



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

“ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO  
PARA PRODUCIR CELDAS  
FOTOVOLTAICAS EN MÉXICO: 2010 - 2015”

TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

MARIO ENRIQUE FLORES BELTRÁN.

DIRECTOR DE TESIS (No. 256)

DR. JAIME MANUEL ZURITA CAMPOS

CIUDAD UNIVERSITARIA MÉXICO, D.F., AGOSTO, 2011.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

---

*Agradezco al Dr. Jaime Zurita mi maestro y amigo por guiarme desde la mitad de la carrera en el área de proyectos y de planeación económica. También por compartir sus conocimientos en las aéreas económicas y sus anécdotas como luchador social.*

*Gradezco a todos los que directa o indirectamente me ayudaron a recabar la información pertinente de mi tesis, al Centro de Investigaciones en Energía de la UNAM. Al Dr. Ángel Lino Linares de la USAID, por guiarme en la investigación económica de proyectos ecológicos y sustentables. A mis sinodales Alberto Reyes, Joel Rojas, Paulo Scheinvar, José Gastón.*

*Esta tesis está dedicada principalmente a mis abuelitos. Santos y Gabinita, que en todo momento me ayudaron y procuraron muy a su estilo. Serán siempre mi mejor inspiración para superarme. A mí tío Efrén que es casi como mi padre, a mis tíos Sonia y Armando por sus apoyo y consejos. En especial a mis padres Jaime y Juany por todo el apoyo que han logrado brindar.*

*Gracias a mis hermanos Jaime, Edgar y Víctor, por ayudarme a seguir con mi preparación como investigador social, en cada uno de los debates de enfoques profesionales me mostraron destinas perspectivas desde el punto de vista de sus licenciaturas.*

*A Jess, mi hermanita favorita por cuidarme siempre.*

*Agradezco a todos y cada uno de mis amigos de la facultad, Alex, Leo, Gustavo, Juan Carlos, Marianita, Cesar, Claus, Santiago, Miguel, Karla, Capi, El brujo, Giss, Aline, Nohemí, Karina, Hugo y Rubén. Por alentarme cuando más me hizo falta, por el apoyo en diferentes situaciones durante mi instancia en la facultad, por tantas locuras vividas, por hacerme más ameno el estrés, y por esos viajes de improviso.*

*A mis amigos de toda la vida, "El punto", Mariana, Miguel, Martha, los Chinos, Osama, Walter, Jacqueline, Diana, Roberto, John, Kikin, Vargas, Remedios, las Andriana, Deidred. Como olvidar mis años de cch'ro, aun que ya no nos frecuentamos siempre irán en mi mente.*

*Y por último a mis nuevos amigos de NAFIN.*

*Gracias a todos por apoyarme cuando lo necesite. No tengo palabras para agradecerles todo lo que hicieron por mí, estos es para ustedes...*

# INDICE.

**“ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO  
PARA PRODUCIR CELDAS FOTOVOLTAICAS EN  
MÉXICO: P (t)= 2010 2015”**

#	CONTENIDO	
A)	Introducción	P.
1	Estudio, estado del arte.	
1.1	Definición de energía solar.	2
1.2	Definición y características de la celda solar fotovoltaica.	3
1.3	Panel solar.	5
1.4	Principios de funcionamiento.	6
1.5	Energía solar, fuente sustentable.	8
1.6	Algunas aplicaciones.	11
2	Estudio de mercado.	12
2.1	Demanda actual del producto.	
2.1.1	Demanda internacional.	
2.1.2	Demanda nacional.	18
2.2	Oferta actual y futura.	
2.2.1	Oferta internacional.	20
2.2.2.	Oferta nacional.	22

3	Ingeniería del proyecto	
3.1	Ubicación de la planta.	25
3.2	Necesidades de la planta.	26
3.2.1	Restricción ecológica.	26
3.2.2	Construcción de la planta.	26
3.2.2.1	Etapas de construcción del proyecto.	28
3.2.2.2	Características de la planta.	28
3.3	Tecnología a emplear. Propuesta tecnológica.	29
3.4	Proceso de producción que empleará el proyecto, Q-Cells.	33
3.5	Secuencia tecnológica	34
4	Aspectos económicos.	38
4.1	Datos generales..	38
4.2	Antecedentes generales, financiero para el proyecto	39
4.3	Propuestas para mejorar el modelo planteado por Q-Cells.	40
4.4	Sistema Fotovoltaico vs Generador Diesel.	41
B)	<b>Resumen y Conclusiones.</b>	
C)	<b>Bibliografía.</b>	
D)	<b>Anexos.</b>	

## A. INTRODUCCIÓN

## “INTRODUCCIÓN”

---

Esta investigación de la factibilidad de instalar una planta productora de paneles fotovoltaicos en México, ha sido guiada por el modelo de tesis propuesto por el Dr. Jaime Manuel Zurita. La investigación se complementará con el esquema del ciclo del proyecto, tendrá las características principales que serán revisados en los lineamientos ecológicos requeridos para este tipo de proyectos.

Esta tesis será un ante proyecto de inversión, ya que por las dimensiones y características del proyecto, no es posible abarcar por completo el tema a nivel licenciatura, además de no poder contar con todos los elementos financieros, esto por la restricción existente en el tema, por parte del sistema de producción de la UNAM, ya que se encuentra en proceso de patente, y en la parte financiera, existe restricción de información.

### **A) Justificación.**

La empresa es la unidad más pequeña objeto de estudio de la ciencia económica, por lo tanto es necesario conocer cuáles son los caminos que deben recorrerse antes de ejecutar la inversión dedicada a la renovación de los bienes de capital al interior de una empresa, como se plantean las necesidades, como se evalúan estas necesidades, que elementos son necesarios al momento de la toma de decisiones y que elementos ayudan a tomar las decisiones más acertadas en beneficio de una empresa. En la literatura existente y revisada no hay un estudio formal que nos ilustre cual es el camino que hay que recorrer antes de la ejecución de las inversiones dedicadas a la renovación o reemplazo de los bienes de capital al interior de la empresa y parece ser que es un proceso que se tiene por sobreentendido.



### **B) Planteamiento del problema:**

Las empresas necesitan de la renovación de equipos productivos (llámense bienes de capital o maquinaria) para poder sobrevivir y acrecentar su poder y/o presencia en el mercado, con la finalidad de ser más competitivas que sus rivales al mismo tiempo que ofrecen mejores mercancías a mejores precios a los consumidores. Dada esta situación, ¿Cuál es el proceso que siguen las empresas al momento de tomar la decisión de renovar sus equipos? ¿A qué problemáticas pueden enfrentarse al momento de la toma de decisiones? ¿Qué tan bien conocen los indicadores que ayudan a elegir de forma numérica las distintas posibilidades de inversión?

### **C) Objetivo General:**

El objetivo de esta investigación es comprender y analizar el proceso general que pueden llevar a cabo los directivos de una empresa cualquiera al momento de elegir la renovación de sus equipos de producción, con el fin de conocer los conceptos básicos que pueden ayudar a entender el proceso de inversiones en los bienes de capital y que pueden ayudar a una mejor toma de decisiones por parte de los encargados de la empresa.

### **D) Hipótesis:**

El conocimiento de los elementos que conforman el proceso de las inversiones es una herramienta que ayudara a mejorar los juicios de decisión al momento de elegir la renovación de los equipos de producción al interior de la empresa.

### **E) Guión**

El modelo de investigación consta de 4 fases.

# “INTRODUCCIÓN”

---

- 1. ESTUDIO: ESTADO DEL ARTE.**
- 2. ESTUDIO DE MERCADO.**
- 3. INGENIERÍA DEL PROYECTO.**
- 4. ASPECTOS ECONÓMICOS.**

En el primer capítulo, “ESTUDIO: ESTADO DEL ARTE” se, realiza una revisión documental de artículos e investigación referente a la utilización, fabricación e importancia de las celdas solares, se comenzará con la especificación de la celda solar así como su producción y su utilización en paneles solares. Mediante los estudios de cambio climáticos que encuentre intentaré justificar, el por qué es importante la producción nacional de celdas fotovoltaicas. Se hará referencia de sus posibles usos que se les da a los paneles en el caso mexicano. Por último mencionaré los últimos programas de gobierno en los cuales esta producción podría participar.

El capítulo segundo “ESTUDIO DE MERCADO”, estudiará la información necesaria para delimitar la demanda existente del mercado nacional de celdas y paneles fotovoltaicos en México, y posiblemente en el mundo, esto con la finalidad de poder definir las características necesarias de la fábrica, para que pueda satisfacer las necesidades del mercado actual y futura.

En el tercer capítulo “INGENIERÍA DEL PROYECTO”, se hará una revisión de los antecedentes del mercado fotovoltaico en México, así como la viabilidad de inversión y comparar los precios internacionales de proyectos similares con respecto a las características del proyecto mexicano.

## “ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

En cuarto capítulo “ASPECTOS ECONÓMICOS”, precisaré los criterios de evaluación financiera que se deben emplear para calificar la viabilidad de un proyecto de esta magnitud. Recordando que este es un ante proyecto de una fábrica ecológica, también revisaré los lineamientos y estándares requeridos para su óptimo funcionamiento.

En el apartado de resumen y conclusiones expresaré los cambios requeridos en la investigación, con referencia a la metodología que he expresado en este apartado de la investigación. También propondré una solución al mercado mexicano fotovoltaico, con vista a que México pueda ser el iniciador de estas tecnologías para América Latina y el Caribe.

# **CAPITULO**

## **1. ESTUDIO, ESTADO DEL ARTE.**

## **1. Estudio, estado del arte.**

### **1.1. Definición de energía solar.**

La **energía solar** es la producida por el Sol y que es convertida a energía útil por el ser humano, ya sea para calentar algo o producir electricidad (como sus principales aplicaciones).

“Cuando pensamos en la energía solar, dos manifestaciones de ésta, luz y calor, son fácilmente reconocidas. Ambas juegan un papel vital en la vida de nuestro planeta. La luz solar hace posible el proceso de fotosíntesis, sin el cual el reino vegetal y animal desaparecerían. El calor tempera el clima y evapora las aguas del mar, las que, libres del contenido salino, son devueltas al planeta en forma de lluvia. Seres humanos, animales y plantas deben su existencia a este simple mecanismo de purificación.

Varias de las civilizaciones antiguas, consientes de esta dependencia, convirtieron al en una deidad digna de veneración.

Otras manifestaciones de la energía solar no son tan obvias. La energía eólica es un ejemplo. El viento es el resultado del movimiento de masas de aire causados por la rotación de la Tierra, diferencias térmicas en la atmósfera y la diferente absorción térmica entre los mares y los continentes”.

## 1.2. Definición y características de la celda solar fotovoltaica.

Son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Convierten energía luminosa en energía eléctrica.

Están formados por células elaboradas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Volts, utilizando como materia prima la radiación solar.



**Ilustración 1.1**

Las celdas solares comerciales se fabrican con lingotes de silicio de alta pureza (material muy abundante en la arena). El lingote es rebanado en forma de placas delgadas llamadas obleas. El espesor típico usado es del orden de 300 nano milímetros (nm) (0.3 mm). Una fracción muy pequeña de tal espesor (del orden de 0.5 nm) es impregnado con átomos de fósforo. A esta capa se le conoce como tipo-n.



**Ilustración 1.2**

El resto de la oblea es impregnada con átomos de boro y se forma la capa conocida como tipo-p. Estas capas forman un campo eléctrico (voltaje interno construido) dentro de la oblea y cerca de la superficie que recibe la luz del sol. Dicho voltaje es el responsable de separar a las cargas fotogeneradas positivas (huecos) y negativas (electrones).

La celda cuenta con dos terminales que se conectan a un circuito externo para extraer la corriente eléctrica producida. La cara de la oblea expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones fotogenerados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. Sobre este enrejado está conectado uno de los conductores del circuito exterior. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. Sobre esta capa está conectado el otro conductor del circuito exterior. También la celda esta cubierta con una película delgada anti reflejante para disminuir las pérdidas por reflexión.

### 1.3. Panel solar.

Los paneles solares están formados por varias celdas fotovoltaicas. Las celdas se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas; los paneles captan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz. *(La corriente alterna se comporta como su nombre lo indica. Los electrones del circuito se desplazan primero en una dirección y luego en sentido opuesto, con un movimiento de vaivén en torno a posiciones relativamente fijas. Esto se consigue alternando la polaridad del voltaje del generador o de otra fuente.)*

Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa, pudiendo generar energía eléctrica incluso en días nublados.

En general las células tienen potencias nominales próximas a 1W, lo que quiere decir que con una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  proporcionan valores de tensión de unos 0,5 Volts<sup>(+)</sup> y una corriente de unos dos amperes.

Para obtener potencias utilizables para aparatos de mediana potencia, hay que unir un cierto número de células con la finalidad de obtener la tensión y la corriente requeridas.

Para tener más tensión hay que conectar varias células en serie. Conectando 36 (dimensiones normales, 7.6 cm de diámetro) se obtienen 18 Volts, tensión suficiente para hacer funcionar equipos a 12 Volts, incluso con iluminaciones mucho menores de  $1\text{kW/m}^2$ .<sup>(\*)</sup>

(\*) KW= Kilo Watts

(+) V= Volt.

W= Watts

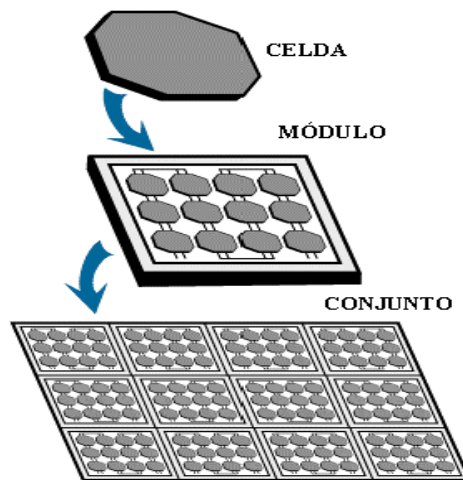


## “ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

La unidad básica de las instalaciones fotovoltaicas es, pues, la placa fotovoltaica, que contiene entre 20 y 40 células solares; estas placas se conectan entre sí en serie y/o paralelo para obtener el voltaje deseado (12V, 14V, etc.).

Estas células interconectadas y montadas entre dos láminas de vidrio que las protegen de la intemperie constituyen lo que se denomina un módulo fotovoltaico.



**Ilustración 1.3**

### **1.4. Principios de funcionamiento.**

La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del Sol en energía eléctrica.

Consiste en la captación de la energía radiante procedente del Sol, equivalente a  $3,8 \times 10^{20}$  Mega Watts.

Es emitida por su superficie a la temperatura de 13 millones de grados (producida por las fusiones de átomos de Hidrógeno para formar Helio).

## “ESTUDIO, ESTADO DEL ARTE”

---

Se transmite por el espacio en forma de fotones de luz. Estos fotones atraviesan la atmósfera terrestre perdiendo parte de su energía por los impactos con la misma. Esta pérdida de energía será función de la distancia que recorre (latitud y altitud del Sol) y del tipo de atmósfera que atraviesen (clara o nublada) hasta alcanzar la superficie de la Tierra.

Cuando fotones de un determinado rango de energía chocan con átomos de ciertos materiales semiconductores (el Silicio es el más representativo) les ceden su energía produciendo un desplazamiento de electrones que es en definitiva una corriente eléctrica.

Estos fotones se caracterizan por su energía y su longitud de onda (que forman lo que se llama espectro solar). Solo una parte de este espectro (que depende del material semiconductor) es aprovechada para el desplazamiento de los electrones.

Las celdas fotovoltaicas son el motor de cualquier sistema solar, es que sin ellas no podríamos contar actualmente con paneles solares o cualquier otro dispositivo que funcione a base de esta energía. Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico; muchas de ellas cuentan con una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico lo cual hace que los fotones de luz sean absorbidos para luego irradiar electrones; cuando dichos electrones libres son capturados el resultado que obtenemos es una corriente eléctrica que luego, mediante su conversión, es empleada como electricidad

## “ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”



Ilustración 2

### 1.5. Energía solar, fuente sustentable.

La superficie total de México es de 2,000.000 Km<sup>2</sup>. (INEGI 2010)  
La insolación promedio solar en México es de 5 KW x M<sup>2</sup> x Día (CONAE), por tal motivo la energía total en un Día Solar (5 Horas):

- 50,000,000 Giga Watt Hora / Día Solar

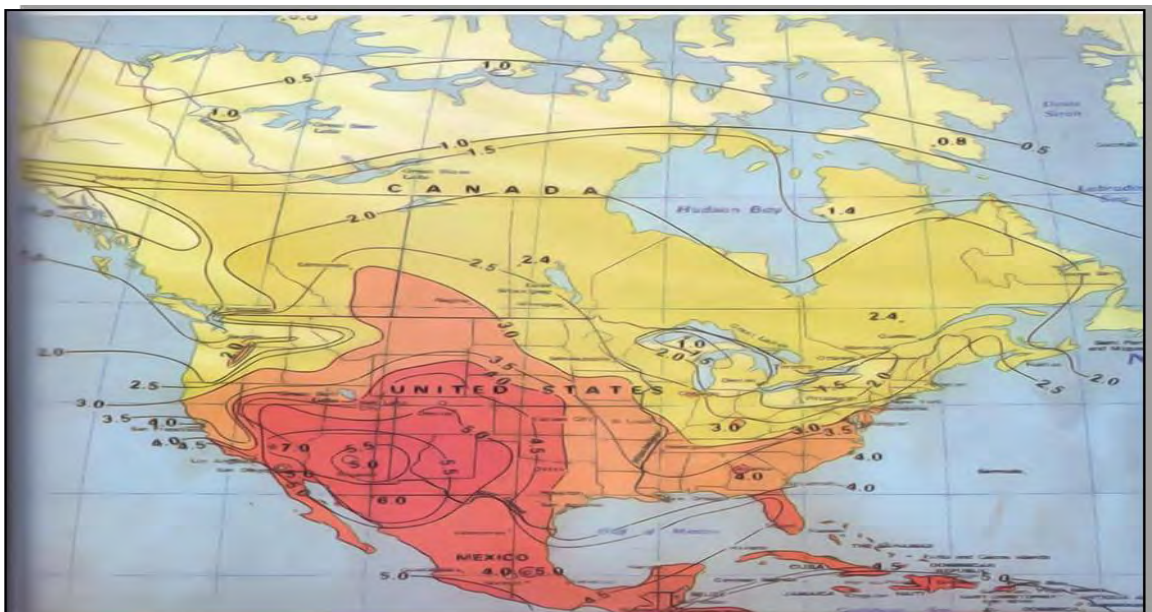


Ilustración 3. Mapa de radiación solar en México. Producción total en un día solar de Energía Solar fotovoltaica en México. (IIE.ORG.MX. 2010)

## “ESTUDIO, ESTADO DEL ARTE”

---

El consumo de energía eléctrica en México por año es de 849,136 petajoules, es decir un consumo de energía por día de 2326.4 petajoules, según la balanza comercial proporcionada en la Luz y Fuerza del Centro y Comisión Federal de Electricidad.

La energía eléctrica creada en México está dividida en los procesos de producción

<b>Descripción</b>	<b>Participación en la producción</b>
<b>Termo</b>	87.09
<b>Eólica</b>	0.14
<b>Hidroeléctrica</b>	12.77
<b>Total</b>	100

Tabla 1. Comisión Federal de Electricidad 2010.

La energía solar fotovoltaica es, al igual que el resto de energías renovables, inagotable, limpia, respetuosa con el medio ambiente y sentando las bases de un autoabastecimiento. Al igual que el resto de las energías limpias, contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y especialmente de CO<sub>2</sub>, ayudando a cumplir los compromisos adquiridos por el Protocolo de Kioto y a proteger nuestro planeta del cambio climático.

Bajo estos criterios la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha creado manuales de regulación de energías renovables, la United States Agency For International Development (USAID) creó el manual que utiliza México en especial el estado DF.

## “ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

La electricidad se produce como energía primaria y también secundaria. La electricidad primaria se obtiene de fuentes naturales como la hidroelectricidad, eólica, solar, maremotriz y del oleaje. La electricidad secundaria se produce del calor de la fisión de los combustibles nucleares, del calor geotérmico y el calor térmico solar, así como quemando combustibles primarios como el carbón mineral, gas natural, petróleo, fuentes renovables y desechos. Una vez producida la electricidad, se distribuye a los consumidores finales a través de los sistemas nacionales o internacionales de transmisión y distribución.

El calor, así como la electricidad, es un portador de energía que principalmente se usa para calefacción de los espacios y en procesos industriales. La historia del calor es casi tan antigua como la historia de la propia humanidad, y comenzó con el descubrimiento del fuego.

El calor también se produce como energía primaria y secundaria. El calor primario se obtiene de fuentes naturales como la geotermia y el calor térmico solar. El calor secundario se obtiene de la fisión de los combustibles nucleares, y quemando combustibles primarios como el carbón mineral, gas natural, petróleo, fuentes renovables y desechos. El calor también se produce a partir de la electricidad en calderas eléctricas o bombas de calor. El calor puede producirse y utilizarse en el sitio, o distribuirse mediante un sistema de tubos hasta estructuras distantes del punto de producción.

## **1.6. Algunas aplicaciones:**

La energía eléctrica creada con celdas fotovoltaicas o con paneles, se pueden usar para.

- Electrificación de viviendas rurales.
- Suministro de agua a poblaciones.
- Bombeo de agua / riegos.
- Naves ganaderas.
- Telecomunicaciones: repetidores de señal, telefonía móvil y rural.
- Tratamiento de aguas: desalinización, cloración.
- Señalizaciones (marítima, ferroviaria, terrestre y aérea) y alumbrado público.
- Conexión a la red.
- Protección catódica.
- Sistemas de telecontrol vía satélite, detección de incendios.

**CAPITULO:**

**2. ESTUDIO DE MERCADO.**

## **2. Estudio de mercado.**

### **2.1. Demanda actual del producto.**

#### **2.1.1 Demanda internacional.**

En el año 2009, se calcula que las nuevas células fotovoltaicas instaladas en todo el mundo generaron un volumen máximo de electricidad de 7,4 GW, de los que 5,8 GW corresponden a Europa.

En el año 2010 estas cifras muestran el liderazgo de la Unión Europea (UE), donde se instalaron más de las tres cuartas partes de los nuevos sistemas fotovoltaicos. Al término de 2009, la capacidad instalada acumulada de generación de electricidad fotovoltaica (es decir, la ya existente más la nueva) en Europa ascendía a 16 GW, cerca del 70 % del total mundial, 22 GW. Estos son algunos de los hallazgos del noveno «Annual Photovoltaics Status Report» («Informe anual de situación del sector fotovoltaico»), publicado por el Centro Común de Investigación (JRC – Joint Research Centre) de la Comisión Europea.

El Instituto de Energía (IE) del JRC, evalúa los resultados de una encuesta realizada entre más de trescientas empresas de todo el mundo. Esta publicación analiza el mercado y la industria de la energía fotovoltaica a escala mundial, con especial atención a la Unión Europea, India, Japón, China, Taiwán y Estados Unidos, y ofrece unas perspectivas finales. Asimismo, en ella se hace un repaso de las



## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

actividades actuales en los ámbitos de la investigación, la fabricación y la comercialización relacionadas con este sector. No obstante, los datos de 2009 parecen llevar aparejado un grado de incertidumbre más alto que el acostumbrado, sobre todo debido a las dificultades que atraviesan los mercados y a la menor voluntad de las empresas a revelar información que consideran confidencial. (Qué es el caso de nuestra investigación)

El crecimiento de la capacidad de generación fotovoltaica en Europa, se calcula que cada GW de capacidad de generación de electricidad fotovoltaica puede abastecer a unos 250 000 hogares europeos durante un año. En 2009, la UE aumentó su capacidad energética total en 27,5 GW. Alrededor del 21% (5,8 GW, cifra en ascenso si se compara con los 5,1 GW de 2008) procedía del fotovoltaico.

En 2009 el grueso del crecimiento en la UE se concentró en Alemania (un aumento de 3,8 Giga Watts (GW) hasta alcanzar una capacidad acumulada de 9,8 GW), donde sólo en el último trimestre se conectaron a la red instalaciones nuevas con una capacidad de 2,3 GW. Precisamente Alemania es el líder mundial en cuanto a capacidad instalada acumulada, seguida de España con 3,5 GW.

El segundo país donde más creció el sector fotovoltaico fue Italia, con 0,73 GW (y una capacidad acumulada de 1,2 GW), seguida de Japón: 0,48 GW (2,6 GW), Estados Unidos: 0,46 GW (1,65 GW), República Checa: 0,41 GW (0,46 GW) y Bélgica: 0,3 GW (0,36 GW).

## “ESTUDIO DE MERCADO”

---

Pese a todo, el mercado de la energía fotovoltaica se encuentra aún en estado incipiente. En la UE sólo el 0,4 % de la electricidad total suministrada en 2009 procedió de fuentes de energía fotovoltaica. A escala mundial la cifra es de apenas el 0,1 %.

España es uno de los países europeos con niveles más altos de radiación solar y tiene un elevado mercado potencial interior en sistemas conectados a la red. Pero, por contra, en la implantación de energía solar se encuentra por detrás de países nórdicos como Suecia, Holanda o Alemania.

En España inciden 1.500 kilowatios/hora/m<sup>2</sup> que se pueden aprovechar directamente (calor) o se pueden convertir en otra fuente de energía (electricidad).

En el año 2010 se tuvo un crecimiento inesperado con un consumo global de 18, 2 GW esto represento un 139% respecto al año anterior, (informe de mercado fotovoltaico Marketbuzz. 2011.)

La industria fotovoltaica generó US \$ 82 mil millones de ingresos globales en 2010, un 105%, \$ 40 millones en 2009. Las empresas en toda la cadena PV recaudaron más de \$ 10 mil millones en capital y deuda en los últimos 12 meses.

En 2010, los cinco primeros países por el tamaño del mercado fotovoltaico fueron Alemania, Italia, República Checa, Japón y los

## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

Estados Unidos-que representan más del 80% de la demanda mundial. Los países europeos representados por 14,7 GW, o sea el 81% de la demanda mundial en 2010. Los tres primeros países de Europa fueron Alemania, Italia y la República Checa, que en conjunto ascendieron a 12,9 GW. En 2010, los japoneses y los mercados de EE.UU. crecieron un 101% y 96%, respectivamente. En total, más de 100 países hicieron alguna contribución al aumento de la demanda mundial de fotovoltaica el año pasado. (Solarbuzz Marketbuzz, 2011).

La producción mundial de células solares alcanzó 20,5 GW en 2010, frente a 9,86 GW al año anterior, correspondiendo a la producción de películas delgadas de un 13,5% de la producción total. Los productores de China y Taiwán siguieron la construcción de compartir, y ahora representan el 59% de la producción mundial de células, por encima del 49% el año pasado. Los dos principales fabricantes de celulares en 2010, fueron Suntech Power y JA Solar, que empató en la primera posición, seguido de cerca por First Solar.

Los mejores 8 fabricantes de polisilicio producían 145.200 toneladas anuales de capacidad en 2010, mientras que el Top 8 fabricantes de obleas representaban el 45% del suministro mundial de la oblea. El exceso de producción de polisilicio respecto a la demanda del mercado causó que el silicio cristalino se vendiera a precios de puerta baja un 14% en 2010, significativamente inferior a la reducción del 38% del año anterior.

## “ESTUDIO DE MERCADO”

---

Después de abordar los resultados de 2010, el Marketbuzz 2011 informe establece tres escenarios para el suministro, la demanda y los precios en los próximos cinco años. Para el año 2015, los proyectos de Europa tendrán entre 45 a 54% el control del mercado de Norteamérica y algunos mercados asiáticos. Se prevé que en los próximos 5 años, las fabricas tenderán sus mercancías a precios directos (a pie de fabrica, sin transporte) con decrecimientos entre 37% y 50% de los precios del 2010.

En el corto plazo, las hipótesis sobre el entorno político inmediato siguen siendo críticos con los resultados en los próximos 24 meses.

El protocolo de Kioto, ha contribuido a la disminuir la contaminación global, obligando a que los países renueven sus tecnologías e incentivando a cambiar las ya existentes, dando apoyos financieros así como apoyo tecnológico y capacitación a los países que pretenden iniciar con la creación de energías renovables. Para cumplir con los periodos fijados, en América Latina a partir del año 2009 se comenzó la creación de granjas solares en Argentina y Chile, por tal motivo la demanda de celdas y paneles solares se ha comenzado a crear, por que antes no existía más que de forma privada y muy reducida, no existen registros de consumo de sistemas fotovoltaicos, porque no existe alguna agrupación industria latinoamericana, que realice estas investigaciones de forma pública, con datos económicos de su impacto, solo investigaciones privadas o universitarias.

## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

El mayor incentivo para invertir en estas tecnologías es que su bajo costo de mantenimiento, además de que el costo de la energía se convierte estable y tiene vida útil de un mínimo de 20 años y en los primeros 5 años se recupera la inversión requerida.

### **2.1.2. Demanda nacional.**

En los años 70's, el gobierno comenzó sus primeros intentos de utilizar la energía solar para cubrir la demanda insatisfecha, para los poblados más lejanos y de difícil acceso, pero al cabo de 5 años se abandono el proyecto por falta de presupuesto.

En los años 80's y 90's el consumo de energía fotovoltaica, fue casi nulo o inexistente esto por no existir oferentes que vendieran esta tecnología.

A finales de los 90's y principios del 2000, es cuando se comienza a retomar el consumo la tecnología fotovoltaica.

En el año 2005 el gobierno de Distrito Federal comienza los protocolos del uso de energías alternativas, ya sea la energía solar, eólica, o calorífica, en la cual se permite libre mente el uso de estos sistemas para uso domestico y comercial. Para el caso del uso de energías alternas para los procesos de producción, no son tan viables, pero en combinación con la energía convencional (eléctrica), obtiene

## “ESTUDIO DE MERCADO”

---

resultados positivos, utilizándolo para alumbrado de aéreas abiertas o sistemas de ventilación, o sistema de calentamiento de agua.

En el caso del uso de estas energías alternativas, solo se utilizan en si gran mayoría solo para casas de campo, calentadores eléctricos y en una mínima proporción en alumbrado general, esto porque los sistemas fotovoltaicos actuales son muy costos y por que requieren para su instalación grandes superficies planas sin interferencia de la radiación solar.

Otro de los usos actuales de los paneles solares, es en los postes de alumbrado público, o para proporcionar de energía eléctrica a teléfonos públicos.

En el caso de la energía rural, es más común el uso de diversos tipos de sistemas eléctricos ya sea fotovoltaicos o de sistemas de energías alternativas, ya sea en el caso de bombeo de agua, o empleándolo para cargar baterías que provean de luz durante la noche.

A partir del 2010, continuando con los términos del protocolo de Kioto se comenzarán a crear las primeras granjas solares que son espacios donde se colocan paneles solares de forma industrial, para la captación de energía eléctrica fotovoltaica por lo que se espera una demanda creciente en los próximos años en el país.

## **2.2. Oferta actual y futura.**

### **2.2.1. Oferta internacional.**

En el apartado de la producción de células fotovoltaicas, el informe indica que en 2009 ésta aumentó a nivel mundial hasta los 11,5 GW, un incremento del 56 % sobre 2008. En la UE permaneció estable en 2 GW (1,9 GW en 2008).

En este ámbito, los líderes fueron China, con 4,4 GW en 2009 (2,4 GW en 2008), Taiwán con 1,6 GW (0,8 en 2008) y Malasia, cuya producción aumentó de 0,16 GW en 2008 a 0,72 GW en 2009.

En el transcurso de 2008 y 2009 un gran número de empresas anunciaron la moderación o incluso la cancelación de sus planes de expansión de la producción fotovoltaica en todo el mundo. Sin embargo, ese descenso parece haber sido compensado por la aparición de nuevos productores, concretamente empresas de gran tamaño relacionadas con la energía o con los semiconductores. En los últimos años se ha observado la tendencia al decremento del precio de los módulos fotovoltaicos hasta en un 50%, esto provocado por un exceso de producción internacional en un lapso de 2 años, quedando el precio medio de venta por debajo de 1,5 euros por vatio.

## “ESTUDIO DE MERCADO”

---

Actualmente Japón, es el principal país productor de energía fotovoltaica a nivel mundial, el segundo puesto lo ocupa Alemania.

La producción mundial de módulos fotovoltaicos viene creciendo desde el año 2000 en un 30% anual y actualmente España es considerada, junto con Estados Unidos, Israel y Australia, como uno de los grandes inversores mundiales en el desarrollo de la energía solar para producir electricidad.

Las obleas de silicio siguen siendo la tecnología más utilizada en la fabricación de células fotovoltaicas, suponiendo una cuota de mercado del 80 % en 2009.

La cuota de mercado de los productos fotovoltaicos de película delgada ha pasado del 6 % en 2005 y el 10 % en 2007 a entre el 16 y el 20 % en 2009.

La tecnología fotovoltaica de concentración (que consiste en el uso de lentes para concentrar la luz solar en las células fotovoltaicas) está creciendo a gran velocidad, si bien parte de niveles bajos.

La combinación actual de las tecnologías fotovoltaicas presenta una base sólida de cara al crecimiento futuro del sector, ya que ninguna de ellas podría satisfacer por sí sola las necesidades de todos los consumidores.



## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

Precisamente la variedad de estas tecnologías es una garantía contra los obstáculos en la implantación de la electricidad solar fotovoltaica en el caso de que surgieran limitaciones materiales o impedimentos técnicos que obstaculizaran el desarrollo o la expansión de cualquiera de ellas.

### **2.2.2.Oferta nacional.**

La oferta nacional, esta solo cubierta por comercializadoras y exportadoras, de celdas y paneles fotovoltaicos, pero no existe alguna fabrica que produzca las obleas fotovoltaicas, esto a pesar de que ya existe la tecnología nacional optima para competir con la internacional.

Los estados mas involucrados en este rubro son Distrito Federal, Estado de México, y en las ciudades de Guadalajara y Monterrey. Por parte del gobierno, no existe información ni control sobre este mercado, solo incipientes lineamientos para utilizar la tecnología, esto ha provocado que el sector privado, en su afán de mejorar a creado la Asociación Nacional de Energía Solar A. C. (ANES. A. C.). En dicha asociación. Se agrupa los datos estadísticos así como información más relevante del tema.

La investigación tecnología, solo se hace por parte de las instituciones Universitarias, pero no se han logrado introducir al mercado para explotar sus beneficios, por el alto precio de sus patentes, además de existir un mercado amplio de tecnologías ya liberadas pero no tan eficientes en su uso de absorción de energía solar.

## “ESTUDIO DE MERCADO”

---

En cuanto a la oferta de aparatos que utilizan paneles o celdas solares fotovoltaicas, se ha tenido un constante crecimiento en los últimos años de hasta un 60% a partir del 2004, esto por las reformas de construcción de casas y edificios, así como por el aumento del precio de la energía eléctrica.

### **Nota importante**

El único antecedente inconcluso de una fábrica de paneles y celdas fotovoltaico en el país ha sido el que se intento en el año 2008 en el valle conocido como “Silicon Border” en el estado de Baja California por parte de la empresa Q-CELLS, por tal motivo mi tesis se concretara en el análisis, hasta donde puede encontrar información. Esta propuesta que promete ser, el mayor proyecto en su tipo en América Latina.



**CAPITULO**

**3. INGENIERÍA DEL PROYECTO**

## 3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

### 3.1. Ubicación de la planta.

El proyecto de la empresa Q-CELLS se ubicaría en el estado de Baja California entre la Ciudad de Mexicali y Tecate México. A 2 horas de Estados Unidos.



Figura 3.1. Ubicación geográfica del proyecto. (Silicon Border 2008)

El proyecto tendría unas dimensiones de 60 hectáreas (150 acres)

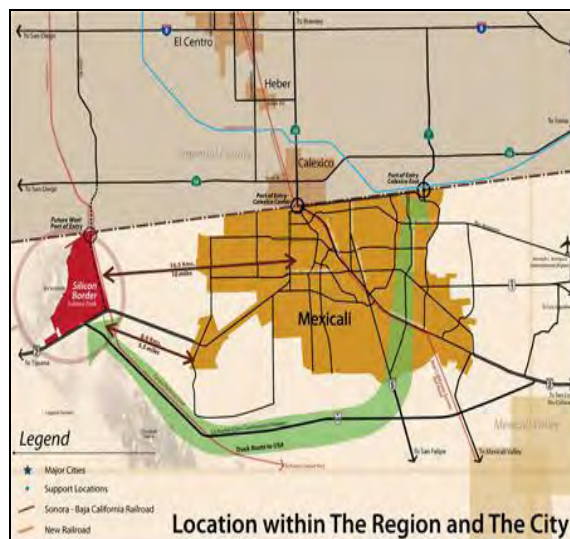


Figura 3.2 Ubicación del proyecto.

La selección geográfica de este proyecto, por sus magnitudes y

## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

alcances esperados, fue establecido entre el Gobierno Federal de México y Estados Unidos, en un pacto comercial para lograr la máxima eficiencia de ambos países, ya que se a pactado a USA como proveedor de silicio, procesado, reactivando las minas de dicho mineral ubicados en California.

México por su parte proporcionara mano de obra competitiva y calificada al más alto nivel así, esto con la finalidad de proporcionar a Q-Cells la certeza de un producto de calidad a bajo costo.

El Gobierno Federal se comprometió a otorgar apoyos fiscales a ingresos menores a los 2 billones de dólares anuales por concepto de producción de celdas y paneles fotovoltaicos hasta por un periodo de 10 años. (Silicon Border, 2009).

### **3.2. Necesidades de la planta**

#### **3.2.1. Restricción ecológica**

Las normas internacionales ecológicas estipuladas en los protocolos de creación de fuentes de energías limpias como el Protocolo de Kioto, indican que para considerar un proceso de producción libre de CO<sub>2</sub> es forzoso que se cree con un sistema de producción libre de hidrocarburos, por tal motivo esta planta requiere un sistema de energías limpias, se incursionará en una granja solar que sea su proveedor de energía eléctrica, dicha estrategia permitirá no solo tener ingresos por concepto de venta de celdas fotovoltaicas sino también por ser proveedor regional de energía ecológica.

#### **3.2.2. Construcción de la planta**

Para la construcción de la planta se emplearán a cerca de 1500 empleados, y se emplearan en una primera fase a 1650 trabajadores, teniendo como meta máxima utilizar a 4 mil 500 trabajadores.

## “INGENIERÍA DEL PROYECTO”

---

Basándome en estudios de otras granjas solares, estimo que se empleara 40 hectáreas para la captación de energía solar empleando un promedio de 20, 400 paneles solares.



Figura 3.3 Planta fotovoltaica y granja solar.

Dejando para la fabrica y para los distintas contracciones requeridas de sistemas que transformen la energía a alta tención a 20 hectáreas.

Un proyecto complementario para este proyecto que se ha estimado, es la construcción de un deposito de pilar que contengan la energía solar captada por el proyecto, El gobierno mexicano estimó que se emplearían 4 millones de dólares inversión que iniciaría la empresa Rubenius, para dicha etapa complementaria emplearán 500 empleados y emplearía 140 hectáreas.

### **3.2.2.1 Etapas de construcción del proyecto.**

El tiempo estimado en la construcción de la fábrica será de 1 año,

Dentro de esta primera fase de construcción se tendrá que comenzar con una primera parte de la granja solar, así como los transformadores de energía, para que de esta forma se esté cumpliendo con la especificación ambiental de ser una planta de energía construida con la menor cantidad de hidrocarburos. El costo definido por la empresa Q-Cells, por concepto de construcción de la planta fotovoltaica, esta cotizado en mil millones de dólares (1 billón de dólares).

Como segunda fase de construcción con parte de las primeras piezas ensambladas en la fábrica, se concluirá la construcción de la granja solar fotovoltaica, que como ya menciono, no es su finalidad principal de la fábrica, pero fue establecido por el gobierno Mexicano.

### **3.2.2.2 Características de la planta.**

Una de las características requeridas de la fábrica será que requiere un gasto promedio equivalente al 20% del valor de la inversión de la obra, por concepto de normas de calidad, limpieza, cambios de filtros y demás sistemas sanitarios, esto con la finalidad de mantener los mejores estándares de calidad. (Promedio utilizado para la producción de fábricas farmacéuticas y de componentes electrónicos).

$$\$1000 \times .20\% = \$200 \text{ U\$}.$$

Se ha estimado que el valor de la planta tendrá un costo de mil millones de dólares, por tal motivo se espera un gasto anual de 200 millones en mejoras a la planta y en sistemas de limpieza.

### **3.3 Tecnología a emplear. Propuesta tecnológica.**

(ISIDRO PEREDA SOTO, 2005)

La obtención de celdas solares de bajo costo que puedan ser producidas masivamente sin que se produzca escasez de las materias primas necesarias, ha sido el objetivo del desarrollo de la tecnología de las celdas solares de silicio amorfo hidrogenado. En efecto, tanto el silicio como el hidrogeno son abundantes y la disposición de materiales amorfos se puede hacer por diversos procedimientos cuya principal característica es que la temperatura del proceso es baja y por lo tanto compatible con la utilización de vidrio como sustrato.

Las ventajas adicionales de esta alternativa son, entre otras:

1) El proceso es compatible con los demás procesos de la tecnología microelectrónica, lo que hace posible la integración de celdas solares de bajo costo en productos de electrónica de consumo como relojes o calculadoras.

2) El coeficiente de absorción es de valor muy elevado, lo que supone que la mayor parte de la energía solar es captada en espesores del orden de la micra. Esto significa que las celdas pueden ser de película delgada.

3) La energía del panel fotovoltaico es de 1,7 Voltts que es un valor adecuado a la conversión fotovoltaica.

4) Los procedimientos de depósito son integrables fácilmente en líneas de producción automatizadas en módulos completos, lo que simplifica la manufactura y reduce costos.

Sin embargo, algunos inconvenientes que han contenido la penetración en el mercado de los módulos fotovoltaicos amorfos.



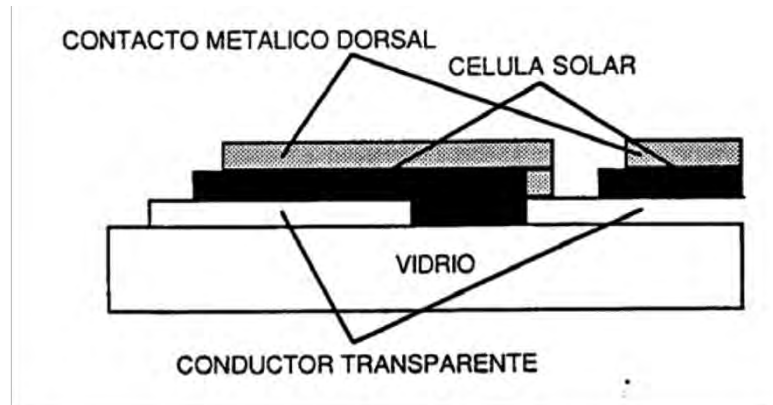
## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

- El primer inconveniente viene del rendimiento de conversión fotovoltaico cuyos valores son sensiblemente inferiores a los de silicio. Esto se debe al hecho de que el material amorfo no tienen una ordenación cristalina extendida, sino únicamente un orden local. Esto hace que haya muchos enlaces no saturados y una importante concentración de defectos en banda prohibida que puede reducirse hidrogenando la película de material amorfo. Sin embargo, si bien puede doparse tipo n y tipo p, el tiempo de vida tiene valores muy bajos lo que hace que la recombinación sea muy importante.
- El segundo inconveniente es la degradación del rendimiento cuando la celda es expuesta a la radiación solar, problema que todavía no ha podido superarse completamente.

En la figura 3.4 la luz solar incide a través del vidrio. La celda solar tiene el contacto frontal realizado con un conductor transparente, y un contacto posterior metálico que además hace contacto con la cara frontal de la celda solar siguiente. La conexión implementada es de tipo serie, que es utilizada para la realización de módulos.

Las celdas solares basadas en el silicio amorfo son generalmente del tipo p-i-n, consistentes en dos capas dopadas, una tipo p y otra tipo n separadas por una capa sin dopar (intrínseca). Esta estructura permite que exista un campo eléctrico en la zona intrínseca que favorece el transporte de portadores y mejora la colección de corriente.



**Figura 3.4 – Diagrama de interconexión de dos celdas solares de silicio amorfo en serie 3.1 FUTURO DE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS.**

En la actualidad están en plena producción las celdas de silicio monocristalino, silicio policristalino moldeado en lingote, silicio en cinta, silicio amorfo (simple, doble y triple unión), película de silicio sobre substrato de bajo costo, silicio amorfo sobre una lámina de cristal y celdas monocristalinas para concentradores. Todos estos tipos de celdas están en líneas de producciones piloto, establecidas o en nuevas plantas que en la actualidad se están montando en diferentes países, que incluyen celdas de silicio en cinta sin fin, silicio EFG en cinta, telurio de cadmio, diselenuro de indio cobre y arseniuro de galio para concentradores.

Como se observa en las tablas 3.1 y 3.2 el alto rendimiento de producción, la eficiencia y los costos optimizados están muy por debajo de los resultados de laboratorio anunciados. Las eficiencias previstas para los módulos comerciales del 2010 siguen por debajo de los resultados de laboratorio de hoy día.

## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

<b>Tecnología de celda</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>
Silicio monocristalino	14-16		
Silicio policristalino	13-15		
Silicio en cinta	14		
Silicio concentrador	18	25	30
Silicio amorfo (incluyendo multicapas)	6-8	10	14
Diselenuro de indio y cobre	7-8	12	14
Teluro de cadmio	7-8	12	14
Película de silicio	8-10	12	15

**Tabla 3.1 Eficiencia porcentual (%) de distintos tipos de celdas solares.**

El silicio monocristalino, en teoría puede alcanzar un máximo de eficiencia de 32 % y en el laboratorio pueden alcanzar un tope de 29 %. En el presente la eficiencia de los módulos comerciales está en un rango de 13 a 17 % con los módulos solares de la planta en España de BP Solar que produce las celdas de mayor eficiencia en el mercado con 17 %.

Una eficiencia de 22 % en módulos en silicio monocristalino, como se predice para el 2010, requiere de celdas con una eficiencia de 24,5 % y un rendimiento de producción de 90 %. Una predicción de 20 % de eficiencia en módulos de silicio policristalino para el 2010 requiere de celdas solares policristalinas de 22 % a bajo costo. La eficiencia de los módulos de silicio amorfo en el 2010 de 14 % se aproxima a la eficiencia de laboratorio de hoy de 16 %. La eficiencia hoy para este tipo de material en simple y doble unión (Solarex) y en triple unión (United Solar y Canon) está en un rango de 6 a 8 %

<b>Tecnología de celda</b>	<b>Comercial (%)</b>	<b>Laboratorio (%)</b>
Silicio monocristalino	15,3 - 1,5	25
Silicio policristalino	13,5 - 15,0	21
Silicio concentrador	24	29
Silicio amorfo (incluyendo multicapas)	6 - 8	12 - 16
Película de silicio	8 - 10	16+

**Tabla 3.2 Eficiencias comercial y de laboratorio de distintos tipos de celdas.**

### **3.4 Proceso de producción que empleaba el proyecto, Q-Cells.**

El proceso de producción que emplea la empresa Q-Cells, a diferencia de los demás procesos de producción empleados en el mundo, se comienza el proceso productivo, a partir de los discos de silicio, Q-cells se encarga de hacer los baños químicos necesarios que optimicen al silicio para convertirlo en un sistema de captación de energía solar, una vez modificadas, se ensamblan en paneles solares, evitando así un gasto adicional y un mejor y más eficiente proceso de producción. Y para el caso específico de este proyecto, se abocará también a manejar su granja solar.

## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

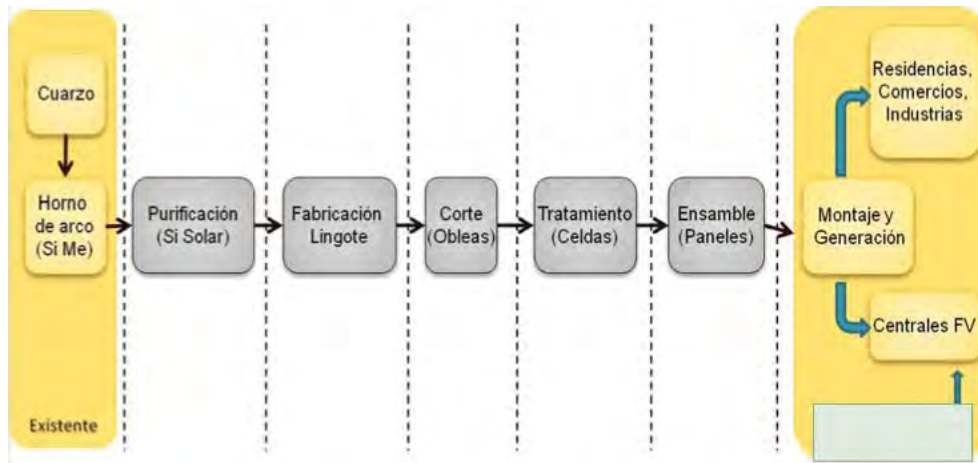


Figura 3.3 ciclo del panel fotovoltaico

### 3.5 Secuencia tecnológica; Empresa Q-Cells.\*

- Paso 1: Control inicial de las obleas.

Inspección visual de la calidad de la superficie de las obleas, medición por muestreo de resistencia y espesor de las obleas.

- Paso 2: Limpieza de las obleas.

Limpieza y acomodo de las obleas de silicio, para disminuir la luz incidente.

- Paso 3. Baños químicos.

Formación de las distintas juntas positivo, negativo y neutro-

En una primera etapa se fostoriza las placas.

Se secan y bañan nuevamente para purificar la parte posterior y cambiar su componente a positivo.

\*Secuencia de producción propia.

## “INGENIERÍA DEL PROYECTO”

---

Se pasa por un tercer proceso químico para obtener el componente neutro.

- Proceso 4: Control de calidad

Esporádicamente se revisan, las celdas solares esto con la finalidad de revisar que cumplan con las características deseadas, así como para garantizar la máxima absorción de energía solar.

- Proceso 5: Serigrafía de celdas.

Se hace con la finalidad para mejorar las características eléctricas en el dorso de la oblea.

Posteriormente se forma el control de patrón de contacto eléctrico de la oblea a través de una malla de serigrafía en la zona donde incide la luz.

- Proceso 6: Limpieza de las celdas fotovoltaicas

Se limpian y quitan las impurezas obtenidas en los procesos anteriores, mediante un tratamiento a baja temperatura.

Proceso 7: Control de calidad.

Se inspeccionan visualmente y se verifica la captación de energía fotovoltaica.

- Proceso 8: Armado de paneles.

Se ubican las celdas fotovoltaicas en una superficie y se conectan a las demás en un circuito sencillo de positivo y negativo, esto con la finalidad de sumar su capacidad de captación de energía.

Se coloca la base a la cual estarán fijos en el momento de ser soldados.

## “ANTCEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

Se coloca el contacto que cierra el circuito eléctrico.

- Proceso 9: Control de calidad.

En una cámara específica, se revisa cada uno de los paneles para comprobar su eficiencia en captación radiación solar.

- Proceso 10: Envasado y empaquetado.

Terminado el proceso de selección según la eficiencia de los paneles son empaquetados y preparados para su importación o traslado.

**CAPITULO:**

**4. ASPECTOS ECONÓMICOS.**



#### **4. ASPECTOS TECNO ECONÓMICOS.**

La empresa Q-Cells, no permitió el uso de datos económicos, por de uso estrictamente secretos, por tal motivo expongo los datos generales a los cuales llegue en mi investigación

##### **4.1. Datos generales.**

Este proyecto está anunciado con una inversión de 3500 mdd. El monto anunciado para la fábrica de celdas fotovoltaicas fue definido en la cantidad de \$1000.00 millones de dólares.

Cuanta con un programa de apoyo de cero impuestos por 5 años, siempre y cuando no rebase los 2 billones de dólares en ventas.

Tendría la característica de que toda la inversión, así como su sistema contable se manejara en dólares, esto con la finalidad de no tener problemas con el cambio de divisas.

Tiene como gasto fijo cada año un gasto de \$200 mdd, en sistemas de limpieza y de mejoramiento en sistemas de protección.

Su capacidad de personal requerido es de 1650 empleos directos, se estima un crecimiento de la planta productiva por 4500 como tope máximo de personal requerido.

Esta tesis tiene la característica de revisar al proyecto ya establecido que fue dejado como inconcluso. Por tal motivo haré una revisión de las finanzas presentadas, en el informe de estado de resultados, presentado a la junta de inversionistas de la empresa Q-Cells en el periodo 2010. (Esto solo con la finalidad de saber si la empresa era

## “ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

---

solvente para poder cubrir el total del proyecto que ellos mismos estimaron en 3500 mdd).

### **4.2. Antecedentes generalas, financiero para el proyecto.**

A continuación generales de los requerimientos financieros que necesita emplearse en la construcción y funcionamiento de la fábrica de celdas fotovoltaicas

El informe muestra que en el periodo 2010 muestra ingresos netos por 1300 millones de euros, descontándoles los impuestos, intereses, pago a proveedores tiene como resultado unas utilidades de 900 mdd.

Un factor importante es que esta empresa mantiene la mayor parte de sus activos financieros a la especulación de distintas bolsas de valores, Una revisión de estos esquemas de financiamiento no serán revisados, ya que no competen al estudio del proyecto de inversión en “Silicon Border” por tal motivo no insistiré mas allá de esta revisión superficial. (\*Checar anexos cuadro 1 para revisar estados financieros)

### **4.3. Propuestas para mejorar el modelo planteado por Q-Cells.**

#### **De los candados.**

La empresa Q-Cells, no me permitió conocer su flujo de caja del proyecto, yo solo me base en supuestos y en parámetros de proyectos internacionales comparativos, para poder avanzar en mi investigación

En la propuesta tecnológica, considero que la inversión definida por Q-Cells para el proyecto completo, solo sería posible si se realizará con el sistema de producción de la UNAM, el cual define el precio de las celdas fotovoltaicas a 0.9 dólares, mientras que las creadas por la empresa Q-Cells está en 1.7 dólares. Por parte de la IIE-UNAM, tampoco se me permitió hacer cálculos económicos referentes a sus sistemas de producción ya que están en proceso de patente.

Para el año 2017 (celularbuzz.com) define que el precio será de 0.9 dólares, por lo cual el sistema de producción de México ganaría 5 años al mercado fotovoltaico.

Con este cambio se podría igualar el costo de 3500 mdd, de no ser así le faltaría 1300 mdd, por lo cual no podría cumplirse los precios totales del proyecto.

#### **4.4 Sistema Fotovoltaico vs Generador Diesel.**

Con el fin de ilustrar el método CCVC, la Tabla 4.1 muestra el análisis comparativo de costos para un sistema fotovoltaico y para un sistema que emplea un generador a combustible líquido, que deben suministrar durante 20 años la misma cantidad de energía en kWh (8 kWh/día).

- **Condiciones económicas**

La vida útil se ha tomado 20 años. Se han considerado US\$ para que los resultados mostrados tengan validez durante algún tiempo. Las cifras para las tasas corresponden bien con las de los costos en US\$. El costo del combustible se ha supuesto 1 US\$ para zonas aisladas.

- **Valor presente de los sistemas de generación.**

La potencia punta del sistema fotovoltaico corresponde a la de un sistema en una región con 5 kWh/m<sup>2</sup> de irradiación solar diaria y una eficiencia energía DC-AC de 80%. El BOS (Balance of System: demás componentes del Sistema Foto Voltaico excluyendo los módulos fotovoltaicos y las componentes que se den explícitamente) es el apropiado para la eficiencia dada.

La potencia del generador es de 7 kW y operando con un factor de carga promedio de 0.25,

Para generar 8 kWh/d debe operar 1669 h/año. En estas condiciones es necesario reemplazarlo cada 3.9 años. Se da el VP de

## “ASPECTOS ECONÓMICOS”

---

cada uno de los reemplazos, calculado con el factor SPW (Tabla 4.1) y el total.

Considerando el valor presente a nivel de generador, el Sistema Foto Voltaico es ya aproximadamente 38% del valor del kWh del generador.

- **Valor presente del banco de baterías**

El banco de baterías se ha diseñado para una autonomía de 8 días. Debido a la baja tasa de descarga, la vida útil de la batería resulta en 14 años.

El banco de baterías para el sistema con generador, diseñado para tener energía 24 horas al día, debido a su menor capacidad tiene un costo menor pero también una menor vida útil (8.5 años). Por lo tanto requiere reemplazarse cada 8.5 años, en total 2 veces durante la vida útil del sistema. Además, el sistema requiere de un cargador de baterías. A nivel de banco de baterías, el kWh del Sistema Foto Voltaico es 65% del valor del kWh para el generador.

## “ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

Tabla 4.1 Análisis general de costos.

Tablas: Análisis general de costos. ANALISIS DE COSTO PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO			
<b>CONDICIONES ECONOMICAS</b>			
Vida útil del proyecto	20	años	
inflación	6%		
Tasa de descuento	8%		
tasa real de descuento	2%		
<b>VALOR PRESENTE DEL SFV Y BOS</b>			
potencia punta generador	2%	wp	
costo por Wp	9%	% / Wp	
costo inicial	18000	US\$	
vida útil esperada en horas			
horas operación al año			
vida útil esperada en años	20	años	
<b>VALOR PRESENTE DEL SFV Y BOS</b>			
	años		
instalación inicial	0	18000	US\$
<b>VP del generador y BOS</b>		<b>18000</b>	<b>US\$</b>
O&M anual esperado		0	US\$/año
<b>VP de la O &amp; M vida sistema</b>		0	US\$
<b>COMBUSTIBLE</b>			
generación Diaria	8	KWH	
generación de energía	58400	kWH	
<b>VP del SFV y BOS</b>	<b>0.31</b>	<b>SU\$/kWh</b>	

ANALISIS DE COSTO PARA GENERADOR AUTONOMO			
<b>CONDICIONES ECONOMICAS</b>			
Vida útil del proyecto	20	años	
inflación	6%		
Escalación de costos de combustible	7%		
Tasa de descuento	8%		
tasa real de descuento	2%		
Costo corriente del combustible	1, 00	Us\$/gas	
<b>VALOR PRESENTE DEL GENERADOR</b>			
potencia punta generador	7%	wp	
costo por Wp	65%	\$/Wp	
costo inicial	4500	US\$	
vida útil esperada en horas	6500	hr	
horas operación al año	1699	hr	
vida útil esperada en años	3,90	años	
<b>VALOR PRESENTE DEL SFV Y BOS</b>			
	años		
instalación inicial	0	4,550	US\$
Reemplazo1	3.9	4,212	US\$
Reemplazo2	7.8	3,899	US\$
Reemplazo3	11.7	3,610	US\$
Reemplazo4	15.6	3,342	US\$
Reemplazo5	19.5	4,094	US\$
<b>VP del generador y BOS</b>		<b>19,614</b>	<b>US\$</b>
O&M anual esperado		250	US\$/año
<b>VP de la O &amp; M vida sistema</b>		4,088	US\$
<b>COMBUSTIBLE</b>			
Factor de Carga promedio		0.25	
Consumo de combustible carga media		0.78	gal/hr
Consumo anual combustible		1.301	
<b>VP generador + O&amp;M+ combustible</b>		47.343	US\$
generación Diaria		8	KWH
generación de energía		58400	kWH
<b>VP del SFV y BOS</b>		<b>0.81</b>	<b>SU\$/kWh</b>

## “ASPECTOS ECONÓMICOS”

Costo inicial	3.750	US\$
Vida útil esperada en años	10	años
<b>AÑO DE REEMPLAZO DEL INVERSOR</b>		
año		
Instalación inicial	0	3.750 US\$
Reemplazo 1	10	3.076 US\$
Reemplazo 2		
<b>VP del inversor</b>		
	6.826	US\$
VP del SFV+ BOS +Bco. Baterías+ inv	45.644	US\$
VP del SFV, BOS, Bco. Baterías+inv.	0.78	US\$/kWh
<b>Costo Inicial Total</b>	<b>33.590</b>	<b>US\$/kWh</b>

Costo inicial	3.750	US\$
Vida útil esperada en años	10	años
<b>AÑO DE REEMPLAZO DEL INVERSOR</b>		
año		
Instalación inicial	0	3.750 US\$
Reemplazo 1	10	3.076 US\$
Reemplazo 2		
<b>VP del inversor</b>		
	6.826	US\$
VP del generador + bco baterías+ cargador+ inv	65.560	US\$
VP del gen + bco bat.+ cargador+ inv.	1.12	US\$/kWh
<b>Costo Inicial Total</b>	<b>13.205</b>	<b>US\$/kWh</b>

Suponiendo un inversor de 5 kW, el costo del kWh AC suministrado por el Sistema Foto Voltaico asciende a 0.78 US\$/kWh y para el sistema con generador a 1.12 US\$/kWh.

La tabla 4.2 muestra comparativamente estas cifras. Evidentemente el sistema más ventajoso a lo largo de los 20 años es el SFV, a pesar de que requiere una inversión inicial 2.5 veces superior.

TABLA 4.2 CUADRO COMPARATIVO ENTRE Sistema Foto Voltaico Y SISTEMA CON GENERADOR

Sistema	VP Total	VP UNITARIO	INVERSIÓN INICIAL
FOTOVOLCAICO	Us\$ 45, 644.	0.7 US\$ /Kwh	Us\$33,590
CON GENERADOR	US\$ 65,560	1.12 US\$/ kWh	US\$13,205

## “ANTECEDENTES DE UN ANTEPROYECTO”

La figura 4.1 muestra de manera desagregada el Valor Presente de los dos sistemas. Se observa claramente como los costos de combustible inciden definitivamente en el sistema con generador y como también el costo del banco de baterías es muy significativo en el costo del Sistema Foto Voltaico.

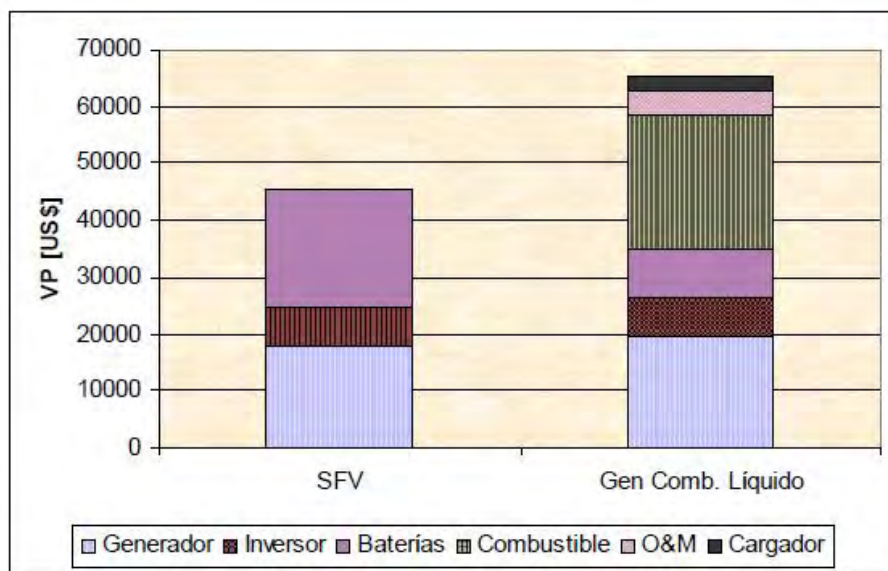


Figura 4.1 Valor presente SFV y Generador a combustible líquido.

Fuente: (ISIDRO ELVIS PEREDA SOTO, 2003.)



## **B. RESUMEN Y CONCLUSIONES.**

### **Resumen:**

En el primer capítulo “ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE” se puede encontrar:

Las celdas fotovoltaicas son el motor de cualquier sistema solar, es que sin ellas no podríamos contar actualmente con paneles solares o cualquier otro dispositivo que funcione a base de esta energía. Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico; muchas de ellas cuentan con una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico lo cual hace que los fotones de luz sean absorbidos para luego irradiar electrones; cuando dichos electrones libres son capturados el resultado que obtenemos es una corriente eléctrica que luego, mediante su conversión, es empleada como electricidad. Las celdas fotovoltaicas tuvieron su nacimiento gracias a un físico francés llamado Edmundo Becquerel (A mediados del siglo XIX (1839)), fue éste quien notó que ciertos materiales producían pequeñas cantidades de corriente eléctrica cuando los mismos eran expuestos hacia la luz, es así como el principio del aprovechamiento de la energía solar surgiría. Varios físicos, como Willoughby Smith (1873) y Lenard (1900) verifican su existencia bajo diversas condiciones.

El consumo de energía eléctrica en México por año es de 849,136 petajoules, es decir un consumo de energía por día de 2326.4 petajoules, según la balanza comercial proporcionada en la LFC y CFE.

En el capítulo segundo “ESTUDIO DE MERCADO” se puede encontrar que:

En 2010, los cinco primeros países por el tamaño del mercado fotovoltaico fueron Alemania, Italia, República Checa, Japón y los Estados Unidos-que representan más del 80% de la demanda mundial. los países europeos representados 14,7 GW, o sea el 81% de la

## “RESUMEN Y CONCLUSIONES”

---

demanda mundial en 2010. Los tres primeros países de Europa fueron: Alemania, Italia y la República Checa, que en conjunto ascendieron a 12,9 GW. En 2010, los japoneses y los mercados de Estados Unidos, crecieron un 101% y 96%, respectivamente. En total, más de 100 países hicieron alguna contribución al aumento de la demanda mundial de fotovoltaica el año pasado.

En el año 2005 el gobierno de Distrito Federal comienza los protocolos del uso de energías alternativas, ya sea la energía solar, eólica, o calorífica, en la cual se permite libre mente el uso de estos sistemas para uso domestico y comercial. Para el caso del uso de energías alternas para los procesos de producción, no son tan viables, pero en combinación con la energía convencional (eléctrica), obtiene resultados positivos, utilizándolo para alumbrado de aéreas abiertas o sistemas de ventilación, o sistema de calentamiento de agua.

A partir del 2010, continuando con los términos del protocolo de Kioto se comentaron a crear las primeras granjas solares que son espacios donde se colocan paneles solares de forma industrial, para la captación de energía eléctrica fotovoltaica por lo que se espera una demanda creciente en los próximos años en el país.

En el transcurso de 2008 y 2009 un gran número de empresas anunciaron la moderación o incluso la cancelación de sus planes de expansión de la producción fotovoltaica en todo el mundo. Sin embargo, ese descenso parece haber sido compensado por la aparición de nuevos productores, concretamente empresas de gran tamaño relacionadas con la energía o con los semiconductores. En los últimos años se a observado la tendencia al decremento del precio de los módulos fotovoltaicos hasta en un 50%, esto provocado por un exceso de producción internacional en un lapso de 2 años, quedando el precio medio de venta por debajo de 1,5 euros por vatio.

## “ANTECEDENTES DE UN ANTE PROYECTO”

---

Actualmente Japón, es el principal país productor de energía fotovoltaica a nivel mundial, el segundo puesto lo ocupa Alemania.

El único antecedente inconcluso de una fábrica de paneles y celdas fotovoltaico en el país ha sido el que se intento en el año 2008 en el valle conocido como “Silicon Border” en el estado de Baja California por parte de la empresa Q-CELLS, por tal motivo mi tesis se concretara a analizar esta propuesta que promete ser, el mayor proyecto en su tipo en América Latina.

En el tercer capítulo “INGENIERÍA DEL PROYECTO”, se puede encontré que:

El proyecto de la empresa Q-CELLS se ubicaría en el estado de Baja California entre la Ciudad de Mexicali y Tecate. A 2 horas de Estados Unidos

México por su parte proporcionara mano de obra competitiva y calificada al más alto nivel así, esto con la finalidad de proporcionar a Q-Cells la certeza de un producto de calidad a bajo costo.

Para la construcción de la planta se emplearan a cerca de 1500 empleados, y se emplearan en una primera fase a 1650 trabajadores, teniendo como meta máxima utilizar a 4 mil 500 trabajadores.

Basándome en estudios de otras granjas solares, estimo que se empleará 40 hectáreas para la captación de energía solar utilizando un promedio de 20, 400 paneles solares.

La obtención de celdas solares de bajo costo que puedan ser producidas masivamente sin que se produzca escasez de las materias primas necesarias, ha sido el objetivo del desarrollo de la tecnología de las celdas solares de silicio amorfo hidrogenado. En efecto, tanto el silicio como el hidrogeno son abundantes y la deposición de materiales

## “RESUMEN Y CONCLUSIONES”

---

amorfos se puede hacer por diversos procedimientos cuya principal característica es que la temperatura del proceso es baja y por lo tanto compatible con la utilización de vidrio como sustrato.

En el capítulo cuarto “ASPECTOS ECONÓMICOS”, se puede encontré que:

Este proyecto está anunciado con una inversión de 3500 mdd, El monto anunciado para la fábrica de celdas fotovoltaicas fue definido en la cantidad de \$1000.00 millones de dólares.

Su capacidad de personal requerido es de 1650 empleos directos, se estima un crecimiento de la planta productiva por 4500 como tope máximo de personal requerido.

La empresa Q-Cells, no me permitió conocer su flujo de caja del proyecto, yo solo me base en supuestos y en parámetros de proyectos internacionales comparativos.

El centro de investigaciones energéticas (CIE UNAM) de igual forma que la empresa Q-Cells, limita la información necesaria para continuar con los cálculos pertinentes para la creación industrial de celdas solares, así como para hacer un análisis financiero o de mercado con su tecnología ya que se encuentra en proceso obtener su de patente.

### **Conclusiones.**

El campo solar fotovoltaico, es una de las mejores opciones para invertir en el ramo energético, ya que tiene muy buen rendimiento tanto económico como social.

México tiene una ventaja comparativa en la captación de radiación solar, que se puede explotar y comercializar esta energía alternativa.

Existen demasiadas irregularidades y trabas legales para poder unificar la tecnología, y específicamente, en investigación científica, por no tener la plena seguridad de que cuidaran y darán los reconocimientos a quienes los merecen, así como el pago de regalías o pagos pertinentes.

No todas las empresas extranjeras que viene a invertir en el país, lo hacen con las ganas de beneficiar a la sociedad, aun si el negocio o lucro de estos proyectos sean ecológicos.

La UNAM es rica en investigación tecnología, y científica, pero falta coordinación con inversionistas, para poderse llevar a cabo y puedan beneficiar al país y al mundo entero.

## C. BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Literaria

1. Anne Labouret y Michel Viloz. "Energía solar fotovoltaica. Manual práctico año 2008."
2. Ciemat. "Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica." (1999).
3. Fernández Salgado. "Guía completa de la energía solar fotovoltaica y termoeléctrica."
4. Gregorio Gil García. "Energías del siglo XXI." 2008.
5. Javier Martín Jiménez. "Sistemas solares fotovoltaicos". Año 2008.
6. Terry Galloway. "La casa solar. Guía de diseño, construcción y mantenimiento."
7. "1er coloquio para el fomento de energía fotovoltaica en México. UNAM-CIE. Departamento de materiales solares.
8. "Energía solar conceptos fundamentales" Ing. Héctor L. Gasquet. El Paso, Texas
9. Azqueta, Diego, *La evaluación social de proyectos y la estimación del impacto ambiental: Un puente teórico necesario pero complicado*. ILPES/CEPAL. 1993.
10. Baca Urbina, Gabriel. *Evaluación de Proyectos*. Ed. McGraw-Hill. 4a. Ed, México. 2004.
11. Briones, G. *Evaluación de programas sociales. Teoría y metodología de la investigación evaluativa*. Programa Interdisciplinario de Investigaciones en Educación (PIIE), Santiago de Chile.1985



## BIBLIOGRAFÍA

---

12. Castro Tato, Manuel. *Los métodos y los criterios principales de evaluación económica de los proyectos industriales de Cuba*. Revista de Economía y Desarrollo. JUCEPLAN, Cuba. 1983.
13. Decelis c., Rafael. *Evaluación de proyectos*. Ed. Costa-Amic. 1994.
14. Isidro Elvis Pereda Soto. “celdas fotovoltaicas en generación distribuida”. Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de Ingeniería. Santiago de Chile, 2005.
15. Zurita Campos, Jaime M. *Formulación y Evaluación de proyectos (textos 1D2, 2D2)*. Mimeo, UNAM, 2001
16. Zurita Campos, Jaime M. *El Método RAZ: 80 de Investigación en ciencias Económicas*. FE-UNAM, 2005
17. Schneider, Erich, *Teoría de la inversión : Calculo económico / Tr. Jorge S. Sapoff*, Buenos aires, El ateneo, 1970
18. Rodríguez de Castro, J., *Introducción al análisis de productos financieros derivados: futuros, opciones, forwards, swaps*, México, Limusa, 1997
19. Domínguez Villalobos Lilia, *La Empresa: una organización dinámica*, comp. México, UNAM, Facultad de Economía, 2000.
20. Gordon Alexander, *Fundamentos de las inversiones: Teoría y Práctica*, México, Educación, 2003

## BIBLIOGRAFÍA

---

### **Bibliografía en línea:**

1. <http://www.cie.unam.mx>
2. <http://www.siliconborder.com/>
3. <http://www.iie.org.mx/>
4. <http://www.solarbuzz.com>
5. <http://sie.energia.gob.mx/>
6. <http://www.inegi.com.mx>
7. <http://www.cfe.gob.mx>
8. <http://www.q-cells.com>
9. <http://www.sunpowercorp.es>
10. <http://www.anes.org>

**Anexo.**

## “ANEXO”

### ANEXO. Fabricantes de Celdas Fotovoltaicas.

Nombre Compañía	Dirección	Contacto	Tecnología de celda
<b>Al-Afyi Solar Wafers y Cells Factory</b>	P.O.Box 452, Jeddah, 21411, Saudi Arabia	<b>Tel:</b> 966 2 6634442 <b>Fax:</b> 966 2 6657597 <b>E Mail:</b>	Silicio Multicristalino
<b><u>Antec</u></b>	Emil-Paßburgstraße 1 D-99310 Arnstadt, Germany	<b>Tel:</b> 49-3628-5898600 <b>Fax:</b> 49-3628-5898699 <b>E Mail:</b> produktion@antec-solar.de	Telurio de Cadmio
<b><u>Asirus</u></b>	1119 S. Mission Road, #243 Fallbrook, California 92028, United States	<b>Tel:</b> 1 619 548 4315 <b>Fax:</b> 1 413 451 5878 <b>E Mail:</b> dparsons@asirus.com	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b><u>Atersa</u></b>	C/ Embajadores, 187 28045 Madrid Spain	<b>Tel:</b> 34 915 178 580 <b>Fax:</b> 34 914 747 467 <b>E Mail:</b> international@atersa.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Bharat Electronics Limited</u></b>	2nd Floor S.N.Bldg, 25 M.G.Road, Bangalore - 560 001, India	<b>Tel:</b> 91 80 5595729 <b>Fax:</b> 91 80 5584911 <b>E Mail:</b> imd@bel-india.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Bharat Heavy Electricals Limited (BHEL)</u></b>	Integrated Office Complex, Lodhi Road, New Delhi - 110003, India	<b>Tel:</b> (91) 11-4367927 <b>Fax:</b> (91) 11-4368837 <b>E Mail:</b> scvig@bhelindustry.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Boading Yingli New Energy Resource Co</u></b>	Boading Sanfeng Road NO.255 071000, China	<b>Tel:</b> 86 312 213 1135 <b>Fax:</b> 86 312 213 4750 <b>E Mail:</b> yingli@yingligroup.com	Silicio Multicristalino
<b><u>BP Solar</u></b>	630 Solarex Court Frederick, Maryly 21703, USA	<b>Tel:</b> 1 301 698 4200 <b>Fax:</b> 1 410 981 0278 <b>E Mail:</b>	Silicio Mono y Multicristalino
<b><u>Canon Inc E Business Division</u></b>	3-30-2, Shimo-Maruko, Ohta-ku, Tokyo 146-8501, Japan	<b>Tel:</b> 81 3 3758 2111 or 81 3 3757 6675 <b>Fax:</b> 81 3 3757 7134	Silicio Amorfo Pelicula Delgada

## “ANEXO”

		<b>E Mail:</b>	
<b><u>Canrom Photovoltaics Inc</u></b>	108 Alkman Avenue, Hamilton, Ontario, Canada L8M 1P9	<b>Tel:</b> 1 905 526 7634 <b>Fax:</b> 1 905 526 9341 <b>E Mail:</b> info@canrom.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Central Electronics Limited (CEL)</u></b>	4 Industrial Area, Ghaziabad, 201 010, Sahibabad, India	<b>Tel:</b> 91 575 77 19 05 <b>Fax:</b> 91 575 77 18 43 <b>E Mail:</b> cel@celsolar.com	Silicio Monocristalino
<b><u>CSG Solar AG</u></b>	Guardianstrasse 16, 06766, Thalheim, Germany	<b>Tel:</b> <b>Fax:</b> 49 3494 668610 <b>E Mail:</b>	Silicio Cristalino Película delgada
<b><u>Energy Conversion Devices Inc (ECD Ovonic)</u></b>	2956 Waterview Drive Rochester Hills, MI 48309, USA	<b>Tel:</b> 1 248 293 0440 <b>Fax:</b> 1 313 844 1214 <b>E Mail:</b> michelle@ovonic.com	Silicio Amorfo Película Delgada
<b><u>Energy Photovoltaics Inc (EPV)</u></b>	276 Bakers Basin Road Lawrenceville, NJ 08648, USA	<b>Tel:</b> 1 609 587 3000 <b>Fax:</b> 1 609 587 5355 <b>E Mail:</b> sales@epv.net	Silicio Ammorfo y película fina Diselenio de Cobre Indio
<b><u>EniTechnologie SpA</u></b>	Via A D'Yrea 6, 00048, Nettuno, Roma, Italy	<b>Tel:</b> 39 06 98560 300 <b>Fax:</b> 39 06 98560 234 <b>E Mail:</b> eurosolare@eurosolare.agip.agip.it	Silicio Mono y Multicristalino
<b><u>Ersol</u></b>	Wilhelm-Wolff-Str. 23 99099 Erfurt, Germany	<b>Tel:</b> 49 3 61 4 42 46 - 0 <b>Fax:</b> 49 3 61 4 42 46 - 25 <b>E Mail:</b> info@ersol.de	Silicio Multicristalino
<b><u>E-Ton</u></b>	No. 498, Sec. 2, Bentian Rd., Tainan, 709 Taiwan R.O.C	<b>Tel:</b> 886-6-3840777 <b>Fax:</b> 886-6-3840966 <b>E Mail:</b>	Silicio Mono y Multicristalino
<b><u>Evergreen Solar Inc</u></b>	259 Cedar Hill Street Marlboro, MA 01752 USA	<b>Tel:</b> 1 508 357 2221 <b>Fax:</b> 1 508 357 2279 <b>E Mail:</b> info@evergreen solar.com	String ribbon crystalline Silicio
<b><u>First Solar LLC</u></b>	4050 E Cotton Center Blvd. Suite 6-69 Phoenix, Arizona 85040, USA	<b>Tel:</b> 1 602 414 9300 <b>Fax:</b> 1 602 414 9400 <b>E Mail:</b> fsinfo@firstsolar.com	Telurio de Cadmio
<b><u>Free Energy Europe</u></b>	PO Box 9564 5602 LN Eindhoven The Netherllys	<b>Tel:</b> 31 (0)40 290 12 45 <b>Fax:</b> 31 (0)40 290 12 49 <b>E Mail:</b> info@free-energy.net	Silicio Amorfo Película Delgada
<b><u>Fuji Electric Co Ltd</u></b>	2-2-1 Nagasaka Yokosuka, Chiyoda-ku, 240-01, Kanagawa, Japan	<b>Tel:</b> 81 46 857 67 30 <b>Fax:</b> 81 46 6857 27 91 <b>E Mail:</b> info@fujielectric.co.jp	Silicio Amorfo
<b><u>GE Energy (Solar Division)</u></b>	231 Lake Drive, Newark, Delaware, USA	<b>Tel:</b> 1 302 451 7500 <b>Fax:</b> 1 302 451 7501 <b>E Mail:</b> solarsales@ps.ge.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Harbin-Chronar Solar Energy Electricity Corp.</u></b>	No 142 Jinxiang Street, Dongli District, Harbin, China	<b>Tel:</b> 86 451 82681322 <b>Fax:</b> 86 451 82681316 <b>E Mail:</b> hcsolar@163.com	Silicio Amorfo
<b><u>Helios Technology srl</u></b>	Via Postumia 11, 35010 Carmignano di Brenta (PD) Italy	<b>Tel:</b> 39 049 9430288 <b>Fax:</b> 39 049 9430323 <b>E Mail:</b> info@heliostechn ology.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Huamei PV Company</u></b>	No.86 Jiangquolu, Qinhuangdao, Hebei, China 066000	<b>Tel:</b> 86 335-3035394 <b>Fax:</b> <b>E Mail:</b>	Silicio Monocristalino
<b><u>ICP Solar Technologies Inc</u></b>	6995 Jeanne-Mance Montreal, Quebec Canada H3N 1W5	<b>Tel:</b> 1 514 270 5770 <b>Fax:</b> 1 514 270 3677 <b>E Mail:</b> info- customers@icpsolar.com	Silicio Amorfo Película Delgada

## “ANEXO”

<b><u>Iowa Thin Film Technologies</u></b>	2337 230th Street, Boone, Iowa 50036, USA	<b>Tel:</b> 1 515 292 7606 <b>Fax:</b> 1 515 292 1922 <b>E Mail:</b>	Silicio Amorfo Pelicula Delgada sobre sustrato de plástico
<b><u>Isofotón SA</u></b>	c/ Montalban No9, 2 Izq. 28014 Madrid, Spain	<b>Tel:</b> 34 91 531 2625 <b>Fax:</b> 34 91 531 1007 <b>E Mail:</b> isofoton@isofoton.es	Silicio Monocristalino
<b><u>Kaifeng Solar Cell Factory</u></b>	No.45 XinhuaDongjie, Kaifeng, Henan, China 475000	<b>Tel:</b> 86 378 597722 <b>Fax:</b> 86 378 5958025 <b>E Mail:</b>	Silicio Monocristalino
<b><u>Kaneka Corporation</u></b>	3-2-4,Nakanoshima, Kita-ku Osaka 530-8288, Japan	<b>Tel:</b> 81 6 6226 5237 <b>Fax:</b> 81 6 6226 5144 <b>E Mail:</b> kanekapv@kn.kaneka.co.jp	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b><u>Kvazar JSC</u></b>	severno syretskaya 3, Kiev, Ukraine	<b>Tel:</b> 380 44 205 34 77 <b>Fax:</b> 380 44 205 34 77 <b>E Mail:</b> camedicslev@hotmail.com	Silicio Mono y Multicristalino
<b><u>Kyocera Corporation (Solar Energy Division)</u></b>	Kyocera Corporation Headquarters Building 6 Takeda Tobadono-cho, Fushimi-ku, Kyoto 612-8501, Japan	<b>Tel:</b> 81 75 604 3476 <b>Fax:</b> 81 75 604 3475 <b>E Mail:</b> webmaster_se@kyocera.co.jp	Silicio Multicristalino
<b><u>Kyocera Solar Inc., (US Division)</u></b>	7812 East Acoma Scottsdale, Arizona 85260	<b>Tel:</b> 1 480 948 8003 <b>Fax:</b> 1 480 483 6431 <b>E Mail:</b> info@kyocerasolar.com	Silicio Multicristalino
<b><u>Maharishi Solar Technology Pvt. Ltd</u></b>	A-14, Mohan Co-operative Industrial Estate Mathura Road, New Delhi-110 044, India.	<b>Tel:</b> 91 11 6959701 <b>Fax:</b> 91 11 6836682 <b>E Mail:</b> solar@maharishi.net	Multicristalino y Silicio Monocristalino
<b><u>Matsushita Battery Industrial Company (MBI)</u></b>	Photovoltaic Division, 1-1 Matshushita-cho, Moriguchi-shi, 570-8511, Osaka, Japan	<b>Tel:</b> 81 (0)6 6991 1141 <b>Fax:</b> <b>E Mail:</b>	Silicio Cristalino, Telurio de Cadmio pelicula delgada
<b><u>Matsushita Seiko Co Ltd</u></b>	4017, Shimonakata, Takaki-cho, Kesuqai, Aichi, 486-8522, Japan	<b>Tel:</b> 81 0568 81 1511 <b>Fax:</b> <b>E Mail:</b>	Silicio Monocristalino
<b><u>Microsolpower India P Ltd</u></b>	10/3/3-30, Dev Appartments East, Nehrunagar, Secunderabad, A.P., 500016, India	<b>Tel:</b> 91 40 27766917 <b>Fax:</b> 91 40 27766916 <b>E Mail:</b> info@microsolpower.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Mitsubishi Electric Corporation</u></b>	Mitsubishi Denki Building 2-2-3, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, Japan	<b>Tel:</b> 81-3-3218-2111 <b>Fax:</b> <b>E Mail:</b>	Silicio Multicristalino
<b><u>Mitsubishi Heavy Industries (Power Systems Division)</u></b>	5-1 Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku Tokyo 100-8315, Japan	<b>Tel:</b> 81 (0)3 3212 9408 <b>Fax:</b> 81 (0)3 3212 9874 <b>E Mail:</b>	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b><u>Motech Industries Inc</u></b>	Solar Electricity Division, No 3 Da-Shun 9th Road, Tainan County, 744, Hsin-Shi, Taiwan	<b>Tel:</b> 886 6 505 07 89 x204 <b>Fax:</b> 886 6 505 17 89 <b>E Mail:</b> simon_tsuo@motech.hind.com	Silicio Multicristalino
<b><u>Neskor Solar Co Ltd</u></b>	222-7, Sinneung-II, Seoun-myeon, Anseong-si, Kyeonggi-do, Korea (Zip Code : 456-853)	<b>Tel:</b> 82-31-671-5833~5 <b>Fax:</b> 82-31-671-5836 <b>E Mail:</b> neskor@kornet.net	Silicio Monocristalino
<b><u>Ningbo Solar Energy Power Co</u></b>	Zhou Fuuzhang, 315012 No 80 Qiafenqjie, Ningbo, Zhejiang, China	<b>Tel:</b> 86 574 712 1761 <b>Fax:</b> 86 574 712 1586 <b>E Mail:</b>	Silicio Monocristalino

## “ANEXO”

<b>Pentafour Solec Technology Limited</b> (licensee of Solec International)	Chitra Towers, 332-2 Aarcot Road, Kodambakkam, Chennai 600 024, India	<b>Tel:</b> 91 44 4836 351 <b>Fax:</b> 91 44 4834 517 <b>E Mail:</b>	Silicio Monocristalino
<b>Photon Semiconductor &amp; Energy Co., Ltd.</b>	300, Cheoncheon-dong, Jangnan-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 440-746 Korea	<b>Tel:</b> 82 55 294 2116 <b>Fax:</b> 82 55 294 2118 <b>E Mail:</b> master@psec.co.kr	Crystalline Silicio
<b>Photovoltech NV SA</b>	Grijpenlaan 18 3300 Tienen, Belgium	<b>Tel:</b> 32 1 6805-850 <b>Fax:</b> 32 1 6805-905 <b>E Mail:</b> info@photovoltech.be	Silicio Multicristalino
<b>Photowatt International SA</b> (part of ATS Automation)	33 rue St Honore, ZI Champfleuri, 38300 Bourgoin Jallieu, France	<b>Tel:</b> 33 (0)474 93 80 20 <b>Fax:</b> 33 (0) 474 93 80 40 <b>E Mail:</b> marketing@ photowatt.com	Silicio Multicristalino
<b>Q-Cells AG</b>	Guardianstr. 16, D-06766 Thalheim, Germany	<b>Tel:</b> 49 3494 66 86-0 <b>Fax:</b> 49 3494 66 86-10 <b>E Mail:</b> sales@q-cells.com	Silicio Multicristalino
<b>RWE Schott Solar</b>	Industriestraße 13, , Alzenau, Germany. D 63755	<b>Tel:</b> 49 (0)6023 91-17 12 <b>Fax:</b> 49 (0)6023 91-17 00 <b>E Mail:</b> ase_sales@ ase.tessaq.com	Silicio Monocristalino, Multi-cristalino y Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b>Sanyo Electric Co Ltd Soft Energy Co., Business HQ</b>	222-1, Kaminalzen, Sumoto City, Hyogo 656 Japan	<b>Tel:</b> 81 799 23 2901 <b>Fax:</b> 81 799 24 4128 <b>E Mail:</b>	Silicio Amorfo/ Silicio Monocristalino híbrido
<b>Scancell AS</b>	Teknologivn.4 P.O.box 73 8501 Narvik, Norway	<b>Tel:</b> 47 76 96 45 00 <b>Fax:</b> 47 76 96 45 01 <b>E Mail:</b> scancell@scancell.no	Silicio Multicristalino
<b>Sharp Corporation (Photovoltaics Division)</b>	Sharp Photovoltaics Div. 282-1 Hajikami , Shinjo- cho, Kita-Katsuragi-gun, Nara Prefecture 639-2198, Japan	<b>Tel:</b> 81 745 63 3579 <b>Fax:</b> 81 745 62 8253 <b>E Mail:</b> webmaster@ sharp.co.jp	Silicio Mono y Multicristalino
<b>Sharp Solar Systems Division, USA</b>	5901 Bolsa Avenue, Huntington Beach, CA 92647, USA	<b>Tel:</b> 1 630 378 3357 <b>Fax:</b> <b>E Mail:</b>	Silicio Mono y Multicristalino
<b>Shell Solar</b>	4650 Adohr Lane Camarillo, CA 93012, USA	<b>Tel:</b> 1 805 388 6519 <b>Fax:</b> 1 805 388 6395 <b>E Mail:</b> solarsalesusa @shellsolar.com	Silicio Mono y multi cristalino y diselenio de cobre Indio pelicula delgada
<b>Shenzhen Topray Solar Co Ltd</b>	9th Block, 1st Industrial Area of Nangang Area Nanshan District Shenzhen Guangdong China 518055	<b>Tel:</b> 86 755 27652266 <b>Fax:</b> 86 755 27653588 <b>E Mail:</b> topsolar@public. szptt.net.cn	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b>Sinonar Corporation</b>	8 Prosperity Road 1, Science-Based Industrial Park, Hsinchu, Taiwan	<b>Tel:</b> 886-2-23257235 <b>Fax:</b> 886-2-27036565 <b>E Mail:</b> solar@sinonar.com.tw	Silicio Amorfo
<b>Solar Power Industries</b>	13 Airport Road Belle Vernon, PA 15012, USA	<b>Tel:</b> 1 724 379 2001 <b>Fax:</b> 1 724 379 4028 <b>E Mail:</b> rosey@solarpower industries.com	Silicio Multicristalino
<b>SolarWorld AG</b>	Kurt-Schumacher-Str. 12- 14 53113 Bonn, Germany	<b>Tel:</b> 49 - (0) 228 / 55 92 00 <b>Fax:</b> +49 - (0) 228 / 55 92 099 <b>E Mail:</b> service@solarworld.de	Silicio Cristalino
<b>Sinonar Corporation</b>	Prosperity Road 1, Science-Based Industrial Park, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.	<b>Tel:</b> 886 3 5783366 <b>Fax:</b> 886 3 5781812 <b>E Mail:</b> info@mail. sinonar.com.tw	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b>Solar Cells (formerly</b>	Tezacki put BB, 21000,	<b>Tel:</b> 385 21 374 510	Silicio Amorfo Pelicula

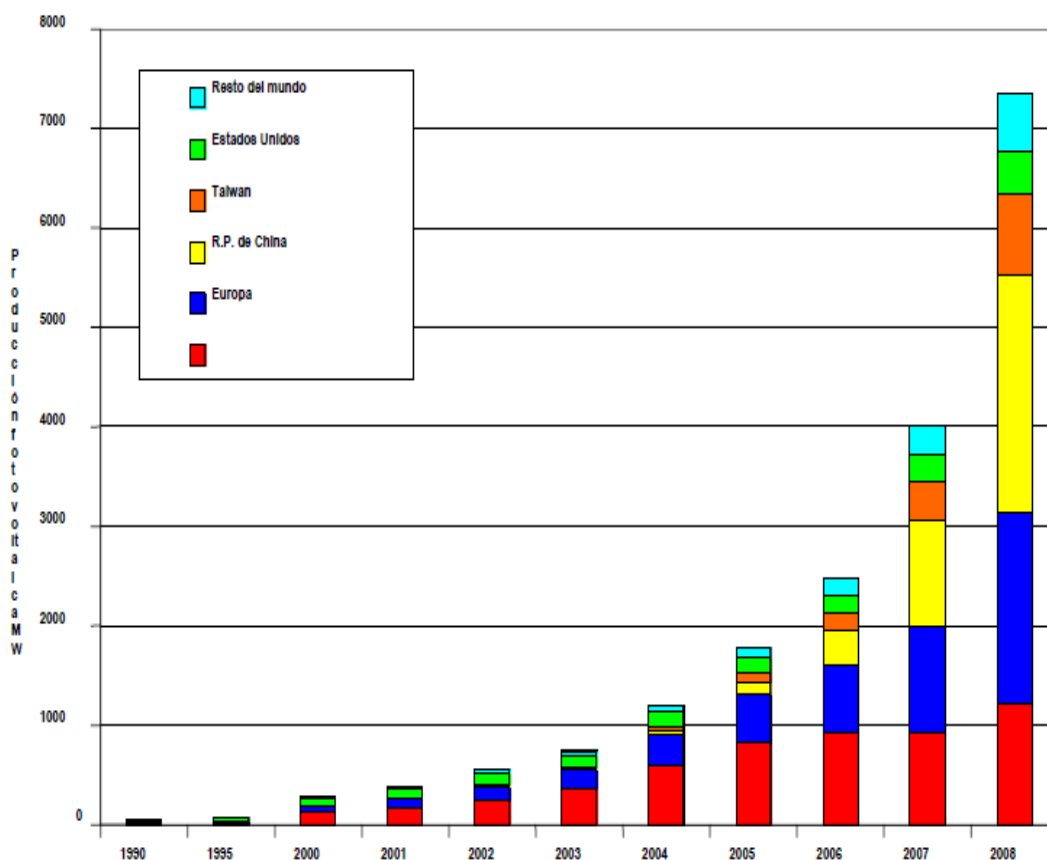
## “ANEXO”

<b><u>Koncar Solar Cells)</u></b>	Split, Croatia	<b>Fax:</b> 385 21 374 111 <b>E Mail:</b> contact@solar-cells.net	Delgada
<b><u>Solartec s.r.o.</u></b>	1 Máje 1000/M3, CZ- 756 64 Roznov pod Radhostem 3 , Czech Republic	<b>Tel:</b> 42 0651 603377 <b>Fax:</b> 42 0651 603393 <b>E Mail:</b> solartec@solartec.cz	Silicio Monocristalino
<b><u>Solar Wind Europe S.L.</u></b>	C/ Doctor Esquerdo, 17 - 2º 28028 Madrid, Spain	<b>Tel:</b> 34 620 20 49 93 <b>Fax:</b> 34 91 301 64 56 <b>E Mail:</b> stephan@solar-windeurope.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Solmecs (Israel) Ltd.</u></b>	Omer Industrial Park, P.O. Box 3026, Omer 84965, Israel	<b>Tel:</b> 972 7 6900950 <b>Fax:</b> 972 7 6900953 <b>E Mail:</b> michael@solmecs.co.il	Silicio Monocristalino
<b><u>Solterra Fotovoltaico SA</u></b>	via Milano 7 CH - 6830 Chiasso Switzerly	<b>Tel:</b> 41 91 695 40 60 <b>Fax:</b> 41 91 695 40 70 <b>E Mail:</b> info@solterra.ch	Silicio Monocristalino
<b><u>Spherical Solar</u></b>	25 Reuter Drive Cambridge, Ontario Canada N3E 1A9	<b>Tel:</b> 1 519 653 6500 <b>Fax:</b> <b>E Mail:</b>	Silicio Cristalino flexible
<b><u>SunPower Corporation</u></b>	430 Indio Way Sunnyvale, CA 94085 USA	<b>Tel:</b> 1 408 991 0900 <b>Fax:</b> 1 408 739 7713 <b>E Mail:</b> webmaster@sunpowertcorp.com	Silicio Monocristalino
<b><u>Suntech Power Co., Ltd</u></b>	17-6 Changjiang South Road, New District Wuxi, China 214028	<b>Tel:</b> 86 510 5345000 <b>Fax:</b> 86 510 5343049 <b>E Mail:</b> sales@suntech-power.com	Silicio Multicristalino
<b><u>Sunways AG</u></b>	Macalrestr. 3-5, 78467 Konstanz, Germany	<b>Tel:</b> 49 7531 99677-0 <b>Fax:</b> 49 7531 99677-10 <b>E Mail:</b> info@sunways.de	Silicio Multicristalino
<b><u>TATA/BP Solar</u></b> (JV between BP Solar/TATA)	#78, Electronic City, Hosur Road, Bangalore, India	<b>Tel:</b> 91 080 2235 8465 <b>Fax:</b> 91 80 2852 0972 <b>E Mail:</b> tatabp@tatabp.com	Silicio Monocristalino
<b><u>TerraSolar Inc</u></b>	44 Court Street, Tower B, Brooklyn, New York, 11201, USA	<b>Tel:</b> 1 718 422 0100 <b>Fax:</b> 1 718 422 0300 <b>E Mail:</b> info@terrasolar.com	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b><u>Tianjin Jinneng Solar Cell Co.,Ltd</u></b>	Tianjin High Tech Industrial Park, Chinese Catalpa Park Road 20, Tianjin, 300384 PR China	<b>Tel:</b> 86 022 23078366 <b>Fax:</b> 86 022 23078367 <b>E Mail:</b> postmaster@jns.cn	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b><u>Udhaya Semiconductors Ltd</u></b>	1/473, Avanashi Road, Neelambur, Coimbatore 641 014, India	<b>Tel:</b> 91 422 2627851 <b>Fax:</b> 91 422 2628504 <b>E Mail:</b> udhaya@uslsolar.com	Silicio Cristalino
<b><u>United Solar Ovonic</u></b>	3800 Lapeer Raod, Auburn Hills, Michigan 48326, USA	<b>Tel:</b> 1 248 475 0100 <b>Fax:</b> 1 248 364 0510 <b>E Mail:</b> info@uni-solar.com	Silicio Amorfo Pelicula Delgada
<b><u>Usha India Ltd</u></b>	12/1, Mathura Road, Faridabad, Haryana, India 121 003	<b>Tel:</b> 91129 5277641-45 <b>Fax:</b> 91 129 5277679 <b>E Mail:</b> sachin@usha.org	Silicio Cristalino
<b><u>VHF-Technologies SA</u></b>	EICN Avenue de l'Hotel de Ville 7 2400 Le Locle, Switzerly	<b>Tel:</b> 41 (32) 930 31 95 <b>Fax:</b> 41 (32) 930 36 54 <b>E Mail:</b> marketing@vhf-technologies.com	Silicio Amorfo Pelicula Delgada sobre sustrato de plástico
<b><u>Viva Solar Inc</u></b>	P.O. Box 53004, 10 Royal Orchard Blvd, Thornhill, Ontario, L3T 7R9, Canada	<b>Tel:</b> 1 905 762 9076 <b>Fax:</b> 1 905 762 9060 <b>E Mail:</b> sales@vivasolar.com	Silicio Monocristalino
<b><u>West Bengal Electronics Industry Development</u></b>	Webel Bhavan, Block EP & GP Sector V, Bidhannagar, Salt Lake Calcutta - 700	<b>Tel:</b> 91 33 357 1702 / 04/ 06 <b>Fax:</b> 91 33 357 1708 / 1739 <b>E Mail:</b> webel@qlasc01.	Silicio Monocristalino



## “ANEXO”

<b>Corporation Limited (Webel SL Solar)</b>	091 India	vsnl.net.in	
<b>Würth Solar</b>	Ludwigsburger Strasse 100, 71672 Marbach an Neckar, Germany	Tel: 49 07144 94 14-0 Fax: 49 07144 94 14-19 E Mail: wuerth.solar@we- online.de	Disenio de cobre India película delgada
<b>Yunnan Semiconductor Device Factory</b> (part of Kunming TDSUN Technology Co.,Ltd.)	295 Jianshe Road, Kunming, Yunnan, 650033, China	Tel: 86 871 8328818-2611 Fax: 86 871 8328989 E Mail: lsl@tdsun.cn	Silicio Monocristalino



Producción mundial de paneles/celdas fotovoltaicas de 1990 a 2008  
Fuente: Navigant [Min 2009], PV News [Pvn 2009] y análisis del JRC.