la batería, o conjunto de baterías en paralelo necesarias, bastará con aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{No. de Baterías} = \frac{\text{Autonomia}}{\text{Capacidad de Bateria} \times \text{Nivel de Descarga}}$$

Según características de “**Batería Surrette de Ciclo Profundo 12V, 357Ah**”, estas baterías que hemos seleccionado tienen un nivel tolerable de descarga del 80 %. Aplicando la fórmula:

$$\text{No. de Baterías} = \frac{2,640.80 \text{ Ah}}{357 \text{ Ah} \times 0.8} = 9.25 \text{ Baterías}$$

Por tanto, el sistema requeriría 10 baterías de 12 V / 357 Ah. Sin embargo se está trabajando con un arreglo de 24 V, por lo tanto, se necesitaran 20 de baterías de 12V/357Ah en un arreglo de 5 mayas en paralelo con 2 baterías en cada malla en serie.

3.2.3.4 EL REGULADOR DE CARGA.

El regulador asume dos funciones: seleccionar la fuente de corriente (según las condiciones de producción del panel permitirá el consumo directo de éste o, por el contrario, la carga se efectuará completamente sobre las baterías) e incorporar los circuitos necesarios para la limitación de carga de las baterías.

La capacidad del regulador se obtiene de la producción en Ah de los paneles de la instalación. Para nuestro caso:

$$\text{Capacidad del Regulador} = \frac{\text{Produccion Diaria de Los Paneles}}{\text{Voltaje de operación de Los Paneles}}$$

$$\text{Capacidad del Regulador} = \frac{215 \text{ W} \times 33 \text{ paneles}}{24 \text{ V}} = 295.63 \text{ A}$$

Para 33 paneles de 215W/h en un arreglo de 24 V, la corriente máxima será de 295.63 A, que es lo mínimo que deberá soportar el regulador. En esta aplicación, se eligió el “**Controlador de Carga Xantrex C-60, 60Amp, 12/24V**”. Con lo que se usarán 5 Controladores de este tipo.

3.2.3.5 SELECCIÓN DEL INVERSOR.

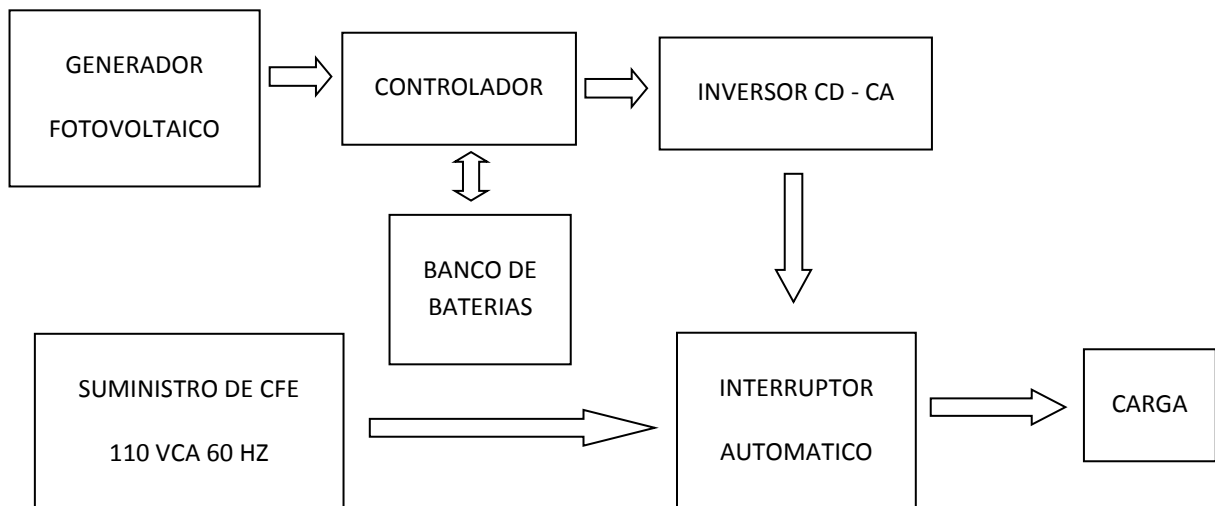
Por último el inversor CD/CA, para ello debemos estimar la potencia instantánea máxima que la instalación va a demandar.

En la tabla 3.18 se puede observar que la potencia máxima que las luminarias demandan es de 14,672 W.

A partir de esto se elijo el “Inversor Onda Senoidal Modificada SP-3000 24V 3000W”, para poder cubrir la potencia requerida es necesario de 5 unidades.

3.2.3.7 DIAGRAMA A BLOQUES DE LA CONEXIÓN DEL SFV Y CFE.

Como se mencionó anteriormente, las cargas se alimentarán principalmente con la energía obtenida por el SFV, en el momento en que el nivel de las baterías haya alcanzado el máximo nivel de descarga, el controlador dejará de suministrar energía al inversor y por ende a la carga, este último ahora se alimentara con la red eléctrica de CFE.



Del diagrama anterior:

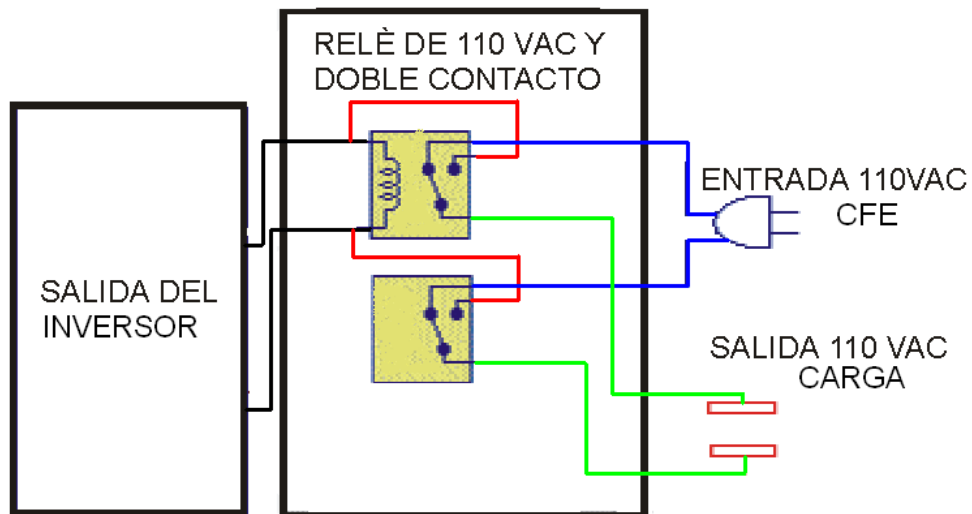
El Generador Fotovoltaico, controlador, banco de baterías e inversor son componentes del SFV.

3.2.3.8 CIRCUITO DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

Como se puede observar, este bloque está cumpliendo la función de un interruptor automático, ya que utiliza un relé de 110 VAC con doble circuito o switch ON-OFF. En el cual un circuito recibe los 110 VAC de la red (CFE) y el otro los 110 AC del inversor.

Cuando hay energía del Inversor, el relevador se activa permitiendo una salida de 110 VCA . Caso contrario, cuando no hay energía del Inversor, el relevador se desactiva, alimentando la carga con el suministro de CFE.

En otras palabras, siempre habrá un voltaje en la salida.



CONCLUSIONES

La localización de cualquier instalación que se abastece de electricidad con energía solar influye notablemente en el costo de la solución, y marca la diferencia entre hacerla competitiva o no respecto a la conexión a la red eléctrica, por lo tanto vemos que en nuestro país es más utilizada esta tecnología en proyectos en la zona rural.

Para determinar la energía eléctrica que se necesita, nos valimos del consumo de energía eléctrica de varios meses para poder observar el valor que requeríamos para hacer nuestros cálculos.

El abastecimiento eléctrico urbano con suministro eléctrico de la red en la que la selección de las lámparas se realiza de acuerdo a los gustos del comprador teniendo como puntos principales el costo del producto en comparación a de similares características, apariencia, etcétera y no el consumo eléctrico, en el caso de la energía solar el consumo eléctrico es punto fundamental en la selección de las lámparas, lo que pudimos constatar al hacer los cálculos.

Al realizar este trabajo nos pudimos percatar de la gran dificultad de obtener datos de radiación solar, este fue el primer inconveniente. Para que se pueda fomentar y facilitar la utilización de la energía solar, se debe contar con esta información, y que no sea de tan difícil acceso, las Universidades pueden ayudar en este aspecto en conjunto con el Gobierno.

Una herramienta que existe en contraposición al hecho de que no hay actualmente una facilidad de acceso a la información del potencial solar en distintas localidades, es el hecho de que instituciones extranjeras cuentan con aproximaciones y estimaciones que pueden ayudar a obtener valores de energía cercanos a los reales, lo que facilita y motiva el uso de estas tecnologías.

El costo del sistema solar depende mucho de la cantidad de energía que se deba entregar, ya que al aumentar la carga eléctrica, se deben incluir artefactos que elevan en gran medida el costo del sistema, como son las baterías, mayor número de paneles y en el caso de utilizar corriente alterna, los inversores, este tipo de tecnología se emplea más en áreas rurales donde el uso de aparatos que necesitan corriente alterna es menor, en cuyo caso se estaría contando con una verdadera fuente competitiva de energía.

La energía solar está teniendo cada día ventajas más grandes en cuanto a su utilización, nacidas del avance en la tecnología, su continuo abaratamiento, y la necesidad de cuidar el ambiente. Razón por la cual se puede pensar en estas energías como herramientas para la solución energética, sobre todo en los sectores rurales.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

<http://www.fide.org.mx/difusion/revista.html>

<http://www.freewatts.com.mx/>

<http://www.agelectronica.com/>

<http://www.ciemat.es/>

<http://www.erasolar.es/>

<http://www.homepower.com/home/>

<http://www.alternativasolar.com>

Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología



PANEL SOLAR FV ERDM SOLAR 215W.



En ERDM SOLAR la experiencia del cliente se traduce en el desarrollo de paneles solares de alta calidad, fabricados de manera totalmente automatizada. Con más de 30MW de capacidad total anual.

Para la fabricación de paneles solares sólo se emplea materiales de alta calidad y cada componente es inspeccionado en cada proceso de su fabricación. Los paneles vienen con una garantía limitada, líder en el mercado, de 25 años. Certificación en proceso. La póliza de garantía es disponible de manera separada.

Características Técnicas:

Potencia: 215W

Tolerancia: +/- 3%

Tensión a Potencia Pico: 26.3V.

Corriente Máxima: 8.2 A.

Voltaje a Circuito Abierto: 32 V.

Corriente de Corto Circuito: 8.5 A.

Parámetros Físicos:

Celdas: 54

Dimensiones (mm): 991 x 1480

Peso: 20 Kilos.

Temperatura de Funcionamiento(C): -40, +90

Funcionamiento en Condiciones Estándar de prueba

BATERÍA SURRETTE DE CICLO PROFUNDO 12V, 357AH



Las baterías de la Serie 5000, fabricadas especialmente para aplicaciones solares y de otras energías renovables, están diseñadas para una vida útil de 15 años.

Características

Diseño de placas gruesas y material activo de alta densidad

Construida con caja moldeada de espuma estructural

Separadores revestidos

Reserva de líquido aumentada

Insuperable número de ciclos, vida útil de 15 años

Menos peso

Mayor rigidez

Mayor durabilidad

Posibilidad de retirar la cámara de sedimentos, corregir los separadores en caso de desalineamiento, agrietamientos y acortamientos.

Permite usar placas más altas en la celda del mismo tamaño, lo que aumenta la capacidad.

Menos mantenimiento

Datos técnicos:

Voltaje: 12 V

Capacidad @ 100 Hrs: 357 Ah

Aleación: de la placa 4 % antimonio

Tipo de conexión de batería: Bandera de metal (en serie)

Tensión de carga (flotación): 2.2–2.3 VPC

Tensión de carga (en bruto): 2.37–2.40 VPC

Gravedad específica: 1,265

Electrolito: Ácido sulfúrico

Dimensiones

Longitud 559 MM 22 Pulgadas

Anchura 286 MM 11 Pulgadas ¼

Altura 464 MM 18 Pulgadas 1/4

Peso Húmedo 124 Kg - 262 Libras.

Placas por Celda 11

CONTROLADOR DE CARGA XANTREX C-60, 60AMP, 12/24V



Un controlador de carga es un componente importante del sistema que regula el voltaje generado por el sistema de energía renovable y para un mantenimiento correcto de las baterías. Impide que la carga de las baterías sea demasiado elevada o demasiado baja, y garantiza la máxima duración de las mismas. Los controladores de carga Xantrex están considerados como los mejores de la industria y ofrecen

diversas funciones. La serie C dispone de tres modelos, C35, C40 y C60, diseñados para 35, 40 y 60 amperios de CC.

Características

Funcionamiento muy eficaz, silencioso, con modulación de anchura de pulsos
Carga de las baterías en tres etapas (en bruto [bulk], absorción y flotación) con compensación de temperatura opcional
Protección automática contra sobrecargas, tanto en modo activo como pasivo
Protección contra inversión de polaridad y cortocircuitos del grupo FV
Construcción duradera
Controlado por microprocesador
Como controlador de carga solar

Si se utiliza como controlador de carga solar, el C40 puede controlar el funcionamiento de grupos de 12, 24 ó 48 VCC, y el C35 y el C60 pueden controlar el funcionamiento de grupos de 12 y 24 VCC

Especificaciones eléctricas

Configuraciones de voltaje: 12 y 24 VCC
Tensión máxima del conjunto en circuito abierto FV: 555 VCC
Carga/corriente de carga (a 25 °C): 60 A CC
Corriente pico máxima: 85 A
Caída de tensión máx. a través del controlador: 0.30 V
Consumo normal en funcionamiento: 15 mA
Consumo normal en estado inactivo: 3 mA
Tamaño de breaker recomendado: 60 A al 100% de la carga continua
Tamaño del cableado recomendado: #8ç6 AWG a 90 °C
Instalaciones con baterías de plomo-ácido: Ajustable
Instalaciones con baterías de NiCad: Ajustable
Modo de control de carga
Reconexión por baja tensión: Ajustable

INVERSOR ONDA SENOIDAL MODIFICADA SP-3000 24V 3000W



Los inversores Linkchamp conforman una excelente opción para aplicaciones de baja potencia como licuadoras y taladros pequeños, televisores, reproductores de videocintas y DVDs. Los inversores de la serie SP son eficientes (90 %) y confiables.

Potencia de salida

3000 W Potencia continua

5500 W Potencia máxima

Corriente en stand-by CD 24 V < 0.6 A

Voltaje de entrada CD 20 V~30 V

Voltaje de salida AC 120 V

Onda de salida Onda sinusoidal modificada

Eficiencia > 85 %

Control inicial Detección automática de la batería 12V/24V

Regulación de salida: $\pm 5\%$ AVR (regulación automática del voltaje) inteligente

Frecuencia de salida: 60 Hz Controlado por cristal

Refrigeración: Ventilador con operación automática

Protecciones:

Cortocircuito salida: Protección contra cortocircuito de salida

Batería baja¹ pre-alarma < 21.5 V \pm 0.5 V

Desconexión y alarma < 20 V \pm 0.5 V

Sobret temperatura¹ pre-alarma > 60 °C

Desconexión y alarma > 65 °C

Sobrecarga¹ pre-alarma > 3000 W

Desconexión y alarma > 3200 W

Polaridad inversa de la batería Por fusible

Fusible DC 24 V : 15 A * 16 pza.

Dimensiones: 360x169x152 mm

Peso neto 6.9 kg