



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN A BASE DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EMPLEANDO LÁMPARAS LED EN EL CORREDOR (PUMABUS), DE LA FES ZARAGOZA CAMPUS II”

# **T E S I S**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

**P R E S E N T A N:**

**FIDENCIO QUEZADA ALEJANDRO**

**GOMORA BECERRIL ROBERTO CARLOS**

DIRECTOR DE TESIS:

ING. EDUARDO VÁZQUEZ

MÉXICO, D.F.

2013



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA.



"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN A BASE DE  
CELDA FOTOVOLTAICAS EMPLEANDO LÁMPARAS LED EN EL CORREDOR  
(PUMABUS) DE LA FES ZARAGOZA CAMPUS II."

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A N:

FIDENCIO QUEZADA ALEJANDRO

GOMORA BECERRIL ROBERTO CARLOS

DIRECTOR DE TESIS:

ING. EDUARDO VÁZQUEZ

MÉXICO, D.F.

2013



## AGRADECIMIENTOS.

Le agradezco a mi familia por el apoyo incondicional, a mi casa madre por acogerme entre sus paredes y dejarme crecer con una visión del mundo mucho más grande y fantástica de este complejo sistema que se mueve como un reloj perfecto, donde cada cosa encaja como el engrane más perfecto y sobre todo muchas gracias a la carrera por enseñarme cómo funciona ese reloj tan perfecto y como puedo mejorarlo con cada acto e idea que salga de mi mente y de mi alma.

## ÍNDICE

RESUMEN. ....	8
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. ....	9
OBJETIVOS. ....	10
INTRODUCCIÓN. ....	11
1. MARCO TEÓRICO. ....	12
1.1. ANTECEDENTES. ....	12
1.2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA. ....	18
1.2.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y SUS APLICACIONES . ....	20
1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DE LÁMPARAS LED. ....	21
1.3.1. CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA LED. ....	27
2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA (SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MÉXICO). ....	31
2.1. APLICACIONES Y CAPACIDAD INSTALADA ACTUAL. ....	31
2.1.1 CASOS DE ÉXITO DE PAÍSES LÍDERES EN LA GENERACIÓN DE TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. ....	34
2.2. MARCO LEGAL Y REGULATORIO. ....	35
2.3. ANÁLISIS DE BARRERAS (ANÁLISIS FODA). ....	37
3. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA ACTUAL Y CÁLCULO DE LA ENERGÍA DEL SISTEMA PROPUESTO. ....	40
3.1. EQUIPOS Y DIMENSIONAMIENTOS. ....	44
3.2. PLANOS DE INSTALACIÓN. ....	50
3.2.1. TÍPICO DE INSTALACIÓN DE LAS TORRES. ....	53
3.2.2. TÍPICO DE CONTENEDOR DE BATERÍAS EN TORRE. ....	54

---

3.2.3. PLOT PLAN. -----	55
3.3. ARREGLO DE LA DISTRIBUCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LAS LÁMPARAS PARA LA ILUMINACIÓN DEL CORREDOR F.E.S. ZARAGOZA CAMPUS II. ---	56
4. FACTIBILIDAD FINANCIERA.-----	58
4.1. BALANCE FINANCIERO.-----	58
5. CONCLUSIONES. -----	68
6. RECOMENDACIONES. -----	69
BIBLIOGRAFÍA.-----	71
BREVIARIO. -----	75

## **RESUMEN.**

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño y construcción de un sistema de alumbrado en el corredor del Puma Bus de la F.E.S. Zaragoza Campus II el cual está compuesto de un sistema de celdas fotovoltaicas, lámparas LED y baterías de almacenamiento, entre otros componentes.

Los resultados de la investigación y de los cálculos arrojo que las lámparas LED's son las más idóneas para el sistema dado su bajo consumo de energía y su capacidad lumínica y el ahorro Económico acorde a lo necesario en las Normas Oficiales Mexicanas.

Las celdas fotovoltaicas son de tipo policristalinas las cuales después de haber realizado un calculo de demanda energética se instalaron seis torres con dos paneles de celdas FV con un total de 12 paneles que otorgan el requerimiento necesario para el abasto y almacenaje del sistema.

La ubicación del Sistema de Celdas Fotovoltaicas está debidamente bien distribuida con la finalidad de obtener los mejores resultados bajo las condiciones de operación requeridas.

## **.ABSTRACT.**

This paper aims to design and build a lighting system in the corridor of the FES Bus Puma Zaragoza Campus II which is comprised of a system of solar cells, LED lamps and storage batteries, among other components.

The results of the research and calculations throw LED lamps that are best suited for the system given its low power consumption and light capacity and Economic savings necessary according to the Mexican Official Standards.

Photovoltaic cells are polycrystalline type which after performing a calculation of energy demand six towers were installed two PV cells panels with a total of 12 panels that provide the necessary requirement for the supply and storage system. The location Photovoltaics System is properly laid out with the aim of obtaining the best results under the required operating conditions.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.**

El proyecto con visión de largo plazo tiene como propósito aprovechar la tecnología solar fotovoltaica para la iluminación del corredor del puma Bus Campus II, su implementación es una acción que garantiza sustentabilidad, además de que ayudara gradualmente a reducir gastos económicos de manera sustancial por mantenimiento y sustitución de las lámparas convencionales, además de que servirá para impulsar cada vez más la energías renovables.

Cabe hacer mención que actualmente representa la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, gracias a los avances tecnológicos, los costos de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras celdas solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que sus costo medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía tradicionales por lo cual hoy en día esta fuente de energía cada vez se acerca más a la población en general en múltiples aplicaciones que van de Electrificación de viviendas aisladas de la red eléctrica, Suministro eléctrico de instalaciones médicas en áreas rurales, Sistemas de comunicaciones, Bombeo para sistemas de riego etc.

Cabe destacar que el proyecto de la tecnología solar fotovoltaica contribuirá particularmente a brindar cada vez más, mejores servicios de infraestructura, seguridad y comodidad creando una atmósfera en que las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones futuras de la actual población de Académicos ,Estudiantes y Trabajadores, de la Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza Campus II.

## **OBJETIVOS.**

Este trabajo plantea la necesidad de sustituir un sistema de alumbrado convencional por uno a base de celdas fotovoltaicas y lámparas LED's en el corredor que se dirige hacia el transporte de la escuela.

El trabajo presenta la ubicación de las celdas fotovoltaicas así como el arreglo de las lámparas LED's, los cálculos para la cantidad de celdas y la energía generada por las celdas y el consumo estimado de las lámparas.

El punto número uno es un breve recordatorio de la energía y su clasificación y como la nueva cultura del ahorro es necesaria en un medio de consumo masivo de energéticos y de recursos no renovables.

El segundo punto, trata el tema de las celdas fotovoltaicas y su uso, además de los ciclos de vida del sistema y de las lámparas LED's para poder comprender mejor la perspectiva de su uso y aprovechamiento en las diversas áreas que pueden surgir.

El punto número tres, nos habla de la parte teórica del proyecto donde intervienen las diferentes disciplinas como son ingeniería eléctrica, y métodos numéricos, con las cuales podremos dar una apreciación de la cantidad de energía necesaria y las cantidades de material necesaria para el proyecto.

En el punto número cuatro, tiene la intención de explicar la conveniencia de utilizar el sistema desde la parte económica, puesto que se analizara la inversión del sistema y la tasa de retorno del mismo en términos de tiempo y dinero.

## INTRODUCCIÓN.

La iluminación es un tema de importancia dentro de nuestra cultura y al mismo tiempo el ahorro de energía es un tema que ninguno de nosotros puede dejar de lado, tomando en cuenta que para iluminar una área por un tiempo determinado, se necesita una cantidad determinada de energía eléctrica, la cual puede ser tomada de la red de abasto general o por una fuente de energía renovable como la solar.

Las energías renovables son un tema de auge en la actualidad, pero más que una tendencia de moda es una necesidad imperante para el abasto de los recursos del planeta, dado que la mayor fuente de energía en la tierra es la energía solar, anualmente llega a nuestro planeta una cantidad de energía que sería suficiente para satisfacer nuestros requerimientos diarios por más de cien veces el consumo actual.

El constante avance de la tecnología ha logrado los medios necesarios para poder aprovechar esta fuente de energía limpia aunado a nuevos sistemas de iluminación que son capaces de ahorrar hasta un 90% del consumo tradicional en comparación a los medios de iluminación tradicionales.

Las lámparas de LED eran conocidas desde mediados de los 90's pero actualmente su implementación comercial ha tenido un auge, por el uso más eficiente y su bajo costo actual.

Juntando estas dos tecnologías se logra proponer un sistema a base de un sistema de celdas fotovoltaicas y lámparas LED's que ayudaran a disminuir los costos de energía y contribuirán a disminuir la contaminación del planeta.

## 1. MARCO TEÓRICO.

La demanda incesante de energéticos es un problema que se incrementa exponencialmente año con año, dado el estilo de vida que se ha impuesto por parte de nuestras actividades diaria, las cuales pueden ser desde encender un foco, hasta operar maquinaria especializada, pasando por la comodidad de obtener comida fresca o disfrutar de entretenimiento, lo cual nos lleva al consumo de energía eléctrica.

### 1.1. Antecedentes.

¿Qué es la energía?

Lo primero que se debe de entender, es que es la energía no se crea ni se destruye, como argumentan las leyes de la termodinámica, lo segundo es saber cómo definirla dado que la energía está presente en todas partes, pero definiendo un sistema se puede comprender mejor, como la energía creada al quemar combustibles fósiles, estos liberan la energía en dos formas luz y calor, este es el encargado de calentar el agua y así podremos medir la cantidad de energía que aporta, por decirlo así un litro de gasolina o diésel, Pero esta energía se mide en poder calorífico el cual está representando en la Kcal/Kg de masa o Kj/Kg de masa.

Así para cada caso y dada la situación la energía puede tener diferentes formas de expresarse o medirse, pero para el presente trabajo se utilizaran los KW como unidad de medida, dado que estos son los empleados para medir la energía eléctrica

Energías renovables.

Estas se basan por principio de la sustentabilidad y es aquella que, a diferencia de la Energía tradicional (la tendencia tiende cada vez más a ser más cara, a

contaminar y en algún momento agotable), se puede obtener de fuentes naturales prácticamente infinitas como el sol, el aire y el oleaje.

Tipos de energía renovable.

Eólica: Energía cinética contenida en el viento.

Solar: Se aprovecha directamente de la radiación solar.

1. Fotovoltaica: Se transforma la energía solar en eléctrica con celdas principalmente hechas de silicio que reaccionan con la luz.
2. Termo Solar: Captación solar mediante colectores que almacenan calor.
3. Hidráulica: La energía potencial o cinética del agua transformada en electricidad.
4. Geotérmica: Energía térmica producida en el interior de la tierra.
5. Biomasa: Se obtiene a través de residuos animales y vegetales.

Energía solar

El aprovechamiento de la energía solar, se realiza principalmente mediante la utilización de dos tipos de tecnologías:

- Fotovoltaicas, que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas fotoeléctricas, hechas principalmente de silicio que reacciona con la luz.
- Termo solares, que usan la energía del sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C (planos), o "concentradores" con los que se obtienen temperaturas de hasta 500 °C.

¿Qué es el LED?

Un LED, siglas en inglés de Light-Emitting Diode (diodo emisor de luz) es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz policromática, es decir, con diferentes longitudes de onda, cuando se polariza de manera directa y es

atravesado por la corriente eléctrica. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo, pudiendo variar desde el ultravioleta, pasando por el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo, recibiendo éstos últimos la denominación de IRED (Infra-Red Emitting Diode).

Cultura del ahorro.

Esta ha tenido un bum desde la década de los 70 donde surgen movimientos en pro de la naturaleza y su cuidado, pero actualmente esta se ve más impulsada por la disminución de los recursos y su alza en los precios como por ejemplo el petróleo, o en algunos casos el carbón (este aun es una de las principales fuentes de producir energía en países emergentes y de primer mundo), lo que ha despertado un mayor interés, no solo del público si no de las industrias para disminuir costos como por ejemplo en el rubro de la calefacción y el alumbrado e iluminación.

Actualmente la mayor parte de los países cuenta con programas para disminuir o fomentar el consumo de energía o en otros casos programas para el uso de energías renovables y más limpias para disminuir los altos costos de los combustibles fósiles.

En la actualidad ya hay auditorías energéticas para conseguir disminuir el consumo de la energía no solo del tipo de los combustibles si no de la energía eléctrica que se usa en plantas u oficinas, esta suelen ofrecer disminuciones alrededor de un 12% a 20% de los costos por el uso de energía de cualquier tipo.

**ACUMULADORES (BATERÍAS).**

El acumulador, comúnmente conocido como batería es una de las partes importantes para el funcionamiento de algunos sistemas eléctricos y en general del automóvil. En la actualidad el desarrollo de la tecnología ha implementado que el uso del acumulador sea más eficiente y con un mayor tiempo de vida.

La carga, potencia y cantidad de amperaje así como, los tiempo de vida de estos varía dependiendo el uso y los materiales con los que están contruidos.

En régimen normal, el acumulador se carga por la corriente producida por el alternador o generador.

El acumulador realiza las siguientes funciones:

1. Suministrar corriente para el arranque o funcionamiento.
2. Suministrar corriente cuando la demanda de esta excede a la que es capaz de entregar al sistema de carga.
3. Estabilizar el voltaje del sistema durante el funcionamiento.
4. Proporcionar toda la electricidad del sistema.

#### Constitución y Funcionamiento

El acumulador está formado principalmente por una caja o cáscara, que es el recubrimiento de plástico, color negro regularmente, cerrada herméticamente para evitar fugas de líquido de la batería (llamado electrolito) resistente al ácido, a golpes leves, pero también ligera

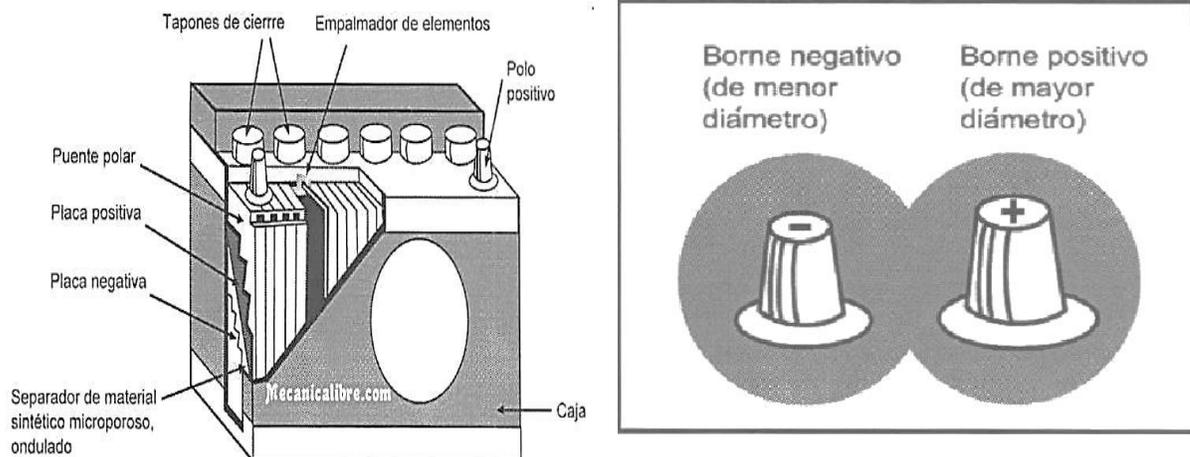


Figura 1: Estructura general del acumulador y bornes.

## BORNES

Los bornes o terminales de las baterías regularmente se encuentran situados en la parte superior de la batería. Son postes en forma cónica redondeados, forjados en frío. Existe también otro tipo de baterías con bornes o terminales laterales con rosca hembra (internas).

Los acumuladores con terminales superiores son menos problemáticos, ya que los vapores de la gasificación no se acumulan con facilidad, como en los acumuladores con terminales laterales, donde causan daños y corrosión. En la parte interior de los bornes, sobre la superficie de la carga, se indican los símbolos en forma moldeada con el fin de identificar la polaridad al realizar la conexión. Una conexión invertida puede ocasionar una avería en el sistema eléctrico.

## PLACAS

Contienen el material activo sobre una rejilla plana. Las negativas cargadas contienen plomo esponjoso (Pb), que es de un color gris. Las placas positivas cargadas contienen peróxido de plomo (PbO<sub>2</sub>), que es de un color marrón oscuro. Una cantidad similar de placas, ya sean negativas o positivas, se conecta a una barra para formar un grupo de placas. Cada grupo de placas va soldado a una brida. El material de la placa es seco y sólido, pero poroso; de esta manera el electrolito no puede penetrar. Las rejillas son conductoras de la corriente generada por los materiales de la placa. Los grupos de placas están unidos a una lámina de contacto del poste o varillas,

## ELECTROLITO

Otro de los componentes elementales de la batería es el electrolito, el cual en una solución o mezcla de agua con ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico es la parte química activa de la solución que reacciona con los materiales activos de las placas para producir electricidad.

Conviene recordar, antes de conocer el proceso electroquímico, que una batería está formada por tres elementos de dos voltios de tensión cada uno (6 voltios de tensión total) o seis elementos con un total de 12 voltios.

Cada elemento comprende dos series de placas (electrodos) Uno de los electrodos es de peróxido de plomo y el otro de plomo esponjoso, como se mencionó. Cuando un elemento está en funcionamiento, el ácido reacciona con las placas y convierte la energía química en energía eléctrica. En el electrodo de peróxido de plomo se produce una carga positiva y en el de plomo esponjoso una carga negativa.

La corriente eléctrica pasa en el circuito de las placas negativas a las positivas y retoma al electrolito. Al persistir la reacción química, en la superficie de ambos electrodos se forma sulfuro de plomo y el ácido sulfúrico se convierte en agua. Cuando las superficies de las dos placas se haya convertido totalmente en sulfatos, la batería se habrá descargado. Si se carga de nuevo, los electrodos volverán a su estado primario y se regenerará el ácido sulfúrico. El proceso que se realiza durante la descarga y la carga del acumulador se muestra a continuación.

#### TIEMPO DE CARGAS

El tiempo de vida de una batería depende de la profundidad de régimen carga-descarga (ciclado), es por ello que el tamaño de banco de baterías es determinante en su vida útil. Estos ciclos se refieren a los periodos de carga y descarga se recomienda que la batería no se descargue a un máximo del 10% de su capacidad y que tampoco se cargue a un máximo del 90% de esta, para evitar la corrosión excesiva del cátodo y ánodo de esta.

La mayoría de las baterías de un amperaje mayor a 100, tiene ciclos de carga profunda para alargar su vida útil, estos pueden variar de tres a seis horas dependiendo la capacidad. Quedando en un promedio de un 80% de su capacidad total, la carga al 100% tiende a dispararse a periodos largo muy excesivos de entre 10 y 20 horas para la carga antes dicha.

## 1.2. Principios de Funcionamiento y descripción de la tecnología.

A pesar de que fue sino hasta mediados del siglo pasado, cuando el uso de la energía solar para generar electricidad materializó sus primeras aplicaciones (principalmente durante los inicios de la carrera espacial entre Estados Unidos y la Ex Unión Soviética), el fenómeno que dio su origen fue observado por primera vez hace más de 100 años.

Este fenómeno, denominado "efecto fotovoltaico", es bastante simple y, de manera general, se puede explicar de la siguiente forma:

- Cuando la luz solar incide sobre dos capas de un material semiconductor (es decir, Aquellos que solo conducen la electricidad bajo ciertas condiciones), esta provoca la Liberación de electrones, los cuales fluyen desde la capa inferior hacia la superior del Semiconductor.
- Si hacemos pasar estos electrones (electricidad) a través de una o varias cargas Eléctricas (por ejemplo, una lámpara) cederán entonces su energía;
- Finalmente, el proceso se repite al recombinarse los electrones con el material Semiconductor de la capa superior.

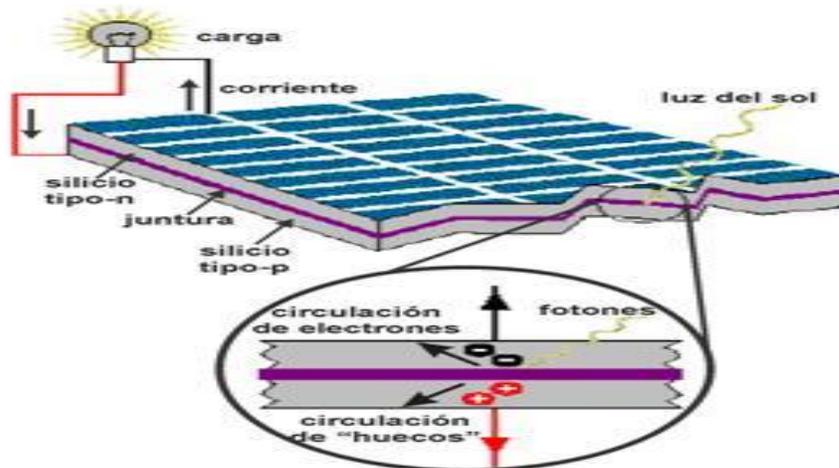


Figura 2: Representación general del efecto fotovoltaico

Hoy este fenómeno se aprovecha mediante la fabricación de pequeñas placas, denominadas celdas fotovoltaicas, las cuales están hechas, principalmente, de silicio (uno de los elementos más abundantes en la tierra). Un arreglo formado por varias de estas celdas, las cuales se conectan unas con otras de forma secuencial y en paralelo, son encapsuladas para formar un dispositivo denominado módulo o panel fotovoltaico. Un conjunto de estos paneles se montan generalmente en soportes o estructuras, aunque hoy pueden quedar integrados como elementos de sombra, o incluso, como parte de las fachadas de algunos edificios. En la siguiente figura se puede observar un arreglo de ensamble de un módulo fotovoltaico:

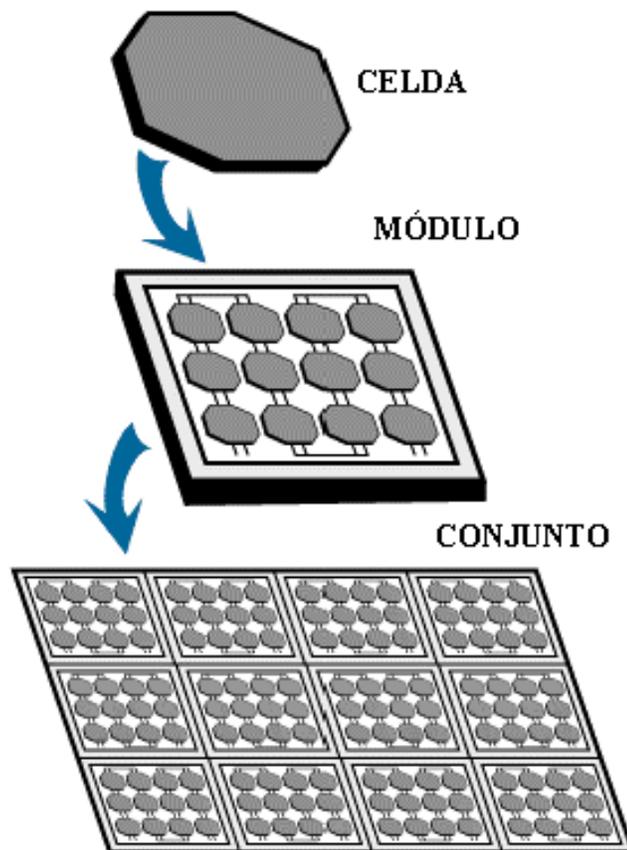


Figura 3: Elementos de un panel y conjunto fotovoltaico

Fuente: [www.anes.org/anes/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=11](http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=11)

Una particularidad de la energía fotovoltaica es que la electricidad es entregada como corriente directa (o continua), por lo que en conexión a la red eléctrica todavía es necesario transformarla en corriente alterna (la forma como la CFE entrega la electricidad en nuestros hogares). Es por esta razón que para poder aprovechar la energía solar, en la mayoría de los casos, se requiere de un inversor de corriente, el cual junto con los demás componentes eléctricos forman lo que se denomina un sistema fotovoltaico.

Una de las principales ventajas de los sistemas fotovoltaicos es que prácticamente no requieren mantenimiento a lo largo de su vida útil (aproximadamente 20 años); por el contrario, sus costos de inversión inicial todavía son altos comparado con otras tecnologías; sin embargo, los costos de operación y mantenimiento son prácticamente nulos dado que no se requiere emplear ningún combustible para la generación de electricidad. Se espera que tanto sus costos de inversión como de generación sigan disminuyendo significativamente en el transcurso de los próximos años.

### **1.2.1 Sistemas Fotovoltaicos y sus aplicaciones .**

Desde su aparición en la industria aeroespacial, donde se ha convertido en el medio más viable para suministrar energía eléctrica en las aeronaves espaciales , la energía solar fotovoltaica ha desarrollado un gran número de aplicaciones y ha estado en desarrollo en diferentes áreas del conocimiento por ejemplo en la producción industrial a gran escala de paneles fotovoltaicos durante la década de los años 80 y entre sus diferentes aplicaciones se pueden destacar:

- Centrales conectadas a red para suministro eléctrico.
- Electrificación de pueblos en áreas remotas (electrificación rural).
- Suministro eléctrico de instalaciones médicas en áreas rurales.
- Corriente eléctrica para viviendas aisladas de la red eléctrica.
- Sistemas de comunicaciones de emergencia.

- Sistemas de vigilancia de datos ambientales
- Faros, boyas y balizas de navegación marítima.
- Bombeo para sistemas de riego
- Postes de SOS (Teléfonos de emergencia en carretera).
- Parquímetros etc.

En entornos aislados, donde se requiere poca potencia eléctrica y el acceso a la red es difícil, como señalización de vías públicas, las placas fotovoltaicas se emplean como alternativa económicamente viable. Para comprender la importancia de esta posibilidad, conviene tener en cuenta que aproximadamente una cuarta parte de la población mundial todavía no tiene acceso a la energía eléctrica.

### **1.3 Funcionamiento de la tecnología de Lámparas LED.**

El primer LED comercialmente utilizable fue desarrollado en la década de los 70's, combinando Galio, Arsénico y Fósforo (GaAsP) con lo cual se consiguió un LED rojo con una frecuencia de emisión de unos 650 nm. con una intensidad relativamente baja, aproximadamente 10 mcd @20mA, (mcd = milicandela, posteriormente explicaremos las unidades fotométricas y radiométricas utilizadas para determinar la intensidad lumínica de los LED's).

Después de esto los intentos para conseguir nuevos materiales que pudieran ofrecer las diferentes frecuencia necesaria para obtener los colores primarios no tuvieron mucho éxito hasta la década de los 90's donde apareció en el mercado tal vez el material más exitoso para producir LED's hasta la fecha el AlInGaP (Aluminio, Indio, Galio y Fósforo). Las principales virtudes de este tetra compuesto son que se puede conseguir una gama de colores desde el rojo al amarillo cambiando la proporción de los materiales que lo componen y segundo, su vida útil es sensiblemente mayor, a la de sus predecesores, mientras que los primeros

LED's tenían una vida promedio efectiva de 10000 horas los actuales ya cuenta con 50 000 horas útiles. En la actualidad los LED's se están convirtiendo en una opción viable para la economía de todo el público, desde el uso en grandes empresas, alumbrado público y en el hogar, este paso es importante puesto que el ahorro de energía que representa en comparación de las otras dos formas de iluminación actual ( lámparas fluorescentes y lampas incandescentes) puede ser de un 80% a 33% lo cual ya es muy significativo tanto para el ahorro en el consumo de energía, como para el ambiente a ayudar a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Cuando se fabrica el LED, se lo hace depositando por capas a modo de vapores, los distintos materiales que componen el LED, estos materiales se depositan sobre una base o sustrato que influye en la dispersión de la luz. Los primeros LED's de AllnGaP se depositaban sobre sustratos de GaAs el cual absorbe la luz innecesariamente. Un adelanto en este campo fue reemplazar en un segundo paso el sustrato de GaAs por uno de GaP el cual es transparente, ayudando de esta forma a que más luz sea emitida fuera del encapsulado. Por lo tanto este nuevo proceso dio origen al TS AllnGaP (Transparent Substrate) y los AllnGaP originales pasaron a denominarse AS AllnGaP (Absorbent Substrate).

A final de los 90 se cerró el círculo sobre los colores del arco iris, cuando gracias a las tareas de investigación del Shuji Nakamura, investigador de Nichia, una pequeña empresa fabricante de LED's de origen japonés, se llegó al desarrollo del LED azul, este LED siempre había sido difícil de conseguir debido a su elevada energía de funcionamiento y relativamente baja sensibilidad del ojo a esa frecuencia (del orden de los 460 nm). Hoy en día coexisten varias técnicas diferentes para producir luz azul, una basada en el SiC Silicio - Carbono otras más que con el tiempo se han convertido en obsoletas lo cual puede dejar solamente a esta como opción final.

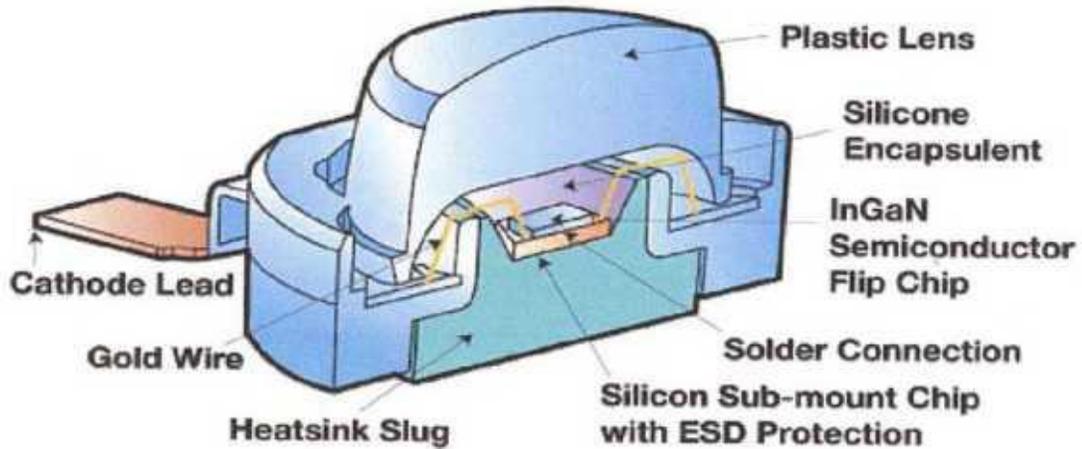


Figura 4. LED de alta intensidad (Fuente: LumiLeds)

Características físicas de los LED's.

Principio Físico.

El fenómeno de emisión de luz está basado en la teoría de bandas, por la cual, una tensión externa aplicada a una unión p-n polarizada directamente, excita los electrones, de manera que son capaces de atravesar la banda de energía que separa las dos regiones.

Si la energía es suficiente los electrones escapan del material en forma de fotones. Cada material semiconductor tiene unas determinadas características que y por tanto una longitud de onda de la luz emitida.

En la siguiente tabla se muestran las longitudes de onda de algunos compuestos del Galio utilizados en la fabricación de diodos LED:

<b>Frecuencia</b>	<b>Color</b>	<b>Material</b>
<b>940</b>	<b>Infrarrojo</b>	<b>GaAs</b>
<b>890</b>	<b>Infrarrojo</b>	<b>GaAlAs</b>
<b>700</b>	<b>Rojo profundo</b>	<b>GaP</b>
<b>660</b>	<b>Rojo profundo</b>	<b>GaAlAs</b>
<b>640</b>	<b>Rojo</b>	<b>AlInGaP</b>
<b>630</b>	<b>Rojo</b>	<b>GaAsP/GaP</b>
<b>626</b>	<b>Rojo</b>	<b>AlInGaP</b>
<b>615</b>	<b>Rojo - Naranja</b>	<b>AlInGaP</b>
<b>610</b>	<b>Naranja</b>	<b>GaAsP/GaP</b>
<b>590</b>	<b>Amarillo</b>	<b>GaAsP/GaP</b>
<b>590</b>	<b>Amarillo</b>	<b>AlInGaP</b>
<b>565</b>	<b>Verde</b>	<b>GaP</b>
<b>555</b>	<b>Verde</b>	<b>GaP</b>
<b>525</b>	<b>Verde</b>	<b>InGaN</b>
<b>525</b>	<b>Verde</b>	<b>GaN</b>
<b>505</b>	<b>Verde turquesa</b>	<b>InGaN/Zafiro</b>
<b>498</b>	<b>Verde turquesa</b>	<b>InGaN/Zafiro</b>
<b>480</b>	<b>Azul</b>	<b>SiC</b>
<b>450</b>	<b>Azul</b>	<b>InGaN/Zafiro</b>
<b>430</b>	<b>Azul</b>	<b>GaN</b>
<b>425</b>	<b>Azul</b>	<b>InGaN/Zafiro</b>
<b>370</b>	<b>Ultravioleta</b>	<b>GaN</b>

Tabla 1. Materiales necesarios para producir los colores deseados y las frecuencias de estos.

A diferencia de las lámparas de incandescencia cuyo funcionamiento es por una determinada tensión, los LED's funcionan por la corriente que los atraviesa. Su conexión a una fuente de tensión constante debe estar protegida por una resistencia limitadora

Existen básicamente 4 tipos de encapsulado si lo catalogamos por su color.

- Transparente o clear water (agua transparente): Es el utilizado en LED's de alta potencia de emisión, ya que el propósito de estos LED's es fundamentalmente iluminar, es importante que estos encapsulados no absorban de ninguna manera la luz emitida.
- Coloreados o tinted: Similar al anterior pero coloreado con el color de emisión de sustrato similar al vidrio de algunas botellas, se usa principalmente en leds de mediana potencia y/o donde sea necesario identificar el color del led aun apagado.
- Difuso o difused: Estos LED's tiene un aspecto más opacos que el anterior y están coloreados con el color de emisión, poseen pequeñas partículas en suspensión de tamaño microscópicos que son las encargadas de desviar la luz, este tipo de encapsulado le quita mucho brillo al LED pero le agrega mucho ángulo de visión ya que los múltiples rebotes de la luz dentro del encapsulo le otorgan un brillo muy parejo sobre casi todos los ángulos prácticos de visión.

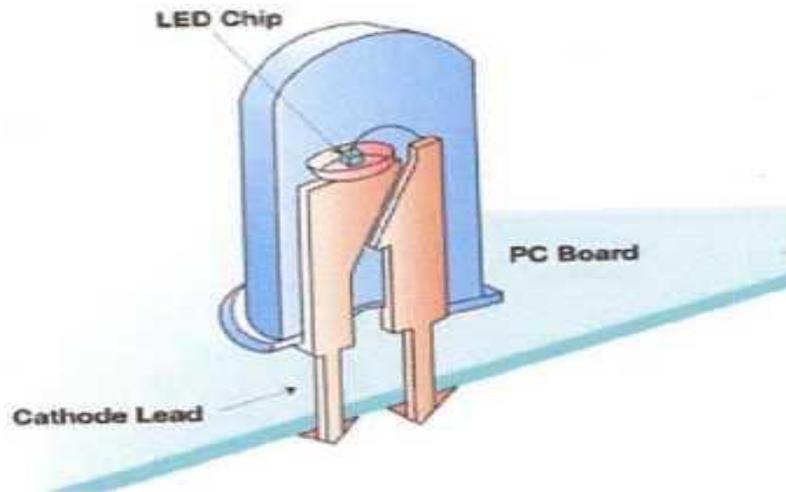


Figura 5. T-1 3/4 ó LED de 5 mm (Fuente: LumiLeds)

- Lechosos o Milky: Este tipo de encapsulado es un tipo difuso pero sin colorear, estos encapsulados son muy utilizados en LED's bicolors o

multicolores. El LED bicolor es en realidad un LED doble con un cátodo común y dos ánodos (3 terminales) o dos LED colocados en contraposición (2 terminales). Generalmente el primer caso con LED's rojo y verde es el más común aunque existen otras combinaciones incluso con más colores.

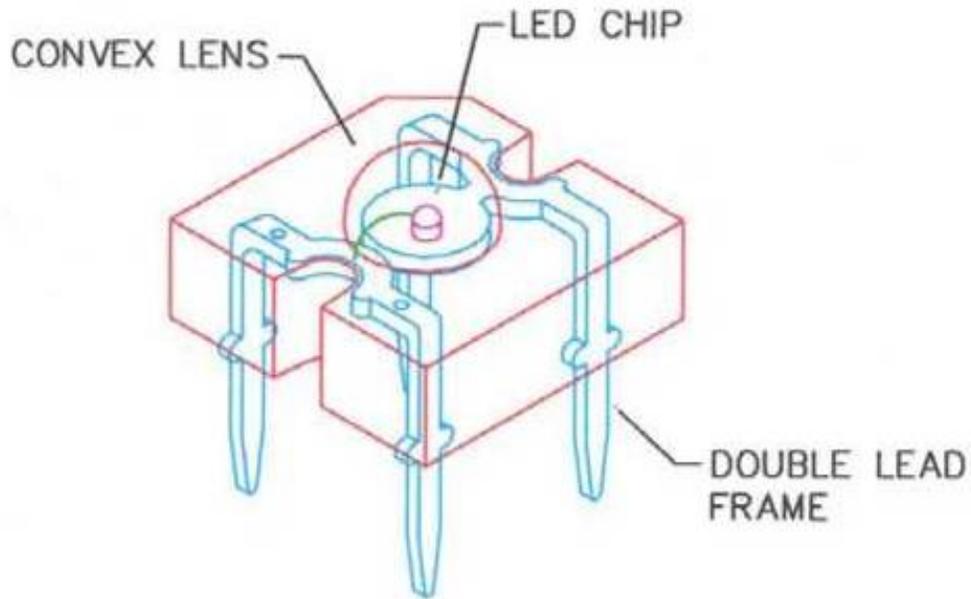


Figura 6. LED de alto brillo (Superflux)

La mayoría de los LED's tienen un encapsulado comercial de plástico con una lente directamente sobre la unión p-n. No todos los fotones generados por la unión salen de la superficie del LED.

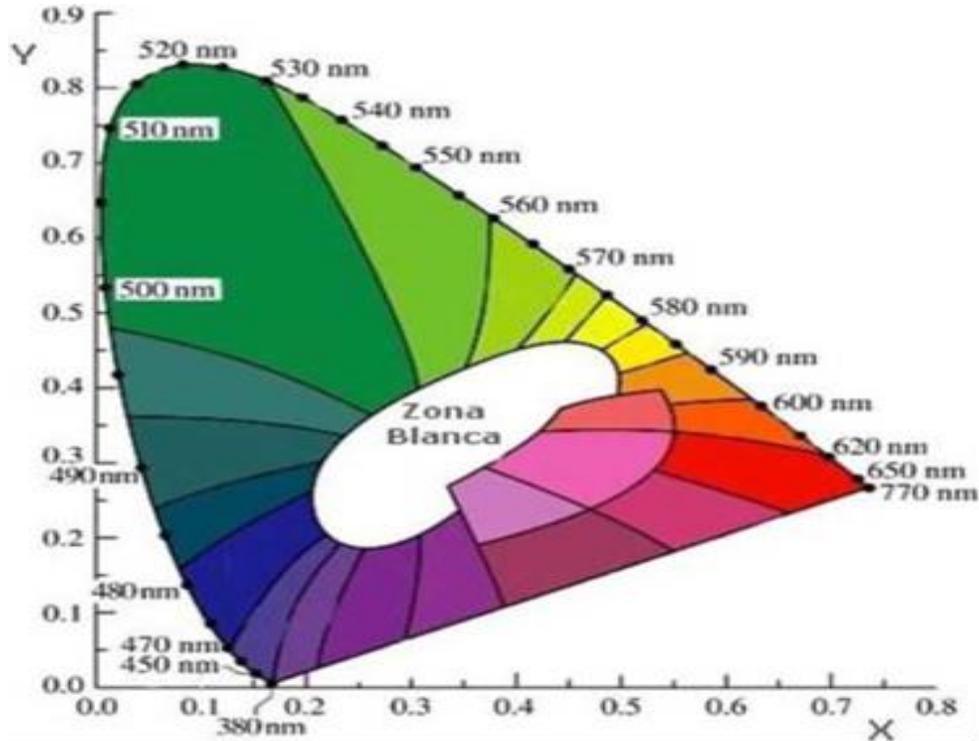


Grafico 1. Simplificado del triángulo de Maxwell o Diagrama de Cromaticidad CIE.

### 1.3.1. Ciclo de vida de un Sistema LED.

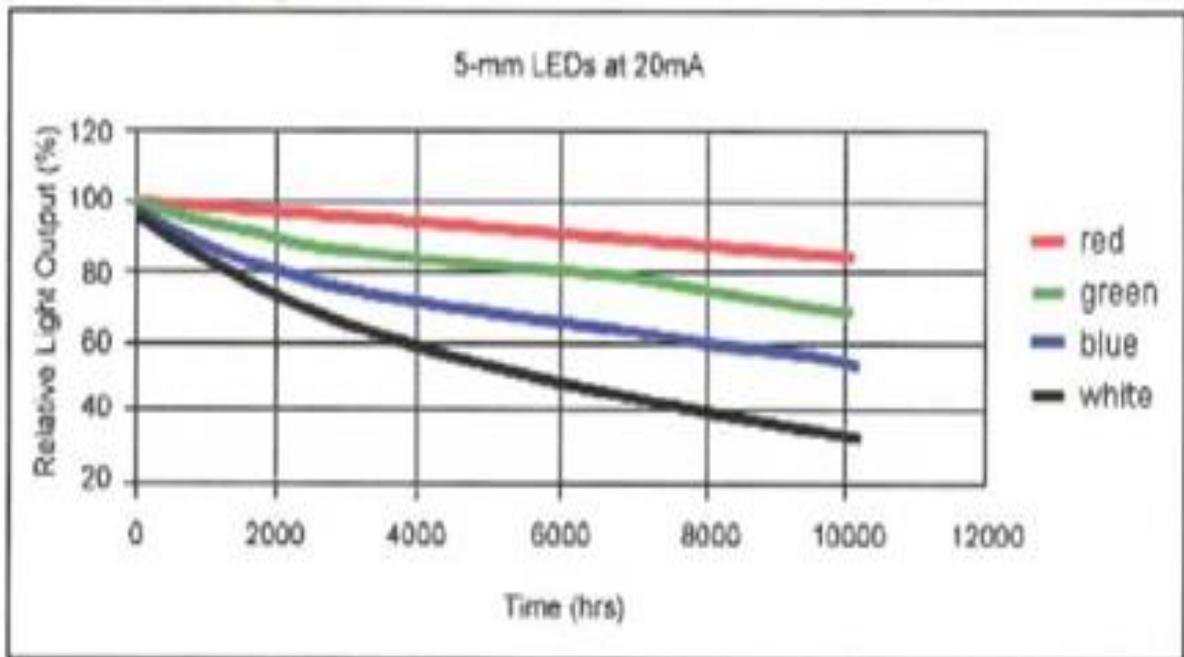
Es de notar que muy difícilmente un LED se queme, si puede ocurrir que se ponga en cortocircuito o que se abra como un fusible e incluso que explote si se le hace circular una elevada corriente, pero en condiciones normales de uso un LED se degrada o sea que pierde luminosidad a una tasa del 5 % anual. Cuando el LED ha perdido el 50% de su brillo inicial, se dice que ha llegado al fin de su vida útil y eso es lo que queremos decir cuando hablamos de vida de un LED. Un rápido cálculo nos da que en un año hay 8760 horas por lo que podemos considerar que un LED de AlInGaP tiene una vida útil de más de 10 años. Como dijimos uno de factores fundamentales que atentan contra este número es la temperatura, tanto la temperatura ambiente como la interna generada en el chip, por lo tanto luego nos referiremos a técnicas de diseño de circuito impreso para bajar la temperatura.

Actualmente no existe una normalización en el cálculo de vida útil de los LEDs. Análogamente a una lámpara de descarga, el LED raramente tiene un fallo total, aunque sí sufre un lento proceso de pérdida en su rendimiento denominado degradación luminosa.

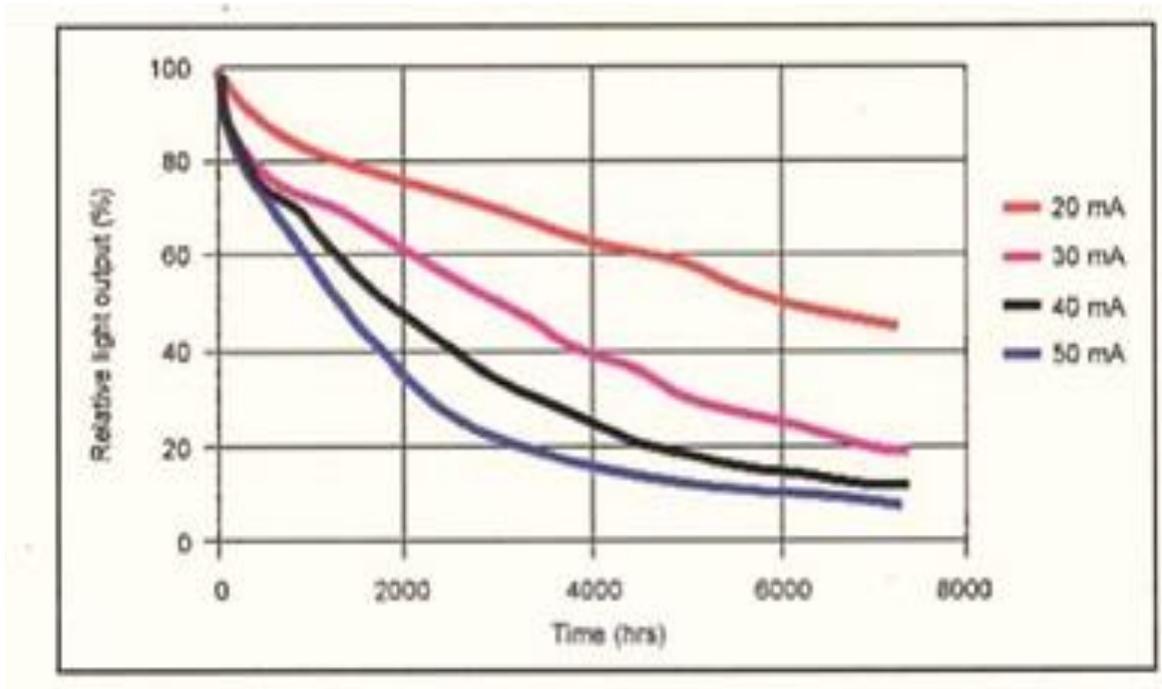
Generalmente, un ligero nivel de reducción de luz en un corto espacio de tiempo no es excesivamente importante mientras no llegue al 80% de su valor inicial (Kryszczuk y Boyce.).

La degradación luminosa depende de los siguientes factores:

- encapsulado (comentado anteriormente)
- temperatura de funcionamiento del chip semiconductor
- intensidad de trabajo
- color



Grafica 2. Degradación luminosa en los LEDs de 5mm rojos, verdes, azules y blancos.



Grafica 3. Degradación de los LED's de 5mm con diferentes corrientes de trabajo. (Data based on Literature of Lighting Research Center)

Los sistemas de iluminación a base de LED's tiende a superar las 50000 horas de uso continuo, con una capacidad de transformar el 80% de la energía en luz, el otro 20% se convierte en calor, pero no emitido directamente por los diodos sino por el chip semiconductor que todos poseen pues en este se lleva a cabo la transición de la corriente y esto se debe al efecto de Faraday de la resistencia de corriente.

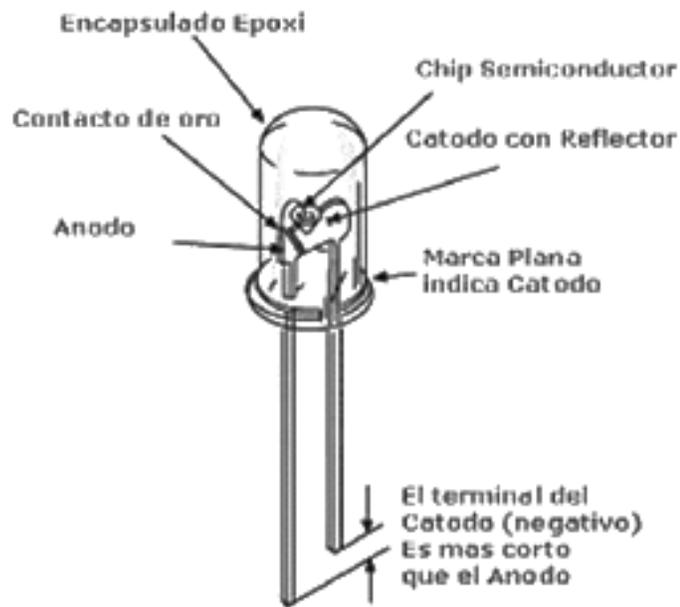


Figura 7. Estructura de un LED

Resumiendo:

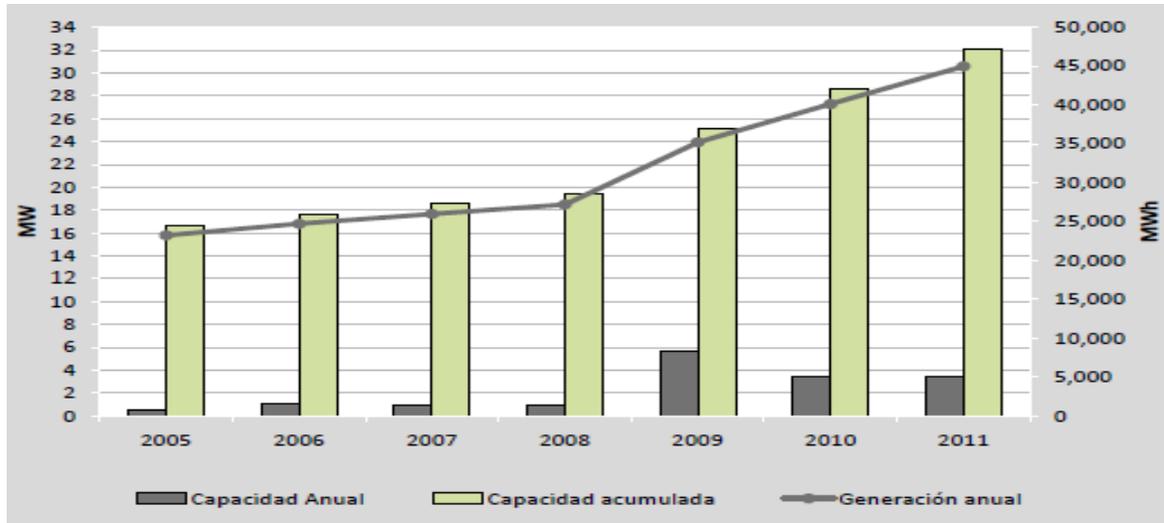
- Vida útil de 50000 horas sin pérdida de luminosidad.
- Eficiencia lumínica de hasta el 90%.
- Ahorro energético hasta del 80%.
- Tecnología Verde, dado que ninguno de sus componentes utiliza Mercurio ni materiales peligrosos para el ambiente y casi en su totalidad pueden ser reciclados.
- Disminución del CO<sub>2</sub> a la atmosfera por su bajo consumo energético.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA (SISTEMA FOTOVOLTAICO EN MÉXICO).**

Este sistema es conocido desde hace algún tiempo pero los costos de fabricación y la baja demanda de celdas fotovoltaicas, retraso por mucho tiempo su avance, pero a partir de la entrada del siglo XXI, Europa empezó una carrera de desarrollo para mejorar la captación de la energía y una mejora en los diseños para así poder tener un verdadero crecimiento en la demanda de las celdas, aunado a la imperante necesidad del ahorro de la energía y el uso de las energías renovables como marco de sustentabilidad.

### **2.1. Aplicaciones y capacidad instalada actual.**

De acuerdo con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), hasta el año 2006, prácticamente todos los sistemas fotovoltaicos, instalados en México, se encontraban en aplicaciones aisladas de la red eléctrica (proyectos de electrificación rural, comunicaciones, señalamientos, bombeo de agua y refrigeración). Sin embargo, a partir del año 2007 se cuenta con registros de aplicaciones conectadas a la red eléctrica. Esta tendencia se ha mantenido en los años posteriores de tal manera que en el año 2010, de los 3.5 MWp instalados en ese año, alrededor del 94% fueron sistemas conectados a la red eléctrica. Como se observa en la siguiente figura, la capacidad anual instalada (sistemas aislados y conectados a la red) ha mostrado un comportamiento fluctuante en el periodo 2005 – 2010. En términos acumulados, la capacidad aumentó de 16.5 MWp a 28.62 MWp. Respecto a la generación anual de electricidad, esta aumentó de 23,235 MWh en el año 2005 a 40,115 MWh en el año 2010.



Grafica 4: Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas F.V. en México. Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2012

Como se puede observar en la siguiente tabla, los proyectos de mayor tamaño se realizan en los sectores comercial e industrial. Sin embargo, y aunque todavía son pocos, existen proyectos piloto en el sector residencial, los cuales desde hace algunos años están aportando información real que permitirá identificar los beneficios y las soluciones técnicas requeridas para mejorar el desempeño de estos sistemas en conexión a la red.

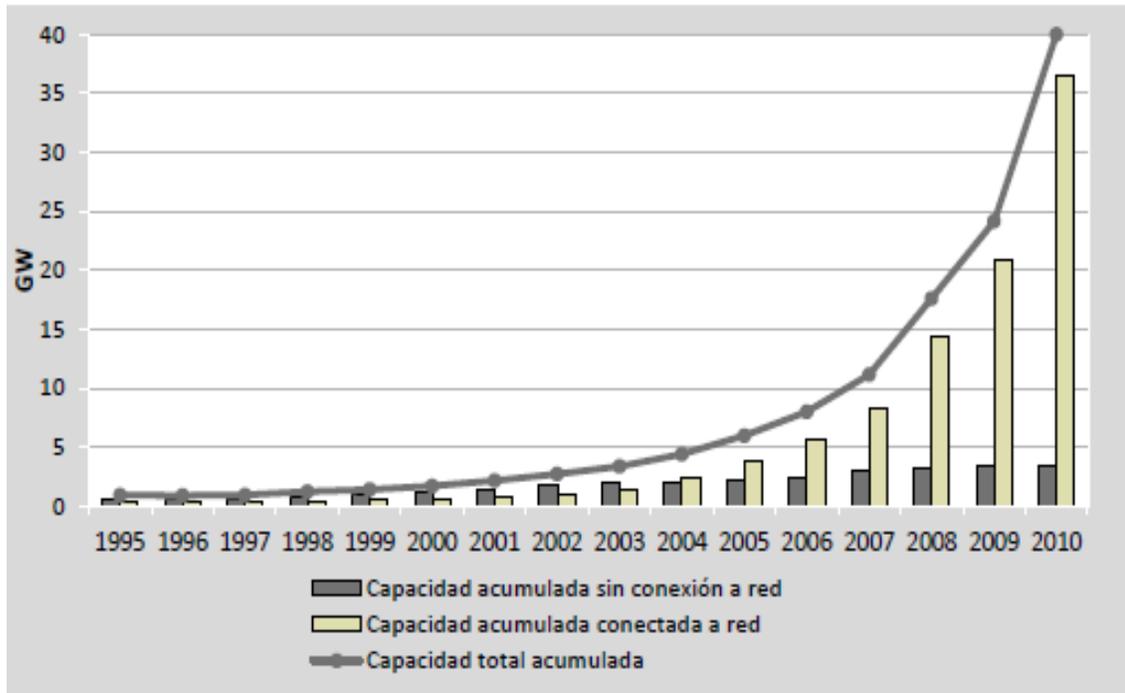
Evolución de la capacidad instalada con sistemas F.V.

Mientras que en 1990 la mayoría de los sistemas F.V. eran utilizados en sistemas aislados o autónomos, la última década del siglo XX fue especialmente importante para su penetración en conexión a la red eléctrica a nivel mundial. Esta tendencia se ha mantenido en los años posteriores, de tal forma que en el periodo 2000 - 2009 la capacidad total instalada mostró una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de 60%. Así, durante el año 2009 se adicionaron 7 GW, alcanzando un total de 24 GW, de los cuales 21 GW corresponden a sistemas conectados a la red eléctrica (casi 7% de la capacidad total con energía renovable, excluyendo a las grandes hidroeléctricas), mientras que el resto (3-4 GW) a sistemas aislados.

Para el año 2010, un estimado de 17 GW de capacidad fueron adicionados, principalmente conectados a la red eléctrica, ubicando la capacidad total a nivel mundial en 40 GW.

Sector	Lugar y Año	Modalidad y Desarrollador	Potencia [kWp]	Observaciones
Industrial	Aguascalientes (2011)	Autoabastecimiento: Autoabastecimiento Renovable S.A de C.V	3800	Se otorgó el permiso para uso de los miembros de la sociedad de autoabastecimiento
Comercial	Aguascalientes (2009)	Autoabastecimiento: Walmart de México, Aleo Solar AG,G3 Serv. Amb.	174	En operaciones; para el suministro de 20 % de la demanda anual requerida por la tienda
	Distrito Federal (2006)	Autoabastecimiento: The Green Córner	30.6	En operaciones :para caracterizar su operación y evaluar el desempeño e interacción con la red
Otros	Distrito Federal - Iztapalapa (2009)	Autoabastecimiento: Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto de Investigaciones Eléctricas	60	En operaciones :para caracterizar su operación ,formar recursos humanos sensibilizar a la comunidad universitaria
	Nuevo León (2002)	Prueba Piloto: IIE e Iniciativa Privada	1	En operación: para autoabastecimiento de instalaciones municipales
Residencial	Tijuana, Guadalajara y Región Laguna (2008)	Autoabastecimiento	10 -- 20	En operación: bajo el esquema de "medición neta" (10 sistemas de 1 a 2 KWp, cada uno).
	Mexicali, Baja California (2006)	Autoabastecimiento Gob. Del Estado, CFE,IIE	220	En operación; primer vecindario solar en México (220 casas con sistemas de un KWp cada una); para evaluar el desempeño técnico, beneficios económicos al usuario y al sistema eléctrico.
	La Paz, Baja California Sur (2006)	Prueba Piloto Usuario DAC;IIE CFE, Iniciativa Privada	6	En operación; reclasificación de una tarifa de alto consumo (DAC) a una más baja.

Tabla 2: Principales proyectos con sistemas F.V. conectados a la red en México

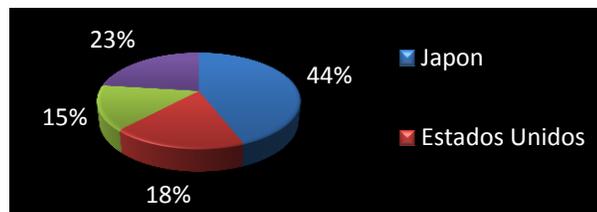


Grafica 5: Capacidad instalada con sistemas FV a nivel mundial 1995 – 2010, Fuente: Elaboración GIZ con datos de REN 21, 2011

### 2.1.1 Casos de éxito de países líderes en la generación de tecnología solar fotovoltaica.

En 2010, 7 países contaban con una capacidad instalada acumulada superior a 1 GW: Alemania (17.3 GW), España (3.8 GW), Japón (3.6 GW), Italia (3.5 GW), Estados Unidos (2.5 GW), la República Checa (2 GW) y Francia (1 GW). Estos 7 países representaron el 87% de la capacidad con sistemas FV a nivel mundial durante ese mismo año.

#### 800 MWp (2000) (a)



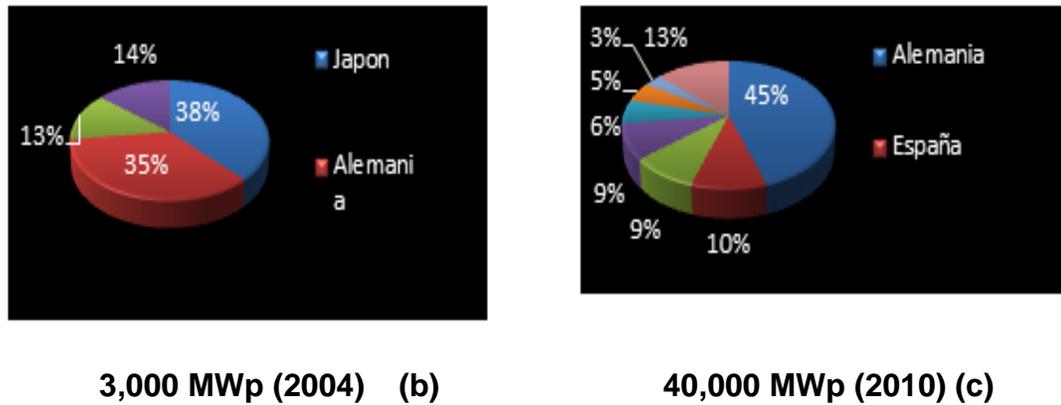


Figura 8: Capacidad instalada con sistemas FV en países líderes 2000 – 2010 (a), (b) y (c) Fuente: Elaboración GIZ con datos de IEA, 2010; REN 21, 2011

## 2.2. Marco legal y regulatorio.

Las normas aplicables a este trabajo son la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo y la Norma Oficial Mexicana NOM-013-ENER-2004, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas. Estas hacen un hincapié en la importancia de la iluminación adecuada para cuidar la salud y integridad del personal y los peatones respectivamente.

Las demás normas no serán tan mencionadas por no entrar dentro de los alcances del presente trabajo pero podremos mencionar algunas como la NFR-053-pemex-2008 que habla sobre la aplicación de la protección y recubrimiento anticorrosiva para instalaciones superficiales.

La PROY-NMX-ES-002-NORMEX-2006, que nos permite trabajar usando el vocabulario especializado para esta área de trabajo.

La NOM-025-STPS-2008 habla en su punto 7, tabla 1 a cerca de los niveles de iluminación, para las diferentes tareas visuales de trabajo y las áreas donde se realizaran así como del nivel de iluminación que se debe de tener en estos.

<b>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</b>	<b>Área de Trabajo</b>	<b>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</b>
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: Inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: Ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: Maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados	1000

inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	con pulidos finos.	
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• de bajo contraste y tamaño muy</li> <li>• pequeño por periodos prolongados;</li> <li>• exactas y muy prolongadas, y muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.</li> </ul>	2000

Tabla 3. Niveles de iluminación por área de trabajo.

NORMA Oficial Mexicana NOM-013-ENER-2004, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas. Dentro de esta norma nos incluimos en el punto 5.3.3 para paraderos lo que nos relaciona en el espacio con el valor mínimo de eficiencia de iluminación, en su apartado 6, primer párrafo, donde es importante remarcar que la cantidad mínima de eficiencia es de 22 lm/W.

### 2.3. Análisis de barreras (análisis FODA).

FODA (en inglés *SWOT*), es la sigla usada para referirse a una herramienta analítica que le permitirá trabajar con toda la información que posea sobre su negocio o proyecto, útil para examinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de su negocio y el entorno en el cual éste compite. El análisis FODA tiene múltiples aplicaciones y puede ser usado por todos los niveles de la corporación y en diferentes unidades de análisis tales como producto, mercado, producto-mercado, línea de productos, corporación, empresa, división,

unidad estratégica de negocios, etc.). Muchas de las conclusiones obtenidas como resultado del análisis FODA, podrán ser de gran utilidad en el análisis del mercado y en las estrategias de mercadeo que se diseñen y que califiquen para ser incorporadas en el plan de negocios.

El análisis FODA debe enfocarse solamente hacia los factores claves para el éxito de su negocio. Debe resaltar las fortalezas y las debilidades diferenciales internas al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia y con las oportunidades y amenazas claves del entorno.

Análisis DOFA	
Factores Externos	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>*El potencial Técnico se puede considerar prácticamente inagotable.                      *Excelente posición Geográfica.                      *Tecnología exportable para el desarrollo a través de proyectos de electrificación en alumbrados públicos y en comunidades rurales. *Irradiación solar global en México es de 5 kwh/día-m2.</p> <p>*Los Equipos tienen una vida útil de por lo menos 15 años en ese lapso de tiempo su garantía de funcionamiento es alta.</p> <p>*su instalación es de fácil movilidad además que no implica contar con extensos espacios para su colocación. Se adapta a cualquier lugar siempre y cuando cumpla con los criterios técnicos.</p>	<p>*Pérdida de capacidad tecnológica y/o productiva propia u obsoleta frente a competidores extranjeros con calidad y servicio en la tecnología de Celdas Fotovoltaicas.</p> <p>*Los cambios del marco regulatorio son aun inestables y poco claros.</p> <p>*Falta de atención a las aplicaciones integradas en la edificación.</p>
Análisis DOFA	
Factores Internos	

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>*Para la facultad de Estudios superiores Zaragoza campus II la sustitución del alumbrado convencional por la Tecnología Fotovoltaica para el corredor del Puma Bus trae consigo el mejoramiento del servicio de Iluminación.</p> <p>*Son sistemas Fotovoltaicos Autónomos, por sus características, pueden garantizar el servicio ininterrumpidamente, aun cuando colapse el sistema convencional de electricidad.</p> <p>*Estos sistemas resultan una excelente alternativa Ecológica para iluminación no solo del corredor de la universidad sino que además en zonas urbanas y rurales, tales como parques, plazas públicas, calles, áreas verdes, jardines, autopistas, estacionamientos, canchas deportivas y de espectáculos</p> <p>*La recuperación de la inversión es relativamente corta por lo cual a largo plazo es una inversión económicamente viable.</p>	<p>*Falta de normas que garanticen la calidad de los equipos FV en el mediano plazo.</p> <p>*Alta inversión inicial combinada con los costos de instalación para adoptar esta tecnología además de que hay una evidente Inexistencia de fuentes y/o programas de financiamiento por parte del gobierno.</p> <p>*Sin embargo vale la pena mencionar que hoy en día se tiene poca difusión no se conocen las bondades (beneficios) de la tecnología FV a nivel general dado que hay carencia de campañas que promuevan todas las ventajas de la tecnología fotovoltaica las múltiples aplicaciones.</p>

Tabla 4. Análisis FODA. Para el proyecto.

### 3. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA ACTUAL Y CÁLCULO DE LA ENERGÍA DEL SISTEMA PROPUESTO.

Dentro del marco mundial México tiene una Ubicación privilegiado para el aprovechamiento de la energía solar, dado su posición cercana al ecuador.

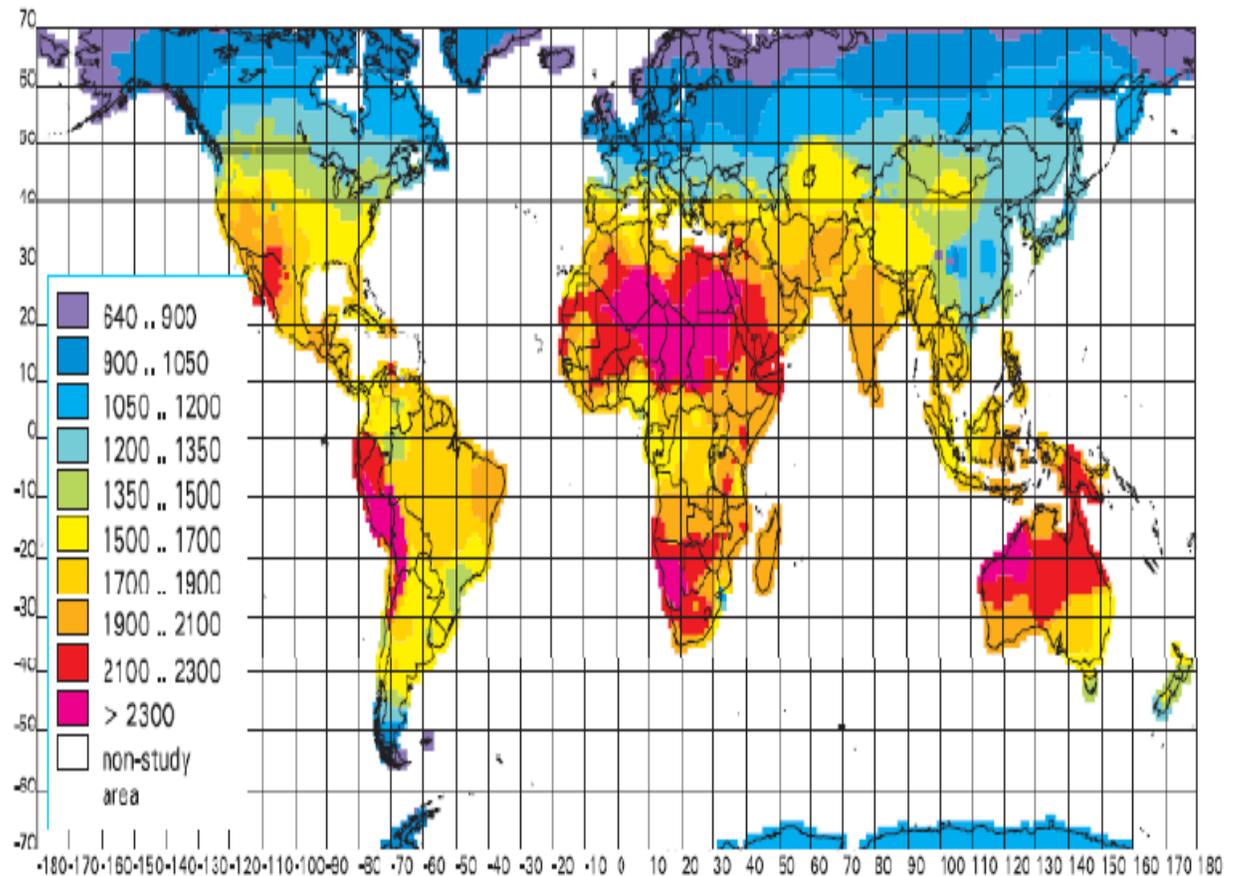


Imagen 9: Fuente: Modulo Solar. Las zonas representan la radiación total promedio igual y están medidas en MJ/m<sup>2</sup>.

Es muy importante conocer la localización del Sur geográfico de la Tierra, ya que es la dirección en la cual se encontrará el Sol en su punto más alto en el cielo durante todo el año, y es la dirección en la cual se tendrá que orientar el sistema de celdas fotovoltaicas

Dentro del territorio nacional las zonas del norte son las que presentan mayor radiación ubicándose por encima de los 21 MJ/m<sup>2</sup>, la zona del centro del país, específicamente el D.F. y la zona conurbada, se encuentra dentro de los 21 MJ/m<sup>2</sup>



Imagen 10: Zonas de irradiación en México. Fuente Modulo Solar.

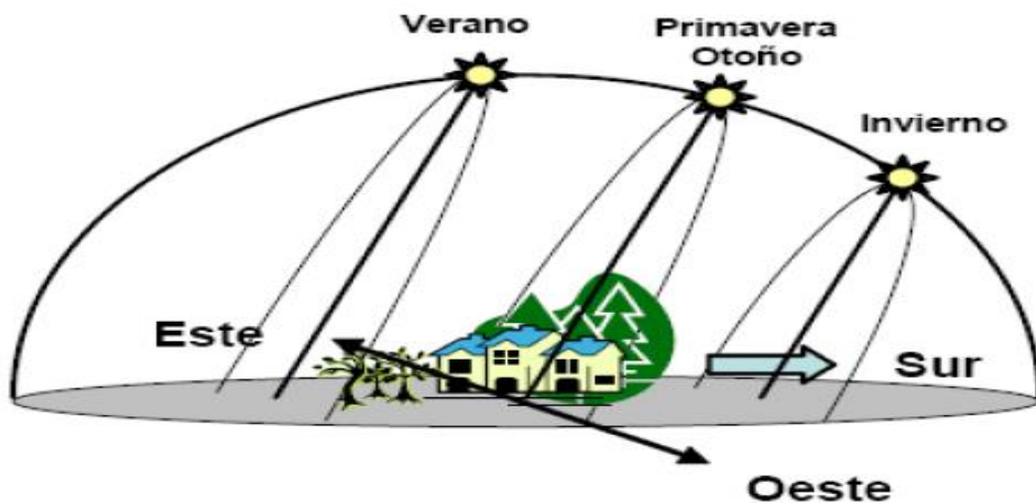


Imagen 11: Orientación y dirección de las celdas. Fuente Modulo Solar.

Por lo tanto sin importar la época estacional del año siempre tendremos captación solar, claro está tendrá variaciones a final del año que como describe el esquema de arriba en invierno es cuando tenemos menos rendimiento. En la práctica, una desviación de hasta 20° hacia el este o hacia el oeste, con respecto al sur, no representan una disminución importante en la eficiencia.

Para obtener la energía total que podremos captar en nuestras celdas tendremos que saber el área efectiva de las celdas F.V., la potencia máxima (Wp), la eficiencia del modelo y de la celda, así como la Corriente de máxima potencia (IMÁX.), Tensión de máxima potencia (VMÁX.), Corriente de cortocircuito (ISC) y Tensión de circuito abierto (VOC).

Actualmente el alumbrado del corredor (PUMABUS) del Campo II de la F.E.S. Zaragoza, consta de lámparas tipo fluorescente de alta eficiencia de 32W por 2 lo que nos da un total de 33 lámparas con 66 tubos dentro de toda el área del corredor.

Equipo	Potencia (W)	unidades	total
Tubos fluorescentes	32	66	2112 Wh

Energía de equipo	Periodo de uso diario promedio	Energía diaria utilizada.
2112 Wh	12 horas	25344 Wh/día.

Energía diaria utilizada	Días de uso	Total global de energía consumida.
--------------------------	-------------	------------------------------------

25344 Wh/día.	365	9250560 Watts.
---------------	-----	----------------

Este resultado esta expresado en kWh: 9250.56 al año, más el 10% por perdidas en el sistema, nos arroja como resultado: 10.176 MWh al año.

La energía utilizada o consumida por el sistema propuesto será la siguiente:

Equipo	Potencia (W)	unidades	total
Lámparas LED	17	18	306 Wh
Controlador de carga	80 mW	6	0.48 Wh

Total de energía: 306.48 W/hr.

Energía de equipo	Periodo de uso diario promedio	Energía diaria utilizada.
306.48 Wh	12 horas	3677.76 Wh/día.

Energía diaria utilizada	Días de uso	Global de energía consumida.
3677.76 Wh/día.	365	1342382.4 Watts.

El resultado esta expresado en kWh: 1342.3824 al año, más el 10% por perdidas en el sistema, nos arroja como resultado: 1476.62 kWh al año.

### 3.1. Equipos y Dimensionamientos.

El sistema de celdas Fotovoltaicas propuesto, está compuesto por un par de celdas, baterías y controladores, estos tendrán que ser especificados para poder cumplir el requerimiento del gasto energético de las lámparas con las cuales ya se ha realizado el cálculo del requerimiento de energía del sistema.

- Baterías: estas tendrán que satisfacer el amperaje requerido por el tiempo de uso diario el cual se puede calcular apartir del consumo diario ya calculado entre el voltaje del sistema.

$$P = (V * I)$$

Donde P, es igual a potencia (Watts), V es Voltaje (del sistema en este caso 12 V y I es Amperaje.

Así de esta manera despejamos el amperaje y obtenemos que;

$$I = \frac{P}{V}$$

Esto arroja que para nuestro sistemas de alumbrado tenemos un consumo de 3677.76 W/día, este consumo se dividirá en seis torres de Celdas F.V, lo cual nos arroja un total de 612.96 W/día por torre, a esto se le tendrá que agregar un 10% por las pérdidas del sistema como se había estipulado en el cálculo total anterior, más las perdidas por carga de la batería, estas dependerán del tipo de batería, pero el promedio oscila entre el 25% y el 30 de la carga, para este caso tomaremos el valor más alto para tener reserva por los días nublados, los días con lluvia o con los días en los que no se cumplan los requerimientos de las celdas F.V.

Esto nos arroja un total de 876.5328 W/día.

$$I = (876.5328 \text{ W} / 12\text{V}) = 73.0444 \text{ amperios.}$$

La batería (o acumulador) debe tener una capacidad de 4 veces el consumo total en W/h (uso de 50% de descarga máxima y 1 día de reserva). La capacidad de la batería en amperios horas (Ah) es la energía acumulada de la batería (Wh) dividido por el voltaje en voltios como ya se realizó anteriormente, lo cual nos arroja el resultado de 292.18 A, este resultado nos ayuda a reducir la opciones que podemos tomar al momento de la elección de la(s) batería(s).

Hay que recordar que las baterías tendrán un tiempo de recargar establecido como se ha mencionado.

- **PANEL DE CELDAS FOTOVOLTAICAS:** para la selección de estos se tendrá que tomar en cuenta la cantidad de radiación que se percibe por celdas, el número de celdas, así como si son mono o poli cristalino con una eficiencia mínima del 80% y si el área y los Vatios son los necesarios para cubrir los requerimientos de la batería(s), en cuanto a la ubicación como ya se mencionó en este caso México es una zona con niveles muy altos de radiación esto nos da un amplio campo para la selección del panel de Celdas Fotovoltaicas, la zona dentro la cual nos ubicamos está en una franja de cerca los 21 MJ/día\*m<sup>2</sup> de aquí se tomar el área representativa del Distrito Federal dado que la información necesaria es para la delegación Iztapalapa y más específicamente de la F.E.S. Zaragoza Campus II, aquí se tomara en cuenta las horas de radiación máxima que se registran por la zona para tener una apreciación más certera de la cantidad de energía que se producirá, dado que la carga de la batería exige un tiempo mínimo a corriente continua para cumplir el mínimo de 80% de su capacidad de almacenaje.

<b>País</b>	<b>México</b>	
<b>Lugar</b>	Ciudad de México D.F.	
<b>Latitud:</b>	19.33	
<b>Longitud:</b>	-99.18	
<b>Año:</b>	2010	
<b>Radiación Anual</b>		
<b>Mes</b>	Valor Radiación (MJ/(m <sup>2</sup> *dia))	Valor Radiación (KWh/(m <sup>2</sup> *dia))
<b>Enero</b>	14	3.9
<b>Febrero</b>	17.35	4.8
<b>Marzo</b>	22.64	6.3
<b>Abril</b>	22.57	6.3
<b>Mayo</b>	23.58	6.6
<b>Junio</b>	21.14	5.9
<b>Julio</b>	15.51	4.3
<b>Agosto</b>	16.76	4.7
<b>Septiembre</b>	15.51	4.3
<b>Octubre</b>	19.69	5.5
<b>Noviembre</b>	17.5	4.86
<b>Diciembre</b>	16.95	4.7

<b>Promedio</b>	18.6	5.2
-----------------	------	-----

Tabla 5: Radiación promedio mensual para la ciudad de México. Fuente: Radiación Centro Mundial de Datos (WRDC)

País	México	
Lugar	Ciudad de México	
Latitud:	19.33	
Longitud:	-99.18	
Año:	2011	
Radiación Anual		
Mes	Valor Radiación (MJ/(m <sup>2</sup> *día))	Valor Radiación (KWh/(m <sup>2</sup> *día))
Enero	17.13	4.8
Febrero	19.67	5.5
Marzo	23.13	6.4
Abril	23.56	6.5
Mayo	23.29	6.5
Junio	22	6.1
Julio	16.04	4.5
Agosto	19.33	5.4
Septiembre	19.81	5.5
Octubre	18.83	5.2
Noviembre	16.02	4.5
Diciembre	16.25	4.5

<b>Promedio</b>	<b>19.6</b>	<b>5.4</b>
-----------------	-------------	------------

Tabla 6: Radiación promedio mensual para la ciudad de México. Fuente: Radiación Centro Mundial de Datos (WRDC)

Parámetros climatológicos:			LOCALIDAD:		MÉXICO D.F.	LATITUD:	19° 20'
			ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA:				MSMN
Mes	Radiación kcal/m2d	Temp. Máx. °C	Temp. med. °C	Temp. Min. °C	Horas de sol	modificador	HORAS SOL MES
Enero	4,000	21.2	12.9	5.80	5.75	---	199.1
Febrero	4,500	22.9	14.5	7.10	7.20	---	205.5
Marzo	4,750	25.7	17.0	9.20	6.97	---	211.7
Abril	5,000	26.6	18.0	10.80	6.21	---	181.7
Mayo	5,000	26.5	18.1	11.70	5.94	---	185.6
Junio	4,750	24.6	17.2	12.20	4.62	---	152.0
Julio	4,500	23.0	16.0	11.50	4.36	---	152.6
Agosto	4,250	23.3	16.3	11.60	4.77	---	158.1
Septiembre	4,000	22.3	15.7	11.50	3.96	---	134.1
Octubre	4,000	22.2	15.1	9.80	4.87	---	170.2
Noviembre	3,750	21.8	14.0	7.90	5.67	---	190.2
Diciembre	3,500	20.8	12.9	6.60	4.85	---	185.5
MEDIA	4,333		16		5.4308		177.2

Tabla 7: Horas de radiación promedio por mes y días, Fuente SMN

Dado la cantidad de horas de Sol disponible y el nivel de radiación podemos a dar un estimado del tipo de celdas necesarias, así como del área necesaria para poder recolectar dicha energía.

Dado que el tiempo de radiación diaria es aproximado al promedio de tiempo de carga de las baterías, con lo cual se lograra una carga del 80%, se puede estimar que se necesitará un área de un metro cuadrado dado que las cantidades de radiación sobrepasan nuestro consumo diario de 4.048 kW./día (este es el valor tomado de la tabla ¿? mas el 10% por perdidas en el sistema), esto nos da un margen de 1.95 KW/día pero este sería en un caso idóneo como hemos visto la eficiencia de los paneles varía por la estructura de las celdas así suponiendo que tengamos una eficiencia del 80% esto nos daría 4.16 kW/dia lo cual ya estaría por los límites de los requerimientos de energía necesaria para lo cual necesitaríamos una área efectiva en todo caso de más de un metro cuadrado.

La mayoría de los paneles se encuentran por debajo del metro cuadrado lo cual implicaría un par de estos para obtener el área necesaria.

- **CONTROLADOR:** Los controladores o reguladores de carga son muy similares a los reguladores de los coches, controlando el voltaje y la corriente de un panel solar o generador eólico, entregados al acumulador o batería. Muchos paneles entregan 16 a 20 voltios que podrían llegar a estropear la batería por un efecto de sobrecarga, ya que esta necesita unos 14,5 voltios para una carga completa.

Como hemos visto con anterioridad ya tenemos la cantidad de energía consumida por el sistema y la cantidad de radiación posible por día con las celdas, esto tiene que ver es este caso con el voltaje del controlador dado que el arreglo eléctrico que elijamos tendrá que repercutir en la elección de nuestro controlador estos pueden estar especificados por el voltaje y el amperaje o por los dos casos así como por flexibilidad de operación.

Para este caso se recomienda un voltaje bajo (12V) y un amperaje no mayor a 10 amperes dado que las lámparas del tipo LED no rebasan los 2 amperes y sus medidas son muy flexibles.

### **3.2. Planos de Instalación.**

Estos planos estarán dirigidos de forma ilustrativa y como propuesta para los sistemas y sus ubicaciones, así como las partes y componentes que ahí se muestren, las ubicaciones y especificaciones estarán direccionadas hacia el norte magnético de la tierra, para favorecer la adecuada iluminación de los torres de las celdas fotovoltaicas.

La ubicación de las torres se han pensado para favorecer la iluminación de estas, así como para evitar cualquier construcción de cualquier tipo y cualquier posible golpe, maltrato o accidente de cualquier índole no intencional, los torre están especificados y reglamentadas bajo las normas pertinentes tanto nacionales como internacionales (NEMA, entre otras) lo cual nos garantiza que su diseño cumplirá con un tiempo de vida redituable para el proyecto y para la seguridad del personal y transeúntes que usan a diario el corredor (PUMABUS) del campo II F.E.S. Zaragoza.

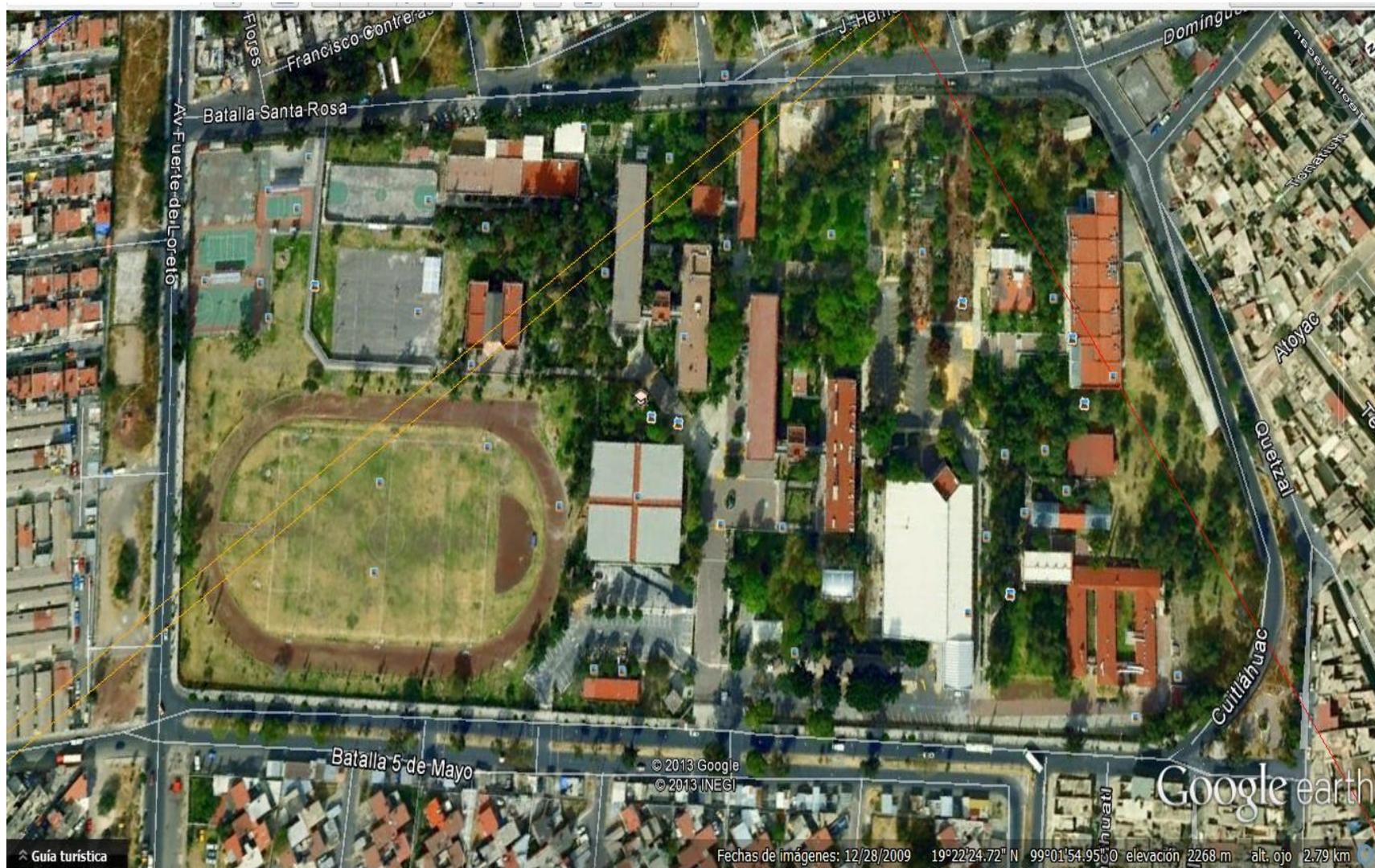


Imagen 12: Vista elevada de la F.E.S. Zaragoza Campus II. (Cortesía de Google Earth 2013.)



Imagen 13: Vista elevada de la F.E.S. Zaragoza Campus II. Señalando ares del proyecto. (Cortesía de Google Earth 2013.)

3.2.1. Típico de Instalación de las Torres.

**SIMBOLOGIA :**

VISTA LATERAL

VISTA EN ELEVACIÓN

**LISTA DE MATERIAL** NOTA 1

POR	PARTIDA	CANT.	UNID.	DESCRIPCION
	1	2	Pzo.	CELDA FOTOVOLTAICAS POLICRISTALINAS
	2	1	Pzo.	SELLO PARA TUBERIA CONDUIT MACHO-HEMBRA DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE DE 21mm # (3/4") A PRUEBA DE EXPLOSION
	3	~	M	TUBERIA CONDUIT DE 21mm # (3/4") DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE CEDULA 40.
	4	1	Pzo.	CAJA REGISTRO DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE, SERIE REDONDA TIPO "C" DE 21mm # (3/4"). A PRUEBA DE EXPLOSION.
	5	1	Pzo.	CAJA DE REGISTRO DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE DE 21mm # (3/4").
	6	2	Pzo.	ANGULO DE LADOS IGUALES DE 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4" DE ESPESOR Y 3" DE LONGITUD DE AC. AL CARBON ASTM A-36.
	7	2	Pzo.	ABRAZADERA TIPO "U" DE ACERO GALVANIZADO CON ROLDANA Y TUERCA HEXAGONAL PARA CONDUIT DE 21 mm # (3/4")
	8	1	Pzo.	COPLE FLEXIBLE MACHO-HEMBRA DE 21mm # (3/4")x12" LONGITUD A PRUEBA DE EXPLOSION CON TUERCA UNION DE ACERO GALVANIZADO.
	9	1	Pzo.	TUBO DE ACERO AL CARBON (OC) DE 3" #. x 3000 mm. DE LONG. AC. AL CARBON ASTM A-120
	10	1	Pzo.	PLACA DE ACERO AL CARBON DE 250 mm x 250 mm x 1/4" DE ESPESOR DE ASTM A-36. CON 4 BARRENOS PARA ANCLA DE 1/2" #
	11	1	Pzo.	PLACA DE ACERO AL CARBON ASTM A-36 DE 120 mm x 120mm x 1/4" DE ESPESOR.
	12	1	Pzo.	PLACA DE ACERO AL CARBON DE 3 1/2" X 1/4" DE ESPESOR DE ACERO AL CARBON ASTM A-36 (TAPA)
CIVIL	13	1	25x25x85cms	BASE DE CONCRETO ARMADO CON CUATRO ANCLAS DE 12" DE LONG. x 1/2" #. CON ROLDANA Y TUERCA HEXAGONAL
CONCRETO	14	1	55x55x5cms	PLANTILLA DE CONCRETO ARMADO DE f'c=100 MINIMO

**NOTAS :**

- 1.- LAS CANTIDADES MOSTRADAS SON UNITARIAS POR JUEGO DE CELDAS
- 2.- A TODO EL MATERIAL MECANICO UTILIZADO PARA SOPORTERIA SE LE DEBE APLICAR PROTECCION Y RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO DE ACUERDO A LAS NORMAS PEMEX NRP-053-PEMEX-2008
- 3.- LA BASE DE CONCRETO ARMADO DEBERIA EMERGER 15 Cms. SOBRE N.P.T.
- 4.- SE DEBERA DE APLICAR LUBRICANTE A BASE DE LITO EN TODAS LAS CUERDAS DEL CONDUIT, ACCESORIOS Y ENVOLVENTES PARA EVITAR LA CORROSION.
- 5.- LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA CONDUIT EN LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES SERA A NIVEL DE PISO Y SOPORTADOS EN LA ESTRUCTURA MAS CERCANA CON ABRAZADERAS TIPO U/A DISTANCIADOS APROXIMADAMENTE A 1.0 M UNO DE OTRO.
- 6.- EL TIPO DE INSTALACION DE CELDAS FOTOVOLTAICAS APLICARA A LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES.
- 7.- EL CONTRATISTA DEBERA INCLUIR, EN EL PAQUETE DE MATERIAL DE LAS CELDAS LA PLACA DE IDENTIFICACION, HANNA QUE SE SUBMINISTRARA E INSTALARA EN CAMPO.
- 8.- LA ORIENTACION DE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS SERA HACIA EL SUR
- 9.- LA CAJA DE BATERIAS TENDRA CONTENIDA LAS BATERIAS, EL CONTROLADOR Y UN VENTILADOR. ESPECIFICADA EN EL PLANO S-004.
- 10.- LA TUBERIA Y EL CABLEADO ESTARAN UBICADAS EN LA PARTE INTERNA DEL TUBO DE LA BASE Y SALDRAN A NIVEL DE PISO.

C. P.	FECHA	REVISIONES	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR DIRECTOR DE PROYECTO
REA		DESCRIPCION	FECHA	Por	ING. G.B.R.C.
		REVISION A	04/05/2013	F.O.A.	REVISION
		REVISION B	06/06/2013	F.O.A.	ING. F.O.A.
					ACEPTA
					ING. VAZQUEZ
					APRUEBA

DESARROLLO DE LA INGENIERIA CONCEPTUAL	ING. F.O.A.
DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA E INGENIERIA DE DETALLE PARA LA CONSTRUCCION DE PRIMER BIEN DEFINIDO	ING. F.O.A.
Típico de instalación para sistema de Celdas Fotovoltaicas para el sistema de iluminación del corredor del campo II de la F.E.S. Zaragoza.	
No. PROJ	F-001
ESC. SECC.	DOT EN INE
LUGAR	IZTAPALAPA, D.F.
<b>S-003</b>	

3.2.2. Típico de Contenedor de baterías en Torre.

**VISTA EN ELEVACIÓN**

**VISTA LATERAL**

**LISTA DE MATERIAL** NOTA 1

POS.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION
1	?	Pzo.	BASE DE ÁNGULO DE 1 1/2"x1" CON SOPORTERÍA A TUBO DE 1.3M X 1.3M CON REFUERZOS DE SOLERA DE 1".
2	1	Pzo.	SELLO PARA TUBERIA CONDUIT MACHO-HEMBRA DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE DE 21mm # . (3/4") A PRUEBA DE EXPLOSION
3	~	M	TUBERIA CONDUIT DE 21mm # (3/4") DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE CEDULA 40.
4	4	Pzo.	PLACA DE LAMINA LISA DE 600 mm x 300 mm x 1/4" DE ESPESOR DE ASTM A-36.
5	1	Pzo.	PLACA DE ACERO AL CARBON ASTM A-36 DE 600 mm x 600mm 1/4" DE ESPESOR PERFORADA PARA TUBERIA.
6	1	Pzo.	PLACA DE LAMINA LISA ASTM A-36 DE 600 mm x 600mm 1/8" DE ESPESOR PARA LA PARTE SUPERIOR.
7	4	Pzo.	ÁNGULO DE 1 1/2" X 1" CON LONGITUD DE 530 mm. CON 1/8" DE ESPESOR.
8	4	Pzo.	ÁNGULO DE 1 1/2" X 1" CON LONGITUD DE 1190 mm. CON 1/8" DE ESPESOR.
9	4	Pzo.	ÁNGULO DE 1 1/2" X 1" CON LONGITUD DE 308 mm. Y 405 mm. CON 1/8" DE ESPESOR.
10	4	Pzo.	ÁNGULO DE 1 1/2" X 1" CON LONGITUD DE 1300 mm. CON 1/8" DE ESPESOR.

**NOTAS:**

- 1.- LAS CANTIDADES MOSTRADAS SON UNITARIAS POR TORRE DE CELDAS
- 2.- A TODO EL MATERIAL MECANICO UTILIZADO PARA SOPORTERIA SE LE DEBE APLICAR PROTECCION Y RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO DE ACUERDO A LAS NORMAS FENIX 9551-FENIX-2008
- 3.- LA TUBERÍA QUE ESTA POR DEBAJO DEL CONTENEDOR ESTARA DENTRO DEL SOPORTE
- 4.- SE DEBERA DE APLICAR LUBRICANTE A BASE DE LITIO EN TODAS LAS CUERDAS DEL CONDUIT, ACCESORIOS Y ENVOLVENTES PARA EVITAR LA CORROSION.
- 5.- LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA CONDUIT EN LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES SERA A NIVEL DE PISO Y SOPORTADOS EN LA ESTRUCTURA MAS CERCAÑA CON ABRAZADERAS TIPO UÑA DISTANCIADOS APROXIMADAMENTE A 1.0 M UNO DE OTRO.
- 6.- EL TIPO DE INSTALACION DEL CONTENEDOR Y BASE, APLICARA A LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES.
- 7.- LA BASE DE LAS CELDAS TENDRA UNA UNIÓN INTERMEDIA PARA SOPORTAR Y ATORNILLAR ESTOS. LA SOLDADURA SERÁ CORRIDA

**NOTA 7**

C.P.	FECHA	REVISIONES	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR DIRECTOR DE PROYECTO
		DESCRIPCION	FECHA	Por	ING. G.B.R.C.
		REVISION A	14/02/2013	FGA	REVISOR
		REVISION B	08/03/2013	FGA	ING. F.O.J.A.
					ING. JOSEFINA
					ING. VAZQUEZ
					APRUEBA

DESARROLLO DE LA INGENIERIA CONCEPTUAL, INGENIERIA DE DETALLE PARA LA CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE ILUMINACION

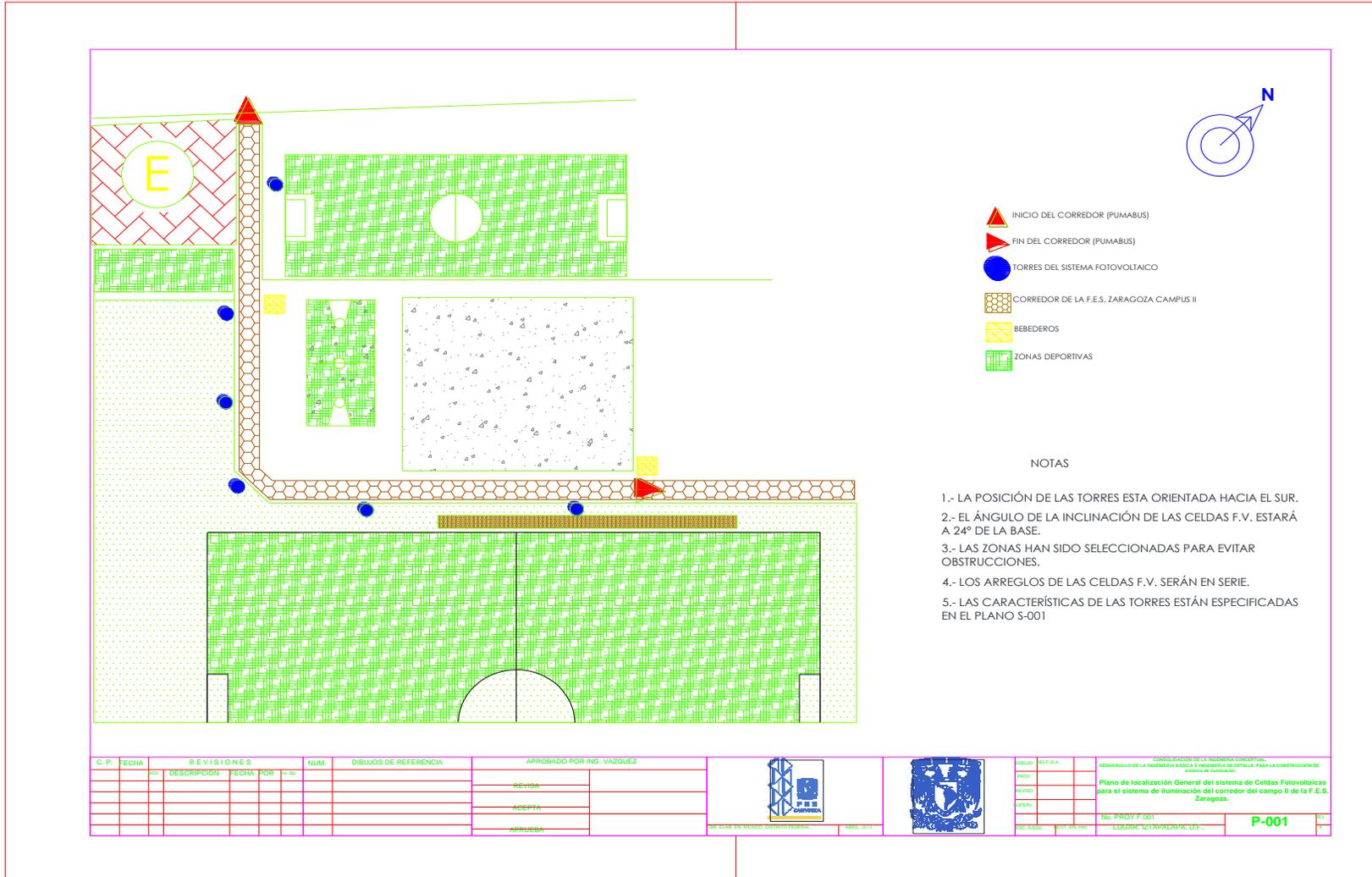
Típico de Contenedor de Baterías en Torre para el sistema de iluminación del corredor del campo II de la F.E.S. Zaragoza.

No. PROY.F.001

LUGAR: IZTAPALAPA, D.F.

**S-004**

3.2.3. Plot Plan.



### **3.3. Arreglo de la distribución y localización de las lámparas para la iluminación del corredor F.E.S. Zaragoza Campus II.**

La longitud total del corredor (PUMABUS) es de 150 metros con un ancho de 3 metros, donde se ubicaran las 18 lámparas LED con una longitud de 5 metros cada una para un total de 90 metros lineales totales.

Las lámparas estarán ubicadas en la parte central superior del corredor instaladas sobre el tubo de la estructura del mismo. La forma en que estarán sujetas las lámparas estará basada en el pegamento especial que estas tiene en su parte posterior además en las secciones de unión de los cables con las tiras se colocara una abrazadera omega de 3/8" con un poco de cinta aislante para evitar y prevenir el contacto con la corriente (esto es extra ya que las conexiones estarán aisladas con selladores correspondientes)

La facilidad de estas lámparas es su capacidad de adecuarse a las medidas y necesidades del entorno, por lo cual se dividirán en dos para tener un total de 36 secciones, con las cuales se tendrá que cubrir la longitud total del corredor, para eso se tendrá que seguir esta secuencia, como primera parte se tomara como punto de inicio la entrada posterior del campus donde se colocara la primera sección de 2.5 metros, para posteriormente dejar un espacio de 1.70 metros en blanco, al término de este espacio se colocará la siguiente sección y así sucesivamente cada sección del sistema se dividirá como anteriormente se ha mencionado (cada sistema contendrá una torre de celdas F.V., un juego de baterías, un controlador y 3 tiras LED de 5 metros cada una).

La unión de las lámparas se llevará a cabo conforme con las especificaciones del proveedor, dado que el sistema será en serie, al igual que su sellado, esto con el motivo de impedir la entrada de humedad en el sistema de las lámparas.

Toda la instalación eléctrica (cableado) estará ubicado dentro de los tubos, en el caso del cableado que sale de las torres será introducido dentro de los tubos

laterales y saldrá en la parte superior de los mismos para conectarse con el cableado de las lámparas las cuales tendrán el mismo calibre.

La ubicación de las torres así como de las lámparas, está establecida de tal manera que se disminuyan las conexiones entre estas y así disminuir el consumo de material y al mismo tiempo para impedir pérdidas de energía.

En caso de posibles modificaciones o cambios a los diseños de las torrea, así como del sistema se tendrán que comentar con el encargado del Proyecto o con el Ing. De obras para poder discutir estos posibles cambios o modificaciones a los diseños.

#### 4. FACTIBILIDAD FINANCIERA.

La factibilidad del proyecto se evaluará con base a los precios y costos de mantenimiento, servicio y energía respecto al valor calculado del año 2013, se entiende que los costos de mantenimiento futuros serán escaso o casi nulos, mientras que los precios de la energía se incrementaran año con año.

##### 4.1. Balance financiero.

La manera en como obtuvimos el costo económico del actual sistema de iluminación del corredor del puma bus de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II fue multiplicar el (KWh), que demanda el corredor por el precio unitario del KWh establecido por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de acuerdo a la clasificación siguiente: Energía en Base , Energía en Intermedia y Energía en Punta todas con unidades en KWh.

Para fines de cálculo se obtuvo con el dato de energía de punta en KWh y los resultados son los siguientes:

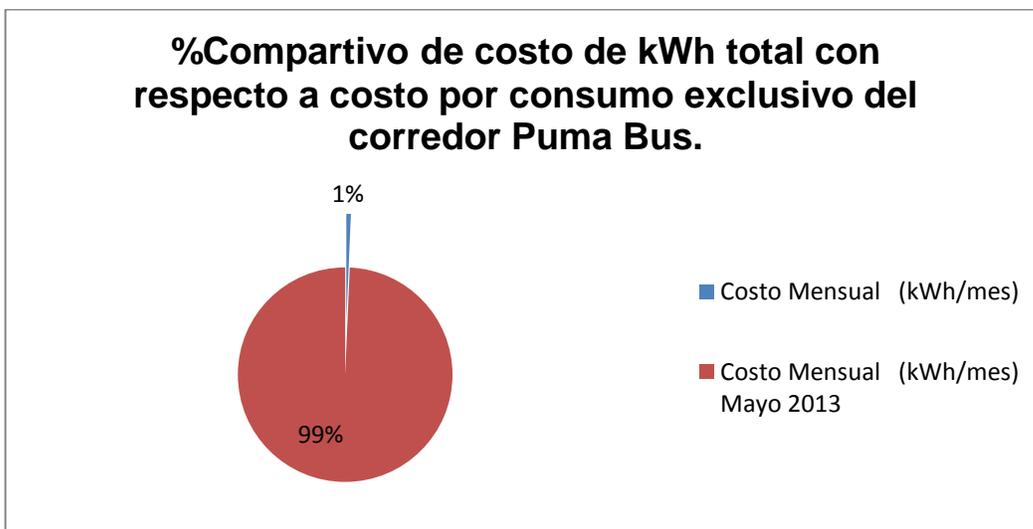
REQUERIMIENTOS	CORREDOR CAMPUS II (LÁMPARAS FLUORESCENTES)
CONSUMO (Wh)	2112
CONSUMO DIARIO (KWh)	28
CONSUMO MENSUAL (KWh)	840
COSTO POR KWh PROMEDIO	\$2.0543
COSTO MENSUAL	\$1725.612
COSTO MENSUAL CON CARGOS	\$2802.4
COSTO ANUAL DE ENERGIA	\$33630

Tabla 8: valores y costos del corredor (pumabus) del Campo II F.E.S. Zaragoza.

El resultado mensual expresado en la tabla 8 está considerando un 10% extra del consumo normal por la que correspondientes pérdidas del sistema y los costos

totales que se manejan como costos mensuales con cargo incluyen I.V.A. y cargos relacionados por conceptos de C.F.E. Cabe destacar que el costo por concepto de pago por el consumo de kWh del corredor es igual al ahorro que tendrá el proyecto por la sustitución de las lámparas Fluorescentes a la Tecnología de Celdas Fotovoltaicas a base de tiras LED.

La siguiente Grafica muestra el porcentaje que representa en costo por concepto de pago en kWh de todo el corredor por la iluminación actual a base de lámparas Fluorescentes del total que se consume en la FES Zaragoza Campus II.

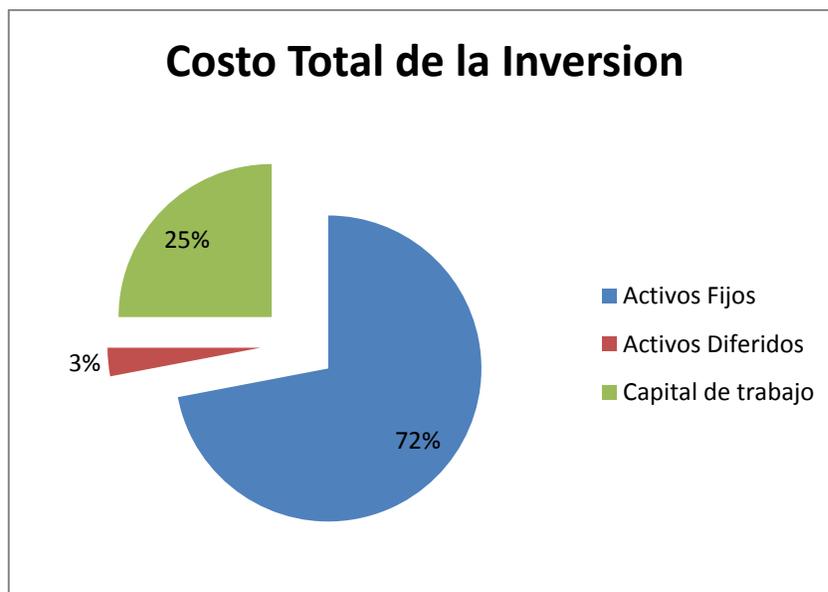


Grafica 1: Comparativo de costos. Total de la Inversión del Sistema de Iluminación a base de Celdas Fotovoltaicas empleando Lámparas LED.

A continuación se muestra el cálculo empleado para determinar el costo total de la inversión para la iluminación a través de celdas fotovoltaicas cabe destacar que los datos reportados incluye el gasto de los equipos, así como también los costos que implico la instalación y también el material empleado:

CONCEPTO	\$	%
Activos Fijos	124,266	72
Activos Diferidos	5,000	3
Capital de Trabajo	42,000	25
<b>Total</b>	<b>171,266</b>	<b>100</b>

Tabla 8: Inversión Total



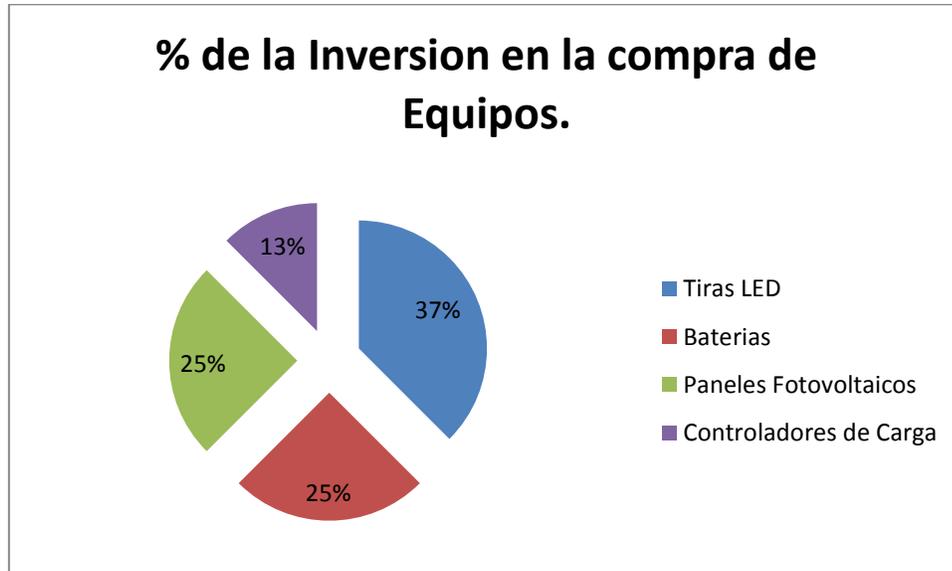
Grafica 2: Costo total de Inversión del proyecto de Celda Fotovoltaicas a base de lámparas LED.

En la tabla 9 se observa que prácticamente el costo de los Activos Fijos (Equipos como las Celdas Fotovoltaicas, Baterías, controladores de Carga y las lámparas LED) representa la mayor parte del costo de la inversión con un 72% sin dejar de mencionar que la instalación y el capital de trabajo representan el resto de la inversión del proyecto. Esto se debe a la calidad y vida útil del equipo.

Los Activos Fijos están conformados por los equipos siguientes de la Inversión del proyecto:

<b>ACTIVOS FIJOS</b>			
<b>TABLA DE REQUERIMIENTOS DE EQUIPO</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>No.</b>	<b>COSTO UNITARIO (\$)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
<b>Tiras LED</b>	18	876	15,768
<b>Baterías</b>	12	3,599	43,188
<b>Paneles Fotovoltaicos</b>	12	4,477	53,724
<b>Controladores de Carga</b>	6	1931	11,586
<b>Total de Inversión de Equipos</b>			<b>124,266</b>

Tabla 10: Activos Fijos.

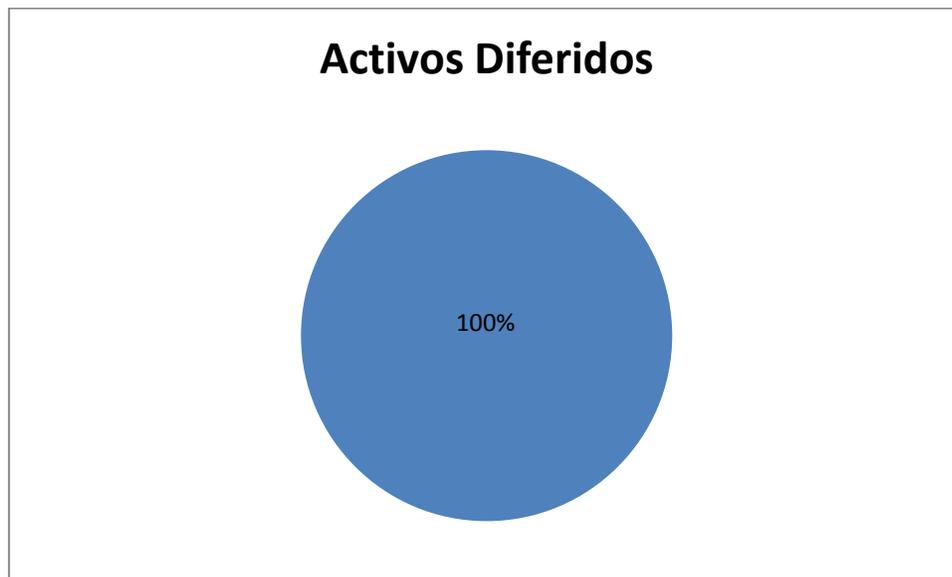


Grafica 3: Inversión de Equipos

Los activos diferidos están conformados por los siguientes elementos:

<b>Activos Diferidos</b>		
<b>Activos Diferidos</b>	<b>\$</b>	<b>%</b>
<b>Gasto de Ingeniería (Gastos de Investigación)</b>	5000	100
<b>Total</b>	5000	100

Tabla 11: Activos Diferidos.



Grafica 4: Gastos de Ingeniería e Investigación.

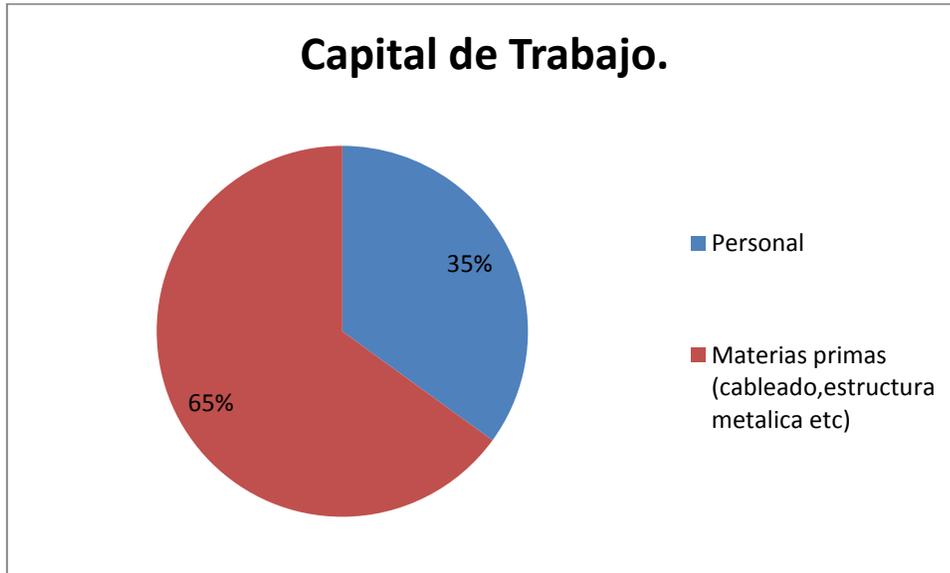
Estos no se pueden interpretar adecuadamente puesto que la realización de la investigación y demás conceptos solo se basa en los costos de material y viáticos de transporte, así como de la interpretación de los costos del desarrollo.

El costo de Capital está conformado por los siguientes elementos:

<b>Capital de Trabajo</b>		
<b>Capital de trabajo</b>	<b>%</b>	<b>\$</b>
<b>Personal</b>	35	14,700
<b>Materias primas (cableado, estructura metálica etc.)</b>	65	27,300
<b>Total</b>	0	0

TABLA 12: Capital de Trabajo.

Los costos que a continuación se reportan fueron basados de acuerdo a una cotización elaborada por una firma de Ingeniería "Gerencia de Obras y Mantenimiento Subdirección de Concursos y Estimaciones"



Grafica 5: Comparativo de % de gastos de personal contra gastos de Materias Primas.

A continuación podemos observar en la tabla 13 aparecen los costos que implicarían seguir con la iluminación actual y los costos al paso del año como van a incrementar por lo cual la implementación del sistema de iluminación a través de celdas fotovoltaicas a base de LED'S es económicamente viable ya que el tiempo estimado en recuperar la inversión es de 3 años comparado con los años de vida útil de los equipos (que es de al menos de 15 años), el retorno de inversión representa un 20% de los años de vida de este tipo de tecnología alternativa implementada para el corredor del Puma BUS en la F.E.S. Zaragoza Campus II.

Periodo de Recuperación de la Inversión

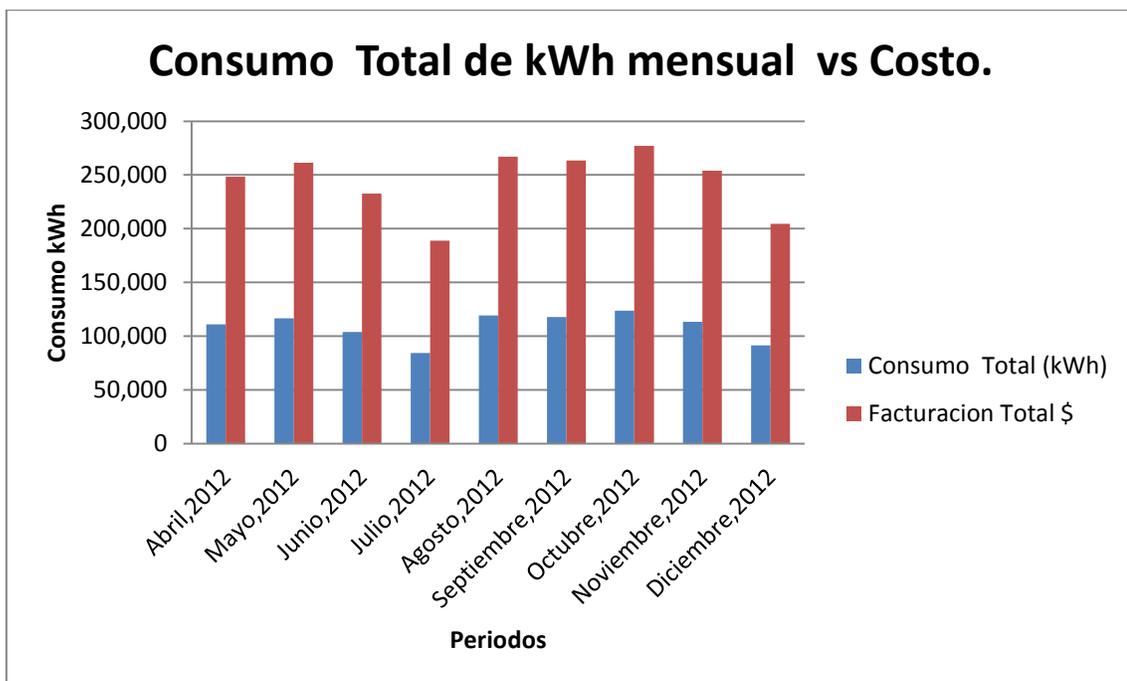
Años	Proyecto Fotovoltaico	Proyecto Convencional Actual	Proyecto	PRI(Periodo de Recuperación de Inversión)	Valor presente (VP)	VP (Valor Acumulado)
0	-171,266		-171,266	-171,266	-171,266	-171,266
1	33,630	-10,000	43,630	-127,636	43,630	-127,636
2	33,630	-10,000	43,630	-84,006	43,630	-84,006
3	33,630	-10,000	43,630	-40,376	43,630	-40,376
4	33,630	-10,000	43,630	3,254	43,630	3,254
5	33,630	-10,000	43,630	46,884	43,630	46,884
6	33,630	-10,000	43,630	90,514	43,630	90,514
7	33,630	-10,000	43,630	134,144	43,630	134,144
8	33,630	-10,000	43,630	177,774	43,630	177,774
9	33,630	-10,000	43,630	221,404	43,630	221,404
10	33,630	-10,000	43,630	265,034	43,630	265,034
11	33,630	-10,000	43,630	308,664	43,630	308,664
12	33,630	-10,000	43,630	352,294	43,630	352,294
13	33,630	-10,000	43,630	395,924	43,630	395,924
14	33,630	-10,000	43,630	439,554	43,630	439,554
15	33,630	-10,000	43,630	483,184	43,630	483,184

Tabla 13: Tiempo de periodo de Recuperación de la Inversión Anual.

Consumo de Energía Eléctrica correspondiente al periodo Abril 2012 a Diciembre 2012 de la FES. Zaragoza Campus II, considerando un valor promedio del costo de KWh de 1.81 basados en la tarifa de pagos reportada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Periodo Mensual	Consumo Total (KWh)	Facturación Total \$
Abril,2012	110,900	248,490
Mayo,2012	116,600	261,262
Junio,2012	103,900	232,805
Julio,2012	84,300	188,888
Agosto,2012	119,200	267,088
Septiembre,2012	117,600	263,502
Octubre,2012	123,700	277,171
Noviembre,2012	113,400	254,092
Diciembre,2012	91,300	204,573

Tabla 14: Reporte de Consumo Energético Mensual y Costo de Facturación correspondiente al año 2012 Fuente: CFE.



Grafica 6: Comparativo del consumo mensual en (kWh), con respecto al pago de facturación.

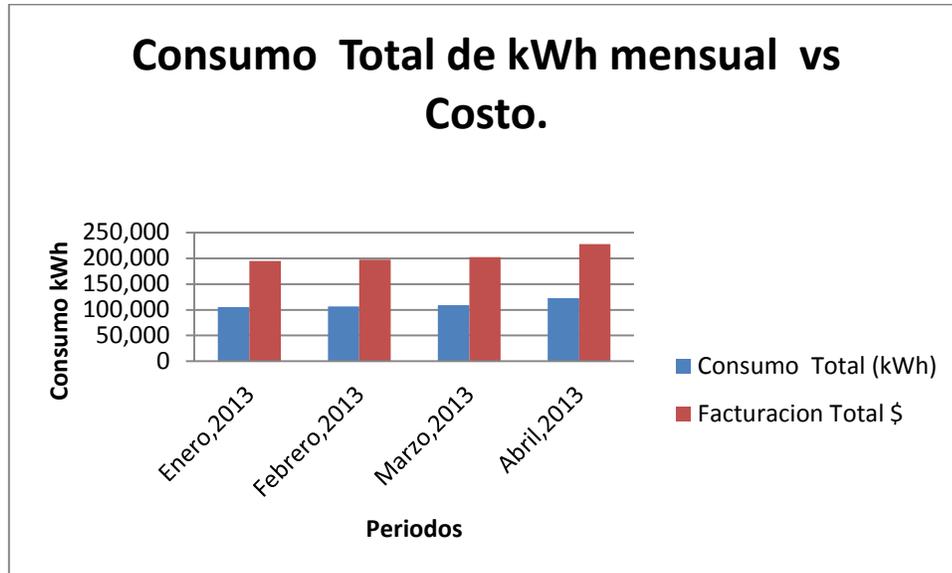
Se puede apreciar en el grafica 6, los meses en los que hay menos demanda y consumo de energía eléctrica en el campus II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza se encuentra concentrado en los meses de Julio y Diciembre mismos que corresponden al periodo vacacional a diferencia de la demanda de los demás meses donde el consumo de KWh mensual se incrementa por arriba de los 100,000 KWh mensuales esto derivado del consumó de energía por las diversas actividades (iluminaria de edificios, pasillos y equipos eléctricos etc.).

Es conveniente aclarar que en los periodos vacacionales la mayor parte del consumo de la energía de la escuela es por el concepto de iluminación de los espacios, lo cual nos muestra la cantidad excesiva de energía que se consume por esta causa.

Consumo de Energía Eléctrica correspondiente al periodo de Enero 2013 a Abril 2013 de la F.E.S. Zaragoza Campus II, considerando un valor promedio del costo de KWh de 2.05430 basados en la tarifa de pagos reportada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

<b>Periodo Mensual</b>	<b>Consumo Total (kWh)</b>	<b>Facturación Total \$</b>
<b>Enero,2013</b>	105,100	194,917
<b>Febrero,2013</b>	106,368	197,269
<b>Marzo,2013</b>	108,962	202,079
<b>Abril,2013</b>	122,699	227,557

Tabla 14: Reporte de Consumo Energético Mensual y Costo de Facturación correspondiente al año 2013 Fuente: CFE.



Grafica 7: Comparativo del consumo mensual en (KWh), con respecto al pago de facturación.

El tiempo de recuperación del proyecto se estima en 3 años y 5 meses a partir del momento de la puesta en marcha del sistema, esto está calculado con los precios promedios de este año, como se ha mencionado los costos de la energía suministrada por C.F.E. México estarán incrementando mes con mes lo cual nos puede dar pie a que se sobre entienda que el tiempo de recuperación pueda incluso llegar a ser menor.

Los costos por mantenimiento podrían llegar a aumentar en condiciones adversas como los casos de vandalismo o por causas naturales que pudieran llegar a afectar a los componentes principales del sistema, como por ejemplo el efecto de la humedad excesiva o el alcance de un rayo a las torres, pero dado la selección del equipo y materiales se trató de tener en cuenta la mayor vida útil del sistema el cual puede variar entre los 10 años a 15 años dependiendo del medio y las condiciones.

## 5. CONCLUSIONES.

Con la realización del presente proyecto se logró la sustitución de la iluminación a base de lámparas fluorescentes del corredor (pumabus) del campo II F.E.S. Zaragoza por el sistema de celdas fotovoltaicas y lámparas LED.

Ubicando las torres para el sistema fotovoltaico dentro los parámetros normativos y recomendados por las organizaciones correspondientes ya citadas, así como el arreglo de las lámparas LED, las cuales estarán ubicadas en el corredor de la Facultad.

El cálculo del sistema se desarrolló satisfactoriamente con los parámetros de radiación y requerimientos de energía de las lámparas LED.

Dentro de la selección y recomendación de los equipos para el proyecto se tenía presente la existencia de algunos equipos como las celdas fotovoltaicas, las lámparas LED y las baterías las cuales dependiendo de las necesidades del sistema se fueron adecuando en cuanto a número y ubicación.

Lo cual dado los requerimientos y exigencias, cumplieron satisfactoriamente con los requerimientos del servicio como tiempos de carga, vida útil, eficiencia y consumo de energía.

El tiempo de recuperación de los gastos del proyecto son aceptables y con una buena visualización de ahorro para el futuro.

## 6. RECOMENDACIONES.

El proyecto postula una serie de recomendaciones que nos permitan entender todos y cada uno de los beneficios que las fuentes energía renovables trae consigo en el medio de desarrollo y la interacción con el ser humano en actividades en las que está inmerso.

El diseño y construcción de un sistema de iluminación a base de celdas fotovoltaicas empleando lámparas LED en el corredor (Puma Bus) en la F.E.S. Zaragoza campus II, pretende encaminar esfuerzos para generar una inercia de crecimiento sostenible que al mismo tiempo que se vea reflejado en aspectos tanto Económicos, Culturales, Sociales y Ambientales para toda la comunidad Universitaria actual y futura.

El proyecto trae consigo la eliminación en su totalidad de gastos de mantenimiento ya que su autonomía entre cada una de las torres de paneles fotovoltaicos distribuidos a lo largo del corredor, permite aislar problemas como la interrupción de iluminación en todo el corredor, de tal suerte que esto permite independizar en caso de una posible falla o simplemente la verificación del buen estado de los equipos como un mantenimiento preventivo más que correctivo de manera aislada sin daño secundario a otra de las torres de paneles.

Se tiene gran facilidad para la verificación y monitoreo de todos y cada uno de sus elementos que lo componen.

Hay una gran aceptación del campus II hacia la implementación de mejoras para beneficio de toda la comunidad universitaria en proyectos ecológicos de gran durabilidad de autonomía y reducción progresiva de costos al corto mediano y largo plazo.

Con estos Cambios Tecnológicos en la Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza la Administración actual tiene el firme compromiso de seguir

incentivando y apoyando con inversiones proyectos académicos que beneficien modernicen y posicionen a la universidad entre las mejores facultades del medio.

Lo cual nos deja ver en claro la posibilidad de ampliar este tipo de proyecto a otras áreas dentro y fuera del campo II de esta facultad, lo cual sería de gran beneficio para la economía de esta, ya que al disminuirse gastos de mantenimiento del campus, nos daría la oportunidad de provechar estos recursos para el desarrollo de otros proyectos y así tener una facultad sustentable y con mayores recursos para la enseñanza y la educación puesto que lo importante de los proyectos actuales es mejorar la educación y la práctica de lo aprendido dentro de este gran recinto.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Lighting Research Center. Solid-State Lighting. Accessed on 28 May 2003 at <http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/>
- <http://www.dbup.com.ar>
- <http://www.lighting.philips.com>
- [http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/science/newsid\\_4g0j000/4g0j316.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/science/newsid_4g0j000/4g0j316.stm)
- <http://www.wikipedia.org>
- <http://iluminaled.com/>
- <http://www.tecsoled.es/>
- Traffic Technologies Centre in Koblenz/Germany ([http://www.wsv.de/fvt/lichtte1/led\\_sektorenleitfeuer/led\\_sektorenleitfeuer\\_02.html](http://www.wsv.de/fvt/lichtte1/led_sektorenleitfeuer/led_sektorenleitfeuer_02.html))
- [http://www.geofisica.unam.mx/ors/energia\\_solar1.pdf](http://www.geofisica.unam.mx/ors/energia_solar1.pdf)

### Normas mexicanas vigentes:

- NMX-J-618/1-ANCE-2010: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos – Parte 1: Requisitos para la construcción.
- NMX-J-618/3-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 3: Requisitos para módulos fotovoltaicos de película delgada calificación del diseño.
- NMX-J-618/4-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)- Parte 4: Requisitos para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino-Calificación del diseño.
- NMX-J-618/5-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 5: Método de prueba de corrosión por niebla salina en módulos fotovoltaicos.

- NMX-J-618/6-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 6: Método de prueba UV (ultravioleta) para módulos fotovoltaicos.
- NMX-J-643/1-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 1: Medición de la característica corriente-tensión de los dispositivos fotovoltaicos
- NMX-J-643/2-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 2: Requisitos para dispositivos solares de referencia.
- NMX-J-643/3-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 3: Principios de medidas para dispositivos solares fotovoltaicos terrestres (FV) con datos de referencia para radiación espectral.
- NMX-J-643/5-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 5: Determinación de la temperatura equivalente de la celda (ECT) de dispositivos fotovoltaicos (FV) por el método de tensión de circuito abierto.
- NMX-J-643/7-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 7: Cálculo de la corrección del desajuste espectral en las mediciones de dispositivos fotovoltaicos (FV).
- NMX-J-643/9-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 9: Requisitos para la realización del simulador solar.
- NMX-J-643/10-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 10: Métodos de mediciones lineales.
- NMX-J-643/11-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos – Parte 11: Procedimientos para corregir las mediciones de temperatura e irradiación de las características corriente-tensión
- NMX-J-643/12-ANCE-2011: dispositivos fotovoltaicos-Parte 12: Términos, definiciones y simbología. *Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México, Situación Actual en México*
- NMX-J-655/1-ANCE-2012: desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV)-Parte 1: Mediciones de desempeño para irradiancia, temperatura y energía en módulos fotovoltaicos.

- NMX-J-655/2-ANCE-2012: desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV)-Parte 2: Acondicionadores de energía-Procedimiento para la medición de la eficiencia.
- NMX-J-655/3-ANCE-2012: desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos (FV)-Parte 3: Controladores de carga de baterías para sistemas fotovoltaicos-Desempeño y funcionamiento.
- NMX-J-657/1-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 1: Introducción general.

#### **Temas en calidad de proyecto de Norma Mexicana:**

- PROY-NMX-J-656/1-ANCE-2012 (IEC 62109-1) – Evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos-Parte 1: Seguridad en equipos de conversión de energía para uso en sistemas FV-Requisitos generales.
- PROY-NMX-J-657/2-ANCE-2012 - Sistemas híbridos y de energía renovable-Guía para la electrificación rural-Requisitos de enfoque para sistemas de electrificación.

#### **Normas mexicanas en espera de declaratoria de vigencia:**

- NMX-J-618/2-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos Parte 2: Requisitos para pruebas.

#### **Temas en desarrollo como normas mexicanas:**

- DT-NMX-J-653-ANCE-2012: celdas secundarias y baterías para sistemas de energía Fotovoltaicos. Requisitos generales y métodos de prueba.
- DT-NMX-J-656/1-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos Parte 1: Seguridad en equipos de conversión de energía para uso en sistemas F.V. Requisitos generales.

- DT-NMX-J-656/2-ANCE-2012: evaluación de la seguridad en dispositivos fotovoltaicos Parte 2: Seguridad en dispositivos inversores de energía para uso en sistemas F.V. Requisitos particulares.
- DT-NMX-J-657/5-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 5: Protección contra riesgos eléctricos.
- DT-NMX-J-657/7-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 7: Generadores.
- DT-NMX-J-657/7-1-ANCE-2012: sistemas híbridos y de energía renovable – Guía para la electrificación rural – Parte 7-1: Generadores fotovoltaicos. Sistemas de energía fotovoltaicos (FV) interconectados a las redes de suministro.

## BREVIARIO.

ANES	Asociación Nacional de Energía Solar.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía.
FV	Fotovoltaico.
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas.
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables el Financiamiento de la Transición Energética.
RLAERFTE	Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.
SEN	Sistema Eléctrico Nacional.
SENER	Secretaria de Energía.
LED	Diodo de Emisor de Luz
IRED	Diodo Emisor de Infra rojo
TMCA	Tasa Media de Crecimiento.
IMAX	Corriente Máxima de Corriente.
VMAX	Tensión Máxima de Potencia.
ISC	Corriente de Corto Circuito.
VOC	Tensión de Circuito Abierto
WRDC	Centro Mundial de Datos de Radiación
SMN	Sistema Meteorológico Nacional.
NEMA	Asociación Nacional de Manufactura Eléctrica
NMX	Normas Mexicanas.

## ANEXO

- NOM-025-STPS-2008.
- NOM-013-ENER-2004.
- PROY-NMX-ES-002-NORMEX-2006.
- Normas Internacionales (**National Electrical Manufacturers Association (NEMA)**, por sus siglas en ingles y significa,(Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos).