



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Maestría en Diseño Industrial
Tecnología

DISEÑO Y ENERGÍA:
Microgeneración Fotovoltaica en Módulos Autoenergizantes

**Tesis que para optar el grado de:
Maestro en Diseño Industrial**

Presenta:
RAMÓN CONTRERAS SÁNCHEZ

TUTOR PRINCIPAL:
ING. JULIÁN COVARRUBIAS VALDIVIA
Facultad de Arquitectura, UNAM
MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
MDI BRENDA GARCÍA PARRA
Facultad de Arquitectura, UNAM
MDI ANA MARÍA LOSADA ALFARO
Facultad de Arquitectura, UNAM
MDI ERICK IROEL HEREDIA CARRILLO
Facultad de Arquitectura, UNAM
ING. ROBERTO LÓPEZ INFANTE
Facultad de Arquitectura, UNAM

Cd. Universitaria, Cd. Méx., Agosto 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Maestría en Diseño Industrial
Tecnología

58 x Diám. 9
Se perfora el
bambú y el tubo

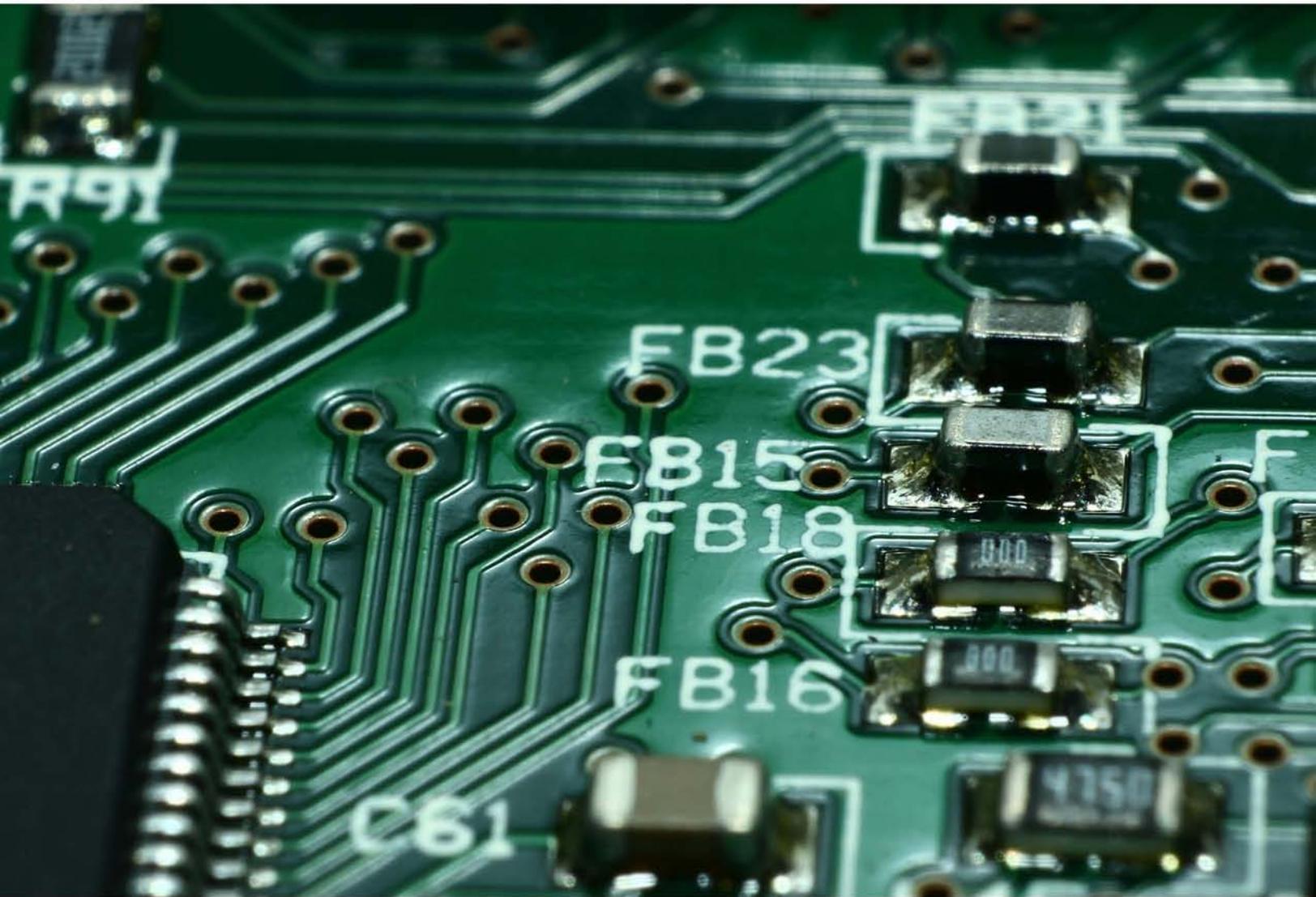
DISEÑO Y ENERGÍA

Microgeneración Fotovoltaica
en Módulos Autoenergizantes

Tesis que para optar el grado de:
Maestro en Diseño Industrial

Presenta:
RAMÓN CONTRERAS SÁNCHEZ

Cd. Universitaria, Cd. Méx., Agosto 2016



R91

FB23

FB15

FB18

FB16

C61

FB21

000

000

0.150

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme becado durante mis estudios de posgrado dentro del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) de la Maestría en Diseño Industrial dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al la Universidad Nacional Autónoma de México, por esta oportunidad de seguir con mi crecimiento profesional y académico.

Al Posgrado en Diseño Industrial por apoyarme a lo largo de la maestría y permitirme conocer Tokio y enriquecer mis conocimientos.

A mis tutores el Ing. Julián Covarrubias, la MDI Brenda García y el MDI Iroel Heredia gracias por su apoyo, la culminación de este trabajo es en gran parte por sus aportaciones y comentarios.

A la MDI Ana María Losada y al Ing. Roberto López por las últimas reflexiones y atinados comentarios finales.

A mis padres y hermano por creer en mí y apoyarme en todo, no tengo palabras para agradecerles.

A mis sobrinos Regina y Samuel, no dejen que nadie les diga "no se puede" y luchen por lo que quieran hacer.

A mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi abuelita donde quiera que estés muchas gracias por todo, nunca te voy a olvidar.

A Ricardo Koh Vázquez por tomarse el tiempo de leerme y darle estilo al texto. Giving thanks is a sign of weakness. Gracias, parkour!

A Carlos Fernández por tomarse el tiempo y darle diseño a todo esto, sin tu apoyo esto no se estaría leyendo.

A Rosana Segura por hacer una portada genial y en tan poco tiempo.

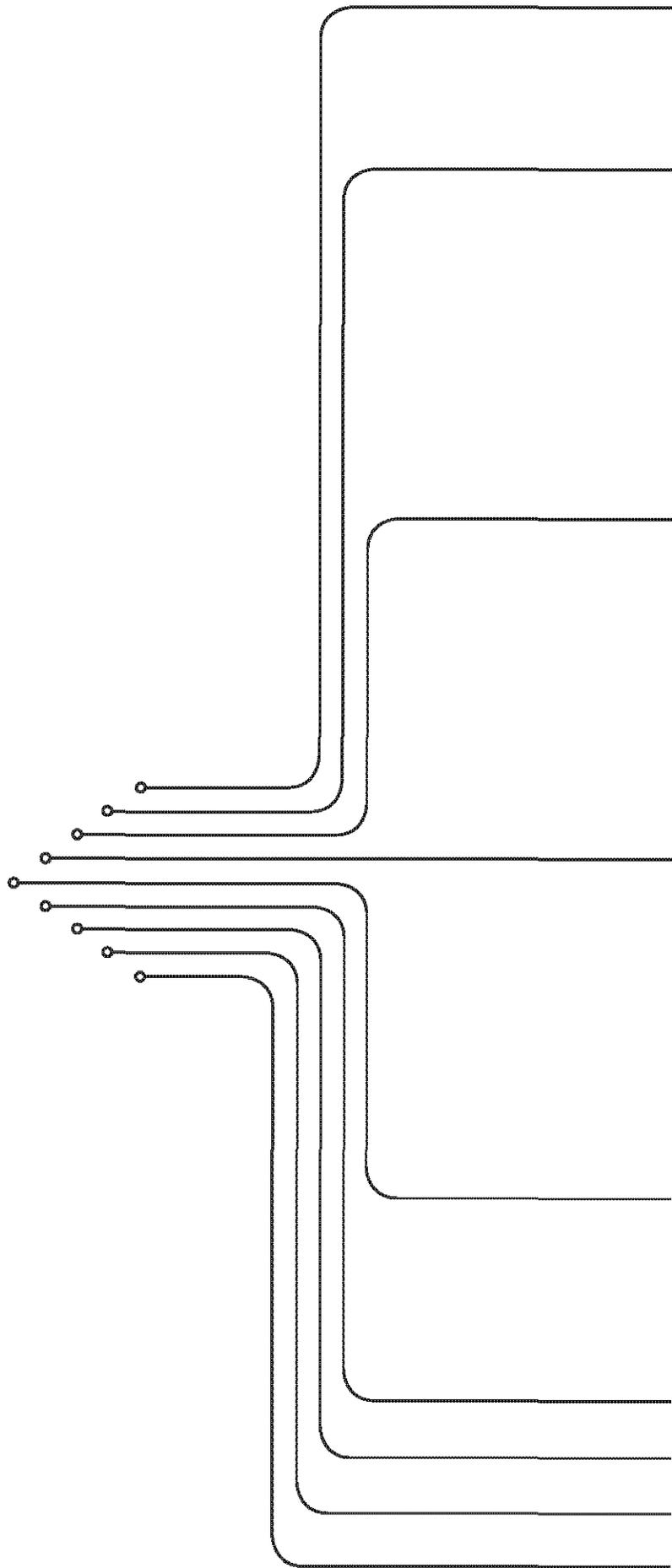
A Pepe, Andrés y Fer los verdaderos campeones. A Karla y Ana por su amistad y ayuda. A Juan Manuel y sus comics y a todos mis amigos (viejos y nuevos) se que no los menciono a todos pero la hoja no me alcanza.

A cherry...

Especialmente a Diana, gracias por tu complicidad desde el inicio y hasta el fin de este camino, por enseñarme que las artes no están peleadas con la ingeniería, por tu infinito apoyo a pesar de los malos momentos, por las risas, preocupaciones, desvelos, quejidos y por tanto amor, sin ti esto no hubiera sido posible, gracias por llenarme de entusiasmo, felicidad y ñoñez, todo esto es para ti.

You are everything that I want and ask for...

CONTENIDOS



INTRODUCCIÓN

15

01

LA ENERGÍA Y SU USO

21

1.1.1 Fuentes de energía no renovables

23

1.1.2 Fuentes de energía alternativa

26

1.2 México renovable

33

1.2.1 Energías alternativas y su trascendencia

40

1.2.2 La Ciudad de México

43

1.3 Energía solar como alternativa

49

1.3.1 La radiación como forma de energía

55

02

APROVECHANDO EL SOL

61

2.1 Energía fotovoltaica

61

2.2 Los componentes

71

2.2.1 Células fotovoltaicas

75

2.2.2 Paneles fotovoltaicos

82

2.2.3 Sistemas fotovoltaicos

86

2.3 Energía Fotovoltaica en México

89

2.3.1 Impacto

97

2.3.2 Regulaciones y leyes para el uso de energía Fotovoltaica

104

03

LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL ESPACIO URBANO

119

3.1 Autogeneración eléctrica

127

3.1.1 Sistemas de Generación

132

3.2 Sistemas de generación en pequeña escala

138

3.2.1 Cogeneración

138

3.2.2 Trigeneración

139

3.2.3 Microgeneración

140

3.3 Mobiliario

149

3.3.1 Mobiliario Urbano

149

3.3.2 Módulos autoenergizantes

154

3.4 El diseño como parte de la energía

157

04

DISEÑANDO LA TECNOLOGÍA

165

4.1 Justificación del diseño (Definición)

167

4.2 PDP

174

4.2.1 Aspectos Generales

176

4.2.2 Aspectos de Mercado

179

4.2.3 Aspectos Productivos

182

4.2.4 Aspectos Funcionales

184

4.2.5 Aspectos Antropométricos

187

4.2.6 Aspectos Ergonómicos

190

4.2.7 Características Formales

192

4.3 Propuesta final y conclusiones

203

ANEXOS

219

BIBLIOGRAFÍA

251

LISTA DE IMÁGENES

256

LISTA DE TABLAS

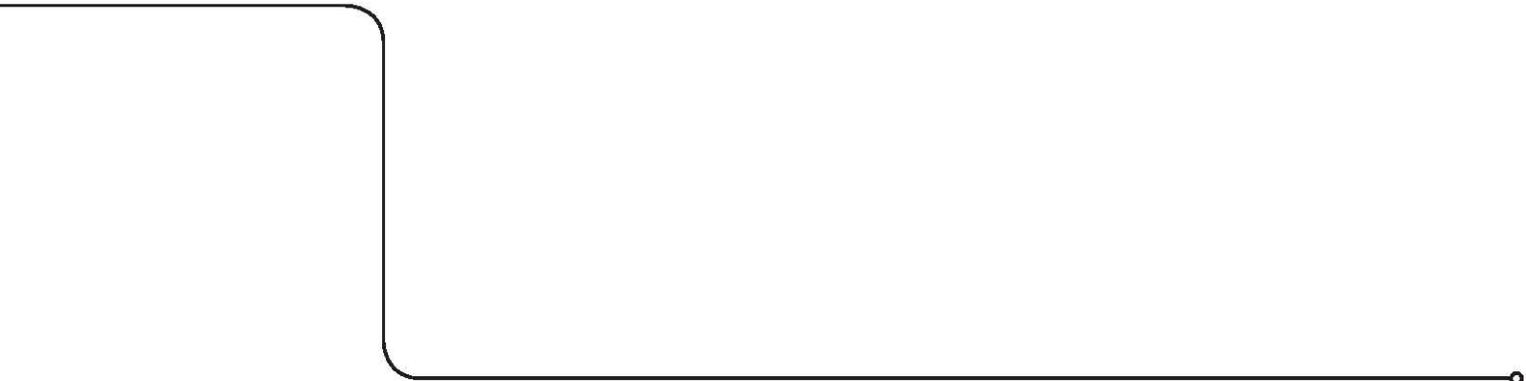
263



*Rick: ¿Y cómo han sobrevivido sin energía?
Deanna: Alexandria es una comunidad autosuficiente,
abastecida de energía a través de paneles solares...*

The Walking Dead, Episodio 12 Temporada 5





INTRODUCCIÓN

“La electricidad es una forma de energía. Cuando se le controla adecuadamente, puede hacer mucho del trabajo necesario para que nuestra sociedad vaya hacia adelante.”¹

Los avances tecnológicos que se presentan día a día han dado lugar a nuevos desarrollos de dispositivos de diferentes tipos para cumplir y cubrir las necesidades de las personas; con el paso de los años ha aparecido una gama inimaginable de objetos que fungen más como representación de un *statu quo* de quien lo adquiere o del resultado del mercado que crea necesidades a partir de productos, es decir son piezas que devienen necesarias de forma cultural y social. Sin embargo, el uso de estos objetos en su mayoría para poder funcionar y/o trabajar dependen de un consumo eléctrico, lo que implica buscar tomas de corriente para poder satisfacer dicha necesidad y continuar usando el dispositivo, generando con esto que la demanda de energía eléctrica aumente y sea un requerimiento primario por los usuarios debido al uso de dispositivos móviles como el teléfono celular, tabletas y computadoras portátiles.

Hoy en día se ha optado por nuevas formas de producción de energía eléctrica las cuales pueden ser consideradas como energías alternativas, esto surge a partir de diversas problemáticas: a) principalmente debido al consumo enorme de los combustibles fósiles -que lleva consigo la emisión de gases de efecto invernadero- la demanda de los mismos y su escasez; b) para contrarrestar los mismos efectos por medio del uso de recursos naturales como la radiación solar. Esto ha dado lugar a que los avances tecnológicos en cuanto al aprovechamiento energías alternativas permitan tener una opción en cuanto a la producción y generación eléctrica, obteniendo beneficios como la disminución en los costos por uso de electricidad, así como una forma de producción más amigable con el medio ambiente.

¹ Fowler, R. (1994). Electricidad Principios y Aplicaciones. España: Reverté. p 1

Para el caso del presente trabajo se tomó en cuenta la Biblioteca Central (Jardín Interno) de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en la Ciudad Universitaria. Debido a que en base a las observaciones realizadas, se observó que los usuarios presentan la necesidad de contar con un punto de contacto eléctrico para realizar la recarga de sus dispositivos portátiles.

Siendo así el presente trabajo considera cuatro capítulos. En el primer capítulo se aborda el estado actual de las energías no renovables en comparación con las alternativas, para terminar con el caso particular de México en cuanto al uso de estas energías y en especial de la fotovoltaica. En particular se logra tener un panorama en cuanto al uso de sistemas fotovoltaicos y la prospectiva para el uso de los mismos para el futuro.

El segundo capítulo es en su mayoría teórico y técnico, en donde se abordan los componentes fotovoltaicos y la evolución de estos sistemas, tomando como punto de partida a Alexandre Edmond Becquerel quien fue el primero en usar el efecto fotoeléctrico para dar paso al efecto fotovoltaico, pasando por su uso y aplicación; en donde esta tecnología tiene un mayor desarrollo como lo es en la industria aeroespacial y finalmente la definición de un sistema fotovoltaico, así como sus componentes para que éste pueda funcionar.

En el capítulo tres se aborda el concepto de microgeneración el cual se puede mencionar como un sistema de generación eléctrica a pequeña escala, que para fines del presente trabajo se considera menor o igual a 1 kV conforme a la Comisión Reguladora de Electricidad (CRE). Además se menciona el mobiliario urbano y cómo está integrado en la ciudad para satisfacer diferentes necesidades; asimismo se hace una revisión de mobiliario actual que cuenta con sistemas de microgeneración fotovoltaica



y cómo se le da uso hoy en día a este mobiliario en forma de luminarias, estaciones de trabajo, anuncios publicitarios, etcétera.

En cuanto al capítulo cuatro denominado Diseñando la tecnología se aborda el concepto de BIPV (building integrated photovoltaic) y BAPV (building attached photovoltaica) que además de ser mencionados en los capítulos anteriores, propone el uso de UFIPV (urban furniture integrated photovoltaic) y UFAPV (urban furniture attached photovoltaic) como un símil de la integración de sistemas fotovoltaicos a nivel de mobiliario urbano, el cual permite cubrir el requerimiento energético para realizar la carga de dispositivos electrónicos como teléfonos celulares, tabletas y computadoras portátiles en espacios al aire libre como el Jardín Interno de la Biblioteca Central, además de seguir brindando un espacio de trabajo, lectura y descanso.

Para finalizar se presenta un conjunto de tres propuestas que se consideraron con base en la observación realizada a lo largo de la investigación, estas propuestas fueron analizadas y posteriormente se desarrolló una de ellas a fondo, de tal manera que las conclusiones de la presente investigación yacen dentro del análisis de la misma.

Por lo tanto, el presente trabajo pretende mostrar una forma alterna de integrar la generación eléctrica a partir de la microgeneración, mediante la cual se puede cubrir la demanda energética de dispositivos que no requieren un voltaje elevado y al mismo tiempo dar más opciones de punto de carga y espacios de trabajo o confort.

Pregunta de Investigación

¿Se puede contar con un mobiliario urbano que brinde energía eléctrica a los usuarios del Jardín Interno de la Biblioteca Central de la UNAM?

El objetivo principal como se mencionó anteriormente, radica en **aprovechar la energía fotovoltaica como una alternativa al suministro eléctrico convencional**.

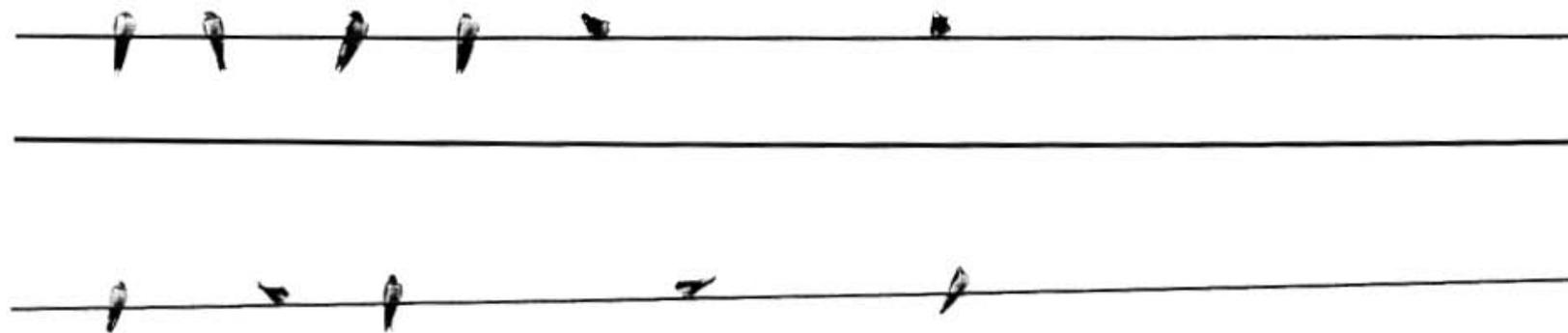
Dentro de los objetivos secundarios se encuentran:

- La integración de elementos técnicos en el diseño para satisfacer una necesidad más que pueda cubrir el mobiliario urbano, que en su caso es la de brindar energía eléctrica.
- El uso de términos como UFIPV y UFAPV como formas de identificar la integración o adjunción de los sistemas fotovoltaicos con el diseño industria, que para el presente trabajo se considera el diseño de mobiliario urbano.

Actualmente la Biblioteca Central cuenta un promedio de 1700 a 3600² usuarios por día en la Planta Principal de los cuales aproximadamente del 20 al 30% hacen uso del Jardín Interno de la misma. A lo largo del presente trabajo se realizó una observación periódica con la finalidad de corroborar el uso de dispositivos electrónicos como teléfonos celulares, tabletas y computadoras portátiles y cómo el recurso energético es una demanda primordial de los usuarios, ya que muchas de sus actividades las desarrollan a partir del uso de estos dispositivos.

La selección de este caso de estudio se debió principalmente a que dentro de este recinto el uso de estos dispositivos es mayor, y en su mayoría las

² Datos proporcionados por la Subdirección de Biblioteca Central, Departamento de Circulación Bibliográfica. Los datos son un promedio de las fechas de enero de 2015 a marzo de 2016.



tomas de corriente no son suficientes para cubrir la demanda de usuarios y en ocasiones el mobiliario no cuenta con los sistemas necesarios para brindar electricidad o debido a las condiciones de sol, es retirado y colocado en otras zonas del jardín como forma de protección contra la radiación solar.

Cabe mencionar que el jardín interno cuenta con un mobiliario que funge como estación de trabajo, lectura, descanso y carga de dispositivos electrónicos, el cual debe de conectarse a la red convencional de electricidad para poder ser energizado, lo que provoca que el sitio en donde se ubica dependa de las tomas de corriente existentes. Aunque se pudo ver que debido a diferentes condiciones y actividades, este mobiliario no cumple con sus funciones energéticas, ya que en ocasiones las conexiones están descompuestas o simplemente no existen, se puede notar que el mobiliario es colocado en diferentes ubicaciones para aprovechar la sombra generada por los árboles y la arquitectura de la Biblioteca Central, ocasionando que las conexiones a la toma de corriente queden alejadas y no sean utilizadas; del mismo modo, hay grupos de trabajo que hacen uso de uno o más espacios de trabajo para realizar sus actividades, lo que ocasiona que las tomas de corriente se limiten a un determinado grupo y los usuarios que pretenden realizar la carga de sus dispositivos deban esperar a que un lugar sea desocupado para poder realizarla.

Actualmente las tomas de corriente que se encuentran en el Jardín Interno cuentan con tomas aterrizadas de 120 V con dos salidas de corriente, lo que da lugar a que los usuarios conecten sus dispositivos que requieren una cantidad menor de corriente para realizar su carga y sea complicado para los demás usuarios encontrar una toma; de igual forma si se encuentra un grupo de trabajo realizando actividades, el mobiliario disminuye al igual que la accesibilidad a las tomas de corriente, provocando que no sean aprovechadas en su totalidad.

Por esto es que se buscó a lo largo de la investigación desarrollada brindar una opción alternativa para cubrir los requerimientos de los usuarios en mobiliario urbano, que como adicionalmente ya no solo se busca un espacio de descanso, sino que contar con una toma de corriente que permita realizar la carga de los dispositivos electrónicos se requiere o se ha vuelto fundamental en la actualidad. Lo anterior es debido al constante crecimiento y avance en la tecnología, ya que día a día se puede encontrar un desarrollo nuevo, como en el caso de la telefonía celular, en donde se tiene una amplia gama de ofertas dirigidas a diferentes usuarios, las cuales pueden cubrir diferentes necesidades que él mismo requiera; asimismo las actividades realizadas hoy en día y en particular por los usuarios de la Biblioteca Central incluyen en su mayoría el uso de dispositivos electrónicos como apoyo a su trabajo académico.

Siendo así que el presente trabajo parte del concepto de integración, en específico del BIPV o integración de fotovoltaicos en el edificio, en donde los sistemas fotovoltaicos se encuentran integrados a la arquitectura con la finalidad de brindar una alternativa al suministro eléctrico, además de reducir gastos en el uso de energía. El llevar este concepto al mobiliario urbano puede brindar una opción para que los usuarios puedan realizar la carga de sus dispositivos por medio de la microgeneración, la cual se refiere a la generación de electricidad en pequeña escala, la cual es útil para realizar la carga de dispositivos como teléfonos celulares, y que se puede considerar su integración en edificios al igual que en mobiliario urbano.

Por lo que el voltear la mirada hacia la población estudiantil y usuarios de la Biblioteca Central de la UNAM, permitió detectar la necesidad de este requerimiento energético en determinados puntos de la misma, como es el caso del Jardín Interno.

01

LA ENERGÍA Y SU USO

Todo cuerpo necesita de una fuerza para generar movimiento, es decir, para que todo cuerpo sea capaz de cambiar su posición de un punto A hacia un punto B requiere de una fuerza denominada como *trabajo*. Si bien la presente investigación no pretende envolver al lector dentro de términos físicos, es necesario tocar ciertos temas con la finalidad de dar una visión más amplia y clara referente a la terminología empleada al hablar de energía.

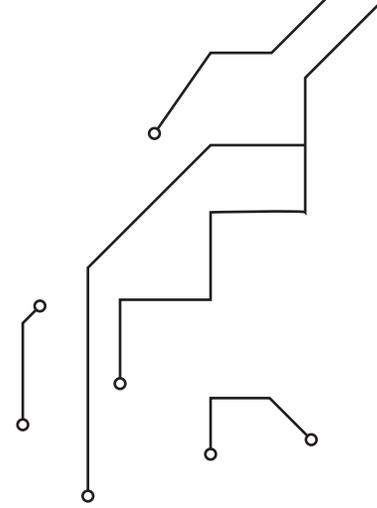
La *energía*, en una de sus definiciones más simples, se puede considerar como "toda causa capaz de producir un trabajo",³ es decir, el *trabajo* es meramente necesario para que exista la energía. Ésta se puede encontrar en cualquier lugar, por ejemplo: en el cuerpo humano al realizar un movimiento, y siendo más generales, en todos los seres vivos al cambiar de posición; así como una planta necesita de energía para poder florecer, el humano necesita de energía para poder moverse. También es necesario el uso de energía para el desplazamiento de los objetos no animados, si bien, éstos necesitan de la aplicación de una fuerza externa para recorrer una distancia, al aplicar dicha fuerza se generará energía, es por esto que la energía genera energía. Como se notó anteriormente la energía es necesaria para cualquier actividad y/o movimiento de los cuerpos; pero entonces ¿qué sucede con los dispositivos electrónicos? ¿con los mecánicos? o ¿con los termodinámicos? éstos también necesitan de energía para poder funcionar, sólo que a diferencia de los cuerpos vivos, hacen uso de energías externas e internas producidas por diferentes mecanismos para su generación. Es en este punto donde se diferencian los diversos tipos de energía existentes y se puede entrar en materia y analizar la que se requiere para este proyecto. Existen un sin fin de energías y para la investigación se mencionarán las más comunes, se resumirán a *grosso modo* la definición de cada una de ellas y cómo es que se encuentran en la vida diaria.

La energía se puede dividir en energía externa e interna. Dentro de las energías externas se encuentra la energía mecánica; en ésta, se toma en cuenta la masa (m) del cuerpo, la velocidad a la que se mueve (v), la gravedad (g) y la altura a la que se encuentra (h). Esta energía es el resultado de la suma

³ De Juana, Jose Ma.. (2001). *Energías Renovables para el Desarrollo*. Madrid: Paraninfo.

de la energía cinética y la energía potencial, en las cuales, la primera parte da el movimiento y la segunda su posición. Para tener una idea más clara, la energía cinética puede ser observada de manera sencilla en el lanzamiento de una pelota, mientras que la energía potencial se puede identificar en el agua almacenada en una presa. En lo relacionado con la energía interna, se debe de estar consciente que ésta se encuentra en la estructura molecular y a nivel atómico de los cuerpos, en ella se pueden encontrar diferentes tipos de energía además de la cinética y la potencial. Estos otros tipos de energía se generan a partir de diferentes procesos, por ejemplo: la energía química, generada por los enlaces producidos entre diferentes elementos en la estructura del cuerpo; la energía térmica, que se genera por el movimiento de las moléculas y átomos del cuerpo; o el calor, el cual se percibe por la transferencia de un cuerpo a otro dependiendo de su estado térmico. Si bien, se podría seguir enumerando los diferentes tipos de energía que se encuentran a nuestro alrededor y en el interior de los cuerpos, resultaría exhaustivo y fuera del objetivo de esta investigación; por ello y para fines concretos, será prioritario hablar sobre la energía que impera sobre esta investigación, la energía eléctrica.

Este tipo de energía es la más utilizada en la actualidad, ya que se puede encontrar de forma cotidiana tanto en las industrias como en los hogares y el espacio urbano; sus usos pueden ir desde la carga de un dispositivo móvil hasta la marcha de un vehículo. La energía eléctrica funciona por medio del movimiento de electrones dentro de campos electromagnéticos, que al fluir entre los campos, forman corrientes eléctricas necesarias para activar o generar el funcionamiento de algún objeto. Las formas de producción de la energía eléctrica se han ido modificando conforme a la historia, desde el frotamiento ente dos materiales conductores para generar una chispa, el uso de fósiles o el empleo de energías renovables como la solar, eólica



y biomasa entre otras. Estas diversas fuentes de producción de energía, se catalogan dentro de renovables y no renovables, las cuales dependen del recurso de donde se obtienen para su clasificación. Es importante entender el origen de cada una de estas fuentes para reflexionar sobre su papel en la producción de energía eléctrica, esto propiciará una evaluación sobre sus cualidades y una reflexión sobre el mejor y correcto uso de las mismas.

1.1.1 Fuentes de energía no renovables

También conocidas como combustibles fósiles, este tipo de fuentes son las más empleadas en la actualidad y se encuentran en vías de extinción, pues la explotación de los recursos utilizados ha ido en incremento debido al crecimiento poblacional exagerado; además, la demanda de objetos y artículos de uso cotidiano, cuya producción implica el uso de estas fuentes, se ha incrementado. Esto responde a necesidades sociales que han cambiado drásticamente con el paso del tiempo y las innovaciones tecnológicas y culturales subsecuentes, pues actualmente las personas requieren en su vida cotidiana medios diferentes de interacción a través de distintos dispositivos y objetos para poder convivir con la sociedad y su medio. Fuera de ser utensilios de necesidad primaria, con el paso de los años han aparecido una gama inimaginable de objetos que funcionan más como representación de un *status quo* de quien lo adquiere o resultado del mercado que crea necesidades a partir de productos, es decir son piezas que devienen necesarias de forma cultural y social, pero que en su producción, implican un gasto enorme de los combustibles fósiles.

Las tres fuentes de energía no renovables existentes son el petróleo, el gas natural, carbón, uranio y metales de minería. El más usado hoy en día es el petróleo, ya que es el recurso principal para la elaboración de diferentes

productos (plásticos, combustibles, fibras sintéticas, aceites, etc.). Éste es una mezcla heterogénea de hidrocarburos, se obtiene de los restos fósiles de plantas y animales que vivieron hace millones de años, que después de su descomposición fueron cubiertos por diferentes capas de sedimentos y que por medio de la presión y el calor generados (oleogénesis) por éstas, se formó el recurso petrolero, en paralelo y bajo los mismos procedimientos, también se formaron el gas natural y el carbón. En relación a éstos, se debe mencionar que son los principales recursos para la generación de electricidad, siendo el carbón el de mayor uso para este fin. Al ser el combustible fósil más abundante en el planeta, es el comúnmente empleado en centrales eléctricas; "por medio de la quema del mismo se calienta agua y se produce vapor, y éste último mueve las turbinas de los generadores de electricidad."⁴

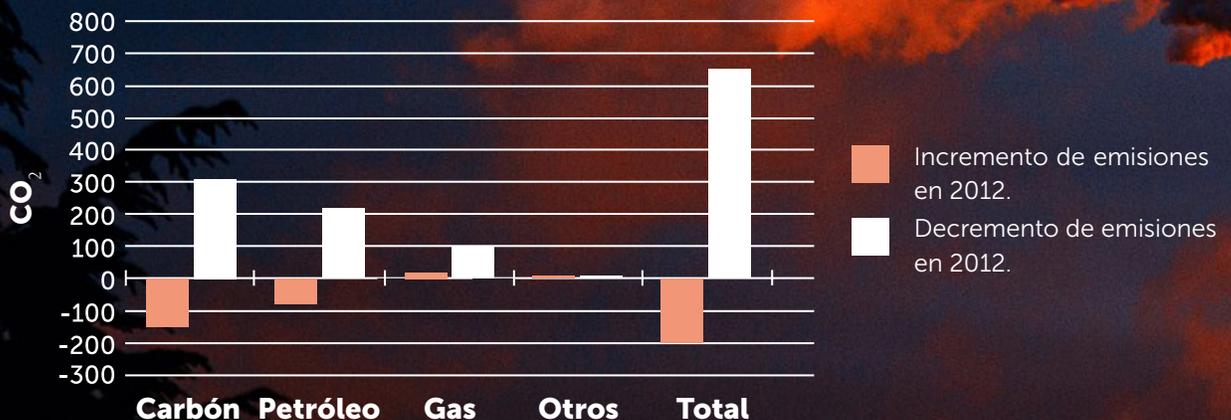


Fig. 1 Cambios en las emisiones de CO₂ (2011-2012).
Fuente: International Energy Agency

⁴ Takeuchi, Noboru. (2014). *Energía y medio ambiente*. México: MAPorra. p. 14

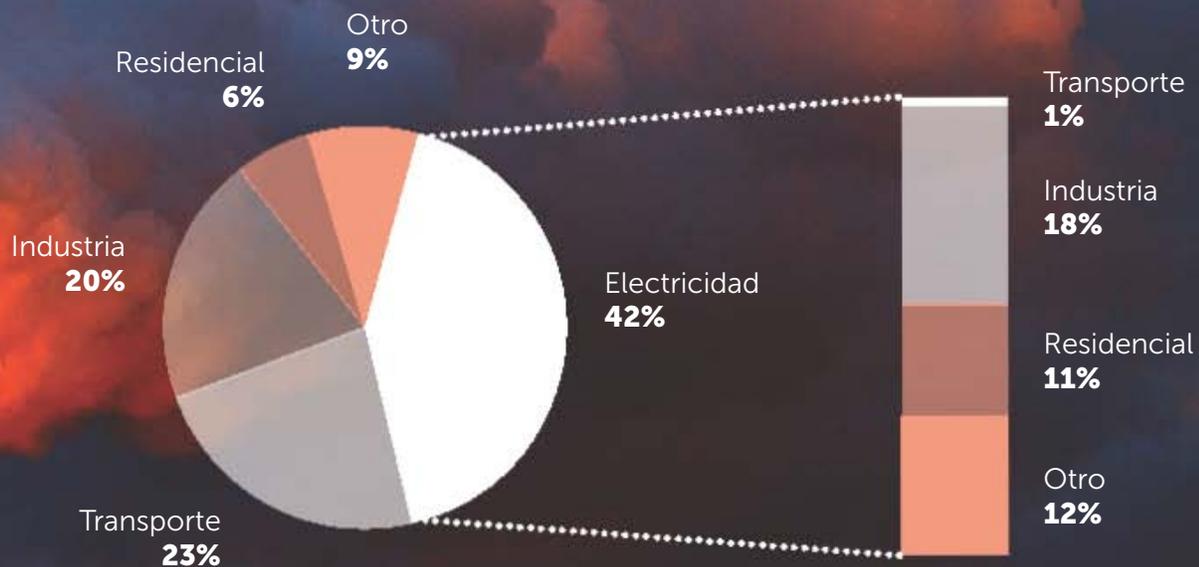
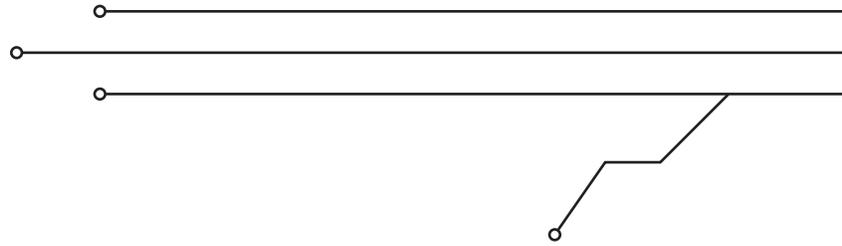


Fig. 2 Emisiones mundiales de CO₂ por sector en 2012.
Fuente: International Energy Agency

Con lo anterior se puede dar cuenta de la diversidad de sectores en los que el uso de este tipo de recursos energéticos es empleado, sin embargo se debe de tener en consideración los diversos cambios que el aprovechamiento de estos recursos ha presentado, si bien la sobreexplotación de los mismos ha dado lugar a nuevas fuentes alternativas de generación y producción de electricidad, lo que ha permitido que el desarrollo de nuevas investigaciones en cuanto al uso de sistemas y tecnología alterna para el aprovechamiento de los recursos, posibilite que la disminución en las emisiones de CO₂ se logre, además de que con relación en regulaciones como tratados y leyes internacionales y nacionales, se opte por el uso de energías alternas, para disminuir el uso de los recursos convencionales como el petróleo. Varios



aspectos pueden considerarse con base en lo anterior, como la adecuación de diferentes sistemas para el uso de fuentes alternativas como el caso de los vehículos eléctricos; nuevas leyes y programas realizados por los gobiernos para hacer conciencia en cuanto al uso de nuevas energías, como el caso de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), la cual regula el aprovechamiento de energías renovables, así como las tecnologías capaces de generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, además de programas como Industria Limpia, que busca que las empresas disminuyan sus emisiones de CO₂ mediante diferentes políticas y usos de tecnologías renovables; siendo así que hoy en día se puede dar cuenta de un uso mayor de energías alternativas.

1.1.2 Fuentes de energía alternativas

Como su nombre lo menciona, este tipo de fuentes pueden ser utilizadas una y otra vez como la solar y eólica; son de fácil acceso y la explotación del recurso es "ilimitada", es decir, que los recursos naturales como el sol, el aire, el mar, etc., son más difícil de ser explotadas desmesuradamente por el hombre o bien, es menos probable que acabe con ellos; sin embargo, dependen y se limitan por las condiciones geográficas y temporales de cada lugar donde se les utilice para generar energía. Será pertinente hacer un recorrido superficial sobre algunos de los recursos renovables que se aprovechan hoy en día, de manera que sirva de contextualización para más adelante abordar a fondo lo referente a la energía que se empleó para el presente proyecto: la solar.

Existen diferentes tipos de energía generada a partir de estos recursos, el modo de denominarlas será dependiendo del recurso que aprovechan. La

energía eólica es considerada una de las energías renovables más utilizadas y en actual crecimiento, en ella se hace uso del viento para poder generar electricidad o para convertirla en energía mecánica. Es debido a su acceso que se le considera una de las energías más antiguas; fue empleada para la navegación, agricultura y alimentación, como es el caso de los molinos de viento cuya función inicial fue triturar granos y más adelante también pasaron a servir como sistemas de bombeo para pozos; éste es el antecedente más remoto de los actuales generadores eólicos para generación de electricidad, los cuales tuvieron su auge en la década de los setenta cuando el precio del petróleo se disparó. Este tipo de energía depende, de la cantidad de viento que se tenga en determinada región, por lo que el aprovechamiento adecuado de este recurso se limita a zonas con una buena actividad eólica.

Otro recurso empleado para la generación de energía es el agua. Ésta se puede aprovechar como mareomotriz (en la que se aprovecha la energía de las olas y corrientes del mar), cabe mencionar que el uso de la producción de este tipo de energía es más costosa debido a la dificultad que implica manipular el agua del océano, por lo que su aplicación es muy limitada. Por otro lado existe la energía hidroeléctrica, en la que se aprovecha la energía potencial del agua que fluye a través de una turbina haciéndola girar y ésta a su vez, se encuentra conectada a un generador eléctrico, el cual produce electricidad. Este tipo de energía hidroeléctrica se encuentra en lo que comúnmente se conoce como "presas" las cuales funcionan como contenedores que posteriormente permiten el paso del agua hasta llegar a la turbina. Este tipo de instalaciones aumentaron debido "a la demanda de electricidad a principios del siglo XX provocando un auge en su construcción y para 1920 ya generaba un porcentaje grande de la producción total de electricidad." ⁵



⁵ *Íbidem*

Un caso muy particular es el uso de la energía geotérmica, la cual se considera como la energía obtenida del calor que proviene de la tierra. La forma de obtención de este recurso es de manera natural cuando la corteza terrestre tiene alguna falla profunda o grieta subterránea, donde la temperatura del núcleo terrestre es demasiado alta y provoca un choque térmico generando un flujo de agua caliente y vapor, éstos se aprovechan para hacer girar una turbina conectada a un generador eléctrico; la otra forma de aprovechar esta energía es mediante la perforación de pozos para la extracción de agua a alta temperatura, pero es importante tener en cuenta que los yacimientos geotérmicos pueden enfriarse y agotarse, dando lugar a que no pueda ser considerada como una energía alternativa.

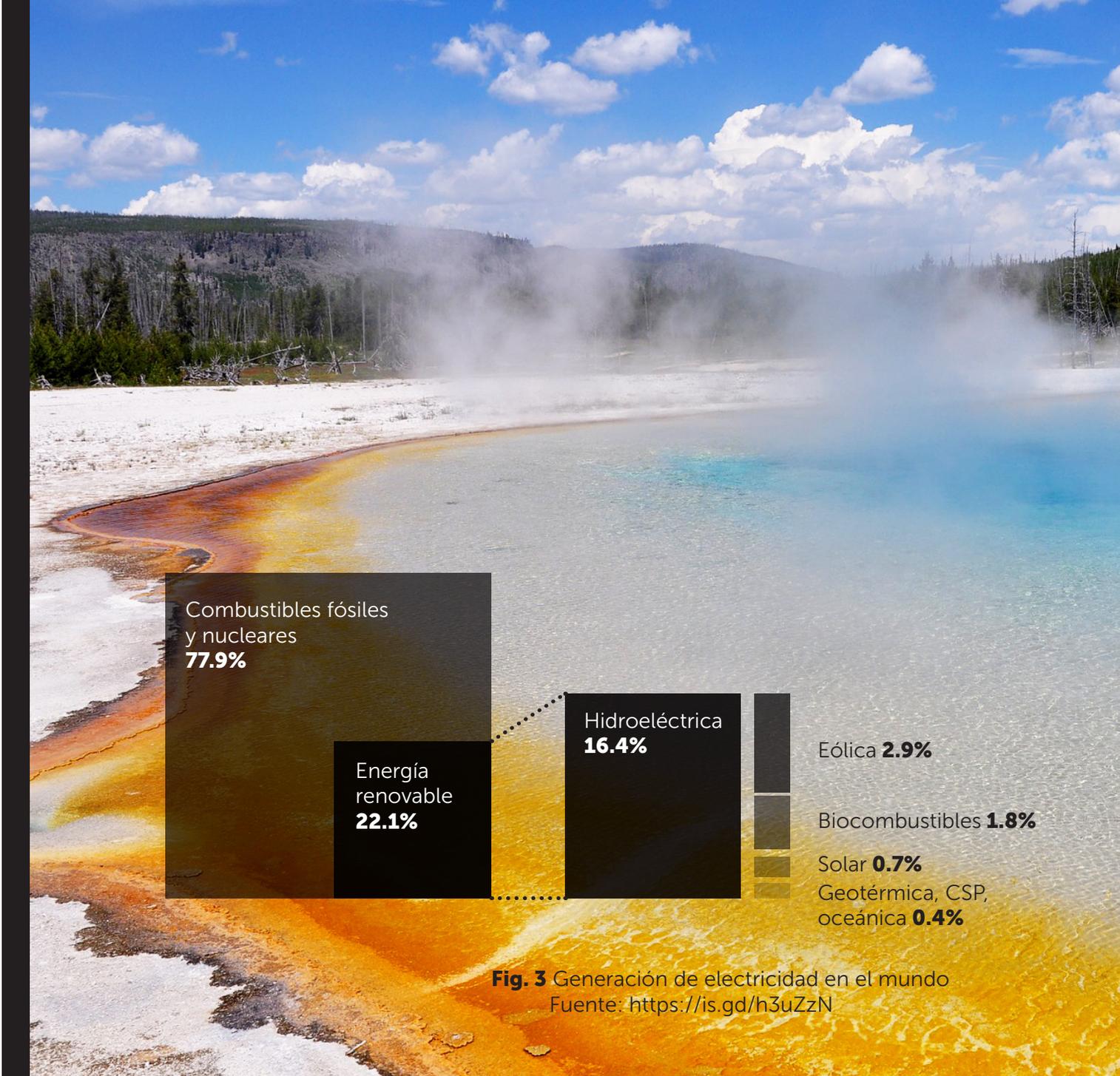
La energía solar también es considerada un tipo de energía alternativa, y en este caso, es la energía contemplada para esta investigación, lo cual implica un desarrollo amplio y concluyente más adelante.

Con base en lo anterior, se puede saber cómo es que a partir de diferentes recursos naturales se obtiene electricidad, si bien el crecimiento en el uso de estas energías renovables ha ido en aumento, es necesario aportar que el uso de las mismas ha sido aprovechado en su mayoría para la generación de electricidad, como lo menciona el reporte 2014 del Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21)⁶ "Alrededor del mundo la inversión y políticas aplicadas en el uso de energías renovables se han enfocado principalmente en el sector eléctrico" (*Around the world, policy support and investment in renewable energy have continued to focus primarily on the electricity sector*)⁷ y en donde su porcentaje de uso ha aumentado (Fig. 3), asimismo, la inversión en tecnología para este tipo de energías también se encuentra en aumento, lo que permite que su uso por diferentes países sea mayor.



⁶ REN21 Renewable Energy Policy Networks for the 21st Century

⁷ REN21. (2015). *Renewables 2014 Global Status Report*. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf



En la Figura 4 se observa el uso de energías renovables dentro de los principales países que hacen mayor uso de ellas, en donde "A finales del 2013, China, Estados Unidos, Brasil, Canadá y Alemania permanecieron como principales países con capacidad total instalada de electricidad renovable" (By the end of 2013, China, the United States, Brazil, Canada, and Germany remained the top countries for total installed renewable electric capacity).⁸

⁸ *Íbidem* p. 26

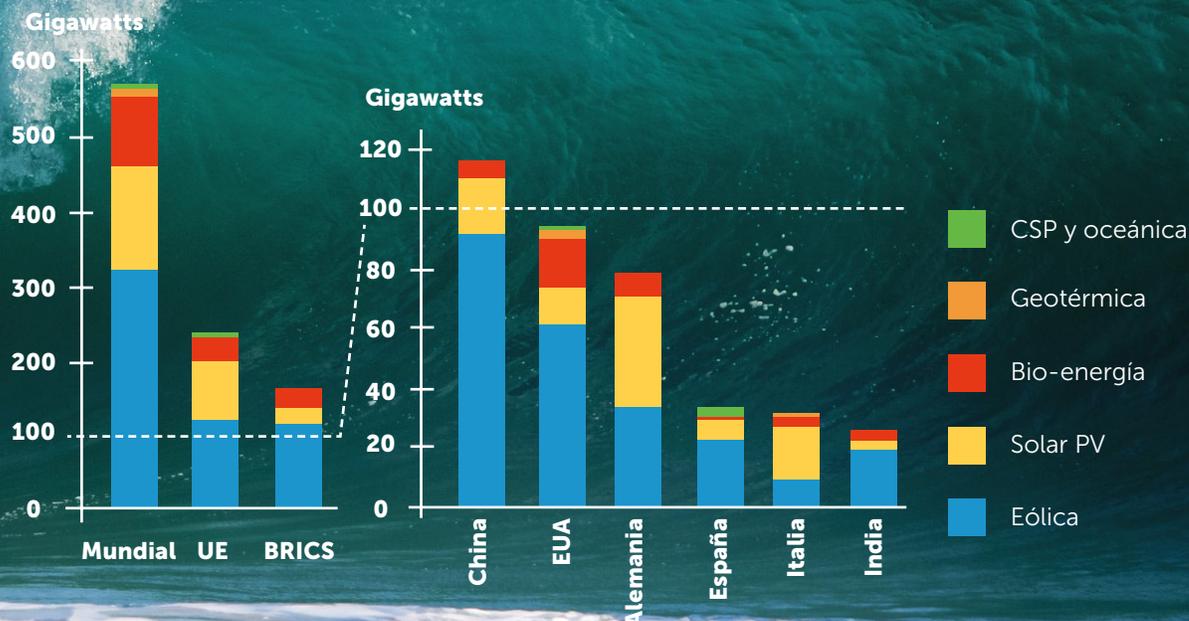


Fig. 4 Principales países que aprovechan energías renovables
Fuente: <https://is.gd/h3uZzN>

Cabe mencionar que debido a las condiciones económicas y políticas con las que cuentan estos países, es más factible el uso de estas energías. Las políticas energéticas son diferentes en cada país, actualmente se puede dar cuenta de la preocupación de los gobiernos por el implemento de reformas y leyes que incentiven a la sociedad al uso de energías renovables, de forma que cada país encuentra sus propios caminos para hacerlo. Los países desarrollados son los principales precursores de este tipo de leyes, mientras que los países en vías de desarrollo han optado por imitar este tipo de reglamentaciones y legislaciones con la finalidad de ser considerados dentro de los principales países en el uso de energías renovables.

Así mismo, la globalización ha hecho que la economía y la política extiendan sus ideas a diferentes países, facilitando la adopción de leyes y normas para el uso de energías renovables como método de generación eléctrica, permitiendo que el uso de tecnologías para su aprovechamiento se incremente, y a su vez, generando nuevos desarrollos tanto técnicos como de diseño que le sirvan directamente a la sociedad, ya sea mediante la creación de plantas para una mejor utilización de los recursos o la aplicación de esta tecnología en edificios.

INDICADORES DE ENERGÍA RENOVABLE 2013

		INICIO 2004	FIN 2012	FIN 2013
INVERSIÓN				
Nuevas inversiones (anual)	Billones USD	39.5	249.5	214.4 (249.4)
ENERGÍA				
Capacidad total de energía renovable (no incluye hidro)	GW	85	480	560
Capacidad total de energía renovable (incluye hidro)	GW	800	1,440	1,560
Capacidad hidroeléctrica	GW	715	960	1,000
Capacidad biocombustibles	GW	<36	83	88
Generación biocombustibles	TWh	227	350	405
Capacidad geotérmica	GW	8.9	11.5	12
Capacidad fotovoltaica	GW	2.6	100	139
Concentración solar térmica	GW	0.4	2.5	3.4
Capacidad eólica	GW	48	283	318
CALOR				
Capacidad de calentamiento solar en agua	GW _n	98	282	326
TRANSPORTE				
Producción de etanol	Billón de litros	28.5	82.6	87.2
Producción de biodiesel	Billón de litros	2.4	23.6	26.3
POLÍTICAS				
Países con políticas objetivas.	-	48	138	144
Políticas de alimentación Número de estados/provincias/países	-	34	97	98
Política de cuotas Número de estados/provincias/países	-	11	79	79
Licitaciones Número de estados/provincias/países	-	8	45	55
Obligaciones caloríficas/mandatoria Número de estados/provincias/países	-	n/a	19	19
Obligaciones biocombustible/mandatoria Número de estados/provincias/países	-	10	52	63

Fig. 5 Indicadores de energía renovable 2013

Fuente: <https://is.gd/h3uZzN>

PRINCIPALES PAÍSES

Inversión anual/Capacidad neta/Producción en 2013

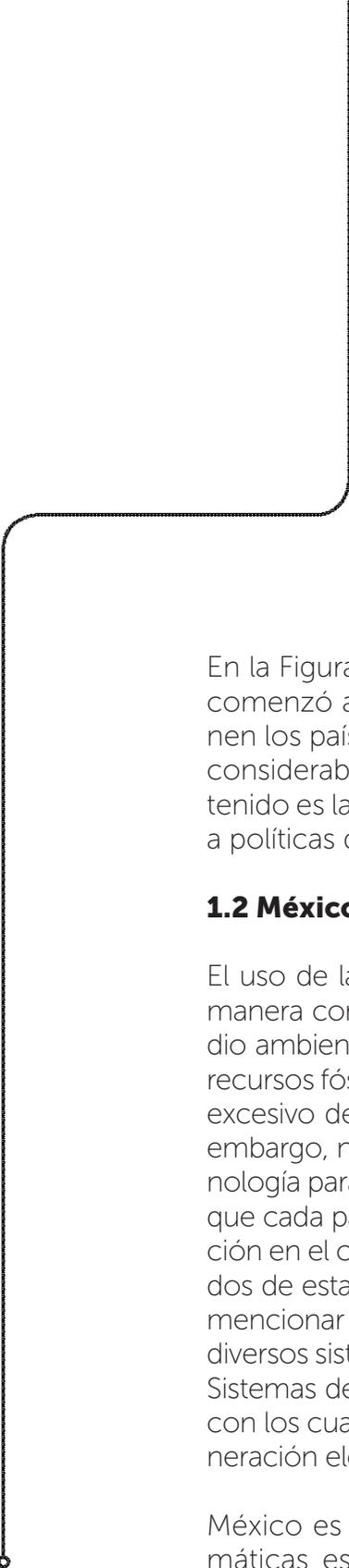
	1	2	3	4	5
Inversión en energía renovable y fósil	China	EUA	Japón	Reino Unido	Alemania
PIB invertido en 2012	Uruguay	Mauricio	Costa Rica	Sudáfrica	Nicaragua
Capacidad geotérmica	Nueva Zelanda	Turquía	EUA	Kenia	Filipinas
Capacidad hidroeléctrica	China	Turquía	Brasil	Vietnam	India
Capacidad fotovoltaica	China	Japón	EUA	Alemania	Reino Unido
Capacidad CSP	EUA	España	Emiratos Árabes	India	China
Capacidad eólica	EUA	Alemania	Reino Unido	India	Canadá
Capacidad de calentamiento solar de agua	China	Turquía	India	Brasil	Alemania
Producción de biodiesel	EUA	Alemania	Brasil	Argentina	Francia
Producción de etanol	EUA	Brasil	China	Canadá	Francia

Capacidad Total de Generación a finales del 2013

	1	2	3	4	5
ENERGÍA					
Energía renovable (inc. hidro)	China	EUA	Brasil	Canadá	Alemania
Energía renovable (no inc. hidro)	China	EUA	Alemania	España/Italia	India
Capacidad de energía renovable per capita	Dinamarca	Alemania	Portugal	España/Suecia	Austria
Generación biocombustibles	EUA	Alemania	China	Brasil	India
Energía geotérmica	EUA	Filipinas	Indonesia	México	Italia
Hidroeléctrica	China	Brasil	EUA	Canadá	Rusia
Generación hidroeléctrica	China	Brasil	Canadá	EUA	Rusia
Energía solar térmica	España	EUA	Emiratos Árabes	India	Algeria
Fotovoltaica	Alemania	China	Italia	Japón	EUA
Capacidad fotovoltaica per capita	Alemania	Italia	Bélgica	Grecia	República Checa
Energía eólica	China	EUA	Alemania	España	India
Capacidad energía eólica per capita	Dinamarca	Suecia	España	Portugal	Irlanda
CALOR					
Calentamiento de agua (solar)	China	EUA	Alemania	Turquía	Brasil
Calentamiento de agua (solar) per capita	Chipre	Austria	Israel	Barbados	Grecia
Calor geotérmico	China	Turquía	Islandia	Japón	Italia

Fig. 6 Principales países que utilizan energías renovables 2013.

Fuente: <https://is.gd/h3uZzN>



En la Figura 5 y 6, se observa como es que a partir del 2004, año en que se comenzó a tener un registro de la inversión, generación y políticas que tienen los países para el uso de energías renovables, éstas han ido en aumento considerablemente. También se nota que el tipo de energía que más uso ha tenido es la hidroeléctrica, y finalmente, se da cuenta del aumento en cuanto a políticas de los distintos países para hacer uso de energías alternativas.

1.2 México renovable

El uso de las energías renovables en todo el mundo se ha incrementado de manera considerable, casi siempre con el fin de ser más amigable con el medio ambiente en tanto a: reducir el consumo de energía producida a partir de recursos fósiles, la disminución de emisiones de CO₂ hacia la atmósfera, el cese excesivo de tala para la perforación y extracción de recursos, entre otros. Sin embargo, no se deben dejar de lado las innovaciones y aplicaciones de la tecnología para producir energía; además de las regulaciones y normativas con las que cada país cuenta para incentivar el uso de las mismas, ya sea por disminución en el costo de electricidad o brindando energía a los organismos encargados de esta producción. En el caso particular de la energía eléctrica, se puede mencionar rápidamente el caso de España y Alemania en donde se cuenta con diversos sistemas de apoyo para el uso de energías renovables, como lo son los Sistemas de Primas, Subastas Competitivas y Certificados Verdes Negociables, con los cuales se incentiva a la instalación de diferentes tecnologías para la generación eléctrica, tanto para casa-habitación como para empresas.

México es un país que por su ubicación geográfica y sus condiciones climáticas es considerado uno de los mejores lugares para el aprovechamiento de recursos renovables, y es que la cantidad de recursos que se pueden utilizar como el sol, el agua, el viento y la producción de biocom-



bustibles se encuentran de manera prolifera y en condición constante. Es por esto que el uso de energías alternativas ha ido en aumento y pretende alcanzar la meta para el 2023 de que “el 35% de la energía que se consume proceda de fuentes como el Sol, la tierra o el viento.”⁹

Tomando en consideración lo anterior, es imprescindible reflexionar sobre la situación actual de México respecto al uso de energías renovables para la generación de energía eléctrica. En cuanto a la capacidad eléctrica instalada a finales de 2013: “64,690 MW, de los cuales 14,891 MW provienen de fuentes renovables de energía (eólica, solar, geotérmica y de biomasa), lo que representa el 23% del total de la capacidad instalada, de acuerdo con estimaciones de ProMéxico con datos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Comisión Federal de electricidad (CFE)”¹⁰

CAPACIDAD Y POTENCIAL PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA A TRAVÉS DE FUENTES RENOVABLES EN MÉXICO (MEGAWATTS)

ENERGÍA	POTENCIAL	CAPACIDAD INSTALADA
Hidráulica	53,000	11,694
Eólica	40,268	1,638
Geotérmica	10,664	823
Biomasa	83,500-119,498	661
Solar	24,300*	76
Total	211,732-247,730	14,891

* Potencial estimado al año 2030.
Fuente: SENER, CRE y CFE, 2014.

Fig. 7 Generación eléctrica a través de fuentes renovables en México
Fuente: <https://is.gd/7PzKhV>

⁹ Ruiz, E. (2014). *Energías renovables, el rumbo para México*. Febrero 11, 2015, de El Economista Sitio web: <http://eleconomista.com.mx/entretenimiento/2014/03/12/energias-renovables-rumbo-mexico>
¹⁰ (2014). *Sector de Energías Renovables*. Febrero 11, 2015, de ProMéxico Sitio web: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector/_lang/es



Como se puede observar en la Figura 7, la fuente de energía renovable más utilizada en México es la hidráulica. Esto responde a lo mencionado anteriormente, ya que debido a la situación geográfica de nuestro país se cuenta con este recurso en diferentes localidades del territorio nacional, pues existen una gran cantidad de ríos y lagos que permiten la instalación de presas para la generación de energía; principalmente estas instalaciones se encuentran en la parte central y sur de la República Mexicana, en los estados de Oaxaca, Chiapas, Michoacán y Nayarit.

Otro recurso que es aprovechado hoy en día y que al igual que la energía solar, ha despuntado de gran manera en nuestro país es la biomasa:

Los rellenos sanitarios son los proyectos a corto y mediano plazo más rentables para el aprovechamiento de los bioenergéticos. Durante 2010, en México se tenía una disposición de desechos que ascendía a 28.2 millones de toneladas anuales, con una composición aproximada del 53% de residuos orgánicos, los cuales eran enviados a 186 rellenos sanitarios.”¹¹

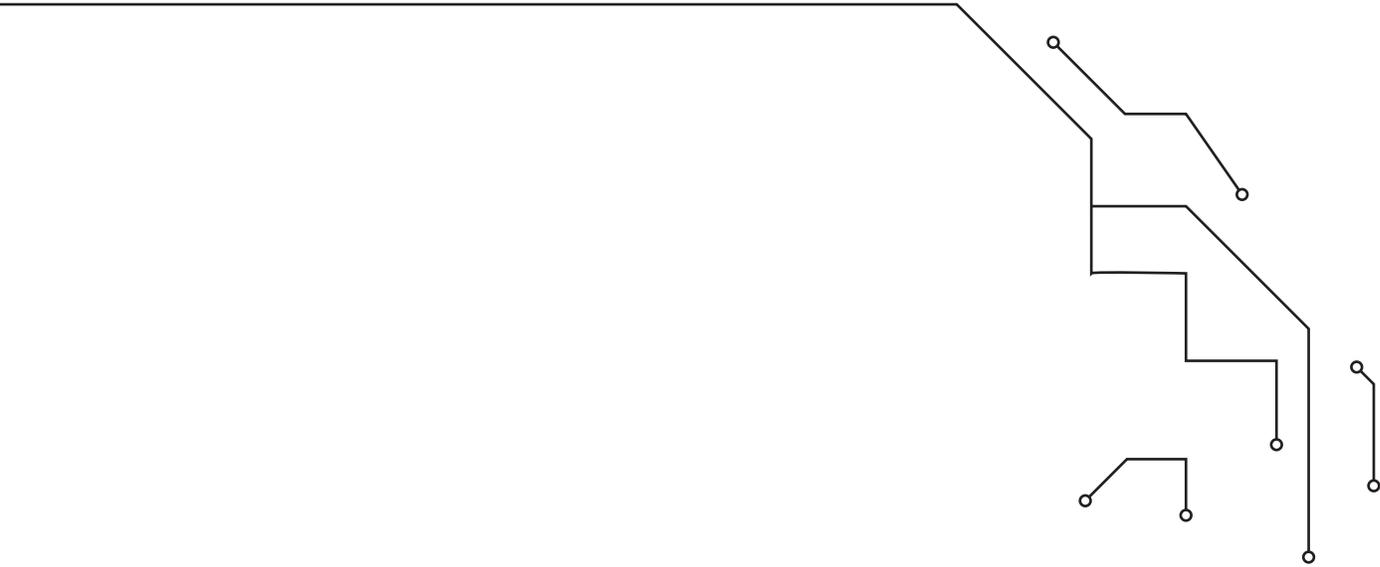
El uso de las energías renovables en México ha ido en crecimiento, aunque su gran avance es opacado todavía por el uso de recursos fósiles como fuentes principales de generación eléctrica; sin embargo, un factor importante en dicho crecimiento ha sido el papel esencial de la inversión privada. A partir del pronunciamiento de la nueva Reforma Energética, promulgada por el gobierno en turno, se permitirá la entrada a diferentes inversiones (tecnológicas, económico-financieras e institucionales) para poder tener un mayor aprovechamiento de los recursos renovables, dando lugar a que su uso sea considerable.

¹¹ Valle, Julio A. & Ortega, Hermilio O. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012 - 2026*. Febrero 17, 2015, de Secretaría de Energía Sitio web: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf

Debido a la crisis petrolera de los años 70, el uso de energías renovables empezó a jugar un papel importante dentro de la historia de la electricidad. En el caso particular de México, el uso de recursos para la generación de electricidad comenzó en 1889 en el estado de Chihuahua, donde se instaló la primera planta hidroeléctrica en la localidad de Batopilas. No fue sino hasta inicios del siglo XX, cuando la generación eléctrica comenzó a tener un auge considerable, en donde las empresas privadas dominaban la producción de electricidad mediante instalaciones hidroeléctricas, como es el caso de The Mexican Light and Power Company con la Planta Necaxa, Puebla, (Fig. 8) que es considerada como el primer gran proyecto en nuestro país.



Fig. 8 Presa hidroeléctrica Necaxa, Puebla
Fuente: <https://is.gd/LeuTBS>



No fue hasta 1960 que se nacionalizó la industria eléctrica, pero el desarrollo y puesta en marcha de centrales hidroeléctricas anteriores a esa fecha fue creciendo en gran manera, ya que se comenzaron a instalar en diferentes estados de la República Mexicana que permitían el uso del agua para generación eléctrica.

Es así que a partir de la expropiación petrolera (1938) y la nacionalización de la industria eléctrica (1960) que la generación de electricidad depende exclusivamente del gobierno, por lo que el sector público era el único que había hecho uso de los recursos renovables para la generación eléctrica.

Conforme se han ajustado los organismos reguladores y responsables de proporcionar permisos, desarrollar, proponer y regular reformas y leyes para el uso de energías, se han desarrollado diversos planes que hacen que este uso sea reglamentado. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la encargada hoy en día de la generación y distribución de electricidad; sin embargo, ésta depende de diferentes organismos que trabajan de la mano con la CFE para poder verificar que se cumplan los requisitos de instalación, carga, almacenamiento y reparto de la misma. Estos organismos trabajan de acuerdo con diferentes leyes y normas para poder cumplir con los requisitos de generación y distribución; entre ellos se encuentra el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), la Comisión Reguladora de Energía (CRE), La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) y la Secretaría de Energía (SENER); éstos se encargan del desarrollo en conjunto de diferentes leyes que se deben de cumplir al momento de hacer uso de energías renovables, como por ejemplo: Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) y Ley de Servicio Público para la Energía Eléctrica (LSPEE).¹²

Referente a los permisos, para el aprovechamiento de las energías renovables se puede dar cuenta que México se ha preocupado por su uso, siendo

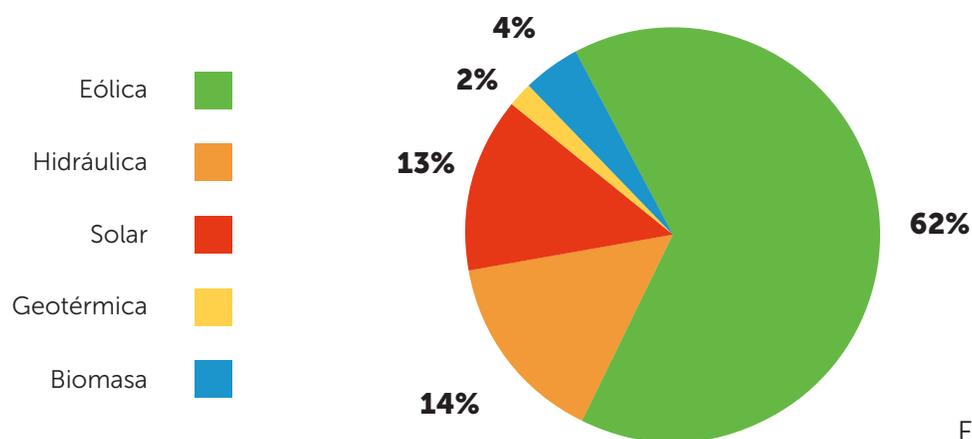
¹² Ambas leyes serán abordadas de manera sistemática para integrarlas al cuerpo de la investigación.



el caso así, que la generación de éstas ha incrementado. Conforme a lo mencionado por la CRE, "se han otorgado hasta la fecha 234 permisos para la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, sumando un total de 7,827 MW de capacidad instalada (23% del total de capacidad autorizada a los permisionarios de la CRE), de los cuales el 31% ya está en operación y el restante está proyectado que entre en operación en los tres próximos años".¹³ La Figura 9 muestra en porcentaje, la cantidad de permisos otorgados para la generación de electricidad.

38

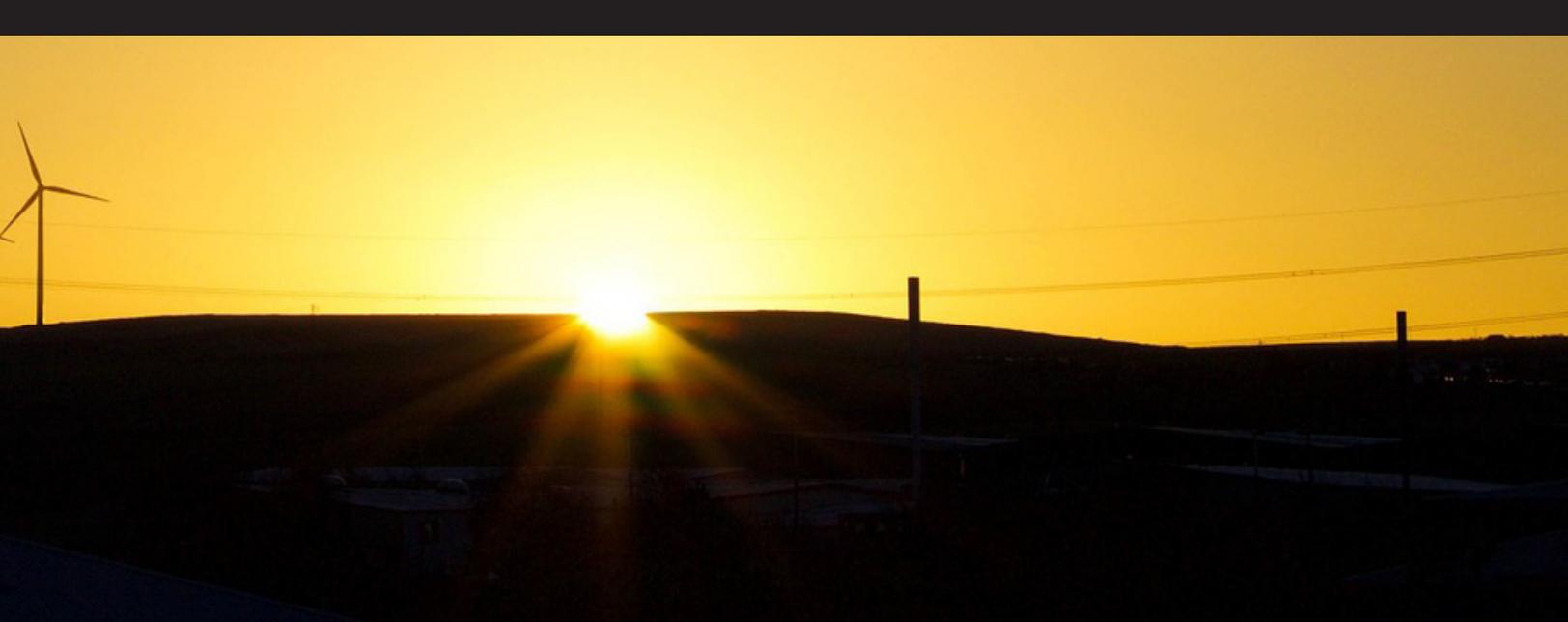
PERMISOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A TRAVÉS DE FUENTES RENOVABLES, POR TIPO DE FUENTE, 2013 (7,827 MW)



Fuente: CRE, 2014.

Fig. 9 Porcentaje de permisos otorgados para generación de electricidad por fuentes renovables
Fuente: <https://is.gd/7PzKhV>

¹³ -. (2014). *Sector de Energías Renovables*. Febrero 11, 2015, de ProMéxico
Sitio web: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector/_lang/es



Aunque no se entró en materia de energía nuclear, se considera de suma importancia el mencionarla, ya que también es considerada como una energía alternativa que no produce emisión de gases, lo que resulta en una producción de energía eléctrica sin contaminación. "La energía nuclear es la energía que se obtiene al manipular la estructura interna de los átomos. Se puede obtener mediante la división del núcleo (fisión nuclear) o la unión de dos átomos (fusión nuclear)."¹⁴

En México se "obtuvo cerca de 10 billones netos de kWh de procedentes de la energía nuclear, un 4,8% de la electricidad utilizada en 2009."¹⁵ La investigación y control de este tipo de energía en un principio dependía de la Comisión Nacional de Energía Nuclear¹⁶ (CNEN) la cual estaba a cargo de las actividades nucleares, sin embargo la Comisión Federal de Electricidad (CFE) era la encargada de la producción energética. En 1976 se inició la construcción de la planta nuclear de Laguna Verde, la cual tiene dos reactores de 654 MWe. Es así que el ININ y la CFE han estado en búsqueda de implementar y poner en marcha nuevas plantas nucleares dentro del país, "En mayo de 2010 La CFE tenía cuatro escenarios para la creación de 4 nuevas centrales de generación energía eléctrica entre 2019 y 2028"¹⁷ al igual que el ININ "presentó previamente ideas para una central nuclear que constaría de tres reactores IRIS compartiendo una corriente de agua de mas para la refrigeración y la desalación."¹⁸

Con lo anterior se puede dar cuenta de que la energía nuclear ha estado siendo considerada como una fuente óptima para generación de energía eléctrica debido a la cantidad que puede generar y la limpieza con la que produce la misma. Sin embargo uno de los puntos clave y a considerar es el

¹⁴ -. (s/f). Energía Nuclear. agosto 22, 2016, de Energía-Nuclear Sitio web: <http://energia-nuclear.net/>

¹⁵ -. (s/f). Energía Nuclear en México. agosto 22, 2016, de Energía-Nuclear Sitio web: http://energia-nuclear.net/situacion/energia_nuclear_mexico.html

¹⁶ Posteriormente se convirtió en Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares ININ en 1979.

¹⁷ Íbidem

¹⁸ Íbidem

tema ambiental en cuanto a los desechos de material radioactivo y las zonas en las que se ubica la planta generadora, ya que en caso de accidentes como temblores, éstas pueden producir un daño considerable a la sociedad y naturaleza.

1.2.1 Energías alternativas y su trascendencia

El uso de energías renovables en México ha estado presente desde hace tiempo y aunque la inversión ha sido meramente pública, hoy en día gracias a los avances tecnológicos se ha logrado que su uso sea más frecuente en la sociedad. A pesar de que las regulaciones para emplear este tipo de energías limitan a las personas a hacer uso de ellas, se observa que México cuenta con una gran capacidad eléctrica instalada en energías renovables; mencionando rápidamente que las dos más empleadas son la eólica y la solar aparte de la hidroeléctrica. Además, no se deberá pasar por alto los avances considerables en la generación por medio de otros tipos de energías alternativas, como es el caso de los biocombustibles, que tienen su mayor aprovechamiento en el estado de Veracruz y que son generados por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en cuanto a biodiésel y bioetanol, y por institutos de investigación a partir de la producción de caña de azúcar.

Para el caso de la energía eólica, México cuenta con diferentes parques eólicos que brindan suministro eléctrico para regiones urbanas o para suministro propio; estos parques se encuentran ubicados en: "Baja California (2) con una capacidad de 10.6 MW, Nuevo León (1) con una capacidad de 22MW, Tamaulipas (1) con una capacidad de 54 MW, Jalisco (1) con una capacidad de 50.4 MW, Oaxaca (20) con una capacidad de 1,751.47 MW y Chiapas (1) con una capacidad de 28.8 MW."¹⁹



¹⁹ AMDEE. (2014). *Capacidad Instalada de Energía Eólica en México*. Febrero 12, 2015, de AMDEE Asociación Mexicana de Energía Eólica Sitio web: <http://www.amdee.org/parques-eolicos-mexico>



Fig. 10 Párques eólicos en México.
Fuente: <https://is.gd/BA44oF>

En lo referente a la energía solar, la cual es objeto de la presente investigación, los avances que ha tenido México pueden ser considerados como mínimos, pero es importante tomar en cuenta las estimaciones a futuro propuestas por el gobierno, donde se espera que alcance los 24,300MW para el año 2030 (Fig. 7), esto conduce a especular sobre una mayor inversión en este tipo de energía.

Actualmente, se encuentran funcionando la Central Solar Fotovoltaica Santa Rosalía BCS con una capacidad de 1MW, la Central Solar Fotovoltaica de Cerro Prieto BC con una capacidad de 5MW, la Central Solar Agua Prieta II con una capacidad de 14MW²⁰, y cuenta con la reciente instalación del campo solar más grande de América Latina conocido como la Central Fotovoltaica Aura Solar BCS con capacidad para generar 82 GW/H al año, que satisface la demanda de electricidad del 65% de la población de la Paz.²¹

Como se ha notado, los proyectos mencionados anteriormente son parte del sector gubernamental; sin embargo, una gran cantidad de empresas privadas se encuentran haciendo uso de este tipo de tecnologías actualmente. A pesar de que la escala comparativa con organismos como CFE es menor,



²⁰ ACFE. (2011). *Energía Solar en CFE*. Febrero 12, 2014, de CFE Sitio web: http://dep.fie.umich.mx/~mgraffg/Escuela_de_Verano_2011/Sesion_I_files/Roberto_Cadenas_La%20energi%CC%81a%20Solar%20en%20la%20CFE.pdf

²¹ Calderon, K. (2014). *El parque solar más grande de AL está en México*. Febrero 12, 2014, de Manufactura, información estratégica para la industria Sitio web: <http://www.manufactura.mx/energia/2014/03/26/el-parque-solar-mas-grande-de-al-esta-en-mexico>

el sector privado se ha comenzado a preocupar por generar su propia electricidad, y en algunas ocasiones fungen como patrocinadores para poder suministrar electricidad a la población. Tal es el caso de Grupo Bimbo, quien realizó un proyecto en Oaxaca conocido como Parque Eólico Piedra Larga el cual cuenta con la capacidad de "45 aerogeneradores de 2MW cada uno, para abastecer anualmente una demanda promedio de 38 MW, para una generación total de energía de 333 GWh (giga Watts hora)".²² Es así que la inversión extranjera en México ha aumentado, siendo Estados Unidos, España, Dinamarca y Francia los principales inversionistas para el aprovechamiento de energías renovables como se muestra en la Figura 8.

PRINCIPALES EMPRESAS EN MÉXICO



Anuncios de IED

1,442 mdd

Principales países inversionistas

Estados Unidos

Dinamarca

España

Francia

Fig. 11 Inversión en energías renovables en México.
Fuente: <https://is.gd/jrqbsW>

²² Grupo Bimbo. (2013). Parque Eólico Piedra Larga. Marzo 12, 2015, de Grupo Bimbo S.A.B. de C.V. Sitio web: <http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo-verde/infografia-verde-3/parque-eolico-piedra-larga.html>

Otro aspecto a revisar en el uso de energías renovables, es el modo en que diferentes empresas han adoptado para poder aprovechar los recursos dentro de sus instalaciones; esto con la finalidad de compensar su gasto energético, ya sea en estacionamientos para cubrir el suministro luminoso del mismo o para poder proveer en su totalidad de electricidad a todo el edificio. Tal vez este tipo de generación no se compara con el de una central eléctrica, pero es imperante mencionar que el aprovechamiento en mediana y baja escala de los recursos, permiten una vía alterna de integrar la tecnología en los edificios conocida como BIPV (*building integrated photovoltaic*), en ésta, se instalan diferentes tecnologías (paneles fotovoltaicos y aerogeneradores) para aprovechar los recursos naturales, dando lugar a que los edificios sean autosuficientes en cuanto al suministro eléctrico, enfatizando la cualidad responsiva con el medio ambiente por parte de la empresa. En cuanto al uso en baja escala como instalaciones en casa-habitación y módulos urbanos entre otros, el apoyo de estas tecnologías resultan en la reducción del costo del suministro eléctrico convencional y permiten el aprovechamiento de diferentes espacios.

Se puede observar en el caso particular de México, cómo es que el uso de estas energías alternativas se ha establecido principalmente para el sector público y que el uso de las mismas lo controla el gobierno; pero hoy en día se ha presentado un cambio debido a los avances tecnológicos, gracias a los cuales el acceso a estas energías es más sencillo y se puede obtener de manera asequible, sin dejar de fuera las regulaciones y normativas a considerar para hacer uso de las mismas.

1.2.2 La Ciudad de México

El uso de energías renovables ha aumentado considerablemente en los últimos años. En el caso particular de México y para ser más específico, en la Ciudad de México, su uso aún se toma con cierta cautela. Mucho se debe a



las normas regulatorias para el uso e instalación de las mismas, pues la mayoría de las veces resulta incómodo acercarse a estas formas novedosas y a sus implicaciones técnicas.

Si bien la ciudad no permite que se haga una instalación a gran escala para aprovechamiento de recursos naturales, se observa hoy en día que muchos optan por hacer uso de tecnología a una escala menor con la finalidad de aprovechar los recursos al máximo. No obstante, la aplicación de éstas se imposibilita muchas veces por el crecimiento desmesurado de la infraestructura urbana, pues al crecer la ciudad, se aminoran los espacios libres y con ello, las condiciones necesarias para su instalación.

Para el caso de la Ciudad de México se deben considerar muchos puntos de vista como son: la sociedad, el ambiente, las redes de distribución y el aumento en la población entre otros, para entender y aplicar una forma de aprovechamiento de recursos naturales. Un ejemplo claro es la instalación de cabinas telefónicas que funcionan a partir de tecnología fotovoltaica, estos módulos se encuentran colocados en diversos puntos de la ciudad, algunos en la correcta posición son funcionales y otros han quedado obsoletos. Esto se debe a que la urbanización y el crecimiento poblacional ha aumentado en gran manera obstaculizando y saturando el ambiente, por lo que la instalación y construcción de nuevo mobiliario resulta un tanto compleja para los fines de aprovechamiento de recursos naturales, es por eso que dentro de la ciudad se encuentran paneles solares que no logran aprovechar algún rayo solar o aerogeneradores, que debido a su ubicación la electricidad que producen es mínima. No obstante, hay que considerar que el implemento de estas energías en ciudades es con el fin de aprovecharlas a baja escala; es decir, que su producción de energía eléctrica sea menor con la finalidad de suministrar electricidad a los aparatos electrónicos de uso cotidiano, los cuales se han convertido en artículos de uso indispensable que son totalmente dependientes del suministro eléctrico.

Según el reporte del World Urbanization Prospects, The 2014 Revision (Prospectos de urbanización mundial, La revisión 2014), la Ciudad de México resulta una de las más pobladas del mundo, "Ciudad de México, Mumbai y Sao Paulo, cada una con alrededor de 21 millones de habitantes" (*Mexico City, Mumbai and São Paulo, each with around 21 million inhabitants*).²³ Es debido a este crecimiento, entre otras circunstancias, que la demanda por el acceso a la electricidad se encuentra en aumento. Igualmente, es de suma importancia enunciar la dependencia de aparatos electrónicos que se incrementa cada día, la producción en masa de estos artículos y dispositivos, que requieren de electricidad, es mayor y en muchas ocasiones se puede dar cuenta cómo año con año, la salida de un producto del mercado se compensa con la entrada de dos, tres o más dispositivos similares. Si bien las empresas se han dado a la tarea de buscar necesidades que requieren los usuarios para poder brindar un producto nuevo, es también sabido que la adquisición de estos mismos dispositivos muchas veces depende del estatus que los usuarios buscan tener y representar hacia los demás, es decir responde a una cultura de consumo que genera diversos imaginarios sociales y culturales.

Pero también es importante considerar diferentes aspectos que intervienen al desear aprovechar energías alternativas, por ejemplo, "En 1992 la Ciudad de México fue clasificada como la ciudad más contaminada del mundo. A partir de entonces las políticas de reducción de emisiones y vigilancia de la contaminación atmosférica han mejorado la calidad del aire, al grado de que hoy solo 43 días al año se superan los límites permisibles de salud; sin embargo, persisten los altos niveles de partículas finas, ultra finas (PM10 y PM2.5) y ozono."²⁴

Debido a este aumento en la contaminación de la ciudad, y como menciona el Reporte de Ciudades Competitivas y Sustentables 2014, el uso de nuevas

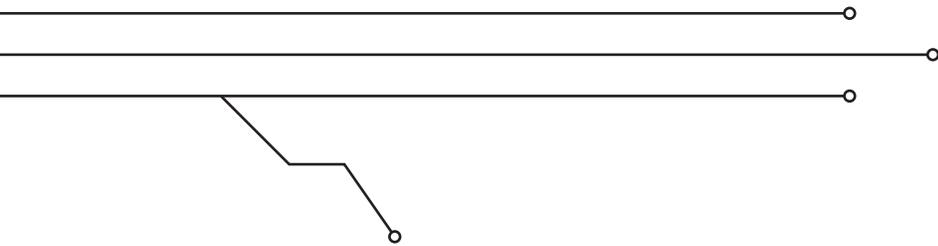
²³ Department of Economic and Social Affairs UN. (2014). World Urbanization Prospects. Marzo 12, 2015, de United Nations Sitio web: <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>

²⁴ -. (2014). *Ciudades competitivas y sustentables 2014*. Febrero 18, 2015, de IMCO Sitio web: <http://imco.org.mx/competitividad/ciudades-competitivas-y-sustentables-2014/>

políticas y leyes han permitido que el mercado de energías renovables crezca en nuestro país y de mayor manera dentro de la Ciudad de México, esto ha dado lugar a que diferentes empresas opten por su uso y que el gobierno brinde facilidades con diferentes tipos de certificaciones que benefician económica y socialmente a las empresas, lo que da como resultado la instalación de tecnologías para el aprovechamiento de recursos naturales.

ÍNDICE	SUBÍNDICE	% CDMX
IMCO ICU 2014	Sistema de derecho confiable y objetivo	51%
	Sociedad incluyente preparada y sana	64%
	Sistema político estable y funcional	45%
	Gobiernos eficientes y eficaces	57%
	Mercado laboral	55%
	Economía estable	60%
	Sectores precursores	67%
	Aprovechamiento de las relaciones internacionales	30%
	Innovación en los sectores económicos	33%
CENTRO MARIO MOLINA ISA 2014	Uso del agua	25%
	Calidad del aire	88%
	Disponibilidad de áreas verdes	40%
	Manejo de residuos sólidos urbanos	41%
	Uso de energía	83%

Fig. 12
Competitividad y sustentabilidad en la Ciudad de México.
Fuente: <https://is.gd/gurKpf>



Estas tecnologías y formas de aprovechar energía dentro de las ciudades, se basan en dos aspectos acordes a las instalaciones que se tienen y se pretenden hacer y a las que se están utilizando; para fines prácticos se catalogarán como *internas* y *periféricas*. Las *internas* son las que se encuentran dentro de la ciudad, donde principalmente se usan paneles y calentadores solares y aerogeneradores. En cambio, en la periferia se consideran instalaciones de mayor escala como las plantas generadoras que proveen energía eléctrica a ciudades completas. Para consideración de esta investigación, servirá hacer una revisión a las internas, las cuales se encuentran dentro de edificaciones, casa-habitación, vías públicas y áreas verdes con las que cuenta la ciudad.

Fig. 13 Paneles en la ciudad (internos)
Fuente: <https://is.gd/h1FM6Q>

Fig. 14 Paneles en la periferia
Fuente: <https://is.gd/bXwrrB>





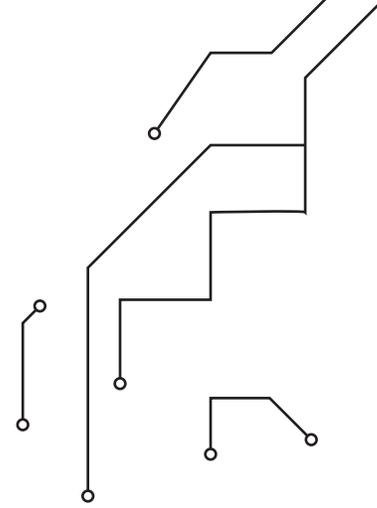
Fig. 15 Paneles internos y en la periferia
Fuente: <https://is.gd/YEAPAO>

En comparación con otras ciudades del mundo, se puede observar cómo la mayoría ya presenta un uso considerable de energías renovables, enfocándose a convertirse en ciudades sustentables. Tal es el caso de San José California, que espera hacer uso de electricidad producida por energías renovables para el 2022 y además de esto, “es una de las pocas ciudades en el país (EE. UU.) que ha eliminado el requisito de tener un permiso para construir a la hora de añadir paneles solares en los techos, eliminando una de las grandes barreras a la hora de utilizar energía solar. San José también planea instalar energía solar en las instalaciones municipales, apoyar la innovación tecnológica y ayudar a crear tratos de compras de energía masivos.”²⁵ También es el caso de Frankfurt en Alemania, donde dentro de la ciudad hacen uso de energías renovables provenientes de fuentes “térmica, fotovoltaica, potencia eólica y el tres por ciento de desperdicio orgánico. Además Frankfurt trabaja con comunidades cercanas para obtener un suministro eléctrico mayor aprovechando el viento, energía solar y biomasa” (*solar thermal, photovoltaics, wind power, and three percent organic waste. Frankfurt also works with nearby communities to get more of its energy supply from wind power, solar energy, and biomass*).²⁶

Es así que en el caso de la Ciudad de México se pueden encontrar diferentes proyectos que buscan aumentar el consumo de energías renovables y así poder ser una ciudad más sustentable. Además de que éstos son impulsados por el gobierno como la certificación de industria limpia, que busca que las empresas disminuyan sus emisiones de CO₂ mediante diferentes políticas y usos de tecnologías renovables.

²⁵ Bevilacqua, R.. (s/f). *10 ciudades con metas de abastecerse en un 100% de energías renovables en un futuro cercano*. Febrero 18, 2015, de UPSOCL Sitio web: <http://www.upsocl.com/verde/10-ciudades-con-metas-de-abastecerse-en-un-100-de-energias-renovables-en-un-futuro-cercano/>

²⁶ Go 100% Renewable Energy. (s/f). *CITY OF FRANKFURT ON MAIN, GERMANY*. Febrero 18, 2015, de Go 100% Renewable Energy Sitio web: <http://www.go100percent.org/cms/index.php?id=136>



1.3 Energía solar como alternativa

La energía solar es probablemente una de las energías a las que el hombre siempre ha tenido acceso. El sol es el encargado de la producción de esta energía y desde la antigüedad, éste era admirado y aprovechado para diferentes fines. Hace poco mas de 5000 años se le consideraba como un planeta correspondiendo a que “un planeta era cualquier astro que se desplazara respecto a las estrellas fijas.”²⁷ El Sol ha sido considerado como deidad por varias civilizaciones, y es que éste es el que brinda luz, calor y energía para que la vida pueda existir en nuestro planeta. Es por esto que la energía originada por el astro, ha sido aprovechada desde la antigüedad hasta nuestros días, ya que propicia la vida y permite el desarrollo de múltiples actividades, siendo la agricultura una de las más antiguas y presentes a lo largo de la historia de la humanidad. De la misma manera en la que se ha aprovechado al Sol para cuestiones de alimentación, es a partir de la revolución industrial y de la crisis petrolera, que se ha comenzado a aprovechar para la generación de electricidad y para fines térmicos.

Aunque suene redundante, la energía solar se basa en el aprovechamiento de la energía emitida por el sol, ésta se encuentra en forma de luz visible y radiación, “de acuerdo a la norma EN ISO 9488, la energía solar debe también ser entendida como cualquier energía disponible gracias a la conversión y colección de la radiación solar” (*according to EN ISO 9488 standard, Solar energy may also be understood as any energy available thanks to colective and convertide solar radiation*).²⁸ En el caso de la radiación, es importante mencionar que se genera por dos vías: por rayos infrarrojos que son los que se perciben como calor y por partículas, que son los protones y electrones. Dicha radiación proviene de las reacciones de fusión nuclear que se producen en el núcleo del mismo, “En una reacción de fusión típica, dos núcleos

²⁷ Fierro, J. & Herrera, M. A. (2003). *La familia del Sol*. México: FCE. pp. 20-23

²⁸ Chwieduk, D. (2014). *Solar Energy in buildings: Thermal Balance for Efficient Heating and Cooling*. United States: Academic Press Inc. p.1

atómicos de hidrógeno se unen, creando un nuevo núcleo de helio. La fusión produce la energía mediante la conversión de la materia en energía."²⁹

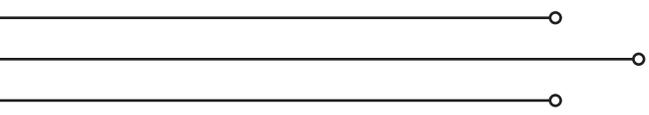
Entonces, para poder aprovechar la energía solar, es importante entender a la radiación, transmitida por medio de ondas que pueden utilizarse para la producción de energía térmica y energía eléctrica. Para el caso de la energía térmica se cuenta con calentadores solares y en cambio para la energía eléctrica se considera el uso de celdas fotovoltaicas.

Antes de empezar a hablar sobre estas formas de aprovechar la energía solar, es importante familiarizarse con lo relacionado a la radiación, ya que es un punto clave en el aprovechamiento de esta energía para la producción de electricidad. Como es bien sabido, no todos los días del año se cuenta con un cielo despejado para hacer uso de las tecnologías renovables referentes a la solar, por ello es necesario conocer geográfica y físicamente dónde se hará uso de las mismas con la finalidad de obtener la mayor cantidad de radiación posible y así conseguir un máximo aprovechamiento de ésta.

La energía solar se genera a partir de reacciones de fusión nuclear. Éstas se generan dentro del núcleo del sol, con lo cual se genera una radiación que es emitida hacia el exterior del astro y llega a impactar con el planeta Tierra descomponiéndose en dos: difusa y directa. La radiación solar directa es la que llega en línea recta desde el sol a la superficie de la tierra y la radiación solar difusa es la que llega desde diferentes puntos de la atmósfera, ya que al momento de llegar a ésta se esparce debido a los componentes de la capa atmosférica, por lo que se entiende que esta radiación proviene de la atmósfera. Con base en lo anterior se puede decir que el uso de colectores solares ya sea aprovechando energía térmica o fotovoltaica, hacen uso de estos dos tipos de radiación. Pero también existen los colectores de alta con-



²⁹ Takeuchi, Noboru. (2014). *Energía y medio ambiente*. México: MAPorra. p. 33



centración³⁰ que son los empleados en plantas solares, únicamente emplean radiación directa; un ejemplo de este tipo de plantas son las que emplean canales y platos parabólicos y una torre central para generar electricidad.

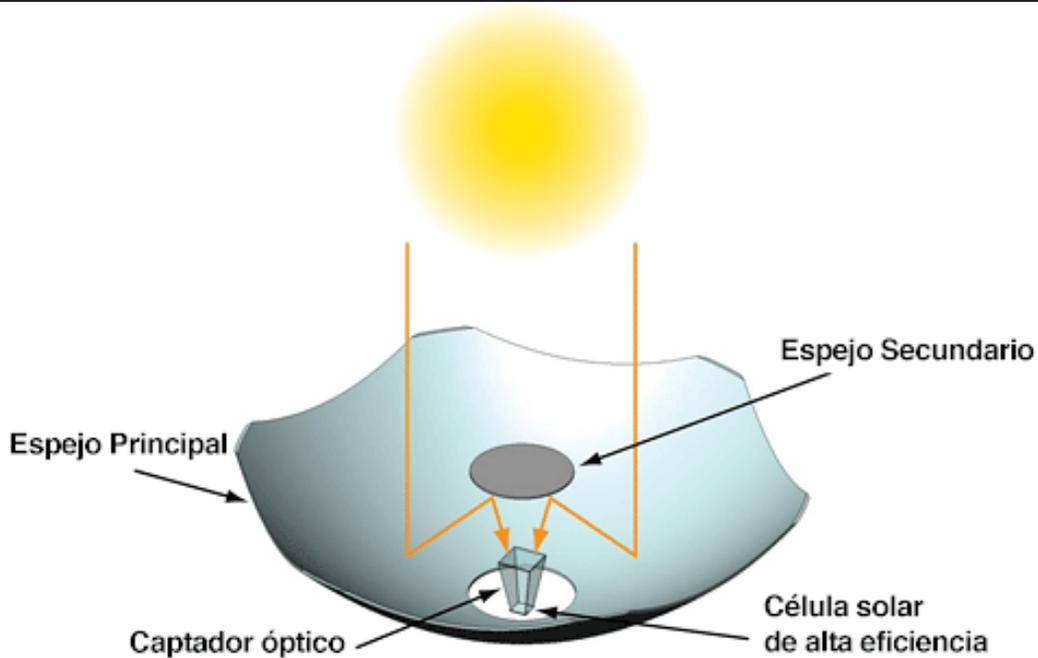


Fig. 16 Esquema de un concentrador solar.
Fuente: <https://is.gd/FPL2Fz>



³⁰ La concentración de un colector se define como el cociente del área de captación de energía solar, entre el área del receptor hacia donde esa energía es dirigida. Este cociente se refiere a qué tanto un colector logra aumentar la densidad del flujo de energía en el receptor, aumentando consecuentemente la temperatura de operación del sistema.

Fig. 17 Concentrador Solar.
Fuente: <https://is.gd/FPL2Fz>

Fig. 18 Calentador Solar de uso residencial
Fuente: <https://is.gd/PnjHg1>

Fig. 19 Concentrador Solar en España.
Fuente: <https://is.gd/J3A6I8>



Es de suma importancia el poder contar con una evaluación y medición de la radiación recibida en la superficie terrestre, con la finalidad de hacer un uso adecuado de las tecnologías para el aprovechamiento adecuado de dicha energía, “por evaluación del recurso solar se entiende la determinación (de preferencia a partir de mediciones) de la cantidad de energía solar disponible para ser utilizada en una aplicación. Como diferentes tipos de sistemas solares utilizan diferentes componentes de la radiación solar, dicha evaluación puede significar cosas un poco diferentes dependiendo de la aplicación. Del mismo modo, el nivel de detalle con que se requiere conocer estas componentes puede ser bastante diferente de una aplicación a otra.”³¹ Una vez que se aprovecha, es necesario ubicarla dentro de alguna de sus dos ramas, térmica o fotovoltaica. Como se ha mencionado, la tecnología capaz de aprovechar estas dos energías puede hacer uso de ambas al mismo tiempo, ya que la radiación que recibe (difusa y directa) puede ser captada por los colectores para poder convertirla en electricidad o generar electricidad. Es importante mencionar que esta radiación que se recibe es mejor conocida como irradiancia³² la cual, “determina la cantidad de energía que se capta en un área y en un cierto periodo de tiempo, la cantidad de radiación solar que cae en una superficie terrestre”³³ (kW/m^2) asimismo, no se debe dejar de lado la insolación, la cual se considera como la irradiancia en un tiempo determinado ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$).³⁴



³¹ Estrada, C. A., Arancibia, C. A., Dorantes, R., Islas, J. & Muhlia, A. (2005). Visión a Largo Plazo Sobre la Utilización de las Energías Renovables en México Energía Solar. Febrero 24, 2015, de UNAM - CIE Sitio web: http://beta.energia.gob.mx/res/168/A6_Solar1.pdf

³² La irradiancia es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética.

³³ Sebastián, E.. (2014). *Radiación Solar, Irradiancia e Insolación*. Febrero 24, 2015, de - Sitio web: <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/53530683135/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion>

³⁴ En los siguientes apartados se hará uso de estos términos, especialmente en el apartado de los paneles FV.



Si bien ya se conoce un poco más sobre los factores y mediciones que intervienen dentro de la energía solar, ahora es turno de explicar las diferencias entre estas dos formas de aprovecharla, la *energía solar térmica* y la *energía solar fotovoltaica*. La *energía solar térmica* es aquella que aprovecha la irradiancia solar para calentar un fluido y con esto aprovecharla para sistemas de calefacción, calentadores de agua y generadores de electricidad en plantas solares. Este tipo de energía se divide en dos sistemas de concentración: el primero es un Sistema de Baja Concentración, encontrado comúnmente en casa-habitación, específicamente en los calentadores de agua. Su principio de funcionalidad es el de captar los rayos del sol que calientan un líquido compuesto de agua y anticongelante, y posteriormente éste se almacena para su futuro uso; esto lo hace un excelente sistema para calentamiento de agua para uso sanitario y sistemas de climatización para diversas áreas residenciales o industriales (Fig. 18).

El segundo, es el Sistema de Alta Concentración, encontrado en las plantas solares o termosolares, donde los rayos solares son captados por paneles parabólicos o espejos curvos, y se concentran con la finalidad de alcanzar temperaturas altas (1000° C) (Fig. 19) con lo que se calienta un fluido para producir vapor, el cual pasa a través de una turbina para generar electricidad. Este sistema de alta concentración es muy similar al principio de funcionamiento empleado en las plantas termoeléctricas.

A diferencia de la térmica, la *energía fotovoltaica* también produce energía eléctrica de manera directa, logrado mediante el estímulo de partículas que al recibir los rayos solares generan electricidad. En la actualidad el principal uso que se le da a este tipo de energía es para sistemas de iluminación debido a que la generación eléctrica es inmediata, pero no por esto quiere decir que se pueda aprovechar únicamente durante el día, ya que al igual

que los sistemas de aprovechamiento de energía térmica, también cuenta con contenedores o baterías que pueden almacenar la electricidad y poder hacer uso de la misma ya sea en la noche o en condiciones climatológicas distintas.³⁵ La diferencia principal entre estos dos tipos de energía es que la solar es empleada para fines de calefacción y la fotovoltaica como una microgeneradora de electricidad. Es así como ambos tipos de energía solar pueden hacer uso de la irradiación para convertirla en electricidad y, con ello, poder brindar una alternativa a la producción actual de energía, convirtiéndose en generadores de su propia electricidad (autogeneradores). Esto implica conocer y explicar de manera concisa y breve qué es la electricidad, con la finalidad de saber en donde es que se usa y cuánta demanda presenta en la actualidad.

“La electricidad es una forma de energía. Cuando se le controla adecuadamente, puede hacer mucho del trabajo necesario para que nuestra sociedad vaya hacia adelante.”³⁶ Con base en esta definición se puede decir que la electricidad es una energía que se utiliza diaria y constantemente, y que en nuestros días, el uso de la misma se ha incrementado debido a la vasta gama de dispositivos electrónicos y eléctricos que se emplean día a día.

Es así como la importancia de la electricidad es enorme, como se puede hacer notar, hoy en día la dependencia de ella es fundamental, ya que la mayoría de las actividades que se acostumbran realizar de forma cotidiana, la requieren; basta con mirar a nuestro alrededor y darse cuenta de ello. Sea cual sea el lugar donde se encuentre, habrá una persona que lleva consigo un celular, el cual necesita de electricidad para cargarse y poder funcionar, o basta ver que toda la infraestructura, desde un edificio corporativo



³⁵ En el siguiente capítulo se desarrollará a fondo las características y tecnologías empleadas para el aprovechamiento de esta energía.

³⁶ En el siguiente capítulo se desarrollará a fondo las características y tecnologías empleadas para el aprovechamiento de esta energía.

hasta una casa, utiliza electricidad. Debido a esto es que el uso de energía eléctrica ha llegado a causar un gran impacto dentro de la economía y el desarrollo energético ya que, como se ha comentado, la explotación de recursos fósiles (fuente principal de generación) ha dado lugar a la búsqueda de nuevas formas de generación eléctrica. Como se puede observar en la Figura 1, actualmente la generación de electricidad es producida por los combustibles fósiles y a la energía nuclear, por lo que el uso de nuevas alternativas de generación podrán dar más opciones de acceso a la misma.

Por lo tanto el uso de energías alternativas y en especial de la energía solar, es una opción viable para generar electricidad. Mucho se debe al uso de nuevas tecnologías que permiten aprovechar la radiación y acceder a ella de manera más sencilla; además el reconocimiento de los aspectos geográficos y ambientales permitirán un aprovechamiento aun mejor. Es por esto que se considera que el uso de la energía fotovoltaica permite brindar una alternativa al suministro eléctrico actual y poder generar electricidad en cualquier espacio que reciba un rayo de sol.

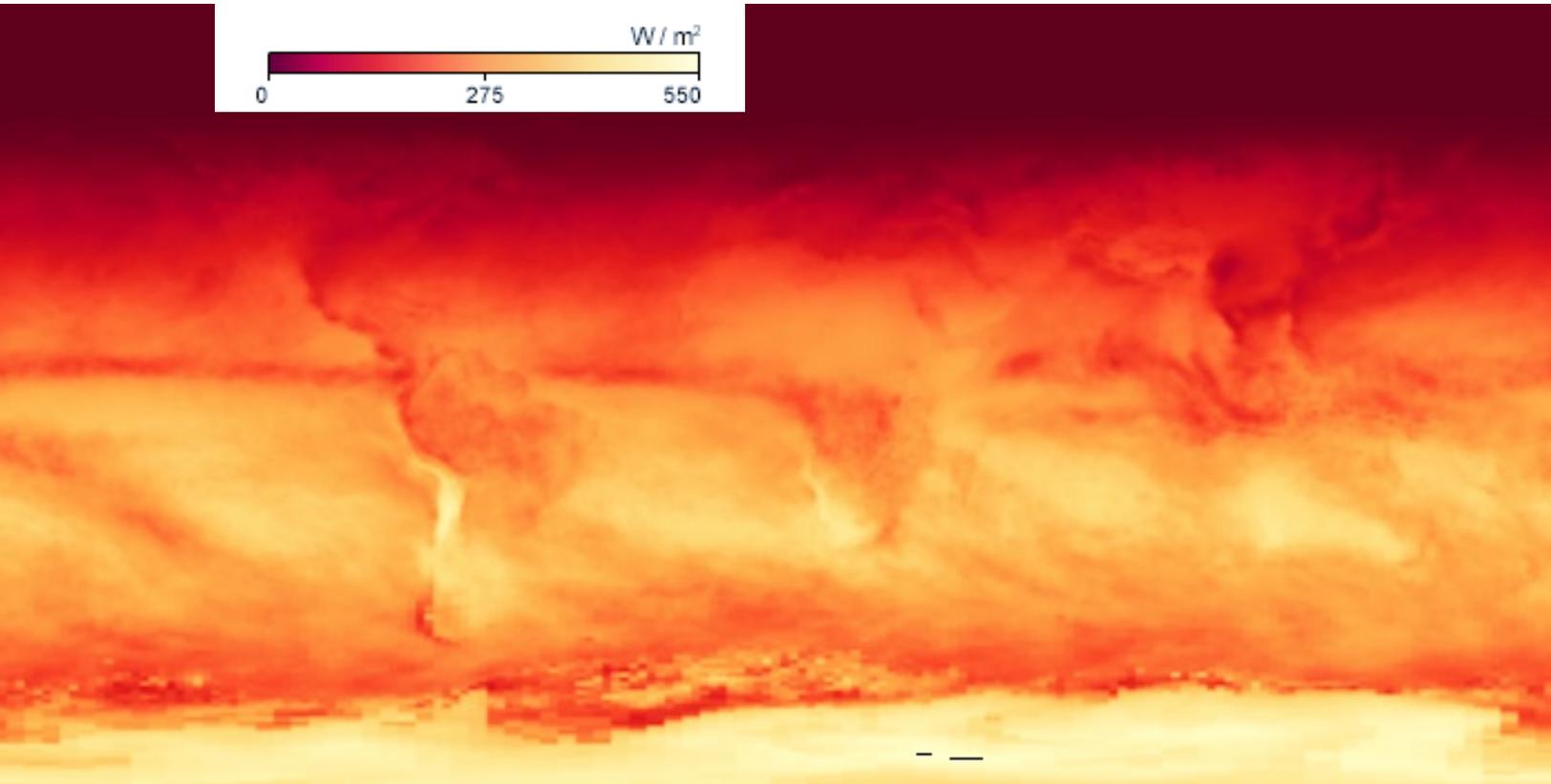
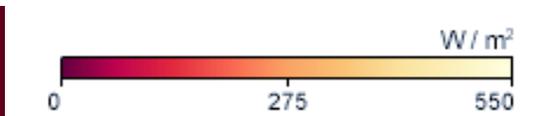
1.3.1 La radiación como forma de energía

Habiendo entendido lo relacionado con la radiación y los aspectos que intervienen en la misma (irradiación e insolación) es importante el tomar en cuenta la ubicación geográfica de México dentro de nuestro planeta. Esto con la finalidad de poder identificar la viabilidad del uso de la energía solar en nuestro país.

Cada país es distinto tanto social, cultural, económica y geográficamente, es por esto que el uso de tecnologías necesarias para el aprovechamiento de la energía solar varía, tomando como consideración primordial la

ubicación geográfica dentro de nuestro planeta Tierra. No es lo mismo encontrarse dentro de la zona ecuatorial (zona céntrica de la Tierra) o en su periferia que en los extremos del planeta como son los polos; asimismo no es lo mismo encontrarse dentro de una zona templada o en una zona tropical. Esto resulta en una variedad de situaciones geográficas y climáticas, las cuales le permiten a determinados países poder hacer uso de esta energía con mayor facilidad que otros. En la Figura 20 se observa cómo es que se presentó la variación de insolación a finales del 2014:

Fig. 20 Cantidad de luz recibida en la superficie terrestre durante el mes de diciembre de 2014.
Fuente: <https://is.gd/9SzbdB>



Es preciso remarcar la importancia de la ubicación geográfica de cada país, pues de ello depende hacer un buen uso de esta energía y poder aprovecharla al máximo, como menciona la NEO (Nasa Earth Observation) "Para obtener mejores resultados, la mayoría de los dispositivos que recolectan luz solar requieren una insolación mayor a 3 kilowatt-hora por metro cuadrado al día. Se debe tener en cuenta que la insolación es elevada todo el año cerca del ecuador, donde aproximadamente un millón de personas en todo el mundo gastan más dinero en combustible para cocinar que en los mismos alimentos" (*To attain best results, most devices for harvesting sunlight require an insolation of greater than 3 kilowatt-hours per square meter per day. Notice that insolation is quite high year round near the equator, where roughly a billion people around the world must spend more money on fuel for cooking than they have to spend on food itself*).³⁷

Para familiarizarse más con este tipo de mediciones y cómo es que se realizan en diferentes partes de nuestro planeta, se cuenta con diferentes bases de datos para la obtención de dicha información; en ellas se puede ver de mejor manera cómo es que varía la insolación promedio en cada uno, como se muestra en la Figura 21.

³⁷ NEO Nasa Earth Observation. (2014). *Solar Insolation (1 month)*. Febrero 25, 2015, de NASA Sitio web: http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=CERES_INSOL_M&date=2014-12-01

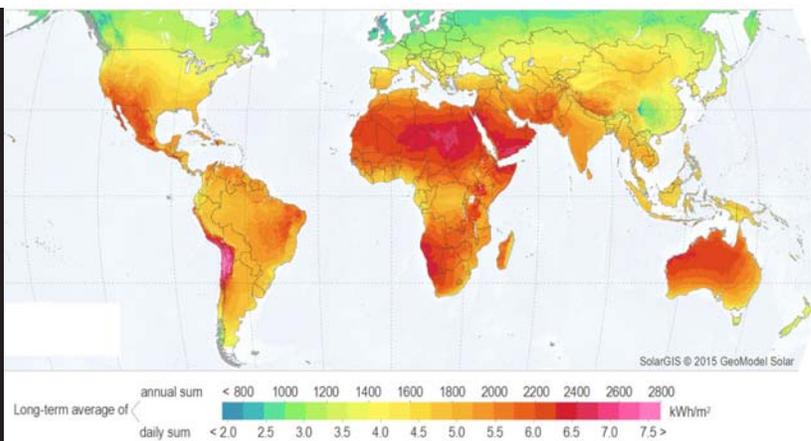


Fig. 21 Mapa global de irradiación
Fuente: <https://is.gd/DLdJMV>

Como se puede apreciar, México presenta una cantidad de insolación muy favorable para el uso de energía solar, en la Figura 22 se observa más a detalle.

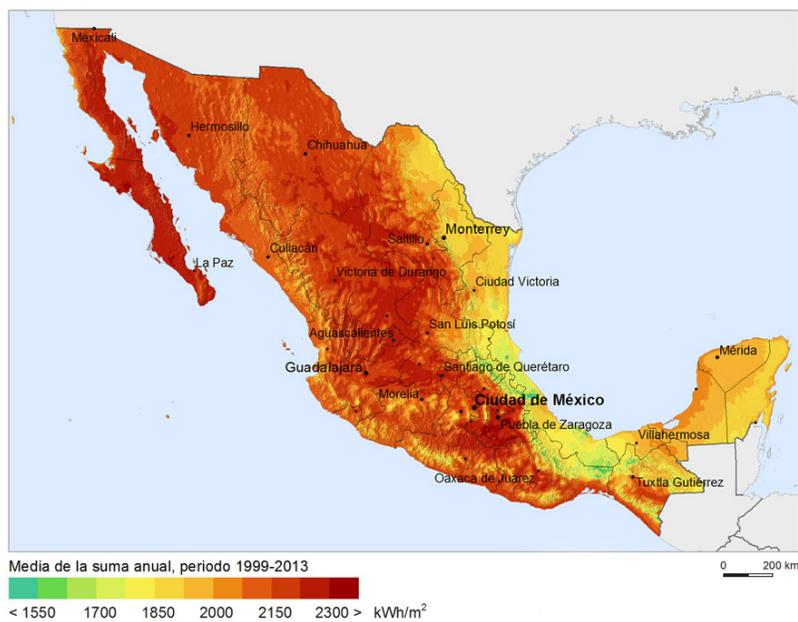
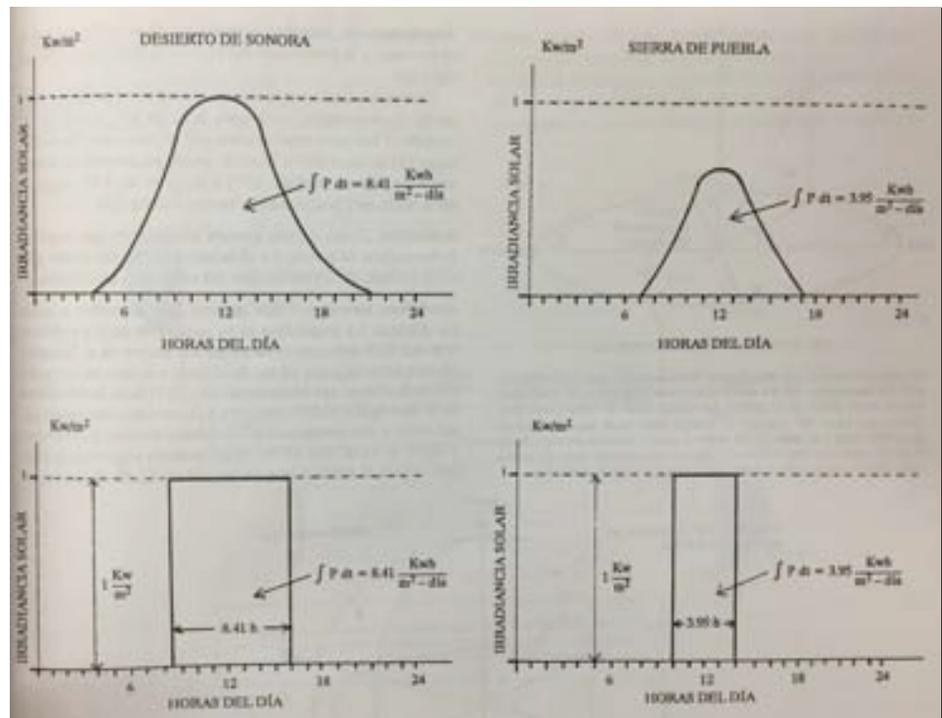


Fig. 22 Irradiación en México.
Fuente: <https://is.gd/gp6YRT>

Pero es importante mencionar que si bien gran parte del día se cuenta con iluminación solar natural, la cantidad que de ésta puede aprovecharse no es en un 100%, pues depende de la hora solar pico (la mayor insolación en un área y en un tiempo conocido) cuanto tiempo es el que se puede aprovechar el máximo de insolación para un mejor uso de energía fotovoltaica.

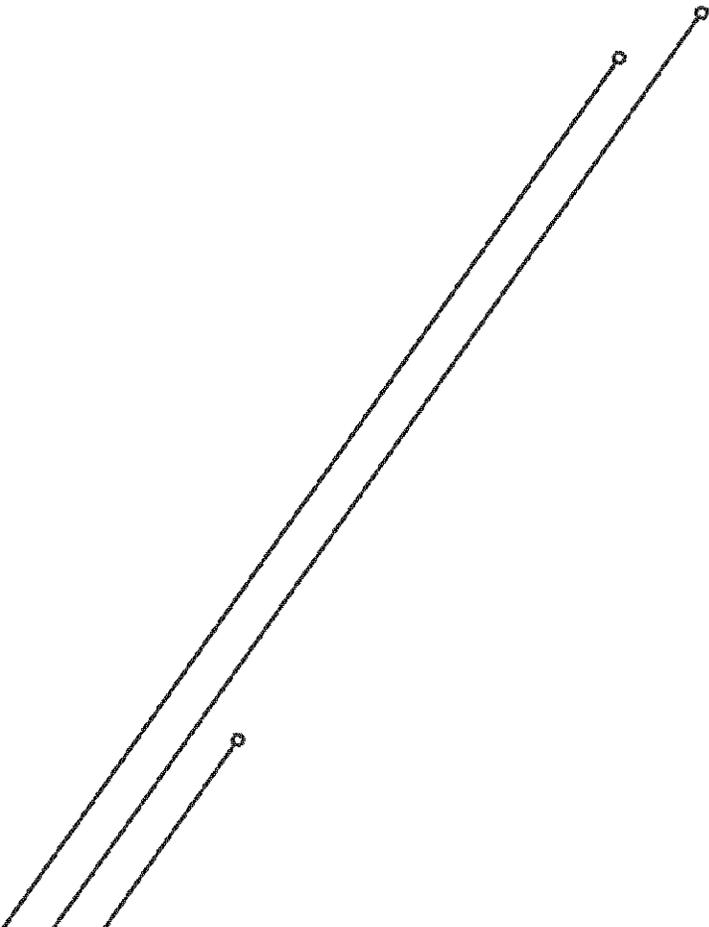
Fig. 23 Concepto de Horas Pico.
Fuente: Atlas Solar
de la República
Mexicana.



Finalmente, se puede comprobar que México tiene un gran potencial en el uso y aprovechamiento de la energía solar debido a su localización geográfica y que "conforme nos adentremos en el siglo XXI, habremos de depender más fuertemente de fuentes renovables de energía para satisfacer las necesidades energéticas del futuro." ³⁸

Así mismo, este crecimiento y aumento tecnológico permite como país hacer un mejor uso de este tipo de energía alternativa, en la que no sólo se puede generar electricidad en centrales eléctricas sino que se es capaz de generar nuestra propia electricidad con dispositivos de tamaño pequeño, que facilitan el poder acceder a la energía eléctrica en cualquier lugar y así poder satisfacer las necesidades eléctricas; esto da lugar a un fenómeno llamado *microgeneración*, que consiste en generar electricidad en pequeña escala y a la integración de ésta por medio del diseño en módulos autoenergizantes, permitiéndoles generar su propia corriente para poder funcionar.

³⁸ Galindo, I. & Cifuentes, G.. (1996). *Irradiación Solar Global en la República Mexicana: Valores horarios medidos*. México: UNAM. p. prólogo



02

APROVECHAMIENTO DEL SOL

Como se ha podido leer hasta el momento, el aprovechamiento de la energía solar y su consecuente uso se ha incrementado día con día. Muchos países buscan hacer uso de este recurso con la finalidad de disminuir sus emisiones de CO₂ y los gastos en la producción de electricidad obtenida por recursos fósiles. Es por esto, que el avance tecnológico en el desarrollo de materiales, dispositivos y mecanismos capaces de aprovechar los recursos naturales, en especial el Sol, han dado lugar a la evolución de células y paneles fotovoltaicos; los cuales, permiten contribuir con la demanda de electricidad ya sea para suministro a la red convencional o para uso residencial y/o comercial. En el presente capítulo se realizará un acercamiento mucho más estrecho a esta tecnología y sus componentes, para que una vez conocido el sistema, se pueda entender la composición del mismo, dónde se encuentra en la actualidad y las regulaciones y leyes para poder hacer uso de ella.

2.1 Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica (FV) consiste en convertir la energía solar en energía eléctrica; sería sencillo el poder valerse de esta definición, pero se considera pertinente entrar en detalle sobre este término. Por ello, se puede considerar a la energía FV como: "la que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares".³⁹

Entonces, la energía fotovoltaica es aquella que permite generar electricidad por medio de la radiación solar, fenómeno conocido como efecto fotoeléctrico o fotovoltaico; el cual se presenta cuando la radiación solar interactúa con materiales semiconductores. Los diferentes componentes que forman este sistema y producen energía son los que permiten que la generación eléctrica sea posible, es por esto que en la composición de las células fotovoltaicas; las reacciones que ocurren en las mismas a causa de la radiación solar, el panel y demás componentes necesarios para poder hacer uso de esta energía generada; son los elementos que un sistema fotovoltaico debe de contemplar para funcionar y brindar electricidad. Es

³⁹ Méndez, J.M., Cuervo, R. & ECA Instituto de tecnología y formación S.A.U. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundación CONFEMETAL. p. 28

también importante diferenciar entre efecto y sistema fotovoltaico; en sus células es donde se presenta la generación de electricidad, y donde la cantidad de energía generada dependerá en gran parte de su composición química, por lo que el efecto fotovoltaico se presenta a este nivel. Por otro lado, los paneles, en donde existe el arreglo de células y en los que se conectan los demás componentes eléctricos, son los que forman un sistema fotovoltaico.

Por lo tanto, es posible definir un sistema fotovoltaico cuando: "las células fotovoltaicas convierten la luz del sol directamente en electricidad. Estas células son hechas de semiconductores, como el silicio cristalino o materiales de película delgada. La corriente directa (CD) producida por el sistema fotovoltaico puede ser almacenada o enviada a un inversor, en donde se convierte en corriente alterna (CA) para dar electricidad a una casa o negocio" (*Photovoltaic cells convert sunlight directly into electricity. These cells are made of semiconductors, such as crystalline silicon or thin - film materials. The DC electricity produced by the photovoltaic system is either stored in batteries or sent to an inverter, where it's converted into AC electricity to power a home or business*).⁴⁰

Una vez que se sabe en qué consiste un sistema fotovoltaico⁴¹ y cual es su función, es importante conocer la historia (mencionando los avances que se considera presentaron un cambio en el paradigma de la energía fotovoltaica) y cómo es que ha evolucionado hasta nuestros días. Esto resulta importante al buscar mantener una cercanía entre el lector y los parámetros de la energía fotovoltaica, además de concientizarlo acerca del uso de la misma y dar cuenta que a lo largo de la vida se ha estado en contacto con ella; comúnmente encontrándola en la iluminación de vías públicas y en otro objeto común y tal vez sin estar conscientes de su uso: en las calculadoras que funcionan con celdas solares.

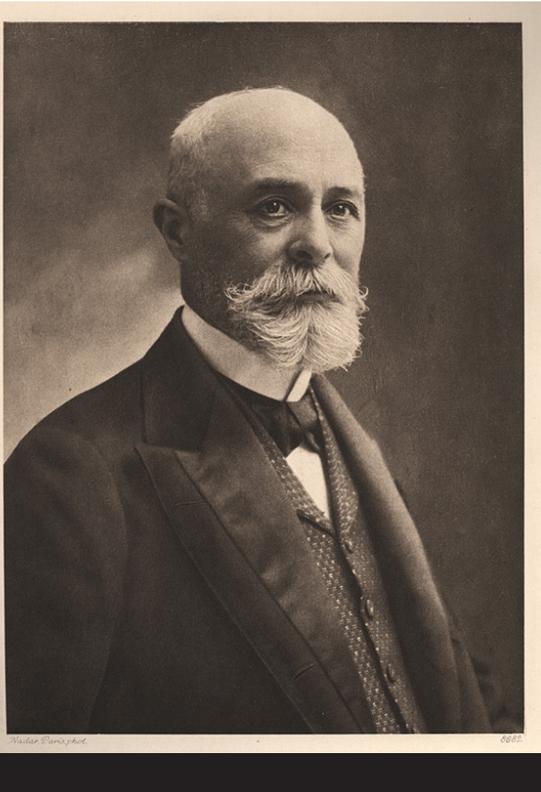
Hoy en día resultaría casi imposible el poder desarrollar nuestras actividades diarias sin electricidad, el uso de dispositivos que necesitan de ella representan una considerable dependencia a la misma. Los avances tecnológicos dan lugar a que cada día



⁴⁰ Papadopoulou, E. (2011). *Photovoltaic Industrial Systems An Environmental Approach*. Berlin Heidelberg: Springer. p. 2

⁴¹ En el apartado 2.2.3 se retomará este concepto con la finalidad de ampliarlo

se haga un mayor uso de energía eléctrica, esto debido a la cantidad de dispositivos que se producen día a día y los cuales necesitan de electricidad para poder funcionar; desde un control de televisión que necesita de baterías, hasta un satélite espacial. Es por esto que conforme se avanza en la historia, la demanda de energía va siendo cada vez mayor, provocando que nuevos sistemas de generación entren en el papel de productores de electricidad, como lo es el caso de los sistemas fotovoltaicos, los cuales vale la pena conocer en su desarrollo, aplicación y actual estado.



Alexandre Edmond Becquerel (Fig. 24), conocido por el descubrimiento del efecto fotoeléctrico, fue el primero en presentar el efecto fotovoltaico a través de sus investigaciones realizadas con materiales eléctricos, en los cuales "observó que cuando dos electrodos son inmersos en un electrolito adecuado e iluminados por un rayo de luz, se genera una fuerza electromotriz entre los electrodos" (observed that when two electrodes are immersed in a suitable electrolyte and illuminated by a beam of light, an electromotive force is generated between the electrodes).⁴²

Es así, que el principio del efecto fotovoltaico se generó por primera vez (1839) debido a la experimentación con diferentes materiales, principalmente con el platino; ahí Becquerel pudo observar que la corriente subía en uno de los electrodos cuando este se exponía al sol, descubriendo con ello, la base principal de la energía fotovoltaica. Las primeras experimentaciones se realizaron con platino, pero no fue hasta 1873 cuando Willoughby Smith, un ingeniero eléctrico, utilizó el selenio

Fig. 24 Alexandre Edmond Becquerel
Fuente: <https://is.gd/jAsWcU>

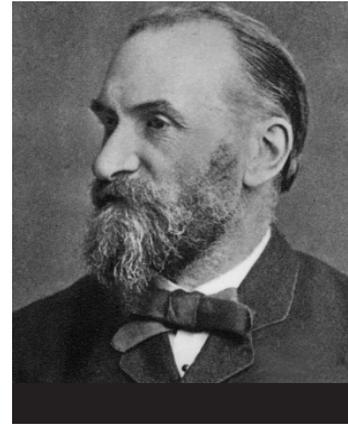
⁴² Alexander, R. (2013). *The Inventor of Stereo: The life and works of Alan Dower Blumlein*. Burlington, MA.: Focal Press.

como material conductor; logrando usar el efecto fotovoltaico en sólidos, cuando buscando un material que aumentara la resistencia eléctrica en cables sumergidos descubrió que el selenio actuaba de determinada manera: "cuando las barras se fijaban en una caja con cubierta deslizable, para impedir el paso de la luz, su resistencia se encontraba en su máxima capacidad y permanencia constante, cumpliendo con las condiciones necesarias que requería, pero inmediatamente que la cubierta de la caja se removía la conductividad incrementaba de 15 a 100 por ciento, de acuerdo con la intensidad de luz que caía sobre la barra" (When the bars were fixed in a box with a sliding cover, so as to exclude all light, their resistance was at its highest, and remained very constant, fulfilling all the conditions necessary to my requirements; but immediately the cover of the box was removed the conductivity increased from 15 to 100 per cent, according to the intensity of the light falling on the bar).⁴³ Con esto, se dio lugar a la primera célula fotovoltaica, la cual se atribuye a William Grylls Adams (1877) quien comenzó a usar el selenio como material para generar electricidad a partir de la luz solar.

Fig. 25 Willoughby Smith.
Fuente: <https://is.gd/POd6ry>



Fig. 26 William Grylls Adams.
Fuente: <https://is.gd/Gookq7>



⁴³ s/a. (2003). Willoughby SMITH, *Letter to Latimer Clark, 4 février 1873*. Marzo 3, 2015, de Histoire de la télévision Sitio web: <http://histv2.free.fr/selenium/smith.htm>

Este tipo de experimentación con selenio permitía generar electricidad, pero la cantidad que se podía producir era mínima debido a los costos de fabricación de las células y al desarrollo de las mismas; sin embargo, se considera un gran aporte para los desarrollos tecnológicos que continuaron y siguen sucediendo hoy en día.

El cambio paradigmático dentro de estos desarrollos se presentó hasta 1953, cuando un grupo de científicos (Daryl Chapin, Calvin Fuller, and Gerald Pearson) realizó experimentaciones con el silicio, reemplazando al selenio como material generador; esto debido a que el selenio “producía muy poca potencia -tan solo 5 watts por metro cuadrado- convirtiendo menos del 0.5% de la luz solar en electricidad” (produced too little power—a mere 5 watts per square meter—converting less than 0.5% of the incoming sunlight into electricity).⁴⁴ Una vez realizados los cambios al silicio,

“Chapin descubrió que se comportaba significativamente mejor - de hecho, cinco veces mas eficiente- que el selenio. Los cálculos teóricos arrojaron aun más noticias alentadoras. Chapin dedujo que una célula de silicio ideal podría convertir el 23% de la luz solar en electricidad” (Chapin found that it performed significantly better—five times more efficiently, in fact—than selenium. Theoretical calculations brought even more encouraging news. An ideal silicon solar cell, Chapin figured, could convert 23% of sunlight into electricity).⁴⁵ A partir de este momento,



Fig. 27 Batería Solar de Bell.

Fuente: <https://is.gd/yRJCuk>

⁴⁴ Perlin, J. (2004). *The silicon solar cell turns 50*. Marzo 3, 2015, de National Renewable Energy Laboratory NREL Sitio web: http://www.nrel.gov/education/pdfs/educational_resources/high_school/solar_cell_history.pdf p.1

⁴⁵ *Ibidem* p. 2

la producción de celdas solares para la generación de electricidad aumentó en gran escala, ya que se contaba con la tecnología suficiente para poder generar las mismas; como resultado de esto, las aplicaciones en donde se podía utilizar esta tecnología comenzaron a incrementarse.

Una vez que el desarrollo de la tecnología fotovoltaica comenzó a incrementarse y que los desarrollos eran más comunes, el mercado no permitía que éstos fueran factibles y costeables debido a los gastos en la producción de los mismos; por ello, las aplicaciones en donde eran usados eran mínimas, por ejemplo su uso en juguetes y pequeños aparatos electrónicos que requerían un mínimo de consumo eléctrico para funcionar. Debido a los costos de producción, desarrollo e implementación de esta tecnología, la viabilidad en la inserción en los objetos no era la requerida por el aumento en los precios de venta, teniendo como resultado la disminución en el consumo de los mismos; como consecuencia, se comenzó una búsqueda por nuevas áreas para hacer aprovechar esta tecnología.

Fue en el inicio de la "carrera espacial" cuando los avances en la tecnología fotovoltaica fueron mejor aprovechados logrando una demanda del consumo de los mismos; además de que gracias a este mercado, se continuó haciendo experimentación con diferentes materiales para lograr una mayor eficiencia energética y así proveer con mayor capacidad eléctrica a los satélites siendo la principal productora de paneles solares la empresa Hoffman Electronics que en 1958 "había creado una celda solar con un 9% de eficiencia, para el siguiente año crearon una celda solar con un 10% de eficiencia y estuvo comercialmente disponible. En 1960 ellos mismos crearon una celda solar de un 14% de eficiencia"⁴⁶. Esto permitió que la carrera espacial tuviera mayor competencia permitiendo que otros países hicieran uso de esta tecnología.

No fue sino hasta el lanzamiento del satélite espacial Vanguard I (1958), cuando la integración de esta tecnología para generar su propia electricidad por medio de

⁴⁶ Vicini, R. & Micheloud, O. (2012). *Smart Grid fundamentos, tecnologías y aplicaciones*. México: Cengage Learning. p. 105



Fig. 28 Vanguard I.

Fuente: <https://is.gd/2on4rX>

paneles fotovoltaicos tuvo su auge. A partir de este suceso, países como Estados Unidos, China y Rusia comenzaron a utilizar instalaciones fotovoltaicas en satélites artificiales donde esta tecnología era usada como suministro eléctrico; por ejemplo el caso del Vanguard I que "contenía una batería de mercurio para transmitir energía a 10-mW, 108-MHz y un cuerpo de paneles solares montados en el cuerpo del satélite para transmitir energía a 5-mW, 108-MHz" (It contained a 10-mW, 108-MHz mercury-battery powered transmitter and a 5-mW, 108.03-MHz transmitter powered by six square (roughly 5 cm on a side) solar cells mounted on the body of the satellite).⁴⁷

Es así como el principal uso de esta tecnología se había inclinado hacia la industria aeroespacial, un ejemplo de ello es la Estación Espacial Internacional donde: "La energía utilizada viene de 16 estructuras de 72 metros de envergadura por 12 metros de ancho, 864 metros cuadrados de paneles solares en cada una de ellas. No hay información oficial de la producción de cada una de las estructuras, la única información es que los módulos fotovoltaicos son de alta eficiencia."⁴⁸ Los costos de producción y desarrollo de esta tecnología continuaban siendo elevados por lo que su uso en espacios urbanos y terrestres no era factible.

Fue entonces que a finales de 1969 y principios de 1970 cuando Elliot Berman, quien trabajaba como químico industrial, fue contratado por la compañía Exxon con la finalidad de investigar nuevas formas de producir las células fotovoltaicas para que el costo disminuyera y así la sociedad pudiera tener acceso a esta tecnología para poder generar su electricidad, argumentando que "con una gran caída de precio, los fotovoltaicos podrían jugar un papel importante en el suministro de energía eléctrica para locaciones en la Tierra

⁴⁷ National Space Science data center. (2014). *Vanguard I*. Marzo 3, 2015, de NASA Sitio web: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1958-002B>

⁴⁸ Energiza. (s/f). *Historia de la energía solar fotovoltaica*. Marzo 3, 2015, de Energiza Sitio web: <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/624-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica>



en donde es difícil llevar una línea de alta tensión” (with a large drop of price, photovoltaics could play a significant role in supplying electrical power to locations on Earth where it is difficult to run a power line).⁴⁹ Sabiendo que el costo por watt era de \$100 USD, pretendían que bajara a \$20 USD con la finalidad de que la demanda aumentara y fuera más fácil el acceso a esta tecnología. Para lograr lo anterior Berman realizó innovaciones dentro del diseño de células solares, tales como cambiar el tamaño de las obleas de silicio, permitiendo que la cantidad de células en un módulo se redujeran; de ese modo, las obleas se mantienen con su superficie después de ser cortadas y no pasan por un proceso de pulido sin afectar su desempeño, lo cual logró disminuir pasos en el proceso de producción y reducir costos. También hizo uso de materiales más baratos para la fabricación de los módulos, tales como el acrílico para la cubierta, una plataforma de caucho para insertar las células y una tarjeta de circuitos en donde se sueldan las células: “Descubrimientos como estos redujeron los costos de gran manera. A principios de 1973, los científicos de Solar Power Corporation producían módulos sencillos de silicio cristalino por \$10 usd - watt y vendían grandes cantidades alrededor de \$20 usd por watt” (Discoveries such as these cut costs in a big way. By the early 1973, the scientists at Solar Power Corporation were making single crystal silicon modules for \$10 per watt and selling large quantities for around \$20 per watt).⁵⁰

A partir de estos descubrimientos, el empleo y desarrollo de la tecnología fotovoltaica ha ido en aumento, permitiendo que un mayor número de países y personas tengan acceso a la misma; es por esto que actualmente se pueden encontrar diferentes aplicaciones en donde se hace uso de energía fotovoltaica: tal es el caso de las centrales fotovoltaicas que se encargan de generar electricidad para suministro de una localidad o región, esto resulta en que diferentes países (y/o ciudades) han optado por aprovechar la radiación solar para convertirse en ciudades capaces de generar su propia energía y disminuir costos.



⁴⁹ Perlin, J.. (2005). *Organic Photovoltaics: Mechanisms, Materials, and Devices* (Comp. Sam-Shajing Sun & Niyazi Serdar Sariciftci). USA: CRC Press. p. 5

⁵⁰ Perlin, J.. (2000). *From Space to Earth: The Story of Solar Electricity*. USA: AATEC. pp. 54-55



Debido a la implementación de este tipo de tecnología, es común que a la par se desarrollen nuevas regulaciones, normativas y leyes que diferentes países han optado por aplicar con la finalidad de concientizar y generar opciones, oportunidades y compromisos para disminuir las emisiones CO₂ mediante el uso de energías alternativas. Tal es el caso del Protocolo de Kyoto que "Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que hay actualmente en la atmósfera y que son el resultado de quemar combustibles fósiles durante más de 150 años. En este sentido el Protocolo tiene un principio central: el de la «responsabilidad común pero diferenciada». El Protocolo ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos, a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones, y además ha propiciado la creación del mercado del carbono"⁵¹. Es importante mencionar que este protocolo no fue firmado por los principales países generadores de GEI (EE.UU. y China entre otros), pero sí son conocidos por sus considerables implementaciones de plantas fotovoltaicas y sistemas de generación eléctrica renovable. En el caso de los EE.UU., el país cuenta con unas de las principales centrales fotovoltaicas para la generación de electricidad: la planta de 50 MW, Macho Springs Solar Power Plant, "localizada en aproximadamente 600 acres (243 hectáreas) en un poblado cercano a Deming, Nuevo México, se encuentra la planta solar más grande del estado que generará suficiente energía limpia para aproximadamente 18,000 casas en el territorio de El Paso"⁵² (located on approximately 600 acres (243 hectares) of

⁵¹ United Nations Framework convention on Climate Change. (s/f). Protocolo de Kyoto. Marzo 4, 2015, de United Nations Framework convention on Climate Change Sitio web: http://unfccc.int/porta_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php El protocolo de Kyoto fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005.

⁵² Meza, E. (2014). *First Solar sells Macho Springs solar project*. Marzo 4, 2015, de PV Magazine Sitio web: http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/first-solar-sells-macho-springs-solar-project_100015189/#axzz3TRkcm9Eq

State Trust land near Deming, New Mexico, is the state's largest solar power plant and will generate enough clean energy to power approximately 18,000 homes in El Paso Electric's service territory.).

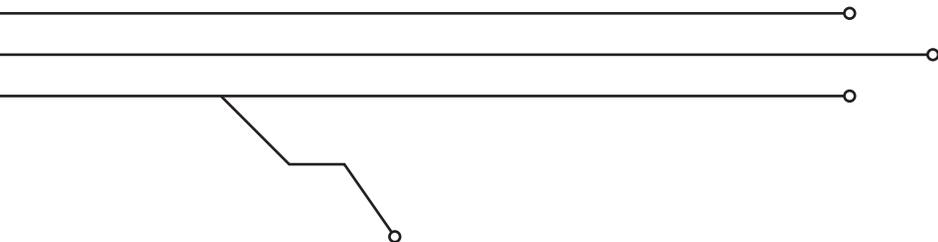
Es común que las instalaciones fotovoltaicas se encuentren principalmente dentro de plantas solares cuya finalidad es la de brindar y proveer de electricidad a una región o poblado completo, es decir, que se usan de manera periférica (fuera de la ciudad). En cambio el aprovechamiento de manera interna (dentro de la ciudad) ha comenzado a incrementarse en nuestro días, donde cualquier persona, puede acceder a la tecnología fotovoltaica para satisfacer sus necesidades de electricidad al hacer uso de paneles que pueden llevar con ellos mismos o bien, hacer una instalación en su domicilio o condominio para tener una alternativa de suministro eléctrico.

Muchas de estas aplicaciones a pequeña escala se comenzaron a utilizar para sistemas de alumbrado tanto en ciudades y vías públicas como para el sector ferroviario, donde debido a las zonas alejadas y despobladas por las que transita un tren, se dificulta proveer con electricidad a la zona de paso, optando por el uso de paneles solares para satisfacer y solucionar este problema. Del mismo modo, se hizo uso de paneles solares en cuestiones marítimas para proporcionar alumbrado; e incluso en poblados retirados de zonas urbanas se ha optado por proveerlas de paneles solares para la realización de diferentes actividades que se desarrollan dentro de ellas, en particular para el uso de bombas de extracción de agua y la ganadería.



Fig. 29 Faro marítimo con celdas Solares
Fuente: <https://is.gd/YPqqih>

Fig. 30 Parque Solar.
Fuente: <https://is.gd/YPqqih>



Actualmente el uso de energía fotovoltaica dentro de las ciudades se encuentra en aumento, ya que se ha comenzado a integrar dentro de la arquitectura, el diseño y la ingeniería. Como se puede observar, hoy en día la mayoría de aplicaciones internas se encuentran principalmente en el uso de las comunicaciones (telefonía), donde se observa buena cantidad de teléfonos públicos que generan la electricidad para su funcionamiento a través de la energía fotovoltaica. Otros usos se inclinan por la parte doméstica en casas habitación que cuentan con instalaciones de paneles para aprovechar esta energía y producir electricidad para disminuir costos; en tanto que hay empresas que optan por hacer uso de paneles para suministrar electricidad a sus edificios. Es por esto que hoy en día se cuenta con términos como BIPV (*building integrated photovoltaic*) y BAPV (*building attached photovoltaic*), los cuales se refieren a la integración de tecnología fotovoltaica en construcciones con la finalidad de que estos generen y usen su propia electricidad. Esta integración de tecnología fotovoltaica con diferentes áreas profesionales, ha dado lugar a que se cuente con nuevas formas de aprovechar la energía solar, buscando diversas maneras de integrarla en diferentes objetos para no depender de la corriente eléctrica actual y disfrutar de la electricidad en cualquier lugar.

17

2.2 Los componentes

Es conveniente que una vez que se conoce sobre los fundamentos de la energía fotovoltaica, así como de los periodos claves de su historia, se conozca a detalle cuales son los componentes que intervienen para la generación de electricidad: además de la radiación solar, existen diferentes componentes que interactúan en conjunto para proveer de electricidad, por lo que a continuación se describirán los elementos tecnológicos y sus características para poder emplear este tipo de energía.⁵³

Caja de conexión. Cuando se desea conectar dos o más paneles en serie o paralelo, éstos deben de contar con una caja de conexión donde se conec-

⁵³ El desarrollo de células y paneles así como de sus características se abordaran en el apartado siguiente.

tan las terminales positiva y negativa del panel y que a su vez, permiten la interconexión con otro panel.

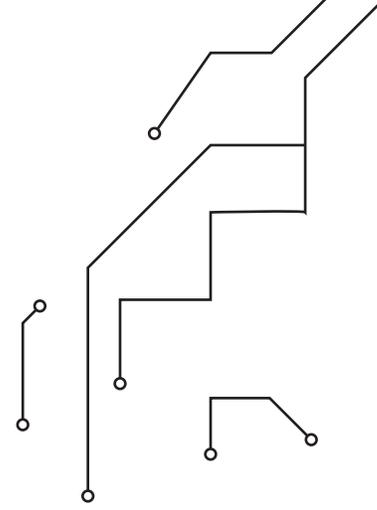
Diodos de bloqueo. Evitan que la corriente se disipe fuera del módulo y que no exista el paso de corriente de la batería al panel y que no se invierta la corriente entre los paneles con conexión en paralelo, es decir, estos diodos solo permiten el paso de la corriente en un solo sentido.

Diodos de paso. Permiten que al momento de que un panel se encuentra sombreado, es decir con sombra ocasionada por elementos externos, parcialmente no se presente ningún daño en su funcionamiento; esto debido a que cuando una tira de células se encuentra sombreada, su polaridad cambia ocasionando fallas en el panel (corto circuito), es por esto que el diodo al detectar esta sombra cambia su polaridad para permitir el paso de la corriente hacia la siguiente tira de celdas. Este tipo de diodos se emplean cuando existen conexiones en serie de las células, además de que no son necesarios cuando el voltaje requerido sea menor a 24V. "Mientras que los diodos de bloqueo evitan que un grupo de paneles en serie absorba flujo de corriente de otro grupo conectado a él, los diodos de paso impiden que cada módulo individualmente absorba corriente de otro de los módulos del grupo, si en uno o más módulos del mismo se produce una sombra."⁵⁴ Es por esto que el uso de los diodos es elemental dentro de una instalación fotovoltaica, ya que son los que permitirán que no se presenten fallas en el circuito.

Regulador. Es un componente que se conecta entre el panel y la batería cuya función principal es la de gestionar el consumo y la carga (eléctrica) para impedir sobrecargas y/o descargas. Hoy en día existe una gran variedad de reguladores (sencillos a complejos) los cuales presentan diferentes componentes que permiten obtener información de las cargas, corrientes y voltajes que se encuentran dentro del sistema fotovoltaico y se les puede encontrar como lineales y conmutados. Los reguladores lineales que pue-



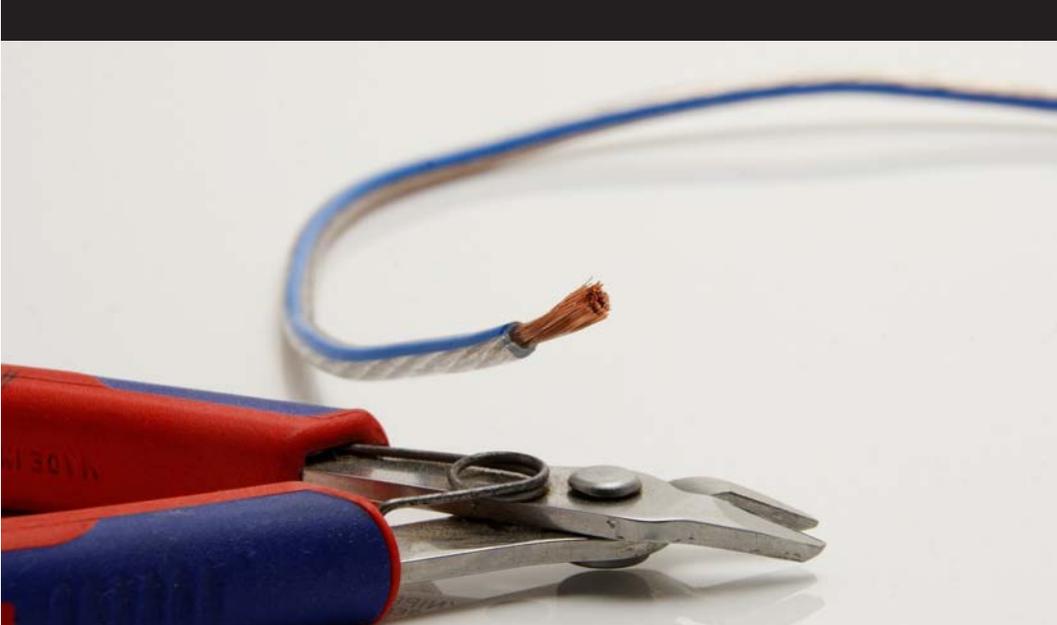
⁵⁴ Sánchez, M. A. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. México: Limusa. p. 63



den ser en serie o paralelo, se emplean en sistemas de pequeña potencia; los reguladores en serie realizan la desconexión del panel de las baterías cuando la carga de la misma está completa, a diferencia de los reguladores en paralelo, los cuales eliminan la corriente que sale del panel cuando las baterías alcanzan su carga máxima. Los reguladores conmutados desconectan la batería del panel cuando se presenta una sobrecarga, es decir, que funcionan como un interruptor impidiendo el paso de la corriente cuando la carga de la batería es la máxima o cuando se le establece un valor máximo para impedir el paso.

Acumulador o Batería. Como lo dice su nombre, este dispositivo es el encargado de almacenar y entregar la carga eléctrica que se produce en su interior debido a las reacciones electroquímicas de los elementos que contiene y que sirven también para suministrar electricidad a los paneles cuando la energía consumida es superior a la generada, que es lo que sucede por las noches. Otra de sus funciones principales es la de generar una intensidad de corriente mayor que la suministrada por el panel. Estos acumuladores se componen de dos electrodos y una sustancia conocida como electrolito, a partir de esto se pueden encontrar de diferentes tipos como: baterías de plomo - ácido (de mayor uso) que se adaptan a cualquier tipo de carga; baterías de gel, las cuales eliminan el uso de agua durante su vida útil a diferencia de las de plomo - ácido; AGM (Absorption Glass Mat) consideradas la evolución de las baterías de gel, las cuales presentan una "capacidad para entregar y absorber corriente mucho mayor que en las de gel y sin apenas disipación de calor."⁵⁵ También las baterías sin plomo, en las que se encuentran las baterías de níquel - cadmio y de litio, las primeras como su nombre lo dice utilizan níquel y cadmio en lugar de plomo y están diseñadas para aplicaciones fotovoltaicas, dentro de sus principales características se encuentra que las sobrecargas no la dañan como en las diferentes baterías y al momento de descargarse no sufre daños, asimismo una de las desventajas más importantes es el costo, ya que es mayor en comparación con las

⁵⁵ Colectivo. (2009). *Curso de experto profesional en Energía Fotovoltaica*. España: PROGENSA. p.69



demás; en relación con las baterías de litio, “presentan el mayor número de ciclos que pueden resistir antes de finalizar su vida”⁵⁶ aunque su costo es mayor que las anteriores.

Convertidor. Es el que permite que la corriente que viene del acumulador se pueda aprovechar para los elementos a los que está conectado, es decir, que presenta una diferencia entre corrientes que requieren el uso de un convertidor CC/CC (corriente continua a continua).

Inversor. A diferencia del convertidor CC/CC, el inversor se encarga de convertir la corriente continua en corriente alterna. Para el caso de los paneles fotovoltaicos, convierte la corriente continua de 12, 24 o 48 V en corriente alterna de 125 o 220 V, con lo que permite que se puedan conectar aparatos electrónicos comunes dentro de los hogares. Es debido a esta conversión, que estos componentes se conectan para que tengan salida a la red eléctrica convencional, por lo que se consideran inversores de conmutación natural y forzada; los primeros, son los que se emplean cuando se tiene una conexión a la red eléctrica, los cuales controlan el flujo eléctrico en el sentido deseado; y los segundos, se dividen en: de salida escalonada y de modulación de anchura de impulsos, los cuales dependen de un sistema de control para permitir el sentido del flujo eléctrico.

Cables. Aunque pueda sonar de poca importancia, el cableado debe de ser el adecuado para la conexión e instalación de estos sistemas, ya que por ellos pasará el flujo eléctrico procedente del panel hacia los componentes eléctricos; por ello, se debe contar con cables estandarizados conforme a las normas vigentes en cuanto al color, calibre y protección.

Protecciones. Dentro de estos componentes se pueden considerar tanto los diodos descritos anteriormente, como los fusibles e interruptores, los cuales permitirán que en caso de ocurrir una descarga, sobrecarga o corto circuito, el sistema no falle.

⁵⁶ *Ibidem* p. 71

Soportes. No sólo es necesario el panel para hacer una instalación, éste debe de ir sujeto a un soporte el cual permitirá que el panel se ajuste a la distancia y ángulo determinados para aprovechar la luz solar, estos soportes se pueden clasificar en tres tipos: fijo, ajustable y automático. Es importante mencionar que al momento de la selección de un tipo de soporte, se debe considerar la eficiencia que se obtendrá con cada uno y así optar por el que cumpla con nuestras necesidades. Los soportes fijos se emplean cuando el ángulo de inclinación será fijo; los soportes ajustables son los más utilizados ya que constan de 2 a 3 posiciones que puede tener el panel para aprovechar la radiación en diferentes horas del día. Por último están los soportes automáticos, los cuales utilizan sistemas de seguimiento (seguidores) de la trayectoria del sol, a su vez éstos se dividen en pasivos y activos; los pasivos se componen de dos cilindros llenos de freón⁵⁷, los cuales tienen un movimiento azimutal⁵⁸ al momento de que reciben los rayos solares, provocando que durante el transcurso del día vayan cambiando de posición para recibir los rayos solares; los activos presentan movimiento en uno o dos ejes dependiendo de los modelos, además de que este tipo de soportes necesitan un motor eléctrico para llevar a cabo el seguimiento.

2.2.1 Células fotovoltaicas

El principio del efecto fotovoltaico mencionado anteriormente, permite conocer el funcionamiento básico de los paneles y células solares en la generación eléctrica por medio de la radiación solar. Este efecto consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica, pero ¿cómo es que esto sucede?, para poder contestar esta pregunta se empezará por mencionar los tres tipos de materiales eléctricos, denominados:

Conductores: su conductividad eléctrica es fluida y sin problemas. (oro, cobre, hierro)

Semiconductores: su conductividad eléctrica depende de la aplicación de energía para que se comporten como conductores. Este tipo de materiales son los empleados para la producción de células fotovoltaicas. (silicio)

⁵⁷ Freón. Sustancia de bajo punto de ebullición.

⁵⁸ Azimutal. Movimiento de este a oeste.

Aislantes: su conductividad eléctrica es nula. (madera, vidrio, cerámica)

Las características y componentes con los que cuenta cada material, principalmente sus átomos, son los que los hacen definirse como conductores, semiconductores o aislantes. Todo ocurre a nivel del átomo cuando los electrones (carga negativa) que se encuentran alrededor del núcleo (carga positiva), giran en diferentes capas dependiendo del elemento, logrando una estabilidad y neutralidad energética, pero que a su vez pueden relacionarse con otros átomos por medio de los electrones de valencia (electrones de la última capa del átomo) formando una red cristalina, dando como resultado que los materiales sean conductores, semiconductores o aislantes.

“Los materiales usados para las células fotovoltaicas son los semiconductores, ya que la energía que liga a los electrones de valencia con su núcleo es similar a la energía de los fotones que constituyen la luz solar.”⁵⁹ Es por esto que el silicio es un material que permite conducir la electricidad, pero no es solo este elemento es el único involucrado, ya que “cuando la luz solar incide sobre el material semiconductor, se rompen los enlaces entre el núcleo y electrones de valencia”⁶⁰ dejando un hueco en su estructura que tendrá que ser ocupado por otro electrón para poder generar un campo eléctrico, dando lugar a que se presenten uniones positivo – negativo (p-n).

Las uniones p-n se refieren a la unión de semiconductores n con semiconductores p los cuales se obtiene mediante la inserción de diferentes elementos como el fósforo (P) y el boro (B). Para poder generar electricidad, las células fotovoltaicas de silicio son primeramente dopadas de fósforo, el cual tiene más electrones de valencia que el silicio, provocando que un electrón quede libre haciendo que este semiconductor tenga una mejor conductividad y generando así un semiconductor tipo “n” (negativo). Al agregar el elemento B (boro) que reemplazará un átomo de silicio, deja un hueco debido a que tiene menos electrones de valencia, generando con ello un semicon-



⁵⁹ Alcor, E. (2002). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. España: PROGENSA. p. 15

⁶⁰ Méndez, J.M., Cuervo, R. & ECA Instituto de tecnología y formación S.A.U.. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundación CONFEMETAL. p. 60

ductor tipo "p" (positivo). Una vez lograda esta unión p-n, la generación eléctrica ocurre cuando los huecos se dirigen hacia la región p y los electrones libres hacia la n, dando lugar a una corriente eléctrica.

Por lo tanto, "la constitución de una célula de silicio convencional parte de una barra cristalina de silicio dopado con boro, que se corta en discos de un espesor de 0.3 mm. Una de sus caras se dopa fuertemente con fósforo, mediante difusión de alta temperatura en una atmósfera gaseosa rica en el mismo, de forma que este elemento penetre en el silicio más concentrado que el boro que éste contenía, hasta una profundidad aproximada de 0.3 micras".⁶¹ Con lo anterior se puede concluir que una célula fotovoltaica es una oblea de silicio que se encuentra dopada con boro, lo que permite que la generación de electricidad sea posible.

Una vez que se comprende cómo es que los materiales semiconductores generan electricidad, es conveniente conocer los tipos de células que se encuentran actualmente en el mercado, así como sus características, con la finalidad de que al momento de proponer un diseño con esta tecnología se pueda saber si es eficiente y conviene usarlo.

Hoy en día la variedad de materiales y características con las que cuentan las células fotovoltaicas es basta, por lo que es conveniente hacer un recorrido por los diferentes tipos y conocer cuáles son las que se están utilizando con mayor frecuencia. Como se vio anteriormente, la radiación solar es la clave dentro de la energía fotovoltaica, por lo que para hacer uso de ella es necesario emplear un material sensible a la radiación, ya que el efecto que se produce es el de generación eléctrica. Este material que se emplea es el silicio, el cual "es un elemento que se encuentra en todo el mundo, ya que forma la arena (dióxido de silicio, SiO_2)".⁶² Debido a sus propiedades como conductor, este material es empleado en su mayoría para aplicaciones eléctricas y electrónicas.

⁶¹ Alcor, E. (2002). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. España: PROGENSA. p. 17

⁶² ASánchez, M. A. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. México: Limusa. p. 40

Este tipo de células de silicio son de diferentes tipos: monocristalinos, multicristalinos, policristalinos, híbridos y amorfos; su diferencia radica en la estructura cristalina que presentan, es decir, en la distribución de los átomos y en base a esta estructura presentan diferente eficiencia,⁶³ esta división se hace por el tipo de estructura interna del material.

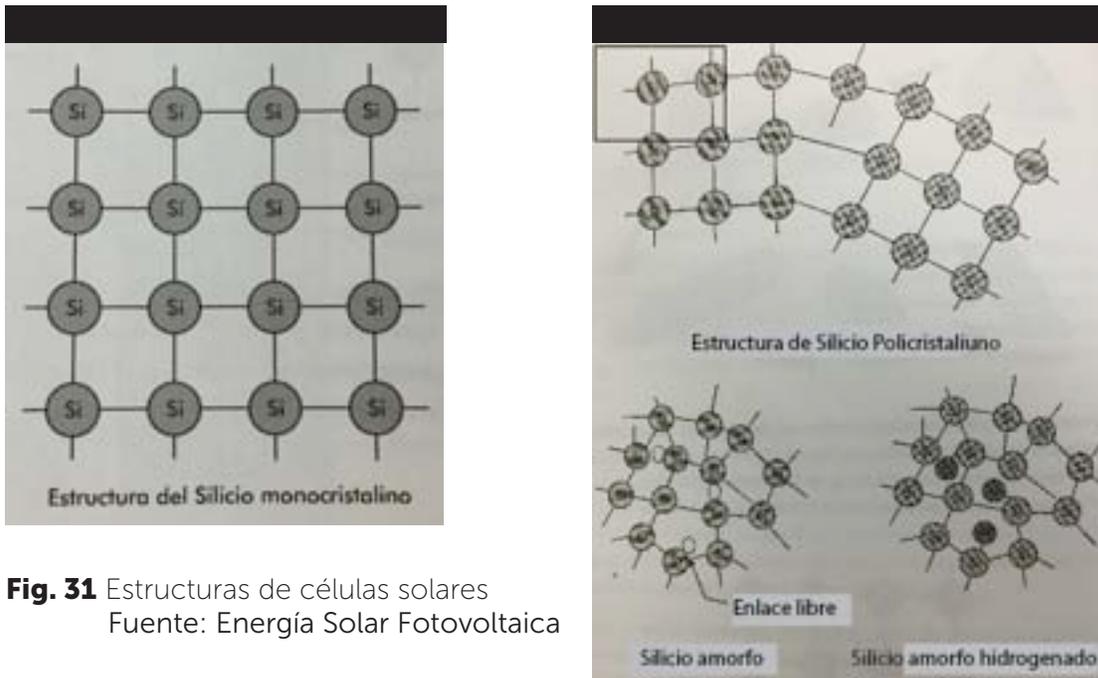
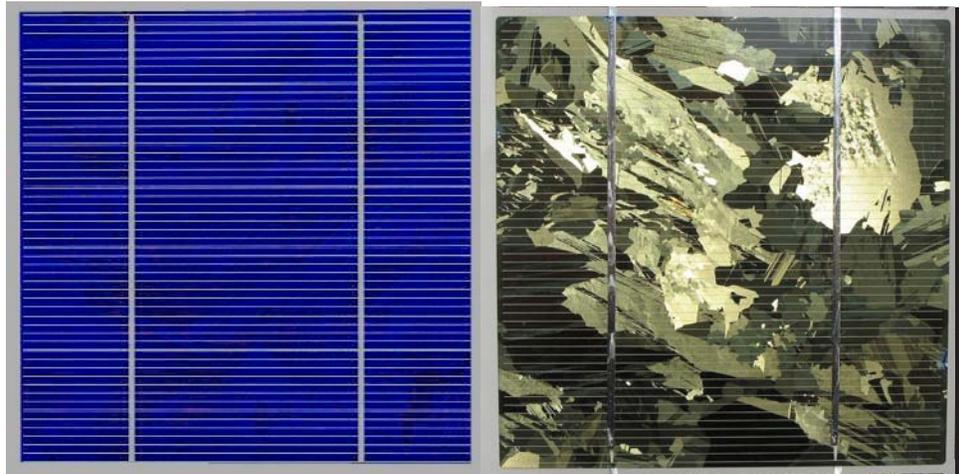


Fig. 31 Estructuras de células solares
Fuente: Energía Solar Fotovoltaica

⁶³ Eficiencia. Para esta presente investigación se entenderá como el porcentaje de luz solar que se convierte en electricidad.

Fig. 32 Célula monocristalina.
Fuente: <https://is.gd/dGr453>

Fig. 33 Célula multicristalina.
Fuente: <https://is.gd/yDIPhq>



Células de silicio monocristalino (m-Si)

Este tipo de células son las más empleadas hoy en día, esto debido a que además de que el silicio es el material más empleado en la industria electrónica (transistores, circuitos, etc.), también es "el segundo material más abundante en la Tierra."⁶⁴ El método de fabricación de este tipo de células consta de fundir el silicio y hacer crecer un cristal, el cual una vez enfriados se realiza el corte de las obleas y posteriormente se les da un tratamiento químico con la finalidad de formar el enlace p-n. Posteriormente se le pone una capa antirreflejante y se le incorporan los contactos, los cuales permitirán el flujo de electricidad, a este proceso descrito se le conoce como el método Czochralsky. Las células más típicas son silicio (Si), arseniuro de galio (AsGa), fosforo de indio (InP), cadmio telurio (CdTe), los cuales presentan mejores características en cuanto a la eficiencia pero con gastos elevados de fabricación.

Células de silicio multicristalino (mc-Si)

Este tipo de células surgen a partir de la reducción en los costos de fabricación, por lo que "la calidad del material es menor debido a la presencia de numerosos defectos en la red cristalina (fronteras de grano y dislocaciones), así como impurezas, los cuales hacen que sean menores los tiempos de vida de los portadores minoritarios."⁶⁵

Células de silicio policristalino (pc-Si)

A diferencia de los monocristalinos, estas células se obtienen por medio de múltiples cristales, y su crecimiento y temperatura de solidificación no son controladas. Una de las ventajas principales de este tipo de células es

⁶⁴ Alcor, E. (2002). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. España: PROGENSA. p. 25

⁶⁵ Ponce, S. (2008). *CÉLULAS SOLARES DE SILICIO: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES*. Marzo 9, 2015, de Wordpress Sitio web: <https://salvaponce.files.wordpress.com/2008/11/celulas-solares-de-silicio.pdf> p. 24

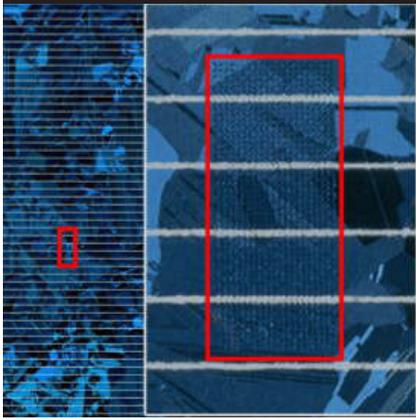


Fig. 34 Célula policristalina.
Fuente: <https://is.gd/MBFT2L>

Fig. 35 Lámina delgada.
Fuente: <https://is.gd/nn01S9>

Fig. 36 Lámina amorfa.
Fuente: <https://is.gd/xGiSjE>

el de producirlas en forma cuadrada, permitiendo con esto que el ensamblaje y conexión sea más sencillo y el área que ocupan sea mejor aprovechada; además, se pueden conseguir placas finas disminuyendo el proceso de cortado. Debido a su proceso de fabricación, permite que el costo sea menor y que su venta sea accesible, por lo que el uso de este tipo de células se encuentra en aumento.

Híbridos ó lámina delgada (Thin Film)

Como lo menciona su nombre, este tipo de células se conforman por la mezcla entre diferentes elementos, esto a través de la producción de un monocristalino en el que posteriormente se le inserta otro elemento (CdS sobre InP o CdS sobre CdTe); pero su característica principal, es su espesor que se encuentra en micras y que al ser tan delgadss presentan flexibilidad, por lo que se pueden "adaptar fácilmente a los requisitos técnicos y los aspectos de diseño."⁶⁶ La desventaja que presenta este tipo de células es el costo de fabricación y los materiales con los que se fabrica que son escasos en comparación con el silicio.

Amorfos

Este tipo de células se les considera dentro de las de lámina delgada, pero a diferencia de ellas, éstas se encuentran dopadas con hidrógeno con la finalidad de disminuir costos. Es importante mencionar que este tipo de células son las únicas que no presentan una red cristalina y sus enlaces atómicos no son estables y presentan fallas. El uso principal de estas células es en aplicaciones que no requieren de una gran cantidad de generación eléctrica como en calculadoras o dispositivos de voltaje mínimo para su funcionamiento, además de que su vida útil es muy corta en comparación con las células de red cristalina..

⁶⁶ Sánchez, M. A. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. México: Limusa. p. 48

COMPARATIVA: CELDAS SOLARES

		Forma	Costo	Eficiencia	Durabilidad
01	MONOCRISTALINAS m-Si				
02	POLICRISTALINAS mc-Si pc-Si				
03	THIN FILM				
04	AMORFAS				

Tabla 1 Comparativa entre celdas.

Fuente: Elaboración propia con datos de <https://is.gd/CQSJX6>

Una vez que se conocen los diferentes tipos de células es conveniente saber que éstas deben de estar conectadas entre sí para formar un panel, cuyo funcionamiento dependerá de los tipos de conexión y el número de células dentro del mismo. A manera de preámbulo al apartado sobre paneles, es necesario mencionar que este tipo de conexiones se presentan de la siguiente manera:

Conexión en serie. El lado p se encuentra conectado al lado n y así sucesivamente, por lo que la corriente eléctrica es la misma en todas las células.

Conexión en paralelo. Se conectan todos los lados p y todos los lados n generando una intensidad de corriente mayor.

Conexión mixta. Se combina la conexión en serie y paralelo, por lo que la intensidad de corriente dependerá de la última conexión realizada.

Con base en lo anterior descrito, se da cuenta de la variedad de células existentes en el mercado actual y se puede seleccionar la que conforme a nuestros requerimientos y usos es conveniente utilizar. Una vez definido qué tipo de células existen y su conexión, el siguiente paso será conocer los paneles y sus características para poder presentar un mejor diseño que cumpla con nuestras necesidades.

⁶⁶ Sánchez, M. A. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. México: Limusa. p. 48

2.2.2 Paneles fotovoltaicos

Las células podrían colocarse sin ninguna protección para que absorban la luz solar; pero debido a su fragilidad, por la falta de aislamiento para no tener pérdidas eléctricas y a no contar con un soporte para poder colocarlas en el sitio donde van a ser empleadas, se deben de ensamblar y unir dentro de un panel fotovoltaico. Dentro de estos paneles, las células se encuentran conectadas en serie, paralelo o mixtas con la finalidad de que la tensión⁶⁷ y la corriente⁶⁸ sea la que el usuario necesite para satisfacer su necesidad, "La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado y luego en paralelo varias asociaciones en serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado."⁶⁹

En las Figuras 37 y 38 se muestra cómo está compuesto un panel fotovoltaico y cuál es su estructura, conocida como de "sandwich" debido a que las células se encuentran protegidas tanto en la parte superior como en la inferior.

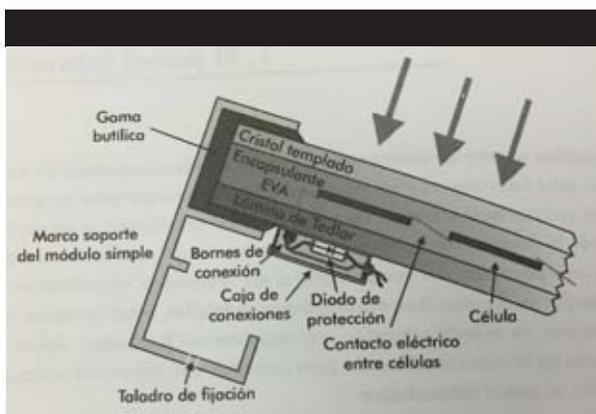


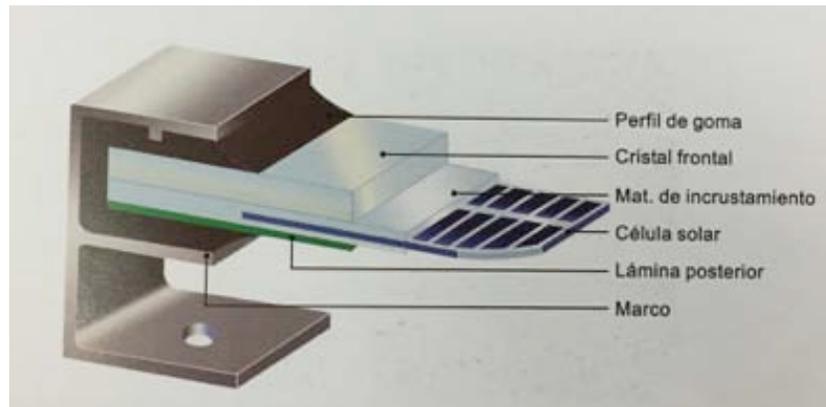
Fig. 37 Estructura de panel solar.
Fuente: Energía Solar Fotovoltaica.

⁶⁷ Trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una particular cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. Se le conoce como voltaje.

⁶⁸ Flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material.

⁶⁹ Sánchez, M. A. (2010). Energía solar fotovoltaica. México: Limusa. p. 59

Fig. 38 Corte transversal de un panel solar
Fuente: Curso de Experto Profesional
en Energía Fotovoltaica



Tomando en cuenta este tipo de estructura, se consideran como elementos del panel a: la cubierta frontal, material encapsulante, células, cubierta posterior y marco metálico.

La **cubierta frontal**. Regularmente se emplea cristal templado con un espesor de 3 - 4 mm, aunque existen también de materiales orgánicos y plásticos. La característica principal que deben de tener este tipo de cubiertas es que permita libremente el paso de la luz solar hacia las células.

Material Encapsulante. Este tipo de material es el que envuelve a las células protegiéndolas de golpes, polvo, agua y humedad. El material que se emplea es un copolímero llamado EVA (etilen-vinil-acetato) el cual debido a sus características permite que la célula cumpla su función sin verse afectada por agentes externos.

Cubierta Posterior. Esta cubierta es la que permite que los agentes atmosféricos no entren al panel, logrando un sello y cierre del sistema de absorción de luz solar; el material de esta cubierta es el Tedlar (aislante eléctrico), el cual tiene la característica de ser opaco y blanco con la finalidad de reflejar la luz que pasa por las células devolviéndola a la parte frontal para ser nuevamente absorbido por la célula. Además del uso de la cubierta de Tedlar, existen paneles que presentan un segundo cristal o una lámina metálica, esto para poder disipar el calor fuera del panel.

Marco Metálico. Es una estructura de aluminio anodizado, acero inoxidable o algún símil que le otorga al panel la rigidez necesaria para su montaje o para formar estructuras. Es conveniente que el sellado de esta estructura se realice con un sellador de neopreno o silicona para evitar filtraciones de agua y aire. Es importante mencionar que antes de hacer el armado con esta estructura, se le deben realizar las perforaciones correspondientes para el fijado y conexión. Al igual que las células, los paneles se conectan en-

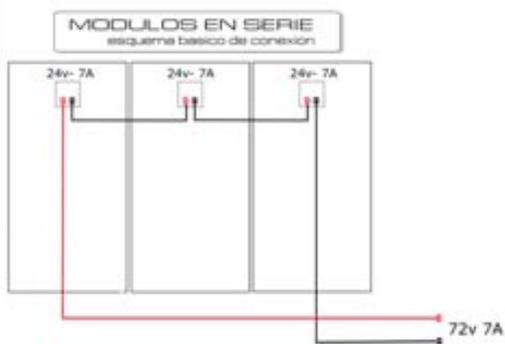


Fig. 39 Conexión en Serie.
Fuente: <https://is.gd/MIToM4>.

tre sí para alcanzar la corriente y tensión necesaria para nuestras necesidades de suministro eléctrico. Comúnmente, un panel fotovoltaico cuenta con una cantidad de 20 a 40 células conectadas, lo cual permite que se obtenga un voltaje de entre 12 a 18 V y para fines de esta investigación, los requerimientos que se pretenden cumplir es que un arreglo presente 12 V; es así que "conectando en serie 36 de estas células, se obtiene 18 V, tensión suficiente para hacer funcionar equipos a 12 V."⁷⁰ La forma de conexión entre paneles se considera como: serie, paralelo y mixta.

Conexión en Serie. Se conecta la terminal positiva de un panel con la terminal negativa del otro panel y así sucesivamente hasta alcanzar los requerimientos deseados. Este tipo de conexión permite que la tensión sea igual a la suma de todos los paneles conectados y que la corriente sea igual a la de un solo panel. Esta conexión se realiza para obtener voltajes de 24 a 48 V en instalaciones autónomas y de 96 a 144 V en instalaciones conectadas a la red de suministro eléctrico.

Conexión en Paralelo. La terminal positiva del panel se conecta a la terminal positiva del otro panel y la terminal negativa se conecta de la misma forma; logrando con esto, que la tensión sea la suministrada por un solo panel pero la corriente será

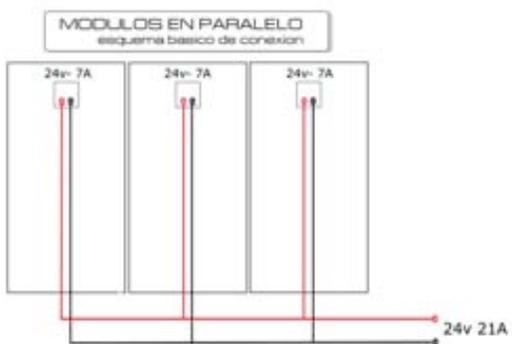


Fig. 40 Conexión en paralelo.
Fuente: <https://is.gd/MIToM4>.

⁷⁰ Sánchez, M. A. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. México: Limusa. p. 64

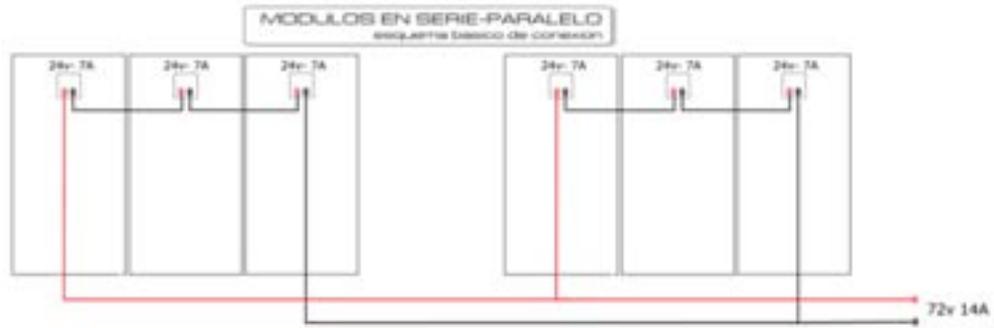


Fig. 41 Conexión Mixta.
Fuente: <https://is.gd/MIToM4>

igual a la suma de la corriente de cada panel. Este tipo de conexiones se presenta regularmente cuando se busca obtener corrientes de 20 a 25 A (amperes) en instalaciones autónomas y superiores para la red de suministro eléctrico.

Conexión Mixta. Este tipo de conexión se emplea para obtener diferentes valores de tensión y voltaje, por lo que al combinarlas, puede obtener valores próximos a los de nuestras necesidades.

Hay determinadas características dentro de un panel fotovoltaico como lo son el voltaje y la corriente que son necesarias conocer para poder hacer una selección adecuada del mismo y así cumplir con los requerimientos de nuestro diseño y la función que se necesita cumplir. No obstante, es importante mencionar que hay variantes de estas características que permitirán hacer una mejor selección, por ejemplo: Intensidad de corto circuito, tensión nominal, tensión a corto circuito, intensidad de potencia máxima, tensión de potencia máxima y potencia máxima. Con fines de practicidad y para hacer más sencilla esta selección y no centrarnos en análisis de carácter de ingeniería, estos datos se pueden encontrar de forma sencilla dentro de hojas técnicas de los paneles, en las cuales se conocen sus características de funcionamiento y seleccionar el más adecuado.

Esta unión de componentes que forma un panel depende en gran parte de los tipos de células que se empleen, si bien los paneles más comunes que se pueden encontrar se les puede clasificar como paneles rígidos, también existen los paneles flexibles.

Los paneles rígidos son los que básicamente emplean células monocristalinas o policristalinas, donde el arreglo y conexión de las mismas necesita de un soporte para ser empleadas, es por esto que se encuentran dentro de paneles solares; en cuanto a los paneles flexibles, estos hacen uso de células de película delgada (Thin film) y también son conocidos como CIGS (cobre,

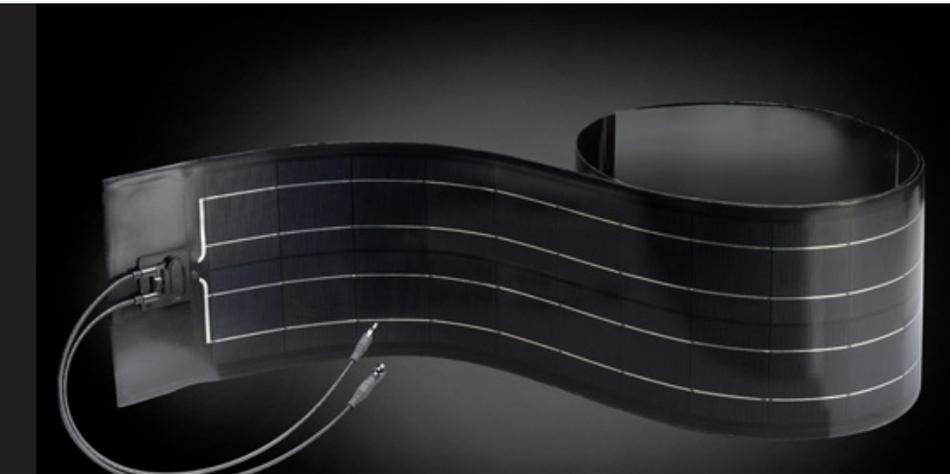


Fig. 42 Panel solar flexible.
Fuente: <https://is.gd/bNYVup>

indio, galio y selenio), que a diferencia de los rígidos permiten colocarse en cualquier tipo de superficies, además de que la portabilidad de los mismos puede ser más sencilla, ya que se pueden enrollar o doblar para tener una mejor transportación o adecuarse mejor a una superficie no plana. Es por esto que este tipo de paneles se han comenzado a utilizar en su mayoría para brindar cargas menores, especialmente a dispositivos electrónicos que requieren de un voltaje menor a diferencia de los paneles rígidos los cuales permiten obtener un mayor voltaje.

86

Así mismo es importante mencionar que los paneles flexibles no necesitan hacer uso de una estructura que los contenga ya que en el proceso de fabricación de este tipo de células ya se logra obtener el panel flexible

La selección adecuada de un panel ya sea rígido o flexible y de los componentes que contenga, permitirán cumplir de manera eficiente con los propósitos de esta investigación ya que al contar con diferentes sistemas o propuestas para integrarlas en un diseño permitirá que sea más fácil el seleccionar un modelo adecuado. Si bien al momento de hacer una propuesta de diseño arrojará ésta características especiales en cuanto ubicación, cantidad y requerimientos necesarios para satisfacer el objetivo principal, que es el de aprovechar esta energía dentro del diseño, para otorgar una alternativa de suministro eléctrico, es importante tener un conocimiento previo de cuáles son las disposiciones y formas que esta tecnología ofrece para poder hacer dicha integración en lo que se conocerá a partir de ahora como un sistema fotovoltaico.

2.2.3 Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico "es un conjunto de elementos cuyo propósito es la generación de energía eléctrica aprovechable a partir de la energía radiante del Sol."⁷¹ Por lo anteriormente descrito en cuanto a los componentes que



⁷¹ Colectivo. (2009). *Curso de experto profesional en Energía Fotovoltaica*. España: PROGENSA. p.81



Fig. 43 Sojourner Mars Rover.
Fuente: <https://is.gd/LUsu3n>

integran un sistema fotovoltaico se puede dividir en sistemas autónomos y sistemas conectados a red.

Sistemas fotovoltaicos autónomos. La característica principal de estos sistemas es que no se encuentran conectados a la red convencional, además de que son empleados tanto para aplicaciones terrestres como espaciales, esto debido a que el desarrollo de estos sistemas se realiza a medida, y que a su vez se dividen en directos y con acumulación. Los sistemas directos son aquellos que no tienen un mecanismo de acumulación por lo que su aplicación se realiza en objetos o mecanismos que funcionan durante la presencia de radiación, un ejemplo de esto son las calculadoras, cargadores de batería y sistemas de bombeo, en los cuales el uso se realiza en presencia de la radiación es decir en presencia de luz solar. Otro ejemplo de este tipo de sistemas directos en el uso de ellos en la industria espacial son los exploradores y satélites, los cuales aprovechan la radiación solar para autoenergizarse y activar sus mecanismos con la finalidad de realizar las tareas para las que fueron destinados, como en el caso del Sojourner (Fig. 43), el cual utiliza paneles solares de capa delgada para funcionar.

El otro tipo de sistema autónomo es el sistema con acumulación, en el cual se hace uso de acumuladores o baterías para garantizar su funcionamiento aun cuando la radiación solar no esté presente, este tipo de sistemas se pueden encontrar en electrificación de viviendas, alumbrado público, bombeo de agua y muchas otras aplicaciones (telecomunicaciones, señalización, vehículos, etc.) Esto debido a que este tipo de sistemas puede ser aprovechado en diferentes horarios aun cuando no se cuente con radiación solar por lo que dependen enteramente del uso de acumuladores. (Fig.44)

DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA AUTÓNOMO



Fig. 44 Diagrama de sistema autónomo solar.
Fuente: <https://is.gd/PrSZOx>

88

Sistemas fotovoltaicos conectados a red. “Se puede definir como un sistema de generación fotovoltaica que trabaja en paralelo con la red de la Compañía Eléctrica”⁷² en donde el exceso de electricidad generada se suministra al sistema de distribución eléctrica convencional. Este tipo de sistemas se pueden considerar como sistemas venta o producción ya que el excedente podrá ser suministrado a la red convencional y así obtener un beneficio, claro que esto dependerá de las regulaciones y normativas con las que cuente la Ciudad de México. (Fig. 45)



Fig. 45 Diagrama de sistema conectado a la red.
Fuente: <https://is.gd/LiDnz8>

⁷² *Ibidem* p.106

Actualmente como ya se ha mencionado, las aplicaciones y sistemas fotovoltaicos se encuentran en diversos usos, ya sea para plantas fotovoltaicas que generan electricidad a gran escala, como para dispositivos de generación a pequeña escala o microgeneración, los cuales se encuentran dentro de las ciudades y que en el caso de la Ciudad de México comienza a ser notorio el uso de esta tecnología.

2.3 Energía fotovoltaica en México

El crecimiento en el aprovechamiento y acceso a tecnología para hacer uso de la energía fotovoltaica se encuentra en aumento, siendo así que "El mercado global fotovoltaico tuvo un año récord (2013), después de una breve desaceleración, se instaló una mayor capacidad de la misma en comparación con cualquier otra tecnología renovable quizá a excepción de la hidroeléctrica" (The global solar PV market had a record year (2013), after a brief slowdown, installing more capacity than any other renewable technology except perhaps hydropower).⁷³ Si bien el aumento en el uso de esta tecnología se presenta en mayor proporción en países europeos y asiáticos, en América se cuenta ya con diversos casos que han optado por el uso de esta energía.

En la Figura 46 se observa cómo ha sido este aumento a partir del 2004 hasta el 2013, en donde a partir de los últimos años se presenta un incremento constante del 30% en comparación con el año anterior siendo así que para el 2013 se contó con una capacidad de 139 Gigawatts.



⁷³ REN21. (2015). *Renewables 2014 Global Status Report*. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf p.47

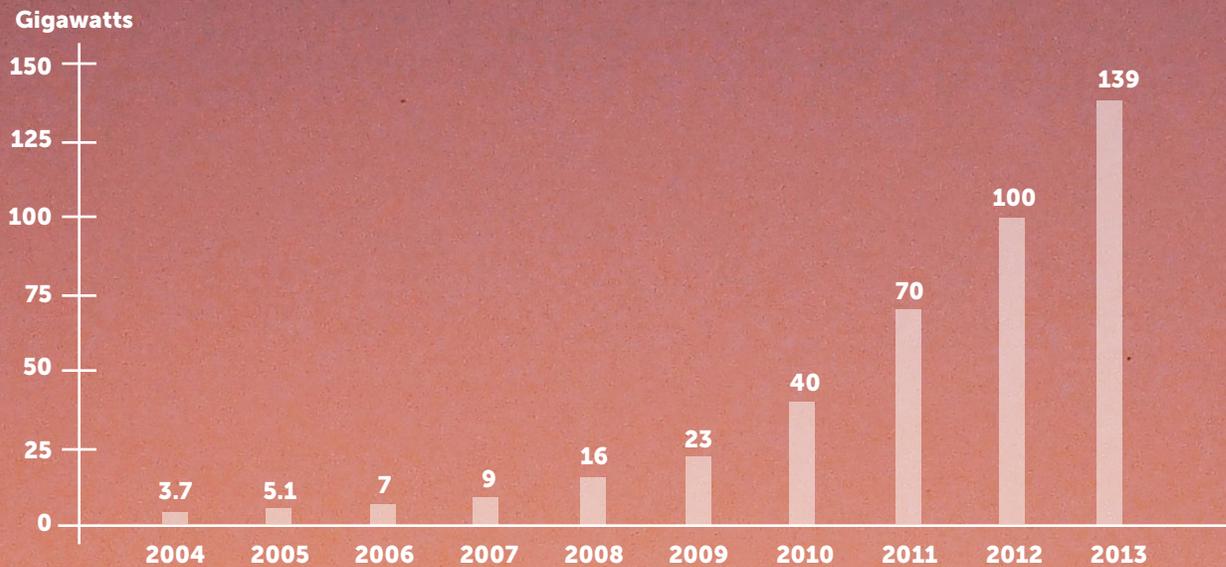


Fig. 46 Incremento en el uso de tecnología solar para generación eléctrica.
Fuente: <https://is.gd/h3uZzN>

Con base en la gráfica anterior se puede dar cuenta del aumento en el uso de tecnología fotovoltaica, pero es también importante el mencionar que sólo un determinado número de países son los que han presentado un mayor incremento en este aprovechamiento; tal es el caso de China, Estados Unidos y Japón que se convirtieron en los principales instaladores de esta tecnología según el reporte REN 21 2014. A partir de esto, es importante mencionar cómo es que México ha crecido con el uso de esta tecnología, qué usos le está dando actualmente y en dónde se está aprovechando; si bien no destaca dentro de los primeros 10 países en capacidad fotovoltaica, como se muestra en la Figura 47 es importante resaltar que a finales del 2013, "México ha surgido como un líder regional. Chile y México han realizado varios grandes proyectos en el 2013 y comienzos del 2014" (*México has emerged as a regional leader. Both Chile and México brought several large projects on line in 2013 and early 2014*).⁷⁴



⁷⁴ *Ibidem* p.47

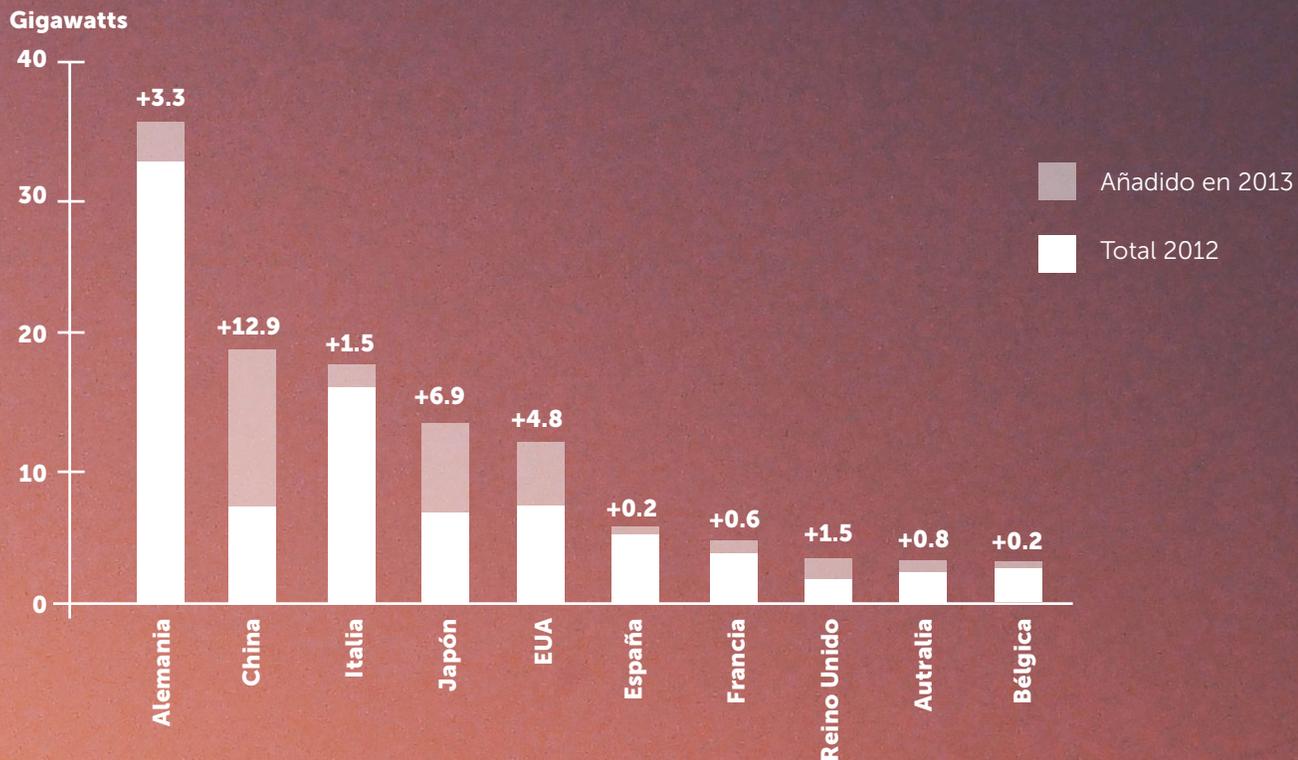


Fig. 47 Posición de México en el mundo en el uso de energía solar.
Fuente: <https://is.gd/h3uZzN>

De acuerdo a los datos obtenidos y presentados por la IEA (International Energy Agency) conforme a su programa PVPS (*Photovoltaic power systems programme*) en su reporte *Snapshot of Global PV 1992-2013 Preliminary Trends Information from the IEA PVPS Programme*, es posible dar cuenta de la capacidad con la cuenta México hoy en día.⁷⁵ Esta información se presenta en la Figura 48 en la que se puede ver la capacidad acumulada hasta finales de 2013 y la capacidad instalada en ese mismo año.

⁷⁵ Estos datos son los obtenidos a finales del 2013 ya que los resultados del 2014 aún no se han liberado.

DATOS DEL MERCADO FOTOVOLTAÍCO FINALES DE 2013 - MW

PAÍS	CAPACIDAD ACUMULADA	CAPACIDAD AÑADIDA RECIENTEMENTE	PAÍS	CAPACIDAD ACUMULADA	CAPACIDAD AÑADIDA RECIENTEMENTE
Australia	3,255	848	España**	5,566	
Austria	580	220	Suecia	43	
Bélgica	2,983	215	Suiza	740	
Canadá	1,210	444	Tailandia	704	
China	18,300	11,300	Turquía	15	
Dinamarca	532	153	Reino Unido	2,900	
Francia	4,632	613	EUA	12,002	
Alemania	35,000	3,304			
Israel	420	183	Bulgaria*	1,020	10
Italia	17,600	1,461	República Checa*	2,162	88
Japón**	13,643	6,900	Grecia*	2,579	1,043
Corea	1,467	442	India*	2,319	1,115
Malasia	73	42	Romania*	1,100	1,150
México	100	45	Eslovaquia*	524	0
Países Bajos	650	320	Taiwán*	376	170
Noruega	11	0,6	Ucrania*	616	290
Portugal	284	60			

* Datos reportados por la Asociación Industrial Europea fotovoltaica.

** Capacidades recalculadas por países que reportan en CD.

Fig. 48 Capacidad solar en México al 2013.

Fuente: PS Report Snapshot of Global PV 1992-2013

Con la finalidad de tener un panorama más claro en relación a los datos y aprovechamiento de energía fotovoltaica en México la IEA en su reporte *Trends 2014 in photovoltaic applications*⁷⁶ establece que nuestro país cuenta con:

Consumo Eléctrico Final	234	TWh
Habitantes	122	MILLION
Irradiación	1 780	kWh/kW
Instalaciones FV en 2013	60	MW
Capacidad FV instalada	112	MW
Uso de FV	0,1	%

Como se nota, el incremento en el uso de esta tecnología parece a primera vista insignificante, pero es importante mencionar que se ha optado por hacer uso en mayor medida que en años anteriores; esto debido a las condiciones geográficas y climáticas con las que cuenta nuestro país, además de que las normas y regulaciones para hacer uso de ella permiten este crecimiento, por lo que hoy en día se considera que la potencia en megawatts (MW) que se tendrá para el 2030 será de 24, 300 MW conforme a lo establecido por el Sector de Energías Renovables de PROMéxico.

En la Figura 49 se observa cómo ha sido el incremento en el uso de energías renovables y cómo se considera que siga siendo hasta el 2016, en el caso de la energía fotovoltaica se puede dar cuenta que hasta el 2013 es cuando el aumento en su uso es considerable, siendo así que a partir de ese año las instalaciones y proyectos a gran escala han ido en aumento.

⁷⁶ IEA. (2014). *TRENDS 2014 IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS*. Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2013, IEA-PVPS T1-25:2014, 70. p. 15

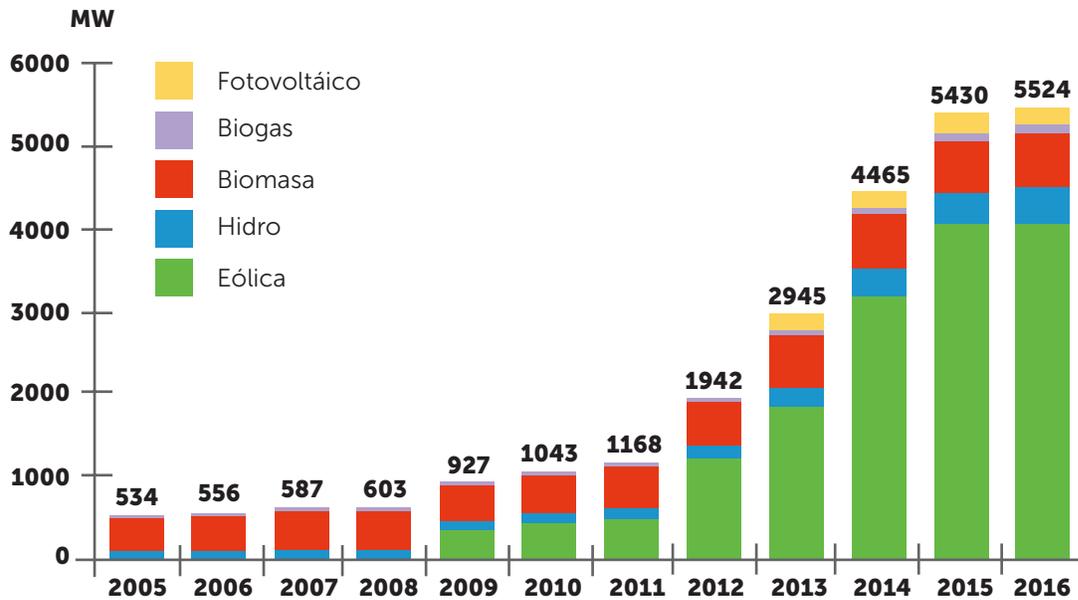


Fig. 49 Incremento en el uso de energías renovables en México.
Fuente: <https://is.gd/abcuCF>

La ubicación de nuestro país permite hacer uso y aprovechar los recursos naturales de tal manera que México podría convertirse en potencia en cuanto a la generación de electricidad a partir de ellos, y en el caso en particular de la energía fotovoltaica con los niveles de irradiación que se aprovechan, "se podría cubrir la totalidad de la demanda nacional"⁷⁷ como se muestra en la Figura 50.

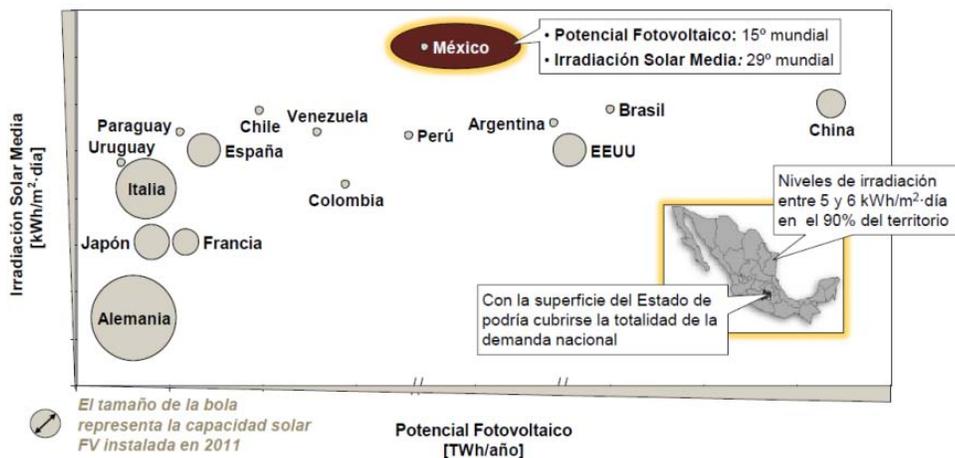
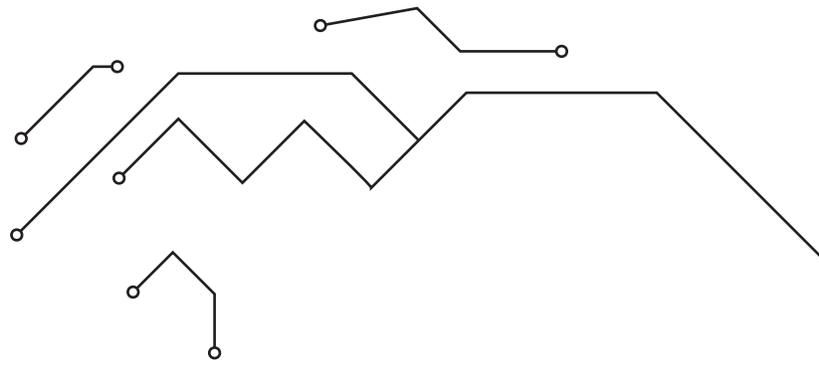
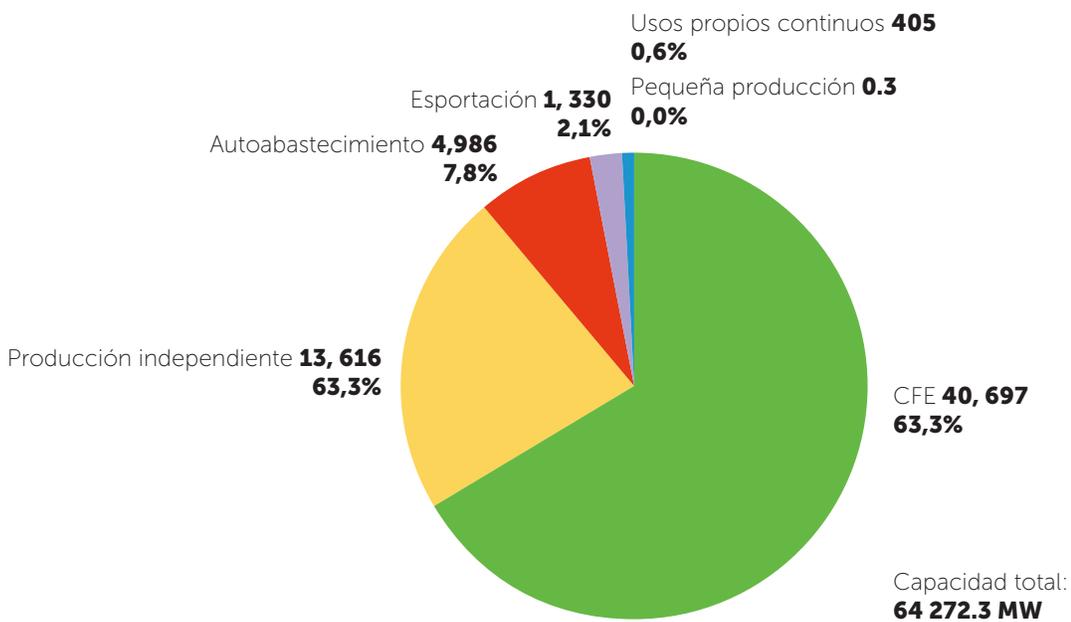


Fig. 50 Potencial de generación solar fotovoltaica.
Fuente: <https://is.gd/abcuCF>

⁷⁷ *Ibidem* p. 8



Siendo así que la capacidad total instalada en el Sistema Eléctrico Nacional en MW sea de 64,272.MW como se muestra en la Figura 51 con datos de la Comisión Reguladora de Electricidad (CRE).

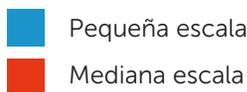
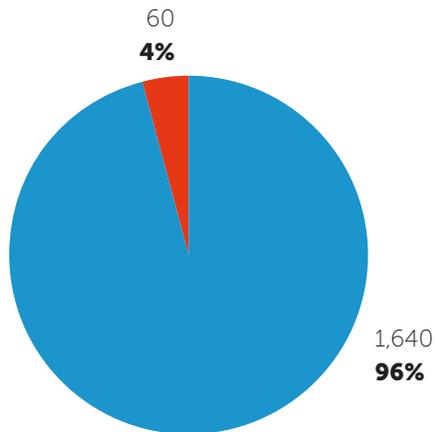


95

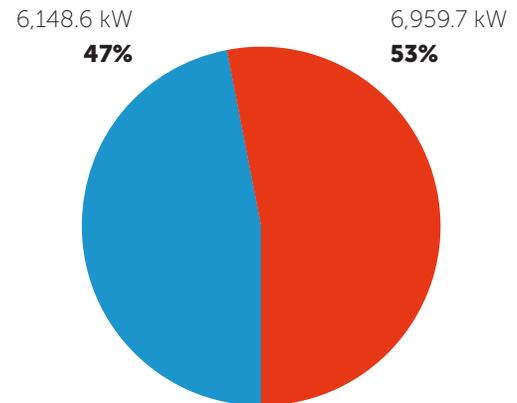
Fig. 51 Capacidad total instalada en México.
Fuente: <https://is.gd/jl2pEi>

Actualmente la CRE ha otorgado contratos de interconexión a pequeña y mediana escala, los cuales permitirán generar electricidad en industrias y sistemas habitacionales, logrando con esto aumentar la potencia instalada de esta tecnología.

CANTIDAD DE DATOS REALIZADOS



CAPACIDAD CONTRATADA



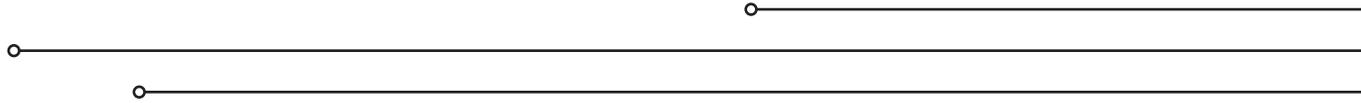
Total: 13, 108 kW

Fig. 52 Contratos en pequeña y mediana escala en México.
Fuente: <https://is.gd/jl2pEi>

96

Con esto se percibe cómo es que esta tecnología ha ido incrementando y cómo es que el uso de la misma en pequeña escala va también en aumento. Hoy en día, es común ver paneles fotovoltaicos instalados en residencias al igual que en edificios (corporativos y de vivienda) y en industrias, esto con la finalidad de satisfacer sus necesidades de electricidad. Este tipo de instalaciones son consideradas de baja y mediana escala en donde la potencia que generan es menor a los 30 kW con los cuales pueden satisfacer sus necesidades.

México ha comenzado a convertirse en un país donde el uso de esta energía puede marcarlo como principal generador de electricidad a partir del uso de esta creciente tecnología. Actualmente, su principal uso se encuentra en proyectos de gran escala en los que se utiliza para sistemas de bombeo en zonas rurales, iluminación de ciudades pequeñas -como es el caso del parque solar ubicado en Baja California, el cual proveerá de energía a la localidad- e instalaciones industriales, en las cuales la producción de energía eléctrica satisface sus requerimientos. Esto también depende de la inversión (pública o privada) con la que se cuente y de los marcos regulatorios que se vayan modificando y estableciendo, por lo que a continuación se abordarán los temas de impacto en el uso de esta tecnología así como las regulaciones que incentivan su empleo.



2.3.1 Impacto

La inserción de la tecnología FV en nuestra vida y actividades diarias ha sido un tema muy común en la actualidad; al tener diversos accesos a ésta, se pueden satisfacer diferentes necesidades ya sea desde un aspecto industrial, hasta ámbitos como el social o el individual. Como se ha apuntado, en la actualidad el mayor uso de esta tecnología se encuentra en plantas solares que proveen de energía a una comunidad o región en particular, pero también se ha visto cómo se encuentra a esta misma dentro de la ciudad, proveyendo energía cuyas aplicaciones en comparación a la energía producida en plantas, se diferencia por cubrir una necesidad de energía menor en determinados dispositivos u objetos, como en el caso de luminarias para vías públicas.

No obstante, es importante mencionar que estos desarrollos presentan diferentes impactos por lo que su uso no se puede realizar en cualquier sitio o región, tal es el caso de las plantas solares, que a diferencia de una instalación interna (en ciudad), necesitan de una ubicación despejada y amplia, resultando en que generalmente no es conveniente realizar una instalación de dichas dimensiones dentro de la ciudad. Es así como a continuación se tratarán los impactos en diferentes aspectos que son tocados por la producción de la energía fotovoltaica. Para el presente trabajo se consideraron los siguientes impactos: ambiental, económico y social; los cuales se desarrollarán de manera concisa.

Impacto social

Se considera pertinente comenzar con el impacto **social**, ya que éste es el que permitirá que la tecnología sea aceptada y utilizada. Las necesidades energéticas con las que se cuenta hoy en día han dado lugar a un incremen-



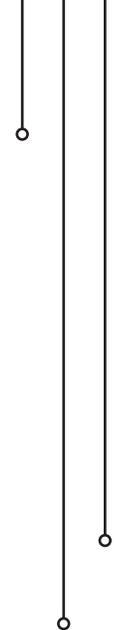
to en la demanda de electricidad para la sociedad en general, donde las actividades que las personas realizan día a día involucran dispositivos que requieren de electricidad para funcionar y que a su vez necesitan de un suministro eléctrico; pero, ¿qué pasa con la energía fotovoltaica en la sociedad?. Si bien su principal uso como ya se ha mencionado, se presenta en plantas solares, ¿cómo es que la sociedad puede acceder a ella? ¿qué debe de ocurrir para que se pueda tener una alternativa? Para comenzar, se pueden establecer los aspectos a considerar: uso doméstico, uso laboral y el aspecto urbano en general.

Para poder establecer y dejar claro el impacto de la energía FV en lo social, basta con observar la cantidad de tareas que las personas realizan a partir de dispositivos eléctricos y electrónicos; ya sea en sus trabajos, casa, escuelas y demás sitios de reunión con distintos fines. Nuevos desarrollos tecnológicos han dado lugar a que se cuente con dispositivos FV pudiendo fungir como complemento de algún dispositivo de uso cotidiano; por ejemplo, el caso de cargadores solares portátiles para la carga eléctrica de un celular. Este uso requiere entre otras cosas no depender de una toma de corriente convencional; dicha autonomía del suministro eléctrico ha logrado que tanto la industria como el consumidor fijen su mirada en diseños novedosos que incluyan al aprovechamiento de la energía solar como uno de los factores que beneficien al objeto utilitario. Por suponer un ejemplo, el ocio, el entretenimiento y la recreación, son puntos importantes dentro de este impacto social, ya que muchas de las actividades y dinámicas sociales que se desarrollan pueden ser realizadas a partir de la tecnología FV. El cambio en las dinámicas sociales apuesta por un uso más frecuente e inclusive necesario de los dispositivos electrónicos portátiles, por lo que el diseño y oferta de estos objetos y de su necesario complemento FV es cada vez más común en los mercados actuales.



De igual manera se pueden mencionar los hábitos que tienen los diferentes usuarios que hacen uso de este tipo de tecnología y cómo es que aquellos que no la emplean, consideran el uso de la misma. Hoy en día las actividades diarias se realizan en su mayoría en conjunto con dispositivos eléctricos y electrónicos, desde un despertador hasta la instalación eléctrica doméstica e inclusive dispositivos para realizar ejercicio; con lo que se puede dar cuenta que cada día se hace mayor uso de dispositivos electrónicos, lo que a su vez presenta una demanda energética mayor para poder cubrir con los requerimientos de dichos dispositivos y que estos puedan funcionar. De tal forma se puede decir que los hábitos diarios y los que se van sumando día a día requieren de dispositivos electrónicos, los cuales necesitan de energía para poder funcionar, por lo que contar con fuentes alternas de generación eléctrica brindan una alternativa a los usuarios, ofreciéndoles opciones de reducción en cuotas de pago a servicios eléctricos. De igual forma con relación a lo anterior, se puede notar que la usabilidad de diferentes productos y/o dispositivos ha aumentado hoy en día; nuevos desarrollos han dado lugar a que nuevos dispositivos puedan cubrir un mayor número de necesidades, ejemplo de esto son los dispositivos electrónicos que han evolucionado como la televisión, computadoras, teléfonos celulares y relojes, entre otros, que pueden realizar un mayor número de tareas, sin embargo, al contar con nuevos dispositivos, los hábitos cambian y el uso de éstos aumenta.

En tanto al ámbito laboral, se dificulta la inserción de la tecnología fotovoltaica para su uso industrial; principalmente por la cantidad de voltaje que se requiere para el buen funcionamiento de la maquinaria y también por la limitación en la disposición espacial que requiere la instalación de los paneles. En consecuencia, las industrias hacen uso de los paneles para el suministro eléctrico que requiere de menor cantidad de voltaje, por ejemplo la ilumina-



ción de oficinas y áreas comunes. Tal vez sea en las áreas urbanas donde la capacidad de la energía fotovoltaica se ha incrementado y posicionado en el sector empresarial, ya que muchos edificios denominados inteligentes, funcionan bajo el uso de los paneles.

Impacto ambiental

En lo relacionado con el **impacto ambiental**, existen ventajas y desventajas dentro del uso de esta tecnología; si bien la introducción de un nuevo sistema al medio ambiente provoca cambios ya sea de manera negativa o positiva, la producción del mismo sistema también genera ciertas consecuencias al medio. En el caso de los paneles, estos constituyen una salida al gasto que implica el uso del suministro eléctrico convencional, además de generar una reducción en costos de infraestructura de la red eléctrica; sin embargo, la producción de los paneles implica un gasto económico considerable y una afectación al medio ambiente por la emisión de GEI. En la Figura 53 se observa cómo es que se presenta este impacto en diferentes partes del proceso en el uso de un panel solar, como es la fabricación, operación y desmantelamiento. No obstante, durante su “funcionamiento no se producen emisiones de sustancias contaminantes líquidas o gaseosas, ni aparecen productos radioactivos”⁷⁸ por lo que se puede considerar como una fuente de energía limpia que no emite gases contaminantes a la atmósfera.

■
⁷⁸ González, J. (2009). *Energías renovables*. Barcelona: Reverté. p. 213

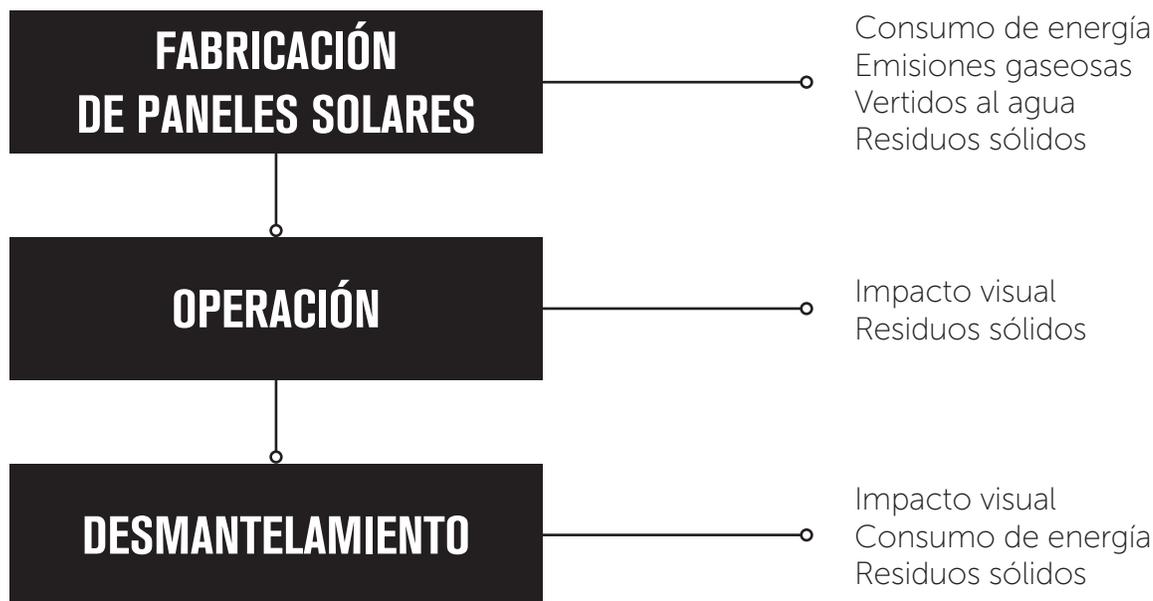


Fig. 53 Impactos ambientales de la energía solar fotovoltaica.
Fuente: Actividades Industriales e Impactos Ambientales.
En Impactos Ambientales y Energía

Como se puede observar, “los principales efectos negativos sobre el medio ambiente se producen durante las fases de construcción y montaje de los paneles fotovoltaicos: consumo de recursos energéticos y no energéticos, uso del terreno, emisiones de sustancias contaminantes causadas por la utilización de los recursos, impacto visual, etc.”⁷⁹; es así que durante el proceso de obtención de silicio (Si) para fines fotovoltaicos, se presentan emisiones de monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), etano (C₂H₆) y cloruro de calcio (CaCl), las cuales ocurren al momento de refinar el silicio y conseguir el término deseado. De igual manera al momento de ensamblar la célula se producen emisiones de dicloro (Cl₂), ácido clorhídrico (HCl), metano (CH₄) y ácido fluorhídrico (HF). Estas emisiones se presentan durante el proceso de fabricación y se debe de tener extrema precaución al momento de desarrollar esta producción, ya que si no se realiza con cuidado se pueden presentar diferentes afectaciones como son: quemaduras de piel, inflamabilidad, irritación y corrosión, entre otras. Asimismo las principales emisiones que impactan al ambiente son las de óxido de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de carbono (CO₂), las cuales son las causantes primordiales de los gases del efecto invernadero, lluvia ácida y smog.

Impacto visual

Un aspecto importante dentro de lo relacionado con lo ambiental y social, se refiere a un impacto visual, en donde dependiendo de la zona y/o región en donde se encuentren instalados los paneles pueden afectar de distinta manera; por ejemplo en un ambiente natural, además de la palpable afecta-

⁷⁹ García, J., Elías, X. & Gaya, J. (2012). *Impactos ambientales y energía: Tratamiento y valorización energética de residuos*. España: Diaz de Santos. p. 1016



ción al medio ambiente, puede provocar una intrusión en el efecto visual del mismo al romper con la estética paisajística. Pero también el uso de éstos en zonas urbanas puede afectar de la misma manera, pues los habitantes ciudadanos no acostumbran a ver paneles solares en diversas zonas de la ciudad; es por ello que la integración de esta tecnología en edificios o residencias ha dado lugar a eliminar este tipo de impacto visual, en donde el uso de nuevas tecnologías fotovoltaicas como vidrio FV y el aprovechamiento de azoteas para colocar paneles permite que la parte visual no se vea afectada.

Hoy en día, el tema del impacto ambiental generado por la producción de paneles solares se encuentra siendo analizado, existen diferentes organizaciones ambientales que se han dado a la tarea de considerar este tema, ya que la emisión de gases contaminantes producidos durante la fabricación de los paneles afectan al medio ambiente.⁸⁰

Impacto económico

Una de las consideraciones que presenta una intervención mayor al momento de decidirse por el uso de tecnología fotovoltaica es el **impacto económico**, en el cual se deben tomar en cuenta factores como el costo del equipo, el costo de instalación, de mantenimiento y de producción de energía eléctrica; es así que el costo de "una instalación de energía fotovoltaica depende de su tamaño, de si esta conectada a la red o de si se trata de una instalación aislada, del tipo de semiconductor utilizado en la elaboración de células y de las condiciones del mercado."⁸¹

Resumiendo, se puede considerar que este impacto se ve reflejado en la inversión inicial y en los gastos de mantenimiento, aunque también hay que recordar que los costos de fabricación y desarrollo de los paneles influyen en los costos de la inversión inicial. En el presente trabajo se considera el impacto por inversión inicial (adquisición) y mantenimiento, en donde para el primero se tomarán en cuenta las características de diferentes paneles a usar, distintos proveedores que desarrollan



⁸⁰ El tema será abordado de manera más minuciosa y práctica en el capítulo cuatro.

⁸¹ González, J. (2009). *Energías renovables*. Barcelona: Reverté. p. 211



esta tecnología y el mantenimiento durante su vida útil.⁸² El avance en tecnología y desarrollo de nuevos materiales para emplearlos en instalaciones fotovoltaicas permitirá que los costos aumenten o disminuyan, por lo que se considera que el mayor costo se presenta en la adquisición de paneles, los cuales dependerán de la marca y la tecnología que contengan; asimismo, los elementos que conforman al sistema FV incidirán en el costo. Como se puede apreciar en las líneas anteriores,⁸³ existen diferentes componentes y una variedad de los mismos para satisfacer las necesidades que se requieren; y asimismo, dependiendo de esas necesidades, se pueda escoger el que mejor convenga para los fines buscados.

Estos costos también se ven influenciados por la ubicación en la que se encuentran los sistemas instalados, de forma aislada o conectados a la red. En la Figura 54 se observa cómo se pueden considerar los costos de dichos sistemas.

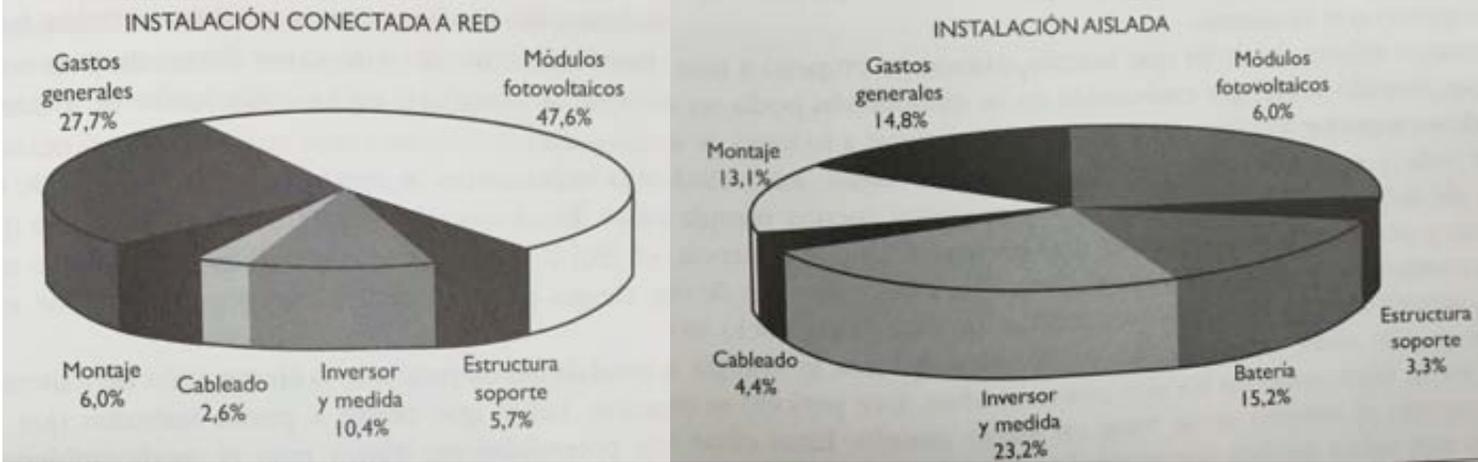
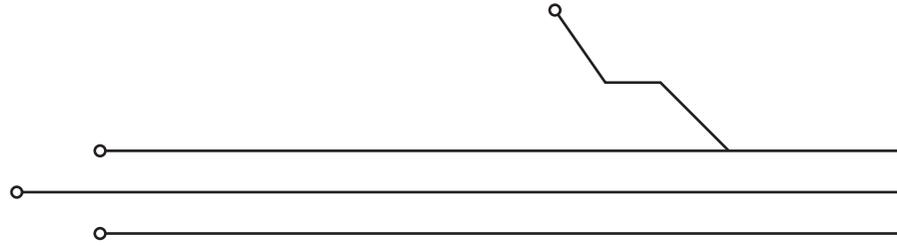


Fig. 54 Desglose de costos de una instalación FV.
Fuente: Energías Renovables

⁸² Se desarrollará más a fondo en el capítulo cuatro.
⁸³ Vid Supra Apartado 2.2 Los Componentes p. 23



El gasto puede disminuir a medida que se presenten avances en el desarrollo de nuevas células o innovación de las mismas, en donde si se logra "fabricar células con una mayor eficiencia de conversión y se generaliza la utilización de instalaciones fotovoltaicas con lo que, al aumentar el número de unidades elaboradas, disminuiría el precio"⁸⁴, además de que el mismo avance en la tecnología de los componentes del sistema podrá conseguir de igual forma una disminución en el costo.

Los nuevos desarrollos permitirán hacer uso de esta tecnología y que la adquisición de la misma sea cada vez mayor y más accesible; asimismo permitirá lograr un mejor aprovechamiento de energía y que en conjunto con diferentes regulaciones y leyes para el uso y aprovechamiento de la energía renovable puedan ser factibles e inciten a la sociedad a hacer uso de ella. Dichas regulaciones y leyes son parte del impacto **político**, que para la presente investigación se considera dentro de políticas y programas sociales, el cual busca tener una regulación y normalización en cuanto al uso de energías renovables en nuestro país, siempre y cuando el usuario de esta tecnología se encuentre conectado a la red reglamentada. Si bien el presente trabajo no pretende dar una postura sobre la aplicación de estas regulaciones, sí busca nombrar aquellas que se involucren para el diseño de la propuesta del mismo con la finalidad de cumplir con los requerimientos establecidos por la ley. Siendo así, a continuación se abordará el tema de regulaciones y leyes que interfieren en el uso de estos sistemas y cuál es el que se pretende utilizar para el presente proyecto.

2.3.2 Regulaciones y leyes para el uso de energía FV

Las disposiciones establecidas en cuanto al uso, aprovechamiento y generación eléctrica en nuestro país han ido evolucionando. En un principio en el



⁸⁴ González, J. (2009). *Energías renovables*. Barcelona: Reverté. p. 212

artículo 27 Constitucional se estableció la “exclusividad de la Nación de generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público, así como el principio de que en esa materia, no se otorgarían concesiones a los particulares”⁸⁵; hoy en día la inversión privada ha tomado partido en diferentes procesos de obtención, aprovechamiento y uso de electricidad, labor que antes era exclusiva de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), órgano público responsable de abastecer de energía eléctrica a nuestro país; actualmente, dicha comisión se encuentra trabajando en colaboración con diferentes empresas para la generación y aprovechamiento de la electricidad. No es intención del presente trabajo entrar en detalles sobre la inserción del sector privado en aspectos públicos, sino solamente mencionar que hoy en día esta participación ya está presente y ha permitido que el acceso a diferentes tecnologías para aprovechar los recursos, en particular los renovables, sea factible para toda la sociedad; resultando por ejemplo, en la creación de microgeneradores de energía en el ámbito residencial, y hasta la inversión en plantas generadoras de gran escala. Es importante estar familiarizados con las leyes y organismos responsables para la generación y distribución eléctrica de nuestro país: “Las disposiciones legales que regulan el sector eléctrico nacional son, entre otras, los artículos 25, 27 y 28 constitucionales, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y financiamiento de la Transición Energética, La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, Ley Federal de Entidades Paraestatales, la Ley de Energía para el Campo y las disposiciones reglamentarias derivadas de cada una de las leyes en cita.”⁸⁶

Estas leyes son las responsables de regular la generación, transporte, almacenamiento y uso de la electricidad, las cuales marcan los lineamientos para

⁸⁵ González, J. (2010, abril). *Sector privado y generación de energía eléctrica*. Centro de estudios sociales y opinión pública, 88, 38, p. 2

⁸⁶ *Íbidem* p. 5



su aprovechamiento; permitiendo un control sobre el uso de la electricidad. Si bien la nación sigue siendo la responsable del control de la energía eléctrica, las actualizaciones a reformas y leyes han permitido que el sector privado tenga lugar dentro del proceso de obtención y distribución de electricidad; por lo que con estas regulaciones controla su suministro. Esta inserción del sector privado ha aumentado a partir de las modificaciones realizadas a la Ley del Servicio Público de Energía eléctrica en 1992, en donde "además de permitir la participación de particulares en la expansión del sistema eléctrico, se incorporan nuevas modalidades de generación de energía, -autoabastecimiento, cogeneración, producción independiente, pequeña producción, exportación e importación- con la particularidad de que tales modalidades no serían consideradas como parte del servicio público."⁸⁷

Con lo anterior se puede dar cuenta de cómo es que el sector privado ha ganado terreno dentro de la generación de energía eléctrica, dando lugar a la obtención de nueva tecnología para aprovechar la electricidad de diferentes maneras en la sociedad; en la Figura 55 se observan los puntos en los que no se considera al sector público y tienen lugar las características anteriores.

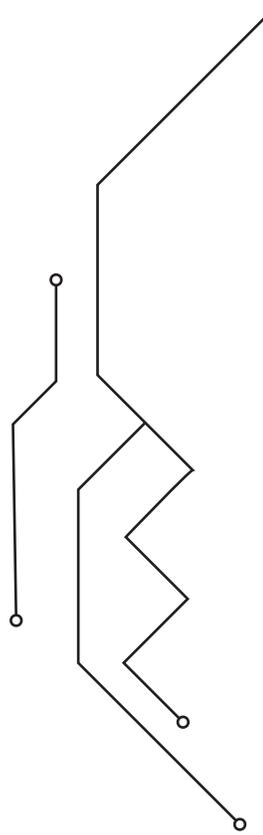


⁸⁷ *Íbidem* p. 7

DISPOSICIONES EN MATERIA DE GENERACIÓN PRIVADA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ARTÍCULO 27 CONSTITUCIONAL PÁRRAFO SEXTO	ARTÍCULO 3 DE LA LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
<p>Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.</p>	<p>No se considera servicio público:</p> <ul style="list-style-type: none"> I. La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción. II. La generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a las Comisión Federal de Electricidad. III. La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción. IV. La importación de energía eléctrica por parte de personas físicas o morales, destinada exclusivamente al abastecimiento para usos propios y V. La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.

Fig. 55 Disposiciones en materia de generación privada de energía eléctrica.
Fuente: Sector privado y generación de energía eléctrica. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública



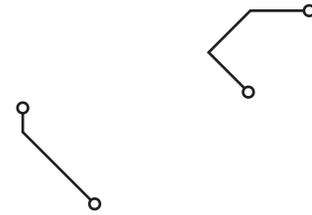
Aunque la industria privada ya genera servicios y facilita a la sociedad herramientas y tecnología para generar energía; las reformas y leyes correspondientes a la generación eléctrica en nuestro país⁸⁸, marcan ciertas limitantes para generar y hacer uso de la misma. Primordialmente, el Plan Nacional de Desarrollo, establece en la estrategia 4.6.2 asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica a lo largo del país, en sus líneas de acción se encuentra: "Promover el uso eficiente de la energía, así como aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas."⁸⁹ Con lo anterior se pretende que se cuente con un mayor uso de tecnologías para aprovechar las fuentes renovables; y para este caso en particular, que la adquisición de paneles sea mayor para poder brindarle a la sociedad energía eléctrica y así aprovechar la fuente solar para la satisfacción de necesidades.

Es a partir de este punto que se deben diferenciar las necesidades que se pretenden cubrir con este proyecto, en donde el objetivo principal es el de brindar electricidad en diferentes espacios geográficos para que diferentes usuarios pueden acceder a ella y así poder realizar la carga de dispositivos electrónicos portables dentro de la Ciudad Universitaria o algún otro espacio público o privado donde se requiera. Por lo anterior se debe de diferenciar qué tipo de carga y qué cantidad es la que se requiere y así se conocerá qué leyes son las que se deben contemplar.

Como se ha podido notar, a lo largo de la historia de la electricidad en México han existido diferentes regulaciones; es así que se han comenzado a emplear sistemas de aprovechamiento de diferentes recursos ya no solo

■
⁸⁸ Para el presente trabajo se mencionarán únicamente las leyes que involucran a las energías renovables.

⁸⁹ Gobierno de la República. (2013). *PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018*. Abril 13, 2015, de Diario Oficial de la Federación Sitio web: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013

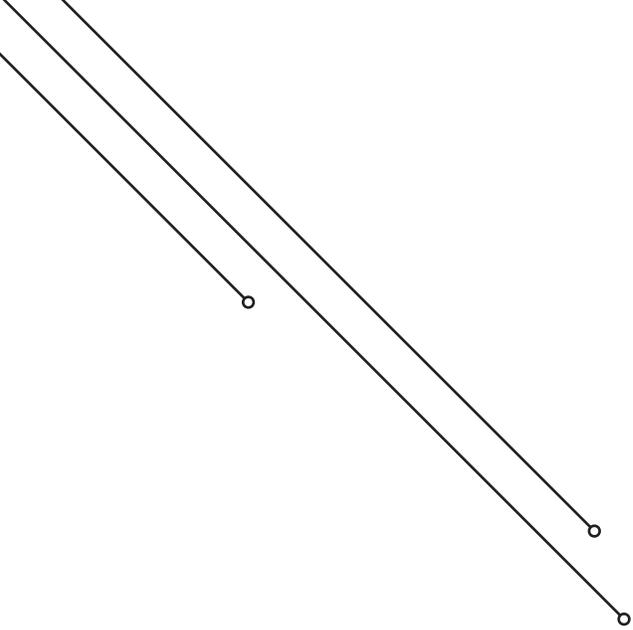


fósiles sino alternativas también. Esto da lugar a que el aprovechamiento de los mismos con fines de generación eléctrica cuente con regulaciones para la producción, almacenamiento, reparto y uso de la energía.

Uno de los organismos encargados de la regulación de electricidad en México es la Comisión Reguladora de Electricidad (CRE) la cual se encarga de regular las actividades que intervienen en la producción, almacenaje y distribución de electricidad, así como la competitividad en la prestación de dichos servicios provenientes de diferentes sectores (público y privado) para el beneficio de la sociedad. La generación de electricidad, como se ha mencionado anteriormente, es propia del sector público, por lo que es necesario contar con un permiso para el uso doméstico o industrial de energía eléctrica. Derivado de esto, es necesario diferenciar dos aspectos en el uso de la electricidad: **interconexión** y **propio**.

En el aspecto **propio** se considera la generación eléctrica sin necesidad de suministrar electricidad a la red, es decir, todos aquellos dispositivos y mecanismos que pueden brindar energía y no representan un costo para el gobierno o el sector privado, no es necesario realizar un pago por el servicio o tener un contrato con la compañía encargada de la distribución de electricidad actual (Comisión Federal de Electricidad). La diferencia con el aspecto de **interconexión** se encuentra en los sistemas de aprovechamiento de energías alternativas que se encuentran conectados a la red eléctrica convencional y en donde al tener un suministro mayor al establecido en contratos y leyes, se suministra el resto a la red actual, otorgando a la CFE energía producida fuera de sus plantas o centrales.

El conocimiento de lo anterior es un punto fundamental para la presente investigación ya que es importante estar conscientes de que al hacer uso de sistemas fotovoltaicos, se debe tomar en cuenta qué uso se le dará; si



bien no está prohibido hacer uso de paneles solares para satisfacer nuestras necesidades eléctricas, existen leyes que establecen las reglas de uso de los mismos dependiendo de la cantidad de energía generada, es decir, a qué escala se genera electricidad.

Dentro de las reglas que la CRE expide, se encuentra la resolución Núm. RES/119/2012 (Anexo) sobre la interconexión al Sistema Eléctrico Nacional para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente. En esta reglamentación la CRE establece las capacidades de las centrales generadoras para poder diferenciar y ubicar conforme a la misma ya sea en pequeña y mediana escala o cogeneración eficiente.

La diferencia entre cada una de ellas es la capacidad que presentan siendo: **pequeña**, (menor o igual a 1KV), **mediana** (mayor a 1 KV y menor a 69 KV) y de **cogeneración eficiente** (hasta 400 KV). Con base en lo anterior y a las necesidades que se buscaron satisfacer para el presente trabajo, se consideró utilizar la pequeña y mediana escala. En el caso de la pequeña escala, puede ser empleada de manera residencial (hasta 10 kW) y de uso general de baja tensión (hasta 30 kW) en edificios, corporativos y empresas que cuentan con un autogenerador; en cambio, la mediana escala (hasta 400 kW) es utilizada mayormente en fábricas e instalaciones industriales en donde el requerimiento energético es mayor. Dependiendo de las necesidades a cubrir, será más o menos factible usar una o la otra, por lo que es importante contar con conocimiento de ambas, sus usos y posibles limitantes.

En la Tabla 2 se observa lo anterior y asimismo se conocen los requerimientos y permisos que se necesitan al hacer uso de paneles solares interconectados a la red.

MODELO DE CONTRATO DE INTERCONEXIÓN

CONCEPTO	PARA FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE O SISTEMA DE COGENERACION EN PEQUEÑA ESCALA	PARA FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE O SISTEMA DE COGENERACION EN MEDIANA ESCALA	CENTRALES DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON ENERGIA RENOVABLE O COGENERACION EFICIENTE
RESOLUCION DE LA CRE	RES/054/2010	RES/054/2010	RES/067/2010
TENSION DE SUMINISTRO	MENORES O IGUALES A 1 kV	MAYORES A 1 kV y MENORES A 69 kV	MAYORES A 1 kV y HASTA 400 kV
CAPACIDAD DE LA CENTRAL GENERADORA	SERV. USO RESIDENCIAL HASTA 10 kW. SERV. USO GRAL. EN BAJA TENSION HASTA 30 kW.	HASTA 500 kW	CAPACIDAD MAYOR A 500 kW Y EN HIDROELECTRICAS HASTA 30 MW
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	ZONA DE DISTRIBUCION	ZONA DE DISTRIBUCION	SUBDIRECCION DE PROGRAMACION
DETERMINACION DE LOS CARGOS POR SERVICIOS DE TRANSMISION	NO APLICA	NO APLICA	SUBDIRECCION DE PROGRAMACION
OFICIO RESOLUTIVO	ZONA DE DISTRIBUCION	ZONA DE DISTRIBUCION	DIVISION DE DISTRIBUCION
PERMISO DE LA CRE (Trámites CRE-00-001,019,029,021,022,023)	NO APLICA	NO APLICA	REQUISITO
SOLICITUD CONTRATO DE INTERCONEXION (Trámite CFE-00-003-A)	ZONA DE DISTRIBUCION	ZONA DE DISTRIBUCION	SUBDIRECCION DE PROGRAMACION
CONTRATO DE INTERCONEXION	MODELO DE CONTRATO ANEXO UNO DE LA RES/054/2010	MODELO DE CONTRATO ANEXO DOS DE LA RES/054/2010	MODELO DE CONTRATO ANEXO DE LA RES/067/2010

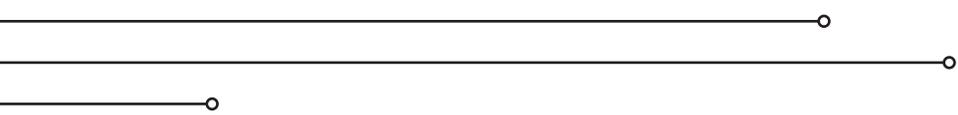
Fig. 56 Requerimientos para interconectividad.
Fuente: <https://is.gd/JAwvNF>

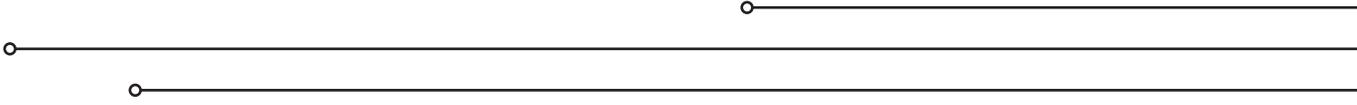
111

Estas reglamentaciones se apoyan en diferentes leyes para poder ser aplicadas, como: la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), ambas con sus respectivos reglamentos, lineamientos y regulaciones para poder hacer uso de la energía.

La LSPEE no considera servicio público el autoabastecimiento, la cogeneración, el pequeño productor, el productor independiente de energía, la importación para uso propio y la exportación, por lo que el uso de sistemas de generación eléctrica a partir de fuentes alternativas pueden ser empleados por cualquier persona siempre y cuando no interfieran con lo estipulado por la CRE y no se encuentren interconectados a la red. Asimismo el reglamento de la LSPEE establece los lineamientos para las disposiciones al momento de hacer uso de la energía, en los cuales establece los reglamentos a seguir por parte del generador y el contratante, buscando siempre el beneficio para con la sociedad y el medio ambiente. También hace referencia al trabajo en conjunto entre las autoridades y demás organismos y sociedades participantes en la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables. Para resumir, la LSPEE y su reglamento buscan propiciar el aprovechamiento de recursos energéticos con la finalidad de apoyar a la sociedad y al ambiente en diferentes aspectos (económico, social, cultural, ambiental, etc.) estableciendo reglamentos para trabajo en conjunto en donde se permite generar energía a través de estos recursos y a su vez las autoridades controlen su uso mediante inventarios, regulaciones, y normas para que así la sociedad cuente con suministro eléctrico.

La LSPEE trabaja en conjunto con otras leyes para aprovechar el uso de recursos no fósiles, como el caso de la LAERFTE, la cual regula el aprovechamiento de energías renovables, así como las tecnologías capaces de





generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica. Esta ley es la que permite a cualquier persona poder generar su electricidad siempre y cuando cumpla con su reglamento; el cual, al igual que el reglamento de la LSPEE, busca reglamentar el trabajo en conjunto entre el contratante, la Secretaría y los usuarios para realizar un uso adecuado de las energías renovables y tecnologías que generan electricidad; asimismo establece los contratos que deben cumplir los usuarios y el contratante para poder contar con este tipo de sistema y usarlo. Al momento de adquirir tecnología como paneles solares, se debe estar consciente de qué uso se les dará y qué necesidades se buscan cubrir, ya que como se ha mencionado anteriormente, esta tecnología se puede emplear de manera aislada o interconectada.

En la Figura 56 se puede observar la evolución en cuanto al marco regulatorio de México, en el que es notable cómo estas regulaciones son recientes, esto debido al auge en el aprovechamiento de energías renovables; pero también, debido a las preocupaciones a nivel mundial sobre el cambio climático, emisiones de CO₂ y la explotación de recursos fósiles, además de las condiciones en México tanto climáticas como geográficas que permiten que el uso de estos recursos sea favorable.

Han permitido mayor participación privada en la generación de energía eléctrica.	1992	Reforma a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE).
	1993	Publicación del Reglamento de la LSPEE.
	1995	Aprobación de la Ley de la CRE.
	2001	Publicación Contrato de Interconexión para <i>Fuentes de Energía Renovable</i> .
Establecimiento de agente gubernamental para regular el sector eléctrico.	2006	Contrato de Interconexión para <i>Fuentes de Energía Renovable</i> . Crédito de capacidad.
	2007	Contrato de Interconexión para <i>Fuentes de Energía Solar a Pequeña Escala</i> .
Energía solar, eólica e hidráulica.	2008	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE).
	2009	Reglamento de la LAERFTE.
	2010	Nuevos instrumentos para <i>Fuentes de Energía Renovable o Cogeneración Eficiente</i> .
Nuevas facultades para la CRE que permiten el aprovechamiento de energías renovables en sistemas de cogeneración eficiente para la generación de electricidad.	2011	<ul style="list-style-type: none"> · Metodología y criterios para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica. · Metodología de aportación de calidad. · Disposiciones generales para acceso de proyectos renovables a la infraestructura de transmisión. · Reformas a la LAERFTE y la LSPEE sobre consideración de las externalidades por tipo de tecnología y sobre contraprestaciones máximas y mínimas.
	2012	<ul style="list-style-type: none"> · Reglas Generales de Interconexión al sistema Eléctrico Nacional. · Disposiciones Generales para acreditar Sistemas de Cogeneración como de Cogeneración Eficiente.

Fig. 56 Evolución del marco regulatorio.
Fuente: <https://is.gd/abcuCF>



FUNDAMENTOS DEL PROGRAMA ESPECIAL PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Promover la participación social durante la planeación, aplicación y evaluación del Programa;

Establecer objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como definir las estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas;

Establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad;

Incluir la construcción de las obras de infraestructura eléctrica necesarias para que los proyectos de energías renovables se puedan interconectar con el Sistema Eléctrico Nacional;

Asegurar la congruencia entre el Programa y los otros instrumentos de planeación del sector energía;

Definir estrategias para fomentar aquellos proyectos que a partir de fuentes renovables de energía provean energía eléctrica a comunidades rurales que no cuenten con este servicio, estén o no aislados de las redes eléctricas, y

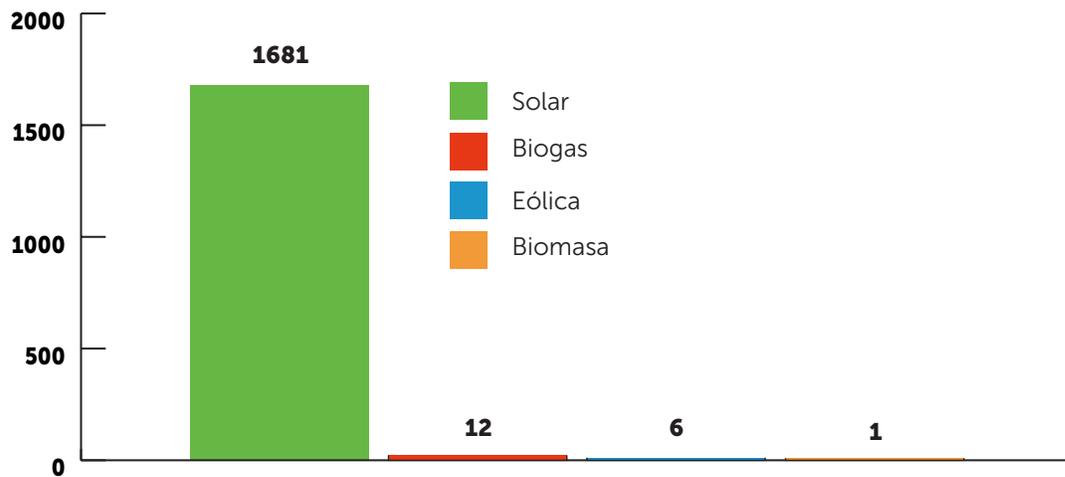
Definir estrategias para promover la realización de proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables, preferentemente para los propietarios o poseedores de los terrenos y los sujetos de derechos sobre los recursos naturales involucrados en dichos proyectos.

Tabla 3. Fundamentos del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.

Fuente: Elaboración propia con datos de PROGRAMA Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables

Con base en estas legislaciones se han aplicado diferentes programas y campañas para incentivar a la sociedad a hacer uso de la tecnología para aprovechar recursos renovables; tal es el caso del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables en donde en la Tabla 3 se observan los fundamentos principales de dicho programa

Es así que diferentes programas buscan incentivar el uso de tecnologías renovables como alternativas al suministro eléctrico convencional; en el caso de la energía solar, este tipo de reglamentaciones y planes han permitido tener un aumento en los contratos realizados para hacer uso de esta energía, como se muestra en la Figura 57.



Total de contratos al 31 de diciembre 2012 = 1,700

Fig. 57 Contratos por tipo de Generación.
Fuente: <https://is.gd/jl2pEi>



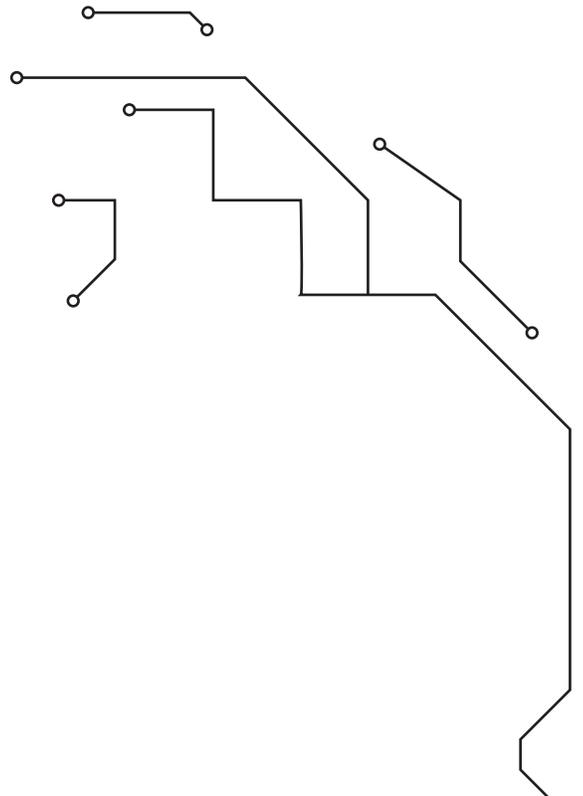
Los contratos se dividen en contratos de pequeña y mediana escala, siendo los primeros los de mayor afluencia en México teniendo un 96% del total de los mismos.

Esta tecnología debe cumplir también con normas para poder ser utilizada dentro de México, éstas regulan que su funcionamiento sea el óptimo y que cumplan con las características para poder ser empleadas; además, también se debe cumplir con otras normas relacionadas con la electricidad como es el caso de la NOM-001-SEDE-2005 (Instalaciones eléctricas y su utilización), NMX-ES-002-NORMEX-2007 (definiciones y terminología de la energía solar), NMX-I-007/2-41-NYCE-2007 y NMX-I-007/2-42-NYCE-2007 (guía para la prueba de radiación solar para equipos y componentes electrónicos-métodos de pruebas ambientales y de durabilidad), siendo éstas las más importantes en lo relacionado al presente trabajo. Igualmente, como ya se ha mencionado, también es necesario cumplir con ciertas normas en la tecnología; esto para el caso de construcción, medición, desempeño y eficiencia como se muestra en la Tabla 4 dentro del apartado Anexos.

Como se ha podido leer hasta el momento, las regulaciones y legislaciones son un punto clave en el uso de tecnología capaz de aprovechar recursos alternativos y que en el caso de la energía solar, se deben tomar en cuenta estas mismas legislaciones además de cumplir con determinados requerimientos en la tecnología. El cumplimiento de dichas leyes y normas son esenciales si se requiere ser un productor de energía y estar interconectados con el suministro actual, es así que se deben considerar los objetivos y la finalidad del presente trabajo para poder determinar los requerimientos legales a cumplir ya que se pretende generar electricidad para la sociedad en un espacio urbano.

La ciudad como espacio geográfico, con determinadas dinámicas y necesidades sociales, es el escenario donde se pueden proyectar nuevos desarro-

llos que impliquen el uso de la tecnología y el diseño con fines de beneficio social. Es así como a lo largo de los últimos años han aparecido nuevas implementaciones de sistemas fotovoltaicos dentro de los objetos de uso cotidiano, tales como telefonía capaz de usar paneles solares, vialidades públicas iluminadas por tecnología fotovoltaica e instalaciones en edificios para generar su propia electricidad. Estos son algunos ejemplos que permiten dar cuenta de cómo los paneles solares son cada vez más utilizados y que en conjunto con la práctica del diseño, pueden satisfacer necesidades de electricidad de manera práctica, portable y de fácil acceso a ella sin dejar de tomar en cuenta las normativas y regulaciones para hacer un uso eficiente de la energía.



03

LA ENERGÍA FV EN EL ESPACIO URBANO



El crecimiento poblacional es un factor importante en las cuestiones energéticas, ya que debido a su aumento, la demanda de electricidad también aumenta, es decir, mientras más personas haya habrá mayor demanda eléctrica. Pero esto no sólo se debe a dicho crecimiento, sino también al aumento y desarrollo tecnológico y cómo éste permite que la tecnología –que depende del suministro eléctrico- sea cada vez más accesible a cualquier persona; por ejemplo, el caso particular de dispositivos electrónicos portátiles: su uso ha aumentado ya que existe una reducción de costos debido al incremento en la demanda, lo que ha permitido que la adquisición y utilización de dispositivos móviles sea más sencilla y accesible a todas las personas.

Estos avances tecnológicos no sólo se ven reflejados en los dispositivos electrónicos portátiles y de uso personal, ya que actualmente el uso de los mismos ha sobrepasado al número de personas que habitan en el planeta⁹⁰, sino que cada vez es más común la aparición de nuevos escenarios donde se puede aprovechar la energía fotovoltaica para cubrir necesidades de tipo laboral, de transporte y vida cotidiana; ejemplos de estos proyectos ya elaborados son los autos eléctricos, electrolinerías fotovoltaicas⁹¹ y los sistemas de autogeneración en edificios.

Es importante observar estos avances y dar cuenta del impacto que tienen dentro de la sociedad, donde idealmente las personas deberían hacer conciencia de las afectaciones al medio ambiente generadas por el uso de recursos fósiles; de modo que el uso de energías alternativas puede perseguir y conseguir una mejor calidad de vida no solo para los usuarios mismos sino para la sociedad en general.

⁹⁰ 7,085 millones de suscripciones a telefonía móvil (mundial) hasta el 2015. ICT. (2015). Key ICT indicators for developed and developing countries and the world (totals and penetration rates). Marzo 16, 2016, de ITU. The United Nations specialized agency for information and communication technologies – ICTs. Sitio web: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/default.aspx>

⁹¹ Miranda, J.M. & Iglesias, N. (2015, noviembre 25). *Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico*. Observatorio Medioambiental, 18, 57 - 85. 2016, abril 21, De Universidad Complutense Madrid Base de datos. P. 71. Puntos de carga y recarga de baterías para vehículos eléctricos.

Nuevos desarrollos tecnológicos han permitido que el aprovechamiento de la energía solar sea cada vez mayor. Con ello se ha logrado el desarrollo y puesta en marcha de nuevas instalaciones eléctricas por medio de sistemas fotovoltaicos, siendo el caso más conocido los parques solares, donde la realización de un sistema interconectado de paneles permite generar electricidad a gran escala⁹² para suministro de la misma en ciudades o regiones específicas, posibilitando al mismo tiempo su transmisión a diferentes zonas. Es decir, que mediante el uso de la red eléctrica actual se pueda suministrar electricidad sin necesidad de continuar explotando los recursos fósiles y así permitir que esta energía alternativa sea aprovechada en diferentes regiones mediante el uso de instalaciones generadoras de energía eléctrica a partir de recursos alternativos como el caso de la energía solar. Los parques solares son los principales generadores de electricidad mediante energía solar en diferentes países; en el caso particular de México, el aprovechamiento de esta energía se presenta más frecuentemente debido a las condiciones geográficas del país y en donde el aumento en el desarrollo de parque solares es notable, como se muestra en la Tabla 4, dando cuenta de las aplicaciones de dichas instalaciones y la cantidad de energía que producen.



⁹² Para consultar las escalas, vid supra, p.49

EJEMPLOS DEL USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN MÉXICO

Sector	Lugar	Potencia KW	Observaciones
Gobierno	Baja California Sur (Santa Rosalía)	1 MW	Generación y distribución
	Baja California (Cerro Prieto)	5 MW	Generación y distribución
	Sonora (Agua Prieta II)	14 MW	Generación y distribución
Industria	Aguascalientes (2011)	3800 KW	Autoabastecimiento para la comunidad
	Aguascalientes (2009) Walmart	174 KW	Autoabastecimiento
Residencial	Baja California, Mexicali (2006)	220 KW	Autoabastecimiento para vecindario

Tabla 4. Usos de la energía fotovoltaica en México.
Fuente: SENER y CFE

Como se observa la electricidad producida por estas instalaciones es mayor y se utiliza para proveer de energía eléctrica a comunidades o instalaciones gubernamentales, siendo estas últimas los principales inversionistas en el uso de dichas tecnologías; no obstante, no se deben olvidar las instalaciones desarrolladas y ubicadas dentro de la ciudad, es decir, los sistemas internos encontrados en residencias, edificaciones y vías públicas, sitios donde la necesidad energética a cubrir es mínima en comparación con la de los parques solares.

En la Figura 52 se puede dar cuenta del aumento notable en el uso de la energía fotovoltaica como alternativa eléctrica a pequeña escala. Hoy en día



la cantidad de contratos de interconexión a la red eléctrica a nivel país, es de 1700⁹³, lo cual es comprobable mediante la observación dentro de las ciudades donde diversas residencias han optado por el uso de esta tecnología con la finalidad de disminuir los costos en el uso de electricidad y asimismo usar esta tecnología para proveer energía a aquellos dispositivos cuya demanda energética es menor.

122

Con base en lo anterior, es posible notar que el uso de esta tecnología dentro de las ciudades se ha comenzado a utilizar como una alternativa, en donde nuevos desarrollos tecnológicos de diferentes sectores (dispositivos portátiles, transporte, iluminación, etc.) han permitido que los sistemas fotovoltaicos sean considerados dentro del diseño, ya sea como forma integral del mismo objeto o externo a él para proveerlo de energía.

Es importante mencionar la diferencia que existe entre los países desarrollados y la situación de México. En los primeros existe un mayor número de adelantos en sistemas fotovoltaicos, no sólo a nivel de residencia o como sistemas periféricos, sino que la integración de estos sistemas al objeto ha permitido tener una variedad de mecanismos y/o dispositivos que funcionan por medio de esta tecnología, que además de desempeñarse adecuadamente, también tienen la capacidad de poder brindar energía para los usuarios. En el caso de México se puede observar que estas formas de utilizar dichos sistemas no se compara con otros países, dando lugar a que el aprovechamiento de la energía solar para producción de energía eléctrica resulte en desarrollos internos en residencias, edificios y en dispositivos urbanos como teléfonos públicos, parquímetros y luminarias públicas donde además se cuenta con las siguientes ventajas mencionadas por la CFE:

■
⁹³ Fig. 52 Contratos por tipo de Generación. *Regulaciones del Sector Energías Renovables en México "Mecanismos de entrada al mercado eléctrico para plantas fotovoltaicas"*. Marzo 17, 2015, de CRE Sitio web: http://mexiko.ahk.de/fileadmin/ahk_mexiko/Inversiones/fotovoltaica/EEE/3_CRE.pdf p. 17

1. Ayudar a la conservación del medio ambiente al utilizar fuentes de energía renovables, ya que disminuye las emisiones de CO₂ al evitar la generación con combustibles fósiles
2. Descongestionar los sistemas de transporte de energía eléctrica en la red de alta tensión
3. Aplazar la necesidad de inversiones en los sistemas de transmisión
4. Disponer en baja tensión de una reserva en la capacidad instalada del suministrador
5. Disminuir los costos de mantenimiento en los elementos de la red de distribución, (transformadores, cuchillas, líneas, fusibles, etc.)⁹⁴

Tanto el aprovechamiento de la energía en los parques solares y su nueva inserción en el mobiliario urbano, han empujado la implementación de nuevos desarrollos que permitan el aprovechamiento en otras escalas y para usos adaptados a las nuevas necesidades sociales.

De tal manera que la vista ha girado hacia la creación de módulos o dispositivos que puedan brindar esta capacidad de carga eléctrica en diferentes partes dentro de la ciudad; tal es el cambio, que las disciplinas y los profesionales fuera de las ingenierías están interesados en la creación, como el *Building Integrated Photovoltaic* y el *Building Applied Photovoltaic*, los cuales si bien ya se encuentran en nuestra ciudad, no son conocidos como tal y cuya definición se basa únicamente en la integración o adjunción de sistemas fotovoltaicos en edificios.

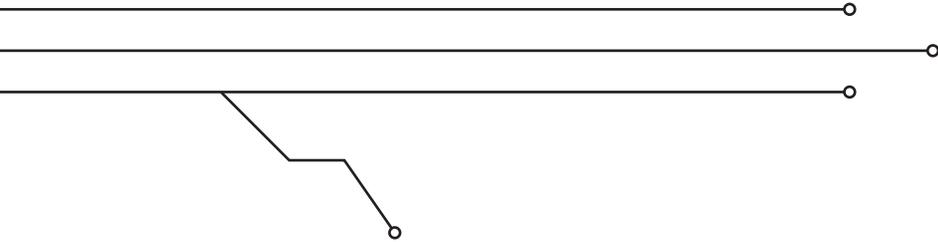
Para entender un poco más sobre cómo es que los sistemas fotovoltaicos se encuentran en un sistema interno y cómo éstos permiten solucionar la necesidad de carga eléctrica por medio de la energía solar, se sintetizarán los conceptos y se explicará cómo es que estos términos pueden aplicarse a la presente investigación e incluirlos en el diseño y propuesta.

⁹⁴ CFE. (2015). *Programa de Ampliación y Modernización de las Redes Generales de Distribución 2015 – 2019*. Abril 2015. p. 47

Estos dos términos (BIPV y BAPV) hacen referencia a la forma de utilizar los sistemas fotovoltaicos y cómo se encuentran principalmente en residencias o edificios. Los primeros usos de esta terminología se emplearon dentro del ámbito de la arquitectura en donde era una forma de poner esta tecnología en el edificio y que conforme a los avances en el desarrollo de la tecnología estos sistemas se pudieran encontrar conectados a la instalación eléctrica de los edificios. Los primeros paneles fueron colocados en las azoteas de los edificios, esto debido al espacio que se requería para su instalación, así como a otros requerimientos como la irradiación, sombras y ángulos de instalación. (Fig. 58).



Fig. 58 Los principios en instalaciones FV se encontraban en las azoteas.
Fuente: <https://is.gd/uRqZie>



Conforme fue siendo más viable y factible la adquisición y uso de sistemas fotovoltaicos, se fueron empleando cada vez más dentro de los edificios, donde al momento de su construcción se diseñaba el edificio y la instalación eléctrica de tal forma que fueran capaces y aptos para la instalación de estos sistemas, los cuales primordialmente servían como una alternativa al uso eléctrico en luminarias. Es así como posteriormente estos sistemas se fueron integrando cada vez más a la arquitectura y al mismo tiempo, los avances tecnológicos permitieron que dichos sistemas generaran mayor potencia y así poder cubrir más necesidades dentro de los edificios.

Los avances tecnológicos y su inserción en el campo del diseño, han permitido que hoy en día estos sistemas se puedan diseñar de diferente forma, que puede ser parte arquitectónica del edificio en sí, es decir, sistemas que son empleados como ventanas en la edificaciones, o muros que se adecuan a la forma de la arquitectura y se fusionan con la misma para estar en conjunto con ella y no ser un agente externo. Por lo anterior y con base a lo mencionado por James *et al* en el análisis a los sistemas de BIPV en azoteas, quienes mencionan que no existe una definición como tal pero: "Muchos observadores describen al BIPV como un producto multifuncional -en donde actúa de dos formas, como material del edificio y como dispositivo para generar electricidad" (*Many stakeholders describe BIPV as a multifunctional product -one that acts as both a building material and a device that generates electricity*)⁹⁵. Es a partir de este punto en donde se distinguirá la diferencia entre estos dos términos, en donde en el BAPV hace relación a su nombre, valiéndose de una aplicación fotovoltaica adjunta, es decir, que el edificio utiliza paneles o sistemas fotovoltaicos que no son parte de los materiales de construcción, sino productos semi-integrados,⁹⁶ en el cual "estos productos combinados no reemplazan a los materiales tradicionales del edificio, y algunos observadores los han descrito como aplicaciones fotovoltaicas en el edificio" (*these combined*

⁹⁵ James, T., Goodrich, A., Woodhouse, M., Margolis, R. & Ong, S. (2011). *Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) in the Residential Sector: An Analysis of Installed Rooftop System Prices*. NREL, NREL/TP-6A20-53103, 39. p.1

⁹⁶ Se entenderá como producto semi integrado, a todos los sistemas, mecanismos o dispositivos que se adjuntan o aplican a un diseño después de ser diseñados.

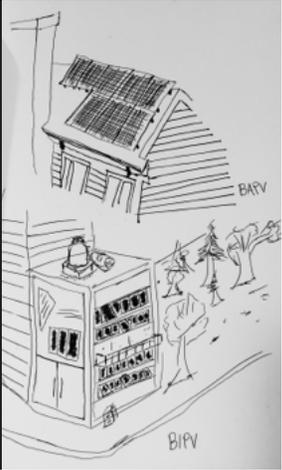


Fig. 59 Diferencia entre BIPV (abajo) y BAPV (arriba)
Fuente: Elaboración Propia

*products do not replace traditional building materials, and some stakeholders have described them as building applied PV).*⁹⁷

Por lo tanto, para la presente investigación se entenderá como BIPV a la integración de la tecnología en conjunto con el diseño y/u objeto, en donde ésta forma parte del mismo y de su forma; por lo contrario, el BAPV se definirá como la aplicación de esta tecnología de forma adjunta al diseño. Para entender de manera gráfica estos términos en la Figura 59 se observa la diferencia entre los mismos.

Habiendo entendido lo anterior, es importante mencionar dos cosas que parecerán un tanto repetitivas pero se consideran pertinentes. Primeramente, reiterando que México tiene una gran disponibilidad para el aprovechamiento de este recurso (energía solar) y que a pesar de las condiciones climatológicas con las que se cuenta, aún no presenta un avance considerable en su uso, si bien se pueden encontrar residencias, edificios y fábricas que hacen uso de paneles solares y sistemas de iluminación pública entre otros, es notable que en comparación con otros países, México ha comenzado a utilizar diferentes sistemas de carga eléctrica a partir de tecnología fotovoltaica como: estaciones de carga de vehículos eléctricos (principalmente en el sector privado), módulos en vías públicas (parquímetros, teléfonos) y principalmente en uso residencial, sin embargo los campos de aplicación de estos sistemas pueden ser mayores, al extenderse a la aplicación en vehículos, estaciones de recarga, medios de transporte, puntos de venta, etc.

Por otro lado, el uso de estos sistemas ya sea en cualquiera de sus dos formas como BIPV o BAPV son sistemas que se encuentran interconectados a la red eléctrica convencional y que deben de cumplir con las normas previamente descritas en este trabajo, dependiendo de la cantidad de energía eléctrica que se desee generar; siendo así que la diferencia entre ellos reside en la forma de integrar éstos sistemas y que para fines de este trabajo se podrán llegar a utilizar estos términos pero de forma que se apliquen al diseño industrial, y especialmente hacia la propuesta de módulos autoenergizantes que se propondrán hacia el último capítulo.

⁹⁷ James, T., Goodrich, A., Woodhouse, M., Margolis, R. & Ong, S. (2011). *Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) in the Residential Sector: An Analysis of Installed Rooftop System Prices*. NREL, NREL/TP-6A20-53103, 39. p.1

A partir de esto es necesario involucrar dos términos que serán de utilidad al momento de realizar la propuesta ya que se encuentran ligados con el presente proyecto de investigación y permitirán que el objetivo principal sea cubierto; estos términos son la *autoenergización* y la *microgeneración*.

3.1 Autogeneración eléctrica

Hoy por hoy la generación eléctrica en México depende de la Comisión Federal de Electricidad (CFE); organismo gubernamental que dentro de sus funciones se encuentran las de transmisión, generación y distribución de la energía eléctrica. Funciones que ha desarrollado con la finalidad de que los costos de éstas sean mínimas y que su rendimiento sea cada vez mayor para el beneficio de la sociedad, todo en base a "principios técnicos y económicos."⁹⁸ Para lograr lo anterior se promulgo una ley⁹⁹ (ley promulgada en la ciudad de Mérida, Yucatán el 14 de agosto de 1937 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 1937)¹⁰⁰ que permite a la CFE realizar estas funciones y le otorga exclusividad para las mismas, provocando con esto que la generación de electricidad sea únicamente responsabilidad de dicho organismo.

Uno de los puntos importantes y claves de este organismo fue el de homologar los voltajes de operación y frecuencias distribuidas en nuestro país con la finalidad de "estandarizar los equipos, reducir sus costos y los tiempos de fabricación, almacenaje e inventariado."¹⁰¹ siendo así que la unión de diversos factores (combustibles fósiles, recursos naturales, maquinaria y recursos humanos) dan lugar a que se pueda disfrutar de la energía eléctrica; el proceso como ya se explicó anteriormente puede

⁹⁸ Comisión Federal de Electricidad. (2014). *CFE y la electricidad en México*. Agosto 13, 2015, de CFE Sitio web: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx

⁹⁹ Ley de creación de la CFE, promulgada el 14 de Agosto de 1937

¹⁰⁰ Comisión Federal de Electricidad. (2014). *CFE y la electricidad en México*. Agosto 13, 2015, de CFE Sitio web: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx

variar conforme al recurso empleado, como ejemplo, se considera la producción eléctrica por medio de energía hidroeléctrica, en la que el trabajo se obtiene con el aprovechamiento de un caudal dirigido por un embalse a un cuerpo de turbinas, las cuales al recibir el flujo giran sobre su eje que está conectado a un generador y producen energía, ésta posteriormente pasa a un transformador para ser suministrada. Asimismo, mediante el uso de combustibles se puede generar electricidad, ya que éstos se queman con la finalidad de producir vapor, el cual pasa a alta presión por un cuerpo de turbinas que al girar generan energía que posteriormente se transforma en electricidad para su suministro.

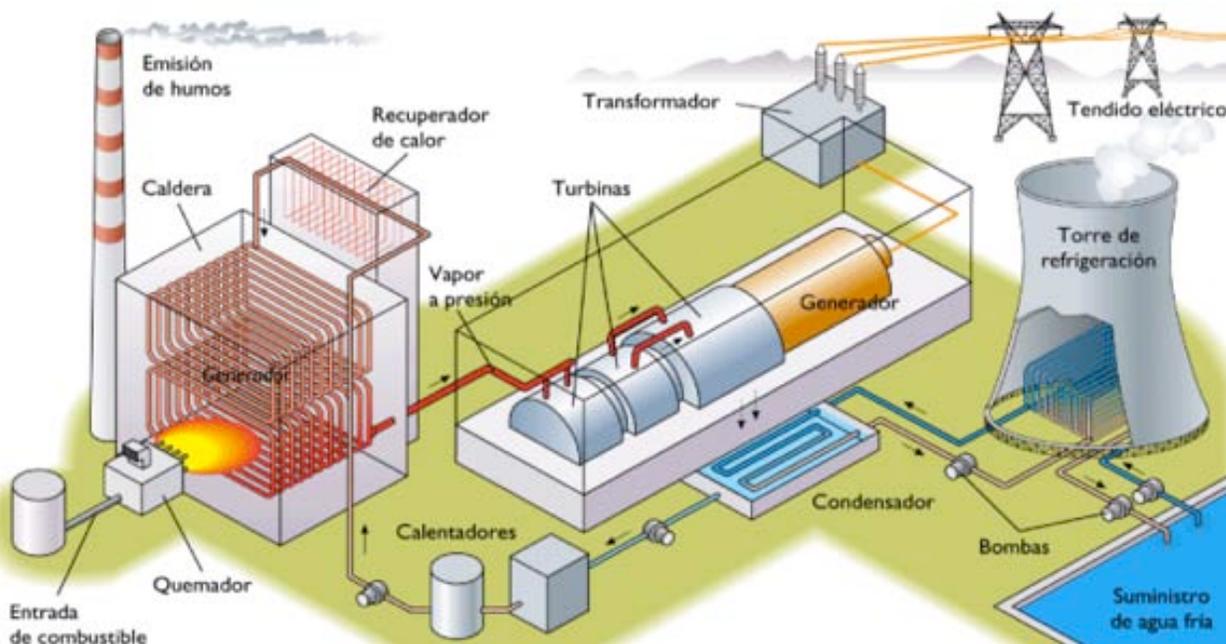


Fig. 60 Esquema del proceso de generación eléctrica a partir de recursos fósiles.
Fuente: <https://is.gd/9mYA2V>

Como se puede observar, los procesos, tanto de recursos naturales como fósiles, son muy similares, en ambos se genera energía que se transforma en electricidad y que se distribuye por medio de redes de distribución para suministrar a todo el país. Estos procesos presentan gastos de producción, los cuales se retribuyen mediante las tarifas establecidas por consumo ya sea a nivel doméstico o industrial. Dichas tarifas se conforman dependiendo de diferentes aspectos como se ve en las Tablas 6, 7 y 8, localizadas en el Anexo, en las que se establecen los precios por tipo de servicio y consumo eléctrico utilizados en México y que se dividen en doméstico e industrial. Para las consideraciones y requerimientos del presente trabajo se tomó en consideración la baja tensión, pero también se debe tener en cuenta que en esta categoría se encuentran los servicios de Mediana Tensión, Alta Tensión, Servicios de Respaldo y Servicio Interrumpible.

Esta forma de generación eléctrica –llamada hasta ahora convencional es la que se ha empleado desde hace tiempo, y depende de un organismo (en este caso CFE) para poder aprovechar la electricidad en nuestra vida diaria y poder realizar diversas actividades. Pero, ¿qué sucede cuando no se encuentra cerca de una red de distribución? o ¿la red convencional instalada en determinado sitio no permite conectarse a la misma? Es aquí donde hace aparición la autogeneración, en la cual la dependencia de una red eléctrica se puede eliminar, permitiéndolo con esto poder generar electricidad en cualquier parte o zona en donde se desee, siempre y cuando se haga responsablemente.

El constante crecimiento poblacional y urbano ha provocado diversas repercusiones en diferentes ámbitos, pero en el caso particular de la electricidad este crecimiento ha dado lugar a que se necesite de una mayor producción con el fin de que todos los humanos cuenten con energía eléctrica para el desarrollo de sus actividades. Estas actividades como ya se mencionó anteriormente, muchas veces no se realizan cerca de una red de distribución o



debido al aumento en la carga eléctrica en consecuencia con el aumento de usuarios de la misma, se puede presentar una insuficiencia energética o sobrecargas, provocando con esto apagones y fallas. Por ello, el uso de sistemas capaces de generar electricidad sin necesidad de una red de distribución han sido implementados, tal vez el caso más común y conocido son las plantas de luz o de energía, las cuales generan electricidad para poder suministrarla a la red y con esto contar con la electricidad suficiente para el funcionamiento de dispositivos, sistemas o edificios completos. Es preciso mencionar que "a partir de 1992, se modificó el Reglamento del Servicio Público de la Energía Eléctrica, donde apareció la figura de autoabastecedor"¹⁰² con lo que se consiguió que cualquier empresa o usuario de sistemas de autogeneración pudieran generar electricidad y distribuirla por medio de la red eléctrica para emplear el excedente en otras localidades.

A este tipo de sistemas y maquinaria se le puede considerar como un sistema de autogeneración, el cual la CRE lo define a partir del concepto de autoabastecimiento, como: "la utilización de energía eléctrica para la satisfacción de las necesidades propias del permisionario o del conjunto de copropietarios o socios."¹⁰³ Con lo que se podrá entender a la autogeneración como: un sistema capaz de generar electricidad mediante diferentes recursos naturales o no naturales, sin dependencia de la red convencional y que así mismo realiza la función de suministro, para uso propio o común.

La *autogeneración* eléctrica puede ser un término que no se emplea regularmente en nuestros días o que se puede considerar como relativamente nuevo, pero en realidad se ha empleado desde el pasado. El uso principal se presenta en los sectores de la construcción y en el sector médico, en los cuales debido a las tareas que se realizan, la dependencia de la electricidad es alta; por lo que la necesidad de contar con un dispositivo capaz de suministrar energía en caso de una



¹⁰² Fernández, M., Huante, L. & Romo, C. (2006). *Sistemas de Cogeneración*. Septiembre 3, 2015, de IIE Sitio web: <http://www.iie.org.mx/boletin022006/art.pdf> p. 68

¹⁰³ CRE. (s/f). *Guía para solicitar permisos de generación, exportación e importación de energía eléctrica*. Septiembre 14, 2015, de CRE Sitio web: <http://www.cre.gob.mx/documento/1217.pdf>



falla eléctrica o por falta de una red de distribución es indispensable. Por lo que se pueden considerar como *sistemas de emergencia* y de *ahorro energético*.

El sistema de funcionamiento de estos mecanismos consiste en el aprovechamiento de un recurso (fósil o natural) el cual mediante diferentes métodos produce electricidad, ya sea por medio de la quema de un combustible (para el caso de recursos fósiles) o el aprovechamiento de energías alternativas. Estos sistemas permiten su uso ya sea durante un periodo determinado, como *sistemas de emergencia* en caso de falta de suministro eléctrico o como *sistemas de ahorro energético*.

Para el uso de sistemas de *autogeneración* en un tiempo determinado, se puede considerar como ejemplo un estudio de factibilidad de uso de estos sistemas dentro de una empresa, la cual está conectada a la red y se desea tener un consumo energético menor en determinadas horas del día. Conforme al artículo *Autogeneración de energía eléctrica una alternativa para disminuir los gastos por consumo en los horarios punta* se menciona que este sistema se puede aplicar cuando se tenga:

- Un bajo factor de utilización de potencia
- Procesos que utilizan la potencia y/o consume la energía en horarios picos
- Proceso de arranque de motores eléctricos de gran potencia en forma simultánea
- Un servicio eléctrico de calidad deficiente (cortes imprevistos, baja tensión, etc.)¹⁰⁴.

Es importante mencionar que el principal uso de este sistema en esta forma de aplicación se encuentra en la industria, ya que al contar con maquinaria que requiere estar consumiendo electricidad de manera constante durante el día, el uso de energía eléctrica es inminente e indispensable, siendo así que se busque ahorrar en tarifas de consumo; por lo que la electricidad generada de manera con-

¹⁰⁴ León, R., Ybarra, C., & Hernández, J. (s/f). *Autogeneración de energía eléctrica una alternativa para disminuir los gastos por consumo en los horarios punta*. Agosto 13, 2015, de IMPULSO
Sitio web: http://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/Documents/v1/v1_art12.pdf pp. 68 - 70

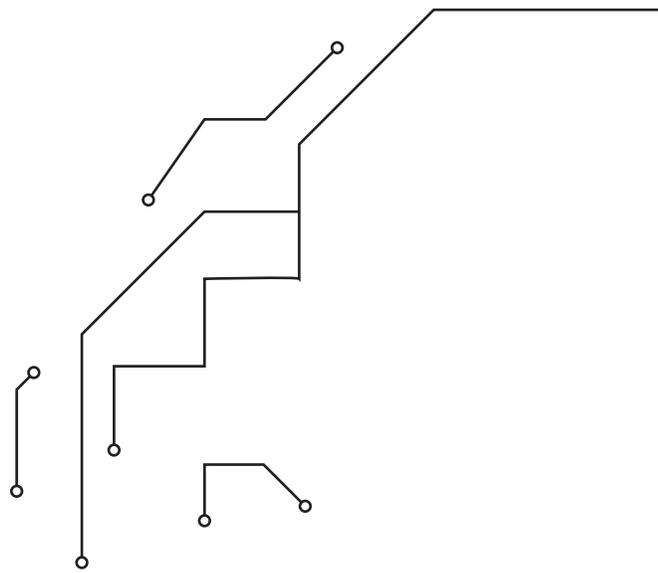
vencional y utilizada en horas hábiles, que es cuando la maquinaria trabaja, puede ser reemplazada por un autogenerador, brindando con esto una alternativa en el suministro eléctrico para disminuir costos, siempre y cuando no se trabaje de manera ilícita y respetando siempre la legislación actual para el uso de estos sistemas de generación.

3.1.1 Sistemas de Generación

Se consideran dos tipos de sistemas de generación, los cuales se dividen en emergencia y ahorro. En relación con los sistemas de emergencia estos pueden ser los más conocidos entre la población, ya que se encuentran de manera común en diferentes sectores, incluyendo algunas veces el residencial. En ocasiones, cuando que se está en un cine, hospital, salón de eventos e inclusive en la escuela, se puede ser testigo de alguna falla eléctrica que se manifiesta como un apagón, al ocurrir esta falla el suministro eléctrico vuelve unos segundos después de que ocurre, esto se debe a que una planta de emergencia entra en funcionamiento al detectar una falta de suministro de la red y comienza a generar electricidad con la finalidad de no afectar las actividades que se estaban realizando.¹⁰⁵ Como su nombre lo indica son autogeneradores de emergencia, los cuales se encuentran como soporte a la red convencional en caso de presentar alguna falla.

Los sistemas de ahorro energético se pueden considerar como todos aquellos que permiten reducir costos en las tarifas establecidas por la CFE. Es importante mencionar que este tipo de sistema busca no sólo hacer uso de autogeneradores por determinado tiempo, sino que se pretende utilizar dichos sistemas durante un periodo más largo o inclusive, que provea de electricidad en su totalidad de uso a determinados dispositivos o áreas. Un ejemplo claro de este tipo de sistemas se puede encontrar en la industria de la construcción, en donde se hace uso de plantas de energía para suministrar electricidad a la maquinaria y que ésta funcione, de igual forma se emplea para generar electricidad para ilu-

■
¹⁰⁵ La mayoría de este tipo de autogeneradores funciona a base de combustibles fósiles (Diesel) que permiten que un motor de combustión funcione provocando un impulso en el alternador, el cual suministra de energía eléctrica a una zona determinada.



minación durante un periodo de trabajo. Es importante señalar que la mayoría de estos sistemas también funcionan mediante el uso de recursos naturales o renovables, como es el caso de los aerogeneradores o sistemas solares los cuales hoy en día pueden encontrarse como parte de instalaciones eléctricas que pueden suministrar electricidad a toda una residencia, edificio o para la utilización de diferentes dispositivos.

Hasta el momento se tiene un panorama general referente a estos tres sistemas de autogeneradores, los cuales han dado cuenta de su inserción en diferentes sectores; sin embargo, la mayoría de dichos sistemas son desarrollados por el sector privado, el cual es el responsable de la fabricación, mantenimiento y conexión de dichos dispositivos. Entre los principales proveedores extranjeros de estos sistemas se encuentran compañías como IGSA, MOPAR y SELMEC, las cuales presentan diversas opciones en cuanto a las necesidades requeridas, que pueden ir desde 10 KW hasta 50 MW, inclusive se pueden realizar proyectos especiales para abarcar una mayor capacidad. Es por esto que el sector privado es el principal proveedor de este tipo de servicios y aunque sea capaz de generar su propia electricidad, debe de cumplir con la normas y leyes establecidas; si bien la CFE es el único organismo que puede generar electricidad y suministrarla, estas compañías pueden realizarlo siempre y cuando no comercialicen la distribución de recurso eléctrico y cumplan con las condiciones marcadas por la CFE en cuanto a la interconexión y producción de energía.¹⁰⁶

Por otro lado se tiene el uso de energías alternativas a partir de los recursos naturales dentro de sistemas de autogeneración, si bien hoy por hoy el uso de paneles y aerogeneradores se ha incrementado y se ha comenzado a utilizar en mayor cantidad, también es conveniente mencionar que el uso del gas natural también se ha utilizado dentro de estos sistemas, tal vez no para una generación alta, pero sí para poder producir una potencia de 400 KW. Al igual que los sistemas que hacen uso de combustibles, estos sistemas a base de luz solar y aire tienen un funcionamiento y proceso similar, y asimismo cuentan con regulaciones y normas para poder hacer uso de ellos dentro de territorio mexicano.



¹⁰⁶ Dentro del apartado 2.3.2 Regulaciones y leyes para el uso de energía FV, *vid supra*, p. 47

Este tipo de autogeneradores permiten que el ahorro en costo sea mejor en relación con los que utilizan recursos fósiles (diesel, gas) ya que los costos se presentarán durante la inversión y no durante el funcionamiento del generador, no hay que dejar de considerar los dispositivos extras para su funcionamiento y el mantenimiento.

Sistemas solares y de viento son más comunes en las ciudades (en la Ciudad de México el recurso eólico que se tiene no es el conveniente para la aplicación de estas tecnologías), sus aplicaciones se encuentran principalmente a nivel residencial, aunque el sector industrial ha optado por usarlos de forma que permita un ahorro en cuanto al suministro eléctrico; en muchas ocasiones estos sistemas se encuentran instalados en zonas en donde el consumo es menor, como en estacionamientos con la finalidad de cubrir la necesidad de alumbrado ya sea para el edificio, para las áreas que se encuentran en el perímetro de las mismas o para aprovechamiento de energía eléctrica para el funcionamiento de dispositivos electrónicos.

A diferencia de los sistemas que hacen uso de combustibles, Los sistemas alternativos son mayormente empleados como sistemas de ahorro de energía, los cuales permiten tener una disminución en las tarifas establecidas por la CFE, pero que además este tipo de instalaciones deben de cumplir con determinadas leyes para que puedan ser instaladas¹⁰⁷ y funcionen de manera adecuada conforme a la ley. No por esto se quiere decir que no se pueda hacer uso de estos sistemas para generar electricidad para un requerimiento energético mayor, sino que para el presente trabajo y conforme se mencionaba con anterioridad, las instalaciones que se consideraron son las internas, las cuales son empleadas para un consumo menor y dentro de la ciudad.

■
¹⁰⁷ Dentro del apartado 2.3.2 Regulaciones y leyes para el uso de energía FV, *vid supra*, p. 50

El viento, fuente de energía

La energía eólica se ha convertido en una de las alternativas renovables más utilizadas.

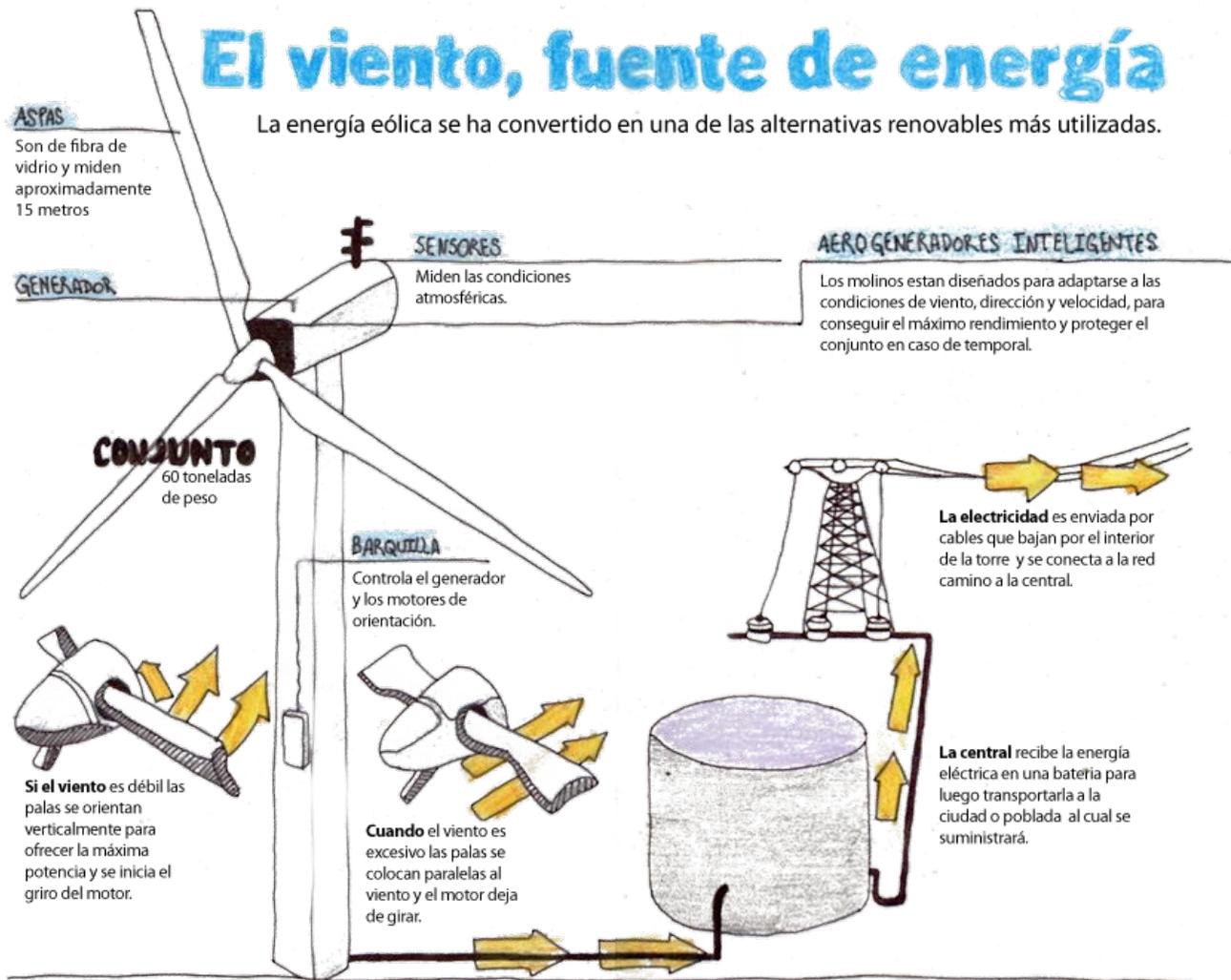


Fig. 61 Sistema Aerogenerador.
Fuente: <https://is.gd/KOzfJC>

En la Figura 61 se observa un **sistema aerogenerador**, en donde el flujo de aire produce un giro en la turbina eólica generando energía, la cual posteriormente se transforma para poder hacer uso de ella como electricidad.

Como se muestra en la figura anterior, el proceso es similar y su función es la misma, generar electricidad a partir del movimiento. Es importante mencionar que este tipo de aerogeneradores han ido evolucionando y el diseño ha permitido que esto suceda, ya que hoy en día se encuentran aerogeneradores inteligentes, los cuales pueden variar su geometría para aprovechar al máximo el viento y las condiciones del mismo, desde sistemas que provocan que las aspas giren y cambien de posición conforme a la presión que ejerza el viento, así como el giro dependiendo de la velocidad y dirección del mismo.

¹⁰² Fernández, M., Huante, L. & Romo, C. (2006). *Sistemas de Cogeneración*. Septiembre 3, 2015, de IIE Sitio web: <http://www.iie.org.mx/boletin022006/art.pdf> p. 68

En relación con los **sistemas fotovoltaicos**, estos también presentan una función similar en donde al recibir la radiación solar producen energía que después es convertida en electricidad para poder aprovecharla. Estos sistemas también dependen de dispositivos extras para poder proveer de electricidad a la red (doméstica o industrial). En la Figura 62 se observa cómo está compuesto un sistema fotovoltaico y los componentes que lo conforman.

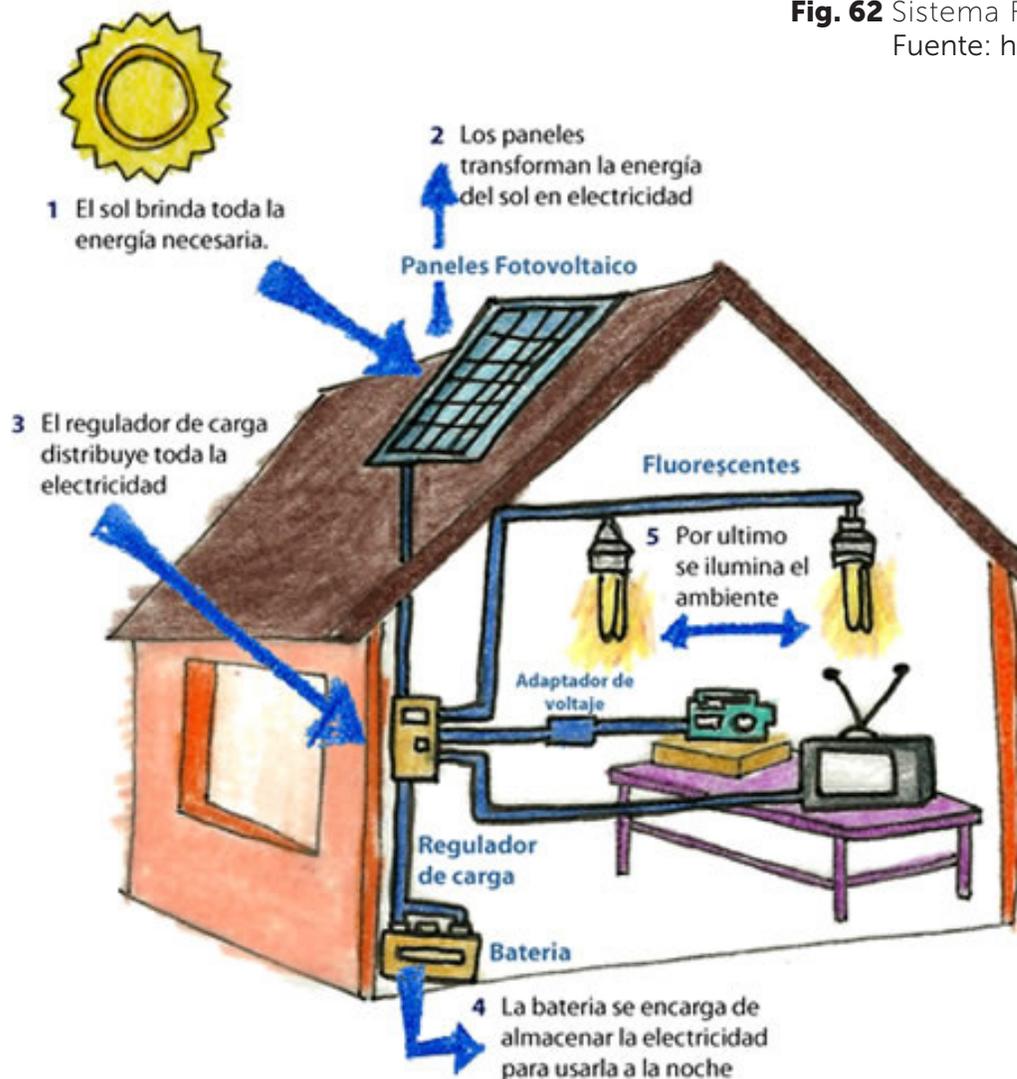


Fig. 62 Sistema Fotovoltaico.
Fuente: <https://is.gd/YHs4j3>



Estos sistemas fotovoltaicos tiene la facilidad de poder integrarlos en un diseño particular y debido a la variedad con la que se encuentran estos paneles (flexibles y rígidos) las aplicaciones aumentan. Si bien lo más común es descubrirlos en azoteas, gracias a los avances en la tecnología ya es posible encontrarlos en forma de ventanas, los cuales son empleados en edificios, o bien como celdas flexibles que siguen un patrón determinado o curva específica y no alteran al diseño y vista del edificio u objeto. Es por esto que las aplicaciones de este tipo de sistemas puede ser cada vez mayor en nuestra sociedad.

De igual manera es importante mencionar que estos sistemas pueden tener diversas conexiones (serie o paralelo) para permitir que la energía entregada sea mayor y cumpla un mayor número de necesidades. Es así que no se debe de pasar por alto el uso de componentes extras para estos sistemas, que son los que permitirán que se pueda generar y acceder a la electricidad. Hoy en día el mercado de sistemas fotovoltaicos se encuentra en aumento y cada vez se encuentra más competencia, siendo primordialmente la industria privada el principal productor y comercializador de estos sistemas. Empresas como Onyx Solar, Yingli Solar y AGC Solar se encuentran desarrollando nuevas tecnologías para poder adaptar el sistema al diseño y también continuar con la producción de los paneles convencionales para las aplicaciones como se ha mencionado.

Es así que estos sistemas son considerados como sistemas de microgeneración, los cuales generan electricidad a una escala menor y para cumplir necesidades y requerimientos eléctricos menores, como es el caso del presente trabajo, que ofrece brindar una alternativa de suministro eléctrico para la carga de dispositivos móviles ó portátiles que se encuentre integrada al diseño.

3.2 Sistemas de generación en pequeña escala

Con el fin de esbozar más claramente el tema hasta ahora abordado, se describirán tres formas de generación de electricidad para auto consumo encontrados dentro de los sistemas internos¹⁰⁸ (edificios, residencia, alumbrado público, negocios, etc.): la cogeneración, trigeneración y microgeneración (esta última con la posibilidad de poder estar presente en las dos primeras). Como se ha dicho, estos sistemas de generación permiten que los usuarios puedan acceder a una alternativa en cuanto al suministro eléctrico, permitiéndoles disminuir costos en el servicio convencional; asimismo es importante mencionar que dichos sistemas deben de estar interconectados a la red eléctrica para que en caso de tener excedentes, sean suministrados a la CFE ya que en cuestión de no generar lo suficiente pueden emplear la electricidad generada y distribuida por ellos.

3.2.1 Cogeneración

La función esencial de los sistemas de cogeneración es la de producir electricidad y calor a partir del uso de una fuente de energía primaria como el combustible, el cual al hacer combustión, crea vapor que se emplea para activar equipos mecánicos o para suministrarlo en diferentes procesos para sistemas de calefacción. En cuanto a la generación eléctrica estos sistemas aprovechan la combustión de tal manera que al producir vapor, éste fluya por turbinas que se encuentran conectadas a un generador, propiciando con esto la producción de electricidad.

El principal uso que existe de este sistema se encuentra en la industria por lo que: "Se puede decir que la aplicación de la cogeneración es viable en procesos industriales cuando el costo de energía eléctrica producida es menor al precio que ofrece la empresa que proporciona el servicio en el lugar donde se ubica la instalación"¹⁰⁹



¹⁰⁸ *vid supra* p. 11

¹⁰⁹ Fernández, M., Huante, L. & Romo, C. (2006). *Sistemas de Cogeneración*. Septiembre 3, 2015, de IIE Sitio web: <http://www.iie.org.mx/boletin022006/art.pdf>

PRODUCCIÓN EN COGENERACIÓN

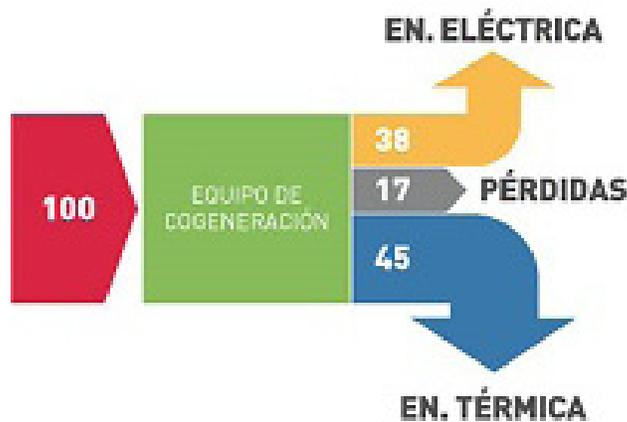


Fig. 63 Sistema de Cogeneración.
Fuente: <https://is.gd/yaHQDf>

Como se observa en la Figura 63, el proceso de cogeneración hace uso de turbinas, las cuales al encontrarse con un flujo (de vapor) producen electricidad. Si bien estos sistemas pueden desarrollarse a nivel interno, es bien sabido que su mayor aplicación se encuentra en la industria, en el caso de México el sector que más aprovechamiento hace de este tipo de sistemas es el petrolero, aunque "la Secretaría de Energía menciona en su boletín # 598 (SENER, 2001), que el potencial de generación en el sector industrial, específicamente en las industrias del papel, vidrio, acero, azucarera y petrolera, fluctúa entre los 5,200 y 9,750 MW."¹¹⁰ Sin embargo, hoy en día este sistema de generación ha estado en aumento en México, ya que se ha empezado a utilizar a diferentes escalas (micro, pequeña y mediana); "Su implementación en pequeña escala y particularmente en las residencias o pequeños edificios, se ha hecho más visible en los últimos años, debido principalmente al costo de los energéticos, a la necesidad de alcanzar una mayor eficiencia energética y a las políticas de reducir al mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero"¹¹¹ siendo esta una opción viable para el autoabastecimiento eléctrico.

3.2.2 Trigeneración

A diferencia de la cogeneración esta forma de generar energía se basa en tres aspectos que son: electricidad, calor y frío. Por lo que: "La trigeneración es la conversión de una única fuente de combustible en tres productos energéticos, con bajos niveles de contaminación y una elevada eficiencia."¹¹²

¹¹⁰ *Íbidem* p. 68

¹¹¹ Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2013). *Micro y Pequeña Cogeneración y Trigeneración en México*. Septiembre 3, 2015, de Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo Sitio web: <http://www.cogeneramexico.org.mx/anexos/MyP.pdf>

¹¹² Fernández de Alarcón, A. (2010). *Estudio de los sistemas de microgeneración en España*. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior, Madrid. p. 85

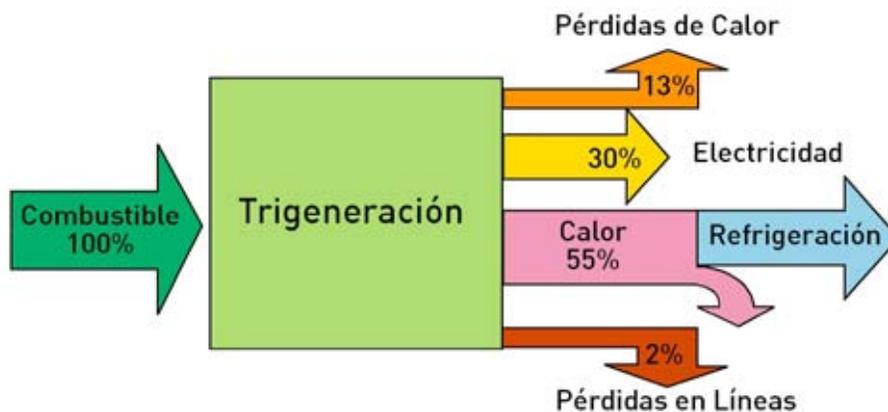


Fig. 64 Sistema de Trigeneración.
Fuente: <https://is.gd/ci9PQ8>

Hasta el momento no se cuenta con información referente a proyectos en los que se vea involucrado este tipo de sistema, de modo que se considera por ahora que es suficiente el conocer su proceso de funcionamiento y los elementos que intervienen para dicha generación.

3.2.3 Microgeneración

La diferencia principal entre este sistema con los anteriores, es que el uso de éste es más viable a través de energías alternativas (eólica, solar, hidráulica, etc.), además de que su aplicación se encuentra dentro de las ciudades, permitiendo así que el uso de estos sistemas se emplee para cubrir requerimientos energéticos menores. Como lo menciona su nombre, la potencia que genera es micro, es decir que puede presentarse en micro, pequeña y mediana escala dependiendo de las consideraciones de cada proyecto, y para este caso en particular, la microgeneración abarcará desde micro hasta mediana escala. Por lo anterior se puede definir a este sistema como aquel que genera electricidad a baja potencia o como lo define la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía: "Micro-cogeneración es aquella central cuya potencia eléctrica es menor a 50 kW."¹¹³

Con base en las definiciones de microgeneración y conforme a sus características, se puede mencionar que estos sistemas se encuentran instalados cerca del punto de consumo, en donde la electricidad no tiene que cubrir largos desplazamientos mediante la red de distribución debido a que los sistemas se encuentran instalados en un sólo sitio, esto los hace más que propicios para cubrir los requerimientos de electricidad de dispositivos y aparatos electrónicos de bajo consumo. Ejemplos claros de lo anterior son los paneles solares, cuyo uso se ha incrementado hoy en día, ya sea tanto a nivel doméstico como a nivel industrial en donde estos paneles permiten

¹¹³ Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2013). *Micro y Pequeña Cogeneración y Trigeneración en México*. Septiembre 3, 2015, de Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo Sitio web: <http://www.cogeneramexico.org.mx/anexos/MyP.pdf>

disminuir el consumo y a su vez aportar el excedente de generación a la red convencional.

Existen diferentes recursos naturales que pueden ser aprovechados como sistemas de microgeneración, si bien los más comunes son la energía solar y eólica, se considera pertinente mencionar un par de ejemplos más que contextualicen y complementen lo enunciado hasta ahora en la investigación.

Entre los microgeneradores más comunes se encuentran las **microturbinas**, las cuales son "un generador de Energía acoplado con una turbina de gas a pequeña escala"¹¹⁴ se emplean principalmente en edificios como sistemas de calefacción entre otras aplicaciones, se basan en las turbinas de gas tradicionales y su diferencia radica en que son empleadas para pequeñas potencias de generación (28 y 200 KW) como es el caso de edificios, hoteles, residencias, etc.

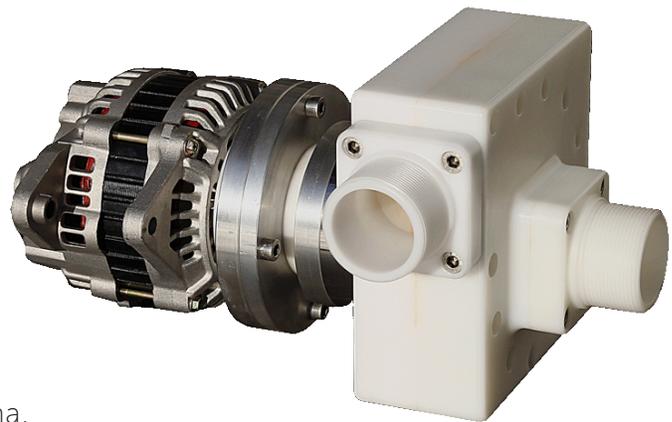


Fig. 65 Microturbina.
Fuente: <https://is.gd/axO4k3>

¹¹⁴ Capstone Turbine Corporation. (2008). *Que es una microturbina?* (sic). Septiembre 17, 2015, de Capstone Sitio web: <http://www.capstone.com.mx/ie/pdf/Tecnologia-1.pdf>



Fig. 66 Lexus LS pila de combustible.
Fuente: <https://is.gd/icEslG>

Las principales ventajas de este tipo de microgeneración a partir de micro-turbinas son: diseño compacto y de fácil transporte, de fácil instalación, poca producción facilitando con ello colocarlas en zonas urbanas y energía térmica recuperable, entre otras; estas son algunas de las razones principales del porqué es posible encontrarlas fácilmente dentro de las ciudades.

Otro recurso son las pilas de combustible, las cuales producen electricidad mediante la transformación electro química de energía. "Sistema en el que una reacción química se convierte directamente en electricidad."¹¹⁵

Una pila de combustible consiste en un ánodo en el que se inyecta el combustible (hidrógeno, o alcoholes) y un cátodo en el que se introduce un oxidante (aire u oxígeno) separados por un electrolito iónico conductor. La industria automotriz ha estado desarrollando avances relacionados con estos sistemas como el caso de Toyota; "el fabricante nipón ha desvelado que prepara otros 2 modelos (de automóviles) movidos con pila de combustible de hidrógeno, cuyos lanzamientos irán directamente relacionados y focalizados hacia Tokio 2020."¹¹⁶

Si bien es una fuente de generación de energía eficaz hoy en día se continúan haciendo investigaciones con el fin de que la inversión de adquisición disminuya para que pueda ser costeable con facilidad. En su contraparte,



¹¹⁵ Fernández de Alarcón, A. (2010). *Estudio de los sistemas de microgeneración en España*. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior, Madrid. p. 89

¹¹⁶ Motorpasión. (2015). Toyota prepara un Lexus LS con pila de combustible de hidrógeno (y otros tantos modelos alternativos) para Tokio 2020. Septiembre 3, 2015, de Motorpasión futuro Sitio web: <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-hidrogeno/toyota-prepara-un-lexus-ls-con-pila-de-combustible-de-hidrogeno-y-otros-tantos-modelos-alternativos-para-tokio-2020>



Fig. 67 Microgeneración eólica.
Fuente: <https://is.gd/xjn0LX>

este tipo de sistemas presentan una elevada eficiencia, bajas emisiones, es silenciosa y es modular.

En cuanto al uso de energías alternativas como la eólica y solar, el uso de sistemas de microgeneración se encuentra en aumento en zonas urbanas, rurales, residenciales, comerciales e incluso industriales, en donde aprovechar recursos como la radiación solar y el viento, permite cubrir necesidades eléctricas de bajo consumo: en zonas urbanas por ejemplo mediante el uso de alumbrado público; en las rurales como sistemas de bombeo e iluminación y en residencias, comercios e industria para reducir costos en el consumo eléctrico convencional.

Microgeneración eólica.

Las turbinas eólicas funcionan por el flujo de aire que al hacerlas girar producen energía a través de un generador, ésta a su vez es transmitida por vías de distribución para su consumo. Gracias a los nuevos diseños y desarrollos tecnológicos es posible encontrar este tipo de turbinas en tamaños pequeños, los cuales pueden ser instalados en residencias, comercios, etc., permitiendo a los usuarios convertirse en autoabastecedores de energía eléctrica para cumplir con sus requerimientos eléctricos. Es por ello que estos sistemas se consideran de microgeneración, ya que la electricidad generada es la suficiente para permitir el funcionamiento de diferentes dispositivos eléctricos (como aparatos domésticos); de igual forma estos sistemas se encuentran interconectados a la red convencional con la finalidad de que el excedente generado sea suministrado en las vías de distribución de la CFE.



Fig. 68 Generador eólico en la Unidad de Posgrado UNAM CU.
Fuente: Imagen propia

Este sistema se puede considerar de microgeneración ya que puede generar desde 50 W hasta 30 KW conforme a la escala de generación eléctrica con energías alternativas¹¹⁷ (Fig. 67) por lo que su mayor aplicación se encuentra a nivel residencial, en zonas urbanas y rurales. Es importante mencionar que en México el uso de este tipo de tecnología no es común dentro de las ciudades debido a las condiciones climatológicas, lo que provoca que pocas instalaciones cuenten con estos sistemas de generación. Por ello, es importante tener presente el mapa eólico de la región al momento de realizar este tipo de instalaciones, ya que "la energía del viento es proporcional a la velocidad del mismo, por lo que mayores velocidades resultan en mayores potenciales de generación por este medio."¹¹⁸

¹¹⁷ *vid supra* p. 49

¹¹⁸ MIEMDNE. (2011). *GUIA PARA MICROGENERACIÓN EN URUGUAY*. Septiembre 10, 2015, de MIEMDNE Sitio web: <http://www.dne.gub.uy/documents/10180/0/Gu%C3%ADa%20para%20microgeneraci%C3%B3n.?version=1.0&t=1351185640000> p. 5

Microgeneración solar.

Como se mencionó al principio de la presente investigación, las condiciones climáticas de México permiten que sea un país apto para el aprovechamiento de sistemas fotovoltaicos; pero ¿qué sucede cuando estos sistemas se trasladan hacia la microgeneración? Se comienza a encontrar diferentes instalaciones ya no solo en granjas solares sino en residencias, edificios y vías públicas, ya que esta tecnología permite al igual que las mencionadas en este apartado, generar pequeñas cantidades de energía eléctrica para satisfacer necesidades de consumo eléctrico menores, además de que la incursión del diseño en las líneas de lo técnico y tecnológico, ha implementado una adaptabilidad en el uso de estos dispositivos y su interacción con el medio donde se usan. El funcionamiento de estos sistemas de microgeneración solar se muestra en la Figura 69.

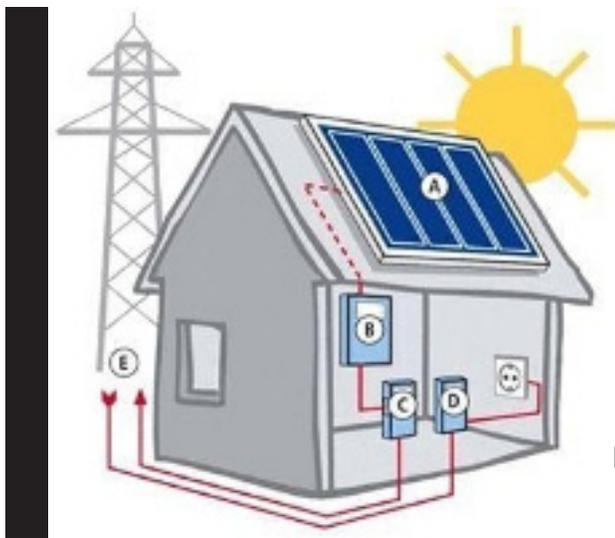


Fig. 69 Microgeneración solar (panel conectado a casa).
Fuente: <https://is.gd/Km1dPE>

Fig. 70 Paneles solares empleados en Boulevard Adolfo López Mateos, CDMX
Fuente: <https://is.gd/IYFDj3>



De la misma forma que los ejemplos anteriores, este sistema se puede considerar dentro de los requerimientos de hasta 30KW (pequeña y mediana escala) en donde su principal uso se ubica en vías públicas, sistemas de alumbrado, video, etc., y en residencias y edificios, donde se emplean como una alternativa para disminuir los costos de la electricidad suministrada por red de la CFE.

Como se puede observar en las figuras anteriores, las aplicaciones de estos sistemas han aumentado; tal es el caso de los dispositivos de cobro para estacionamientos (parquímetros) donde se han empezado a utilizar estos sistemas para su funcionamiento y que en caso de que la cantidad de energía generada no sea la suficiente, éstos se interconectan a la red convencional para seguir funcionando. Por ello, es importante recordar que la interconexión debe de ser la opción a elegir ya que en determinado escenario donde la generación no sea la suficiente exista la posibilidad de emplear el suministro actual, o bien en caso de generar excedente poder entregarlo a la red y así distribuirlo.

En general estos tres sistemas de generación (cogeneración, trigeneración y microgeneración) pueden emplearse en pequeña escala, es decir, para satisfacer consumos menores en comparación con los producidos por la CFE. Dentro de las características principales que pueden encontrarse de estos sistemas se enuncian las siguientes: permite el suministro de electricidad en lugares aislados y alejados de la red eléctrica, genera energía de manera distribuida, produce electricidad en sitio y permite la combinación de diferentes

sistemas (eólico, solar, cogeneración, etc.). Si bien solo se mencionaron dos tipos de microgeneración a partir de energías alternativas, no se debe olvidar que también existen diferentes instalaciones de microgeneración como la micro hidráulica, biogas o biomasa, que al igual que las mencionadas, tienen una producción descentralizada y permiten obtener energía eléctrica a partir de las demás fuentes alternativas. Sin embargo se mencionaron estas dos energías (eólica y solar) por ser las más factibles para satisfacer el consumo que pueda tener una residencia en cuestión de electricidad y por la facilidad de diseño para integrarlas a las mismas.

Hoy en día se pueden adquirir estos sistemas a través de diferentes medios (puntos de venta, comercios, etc.) lo que permite encontrar tecnología que puede ser instalada por nuestra cuenta sin necesidad de un profesional; permitiendo con esto la integración de paneles en diferentes áreas, principalmente a nivel residencial, sin embargo estos paneles también se han integrado en diferente mobiliario urbano (como el caso de parquímetros) siendo su principal aplicación en la vía pública.

Aprovechando estas alternativas es que podrán convertirse en autogeneradores y autoproveedores de electricidad y así se posibilita disminuir costos en energía eléctrica. Sin embargo, no hay que olvidar que estos sistemas son de pequeña escala, por lo que las necesidades a cubrir son menores, de ahí que el objetivo del presente trabajo radicó en cubrir la necesidad de suministrar electricidad mediante una alternativa de generación para satisfacer los requerimientos de carga de dispositivos móviles, los cuales requieren de un consumo energético menor (5 V aproximadamente) por medio del uso de la energía solar.

Habiendo esbozado lo anterior, se empleará el concepto de *microgeneración fotovoltaica*, la cual se refiere al uso de paneles solares para generar electricidad a pequeña escala. Esto se aplicará al presente trabajo donde se integrará la tecnología fotovoltaica en módulos, los cuales se encontrarán en la ciudad ofreciendo a las personas la posibilidad de recurrir a ellos para suministrar de energía eléctrica a sus dispositivos móviles. Con lo anterior se puede dar cuenta de cómo es que estos sistemas ayudan en diferentes situaciones, y así comprobar si éstos brindan la funcionalidad deseada a partir de la integración y cómo ésta última permite que los sistemas de microgeneración puedan emplearse en mobiliario valiéndose de los avances en el desarrollo de la tecnología fotovoltaica para aplicarlos a esta integración de una forma conjunta con el diseño, logrando con esto que la tecnología no sea adjunta, sino que forme parte del mismo diseño desde su concepción.

Con esto se dará paso a la descripción del planteamiento sobre los módulos autoenergizantes que dependen de sistemas de microgeneración para poder suministrar energía eléctrica. Al igual que el concepto de BIPV y BAPV estos módulos pueden entrar dentro de esta categorización e inclusive se puede llegar a considerarlos con un termino similar (Fotovoltaicos Integrados al Mobiliario)¹¹⁹. Es importante tener presente la particularidad que estos sistemas de generación ofrecen al contar con la libertad de ubicarlos fuera de la red convencional, lo que da opción a poder acceder a una alternativa eléctrica mediante la microgeneración, sin pasar por alto que estos sistemas deben de encontrarse interconectados a la red convencional, y que gracias al diseño nuevos desarrollos de mobiliario urbano pueden ser concebidos desde una propuesta con estos sistemas.



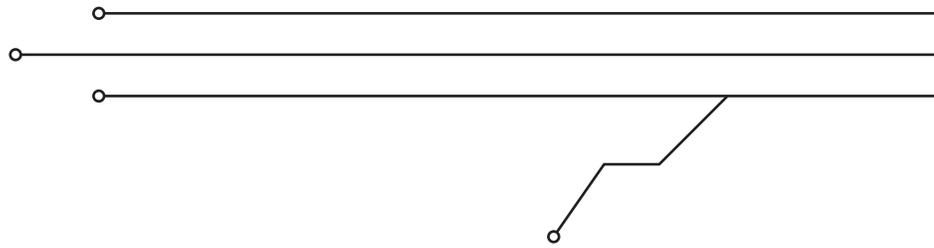
¹¹⁹ UFIPV (urban furniture integrated photovoltaics) y UFAPV (urban furniture attached photovoltaics)

3.3 Mobiliario

Hoy en día las actividades que se realizan en la vida diaria son variadas y muchas de ellas ocurren fuera de nuestros hogares e inclusive los lugares de trabajo se han desplazado de las oficinas a diferentes localidades dentro de la ciudad, asimismo, el crecimiento en la adquisición de dispositivos móviles (como el celular) se ha incrementado dando lugar a que la necesidad de una fuente de corriente eléctrica para poder realizar la carga de dichos dispositivos que en ocasiones no se encuentra disponible en la ciudad. El mobiliario urbano ha jugado un papel importante dentro de las ciudades, en donde este se concibió para satisfacer la necesidad de realizar actividades en calles, que al paso del tiempo han ido aumentando, siendo oportuno que el presente propone que se pueda brindar energía eléctrica para los usuarios. Por lo anterior se desarrollará un concepto claro de mobiliario urbano, el cual dará paso a la integración tecnológica fotovoltaica en módulos autoenergizantes.

3.3.1 Mobiliario Urbano

El uso de módulos en vías públicas o módulos o mobiliario urbano ha estado presente dentro de la historia de la humanidad, ya sea para satisfacer la necesidad de brindar espacios para el desarrollo de diferentes actividades como descanso, recreación, comunión, comercio, etc., como para integrar diferentes servicios para la comunidad como la telefonía y el alumbrado, entre otras. Tal es el caso de las comunicaciones, alumbrado, puntos de venta y seguridad, los cuales a partir del diseño han permitido la integración entre sí. Esta integración ha formado parte fundamental en su desarrollo, con lo que se busca satisfacer las necesidades de los usuarios; el ejemplo de una banca en vías públicas, la cual brinde descanso a los usuarios, una lámpara que per-



mita proveer de luz a determinadas horas del día para dar seguridad a los transeúntes, un kiosco, que permite la comunicación y convivencia entre varias personas hasta el diseño de cabinas telefónicas para realizar actividades de comunicación a distancia, son algunos ejemplos que pueden ser mencionados como modelos de mobiliario urbano que se encuentran en las ciudades.



Fig. 71 Mobiliario Urbano

Fuente: <https://is.gd/wNiqqv>, <https://is.gd/292LT6>,
<https://is.gd/UuMGKU>

El mobiliario urbano es un termino en el que diferentes aspectos intervienen para su definición, si bien se debe de considerar en primer lugar que este tipo de mobiliario es para utilización en calles en donde se busca que las personas hagan uso del mismo, también hay que tomar en cuenta los objetos y dispositivos instalados ahí: los semáforos, señalamientos, bancas, y sistemas de iluminación entre otros. Es así que "Al mobiliario urbano se le encuentra también en un contexto más amplio, contenido en los conceptos de equipamiento, decoración u ordenación,"¹²⁰ de tal modo que para fines operativos se tomará como definición de mobiliario urbano lo mencionado por Francesco Bandini "todo el conjunto de subsistemas comunicativos que unen, con relaciones precisas todas aquellas componentes espaciales representadas por las plazas y calles, espacios y jardines, ensanchamientos y monumentos, que caracterizan el diseño urbano en su contexto clásico como la estructura que expresa en sus ideas y en sus líneas maestras generales la virtualidad de la condición presente y las posibilidades de goce cultural que le son implícitas"¹²¹ ; siendo así se puede considerar como mobiliario urbano a todos aquellos objetos que se encuentren en relación con las vías públicas, el entorno arquitectónico y demás elementos urbanos como la escala,¹²² el confort y la necesidad, los cuales son un complemento de vías públicas y lugares de esparcimiento.

Además de tener en cuenta que "Son elementos necesarios, que cumplen funciones establecidas y forman conjuntos de objetos que, como en un proyecto de interiores, ordenados y organizados con bases teóricas y meteorológicas adecuadamente estudiadas, proporcionan el confort necesario para la utilización de las calles,"¹²³ por lo anterior es posible mencionar que el uso, integración y comprensión son aspectos que se deben tener en cuenta al momento de hablar de mobiliario urbano, ya que debe de cumplir con su función, integrar los elementos necesarios para satisfacer, lograr el confort de los usuarios y debe de ser práctico.

¹²⁰ Segarra, S. (2012). *Mobiliario Urbano: historia y proyectos*. Granada: Universidad de Granada. p. 21

¹²¹ Bandini, F. (1982). *Arredo Urbano: Firenze*. Firenze: Alinea. p. 9

¹²² Dependiendo de los elementos urbanos existentes varía la escala: postes, cabinas telefónicas, semáforos, espectaculares, bancas, fuentes, etc.

¹²³ Segarra, S. (2012). *Mobiliario Urbano: historia y proyectos*. Granada: Universidad de Granada. p. 22

Hoy por hoy el mobiliario urbano ha evolucionado y se ha adecuando para cubrir mayores necesidades de las personas, además de ir aumentando debido a los requerimientos y necesidades con los que se cuenta en la actualidad. Las pantallas informativas, anuncios espectaculares, señalización, mobiliario en parques, y muchos más elementos son nuevas formas de mobiliario urbano, que además ya no solo se refieren a módulos para las personas, también se considera a las mascotas, y si bien el mobiliario no es necesario para ellas, si lo son para los dueños.

Fig. 72 Mobiliario urbano nuevo (arriba, mobiliario en la CDMX, abajo, mobiliario en otras partes del mundo)
Fuente: Imagen propia (superiores), <https://is.gd/ZaX4uB>, <https://is.gd/x16Vt5> (inferiores)





Fig. 73 Nuevas cabinas telefónicas en la ciudad.
Fuente: <https://is.gd/ygCax8>

Estos nuevos diseños han logrado tener esa parte de integración, en donde la tecnología se mezcla con el mobiliario y logra satisfacer las necesidades actuales. Es importante mencionar que estos recientes desarrollos también se deben a las nuevas formas de vida y condiciones con las que se vive en la actualidad, en donde la población es mayor, lo que provoca que se considere un mayor número de mobiliario que cubra a la sociedad o comunidad, se brinden adaptaciones tecnológicas para servicios de comunicación (el caso de puntos de red inalámbrica de internet), iluminación adecuada en vías públicas que no solo se encuentre en zonas específicas sino en la ciudad entera, entre muchas más. Asimismo hoy en día una de las necesidades más recurrentes y principales es la disponibilidad de energía eléctrica, la cual es necesaria para el funcionamiento de la mayoría de los dispositivos con los que se convive en la vida diaria, tanto en casa como fuera de ella.

El mobiliario urbano empleado para las comunicaciones, también ha ido evolucionando, anteriormente se contaba con cabinas telefónicas, en las cuales se hallaban varias personas, cada una en una estación, realizando una llamada telefónica, posteriormente se fueron desarrollando cabinas personales, en donde la persona se encontraba aislada y podía realizar sus llamadas en privado, actualmente se puede encontrar alguna de estas cabinas telefónicas; pero su mayor evolución son las cabinas como se conocen hoy en día las cuales se encuentran a lo largo de toda la ciudad para poder ser utilizadas. Pero, ¿qué sucedió con la aparición de los celulares?

Las cabinas fueron siendo cada vez menos utilizadas, las personas ya no requerían de este mobiliario para poder satisfacer su necesidad de comunicarse vía telefónica; lo que provocó que muchas de estas cabinas fueran retiradas de la ciudad o abandonadas y que hoy en día sean pocas las que aun usan. Al igual que la evolución del mobiliario, la necesidad cambió, ahora ya no se busca una cabina para realizar una llamada telefónica, lo que se busca es una toma de corriente eléctrica para cargar el celular mientras uno se encuentra en la vía pública para poder realizar una llamada o conectar a internet.

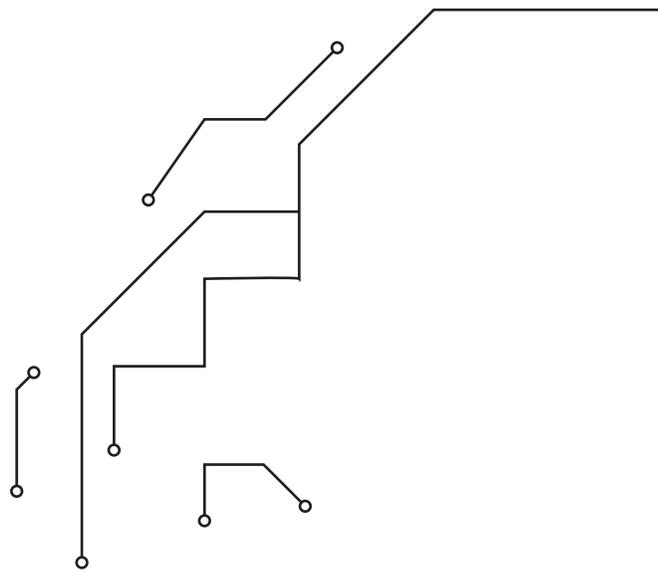
En el siguiente capítulo se abordará el tema de esta necesidad y cómo es que el aumento de celulares por persona se ha presentado, lo que provoca que un módulo autoenergizante sea un requerimiento.

Se ha llegado al punto de la necesidad de un módulo que brinde un requerimiento extra que es la energía eléctrica, el cual al igual que el mobiliario urbano debe de contar con diferentes aspectos y elementos como el confort, uso, función, integración y diseño. Por lo que al hacer uso de sistemas de microgeneración, en este caso fotovoltaica, se puede cubrir este requerimiento eléctrico, el cual se integró al diseño para poder brindar una opción de mobiliario autoenergizante.

3.3.2 Módulos autoenergizantes

Las necesidades de energía eléctrica se encuentran aumentado, esto debido a que los desarrollos tecnológicos que ocurren día a día han dado lugar a que se cuente con nuevos dispositivos que pueden cubrir necesidades y requerimientos de los usuarios en la actualidad, pero estos dispositivos requieren de tomas de corriente para poder cumplir con las funciones para las que fueron diseñados, además de que el poder contar con una toma de corriente en determinadas zonas de la ciudad, en especial en espacios exteriores, puede resultar un tanto complicado, esto considerando que no todos los usuarios se encuentren dentro de instalaciones con tomas convencionales, o cuentan con dispositivos de carga portátiles. Caso particular se puede encontrar en las vías públicas, en donde el contar con una toma de corriente resulta complejo, es así que estos nuevos desarrollos para el aprovechamiento de energía FV han dado lugar a que se integre al diseño de mobiliario para poder cubrir dicha necesidad

Estos nuevos requerimientos se encuentran en todos lados y es que conforme la tecnología avanza se tienen que hacer los ajustes necesarios a los objetos con la finalidad de que el usuario pueda hacer uso de ellos de manera sencilla, además de que la cantidad de funciones que puede realizar o cumplir han aumentado también.



En el caso del mobiliario urbano, se ha visto¹²⁴ que fue desarrollándose conforme a las necesidades de los usuarios, tomando de ejemplo una banca en vías públicas o en un parque, lo que busca este mobiliario es proporcionar confort y descanso para los peatones o usuarios que se encuentren en ese momento, pero, ¿qué pasa cuando hay lluvia? la necesidad del usuario busca ahora protección contra el agua, así que la solución puede ser la de colocar una cubierta sobre la banca para evitar que el usuario se moje. Y, ¿qué sucede cuando el usuario tiene que esperar para llegar a una cita o simplemente tiene tiempo de sobra? este mobiliario le puede brindar descanso y lugar de espera en lo que el tiempo de realizar sus actividades se presenta; ahora bien, con el uso de celulares este mobiliario puede adaptarse para brindar esa necesidad de energía eléctrica a través de fuentes alternativas de energía, provocando con esto que además de brindar descanso y protección, entre otras, pueda realizar la carga de sus dispositivos.

A partir de aquí se comenzará a utilizar el término de módulo autoenergizante, el cual puede brindar este requerimiento de energía eléctrica para ser empleada por los usuarios. Pero se debe de tomar en cuenta como es que este mobiliario puede generar electricidad; hoy en día se encuentran diferentes tipos de mobiliarios, los cuales cuentan con baterías para poder generar electricidad y otros como las señales de tránsito, las cuales se encuentran conectadas a la red de suministro.



¹²⁴ Se ha observado en bibliografía consultada sobre mobiliario urbano, ejemplo de esto se encuentra en: Segarra, S. (2012). *Mobiliario Urbano: historia y proyectos*. Granada: Universidad de Granada.



Fig. 74 Anuncios luminosos en vías públicas
Fuente: Imagen propia



Fig. 75 Señales viales eléctricas.
Fuente: <https://is.gd/KkeuUZ>

Si bien la mayoría de mobiliario exterior tiene la capacidad de ser luminoso; en el caso de la señalización permite prevenir y dar información y en el caso de los anuncios proveer luz para que los usuarios puedan contemplar y observar la publicidad, hoy en día se puede encontrar mobiliario que permite la interacción con el usuario, ya que cuentan con sistemas que le permiten consultar y obtener información como en el caso de los módulos de información electrónicos.

Ahora bien, este mobiliario puede tener la capacidad de generar su propia electricidad para consumo propio, y puede o no estar localizado en un espacio abierto o cerrado, dependiendo de su ubicación. A partir de lo anterior

es que el uso de sistemas de microgeneración le permiten autoabastecerse de energía eléctrica, esto mediante la aplicación de diferentes sistemas ya sea por uso de recursos fósiles o de energías alternativas. Para la presente investigación se considera el sistema de microgeneración solar, el cual se encuentra en un espacio abierto permitiéndole generar electricidad a través de la radiación solar.



Fig. 76 Módulo de Información electrónico.
Fuente: Imagen propia

3.4 El diseño como parte de la energía

A lo largo de la historia es común darse cuenta de cómo el mobiliario urbano se ha ido modificando y adecuando a la evolución de la ciudad, en donde con los nuevos y constantes avances en la tecnología, en conjunto con las necesidades de los usuarios permiten que éste cumpla otras funciones (descanso, convivencia, etc.) y que además cubra diferentes acciones que permitan satisfacer tanto un requerimiento público como personal. “La distribución del agua y los drenajes, la protección contra incendios, el ordenamiento de mercados, el tráfico, la limpieza, los empedrados, el alineamiento de las calles o la seguridad conforman un amplio conjunto de acciones que contemplan la normalización, las estrategias para llevarlos a cabo, el diseño y la realización material.”¹²⁵

Como se puede dar cuenta, el diseño es una parte fundamental dentro del desarrollo del mobiliario urbano, en el que debe de contar con diferentes elementos tanto tangibles como estéticos para alentar a los usuarios a su uso, además de brindar un servicio y/o función; por lo que: “El diseño de mobiliario urbano debe conseguir la integración entre el valor artístico y el valor de uso de todos los objetos que participan en la vida cotidiana del entorno inmediato que es la ciudad”¹²⁶ siendo así que el diseño debe de estar involucrado en la integración tanto de la necesidad a cubrir como del espacio a ocupar.

Actualmente y en relación con el mobiliario autoenergizante solar, se han desarrollado diversos módulos para diferentes necesidades por varios despachos de diseño, los cuales buscan brindar esta alternativa de generar energía eléctrica en combinación con el diseño, para satisfacer el requerimiento de carga de sus dispositivos móviles e incluso para cubrir la necesidad energética de diferentes dispositivos electrónicos (como electrodomésticos). Con el fin de mostrar algunos ejemplos que se encuentran en estos días e incluyen la integración de sistemas FV en el diseño, se puede mencionar los siguientes:

¹²⁵ Segarra, S. (2012). *Mobiliario Urbano: historia y proyectos*. Granada: Universidad de Granada. p. 58

¹²⁶ Fleitman, J. (s/f). *Mobiliario Urbano*. Octubre 20, 2015, de CIEM consultores Sitio web: <http://www.fleitman.net/articulos/mobiliarioUrbano.pdf>

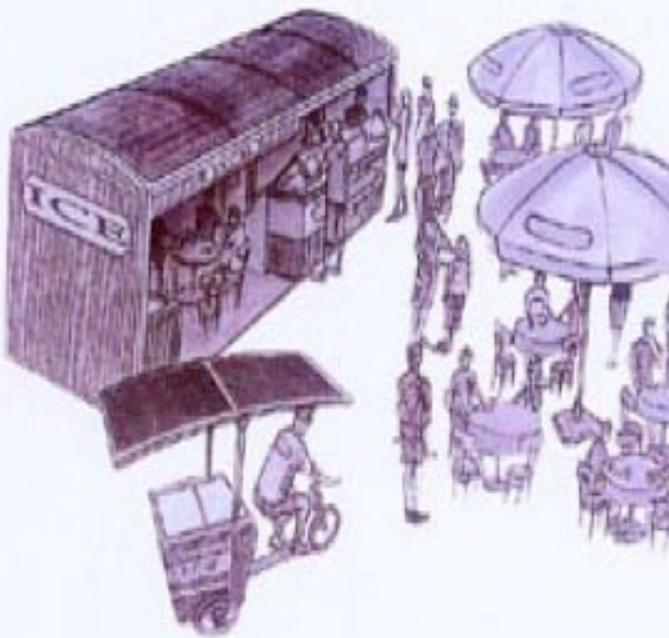


Fig. 77 Solar café.

Fuente: <https://is.gd/FSIbDE>

Solar Café

Diseñado por Solar Lifestyle, en donde se presenta un espacio contemplado para la reunión de diferentes personas con el fin comercializar productos bebibles y comestibles, el cual "Está hecho para acontecimientos al aire libre. Su base es un contenedor de 20 pies ISO (Solar Island System). La energía para electricidad, calor y frío viene del sol. Está equipado de los siguientes componentes para mostrar las posibilidades de la energía solar: colector solar para bebidas y agua caliente sanitaria, diversas cocinas solares, equipo de energía solar fotovoltaica para fotovoltaaje, iluminación, audio/video y ordenador con internet."

Como se puede observar, este espacio cuenta con diferentes funciones, dentro de las cuales la principal es la de proporcionar energía eléctrica a la maquinaria para elaborar el café, mediante la integración de estos sistemas en el diseño principal, en donde desde un principio se diseñó para incluir los paneles fotovoltaicos que proveen de energía a la cafetería en general. Del mismo modo se puede dar cuenta de la modularidad que permite integrar estos sistemas para poder entregar electricidad en diferentes ubicaciones sin depender de una línea de energía eléctrica, lo que desde la etapa de diseño ofrece diferentes módulos que pueden funcionar solos o interconectarse, así como también que cada módulo cumpla un requerimiento energético distinto.

Otro de los módulos con los que cuenta esta misma casa de diseño es el **Solarobelisk**, que es una escultura integrada con paneles solares, los cuales están dispuestos a lo largo de la misma. Es importante mencionar cómo es que este módulo fue diseñado y con que fin: "El Obelisco Solar se sitúa como un punto de encuentro e información. En el antiguo Egipto, el obelisco se entendía como símbolo del rayo solar en relación cordial entre el mundo local y el dios sol" (*the Solarobelisk suitable as an attractive meeting and information point. In ancient*



Fig. 78 Módulos Solarcafé por separado.
Fuente: <https://is.gd/A3FQ2w>

Egypt, the obelisk stood as a symbol of a sun beam for the cordial relationship of the local world of the sun god)¹²⁷

En la Figura 79 se puede dar cuenta de cómo al momento de realizar un diseño se contemplan diferentes aspectos, dentro de los cuales se consideran las necesidades, tal es el caso del Solar Obelisk, el cual está contemplado como un punto de encuentro e información, y que a la vez cuenta con suministro de energía para los concurrentes. Del mismo modo, este diseño se puede encontrar en tamaños menores y de manera desmontable para poder emplearlo durante diversos eventos realizados al aire libre, lo que permite que el requerimiento de electricidad pueda ser llevado a diferentes escalas.

También se cuenta con módulos, los cuales emplean sistemas fotovoltaicos en donde la electricidad generada se emplea como sistema de iluminación y de audio, como es el caso del **The Santo** (contenedor de basura luminoso) en donde por la integración de

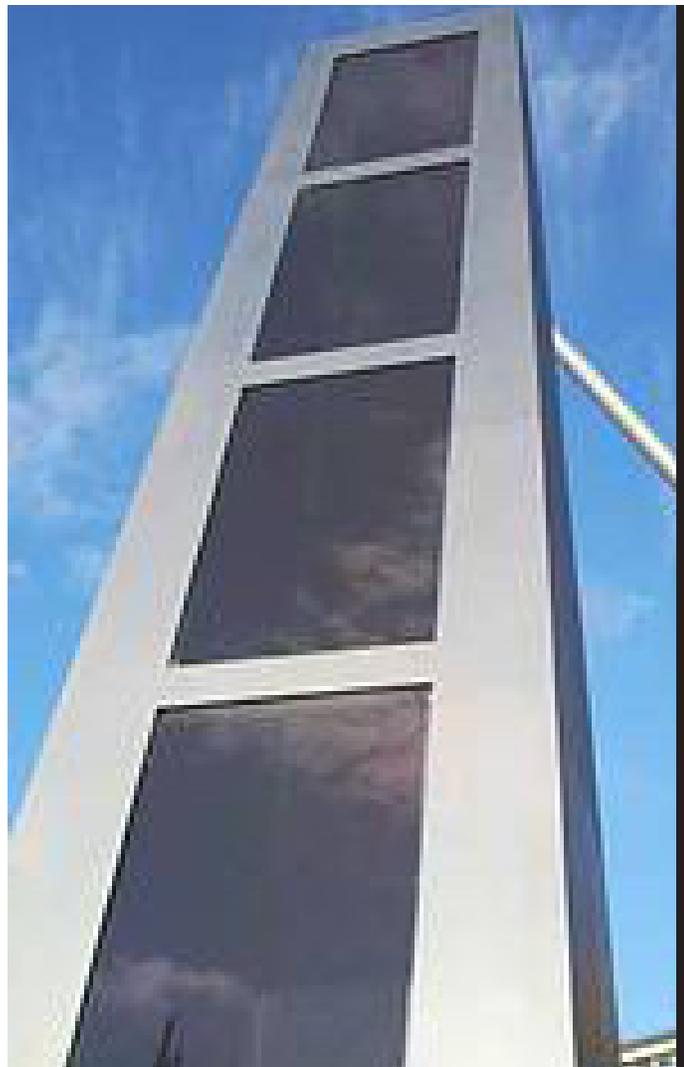


Fig. 79 Obelisk.
Fuente: <https://is.gd/A3FQ2w>

¹²⁷ Solarobelisk. (2008). *Solarobelisk*. Octubre 20, 2015, de Solar Lifestyle Sitio web: <http://www.solar-lifestyle.de/87.0.html>



Fig. 80 Bote de basura con audio.
Fuente: <https://is.gd/Y6wnQh>

sistemas de audio emite sonidos para incentivar a que se deposite la basura en su lugar además de notificar cuando está vacío o lleno; estos sistemas funcionan por medio de células fotovoltaicas instaladas en la parte superior del mismo.

160

Hoy por hoy se puede observar la influencia del diseño en los nuevos desarrollos de mobiliario, tanto para espacios urbanos como espacios interiores, ha estado teniendo lugar, en donde no solo se trata de satisfacer una necesidad del usuario, sino que el mismo diseño integre tecnología a su vez con el cuidado del ambiente, con la finalidad de convivir conjuntamente y dar más opciones para cubrir las necesidades de los usuarios y que presenten un aspecto estético; como ejemplo de lo anterior se puede considerar el caso de las "Smart sculptures" (esculturas inteligentes) en las que se combina la parte tecnológica (energía solar) con el arte. En la Figura 81 se muestra como es que estas dos áreas se integran; por un lado la tecnología provee la energía para realizar la carga de los dispositivos electrónicos y así no depender de la toma de corriente convencional y hacer uso de ésta en espacios libres, por otra parte el mobiliario cubre necesidades de descanso, reposo, protección, entre otras, dependiendo del tipo de mobiliario, por lo que el diseño permite integrar estos dos aspectos y así brindarle al usuario el servicio que necesita.

Es también de importancia el mencionar la integración de los sistemas fotovoltaicos en la industria automotriz, si bien lo que se conoce comúnmente son los autos eléctricos, hoy en día se pueden encontrar desarrol-

Fig. 81 Esculturas solares.
Fuente: <https://is.gd/vXGOoc>



los automotrices que hacen uso de esta tecnología para poder funcionar, como es el caso del C-Max Solar Energi de Ford, el cual "cuenta con un techo cubierto de celdas solares además de contar con un concentrador solar fuera del vehículo, el cual es un cristal amplificador que puede seguir la trayectoria del sol cuando se mueve a través del cielo" ¹²⁸

¹²⁸ Isidore, C. (2014). *¿Autos impulsados con energía solar?, Ford no se quiere quedar atrás...* Octubre 20, 2015, de CNN Sitio web: <http://mexico.cnn.com/tecnologia/2014/01/03/autos-impulsados-con-energia-solar-ford-no-se-quiere-quedar-atras>

Fig. 82 Ford C-MX Solar Energi.
Fuente: <https://is.gd/SNczp9>



Como se mencionó, hoy en día el mercado automotriz ha sacado a la venta una gran variedad de autos eléctricos, los cuales si bien son considerados no contaminantes, es necesario mencionar que algunas de las formas en las que se recargan estos vehículos es mediante estaciones de energía eléctrica las cuales se proveen de electricidad por medio de la red convencional. Pero es también conocido que ya es posible encontrar electrolineas que generan electricidad por medio de energías alternativas, como el caso de Honda, que ha comenzado a construir y poner en marcha estaciones de carga por medio de energía solar, conocidas como EV, en donde además de realizar la carga de autos eléctricos, brinda la opción de poder cargar otros medios de transporte como scooters e incluso para recargar baterías, estas estaciones se encuentran a prueba en las ciudades japonesas de Saitama, Kumagaya y Chichibu.

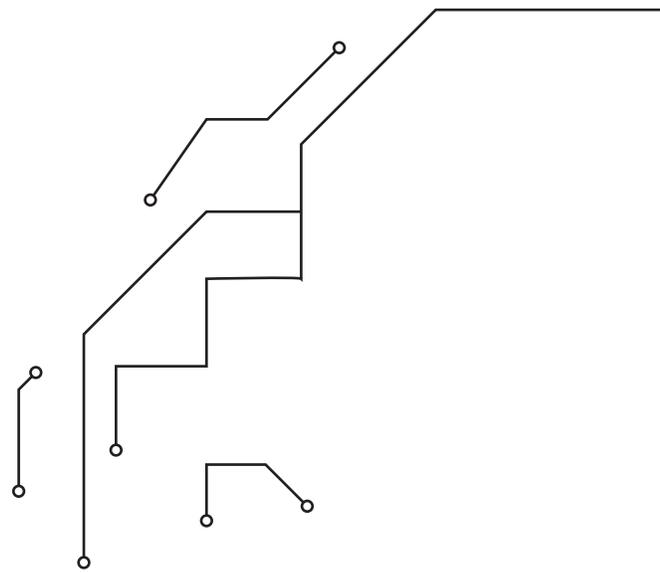
162

Fig. 83 Estación de Recarga Honda.
Fuente: <https://is.gd/AXyPgO>



Fig. 84 Ford C-MX Solar Energi Estación de préstamo y recarga Toyota
Fuente: <https://is.gd/AXyPgO>





De la misma forma la estación Smart Mobility Park ubicada en el Toyota Eco-ful Town, en la ciudad de Toyota, Japón, que cuenta con la particularidad de brindar energía solar para realizar la carga de automóviles eléctricos, pero además permite conectar dispositivos electrónicos y domésticos en caso de emergencia. "La estación cuenta con la capacidad de generar energía solar y almacenar su propia electricidad, de manera de habilitar la carga de los vehículos utilizando potencia no asociada a la red eléctrica. También cuenta con enchufes idénticos a los del uso doméstico para posibilitar el abastecimiento a artefactos eléctricos en casos de emergencia."¹²⁹

Por último se puede encontrar una gran variedad de mobiliario urbano relacionado con la iluminación, los cuales son empleados principalmente para iluminar vías públicas. Es importante mencionar en este punto que el diseño puede beneficiar a que la estética de las vías públicas mejore, no solo con los módulos urbanos, sino que al contar con esta integración se eliminan los elementos invasivos (cableado exterior) que permiten el funcionamiento de estas luminarias.

En las siguientes imágenes (Fig. 85 y 86) se muestra un comparativo entre las luminarias comunes y las que cuentan con la integración de paneles solares.



¹²⁹ Comunica RSE. (2013). *Toyota lanza estación de préstamo y carga de vehículos eléctricos en Japón*. Octubre 20, 2015, de Comunica RSE Sitio web: <http://comunicarseweb.com.ar/?page=ampliada&id=10535>



Fig. 85 Luminaria convencional en vías públicas.
Fuente: <https://is.gd/trKYku>

Fig. 86 Diseño en luminarias públicas.
Fuente: <https://is.gd/keefOh>

Con los ejemplos mencionados anteriormente, se puede dar cuenta de cómo el diseño se ha ido presentando y evolucionando al momento de referirse al mobiliario urbano, en donde ha logrado mezclarse con diferentes aspectos tanto técnicos como artísticos. En cuanto a la técnica, existen nuevas prácticas para el desarrollo de este tipo de mobiliario, nuevos materiales y la innovación, y en cuanto al aspecto artístico se nota cómo hay casos en los que se busca representar una ideología por medio del diseño resultando en un mobiliario específico que interactúa con los usuarios tanto de manera tangible como emocional. Siendo así que la integración de diferentes elementos dan lugar a módulos o mobiliario urbano que no solo tienen una función, sino que buscan satisfacer nuevas necesidades de los usuarios, que en este caso es la de brindar una alternativa para poder realizar la carga de dispositivos eléctricos, en especial de los móviles.

En el siguiente capítulo se analizará si en nuestros días se tiene la necesidad de contar con energía eléctrica para realizar la carga de dispositivos móviles de los usuarios en diferentes ubicaciones sin depender de una toma de corriente convencional.

04

DISEÑANDO PARA LA TECNOLOGÍA



Una vez presentada la tecnología empleada para el actual trabajo, así como la composición de la misma y el concepto de integración, se puede dar paso a la exposición del diseño del mobiliario autoenergizante que se propuso para cubrir los objetivos de esta investigación. Asimismo, es importante mencionar que las metodologías empleadas se tomaron en base a estudios de diseño de producto y diseño de mobiliario urbano, en donde el mayor uso de éstas se centró en la metodología de Perfil de Diseño de Producto (PDP), la cual permitió conocer los aspectos esenciales que la propuesta debe de tener y cumplir para satisfacer la necesidad energética. De igual forma se contempló la metodología propuesta por Segarra,¹³⁰ la cual abarca conceptos de definición, investigación y producción, los cuales se encuentran dentro del PDP.

Por medio de la integración se puede “establecer una relación más cercana entre una determinada máquina y el usuario o el espectador, a través de las llamadas tecnologías cognitivas externas”¹³¹ o como mencionaba Leibniz, “cumplir sus objetivos cognitivos por medio de aparatos u otros objetos específicamente diseñados”¹³² con lo que se puede entender que el módulo propuesto además de brindar la opción de descanso, protección del clima y espera; deberá contar con la posibilidad de brindar energía eléctrica para aprovechamiento de la misma durante su uso, y al mismo tiempo contar con puertos USB que le permitan a los usuarios conectar sus dispositivos para realizar su carga. Como se ha visto, el concepto central es la integración, donde su principal uso se encuentra en términos más elaborados como el *BIPV*; el cual la empresa Onyx Solar, líder en el mercado en el diseño integrado con tecnología fotovoltaica lo define como: “integración en edificaciones con el fin de reemplazar materiales convencionales en distintas partes del exterior de los edificios, tales como lucernarios, fachadas, ventanas, muros cortina o cubiertas.”¹³³

¹³⁰ Segarra, S. (2012). *Mobiliario Urbano: historia y proyectos*. Granada: Universidad de Granada. pp. 453 – 458.

¹³¹ *Ibidem* p. 72

¹³² *Ibidem*

¹³³ Onyx Solar. (s/f). *Integración Fotovoltaica en Edificios*. Octubre 21, 2015, de Onyx Solar Sitio web: <http://www.onyx solar.com/es/>

Dicho concepto se puede trasladar hacia el concepto del mobiliario urbano y entonces, denominarlo como *Mobiliario Urbano Autoenergizante*, y a partir de la presente investigación es posible denominar la propuesta conceptual como: *UFIPV (Urban Furniture Integrated Photovoltaic)*¹³⁴.

Es así que debe establecerse si la propuesta es un proyecto o un producto y cómo es que éste se va a desarrollar y qué aspectos deben de integrarse. "Un proyecto consta de una serie de actividades o pasos que indica acción en tiempo de manera ordenada, mientras que el producto es el resultado de llevar a cabo esas acciones encaminadas a satisfacer las necesidades de los clientes."¹³⁵ Siendo así se puede definir que la propuesta comienza siendo un proyecto, el cual deberá de tener diferentes procesos como el de diseño, manufactura, integración y puesta en marcha, y que estas actividades resultaran en un producto que es el módulo autoenergizante o UFIPV destinado a emplearse dentro de la Biblioteca Central de Ciudad Universitaria como alternativa de espacio de trabajo.

Con base en lo mencionado anteriormente se seguirán los siguientes pasos:

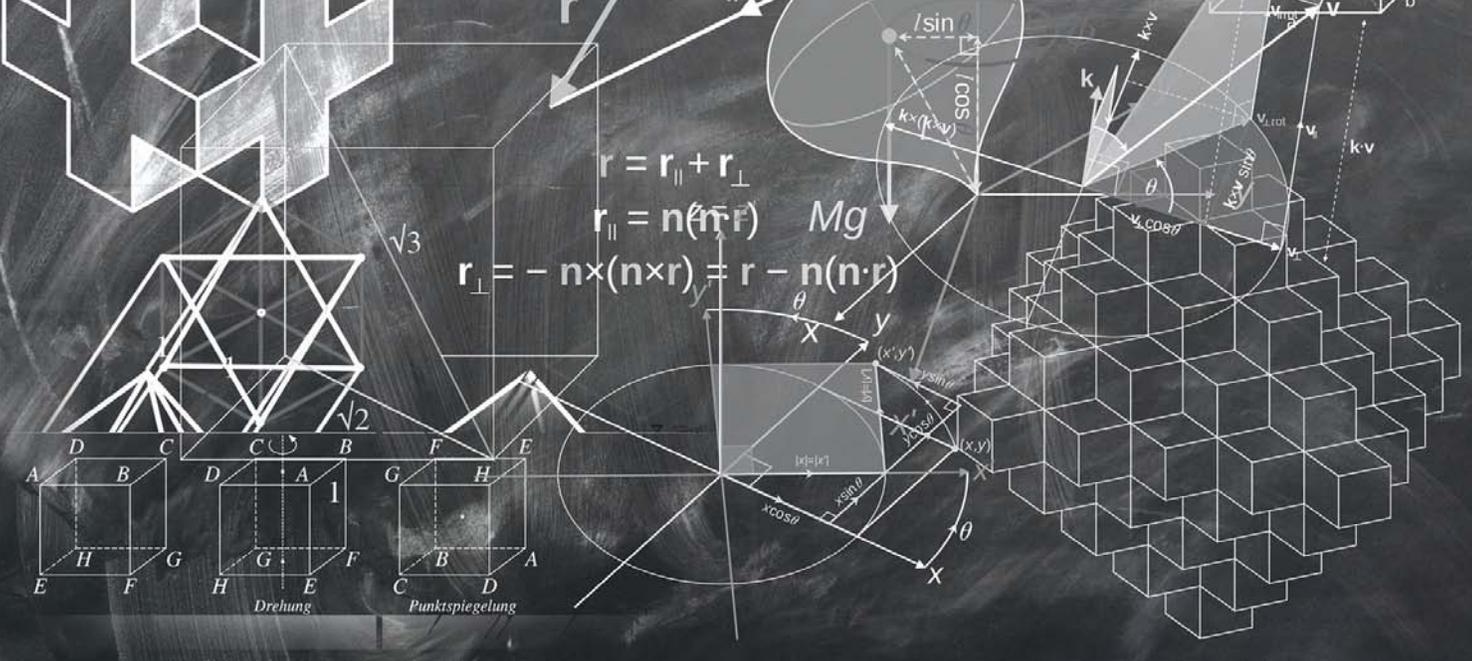
I Definición. En donde se establecerá a quienes se dirige la propuesta y porqué.

II Investigación. PDP

III Proyecto. Conclusiones

¹³⁴ A partir de este momento, me referiré al módulo propuesto como *Mobiliario Urbano Autoenergizante* o *UFIPV* por sus siglas en inglés.

¹³⁵ Madrid, J. & Soto, L. (2011). Cruzando el Océano del Diseño Industrial. En Memoria del Primer Seminario de diseño Industrial 2010(136). Ciudad Juárez, México: Textos Universitarios SERIE: Extensión. p. 39



4.1 Justificación del diseño (I Definición)

Considerando que la población se encuentra en aumento al igual que la demanda de dispositivos electrónicos como teléfonos móviles¹³⁶, tabletas y computadoras portátiles, surge el interés de la presente investigación, al brindar una alternativa para realizar la carga de dichos dispositivos sin depender de las instalaciones eléctricas convencionales. Asimismo se considera importante mencionar que esta propuesta puede ser aplicable a diferentes dispositivos electrónicos y no solo a móviles, sólo que para la presente investigación se determinó si es viable la integración de la tecnología con el mobiliario por medio del diseño, para cubrir la demanda energética; cabe mencionar que esta propuesta se puede extrapolar y cubrir un requerimiento mayor para dispositivos de diferente uso.

Siendo así, el incremento del uso de dispositivos móviles ha dado lugar a que las instalaciones y puntos de conexión con los que se cuenta para poder realizar la recarga de batería sea insuficiente en algunas ocasiones; como caso de estudio se presenta el análisis de la Biblioteca Central en la Ciudad Universitaria, en donde se analizó que en horas pico, el encontrar un enchufe desocupado puede resultar un tanto complicado. Durante la observación realizada en el interior de la Biblioteca Central y su jardín interno, así como en toda la Ciudad Universitaria se identificó lo siguiente:

- Pocos enchufes en relación con el número de usuarios
- Frustración al no encontrar un enchufe disponible
- Mobiliario con corriente eléctrica escaso en Jardín Interno de la Biblioteca Central
- Extensiones en mobiliario en mal estado y sin conectores

¹³⁶ Conforme a datos proporcionados por el INEGI al 2010, la Ciudad de México contaba con un total de 8,851,080 habitantes de los cuales de un total de 8,588,972 ocupantes en viviendas particulares en el 2010, el 77% disponían de un teléfono celular en Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2012). Viviendas particulares habitadas y sus ocupantes por entidad federativa según disponibilidad de teléfono celular, 2010. Noviembre 19, 2015, de INEGI Sitio web: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19007>

- Sistema de fijación de mobiliario dañado
- Falta de tomas de corriente dentro de la Ciudad Universitaria (zonas de esparcimiento)

Los puntos anteriores se identificaron a través de la observación realizada durante el periodo de mayo de 2015 a marzo de 2016 dentro de la Biblioteca Central, en su periferia y en el Jardín Interno de la misma. La observación permitió dar cuenta de la escasez de enchufes en el mobiliario y cómo algunos de estos no cuentan con los elementos para conectarse a la red eléctrica; de igual manera, permitió observar cómo es el uso que se le da al mobiliario y las tomas de corriente que ahí se encuentran, que en su mayoría se utilizan para realizar la carga de teléfonos celulares, tabletas y laptops, siendo las últimas dos las de mayor uso dentro del espacio. Con lo anterior se pudo identificar que las conexiones no son suficientes y el espacio no es el óptimo para trabajar adecuadamente desde los dispositivos electrónicos.

Como se observa, estas problemáticas identificadas se encuentran ligadas entre sí. Por un lado, hay momentos durante el semestre en los que la cantidad de usuarios de la biblioteca rebasa al espacio utilizable; al tiempo, son muy pocas las mesas que cuentan con suministro eléctrico cercano, limitando al usuario la posibilidad de trabajar en sus dispositivos.



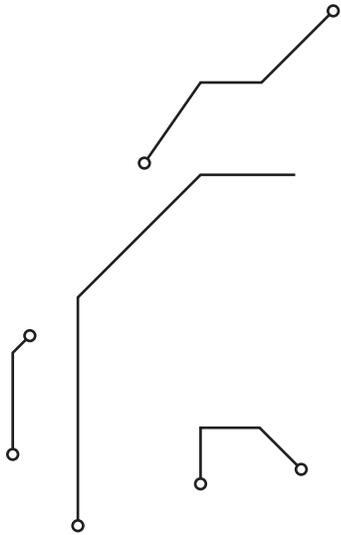
Fig. 87 Interior de la Biblioteca Central de la CU.
Fuente: Hazaña y memoria:
La Ciudad Universitaria del Pedregal

Por último, la única área existente para realizar nuevas dinámicas de los usuarios como el trabajo en equipo sin perturbar a los demás usuarios es el jardín, de tal suerte que se limita también al espacio ofrecido en el exterior en tanto a suministro eléctrico. El Jardín Interno no cuenta con un mobiliario adecuado para poder realizar las actividades de trabajo (4 mesas con dos bancas para cada una), en él se encuentran dos jardineras donde se han adaptado tomas de corriente eléctrica que sirven para suministrar de energía a mesas de aluminio que pueden conectarse y desconectarse de las jardineras; a su vez, las mesas tienen cuatro enchufes para conectar los dispositivos de los usuarios. Sin embargo, uno de los mayores problemas al momento de hacer uso de estos espacios, es la incomodidad del usuario debido al factor climatológico, insolación y condiciones de la intemperie; esto genera que el mobiliario se desconecte de las tomas de corriente y sea movido a lugares con sombra donde el usuario encuentre comodidad para trabajar pero no corriente eléctrica. Este hecho provoca además que la toma de corriente integrada a la mesa sea inutilizable y el usuario se traslade por tiempos a las jardineras para conectar sus dispositivos. Se cuenta entonces con una problemática palpable que puede ser fácilmente resuelta utilizando las nuevas tecnologías y aprovechando el espacio mismo al máximo para brindar un mejor servicio dentro de la biblioteca.

Actualmente las matriculas escolares de los diferentes niveles educativos, en particular a nivel superior, se ha incrementado; para el ciclo escolar 2013/2014 se tenía una matrícula en el Distrito Federal de 530,596 estudiantes a nivel Licenciatura y Posgrado¹³⁷; esto habla de que la mayoría de la matrícula estudiantil, si no es que en su totalidad, cuenta con al menos un dispositivo electrónico (computadora portátil, tableta o teléfono celular) el cual es empleado para realizar diferentes funciones. Lo anterior evidencia la relación entre el número creciente de alumnos con respecto al número de dispositivos empleados por los estudiantes, es común observar a los mismos haciendo uso de dichos dispositivos para realizar sus actividades académi-



¹³⁷ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Matrícula escolar en educación superior por entidad federativa según sexo, ciclo escolar 2013/2014. Noviembre 19, 2015, de INEGI Sitio web: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19004>



cas (tareas, trabajos en equipo, estudio, consulta, etc.) las cuales después de determinado tiempo de uso, al agotarse la batería requiere que se conecte a la toma de corriente para seguir utilizándolo, lo que provoca que se busque una toma de corriente para poder suministrar electricidad al mismo.

En la periferia de la biblioteca y en el interior de la misma (Planta Baja y patios internos) se puede hacer uso de la tecnología integrada que se ha propuesto para brindar una alternativa de conexión y suministro eléctrico. También es importante mencionar que una cantidad considerable de usuarios, no sólo están realizando una consulta bibliográfica, sino que se encuentran trabajando en sus dispositivos electrónicos, lo que provoca que muchos de estos contactos o tomas de corriente sean empleadas para cargar la batería, función que puede ser realizada en el mobiliario autoenergizante. Por lo tanto es que surge el analizar la demanda de corriente eléctrica como requerimiento para la carga de dispositivos electrónicos en espacios públicos, en este caso un espacio público controlado.

Cabe decir, que actualmente las tomas de corriente eléctrica convencional no son los únicos medios que suministran energía a los dispositivos; últimamente han llegado al mercado distintas opciones para hacerlo como el adaptador para el automóvil y las pilas portables.

Hoy en día el uso del automóvil para transportarse de un lugar a otro, permite que se pueda contar con una alternativa de suministro eléctrico y así poder cargar la batería de diferentes dispositivos electrónicos como el teléfono celular (que es el más empleado) pero también se puede realizar la carga de otros dispositivos debido a que entrega un voltaje de 12 V, cantidad necesaria para cargar dispositivos de bajo consumo energético.



Fig. 88 Cargador para automóvil.
Fuente: <https://is.gd/u4D4uu>

Hoy en día se puede acceder a dispositivos portátiles para conectar diversos dispositivos electrónicos y cargar la batería de los mismos, estos son conocidos como baterías portables, las cuales se necesitan cargar durante determinado tiempo para que se haga uso de ellas. Estas baterías pueden tener diferentes características y especificaciones técnicas que hacen variar sus dimensiones y diseño; estas variaciones afectan el costo adquisitivo de las mismas.

Aunado a lo anterior, la disposición de baterías externas en el mercado es considerable y variable ya que se pueden encontrar productos que cumplen con los estándares energéticos para poder ser utilizados y aquellos que no lo hacen. Asimismo el uso de las baterías debe hacerse con previo conocimiento de las características del dispositivo, ya que no todos funcionan con la misma corriente, ejemplo de esto son los smartphones, los cuales se puede considerar que necesitan 5V y 1A para poder realizar su carga. Conforme a estas características los tamaños de las baterías pueden variar, ya que a mayor capacidad mayor tamaño.



Fig. 89 Baterías externas.
Fuente: <https://is.gd/Hvk57a>

Siendo así, se pudo observar la dependencia energética que los usuarios presentan al contar con al menos un dispositivo electrónico el cual requiere de corriente eléctrica para que pueda funcionar. Además de que la mayoría de los usuarios dentro de la Ciudad Universitaria no sólo emplean un dispositivo, ya que hacen uso de tabletas y computadoras portátiles para poder realizar sus actividades escolares.

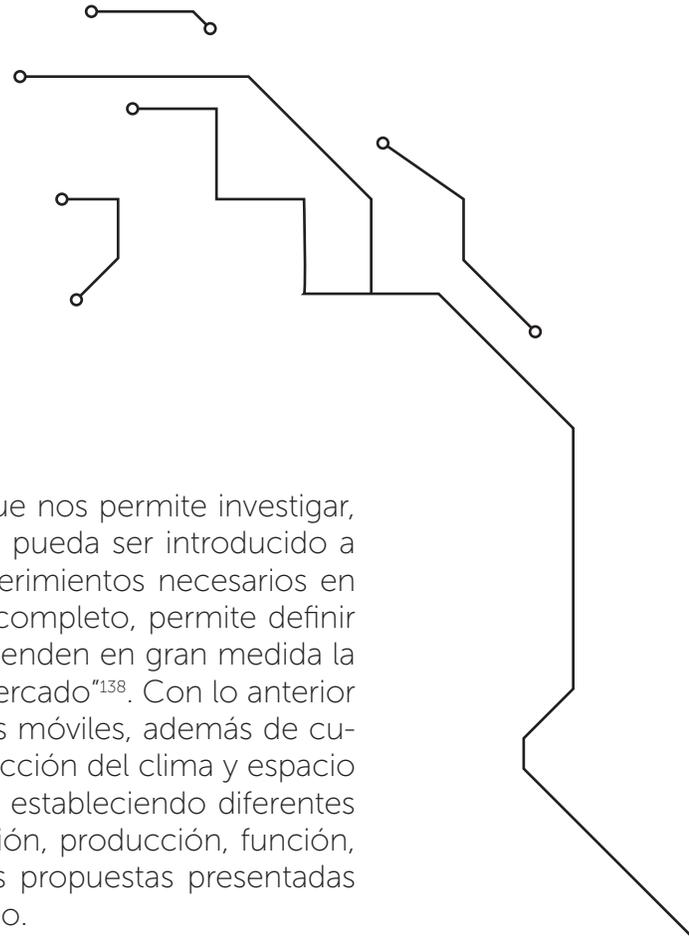
Se parte entonces de la necesidad de contar con corriente eléctrica para realizar la carga de dispositivos electrónicos como computadoras portátiles, tabletas y teléfonos celulares en espacios académicos para el desarrollo de tareas o trabajos. Considerando también que los usuarios ya dependen directamente del uso de navegación virtual a la que solamente es posible su acceso a través del uso de estos dispositivos electrónicos. Es así como se tomó en cuenta a la energía fotovoltaica como una fuente alterna para el suministro eléctrico y que por medio del diseño se realizó la integración de ésta al mobiliario urbano, el cual se ubicó en zonas universitarias que cuentan con los espacios necesarios para su funcionamiento y uso.

Parte importante del diseño propuesto es que podría contar con un sistema de interconectividad, que como se trató en los capítulos anteriores, permite que en caso de que la radiación solar no sea suficiente o que se use durante horas en las que no se tenga presencia del sol, éste pueda funcionar por medio de la fuente convencional proveída por la Comisión Federal de Electricidad. De igual importancia es mencionar que este sistema le permite suministrar el excedente a la red convencional, por lo que mientras no se esté haciendo uso del mismo este brindará la energía eléctrica generada a CFE.

Con base en las reglamentaciones y regulaciones en el uso y generación de electricidad, el mobiliario urbano fotovoltaico propuesto cumple con lo establecido, considerándose de pequeña escala; es decir, que genera energía a no más de 30 KW, conforme a lo estipulado por la Comisión Reguladora de Energía, siendo suficiente para realizar la carga de dispositivos como computadoras portátiles, tabletas y teléfonos celulares. Con lo anterior no se pretende decir en que este tipo de mobiliario urbano cubra por si solo la demanda del recurso energético, sino que más bien es considerado como una alternativa a lo ya existente y en donde el diseño ocupa la solución al problema de la saturación de los espacios con suministro eléctrico.

Fig. 90 Personas usando el celular.
Fuente: Imagen propia.





4.2 PDP

El perfil de diseño de producto o PDP es aquel que nos permite investigar, conocer, proponer y desarrollar un producto que pueda ser introducido a la sociedad y éste a su vez cumpla con los requerimientos necesarios en base a las necesidades de los usuarios. "Un PDP completo, permite definir con claridad parámetros y criterios de los que dependen en gran medida la aceptación y éxito de un objeto-producto en el mercado"¹³⁸. Con lo anterior se propuso un diseño para la carga de dispositivos móviles, además de cubrir otras necesidades como la de descanso, protección del clima y espacio de trabajo externo principalmente; esto se realizó estableciendo diferentes aspectos como: generales, de mercado, distribución, producción, función, ergonómicos y estéticos; mediante los cuales las propuestas presentadas cubrieron en su mayoría las necesidades del usuario.

Así como la Integración Plástica, movimiento arquitectónico que se produjo en los años cincuenta, que "podemos caracterizarlo brevemente como la integración a la obra arquitectónica de la pintura y la escultura,"¹³⁹ se propuso considerar el termino de UFIPV en el que la tecnología y el diseño se integran de tal forma que buscan cubrir necesidades académicas junto con las modernas como la energía eléctrica a partir del diseño.

Con referencia al movimiento de Integración Plástica, se necesita de la intervención de dos especialistas, por un lado el arquitecto, quien diseña la estructura y las formas del recinto, y por otro el artista plástico, que colabora por medio de pintura o escultura para integrarlos al edificio propuesto. Es así

¹³⁸ Fernández, F. (s/f). *Perfil de Diseño de Producto*. Febrero 9, 2016, de CIDI UNAM Sitio web: http://www.cidi.unam.mx/guia_digital/doc/perfil.pdf

¹³⁹ Ríos, C. (2010). *La Ciudad Universitaria y el movimiento de integración plástica en México*. Bitácora arquitectura, 21, p. 90 - 97.

que se consideró pertinente involucrar este término de Integración Tecnológica, en donde diferentes áreas son involucradas para el desarrollo del mismo. Para el presente trabajo se consideró el UFIPV, el cual tiene integración de diferentes desarrollos como lo son la Ciencia y el Diseño Industrial, entre otras áreas. Por parte de la Ciencia se encuentran los desarrollos tecnológicos tales como los paneles solares, en donde nuevos avances han permitido que tengan diferentes características las cuales permiten su aplicación en diferentes sistemas, como lo son los paneles rígidos, flexibles, baterías portátiles, automóviles, etc. Por el lado del Diseño, se buscó presentar un mobiliario que cumpla con los requerimientos del usuario, que sea cómodo, intuitivo, funcional y que estéticamente sea agradable para los mismos, es decir, que el usuario guste de él.

Por lo tanto el presente trabajo se integró por el aspecto tecnológico como se leyó en los capítulos uno y dos, el aspecto político y económico mencionados en los capítulos dos y tres, y el diseño y mobiliario urbano tratados en el capítulo cuatro, por lo que se puede dar cuenta de un trabajo multidisciplinario en el que intervienen diferentes ramas de conocimiento y que desde mi formación principal como ingeniero, se logró realizar, por lo que la selección del uso de una metodología PDP resultó más exacta para su aplicación.

Como lo menciona Adrian Larripa en una entrevista realizada por el Centro Superior de Diseño CREANAVARRA: "el diseño de producto es una actividad multidisciplinar en la que el individuo debe combinar la capacidad creativa y el gusto estético con el conocimiento técnico-tecnológico para proponer y desarrollar productos innovadores que puedan ser introducidos en el mercado"¹⁴⁰ se debe de tener en consideración lo mencionado en capítulos an-

¹⁴⁰ CreaNavarra. (2013). ADRIAN LARRIPA: "EL DISEÑADOR DE PRODUCTO ES UN PERFIL DEMANDADO POR SU CAPACIDAD DE RESOLVER PROBLEMAS". Febrero 10, 2016, de CreaNavarra Centro Superior de Diseño Sitio web: <http://www.creanavarra.es/noticias/adrian-larripa-el-disenador-de-producto-es-un-perfil-demandado-por-su-capacidad-de-resolver-problemas/>

teriores de la presente investigación, como son aspectos energéticos, en los que se involucran cuestiones legales; aspectos tecnológicos, con la finalidad de que la propuesta contenga los desarrollos e innovaciones necesarias para cumplir con su función y la estética, por medio de la cual se buscó lograr la integración de tecnología y diseño.

4.2.1 Aspectos Generales

Las consideraciones pertinentes a tomar en cuenta para la propuesta de diseño abarcaron preguntas como: ¿De qué se trata?, ¿para qué sirve? y ¿qué normas y restricciones lo rigen?

Durante la observación realizada en la Biblioteca Central es notable darse cuenta de que los usuarios realizan diferentes tareas como: reuniones de trabajo académico, consulta de libros y tareas escolares; éstas actividades en su gran mayoría son acompañadas del uso de dispositivos electrónicos, los cuales son conectados a las tomas de corriente con las que cuenta la biblioteca. Primeramente se puede notar que la mayoría de los espacios de trabajo están llenos, lo que hace que se busque un espacio o enchufe para conectar el teléfono celular o computadora portátil para cargar la batería de los mismos y seguir trabajando. En particular la Biblioteca Central es un recinto en el que la afluencia de usuarios es basta, cuenta con múltiples espacios para poder trabajar dentro de ella y en el caso de la Planta Baja se permite que las tareas puedan realizarse al aire libre. El Jardín Interior, es un espacio que permite la entrada de la luz natural y cuenta con mobiliario para poder trabajar al exterior; sin embargo, como se ha mencionado, dicho mobiliario se encuentra posicionado de manera dependiente a las tomas de corriente, ocasionando que los usuarios que desean conectarse a la corriente eléctrica busquen el mobiliario que cuenta con estas tomas cercanas. Aún así, el hecho de trabajar bajo la luz directa del sol resulta molesto al usuario quien en búsqueda de comodidad, mueve el mobiliario a espacios con sombra, alejándose al mismo tiempo de la toma de corriente eléctrica.



Fig. 91 Mobiliario del Jardín Interno de la Biblioteca Central utilizado por usuarios.
Fuente: Imagen propia.

De igual manera la Ciudad Universitaria cuenta con una basta cantidad de áreas y espacios al aire libre localizadas en las proximidades de facultades, institutos y espacios de recreación y culturales, los cuales presentan una afluencia de estudiantes y visitantes que se encuentran en sus alrededores realizando diversas actividades. En su mayoría se observa que hacen uso de dispositivos electrónicos y que tal vez al encontrarse cerca de un modulo autoenergizante éste puede ser aprovechado de diferentes formas, entre las que se incluye realizar la carga de la batería de sus dispositivos. Con esto se pretende mostrar la versatilidad del diseño y su uso en diferentes espacios de la universidad.

Fig. 92 Gente en la CU.
Fuente: Imagen propia.



Siguiendo la metodología del PDP, se dio respuesta a la pregunta: ¿De qué se trata? La propuesta radica en un UFIPV, el cual consiste en la integración de un sistema fotovoltaico en mobiliario urbano. Este mobiliario permite que los usuarios del mismo puedan suministrar de energía eléctrica a sus dispositivos por medio de energía solar al tiempo de encontrarse trabajando dentro del módulo. El sistema fotovoltaico podrá ser de tipo monocristalino, policristalino y/o amorfo dependiendo de las condiciones y diseño del mobiliario; como se dijo anteriormente, éste sistema se encontrará interconectado con la finalidad de que en caso de que no se tenga una buena radiación solar éste pueda seguir funcionando y brindando electricidad.

Para la segunda pregunta ¿de qué sirve? la función principal es la de generar energía por medio de radiación solar que pueda ser aprovechada en espacios abiertos y fungir como alternativa al suministro actual. Servirá para poder realizar la carga de dispositivos electrónicos de consumo energético pequeño (menor a 30 kW) en particular para dispositivos como computadoras portátiles, tabletas y teléfonos celulares. De manera más sencilla, permitirá aprovechar la energía eléctrica producida por el sol para poder realizar la carga de dispositivos electrónicos.

Con relación a las normas y restricciones a considerar para la presente propuesta, se debe de cumplir lo establecido por la CRE dentro de la resolución Núm. RES/119/2012 (Anexo) sobre la interconexión al Sistema Eléctrico Nacional para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente.¹⁴¹ Dentro de esta resolución también se establecen las categorías de generación, que para el presente es de pequeño productor (menor a 30 kW) debido a que la carga requerida por dichos dispositivos puede ser cubierta dentro de este rango. Por otro lado, se deberán de tener en cuenta las normas y restricciones establecidas por las autoridades de la Ciudad Universitaria en



¹⁴¹ Se explica a detalle en el apartado 2.3.2, *vid supra*, p 46

cuanto a la colocación de mobiliario, aunque cabe mencionar que dichos módulos no se encuentran fijos a ningún recinto y tienen libertad de movimiento para que puedan ser empleados en diferentes zonas de la Ciudad Universitaria.

4.2.2 Aspectos de Mercado

Los aspectos referidos a este apartado son varios, los cuales son tanto sociales como económicos; para el presente trabajo se consideraron también todas aquellas características que tenga tanto el usuario, como la localización del mobiliario para que éste funcione de manera adecuada.

El PDP marca dos preguntas clave dentro de este apartado: ¿Quién lo va a comprar? y ¿quién o quienes lo van a usar? preguntas que conforme a lo descrito a lo largo de este capítulo se pueden responder de manera sencilla, sin embargo se mencionará más detenidamente; asimismo cabe volver a mencionar que este producto pudiera aplicarse a otros espacios. La Biblioteca Central de la Ciudad Universitaria es el lugar en donde este UFIPV se consideró para ser utilizado, por lo que el mobiliario debe de cumplir con determinadas características para su población, la cual abarca estudiantes, académicos, administrativos y visitantes, entre otros; que en su mayoría son mayores de edad. Esta diversidad permite que se consideren varias características que debe de contemplar el diseño, dentro de las cuales la mayoría son de tipo ergonómico.

Actualmente, una gran parte de la población estudiantil¹⁴² que hace uso de la Biblioteca Central realiza sus tareas escolares a partir de dispositivos electrónicos. Esto habla de una sociedad que cada día se comunica y realiza tareas cada vez más de forma electrónica, las cuales pueden ser cubiertas con los aparatos electrónicos como tabletas, computadoras portátiles y el mismo teléfono celular.



¹⁴² Con base en la observación realizada durante el periodo 2015-2016 se concluyó en que la mayoría de usuarios cuenta con una computadora portátil o tableta en la que se encuentra trabajando dentro de la biblioteca.

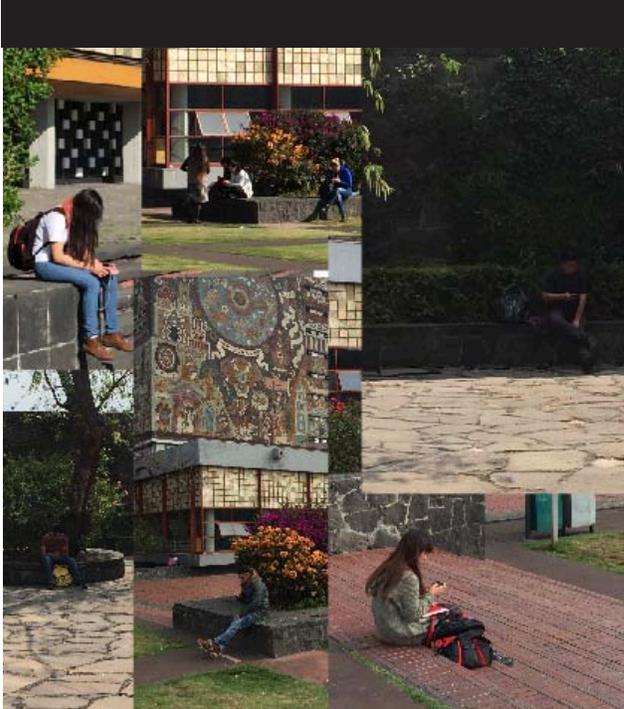


Fig. 93 Evidencia de lo anterior, alumnos haciendo uso del teléfono celular en la CU.
Fuente: Imagen propia.

Por lo que el uso del mobiliario radica en los estudiantes, quienes pueden aprovechar el módulo para trabajar y consultar mientras conectan sus dispositivos para realizar la carga de los mismos de manera parcial o total dependiendo del tiempo que hagan uso del mismo.

Es importante mencionar que la Biblioteca Central es un edificio construido en el periodo de 1949 a 1954, años donde la cantidad de alumnos era mucho menor a la actual y en la que las necesidades escolares no implicaban el uso de dispositivos electrónicos. El diseño del edificio y sus instalaciones no fueron pensados para cubrir la demanda que hoy en día existe y que ha hecho que el espacio comience a ser adaptado para cubrir las nuevas necesidades de los usuarios. Un ejemplo ideal de la solución que se ha tratado de dar para cubrir esta nueva demanda de energía eléctrica se encuentra en el Jardín Interior de la biblioteca.

Actualmente el mobiliario con el que se cuenta en el Jardín Interno de la Biblioteca Central consta de una mesa con un par de enchufes, los cuales se conectan a la toma de corriente por medio de una extensión (cable) que le permite energizarlos, el mobiliario consta de un brazo de aluminio el cual permitía fijarlo a una estructura tubular, lo que le permitía situarse alrededor de la toma convencional, sin embargo, debido a las condiciones climatológicas, este sistema de fijación fue eliminado, permitiéndoles a los usuarios mover y localizar el mobiliario en zonas donde se cuenta con sombra. Lo anterior dio lugar a que las extensiones sean inadecuadas y el mueble rara vez se encuentre energizado, además de que muchas de las extensiones se encuentran en mal estado lo que imposibilita el poder conectarlas a la toma de corriente.

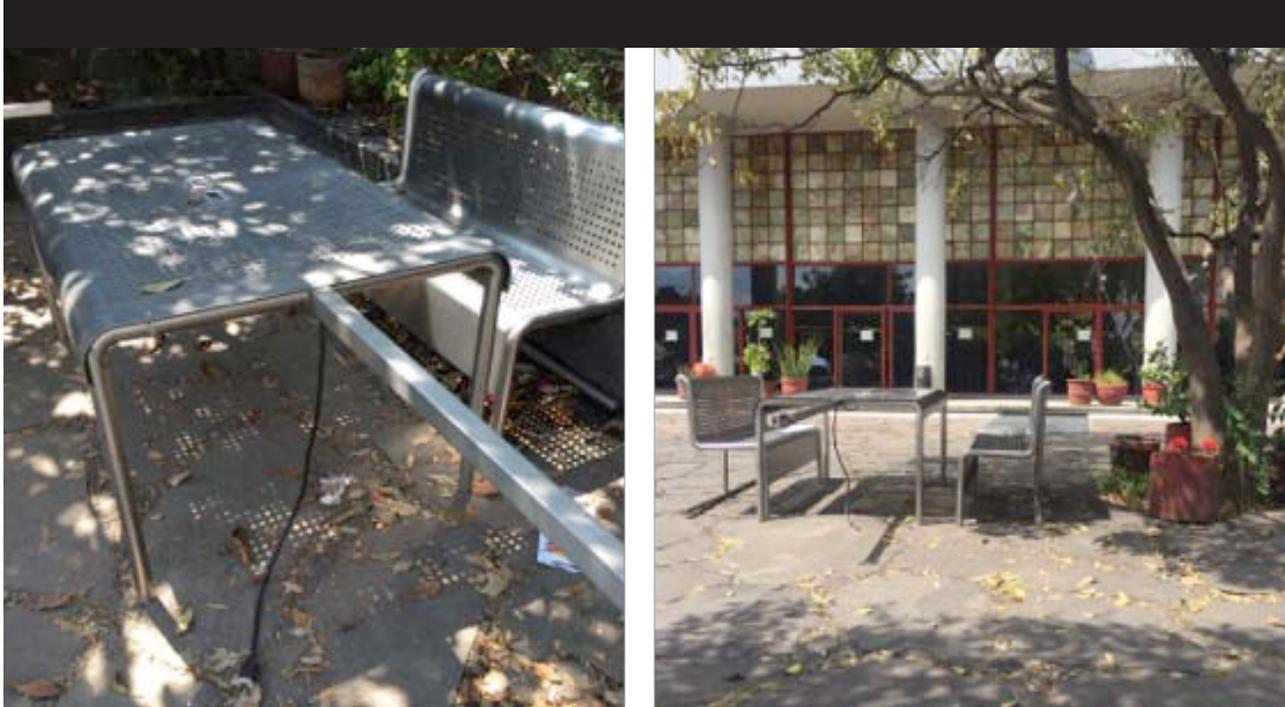


Fig. 94 Mobiliario del Jardín Interno de la Biblioteca Central.
Fuente: Imagen propia.

En las imágenes presentadas se observa cómo los usuarios aprovechan el espacio del Jardín Interno de la Biblioteca Central para realizar sus actividades. Es de notar que el mobiliario es empleado tanto por aquellos que se encuentran trabajando con algún dispositivo electrónico, como por usuarios que se hallan haciendo consultas o trabajando en equipo. No obstante en ocasiones este mobiliario no es empleado por usuarios que necesitan cargar la batería de sus dispositivos, ya que se observó que una gran cantidad de usuarios emplea las jardineras para sentarse y trabajar, ya que éstas cuentan con sombra brindada por los árboles y las tomas de corriente se encuentran en ellas.

Fig. 95 Usuarios sentados en jardineras por la falta de mobiliario.
Fuente: Imagen propia.



Con el mobiliario propuesto se pretendió brindar un mayor número de opciones para realizar la carga de sus dispositivos, así como el proporcionar un módulo que le permita al usuario realizar sus actividades de consulta o trabajo sin depender de una zona en específico y así lograr que la saturación de usuarios sea menor. Con base en lo anterior el UFIPV se presenta como una alternativa para trabajar, en el que se cuente con una mesa y espacio necesario para colocar su computadora portátil o dispositivos móviles, un espacio de protección solar para aprovechar el espacio existente y una alternativa energética para realizar la carga de sus dispositivos.

Si bien este mobiliario se pensó para ser empleado en la Biblioteca Central, también puede ser utilizado en diferentes zonas de la Ciudad Universitaria debido a la cantidad de espacios abiertos con los que ésta cuenta, los cuales permiten aprovechar la radiación solar. La movilidad y libertad de giro con la que cuenta la propuesta, permite que se pueda aprovechar a lo largo del día la mayor cantidad de radiación solar posible. Asimismo es importante el mencionar que cuenta con enchufes tanto USB como convencionales para realizar la carga de la batería de los dispositivos.

4.2.3 Aspectos Productivos

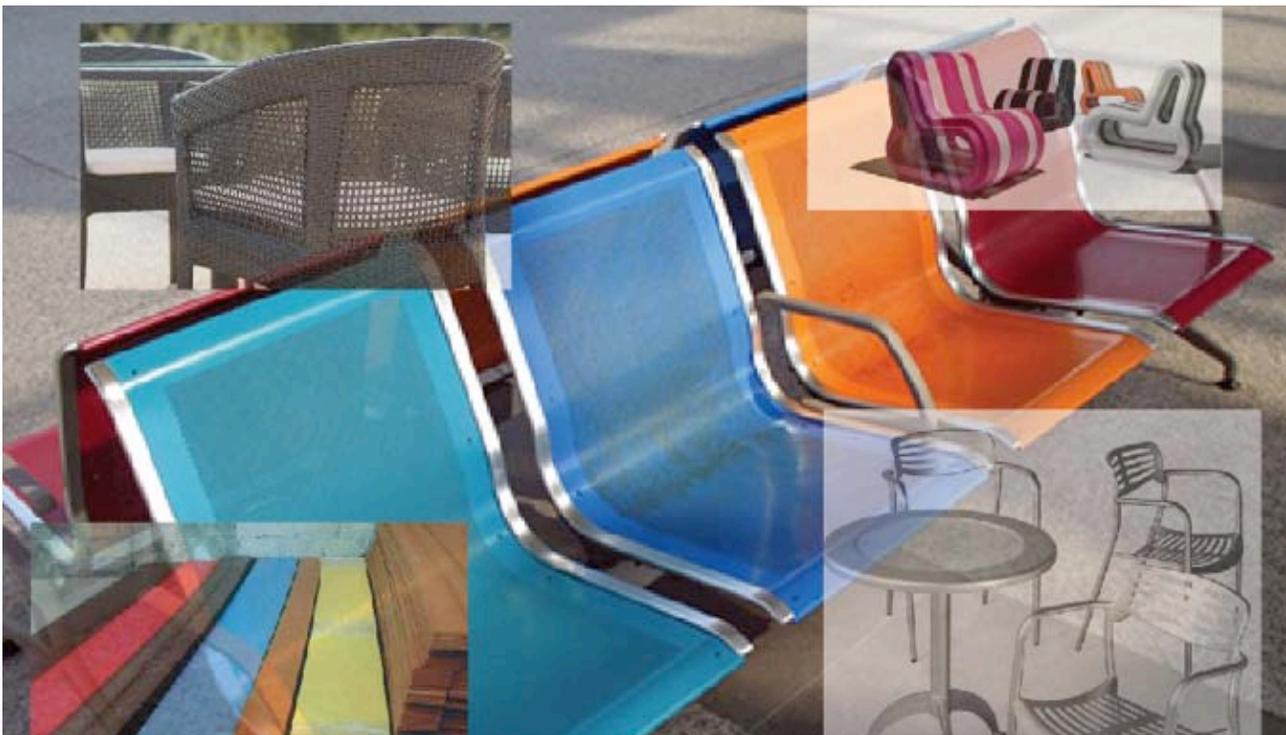
La importancia en la selección del material adecuado para las propuestas desarrolladas fue de gran importancia, ya que se debe tener en cuenta el sitio en el que se va a ubicar el UFIPV y las actividades que se realizan en el mismo. Es por esto que se propusieron materiales plásticos, metales como el acero inoxidable, los cuales debido a sus características, permiten que su mantenimiento se realice de manera sencilla al emplear agua y jabón para la limpieza del mismo, bambú de tipo Mao el cual es el más empleado para la fabricación de mobiliario; en cuanto a durabilidad, el plástico presenta

una larga vida útil, sin embargo el acero inoxidable se consideró debido a su resistencia a la corrosión. En la *Anexo Infografía sobre materiales propuestos*, se muestran las principales características de los mismos.

Los materiales se seleccionaron con base en la observación realizada, siendo el acero inoxidable y el bambú los adecuados debido a sus características como resistencia, peso y fácil mantenimiento; no obstante, se consideraron otros elementos que pueden ser cubiertos con diferentes materiales como el polipropileno para soportes y paja sintética, la cual puede emplearse como elemento decorativo (Fig. 96).

Fig. 96 Variedad de muebles con materiales como acero inoxidable, aluminio, polimadera, polipropileno, y fibras sintéticas.

Fuente: <https://is.gd/sFCMMK>, <https://is.gd/R2TP3S>, <https://is.gd/RxKXkg>,
<https://is.gd/2yukQU>, <https://is.gd/yCpDLS>, <https://is.gd/8qCz6P>,
<https://is.gd/wYm3ps>, <https://is.gd/vYbHax>



Dentro del desarrollo de las propuestas consideradas, se especifica en qué elementos se emplea cada tipo de material. En su mayoría se propuso el acero inoxidable, ya que éste es el que se encuentra en el mobiliario actual, el cual permite que pueda ser colocado en diferentes zonas debido a su peso, además de que el mantenimiento al que es sometido, mediante agua y detergente. Es importante mencionar que los materiales mencionados en la infografía como el polipropileno y la paja sintética, son considerados como elementos decorativos a excepción de la propuesta 3 en donde el polipropileno se puede emplear como base para la mesa de trabajo y sujeción y soporte de la estructura de las celdas. Asimismo, este tipo de materiales puede tener un recubrimiento epóxico, el cual le permite tener una mayor protección a la corrosión y brindarle color al material para un mejor acabado.

4.2.4 Aspectos Funcionales

Como se ha mencionado el UFIPV permite brindar electricidad para realizar la carga de dispositivos. Esto lo realiza mediante el efecto fotovoltaico generado por las celdas solares, las cuales se encuentran situadas en la parte superior del mobiliario para poder recibir la radiación solar. Al presentarse dicho efecto, éste produce electricidad, la cual es distribuida por el sistema eléctrico hasta la salida del mismo en forma de conectores USB y enchufes convencionales para poder conectar los dispositivos; es así que el usuario puede sentarse en el mobiliario y emplear la energía producida por las celdas o simplemente usarlo como estación de trabajo. A continuación se muestra la función del UFIPV:

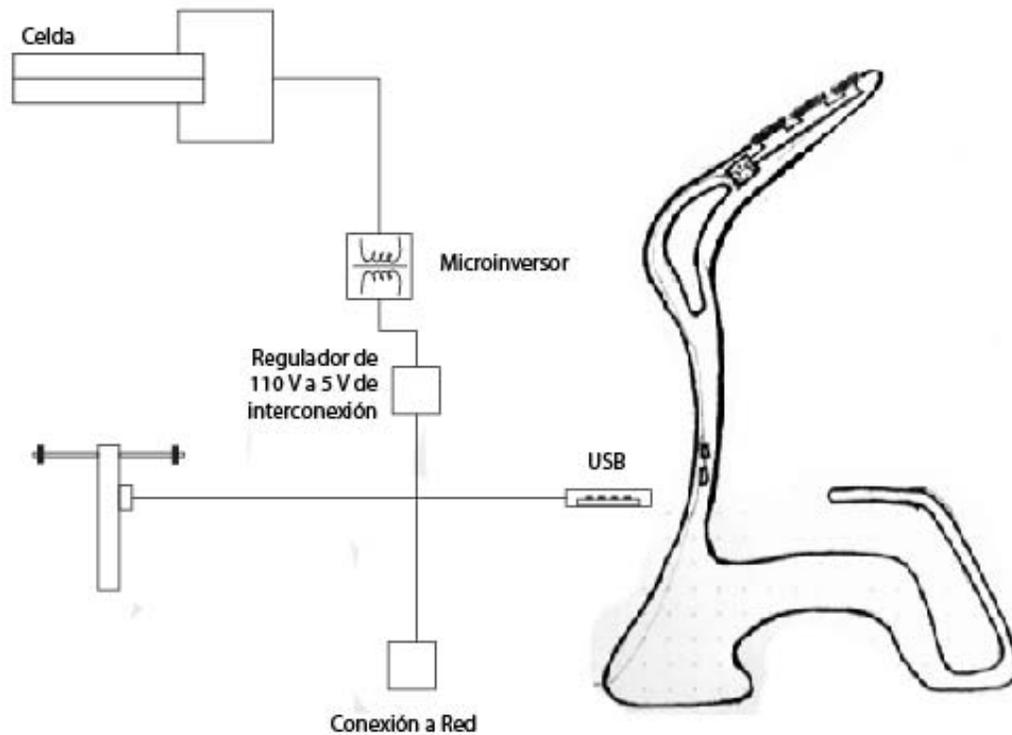


Fig. 97 Diagrama de sistema fotovoltaico en mobiliario.
Fuente: Imagen propia

De igual manera se considera la opción de interconexión entre muebles, lo que permitirá generar mayor voltaje o corriente, sin embargo dará la opción a los usuarios de que puedan trabajar en equipo y poder tener mas opciones de puntos de recarga de batería, además de brindarles un espacio de trabajo mayor.

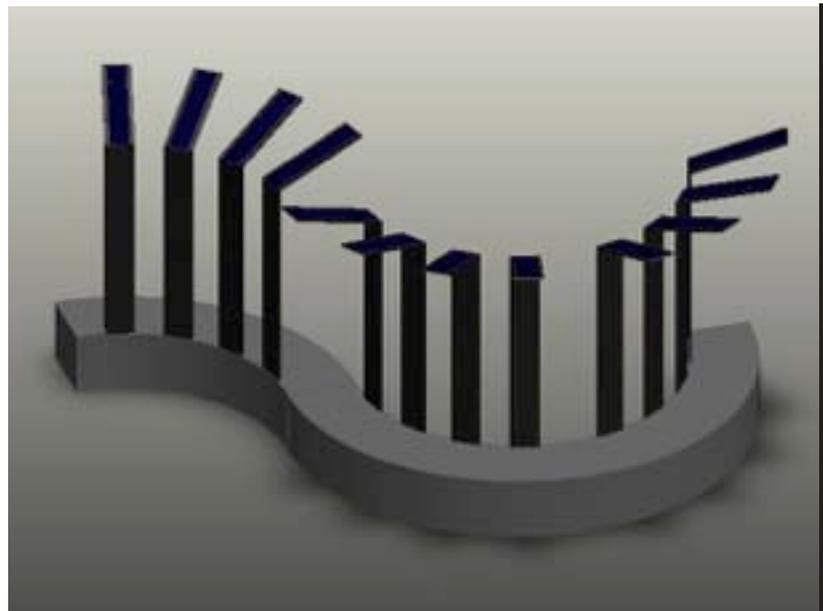


Fig. 98 Muebles interconectados.
Fuente: Imagen propia



Fig. 99 Usuarios en la sombra.
Fuente: Imagen propia

En la siguiente imagen se observa el mobiliario actual (Fig. 100), el cual consta de una mesa de trabajo con capacidad para cuatro personas, dos bancas dobles que no se encuentran fijas a las mesas, cuatro enchufes al centro de la mesa para conectar los dispositivos, una extensión para conectarse a la toma de corriente que se encuentra en las jardineras y un brazo tubular que sale del extremo de la mesa, el cual funciona como sistema de fijación en un espacio determinado. La descripción anterior presenta el estado actual del mobiliario dentro del Jardín Interno de la Biblioteca Central, el cual no cumple con algunos aspectos como son: el sistema de fijación se retiró debido a que las bancas y mesas son movidas al área de sombra, ya que el mobiliario no cuenta con protección para el sol, la extensiones no se encuentran completas, muchas de ellas ya no cuentan con el conectores para poder ser conectadas, los enchufes situados en las mesas no funcionan en su totalidad o han sido retirados y en ocasiones las jardineras fungen como bancas.



Fig. 100 Bancas, mesas y conectores.
Fuente: Imagen propia

Sería un error decir que el mobiliario actual sea deficiente, ya que a pesar de las condiciones en las que se encuentra, éste cumple con su función principal de brindar espacios de trabajo para los usuarios. Sin embargo muchos de los deterioros con los que cuenta son debido a diferentes aspectos, dentro de los cuales se puede mencionar la falta de elementos comprendidos en el mobiliario, ejemplo de esto es que al no contar con un componente que proteja del clima, en este caso el sol, el mobiliario es retirado de su lugar original con el fin de buscar esta protección; otro aspecto que se considera importante es la falta de mantenimiento, la cual se puede observar en la carencia de conectores en las extensiones y en los enchufes ubicados en las mesas de trabajo, disminuyendo la cantidad de los mismos y provocando que la demanda por un lugar con toma de corriente sea mayor. Por último, se puede observar que en ocasiones y debido a la falta de enchufes en las mesas de trabajo, se encuentran usuarios cargando la batería de su celular o tableta en las tomas de corriente ubicadas en la jardinera, lo que provoca que en caso de requerir conectar una computadora portátil cuyo requerimiento energético es mayor, sea complicado, como se puede observar en la Figura 100.

4.2.5 Aspectos Antropométricos

Las consideración ergonómicas que se tomaron en cuenta para el desarrollo de propuestas fueron tomadas a partir de estudios realizados para la población mexicana, esto debido a que en su mayoría, los usuarios presentan ésta nacionalidad. Para el ciclo escolar 2014- 2015, la Ciudad Universitaria contaba con una matrícula de 135,836¹⁴³ estudiantes dentro de su oferta académica; considerando que para el 2016 “dió la bienvenida a 432 alumnos extranjeros provenientes de 136 instituciones de educación superior de 26 países, que realizarán una estancia académica en 28 entidades de esta casa de estudios”¹⁴⁴ se puede

¹⁴³ Población Escolar Campus Ciudad Universitaria 2014-2015, Fuente: Dirección General de Administración Escolar, UNAM., en: http://www.estadistica.unam.mx/series_inst/index.php.

¹⁴⁴ Frías, L. (2016). RECIBE LA UNIVERSIDAD A 432 ESTUDIANTES DE 26 NACIONES. Maro 16, 2016, de Gaceta UNAM Sitio web: <http://www.gaceta.unam.mx/20160202/recibe-la-universidad-a-432-estudiantes-de-26-naciones/>

suponer que la mayoría de los estudiantes dentro de la CU son de nacionalidad mexicana, lo que permitió tomar en consideración medidas antropométricas para el usuario mexicano.

Las medidas consideradas fueron:

Posición	Promedio (mm)	Percentil (mm)		
		5	50	95
Altura con zapatos (E)	1676.80	1588.44	1675.80	1779.59
Alcance vertical máximo (D)	2097.54	1964.88	2094.56	2244.13
Ancho de cadera (F)	330.61	300.47	329.98	363.35
Altura de poplíteo (B)	404.23	362.88	404.08	445.59
Distancia glúteo – rodilla (G)	558.99	515.88	558.11	605.04
Distancia glúteo – poplíteo (A)	453.83	409.58	453.53	499.82
Altura Sentado (C)	1244.69	1178.85	1242.55	1323.92

Tabla 5. Medidas antropométricas para la población mexicana.

Fuente: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana

Por lo que las medidas quedaron de la siguiente forma:

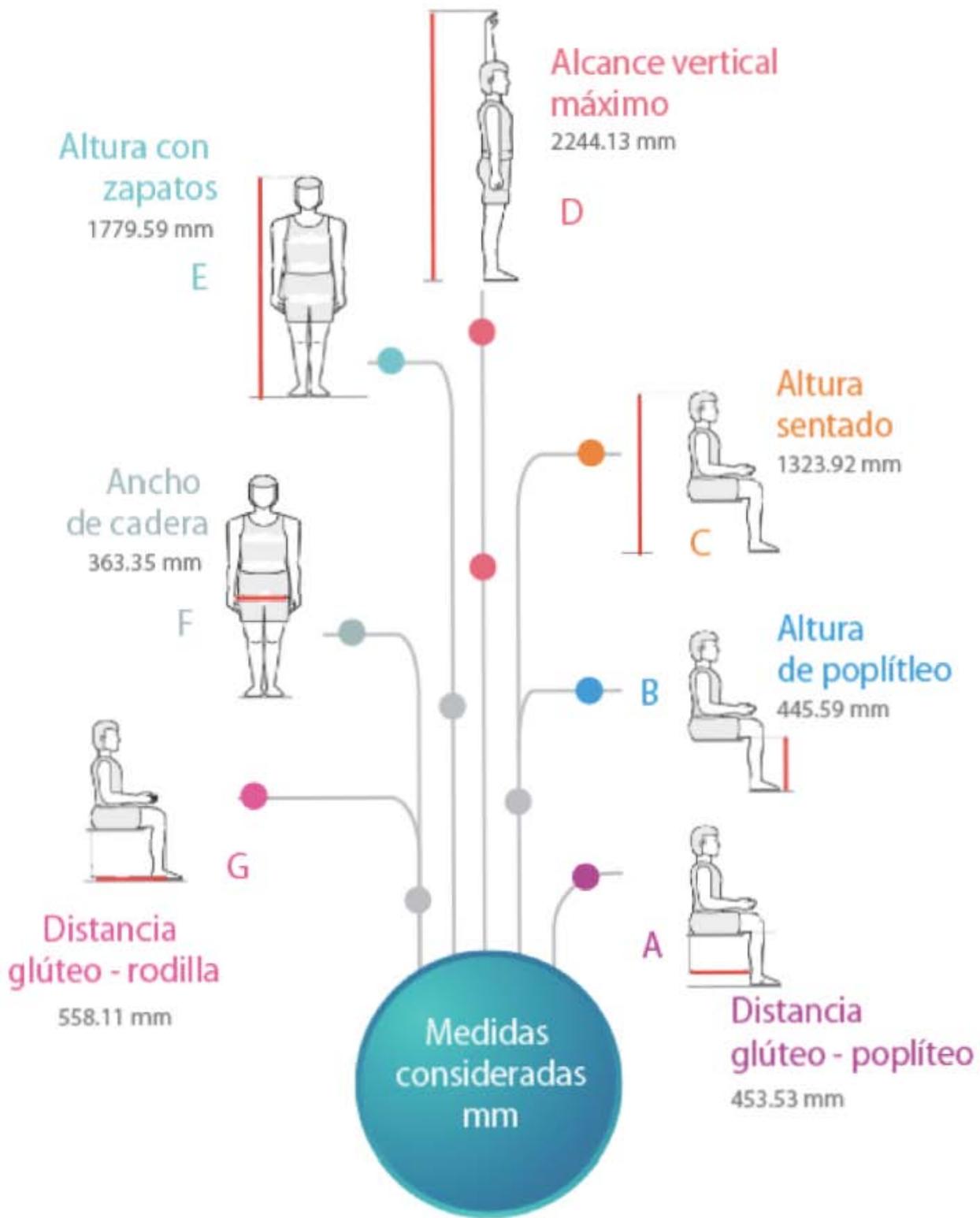


Fig. 101 Dimensiones consideradas para el desarrollo de propuestas.
Fuente: Imagen propia con datos de Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana

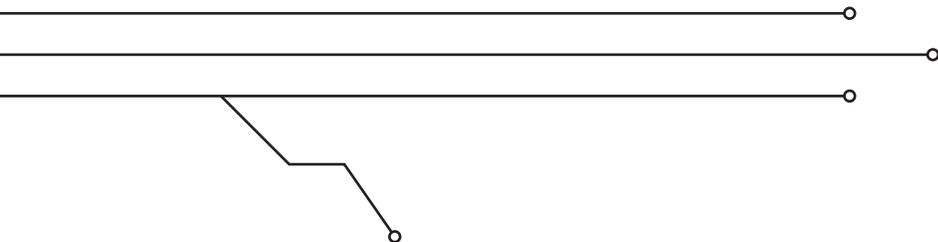
A partir de las medidas consideradas, se propusieron algunas variaciones en cuanto a las dimensiones para el asiento, las cuales debido al diseño se tuvieron que modificar, sin embargo, estas no afectan la postura del usuario, en cuanto a las dimensiones de altura de poplíteo, siempre se consideró el percentil 5; del mismo modo la altura máxima de las propuestas varía sin dejar de considerar la altura máxima sentado del percentil 95.

Con relación a la comodidad, se puede tener la opción de que el mobiliario cuente con algún elemento textil en la zona del asiento, esto con la finalidad de que le usuario tenga el confort necesario, sin embargo, debido a que el mobiliario es para exteriores, se omitió el uso de cojines, además de que la mayoría de módulos urbanos no cuentan con dichos elementos. En cuanto a cuestiones de seguridad, los materiales propuestos actúan como aislantes, lo que permite que no se tengan accidentes eléctricos durante su uso; el cableado se encuentra al interior del módulo, por lo que el acceso está controlado; las bases que presentan las propuestas permiten que éste no pueda caerse hacia los lados sino que se encuentra en equilibrio. Así mismo, los contornos y esquinas, presentan un redondeo para evitar accidentes al usuario.

4.2.6 Aspectos Ergonómicos

“Las dimensiones del mobiliario no salen del aire. (Furniture dimensions don’t come out of the air).”¹⁴⁵ Conforme a estos aspectos se tomo en cuenta las medidas referentes a la mesa y banca para que puedan ser utilizadas por los usuarios. Es importante mencionar que se partió del mobiliario ya existente con la finalidad de no interferir con el diseño de la CU, sin embargo, es de igual importancia el mencionar que el diseño puede presentar variaciones dependiendo del sitio final en el que se encuentre, por tal motivo,

¹⁴⁵ Noe, B. (2015). *Reference: Common Dimensions, Angles and Heights for Seating Designers*. agosto 23, 2016, de Core 77 Sitio web: <http://www.core77.com/posts/43422/Reference-Common-Dimensions-Angles-and-Heights-for-Seating-Designers>



y con base a las actividades que se realizan dentro del jardín interno de la Biblioteca Central el mobiliario no es considera como un mobiliario de descanso sino de trabajo.

Siendo así que en la Figura 102 podemos observar las medidas consideradas para el diseño.

$$A = 26.8 \text{ " } = 68.072 \text{ cm}$$

$$B = 17 \text{ " } = 43.18 \text{ cm}$$

$$C = 4.2 \text{ " } = 10.668 \text{ cm}$$

$$D = 23.3 \text{ " } = 59.69 \text{ cm}$$

$$E = 6.5 \text{ " } = 16.51 \text{ cm}$$

$$F = 28.5 \text{ " } = 72.39 \text{ cm}$$

$$G = 52.6 \text{ " } = 133.604 \text{ cm}$$

$$H = 15.7 \text{ " } = 39.878 \text{ cm}$$

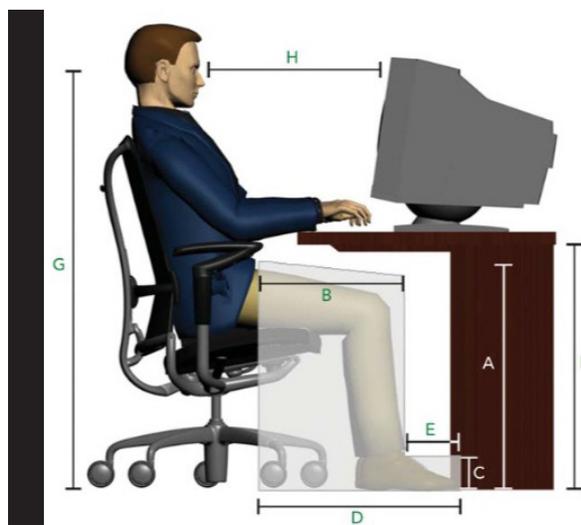


Fig. 102 Ergonomía para el diseño del Pilz.
Fuente: <http://goo.gl/YaidV7>

Tomando en consideración los datos anteriores y en conjunto con las medidas antropométricas de la población mexicana, es que se desarrollo la propuesta del presente trabajo. Las medidas y planos se pueden encontrar en el apartado de Anexos (pág. 205). Como se menciono al principio del apartado, el mobiliario se encontrará en lugares en donde la actividad principal es el trabajo, por lo que el diseño ayuda a que el uso que se haga del



mismo sea el correcto y no de lugar a que éste sea empleado como mobiliario de recreación o descanso.

4.2.7 Características formales

Dentro del desarrollo de propuestas se tuvieron en consideración diferentes aspectos y elementos que se pueden observar en el Jardín Interno de la Biblioteca Central y en sí, dentro y a lo largo de las instalaciones de la CU. Si bien se abordó lo relacionado al concepto de integración plástica, es conveniente mencionar cómo el diseño se involucra con la tecnología para poder integrar diferentes áreas, que en el caso de la plástica que intervino en la arquitectura dando como resultado edificios con murales en las fachadas, el diseño puede permitir integrar conceptos estéticos para con el mobiliario, que además en conjunto con otras áreas como la ingeniería, permite brindarle un elemento más al diseño para satisfacer nuevas necesidades y cubrir las ya existentes.

“La Ciudad Universitaria de la UNAM es uno de los conjuntos más significativos de nuestro país, debido a sus aportaciones tanto arquitectónicas como urbanas”¹⁴⁶ la corriente arquitectónica que se empleó fue la funcionalista. Sin embargo, se buscó realizar un funcionalismo distinto, en el que se tomaron en cuenta factores diversos que se encuentran en la cultura mexicana, logrando una arquitectura moderna pero que buscaba promulgar la identidad nacional. Asimismo, se propuso que los diferentes espacios y recintos arquitectónicos fueran desarrollados por diferentes arquitectos en donde “se integrara el diseño de cada uno de los edificios programados, realizado por equipos de profesores y alumnos, para presentarlo a un concurso que convocaba la Universidad” resultando que la Biblioteca Central fuera encargada a Juan O´Gorman, Gustavo M. Saavedra y Juan Martínez

¹⁴⁶ Noelle, L. (s/f). de archivos La Ciudad Universitaria y sus arquitectos. Abril 4, 2016, de Instituto de Investigaciones Estéticas Sitio web: http://www.esteticas.unam.mx/revista_imagenes/inmediato/inm_noelle01.html

de Velasco. Siendo así que a través de estos principios de integración y funcionalismo se propusieron los siguientes diseños de mobiliario, en los cuales la forma y función se pensaron a partir de la arquitectura con la que cuenta la Biblioteca Central.

A continuación se expondrán tres propuestas que sirvieron como guía para la realización de la propuesta final. Éstas se consideraron a partir de la observación realizada tanto a los usuarios al hacer uso de espacios abiertos dentro de la CU, como al mobiliario ya existente y el tipo de arquitectura empleada en diferentes zonas de la misma. Es importante mencionar que a lo largo de la observación realizada, se pudo notar que los usuarios emplean el espacio del Jardín Interno para leer y hacer trabajos en equipo sirviéndose del uso de sus dispositivos electrónicos. Por lo anterior, es que en primera instancia se propuso un espacio personal (**Propuesta 1**), en el que al momento de hacer dichas consultas, puedan realizar la carga de sus dispositivos; esto debido a que los usuarios que no lograron ocupar el mobiliario existente, emplean las jardineras, como mobiliario para sentarse y realizar la actividad. Incluso, como se ha observado, algunas tomas de corriente no cuentan con alguna sombra brindada por los árboles o elementos arquitectónicos de la biblioteca, lo que provoca que en ocasiones, estas tomas no sean utilizadas debido a la radiación solar que reciben directamente, por lo que las propuestas desarrolladas cuentan con elementos superiores para brindar sombra a los usuarios y así aprovechar la radiación solar para la generación de electricidad.

Además de que esta propuesta es unipersonal, se consideró un contacto¹⁴⁷ que cuente con tres tomas de corriente, de los cuales dos de ellas son por medio de puerto USB y la otra por AC aterrizada, lo que brinda más opciones de tomas de corriente para la carga de dispositivos como teléfonos



¹⁴⁷ Se considera contacto al enchufe compuesto por una toma de AC aterrizada y 2 puertos USB

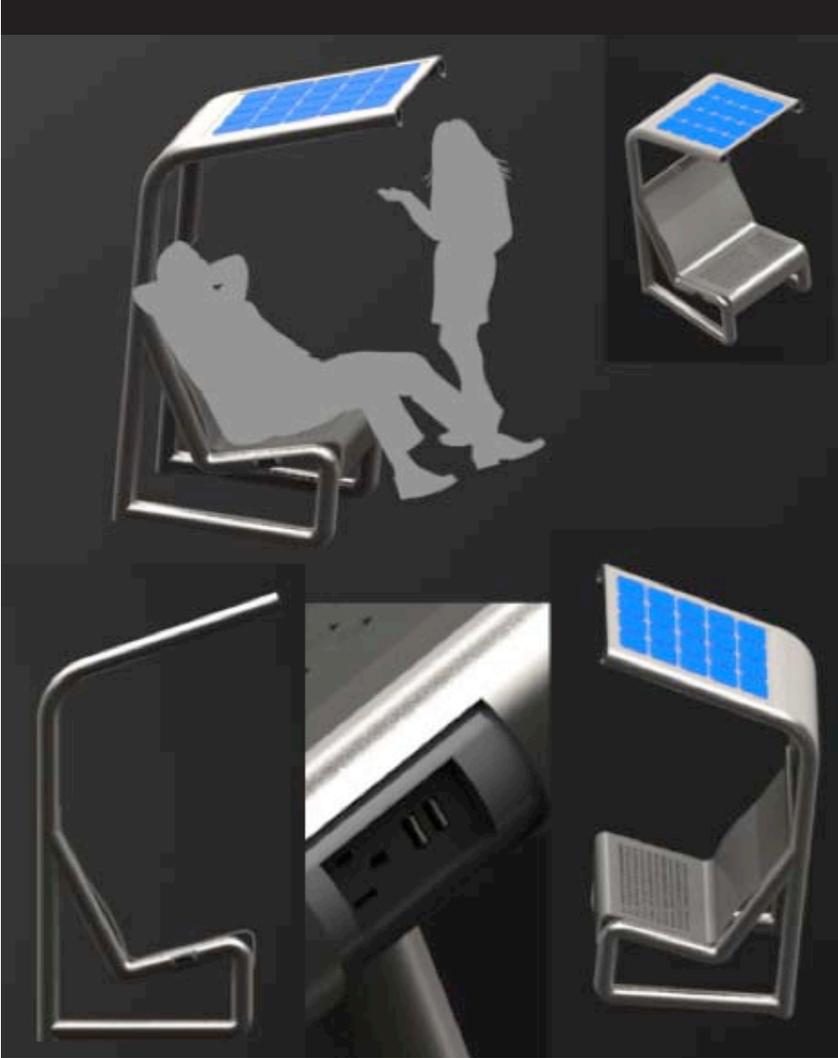


Fig. 103 Propuesta 1 UFIPV.
Fuente: Imagen propia

celulares y tabletas. Debido a que es un mobiliario personal, esta propuesta es considerada para lectura y consulta de libros o internet, acciones que no requieren de una mesa para poder trabajar, por lo que el mobiliario solo consta de una banca y la estructura que contiene las celdas solares. Esta propuesta permite que el mobiliario pueda ser ubicado en cualquier zona y además posibilita que el mobiliario con mesa, sea ocupado por usuarios que realizan trabajos en equipo o requieren de una mesa para poder trabajar.

Por lo anterior es que se propone un mobiliario en el que los usuarios pudieran contar con una mesa de trabajo, (**Propuesta 2**) que además de realizar actividades de lectura y consulta, pudieran contar con un elemento para apoyar sus dispositivos o para trabajar. Esta propuesta cuenta con asientos modulares, los cuales serían un máximo de ocho, además cuenta con cuatro contactos, cada uno con tres tomas de corriente, dos de las cuales son tomas USB y una de AC aterrizada. A diferencia de la propuesta 1, ésta no cuenta con asientos con respaldo, esto debido a que es un mobiliario en el que pueden realizar la carga de sus dispositivos y aprovechar para realizar otras tareas.



Fig. 104 Propuesta 2 UFAPV.
Fuente: Imagen propia

Presenta una referencia a las jardineras ya existentes, en las que se pudo observar a los usuarios hacer uso de las mismas para sentarse y cargar sus dispositivos. Esta propuesta es una especie de kiosco, el cual proporciona sombra a los usuarios, asimismo, se puede emplear para usuarios que trabajan en equipo o se encuentran realizando tareas en conjunto. Siendo así que la modularidad de asientos brinde una opción de un mayor o menor número de usuarios del mobiliario. Esta propuesta cuenta con paneles del tipo flexibles, para que puedan colocarse en la parte superior del mobiliario.

La siguiente propuesta fue considerada para trabajo en equipo (**Propuesta 3**), ésta cuenta con una mesa de trabajo más grande a diferencia de la propuesta 2 y espacios para sentarse mas amplios, permitiendo que más de una persona ocupe el espacio. Del mismo modo que la propuesta anterior, ésta cuenta con cuatro contactos, en los que se localizan tres tomas de corriente, de las cuales dos son por USB y una de AC aterrizada.



Fig. 105 Propuesta 3 Pilz UFIPV.
Fuente: Imagen propia

Dentro de los elementos a emplear para ser integrados dentro del UFIPV o UFAPV se tienen los siguientes: panel solar de 250 W, microinversor para la entrega de corriente AC a 120 V, microinversor para la entrega de corriente a 5 V y contacto con una toma de AC aterrizado y dos USB.

La importancia de conocer los requerimientos energéticos de los dispositivos como el teléfono celular, tabletas y computadoras portátiles es de suma importancia, ya que nos permitirá elegir la cantidad de paneles que se requieren para que las propuestas cumplan con su función. Asimismo no se debe de olvidar que estas propuestas se encuentran interconectadas a la red de CFE, con lo que se puede aprovechar la energía suministrada por la misma compañía y generar electricidad de manera alternativa, lo que permite que se pueda aprovechar tanto la energía solar como la convencional y así seguir haciendo uso del mobiliario. En la tabla 6 se puede observar el porcentaje de carga¹⁴⁸ de seis diferentes dispositivos y el tiempo en el que dicha carga se puede realizar.



¹⁴⁸ Estos cálculos fueron realizados mediante el sitio web: <http://www.csgnetwork.com/batterychg-calc.html> con información de http://www.gsmarena.com/apple_iphone_6-6378.php

	V	A	Batería	Tipo	100%	50%	25%	Potencia P
	Volts	mA	mAh		hrs.	hrs.	hrs.	Wh
Galaxy S7 Edge	5	1000	3600	Li-Ion	3.6	1.8	0.9	18
Iphone 6s Plus	5	1000	2750	Li-Po	2.75	1.375	0.6875	13.75
Xperia Z5	5	1000	2900	Li-Ion	2.9	1.45	0.725	14.5
Xperia Z4 Tablet	5	2500	6000	Li-Po	2.4	1.2	0.6	30
iPad Air 2	5	2500	8820	Li-Po	3.52	1.76	0.88	44
Galaxy Tab 4	5	2500	6800	Li-Po	2.7	1.35	0.675	33.75

Tabla 6. Tiempos de carga para teléfonos celulares y tabletas.
Fuente: Elaboración propia con datos de <https://is.gd/azwPkV>

Para la selección de la cantidad de paneles a usar se realizó el siguiente cálculo: Se tomaron las potencias más altas (S7 Edge, 6s Plus, Ipad 2 y Galaxy tab 4) para considerar una potencia total que es de 109.5 Wh/día. Para el caso de los conectores de AC aterrizada se tomaron datos de una computadora portátil Macbook Pro marca Apple cuya potencia es de 296.90 Wh/día obtenidos a partir de: 16.5 V x 3650 mA x 4.93 horas de tiempo de carga completa y se multiplicaron por 2.

Lo anterior se realizó con base a que la propuesta 3 contiene dos conectores, los cuales permiten tener dos conexiones aterrizadas y cuatro puertos USB. Asimismo el panel a considerar tiene una potencia de 250 W

Cantidad / # Dispositivos	Tipo	Potencia	Total Energía por día TED (0.75)	#Paneles TED/ (HSPx0.8x250)
		Wh/día	Wh/día	
2	Portátil	593.81	791.75	0.88
4	Móvil / Tablet	109.50	146.00	0.16
			Total Paneles	1.04

Tabla 7. Cantidad de paneles a usar por mobiliario.
Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de 0.75 empleado en el TED es el porcentaje a considerar por el rendimiento de la instalación. Asimismo para el calculo de número de paneles se tomó en cuenta el dato de 4.5 horas solares pico (anexo), un factor de trabajo del panel de 0.8 y los 250 W del panel a emplear; siendo así que para las diferentes propuestas se pueden emplear 1 o 2 paneles. Por lo que se realizó un pronóstico energético para conocer la cantidad de paneles y elementos de un sistema fotovoltaico conforme a las propuestas presentadas.

Propuesta 1.

Capacidad: 1 persona.
Puntos de carga: 1 contacto.
Paneles: 1.

Propuesta 2.

Capacidad: 1 a 8 personas máximo.
Puntos de carga: 4 contactos.
Paneles: 2.

Propuesta 3.

Capacidad: 2 a 6 personas.
Puntos de carga: 2 contactos.
Paneles: 2.

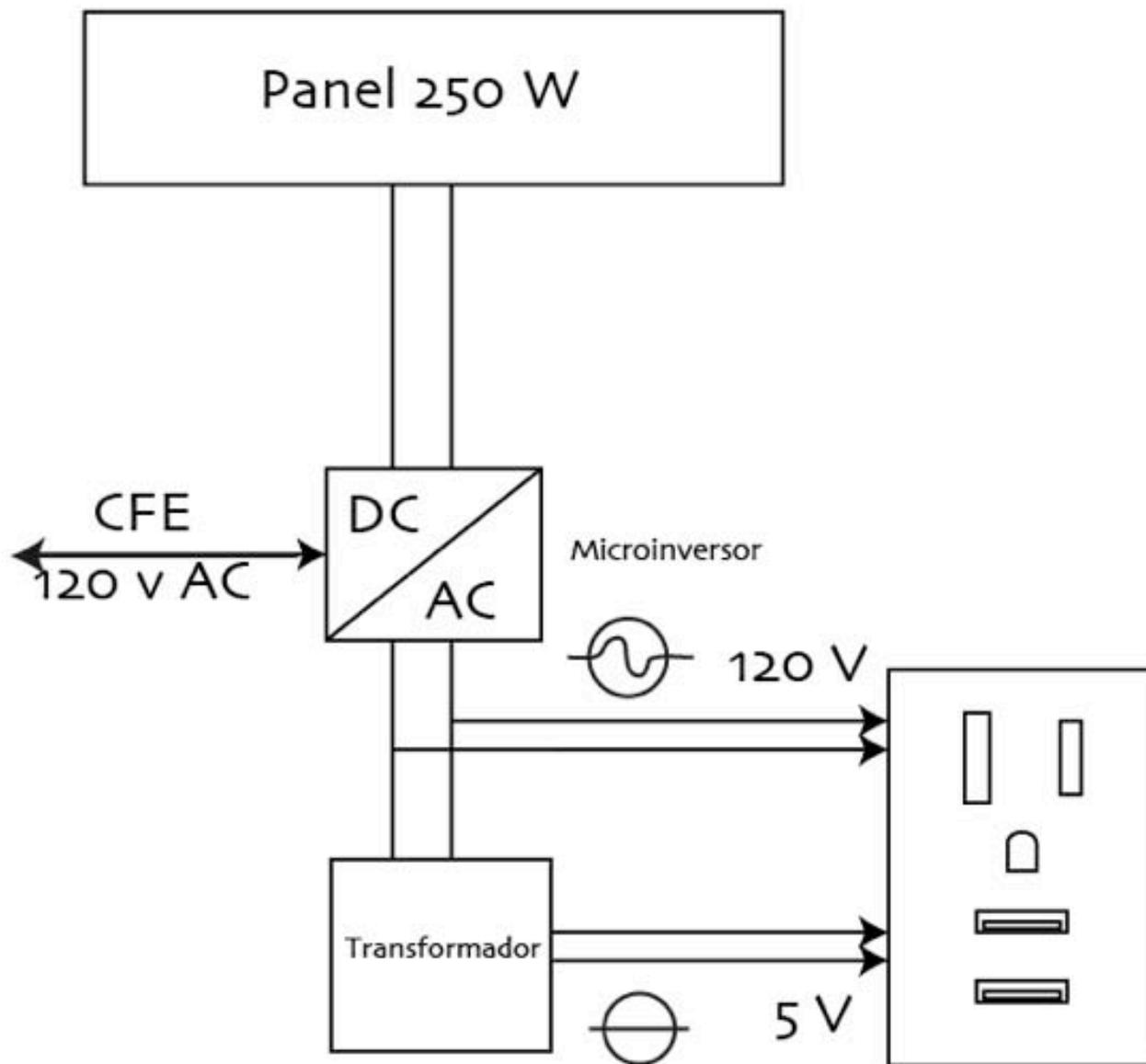


Fig. 106 Diagrama de pronóstico energético para un contacto.
Fuente: Imagen propia

Los componentes empleados para este sistema fotovoltaico son un panel solar de 250 W, un microinversor para salida de 120 V y un transformador para salida de 5 V.

Es importante mencionar que en la propuesta 1 se debe de considerar un sistema de giro, esto con la finalidad de que la radiación solar siempre sea la óptima y que las celdas siempre estén generando electricidad. Este sistema puede ser manual, lo que provoca que el usuario pueda estar moviéndolo dependiendo de la hora del día en la que se encuentre haciendo uso del mismo y así siempre contar con

sombra. Para la propuesta 2 se considera que sea un UFAPV, (Urban Furniture Attached Photovoltaic) en el actual las celdas estén adjuntas al mobiliario, lo que permitirá que se empleen paneles solares rígidos para un mejor aprovechamiento de la radiación solar. En cuanto a la propuesta 3, ésta puede presentar el sistema de giro similar a la propuesta 1 o tener un sistema adjunto, dando como resultado un UFIPV o UFAPV.

Lo relacionado con el sistema de giro en la propuesta 1 radica en el uso de baleros para poder realizar dicha función, el cual presenta un funcionamiento similar al de un volantín, en donde la base es fija y el cuerpo puede girar sobre su eje. Para el presente trabajo, este sistema se acopla con el mobiliario con la finalidad de crear una base que pueda ser colocada en el eje del balero y así pueda girar libremente. Sin embargo, el presentar este tipo de función giratoria puede presentar aspectos negativos durante el uso del mismo por los usuarios; lo anterior debido a que puede ser empleado como juego; no obstante, se recomienda colocar una canaleta en la base con la finalidad de condicionar y restringir el giro del mismo para evitar un mal uso del mismo.



Fig. 107 Volantín.
Fuente: <https://is.gd/jWgl3T>

Como se ha observado a lo largo del desarrollo de la metodología propuesta, se identificaron dos aspectos básicos que influyen en el desarrollo de un UFIPV y que se han mencionado a lo largo de la presente investigación para la Biblioteca Central y espacios abiertos dentro de la CU, los cuales son la falta de enchufes o conectores en espacios abiertos para realizar la carga de dispositivos electrónicos y la angustia de usuarios al no poder acceder a uno de estos conectores para realizar la carga. Siendo así que las propuestas buscan cubrir la necesidad de brindar una opción tanto para realizar la carga de sus dispositivos y dar un espacio de trabajo en el Jardín Interno de la Biblioteca Central, y aprovechar una fuente alterna de energía como método de generación eléctrica.

Con base en lo anterior y desarrollando un análisis de las propuestas se llegó a la conclusión de optar por la **Propuesta 3: Pilz**, la cual debido al uso que los usuarios le dan al mobiliario existente en la actualidad, permitirá que pueda ser aprovechado de una mejor manera y brindar más espacios de trabajo; siendo así, a continuación se explica más a fondo la propuesta.

PROPUESTA FINAL Y CONCLUSIONES

El Jardín Interno de la Biblioteca Central es un espacio que permite trabajar, reunirse con otras personas y estudiar; así mismo es un espacio que presenta una afluencia considerable de usuarios que gustan u optan por trabajar al aire libre, ya sea porque dentro de la biblioteca deben de mantenerse en silencio, y también como punto de reunión para realizar trabajos y/o tareas. Con base en la observación realizada a lo largo del desarrollo del presente trabajo, se puede calcular una afluencia de entre 20 y 40 personas dentro de los horarios comprendidos de 11:00 am a 17:00 pm diariamente.

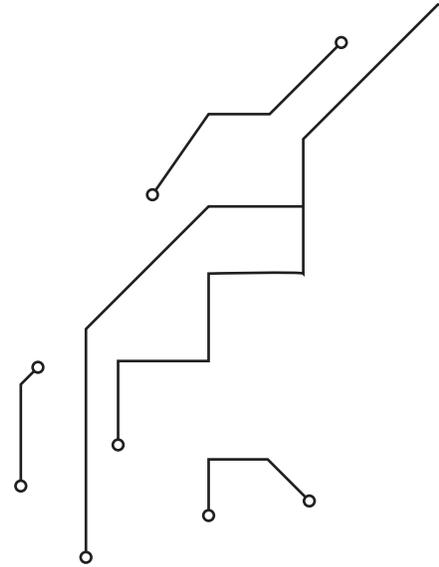
Como se expuso anteriormente, el mobiliario actual que se encuentra en el espacio del jardín no cumple completamente con una de las funciones con las que cuenta, que es la de proporcionar energía eléctrica a los usuarios. De igual forma, se ha podido notar que los usuarios en su mayoría hacen uso de las tomas de corriente para realizar la carga de sus dispositivos electrónicos y que en ocasiones estas tomas de corriente no son suficientes para satisfacer la demanda.

Siendo así, que se desarrolló a fondo la tercer propuesta, **PILZ**¹⁴⁹. Cabe mencionar que con esta propuesta, el mobiliario existente puede ser empleado nuevamente y adaptarlo a la presentada en esta investigación.

La idea de esta propuesta surge a partir de un hongo, principalmente por la forma que algunos de ellos presentan al tener una parte superior que protege su base. Un hongo esta compuesto por hifas y cuerpos fructíferos, las primeras son las que se encargan de formar el micelio, el cual es considerado como el tallo tronco del hongo y está formado por ramificaciones de hifas. En contra parte, los cuerpos fructíferos es la parte que se ve a simple vista de un hongo y la cual, se encarga de producir esporas que posteriormente se dispersan a su alrededor. "Al ser organismos descomponedores y de re-



¹⁴⁹ Traducción de hongo en Alemán.



ciclar gran cantidad de desechos orgánicos, pueden transformar la materia muerta, devolviendo al medio ambiente elementos y sustancias asimilables por otros seres vivos como plantas y animales, lo cual permite el flujo de energía y nutrientes a través de los ecosistemas naturales”.¹⁵⁰ Es así que esta propuesta pretende simular un hongo, el cual por su diseño es similar, y que así como en la naturaleza él brinda energía y nutrientes, el UFIPV permite dar una alternativa de aprovechamiento de energía eléctrica por medio del sistema de microgeneración integrado al mismo y simultáneamente permitir que los usuarios hagan uso del mismo como un espacio de trabajo.

Los materiales propuestos para este mobiliario incluyen el acero inoxidable para la parte de los asientos, el porqué de dicha selección radica en la facilidad de mantenimiento y peso del mismo; cuenta con perforaciones para que en caso de lluvia el agua no quede estancada, además de disminuir su peso. El asiento se propuso con las dimensiones específicas para que el usuario pueda permanecer un tiempo considerable en el mobiliario y no sea incómodo; este asiento está considerado en una sola placa, es decir que se tiene que doblar la lámina para conseguir las formas diseñadas, esto fue pensado para que el mobiliario tuviera el mínimo de piezas y las uniones disminuyeran, lo que se puede presentar en el caso de reutilizar el mobiliario existente. Para darle soporte y sujeción a la placa de acero inoxidable se consideró un tubo de acero inoxidable de estantería y mobiliario de 2 plg de diámetro, el cual forma la parte del esqueleto del asiento y a la vez sirve como conducto para el paso de cableado del sistema fotovoltaico.

La protección del mobiliario, es decir las paredes y techo se propusieron en bambú¹⁵¹, el cual presenta características como dureza y estabilidad además



¹⁵⁰ InBio. (s/f). *¿Que son los Hongos?*. (sic) Junio 29, 2016, de Inbio Sitio web: <http://www.inbio.ac.cr/papers/hongos/intro.htm>

¹⁵¹ Bamboocodesign. (s/f). *Deck*. Junio 27, 2016, de Bamboocodesign Sitio web: <http://www.bamboocodesign.com/assets/deck.pdf>

de ser una buena opción para exteriores. La parte superior tiene un espacio para que los paneles solares puedan ser insertados y la superficie sea homogénea, asimismo estos elementos tienen canaletas para que el cableado pueda ser colocado y se conecte con la tubería de los asientos o banca.

La mesa de trabajo presenta dimensiones consideradas en base a las actividades que los usuarios desarrollan, siendo lisas por la parte superior y los contactos –dos por mesa- se encuentran por la parte inferior de la misma; lo anterior con la finalidad de que los contactos queden protegidos del polvo y líquidos, además de que no interfieran con la mesa de trabajo. Estas especificaciones se propusieron con base en la observación realizada durante el desarrollo del presente trabajo, ya que los grupos de trabajo en ocasiones ocupan el mobiliario para realizar diversas tareas, por lo que la inclusión de una mesa se consideró apropiado para que se pueda trabajar. El módulo está diseñado para ser empleado por 2 a 6 usuarios, de los cuales se ha observado que no todos hacen uso de dispositivos como computadoras portátiles, caso contrario al uso de teléfonos celulares o tabletas, por lo que el considerar dos contactos con cuatro tomas usb y dos aterrizadas es pertinente.

Por último se tiene el sistema de fijación, el cual se considera fijo al suelo, sin embargo también puede ser móvil para que sea aprovechado en diferentes zonas del jardín, por lo que cuenta con una base de polimadera la cual sirve como contrapeso para que el UFIPV no se mueva. Con base en lo anterior hay que recordar que el mobiliario se encontrará interconectado a la CFE restringiendo un poco la movilidad del módulo por el espacio. Asimismo es que se consideró integrar un sistema de giro para que el mobiliario aproveche el mayor número de horas de radiación, por lo que se podrá ajustar un sistema de volantín. En las siguientes imágenes se puede observar cómo se consideró el UFIPV:

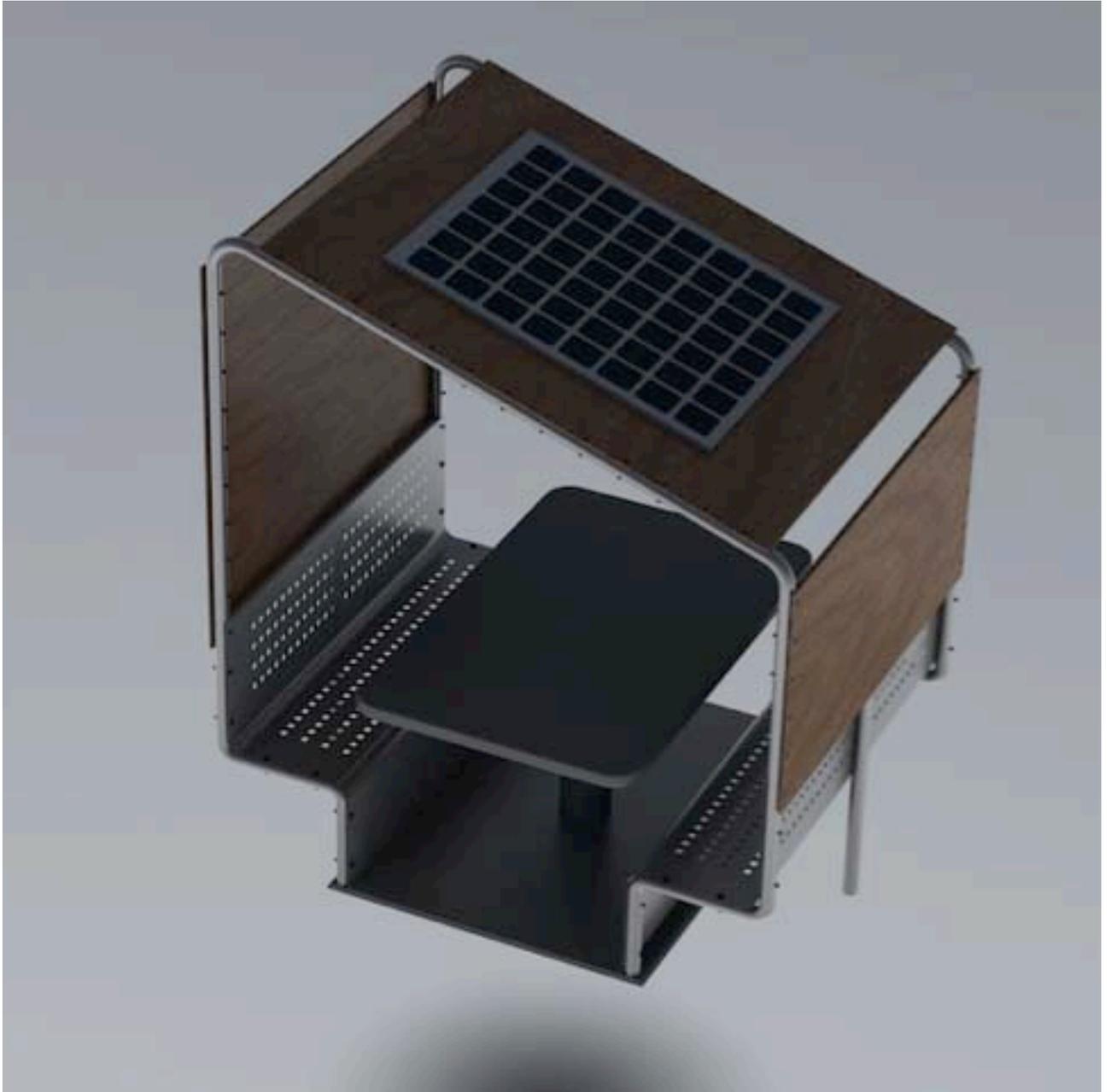
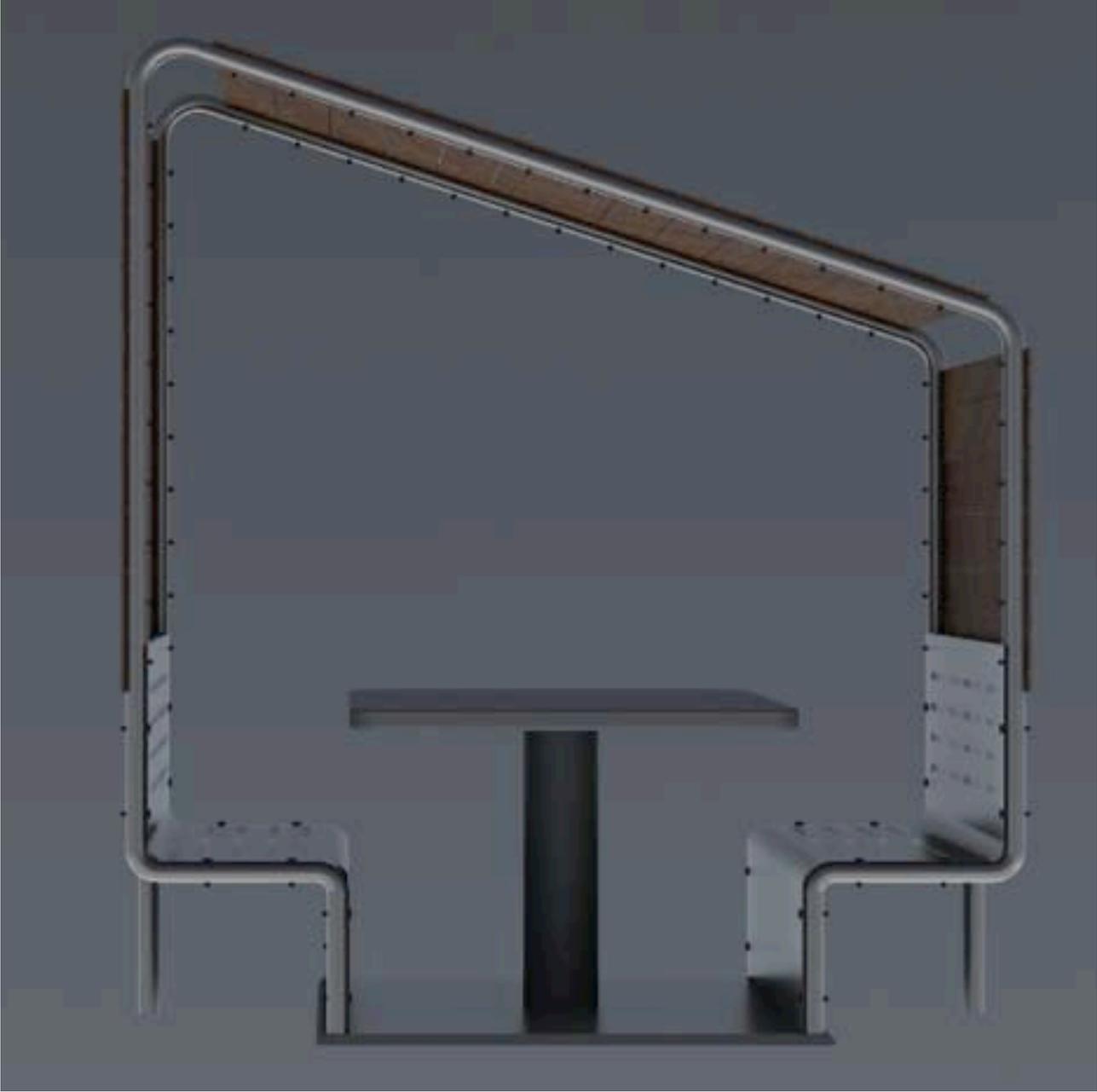
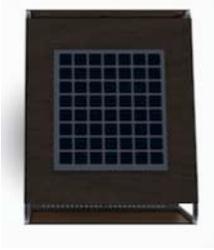


Fig. 108 Pitz.
Fuente: Elaboración Propia



207



**Superior
(paneles)**



Contacto



Tornillería



Fig. 108 Pilz vistas.
Fuente: Elaboración Propia.

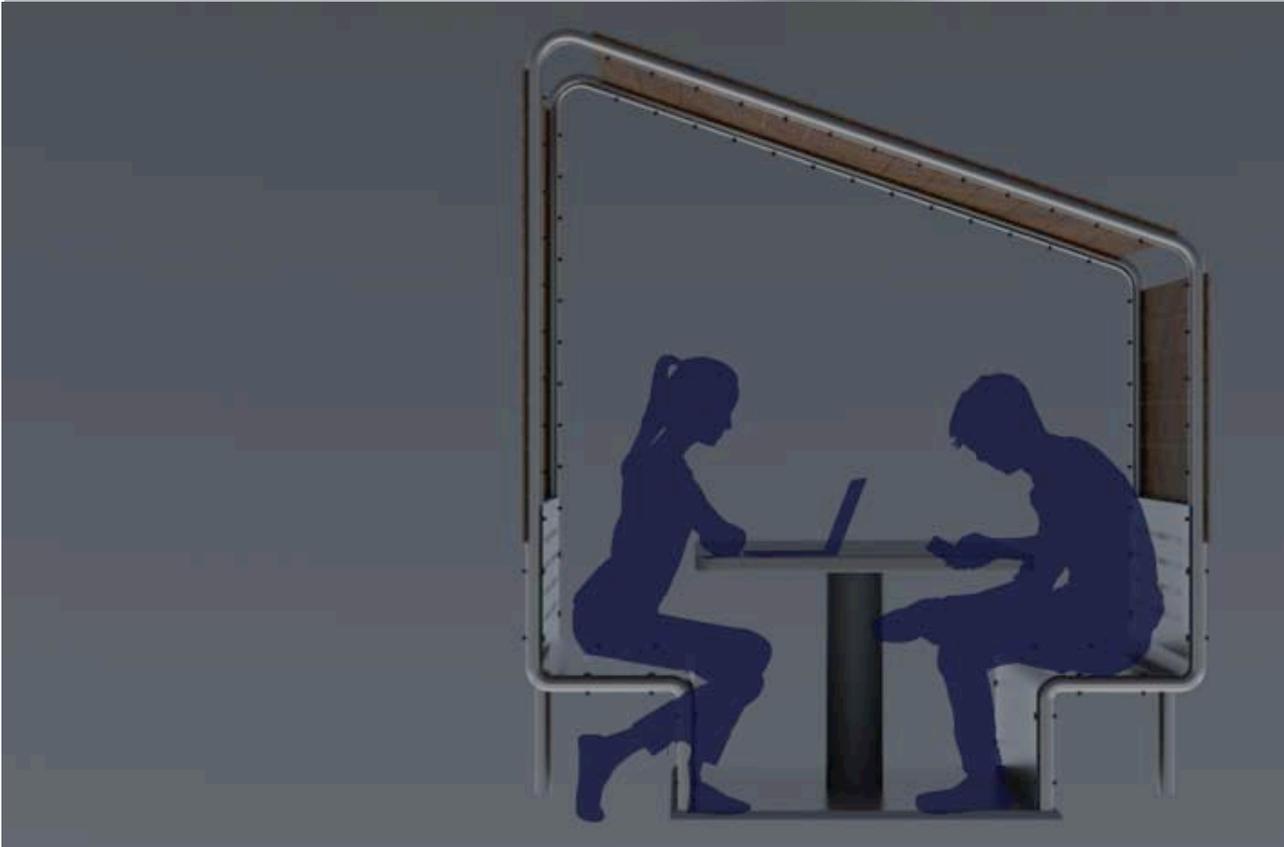
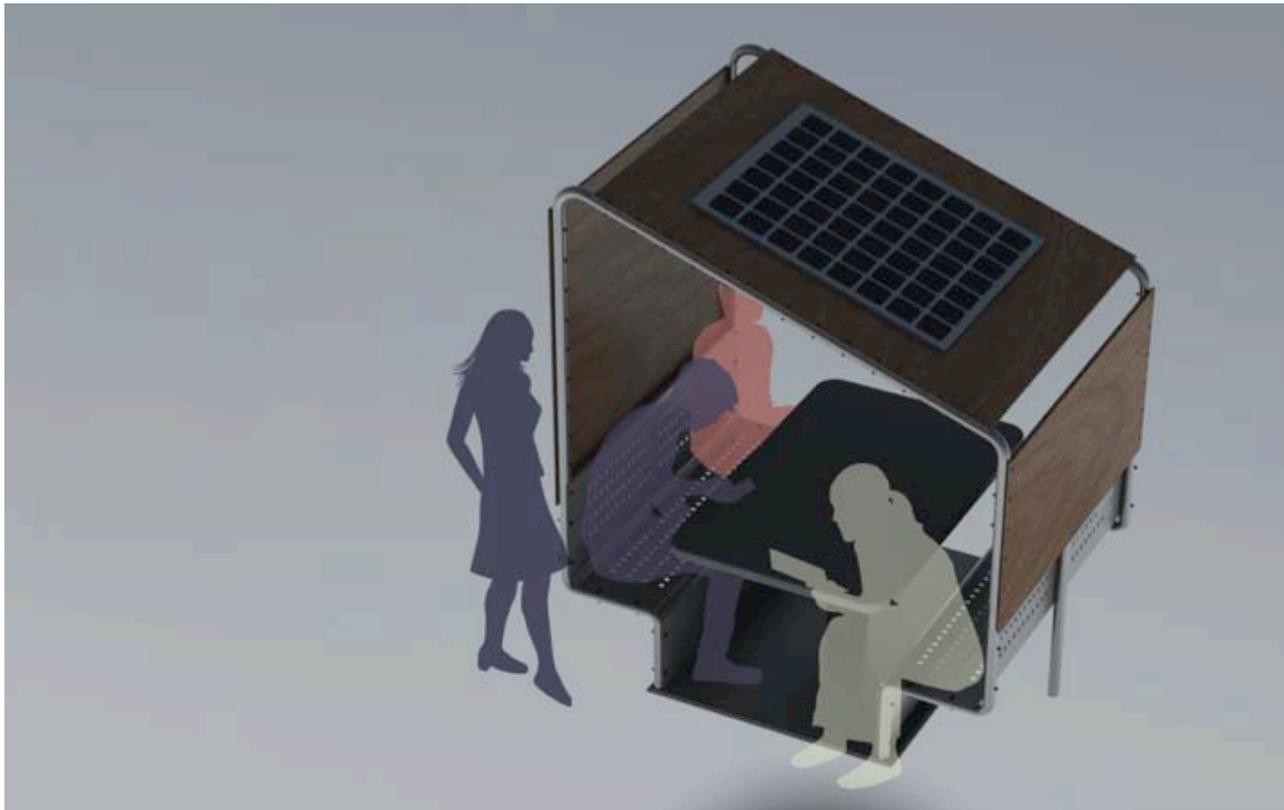
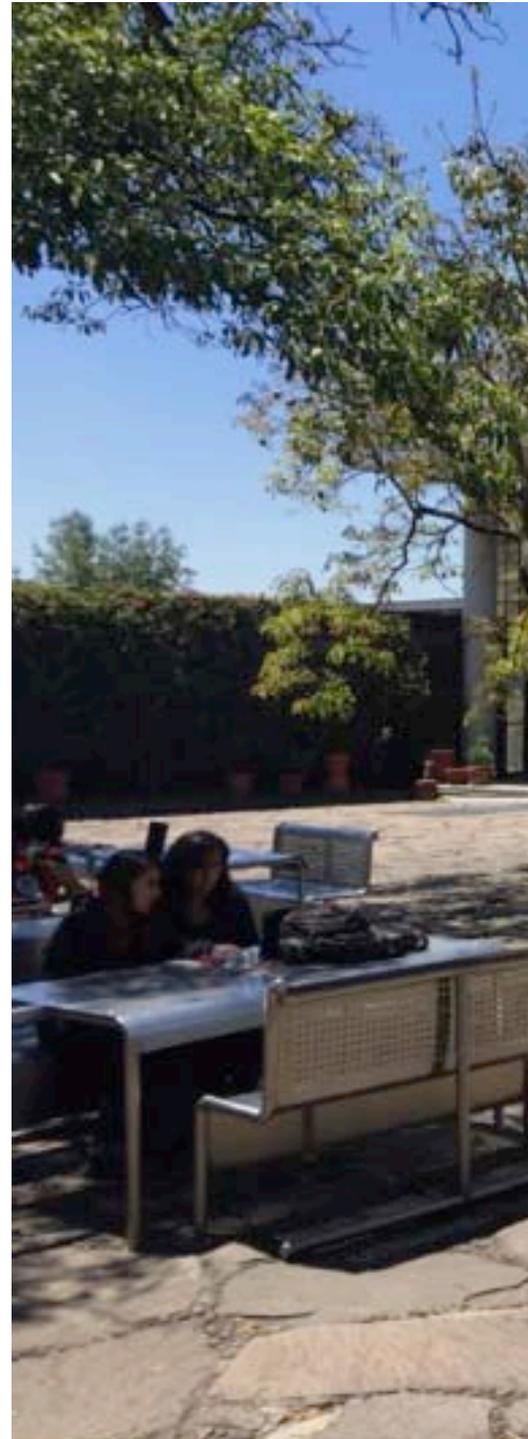


Fig. 109 Pilz con usuarios.
Fuente: Elaboración Propia.

“Los hongos poseen características muy particulares que los hacen diferentes de las plantas, ya que no elaboran su propio alimento mediante la fotosíntesis como ellas sino que viven a expensas de otros organismos”¹⁵² que al igual que el diseño propuesto, éste requiere de la radiación solar para poder brindar energía a los usuarios; del mismo modo, los hongos presentan una simbiosis entre las raíces de otras plantas y ellos mismos para brindar y recibir nutrientes; en el caso de la propuesta se puede considerar esta simbiosis como el sistema de interconexión a la red eléctrica convencional, ya que al estar generando energía por medio de la radiación, puede aprovechar la electricidad convencional en caso de la radiación no sea suficiente y también suministrar el exceso de electricidad generada a la red convencional.

Fig. 110 Pilz dentro del jardín interno de la Biblioteca Central.
Fuente: Elaboración Propia.



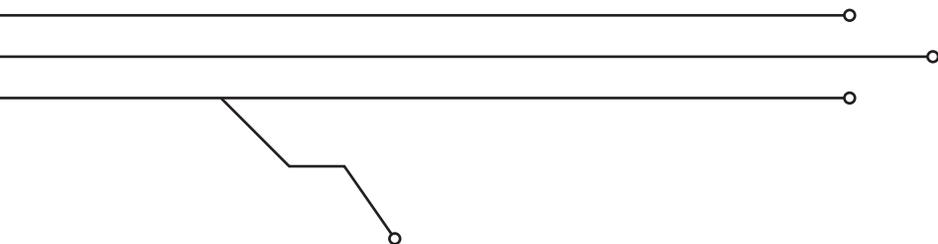
¹⁵² InBio. (s/f). *¿Que son los Hongos?* (sic) Junio 29, 2016, de Inbio Sitio web: <http://www.inbio.ac.cr/papers/hongos/intro.htm>



211

Es de importancia el mencionar el sistema de microgeneración eléctrica, el cual es un punto esencial dentro del desarrollo del presente trabajo, y que permite que los usuarios cuenten con una opción de electricidad para realizar actividades que requieran del uso de sus dispositivos electrónicos y recargar la batería de los mismos. El porqué optar por un sistema de microgeneración surge debido al requerimiento energético que presentan los diversos dispositivos, el cual se puede considerar como menor en comparación con electrodomésticos o instalaciones domiciliarias. Esta forma de generar energía a pequeña escala permite que se pueda contar con puntos estratégicos para realizar la carga de los dispositivos y brindar una alternativa al suministro eléctrico.

Asimismo el contar con una opción urbana con elementos que permitan aprovechar la electricidad puede ser considerada de utilidad hoy en día, en especial para zonas universitarias y para el caso de este trabajo para la Ciudad Universitaria, en donde el número de estudiantes, visitantes y usuarios es considerable. En particular para la zona del Jardín Interno de la Biblioteca Central se puede observar que la aplicación y uso de un sistema de microgeneración puede apoyar para el uso de dicho espacio; es debido a esta zona que el sistema fotovoltaico es una opción viable ya que cuenta con un espacio abierto que permite que la radiación solar pueda ser aprovechada a lo largo del día. Como se mencionó con anterioridad estos sistemas de microgeneración pueden ser aplicados a espacios pequeños donde se cuente con condiciones esenciales para que puedan funcionar; además de que pueden ser integrados a la arquitectura y al diseño con la finalidad de que no sean considerados como elementos invasivos tanto fuera del espacio como dentro del mismo. Esta integración de microgeneración permite tener un mobiliario que sea parte de un espacio y que al mismo tiempo éste brinde electricidad sin necesidad de haber realizado una instalación especial con anterioridad.



Como se puede observar, el diseño propuesto es una integración de diferentes materiales que a su vez presenta una incorporación tecnológica, en donde el sistema fotovoltaico fue considerado desde un principio para que fuera parte del diseño y no modificara su imagen, permitiendo así que el espacio donde estará ubicado no sea alterado. Los materiales propuestos como ya se mencionó, fueron elegidos principalmente con base en su durabilidad y fácil mantenimiento, ya que al estar en un espacio externo deben de soportar las condiciones del clima como radiación y lluvia y permitir que la limpieza sea sencilla y rápida. De igual forma no se descarta la idea de utilizar el mobiliario ya existente, el cual debido a sus características y diseño puede ser reutilizable una vez adaptado.

En cuanto a la propuesta desarrollada para implementar dentro de la Biblioteca Central, se mencionarán algunos aspectos y detalles que surgieron a lo largo del desarrollo de la presente investigación que permitirán dar cuenta si el objetivo planteado en un inicio fue cubierto y así mismo dar comentarios que puedan resultar útiles para futuras investigaciones o desarrollos del tema.

El uso de dispositivos electrónicos ha dado lugar a que la demanda energética vaya en aumento, ya que les es necesario la energía para poder funcionar y realizar las acciones para los cuales fueron destinados. Es así que poniendo atención en la comunidad estudiantil se puede dar cuenta de que dispositivos como teléfonos celulares, tabletas y computadoras portátiles son empleadas con frecuencia durante su estadía en los recintos escolares. Por lo tanto, la aplicación de un sistema fotovoltaico que pueda ayudar a disminuir la demanda de los contactos ya existentes se considera viable debido a que no se pretende invadir o modificar la estructura e instalaciones ya existentes y para contar con una alternativa de conexión. Asimismo, el

se consideraron los elementos tecnológicos a emplear para el sistema fotovoltaico. Es así como al usar un UFIPV los elementos deben de formar orgánicamente una unidad, es decir, la parte al todo y el todo a la parte; caso contrario a un UFAPV, en el que estos elementos se pueden encontrar fuera del mismo diseño y llevar el cableado aparte sin haberse considerado dentro de la estructura inicial.

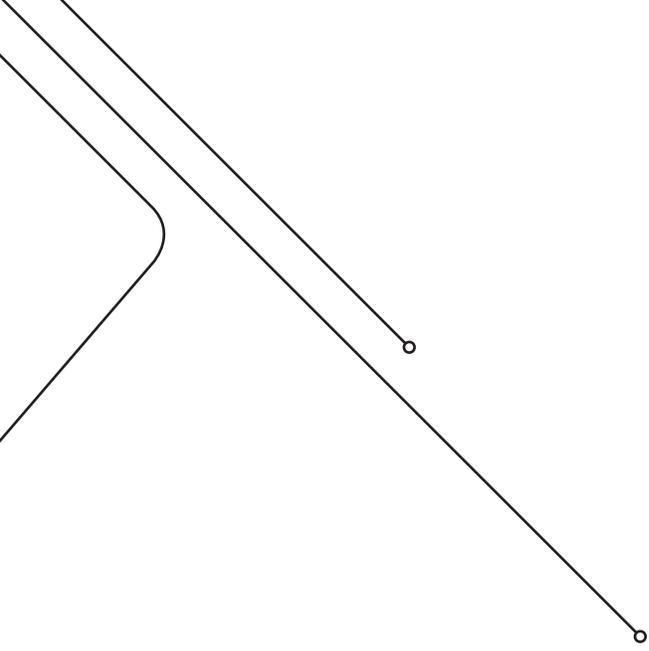
Esta propuesta cuenta con la particularidad de poder aplicarse en diferentes espacios y no solamente para el caso propuesto del presente trabajo, esto debido a su versatilidad para poder colocarse en cualquier zona en la que la radiación solar sea la óptima y adecuada, por lo que queda abierta la posibilidad para poder ser utilizada en diferentes ámbitos. Hoy en día el diseño forma parte de nuestra vida cotidiana al igual que la tecnología, parece casi imposible el pensar en un dispositivo, elemento u objeto en el que no se tenga una integración de estos dos aspectos; se puede poner como ejemplo un dispositivo electrónico, el cual adquirimos con base a la estética y diseño que presenta o como símbolo de statu quo ante los demás, en conjunto con las aplicaciones técnicas que éste nos otorga, como el teléfono y la cámara fotográfica o el almacenamiento, entre otros. Entonces el diseño actual empieza a formar parte de otras áreas que lo necesitan y viceversa para la creación de un producto final que se acople a los requerimientos actuales de la vida diaria.

En el mobiliario propuesto, es notorio que la integración de la tecnología se une al diseño para que el usuario disfrute de él. Así mismo un diseño que es pensado para exteriores, en el caso del mobiliario urbano, debe de pensarse no sólo para el usuario sino para la ciudad y el lugar en el que se ubicará, obteniendo con esto una integración de diferentes elementos: como la arquitectura, la ingeniería, el urbanismo, el habitante y la ciudad misma. También

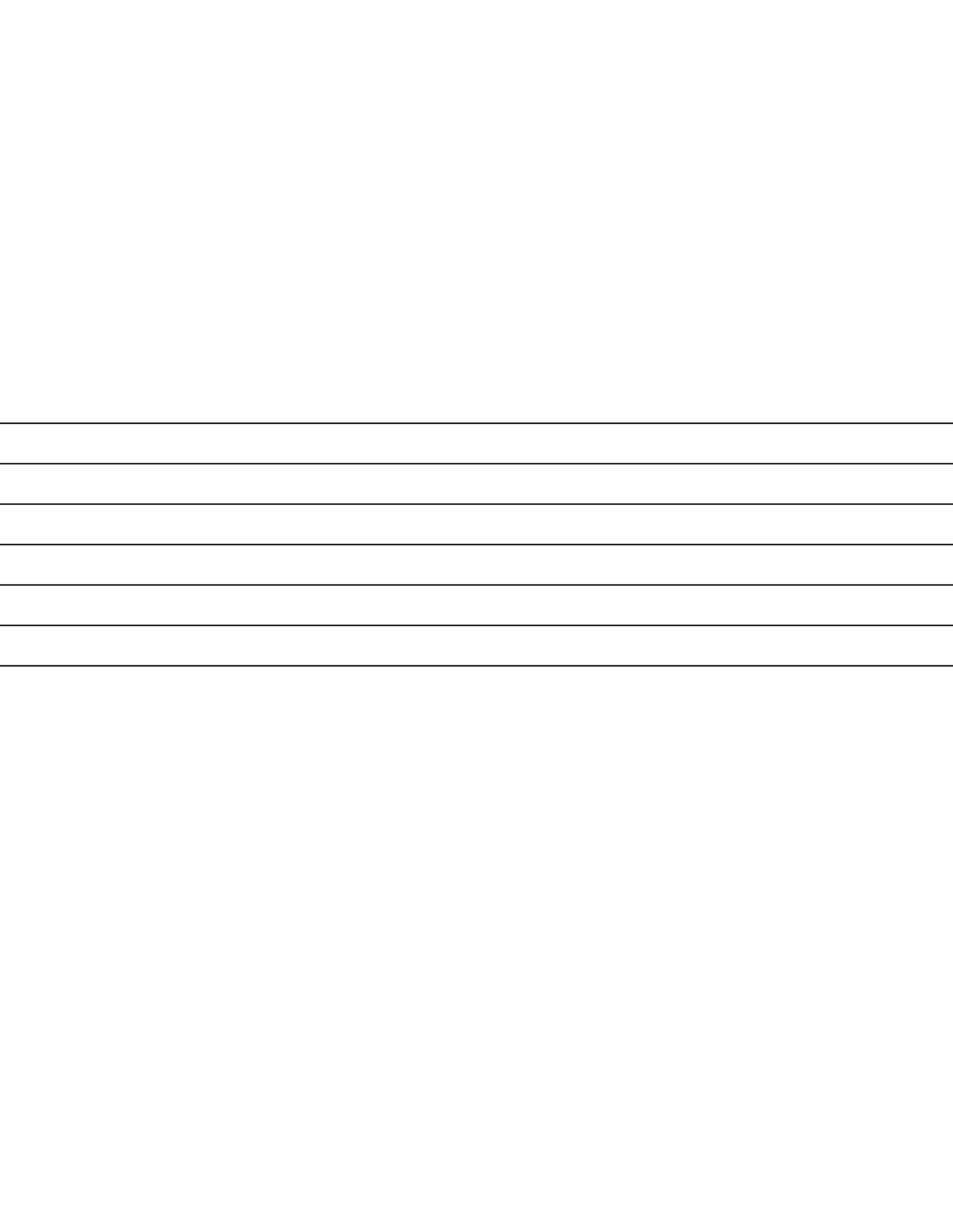
podemos decir que la integración siempre ha estado presente en el diseño, en donde el trabajo multidisciplinario es elemental para que el objeto final pueda resultar en un mejor diseño que cumpla un mayor número de funciones no sólo tecnológicas sino también las del propio usuario.

Es así que la presente investigación ejemplifica esta integración de la tecnología y el diseño, en donde el conocimiento técnico permite proponer elementos que puedan cumplir con las necesidades actuales de los usuarios, que en este caso es la electricidad; y a la vez, en conjunto con el diseño y una buena práctica del mismo, permitieron proponer una solución viable para la situación actual de la biblioteca. El diseño propuesto se pensó también conforme a las nuevas formas en que las energías renovables son aprovechadas para disminuir el impacto generado por la explotación del petróleo, y así mismo disminuir los gases de efecto invernadero que son producidos durante la producción de electricidad convencional. Entonces el diseño va más allá, no sólo piensa en el usuario o en la ciudad sino que es colaborativo con el ambiente y coadyuva a la crisis ambiental de hoy en día. El mobiliario UFIPV representa entonces la inclusión de las nuevas tecnologías a la forma de vida cotidiana estudiantil propiciando también una convivencia con el medio. Es así como una simple solución alterna a una necesidad palpable dentro de la biblioteca, se convierte en un modo de acción social y ambiental.

Finalmente, el diseño partió de la comunión de diversos conocimientos para dar solución a una necesidad en conjunto. Es representación de la aportación de las soluciones a la problemática con la que cuenta el planeta y la sociedad de hoy en día, donde no sólo se debe dar respuesta al usuario sino también al medio ambiente. Se trata entonces de una integración en tanto a forma, función, materiales, impacto, tecnología, ambiente

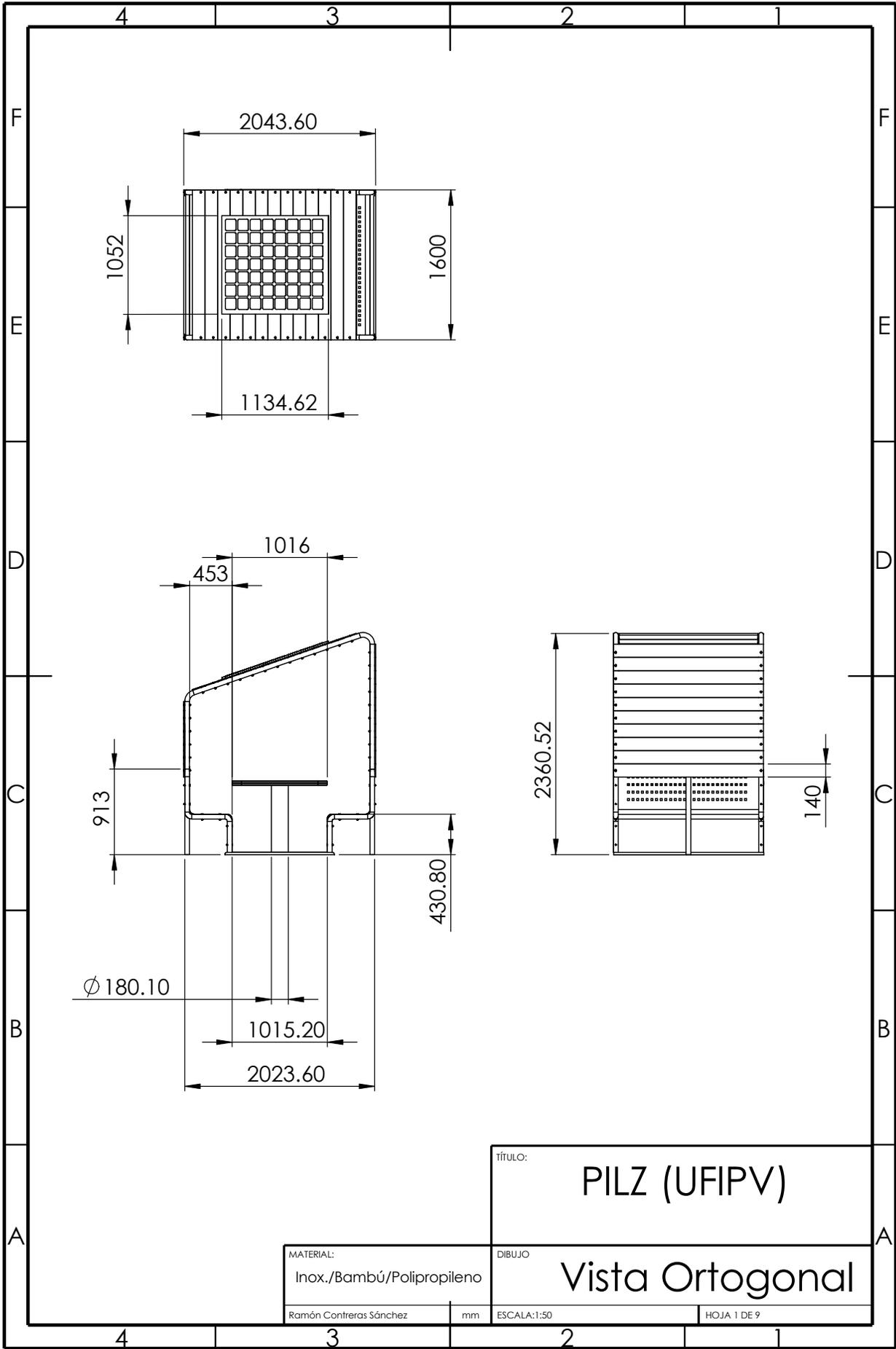


y saberes; una integración multidisciplinaria, tecnológica y principalmente de Diseño, que permite que un objeto sea completo en diferentes niveles y pueda cumplir un mayor número de tareas. El diseño se acopla a la situación actual por la que están pasando diferentes disciplinas donde el trabajo en conjunto es la respuesta más óptima para resolver problemas y necesidades sociales. El mobiliario para la biblioteca es tan sólo un ejemplo de cómo se puede llevar el diseño hacia lugares más complejos pero brindando soluciones sencillas y alternativas. El aprovechamiento de la energía fotovoltaica brinda esta opción que ya existe en otros lugares y que el diseño puede adoptar para integrarlo en sus soluciones.

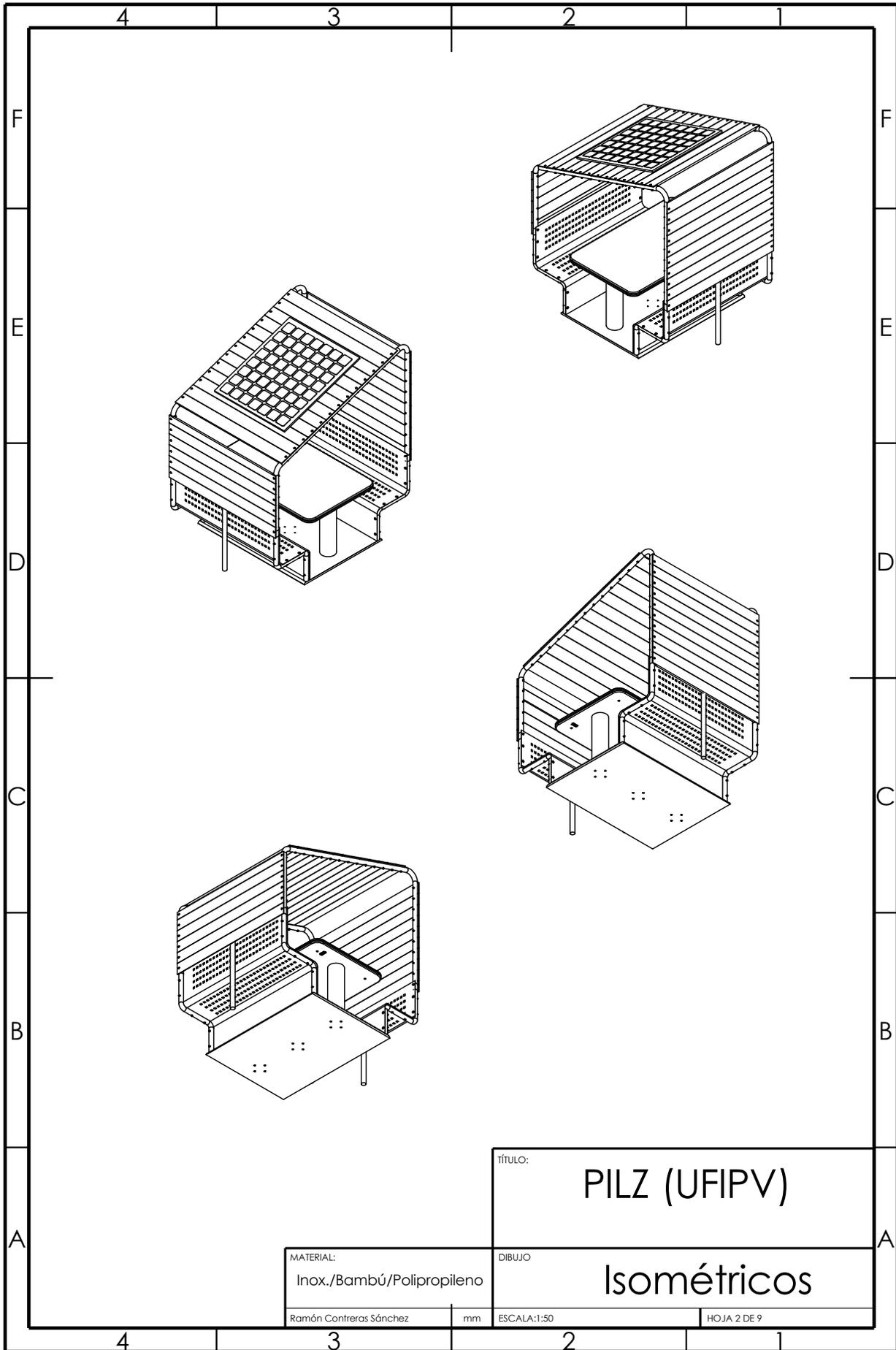


ÍNDICE DE ANEXOS

○	Anexo I Planos del PILZ	221
○	Anexo II Normas Mexicanas para el uso de fotovoltaicos	239
○	Anexo III Costos fijos de CFE (doméstico)	241
○	Anexo IV Costos fijos de CFE (industrial específico)	243
○	Anexo V Costos fijos de CFE (industrial general)	245
○	Anexo VI Insolación media en México	247
○	Anexo VII Calibres lámina de acero inoxidable empleado	249



221



tÍTULO: **PILZ (UFIPV)**

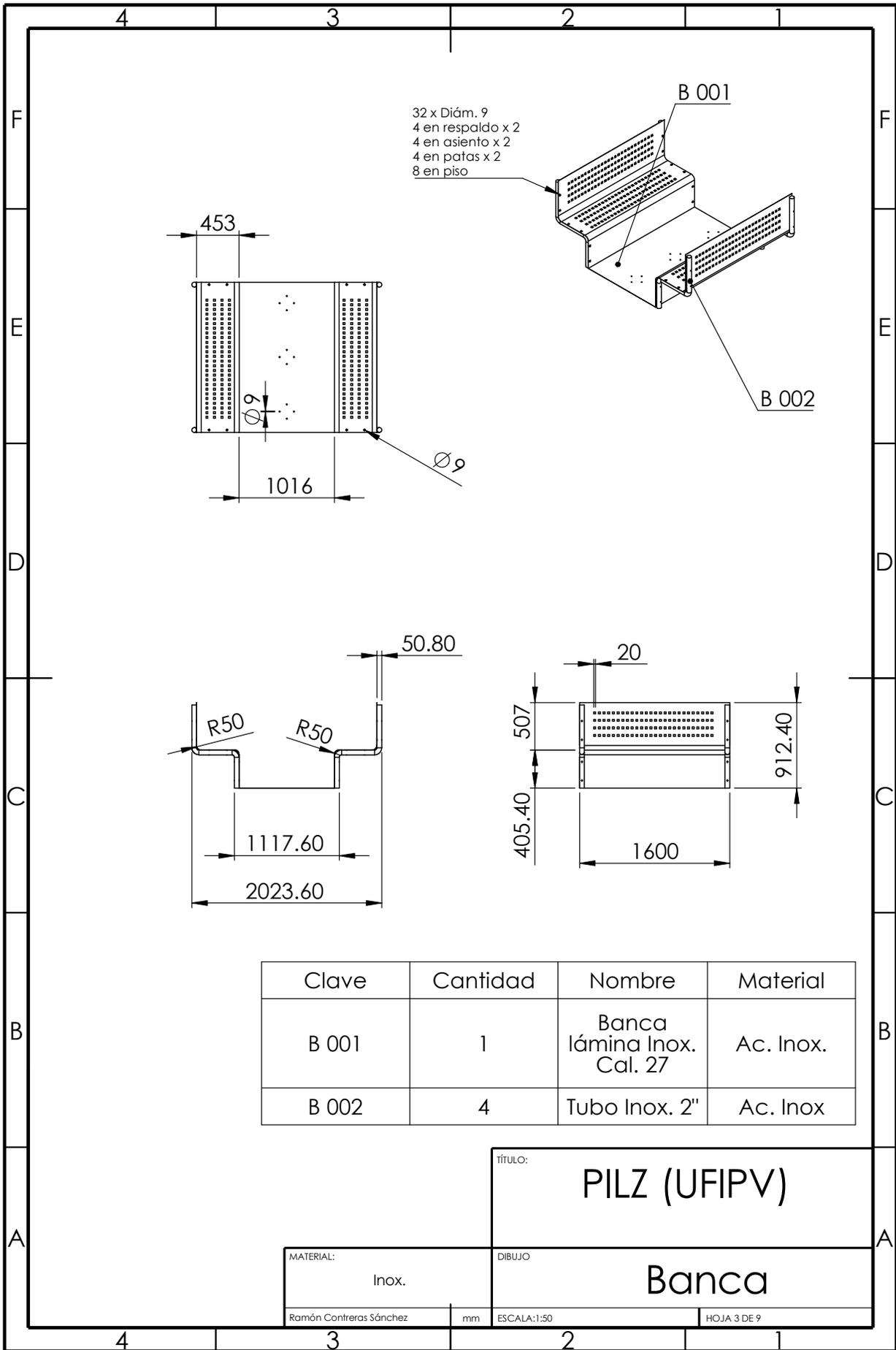
MATERIAL:
Inox./Bambú/Polipropileno

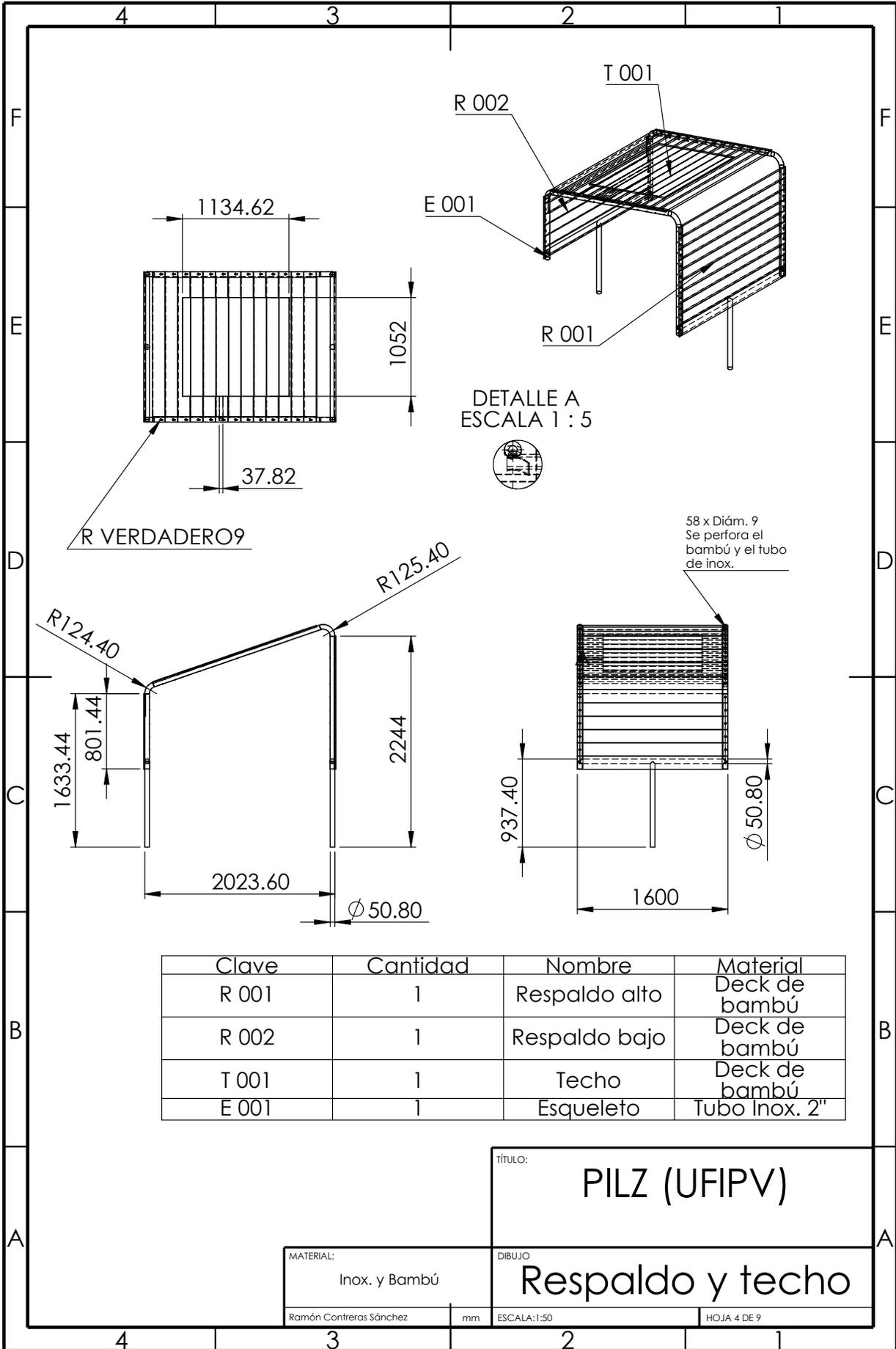
DIBUJO
Isométricos

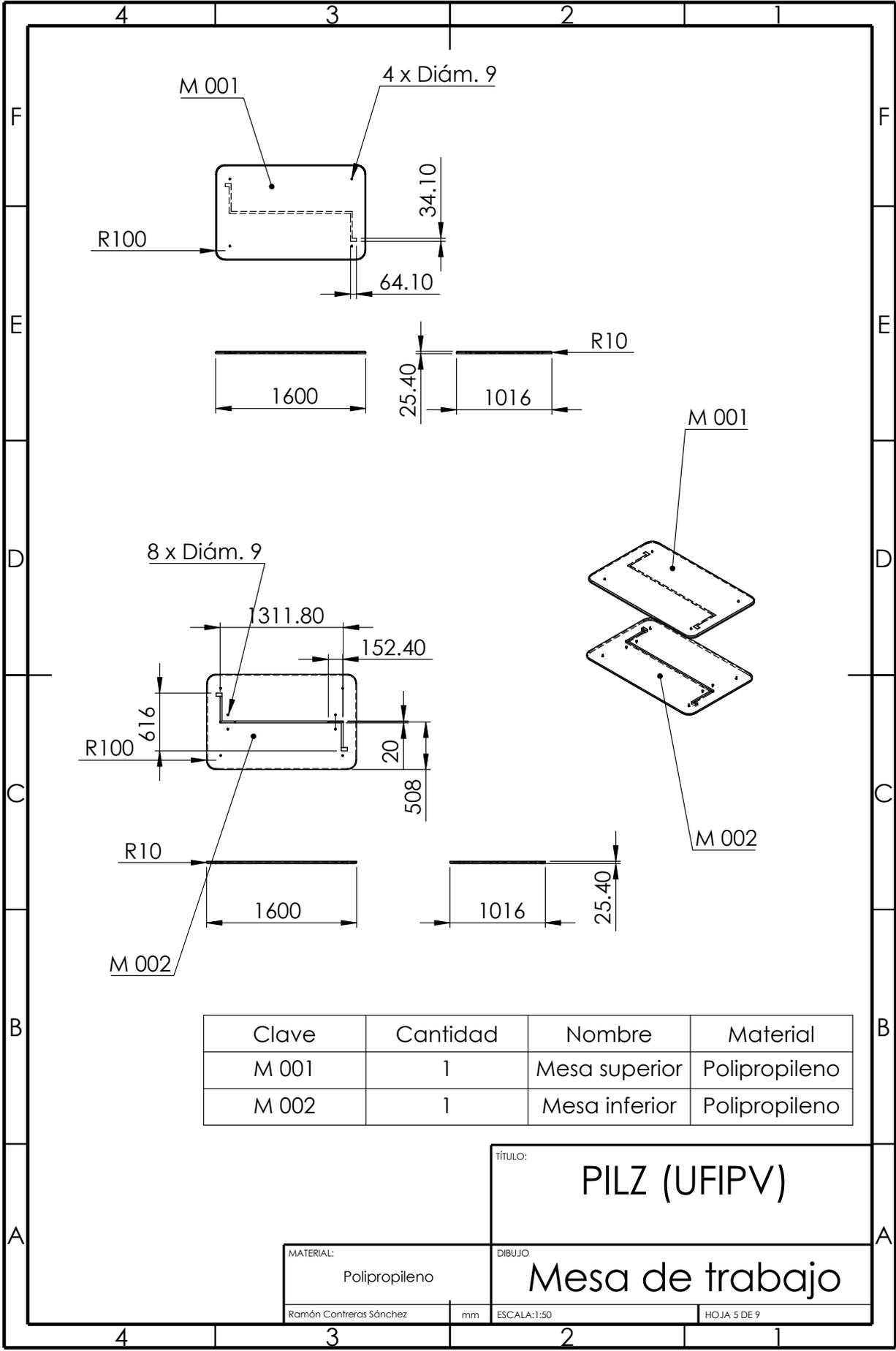
Ramón Contreras Sánchez

mm ESCALA:1:50

HOJA 2 DE 9







Clave	Cantidad	Nombre	Material
M 001	1	Mesa superior	Polipropileno
M 002	1	Mesa inferior	Polipropileno

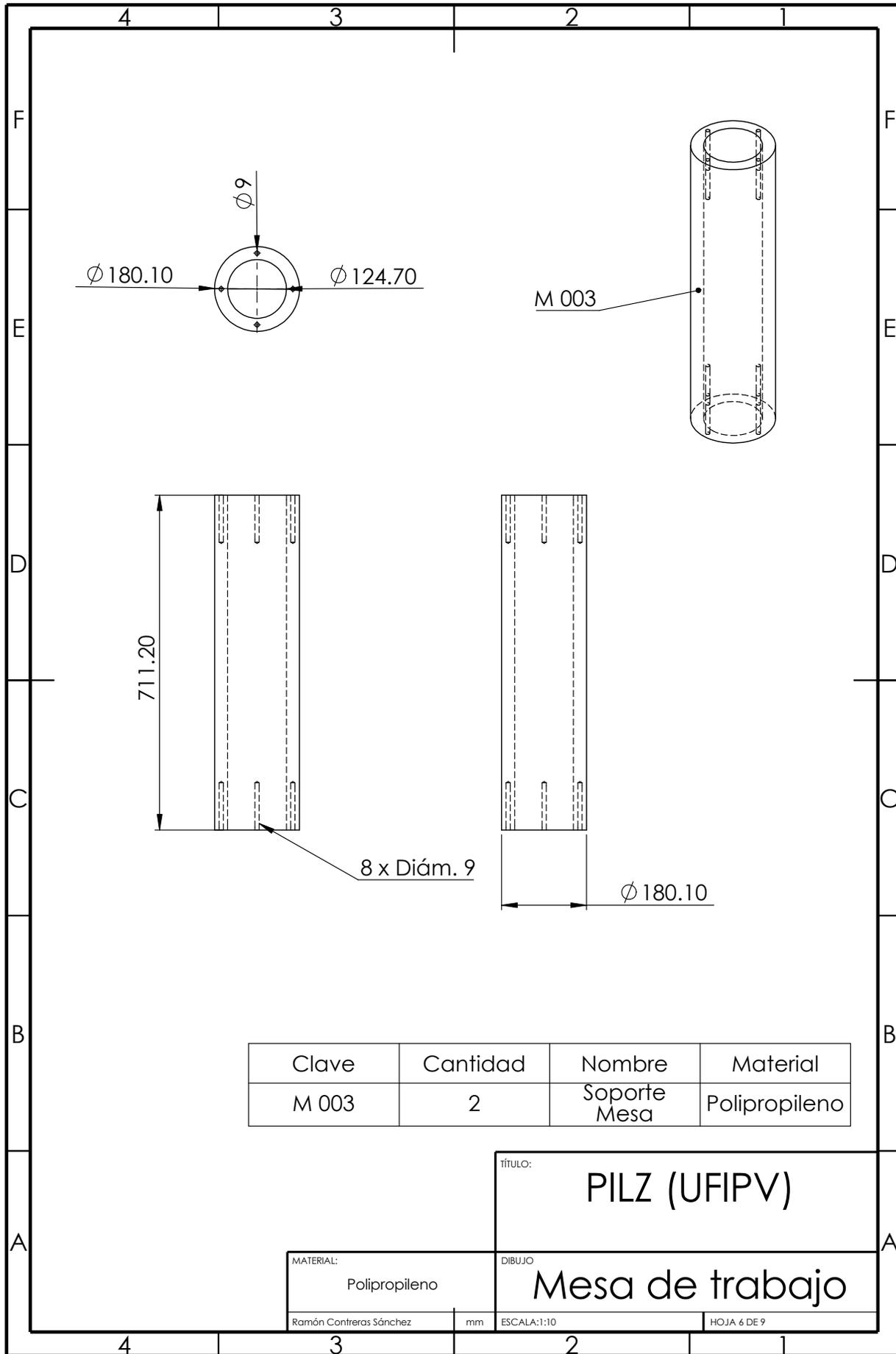
TÍTULO:
PILZ (UFIPV)

DIBUJO
Mesa de trabajo

MATERIAL:
Polipropileno

Ramón Contreras Sánchez

mm ESCALA:1:50 HOJA 5 DE 9



Clave	Cantidad	Nombre	Material
M 003	2	Soporte Mesa	Polipropileno

TÍTULO:
PILZ (UFIPV)

MATERIAL:
Polipropileno

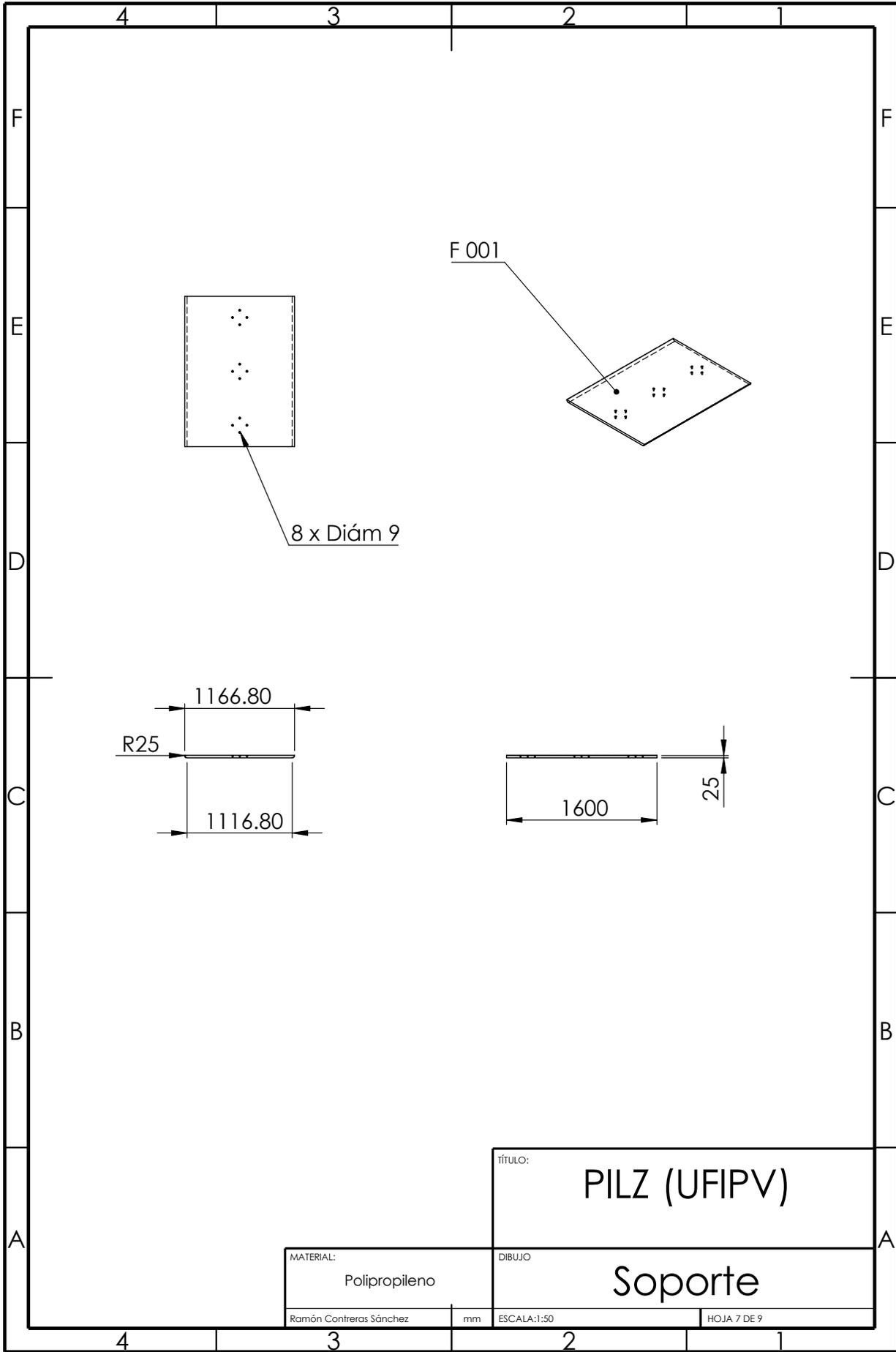
DIBUJO
Mesa de trabajo

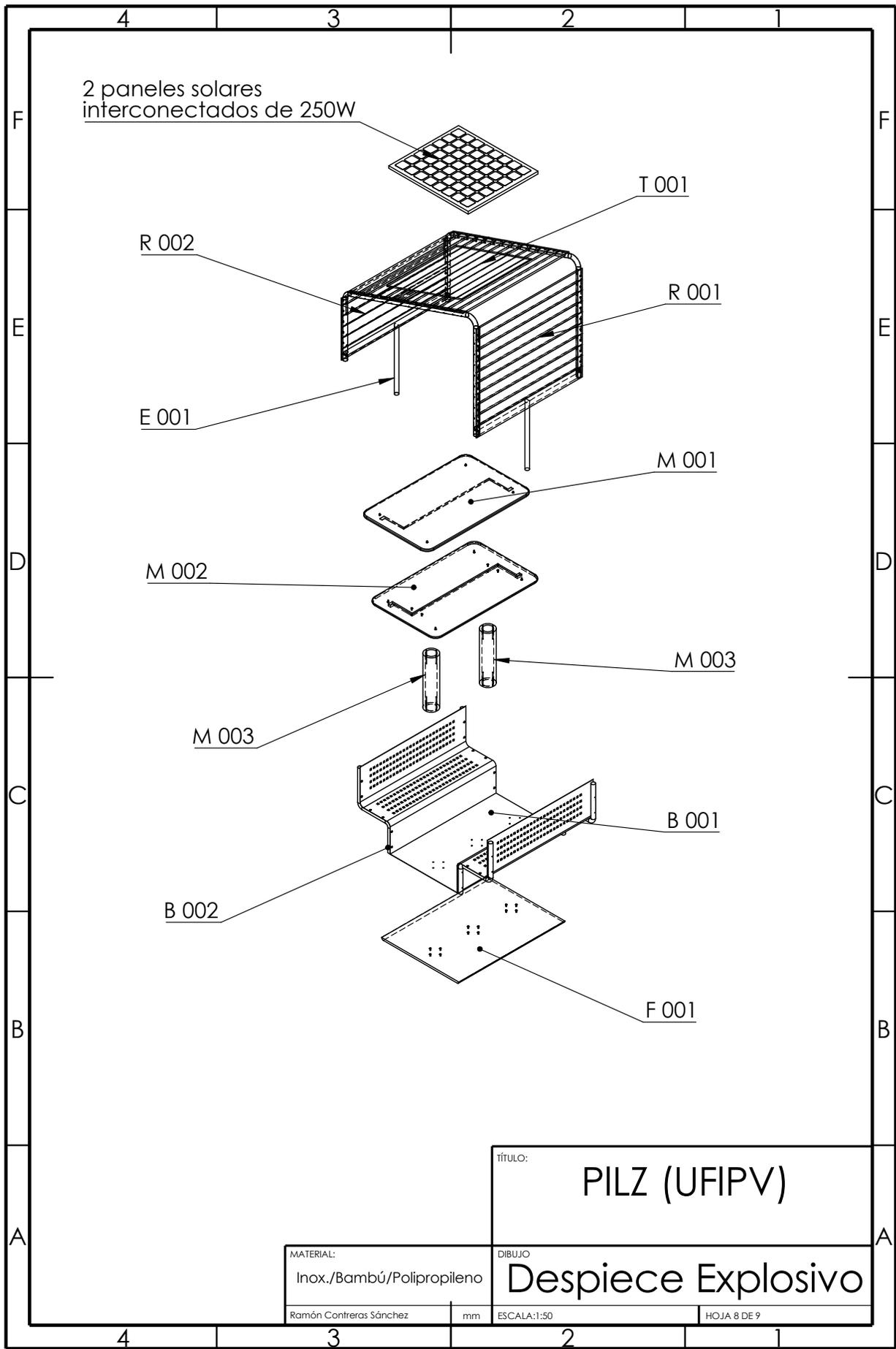
Ramón Contreras Sánchez

mm

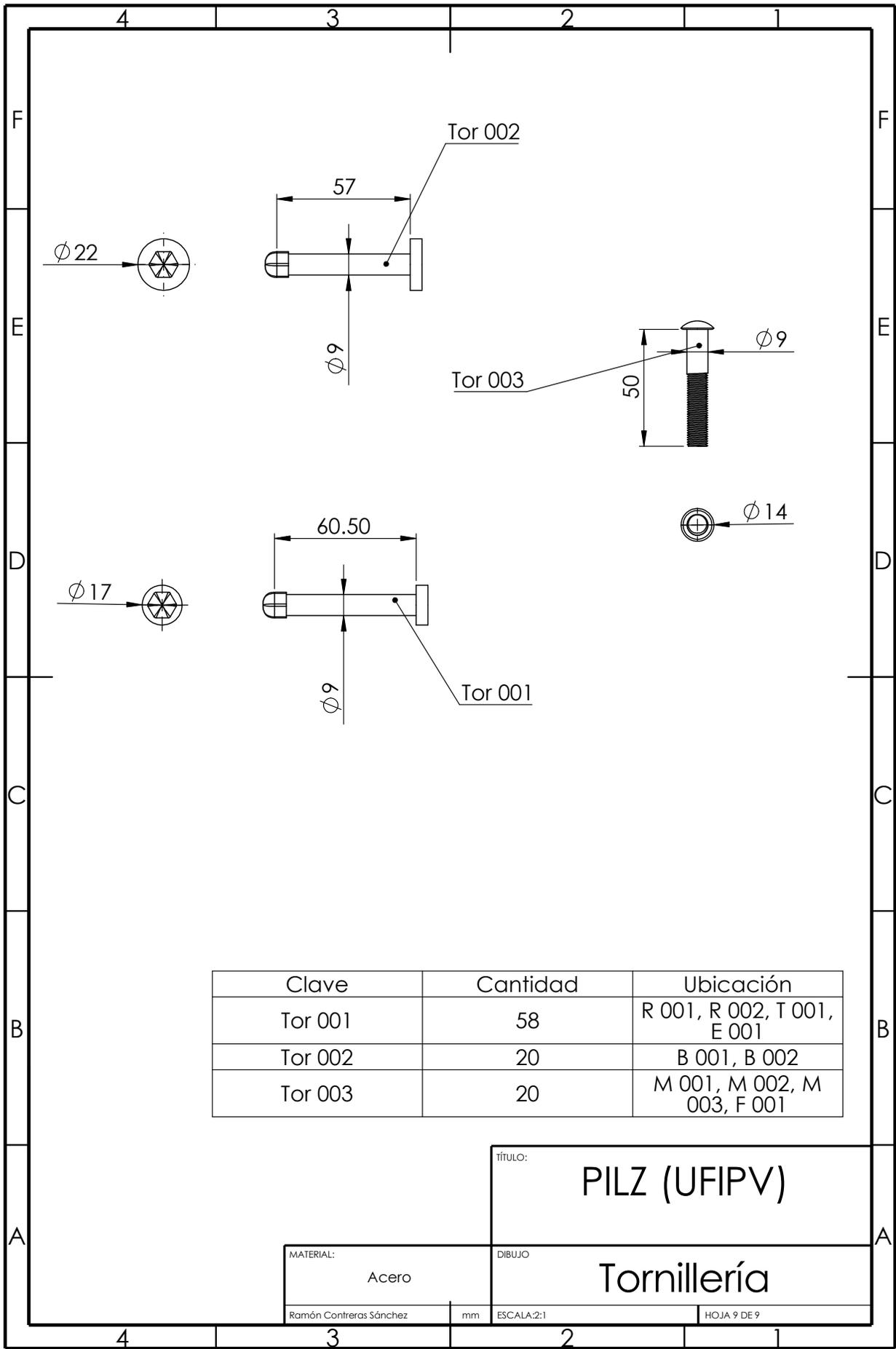
ESCALA:1:10

HOJA 6 DE 9





235



TÍTULO:
PILZ (UFIPV)

MATERIAL:
 Acero
 Ramón Contreras Sánchez

DIBUJO
Tornillería
 ESCALA:2:1
 HOJA 9 DE 9

Normas Mexicanas para módulos Fotovoltaicos

Requisitos de construcción de módulos fotovoltaicos:	<p>NMX-J-618/1-ANCE-2010: Requisitos generales para la construcción de módulos fotovoltaicos.</p> <p>NMX-J-618/3-ANCE-2011: Requisitos para módulos fotovoltaicos de película delgada, calificación del diseño.</p> <p>NMX-J-618/4-ANCE-2011: Requisitos para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino, calificación del diseño.</p> <p>NMX-J-618/5-ANCE-2011: Método de prueba de corrosión por niebla salina en módulos fotovoltaicos.</p> <p>NMX-J-618/6-ANCE-2011: Método de prueba UV (Ultravioleta) para módulos fotovoltaicos.</p>
Requisitos de mediciones de módulos fotovoltaicos:	<p>NMX-J-643/1-ANCE-2011: Medición de la corriente y tensión de los dispositivos fotovoltaicos.</p> <p>NMX-J-643/2-ANCE-2011: Requisitos para dispositivos solares de referencia, los cuales, se utilizan para determinar el rendimiento eléctrico de las celdas solares, módulos y arreglos bajo luz solar natural y simulada.</p> <p>NMX-J-643/3-ANCE-2011: Principios de medición para dispositivos solares fotovoltaicos terrestres con datos de referencia para radiación espectral.</p> <p>NMX-J-643/5-ANCE-2011: Determinación de la temperatura equivalente de la celda de dispositivos fotovoltaicos por el método de tensión de circuito abierto.</p> <p>NMX-J-643/7-ANCE-2011: Cálculo de la corrección del desajuste espectral en las mediciones de dispositivos fotovoltaicos.</p> <p>NMX-J-643/9-ANCE-2011: Requisitos para la modulación del simulador solar.</p> <p>NMX-J-643/10-ANCE-2011: Métodos de mediciones lineales para dispositivos fotovoltaicos.</p> <p>NMX-J-643/12-ANCE-2011: Términos, definiciones y simbología.</p>
Desempeño y eficiencia de módulos fotovoltaicos:	<p>NMX-J-655/1-ANCE-2012: Mediciones de desempeño de irradiancia, temperatura y energía en módulos fotovoltaicos.</p> <p>NMX-J-655/2-ANCE-2012: Procedimiento para la medición de eficiencia.</p> <p>NMX-J-655/3-ANCE-2012: Desempeño y funcionamiento de los controladores de carga de baterías para sistemas fotovoltaicos.</p>

Tabla 8. Normas Mexicanas empleadas en construcción, medición, desempeño y eficiencia de módulos fotovoltaicos.

Fuente: <http://ow.ly/cWYZ302oDI5>.

Doméstico

Tipo	Consumo			Características	Tarifa limite
	Básico	Intermedio	Excedente		Kwh/mes
1	MX\$0.81	MX\$0.98	MX\$2.86		250
1A				Media mínima en verano de 25° C	300
1B				Media mínima en verano de 28° C	400
1C				Mínima en verano de 30° C	850
1D				Mínima en verano de 31° C	1000
1E				Mínima en verano de 32° C	2000
1F				Mínima en verano de 33° C	2500

Tabla 9. Costos fijos por uso Doméstico

Industrial

Específicas				
Tipo	Aplicación	Cargo	Variación	Características
Servicios Públicos	Semáforos, alumbrado	MX\$2.91	Mediana tensión	Del anochecer al amanecer del día siguiente excepto los semáforos
		MX\$3.46	Baja tensión	

En estas tarifas se consideran también los tipos Agrícolas, Temporal y Acuícola, que son lugares en los que la industria también se encuentra presente, y que para el presente trabajo no se considerarán.

Tabla 10. Costos fijos por uso Industrial (específico).
Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE.

Industrial-1

Generales					
Tipo	Cargo fijo	Adicional		Características	
Baja tensión 2	MX\$55.53	MX\$2.03	Primeros 50 kw/h	Con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específica mente su tarifa.	Hasta 25 kw
		MX\$2.45	Siguientes 50 kw/h		
		MX\$2.70	Kw/h adicional		
Baja tensión 3	MX\$252.11		Demanda máxima		Más de 25 kw
		MX\$1.37	Kw/h adicional		

Tabla 11. Costos fijos por uso industrial (generales).
Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE.

Tabla A-1. Insolación global media inclinación a a latitud en México en kWh/m²-Día

Fuentes: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana (R. Almanza S., J.E. Cajjal R., J. Barrientos A. 1997)
Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU, 1999

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Aguascalientes	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
Baja CaliforniaSur	La Paz	4.4	5.5	6.0	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Baja California	Mexicali	4.1	4.4	5.0	5.6	6.6	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Baja California	San Javier	4.2	4.6	5.3	6.2	6.5	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5
Baja California Sur	S. José del Cabo	5.0	5.6	5.8	5.9	6.9	6.1	5.8	6.2	5.8	5.8	5.2	4.4	4.5	6.3	5.7
Campeche	Campeche	4.8	5.7	6.0	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5.0	4.3	4.4	6.0	5.2
Chiapas	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chiapas	Juan Aldama	4.4	5.1	4.9	4.5	4.5	4.1	4.4	4.5	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	5.1	4.5
Chiapas	San Cristóbal	4.0	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chiapas	Tupachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chihuahua	Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6.0	5.2	5.3	8.9	5.9
Chihuahua	Guachochi	3.3	3.5	3.9	4.4	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.1	4.9	4.4	3.3	6.9	6.4
Chihuahua	Cd. Juárez	6.0	7.2	7.3	7.3	6.9	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7
Coahuila	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6.0	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coahuila	Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Colima	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6.0	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6.0	4.9
D.F.	Tlaxcala	5.4	6.0	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.3
Durango	Durango	4.4	5.4	6.5	7.0	7.5	6.8	6.0	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Guanajuato	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6.0	6.0	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Guerrero	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5.0	4.7	4.7	6.1	5.3
Guerrero	Agua Blanca	5.8	5.9	6.0	5.8	5.8	5.4	5.6	5.8	5.5	5.6	5.5	5.5	5.4	6.0	5.7
Guerrero	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Hidalgo	Pachuca	4.6	5.1	5.6	6.8	6.0	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Jalisco	Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9
Jalisco	Guadalupe	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4.0	4.0	7.7	5.6
Jalisco	L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	5.8	5.6	5.5	5.0	4.7	4.0	4.0	7.2	5.5
Jalisco	Puerto Vallarta	5.2	5.7	6.0	5.8	5.7	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6.0	5.5
México	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5.0	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Michoacán	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5.0	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Nayarit	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4.0	4.8	3.9	6.1	4.8
Nuevo León	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
Oaxaca	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6.0	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Oaxaca	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5.0	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5.0	6.6	5.8
Puebla	Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Querétaro	Querétaro	5.0	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9
QuintanaRoo	Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5.0	4.5	4.4	4.0	3.7	3.7	5.7	4.7
QuintanaRoo	Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7
San Luis Potosí	Río Verde	3.6	4.0	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
San Luis Potosí	San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6.0	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Sinaloa	Culiacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9
Sinaloa	Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4
Sinaloa	Mazatlán	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5.0	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9
Sonora	Ciudad Obregón	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6.0	5.2	5.3	7.26	6.5
Sonora	Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6.0
Sonora	Hermosillo	4.0	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6.0	4.7	3.9	3.9	8.6	6.0
Tamaulipas	Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	5.4	4.6
Tamaulipas	Tampico	3.3	4.1	4.7	6.4	5.0	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5
Tlaxcala	Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4.0	4.0	5.6	5.1
Veracruz	Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7
Veracruz	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5.0	4.4	3.7	3.3	3.0	3.0	5.0	4.0
Veracruz	Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Yucatán	Mérida	3.7	4.0	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5.0	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7
Yucatán	Progreso	4.1	4.9	5.4	5.5	5.3	5.1	5.3	5.3	5.0	5.0	4.4	4.0	4.0	5.5	4.9
Yucatán	Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.4	5.7	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	5.7	4.5
Zacatecas	Zacatecas	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8

Sandia National Laboratories

Tabla 12. Insolación media en México.
Fuente: Syscom.

Nota: El peso es calculado considerando una densidad del acero de 7.85 gr / cm³.

Calibre No.	Espesor (Pulgadas)	Espesor (Mm)	Peso (Lb/ Pie ²)	Peso (Kg/M ²)
1/2"	0.5000	12.70	20.4175	99.695
7/16"	0.4375	11.11	17.8613	87.214
3/8"	0.3750	9.53	15.3212	74.811
5/16"	0.3125	7.94	12.7650	62.329
1/4"	0.2500	6.35	10.2088	49.848
27	0.0164	0.42	0.6752	3.297
1/64"	0.0156	0.40	0.6431	3.140
28	0.0149	0.38	0.6109	2.983
29	0.0135	0.34	0.5466	2.669
30	0.0120	0.30	0.4823	2.355

Tabla 13. Calibres de lámina. Nacional de Aceros.
Fuente: <http://goo.gl/tSG29B>

BIBLIOGRAFÍA

- Alcor, E. (2002). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. España: PROGENSA.
- Alexander, R. (2013). *The Inventor of Stereo: The life and works of Alan Dower Blumlein*. Burlington, MA.: Focal Press.
- Bandini, F. (1982). *Arredo Urbano*: Firenze. Firenze: Alinea.
- CFE. (2015). *Programa de Ampliación y Modernización de las Redes Generales de Distribución 2015 – 2019*. Abril 2015.
- Colectivo. (2009). *Curso de experto profesional en Energía Fotovoltaica*. España: PROGENSA.
- Chwieduk, D. (2014). *Solar Energy in buildings: Thermal Balance for Efficient Heating and Cooling*. United States: Academic Press Inc.
- De Juana, Jose Ma.. (2001). *Energías Renovables para el Desarrollo*. Madrid: Paraninfo.
- Fernández de Alarcón, A. (2010). *Estudio de los sistemas de microgeneración en España*. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior, Madrid.
- Fierro, J. & Herrera, M. A.. (2003). *La familia del Sol*. México: FCE.
- Fowler, R. (1994). *Electricidad Principios y Aplicaciones*. España: Reverté.
- Galindo, I. & Cifuentes, G.. (1996). *Irradiación Solar Global en la República Mexicana: Valores horarios medidos*. México: UNAM.
- García, J., Elías, X. & Gaya, J. (2012). *Impactos ambientales y energía: Tratamiento y valorización energética de residuos*. España: Diaz de Santos.
- González, J. (2009). *Energías renovables*. Barcelona: Reverté.
- González, J. (2010). *Sector privado y generación de energía eléctrica*. Centro de estudios sociales y opinión pública, 88, 38,
- IEA. (2014). *TRENDS 2014 IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS*. Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2013, IEA-PVPS T1-25:2014, 70.
- James, T., Goodrich, A., Woodhouse, M., Margolis, R. & Ong, S. (2011). *Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) in the Residential Sector: An Analysis of Installed Rooftop System Prices*. NREL, NREL/TP-6A20-53103, 39.
- Madrid, J. & Soto, L. (2011). *Cruzando el Océano del Diseño Industrial*. En *Memoria del Primer Seminario de diseño Industrial 2010(136)*. Ciudad Juárez, México: Textos Universitarios SERIE: Extensión. p. 39

- Méndez, J.M., Cuervo, R. & ECA Instituto de tecnología y formación S.A.U.. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundación CONFEMETAL.
- Miranda, J.M. & Iglesias, N. (2015, noviembre 25). *Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico*. Observatorio Medioambiental, 18, 57 - 85. 2016, abril 21, De Universidad Complutense Madrid Base de datos. P. 71. Puntos de carga y recarga de baterías para vehículos eléctricos.
- Papadopoulou, E. (2011). *Photovoltaic Industrial Systems An Environmental Approach*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Perlin, J.. (2005). *Organic Photovoltaics: Mechanisms, Materials, and Devices* (Comp. Sam-Shajing Sun & Niyazi Serdar Sariciftci). USA: CRC Press.
- Perlin, J.. (2000). *From Space to Earth: The Story of Solar Electricity*. USA: AATEC.
- Ríos, C. (2010). *La Ciudad Universitaria y el movimiento de integración plástica en México*. Bitácora arquitectura, 21
- Sánchez, M. A. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. México: Limusa.
- Segarra, S. (2012). *mobiliario Urbano: historia y proyectos*. Granada: Universidad de Granada.
- Takeuchi, Noboru. (2014). *Energía y medio ambiente*. México: MAPorra.
- Vicini, R. & Micheloud, O. (2012). *Smart Grid fundamentos, tecnologías y aplicaciones*. México: Cengage Learning.

Bibliografía electrónica

- (2014). *Ciudades competitivas y sustentables 2014*. Febrero 18, 2015, de IMCO Sitio web: <http://imco.org.mx/competitividad/ciudades-competitivas-y-sustentables-2014/>
- (2014). *Sector de Energías Renovables*. Febrero 11, 2015, de ProMéxico Sitio web: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector/_lang/es
- s/a. (2003). Willoughby SMITH, *Letter to Latimer Clark*, 4 février 1873. Marzo 3, 2015, de Histoire de la télévision Sitio web: <http://histv2.free.fr/selenium/smith.htm>
- AMDEE. (2014). *Capacidad Instalada de Energía Eólica en México*. Febrero 12, 2015, de AMDEE Asociación Mexicana de Energía Eólica Sitio web: <http://www.amdee.org/parques-eolicos-mexico>
- Bevilacqua, R.. (s/f). *10 ciudades con metas de abastecerse en un 100% de energías renovables en un futuro cercano*. Febrero 18, 2015, de UPSOCL Sitio web: <http://www.upsocl.com/verde/10-ciudades-con-metas-de-abastecerse-en-un-100-de-energias-renovables-en-un-futuro-cercano/>
- Calderon, K.. (2014). *El parque solar más grande de AL está en México*. Febrero 12, 2014, de Manufactura, información estratégica para la industria Sitio web: <http://www.manufactura.mx/energia/2014/03/26/el-parque-solar-mas-grande-de-al-esta-en-mexico>
- Capstone Turbine Corporation. (2008). *Que es una microturbina?*. Septiembre 17, 2015, de Capstone Sitio web: <http://www.capstone.com.mx/ie/pdf/Tecnologia-1.pdf>
- CFE. (2011). *Energía Solar en CFE*. Febrero 12, 2014, de CFE Sitio web: http://dep.fie.umich.mx/~mgraffg/Escuela_de_Verano_2011/Sesion_I_files/Roberto_Cadenas_La%20energi%CC%81a%20Solar%20en%20la%20CFE.pdf

- Comisión Federal de Electricidad. (2014). CFE y la electricidad en México. Agosto 13, 2015, de CFE Sitio web: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidad-Mexico.aspx
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2013). Micro y Pequeña Cogeneración y Trigeneración en México. Septiembre 3, 2015, de Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo Sitio web: <http://www.cogeneramexico.org.mx/anexos/MyP.pdf>
- CRE. (s/f). Guía para solicitar permisos de generación, exportación e importación de energía eléctrica. Septiembre 14, 2015, de CRE Sitio web: <http://www.cre.gob.mx/documento/1217.pdf>
- Comunica RSE. (2013). Toyota lanza estación de préstamo y carga de vehículos eléctricos en Japón. Octubre 20, 2015, de Comunica RSE Sitio web: <http://comunicarseweb.com.ar/?page=ampliada&id=10535>
- CreaNavarra. (2013). ADRIAN LARRIPA: "EL DISEÑADOR DE PRODUCTO ES UN PERFIL DEMANDADO POR SU CAPACIDAD DE RESOLVER PROBLEMAS". Febrero 10, 2016, de CreaNavarra Centro Superior de Diseño Sitio web: <http://www.creanavarra.es/noticias/adrian-larripa-el-disenador-de-producto-es-un-perfil-demandado-por-su-capacidad-de-resolver-problemas/>
- Department of Economic and Social Affairs UN. (2014). World Urbanization Prospects. Marzo 12, 2015, de United Nations Sitio web: <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>
- Dirección General de Administración Escolar UNAM, Población Escolar Campus Ciudad Universitaria 2014-2015, Fuente: Dirección General de Administración Escolar, UNAM., en: http://www.estadistica.unam.mx/series_inst/index.php
- Energizia. (s/f). Historia de la energía solar fotovoltaica. Marzo 3, 2015, de Energiza Sitio web: <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/624-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica>
- Estrada, C. A., Arancibia, C. A., Dorantes, R., Islas, J. & Muhlia, A.. (2005). Visión a Largo Plazo Sobre la Utilización de las Energías Renovables en México Energía Solar . Febrero 24, 2015, de UNAM - CIE Sitio web: http://beta.energia.gob.mx/res/168/A6_Solar1.pdf
- Fernández, M., Huante, L. & Romo, C. (2006). Sistemas de Cogeneración. Septiembre 3, 2015, de IIE Sitio web: <http://www.iie.org.mx/boletin022006/art.pdf> p. 68
- Fernández, F. (s/f). Perfil de Diseño de Producto. Febrero 9, 2016, de CIDI UNAM Sitio web: http://www.cidi.unam.mx/guia_digital/doc/perfil.pdf
- Fleitman, J. (s/f). Mobiliario Urbano. Octubre 20, 2015, de CIEM consultores SA Sitio web: <http://www.fleitman.net/articulos/mobiliarioUrbano.pdf>
- Frías, L. (2016). RECIBE LA UNIVERSIDAD A 432 ESTUDIANTES DE 26 NACIONES. Maro 16, 2016, de Gaceta UNAM Sitio web: <http://www.gaceta.unam.mx/20160202/recibe-la-universidad-a-432-estudiantes-de-26-naciones/>
- Go 100% Renewable Energy. (s/f). CITY OF FRANKFURT ON MAIN, GERMANY. Febrero 18, 2015, de Go 100% Renewable Energy Sitio web: <http://www.go-100percent.org/cms/index.php?id=136>
- Gobierno de la República. (2013). PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018. Abril 13, 2015, de Diario Oficial de la Federación Sitio web: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013

- Ponce, S. (2008). CÉLULAS SOLARES DE SILICIO: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES . Marzo 9, 2015, de Wordpress Sitio web: <https://salvaponce.files.wordpress.com/2008/11/celulas-solares-de-silicio.pdf> p. 24
- REN21. (2015). Renewables 2014 Global Status Report. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf
- Ruiz, E.. (2014). Energías renovables, el rumbo para México. Febrero 11, 2015, de El Economista Sitio web: <http://eleconomista.com.mx/entretenimiento/2014/03/12/energias-renovables-rumbo-mexico>
- Sebastián, E.. (2014). Radiación Solar, Irradiancia e Insolación. Febrero 24, 2015, de - Sitio web: <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/53530683135/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion>
- Solarobelisk. (2008). Solarobelisk. Octubre 20, 2015, de Solar Lifestyle Sitio web: <http://www.solar-lifestyle.de/87.0.html>
- United Nations Framework convention on Climate Change. (s/f). Protocolo de Kyoto. Marzo 4, 2015, de United Nations Framework convention on Climate Change Sitio web: http://unfccc.int/portala_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php
- Valle, Julio A. & Ortega, Hermilio O.. (2012). Prospectiva de Energías Renovables 2012 - 2026. Febrero 17, 2015, de Secretaría de Energía Sitio web: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf

Lista de Imágenes

- Fig. 1 Cambios en las emisiones de CO₂ (2011-2012). International Energy Agency. (2014). CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights. París: OECD/IEA. p. 9
- Fig. 2 Emisiones de CO₂ por sector en 2012. IEA . (2014). International Energy Agency. (2014). CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights. París: OECD/IEA. p. 10
- Fig. 3 Generación de electricidad en el mundo. REN21. (2015). Renewables 2014 Global Status Report. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf p. 25
- Fig. 4 Principales países que aprovechan energías renovables. REN21. (2015). Renewables 2014 Global Status Report. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf p. 26
- Fig. 5 Indicadores de energía renovable 2013. REN21. (2015). Renewables 2014 Global Status Report. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf p. 15
- Fig. 6 Principales países que utilizan energías renovables 2013. REN21. (2015). Renewables 2014 Global Status Report. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf p. 16
- Fig. 7 Generación eléctrica a través de fuentes renovables en México. -. (2014). Sector de Energías Renovables. Febrero 11, 2015, de ProMéxico Sitio web: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector/_lang/es
- Fig. 8 Presa hidroeléctrica Necaxa, Puebla. Esparza, M. (2014). El SME y su propuesta de rescate de la emblemática Necaxa. Marzo 10, 2016, de Voltaire-net Sitio web: <http://www.voltairenet.org/article184009.html> Foto por Griselda Guevara.
- Fig. 9 Porcentaje de permisos otorgados para generación de electricidad por fuentes renovables. -. (2014). Sector de Energías Renovables. Febrero 11, 2015, de ProMéxico Sitio web: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector/_lang/es
- Fig. 10 Parques eólicos en México. AMDEE. (2014). Capacidad Instalada de Energía Eólica en México. Febrero 12, 2015, de AMDEE Asociación Mexicana de Energía Eólica Sitio web: <http://www.amdee.org/parques-eolicos-mexico>
- Fig. 11 Inversión en energías renovables en México. Lozano, W.. (2013). Energías Renovables. Febrero 17, 2014, de Secretaría de Economía Sitio web: http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/2/130726_DS_Energias_Renovables_ES.pdf
- Fig. 12 Competitividad y sustentabilidad en la Ciudad de México. -. (2014). Ciudades competitivas y sustentables 2014. Febrero 18, 2015, de IMCO Sitio web: <http://imco.org.mx/competitividad/ciudades-competitivas-y-sustentables-2014/>
- Fig. 13 Paneles en la ciudad (internos) Neoteo. (2011). Paneles solares para todas las casas de Japón en 2030. Abril 13, 2016, de Neoteo Sitio web: <http://www.neoteo.com/paneles-solares-para-todas-las-casas-de-japon-2030>

- Fig. 14 Paneles internos y en la periferia. 11 Colors. (s/f). Granjas Solares. Abril 13, 2016, de 11 Colors Sitio web: <http://11colors.com/granjas-solares/>
- Fig. 15 Paneles en la periferia. Everde. (2013). Granjas solares flotantes. Abril 13, 2016, de Everde Sitio web: <http://www.everde.cl/2013/01/granjas-solares-flotantes.html>
- Fig. 16 Esquema de un concentrador solar. Palou, N. (2008). Concentrador solar de 3 MW en Puertollano. Marzo 7, 2016, de Microsiervos Sitio web: <http://www.microsiervos.com/archivo/ecologia/concentrador-solar-puertollano.html>
- Fig. 17 Concentrador Solar. Palou, N. (2008). Concentrador solar de 3 MW en Puertollano. Marzo 7, 2016, de Microsiervos Sitio web: <http://www.microsiervos.com/archivo/ecologia/concentrador-solar-puertollano.html>
- Fig. 18 Calentador Solar de uso residencial. Sunergon. (s/f). Calentadores baja presión. abril 16, 2015, de SUNERGON Sitio web: http://www.sunergon.net/?page_id=49
- Fig. 19 Concentrador Solar en España. -. (s/f). Producing Energy, Renewably. Abril 16, 2015, de MIT Sitio web: <http://icex.technologyreview.com/articles/2012/07/producing-energy-renewably/>
- Fig. 20 Cantidad de luz recibida en la superficie terrestre durante el mes de diciembre de 2014. NEO Nasa Earth Observation. (2014). Solar Insolation (1 month). Febrero 25, 2015, de NASA Sitio web: http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=CERES_INSOL_M&date=2014-12-01
- Fig. 21 Mapa global de irradiación. Solargis. (2013). World Map of Global Horizontal Irradiation. Febrero 25, 2015, de GeoModel Solar Sitio web: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-World-map-en.png
- Fig. 22 Irradiación en México. Solargis. (2014). Global Horizontal Irradiation. Febrero 25, 2015, de GeoModel Solar Sitio web: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Mexico-en.png
- Fig. 23 Concepto de horas pico. Hernández, E., Tejada, A. & Reyes, S. (1991). Atlas Solar de la República Mexicana. Xalapa, Ver., México: Textos Universitarios. p. 25
- Fig. 24 Alexandre Edmond Becquerel en Scientific Identity: Portraits from the Dibner Library of the History of Science and Technology , 2003, Smithsonian Institution Libraries. http://www.sil.si.edu/imagegalaxy/imagegalaxy_image-Detail.cfm?id_image=835
- Fig. 25 Willboughly Smith. Burns, Bill. (2011). Willoughby Smith. Abril 16, 2015, de Atlantic-Cable Sitio web: <http://atlantic-cable.com/CablePioneers/Smith/index.htm>
- Fig. 26 William Grylls Adams. Portrait of William Grylls Adams from the book: 'The History of the Institution of Electrical Engineers (1871-1931)' by Rollo Appleyard (1867-1943). London : The Institution of Electrical Engineers, 1939. <http://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/photos/adams-william-grylls-a1>
- Fig. 27 Bateria Solar de Bell. Perlin, J. (2004). The silicon solar cell turns 50. Abril 16, 2015, de NREL Sitio web: http://www.nrel.gov/education/pdfs/educational_resources/high_school/solar_cell_history.pdf
- Fig. 28 Vanguard I. México Energético. (s/f). CONOCE AL "VANGUARD I", FUE EL PRIMER SATÉLITE SOLAR. Abril 16, 2015, de México energético Sitio web: <http://mexicoenergetico.com.mx/conoce-al-vanguard-i-fue-el-primer-satelite-solar/>

- Fig. 29 Faro marítimo con celdas Solares. s/a. (s/f). La Historia de la Energía Solar Fotovoltaica. Mayo 14, 2015, de Sitiosolar.com Sitio web: <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Fig. 30 Parque Solar. s/a. (s/f). La Historia de la Energía Solar Fotovoltaica. Mayo 14, 2015, de Sitiosolar.com Sitio web: <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Fig. 31 Estructuras de células solares. Sánchez, M. (2008). Energía Solar Fotovoltaica. México: Limusa. pp. 41-42
- Fig. 32 Célula monocristalina. S/A. (S/F). Solar Cells. Mayo 14, 2015, de Direct Industry Sitio web: <http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/solar-cell-73613.html>
- Fig. 33 Célula multicristalina. Appel, B. (2005). Una célula fotovoltaica basada en silicio multicristalino. Mayo 14, 2015, de Wikipedia Sitio web: http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica#/media/File:Solar-cell-polycrystalline.jpg
- Fig. 34 Célula policristalina. Microglyph Technology GmbH. (s/f). Polykristalliner Solar Wafer. Marzo 21, 2016, de Microglyph Sitio web: http://www.microglyphs.com/deutsch/html/galerie_solarzellen_1.shtml
- Fig. 35 Lámina delgada. Sommer, J. (2012). 3rd Generation of Solar Panels – Thin Film. Junio 24, 2015, de TOP DIY SOLAR PANELS RESEARCH Sitio web: <http://topdiysolarpanels.com/3rd-generation-of-solar-panels-thin-film/>
- Fig. 36 Célula amorfa. s/a. (s/f). Células amorfas. Junio 24, 2015, de Ali Express Sitio web: <http://es.aliexpress.com/w/wholesale-amorphous-cell/3.html>
- Fig. 37 Estructura de un panel solar. Sánchez, M. (2008). Energía Solar Fotovoltaica. México: Limusa. p. 60
- Fig. 38 Corte transversal de un panel solar. UNED. (2009). Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica. España: Progensa. p.41
- Fig. 39 Conexión en Serie. Teknosolar. (2013). Interconexión de paneles solares. Junio 24, 2015, de BLOG DE TEKNOSOLAR Sitio web: <http://www.teknosolar.com/blog/interconexion-de-paneles-solares/>
- Fig. 40 Conexión en Paralelo. Teknosolar. (2013). Interconexión de paneles solares. Junio 24, 2015, de BLOG DE TEKNOSOLAR Sitio web: <http://www.teknosolar.com/blog/interconexion-de-paneles-solares/>
- Fig. 41 Conexión Mixta. Teknosolar. (2013). Interconexión de paneles solares. Junio 24, 2015, de BLOG DE TEKNOSOLAR Sitio web: <http://www.teknosolar.com/blog/interconexion-de-paneles-solares/>
- Fig. 42 Panel Solar Flexible. Michler, A. (2010). New Rollable Solar Panels Make Roof Installations a Snap!, de inhabitat Sitio web: <http://inhabitat.com/new-rollable-solar-panels-make-roof-installations-a-snap/>
- Fig. 43 Sojourner Mars Rover. s/a. (s/f). Sojourner Mars Rover. Junio 24, 2015, de Synlube Sitio web: <http://www.synlube.com/mars.htm>
- Fig. 44 Diagrama de sistema autónomo solar. Tecnoclear. (s/f). Energía Solar. Sistemas Autónomos. Junio 24, 2015, de Tecnoclear. Tecnologías Alternas Sitio web: <http://www.tecnoclear.com/energia-solar/sistemas-autonomos.html>
- Fig. 45 Diagrama de sistema conectado a la red. AntuSolar. (s/f). Solar Fotovoltaico. Junio 24, 2015, de Antusolar Sitio web: <http://www.antusolar.cl/solar-fotovoltaico/>

- Fig. 46 Incremento en el uso de tecnología solar para generación eléctrica. REN21. (2015). Renewables 2014 Global Status Report. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf p.49
- Fig. 47 Posición de México en el mundo en el uso de energía solar. REN21. (2015). Renewables 2014 Global Status Report. Febrero 16, 2015, de REN21 Sitio web: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf p.49
- Fig. 48 Capacidad Solar en México al 2013. IEA. (2014). PVPS Report Snapshot of Global PV 1992-2013. Photovoltaic Power Systems Programme, IEA-PVPS T1-24:2014, 15. p. 14
- Fig. 49 Incremento en el uso de energías renovables en México. SENER. (2013). Panorámica de las Energías Renovables en México - La Energía FV. Marzo 17, 2015, de Secretaría de Energía Sitio web: http://mexiko.ahk.de/fileadmin/ahk_mexiko/Inversiones/fotovoltaica/EEE/2_SENER.pdf p.6
- Fig. 50 Potencial de generación solar fotovoltaico. SENER. (2013). Panorámica de las Energías Renovables en México - La Energía FV. Marzo 17, 2015, de Secretaría de Energía Sitio web: http://mexiko.ahk.de/fileadmin/ahk_mexiko/Inversiones/fotovoltaica/EEE/2_SENER.pdf p.18
- Fig. 51 Capacidad total instalada en México. Guzmán, E. (2013). Regulaciones del Sector Energías Renovables en México "Mecanismos de entrada al mercado eléctrico para plantas fotovoltaicas". Marzo 17, 2015, de CRE Sitio web: http://mexiko.ahk.de/fileadmin/ahk_mexiko/Inversiones/fotovoltaica/EEE/3_CRE.pdf p. 15
- Fig. 52 Contratos en pequeña y mediana escala en México. Regulaciones del Sector Energías Renovables en México "Mecanismos de entrada al mercado eléctrico para plantas fotovoltaicas". Marzo 17, 2015, de CRE Sitio web: http://mexiko.ahk.de/fileadmin/ahk_mexiko/Inversiones/fotovoltaica/EEE/3_CRE.pdf p. 19
- Fig. 53 Impactos ambientales de la energía solar fotovoltaica. García, J., Castells, X. & Gaya, J. (2012). Actividades Industriales e Impactos Ambientales. En Impactos Ambientales y Energía(1031). Madrid: Díaz de Santos. p. 1017 (<https://books.google.com.mx/books?id=UbYwKUYrmMkC&pg=PA1016&dq=IMPACTO+DEL+USO+DE+ENERGIA+FOTOVOLTAICA&hl=es&sa=X&ei=hpARVbi1HMmmyATexYDoCw&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q=IMPACTO%20DEL%20USO%20DE%20ENERGIA%20FOTOVOLTAICA&f=false> pag 1017)
- Fig. 54 Desglose de costos de una instalación FV. González, J. (2009). Energías Renovables. Barcelona: Reverte. p 213
- Fig. 55 Disposiciones en materia de generación privada de energía eléctrica. González, J. (2010). Sector privado y generación de energía eléctrica. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 88, 38. p. 7
- Fig. 56 Evolución del marco regulatorio. SENER. (2013). Panorámica de las Energías Renovables en México - La Energía FV. Marzo 17, 2015, de Secretaría de Energía Sitio web: http://mexiko.ahk.de/fileadmin/ahk_mexiko/Inversiones/fotovoltaica/EEE/2_SENER.pdf p.16
- Fig. 57 Contratos por tipo de Generación. Regulaciones del Sector Energías Renovables en México "Mecanismos de entrada al mercado eléctrico para plantas fotovoltaicas". Marzo 17, 2015, de CRE Sitio web: http://mexiko.ahk.de/fileadmin/ahk_mexiko/Inversiones/fotovoltaica/EEE/3_CRE.pdf p. 17

- Fig. 58 Los principios en instalaciones FV se encontraban en las azoteas. Villamandos. (2012). ¿Vives en un edificio que aprovecha las energías renovables?. Marzo 10, 2016, de Renovables Verdes Sitio web: <http://www.renovablesverdes.com/vives-en-un-edificio-que-aprovecha-las-energias-renovables/>
- Fig. 59 Diferencia entre BIPV (abajo) y BAPV (arriba) (elaboración propia)
- Fig. 60 Esquema del proceso de generación eléctrica a partir de recursos fósiles. e-on/España. (2010). Combustibles fósiles como fuentes de energía. Septiembre 23, 2015, de e-on/España Sitio web: http://recursostic.educacion.es/eda/web/eda2010/newton/materiales/ruiz_perales_francisco_p3/fuentes_fosiles.html
- Fig. 61 Sistema Aerogenerador. Renovable. (s/f). Energía Eólica. Septiembre 23, 2015, de DGPCFADU Sitio web: http://dgpcfadu.com.ar/2011/2_cuat/vn07/tp/eol.html
- Fig. 62 Sistema Fotovoltaico. Renovable. (s/f). Energía Solar. Septiembre 23, 2015, de DGPCFADU Sitio web: http://dgpcfadu.com.ar/2011/2_cuat/vn07/tp/solar.html
- Fig. 63 Sistema de Cogeneración. Energía Intelimeter. (s/f). Cogeneración. Marzo 22, 2016, de Energía Intelimeter Sitio web: <http://www.energiaintelimeter.com/>
- Fig. 64 Sistema de Trigeneración. Escobar, G. (s/f). Servicios auxiliares en la industria. Marzo 8, 2016, de Wiki EOI Sitio web: http://www.eoi.es/wiki/index.php/Servicios_auxiliares_en_la_industria_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica
- Fig. 65 Microturbina. Hidrosat Dynamics. (s/f). TH-640. Marzo 8, 2016, de Hidrosat Dynamics Sitio web: <http://www.hidrosat.net/#!turbinas/c1uey>
- Fig. 66 Lexus LS pila de combustible. Motorpasión. (2015). Toyota prepara un Lexus LS con pila de combustible de hidrógeno (y otros tantos modelos alternativos) para Tokio 2020. Septiembre 3, 2015, de Motorpasión futuro Sitio web: <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-hidrogeno/toyota-prepara-un-lexus-ls-con-pila-de-combustible-de-hidrogeno-y-otros-tantos-modelos-alternativos-para-tokio-2020>
- Fig. 67 Microgeneración eólica. DNETN.MIEM. (s/f). Microgeneración eólica. Marzo 8, 2016, de DNETN.MIEM Sitio web: <http://www.energiaeolica.gub.uy/index.php?page=microgeneracion>
- Fig. 68 Generador eólico en la Unidad de Posgrado UNAM CU. Imagen Propia
- Fig. 69 Microgeneración solar (panel conectado a casa). Siulighting. (s/f). Energía Fotovoltaica. Marzo 8, 2016, de Siulighting Sitio web: <http://www.siulighting.com/otherProd.html>
- Fig. 70 Paneles solares empleados en Boulevard Adolfo López Mateos, CDMX. Iluminet. (2013). Un sistema fotovoltaico de iluminación eficiente a 3 años de su instalación. Abril 13, 2016, de Iluminet Sitio web: <http://www.iluminet.com/un-sistema-fotovoltaico-de-iluminacion-eficiente-a-3-anos-de-su-instalacion/>
- Fig. 71 Mobiliario Urbano empleado en la ciudad. s/a. (s/f). Mobiliario Urbano. Abril 13, 2016, de Benito Sitio web: http://www.fdb.es/es/mobiliario_urbano/papeleras/Papelera_Dara--PA694SMO.html. s/a. (2013). Cruce de semáforos LED. Abril 13, 2016, de ECDA Sitio web: <http://elcajondeardu.blogspot.mx/2013/12/tutorial-cruce-de-semaforos-led.html>. s/a. (s/f). ALUMBRADO PÚBLICO Y MOBILIARIO URBANO.. Abril 13, 2016, de Construnario Sitio web: <http://www.construnario.com/catalogo/cm-salvi-sl/productos#>.

- Fig. 72 Mobiliario urbano nuevo (arriba, mobiliario en la CDMX (propias), abajo, mobiliario en otras partes del mundo). Villa, D. (s/f). ILUMINAN 'ÁRBOLES SOLARES' AL CENTRO HISTÓRICO. Abril 13, 2016, de Abilia Sitio web: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/iluminan-arboles-solares-al-centro-historico/>, s/a. (2016). MOBILIARIO URBANO. Abril 13, 2016, de Modernamente Arquitectura Sitio web: <http://modernamentearquitectura.blogspot.mx/2016/01/mobiliario-urbano.html>, s/a. (s/f). Mobiliario urbano. Abril 13, 2016, de Timberplan Lab 23 Sitio web: <http://timberplan.es/marcas-en-timberplan/lab23/>
- Fig. 73 Nueva cabina telefónica. Fierro, M. (s/f). Insiste PRI cobrar impuestos a empresas de casetas telefónicas. Abril 13, 2016, de Contraparte Sitio web: <http://contraparte.mx/2014/03/25/15929/insiste-pri-cobrar-impuestos-a-empresas-de-casetas-telefonicas/#.Vw69vhlrKR>
- Fig. 74 Anuncios luminosos en vías públicas. Propia
- Fig. 75 Señales viales eléctricas. Pleno. (s/f). Señales Electrónicas Duales. Abril 13, 2016, de Pleno Sitio web: <http://www.pleno.com.mx/senalizacion/fleche-ro-25ch.html>
- Fig. 76 Módulo de Información eléctrico. Propia
- Fig. 77 Solar Café. Solarcafé. (s/f). Solarcafé. Octubre 20, 2015, de Solarcafé Sitio web: http://www.solarcafe.de/spanische_zf/index.html
- Fig. 78 Módulos Solarcafé por separado. Solar Lifestyle. (2008). SOLARCAFÉ - BAUSTEINE FÜR DAS SOLARZEITALTER. Octubre 20, 2015, de Solar Lifestyle Sitio web: <http://www.solar-lifestyle.de/87.0.html>
- Fig. 79 Obelisk. Solarobelisk. (2008). Solarobelisk. Octubre 20, 2015, de Solar Lifestyle Sitio web: <http://www.solar-lifestyle.de/87.0.html>
- Fig. 80 Bote de basura con audio. Solar Lifestyle. (s/f). THE LUMINOUS WASTE CONTAINER. Octubre 20, 2015, de Solar Lifestyle Sitio web: <http://www.solar-lifestyle.de/116.0.html>
- Fig. 81 Esculturas solares. Siarq. (s/f). Dinosaurio. Octubre 20, 2015, de Siarq Sitio web: <http://siarq.com/portfolio/dinosaurio/>
- Fig. 82 Ford C-MX Solar Energi. Isidore, C. (2014). ¿Autos impulsados con energía solar?, Ford no se quiere quedar atrás.... Octubre 20, 2015, de CNN Sitio web: <http://mexico.cnn.com/tecnologia/2014/01/03/autos-impulsados-con-energia-solar-ford-no-se-quiere-quedar-atras>
- Fig. 83 Estación de Recarga Honda. EsRenovable. (s/f). Estaciones de carga de energía solar para vehículos eléctricos de Honda. Octubre 20, 2015, de EsRenovable Sitio web: <http://comunicarseweb.com.ar/?page=ampliada&id=10535>
- Fig. 84 Estación de préstamo y recarga Toyota. Comunica RSE. (2013). Toyota lanza estación de préstamo y carga de vehículos eléctricos en Japón. Octubre 20, 2015, de Comunica RSE Sitio web: <http://comunicarseweb.com.ar/?page=ampliada&id=10535>
- Fig. 85 Luminaria convencional en vías públicas. Diario de Colima. (2013). Aportarán los colonos para reestablecer el alumbrado. Octubre 20, 2015, de Diario de Colima Sitio web: <http://www.diariodecolima.com/2013/09/05/>
- Fig. 86 Diseño en luminarias públicas. Siarq. (s/f). Luminaria Curva. Octubre 20, 2015, de Siarq Sitio web: <http://siarq.com/portfolio/curva/>
- Fig. 87 Interior de la Biblioteca Central de la CU. De Anda, E. (2012). Hazaña y memoria: La Ciudad Universitaria del Pedregal. Ciudad Universitaria, México: UNAM.

- Fig. 88 Cargador para automóvil. Redacción. (2015). 5 gadgets para que tu auto esté tecnológicamente equipado. Noviembre 18, 2015, de El Universal Sitio web: <http://de10.com.mx/cultura-digital/2015/05/24/5-gadgets-para-que-tu-auto-estes-tecnologicamente-equipado>
- Fig. 89 Baterías externas. Power Bank. (s/f). Power Bank. Noviembre 18, 2015, de Basoa Sitio web: <http://www.basoa.com/noticias/noticia/articled/34/power-bank-baterias-externas-para-sus-regalos-de-empresa.aspx>
- Fig. 90 Personas usando el teléfono celular. Elaboración Propia.
- Fig. 91 Mobiliario del jardín interno de la Biblioteca Central utilizado por usuarios. Elaboración propia
- Fig. 92 Personas en la CU. Elaboración Propia.
- Fig. 93 Personas en la CU usando el celular. Elaboración propia
- Fig. 94 Mobiliario del jardín interno de la Biblioteca Central. Elaboración Propia
- Fig. 95 Usuarios sentados en jardineras por la falta de mobiliario. Elaboración Propia
- Fig. 96 Variedad de muebles con materiales como acero inoxidable, aluminio, polimadera, polipropileno, y fibras sintéticas. Elaboración propia con imágenes obtenidas de: <http://www.decoesfera.com/jardin/muebles-de-externo-de-vondom>, <http://www.plastimadera.com/productos/linea-vial/>, <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/polipropileno.html>, <http://www.mueble-jardin.es/tag/rattan-sintetico/>, <http://www.mueblesmerida.com/designcenter/productos/kids/item/can-banco.html>, <http://blog.is-arquitectura.es/2007/07/19/un-sofa-de-polipropileno/>, <http://aplicainox.org/arg/ventajas/12/>, http://es.made-in-china.com/co_autofur/product_Aluminium-Patio-Furniture_honnyooug.html
- Fig. 97 Diagrama de sistema fotovoltaico en mobiliario. Elaboración propia
- Fig. 98 Muebles interconectados. Elaboración propia
- Fig. 99 Usuarios en la sombra. Elaboración propia
- Fig. 100 Bancas, mesas y conectores. Elaboración propia
- Fig. 101 Dimensiones consideradas para el desarrollo de propuestas. Elaboración propia con datos de: Ávila, R., Prado, L. & González, E. (2007). Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. pp. 88-123
- Fig. 102 Ergonomía para el diseño del Pilz. Noe, B. (2015). Reference: Common Dimensions, Angles and Heights for Seating Designers. agosto 23, 2016, de Core 77 Sitio web: <http://www.core77.com/posts/43422/Reference-Common-Dimensions-Angles-and-Heights-for-Seating-Designers>
- Fig. 103 Propuesta 1 UFIPV. Propia
- Fig. 104 Propuesta 2 UFAPV. Propia
- Fig. 105 Propuesta 3 UFIPV. Propia
- Fig. 106 Diagrama de pronóstico energético para un contacto. Elaboración propia
- Fig. 107 Volantín. s/n. (2013). Juegos Metálicos y madera. Abril 13, 2016, de Juguetieduca Sitio web: <http://www.juguetieduca.com/juegos.html>
- Fig. 108 Pilz. Elaboración propia
- Fig. 109 Pilz vistas. Elaboración Propia
- Fig. 110 Pilz con usuarios. Elaboración propia
- Fig. 111 Pilz dentro del jardín interno de la Biblioteca Central. Elaboración Propia

Lista de Tablas

- Tabla 1 Comparativa entre celdas. Elaboración propia con datos de <http://del-tavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>.
- Tabla 2. Requerimientos para interconectividad. Diario Oficial de la Federación. (2012). Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las Reglas Generales de Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente. Junio 24, 2015, de DOF Sitio web: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5249086.
- Tabla 3. Fundamentos del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. Elaboración propia con datos de PROGRAMA Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. Diario Oficial de la Federación. México 28/04/2014.
- Tabla 4. Usos de la energía fotovoltaica en México. elaboración propia con datos de SENER y CFE.
- Tabla 5. Medidas antropométricas para la población mexicana. Elaboración propia con datos de: Ávila, R., Prado, L. & González, E. (2007). Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara. pp. 88-123 y De la Vega, E. (s/f). Estudio antropométrico nacional. Marzo 16, 2016, de Sociedad de Ergonomistas de México A.C. Sitio web: http://www.semac.org.mx/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=45&Itemid=66.
- Tabla 6. Tiempos de carga para teléfonos celulares y tabletas. Elaboración propia.
- Tabla 7. Cantidad de paneles a usar por mobiliario. Elaboración propia.
- Tabla 8. Normas Mexicanas empleadas en construcción, medición, desempeño y eficiencia de módulos fotovoltaicos. Elaboración propia con datos de Lang, C. (2013). Normas Mexicanas. Abril 15, 2015, de CONUEE Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía Sitio web: http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/normas_y_nmx.
- Tabla 9. Costos fijos por uso Doméstico. Elaboración propia con datos de la CFE.
- Tabla 10. Costos fijos por uso Industrial (específico). Elaboración propia con datos de la CFE.
- Tabla 11. Costos fijos por uso industrial (generales). Elaboración propia con datos de la CFE.
- Tabla 12. Insolación media en México. Syscom.
- Tabla 13. Calibres de lámina. Nacional de Aceros. (s/f). Tabla de Calibres. Julio 19, 2016, de NASA Nacional de Acero Sitio web: <http://www.nacionaldeacero.com/tabla-de-calibres>

