



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS TÉCNICO Y DE LA  
VIABILIDAD PARA UNA RED DE  
CENTROS DE CARGA PARA  
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS,  
CON CELDAS FOTOVOLTAICAS, CON  
BASE A INGRESOS POR PUBLICIDAD  
Y VENTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
EXCEDENTE

TESIS

Que para obtener el título de  
INGENIERO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

PRESENTA

Alejandro David Crespo López

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Germán Jorge Carmona Paredes



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## *Agradecimiento*

**Doy especial agradecimiento a mis padres que lo dieron todo por mi formación y la conclusión de mis estudios universitarios, quienes me han guiado en el correcto camino de los valores, de la moral y de mi superación profesional. A mis hermanas, a mis amigos y compañeros y sobre todo a mis queridos profesores que me han instruido en el saber y en la comprensión de mi carrera y mi disciplina de estudio que tiene que ver con todos los fenómenos asociados a la electricidad para su aplicación en la resolución de problemas y en mejorar la calidad de vida de las personas, pero también para solucionar los grandes problemas ambientales de hoy en día.**

**Gracias a ti lector y a todas las personas que han contribuido para hacer realidad este sueño de poner a la disposición de la ciudadanía la energía solar para diversas aplicaciones y en la lucha que las nuevas generaciones debemos de tener contra el Cambio Climático.**

# Índice de Figuras

Figura. 1 Experimento Fotoeléctrico de A. Einstein .....	14
Figura. 2 Familia con primer panel solar comercial .....	15
Figura. 3 Precio de celdas fotovoltaicas de silicio cristalino, dólares por Watt. ....	16
Figura. 4 Mapa de Avenida Teopanzolco .....	29
Figura. 5 Mapa de Avenida Plan de Ayala .....	29
Figura. 6 Mapa de Avenida Paseo del Conquistador .....	30
Figura. 7 Mapa de Avenida Río Mayo .....	30
Figura. 8 Mapa de Ubicación Avenida Teopanzolco, Google Maps .....	42
Figura. 9 Inclinación y orientación de un panel .....	43
Figura.10 Irradiación Solar por horas durante el día en Cuernavaca .....	44
Figura.11 Coordenadas solares por hora durante un día .....	45
Figura.12 Dimensionamiento del techo y paneles solares de la estructura realizado en PVSyst .....	46
Figura. 13 Diseño en 3D de la estación solar con medidas .....	46
Figura 14. Render con fotomontaje de la estación en Av. Rio Mayo .....	47
Figura. 15 Diagrama de conexiones de un sistema fotovoltaico clásico interconectado a la red .....	48
Figura. 16 Diagrama de conexiones de un sistema fotovoltaico con banco de baterías e interconectado a la red .....	49
Figura. 17 Diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico planteado con baterías e interconexión .....	51
Figura. 18 Parámetros eléctricos del sistema, ingresados en PVSYST .....	56
Figura. 19 Curvas de respuesta obtenidos del sistema .....	57
Figura. 20 Comportamiento eléctrico después de la simulación del sistema .....	57
Figura. 21 . Gráfica del comportamiento de insolación vs energía inyectada a la red .....	58
Figura. 22 Potencial Energético Anual en la zona de Cuernavaca .....	58
Figura. 23 Generación Anual del Conjunto de Estaciones Solares .....	59
Figura. 24 Consumo eléctrico que se tiene de los componentes del conjunto de estaciones solares .....	59
Figura. 25-27 Comportamiento de ventas para cada publicidad a lo largo del año .....	67
Figura. 28 Ingresos por venta de energía en un año .....	70
Figura. 29 Flujo de efectivo proyectado a 20 años .....	76

# Índice de Tablas

Tabla. 1 Resumen de datos levantados durante experimentación en un parabús.....	25
Tabla. 2 Cargas para dispositivos móviles disponibles comercialmente.....	26
Tabla. 3 Contabilización de consumo energético de una estación .....	37
Tabla. 4 Irradiación Solar en Cuernavaca por mes .....	40
Tabla. 5 Horas sol al día, insolación promedio incidente y generación eléctrica por mes en Cuernavaca .....	41
Tabla. 6 Disponibilidad mínima de insolación en porcentaje .....	43
Tabla. 7 Ángulo para máxima radiación solar promedio .....	43
Tabla. 8 Equivalente numérico de días sin sol .....	43
Tabla. 9 Resultados de análisis por caída de tensión de acuerdo a cada sección del sistema .....	54
Tabla. 10 Emisiones de Contaminantes por Tecnología según PRODESEN 2017-2031 .....	60
Tabla. 11 Ahorro de GEI por recarga de dispositivos por tipo de tecnología .....	61
Tabla. 12 Ahorro de GEI por recarga de dispositivos por tipo de tecnología .....	61
Tabla. 13 Precios por tipo de publicidad y de acuerdo a su comportamiento en temporada alta y baja .....	67
Tabla. 14 Contrataciones supuestas por cada modalidad de publicidad.....	68
Tabla. 15 Generación diaria y mensual por estación y para el total de estaciones.....	69
Tabla. 16 Ingresos por mes que se obtienen por medio de la venta de energía eléctrica .....	69
Tabla. 17 Costo de los componentes del sistema .....	71
Tabla. 18 Costo de inversión del proyecto .....	71
Tabla. 19 Costos de Operación y Mantenimiento del proyecto .....	72
Tabla. 20 Costos involucrados para la operación del proyecto .....	73
Tabla. 21 Costos involucrados para la operación del proyecto .....	73
Tabla. 22 Resultado Neto en el primer año .....	73
Tabla. 23 Resultado Neto Económico en 20 años de operación del proyecto .....	76
Tabla. 24 Resultado obtenido de índices financieros.....	76
Tabla. 25 Tabla de precios quincenales por la venta de publicidad .....	81
Tabla. 26 Parámetros dentro de las consultas en el sistema de CENACE .....	82
Tabla. 27 Precio marginal de 24 horas durante 3 meses en el nodo 02CUE-85 .....	83
Tabla. 28 Costos administrativos durante la operación del proyecto .....	85
Tabla. 29 Puestos y salarios/sueldos administrativos para el primer año .....	85
Tabla. 30 Inversión al año 0 .....	87
Tabla. 31 Cálculo del ingreso neto del primer año .....	87
Tabla. 32 Cálculo del ingreso neto del primer al tercer año de operaciones.....	87
Tabla. 33 Cálculo del ingreso neto del último año de operaciones .....	87
Tabla. 34 Cálculo del flujo neto del primer al tercer año de operaciones .....	88
Tabla. 35 Cálculo del flujo neto del último año de operaciones .....	88
Tabla. 36 Índices de rentabilidad asociados al proyecto .....	91

# Acrónimos y Abreviaturas

OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo)	11
e.V (electrón-volt)	16
CENACE (Centro Nacional de Control de Energía)	20
SEN (Sistema Eléctrico Nacional)	20
mAh (miliamper-hora)	27
PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas)	32
IER (Instituto de Energías Renovables)	37
CRE (Comisión Reguladora de Energía)	39
GEI (Gases de Efecto Invernadero)	61
SENER (Secretaría de Energía)	61
AMEXCAP (Asociación Mexicana de Capital Privado)	90

# Índice General

Introducción.....	8
Objetivo.....	8

## **Capítulo 1. Antecedentes del proyecto**

1.1	Introducción.....	10
1.2	Energías renovables y medio ambiente.....	11
1.3	Tecnologías y aplicaciones de sistemas fotovoltaicos.....	13
1.4	Modalidades de centros de carga públicos para dispositivos electrónicos.....	20
1.5	Marco legal en México para las ER y mercado eléctrico.....	20
1.6	Mercado de la publicidad.....	21
1.7	Conclusión.....	22

## **Capítulo 2. Modelo conceptual y de negocio para una red de centros de carga públicos**

2.1	Introducción.....	24
2.2	Tipos de usuarios y dispositivos electrónicos con necesidad de recarga de baterías.....	24
2.3	Opciones de ingresos económicos que sustenten el negocio de centros de carga.....	27
2.4	Ubicación y tipo de infraestructura requerida para dar el servicio de carga y prestar servicios de publicidad.....	28
2.5	Marco legal municipal para los permisos de uso de suelo y concesión de sitios.....	31
2.6	Requerimientos técnicos y requisitos para obtener una concesión o licencia de uso del espacio público.....	34
2.7	Conclusión.....	35

## **Capítulo 3. Propuesta arquitectónica y eléctrica del modelo de centro de carga a construir y operar**

3.1	Introducción.....	37
3.2	Requerimientos energéticos de los usuarios y del centro de carga.....	37
3.3	Evaluar el potencial energético solar del sitio.....	39
3.4	Diseño arquitectónico de la estación de carga.....	45
3.5	Propuesta del sistema, su configuración y capacidad.....	47
3.6	Evaluación del desempeño energético de la planta.....	55
3.7	Conclusión.....	62

## **Capítulo 4. Modelo comercial y Evaluación económica de la operación del centro de carga**

4.1	Introducción.....	64
4.2	Opciones de Modelo de Negocio.....	64

4.3	Ingresos por publicidad y venta de energía eléctrica.....	66
4.4	Costos de inversión y de operación del centro.....	70
4.5	Cálculo del resultado neto económico (cash-flow) .....	72
4.6	Evaluación de indicadores de rentabilidad económica.....	74
4.7	Conclusión.....	79

## **Capítulo 5. Modelo de negocio**

5.1	Introducción.....	81
5.2	Plan administrativo.....	84
5.3	Plan financiero.....	86
5.4	Opciones de financiamiento.....	88
5.5	Análisis de rentabilidad.....	91
5.6	Conclusión.....	92

## **Capítulo 6. Conclusión**

Referencias.....	96
Bibliografía.....	96
Anexos.....	97

# Introducción

En el presente trabajo se busca proponer, diseñar y evaluar técnica y financieramente una red de estaciones o centros solares sobre la vía pública en forma de parabuses con centros de carga para dispositivos electrónicos como teléfonos celulares, tabletas, laptops, acceso a Wi-Fi, iluminación interna y espacios de publicidad que operen a partir de la captación solar y la generación de energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas para el uso y aprovechamiento por los ciudadanos de la ciudad de Cuernavaca. Ubicados en puntos estratégicos a lo largo de las avenidas más transitadas de dicha ciudad, con el objetivo de ver la viabilidad del presente trabajo se analizará su rentabilidad con ingresos por publicidad y venta de energía eléctrica excedente a partir del modelo de negocios planteado, así como a partir de medir los beneficios sociales y ambientales tras la ejecución y en el horizonte de vida del proyecto. Así mismo se dan diferentes propuestas de modelos de negocio que podrían hacer económicamente viable el proyecto y las posibles fuentes de financiamiento para su ejecución.

Se resalta la importancia del desarrollo de proyectos que hagan uso de las Energías Renovables en especial atención a proyectos de Generación Distribuida con el objetivo de combatir los efectos del Calentamiento Global y poder concientizar a la población sobre la importancia que esto representa.

# **Capítulo 1. Antecedentes del proyecto**

## 1.1 Introducción

El continuo incremento de la población mundial, especialmente en países desarrollados, la demanda de energía y de materias primas para todas las actividades del hombre va cada vez más en aumento y de manera exponencial, estos bienes representan la base para un desarrollo y progreso para la raza humana. Es urgente la adopción de nuevas estrategias en el sector de la energía que podría evitar una emergencia social y económica debido a una menor disponibilidad de energía y de recursos la cual vaya encaminada a reducir la brecha entre países desarrollados y en vías de desarrollo como México, pero al mismo tiempo que vaya de la mano con la economía circular y el desarrollo sustentable.

El uso a gran escala de recursos renovables se hace urgente. Se acepta generalmente que la energía renovable producida hoy está muy por debajo del potencial mundial y contribuye sólo marginalmente a las necesidades humanas. Esto se debe no sólo a razones económicas relacionadas con el costo de los recursos fósiles tradicionales y a las opciones políticas, sino también a las limitaciones tecnológicas.

El verdadero problema es saber cuándo la ciencia y la tecnología será capaz de responder a las preguntas abiertas sobre materiales y energías renovables, permitiendo la adopción a escala mundial de decisiones muy bien elaboradas antes de que el agotamiento de las fuentes tradicionales de energía se convierta en un problema sin solución ante la amenaza del Calentamiento Global.

Es por eso que en el presente trabajo se plantea hacer uso de los avances tecnológicos en la materia de la transformación de la energía de manera limpia para el beneficio del hombre. Se ha decidido que la meta a largo plazo que tendrá el proyecto será un compromiso que nace para el planeta y con la humanidad.

Ya que en las últimas décadas el efecto invernadero, el derretimiento de los glaciares árticos, la contaminación del aire y de los mantos acuíferos y demás actividades irracionales humanas al final nos afectará no sólo a nosotros sino a todos los seres vivos. Por ello se propone el uso de la energía solar radiante que llega en gran cantidad a la superficie terrestre y la cual es considerada una energía renovable, inagotable y limpia. Mediante el uso de células fotovoltaicas y de equipo necesario para poder almacenar la energía y lograr un aprovechamiento posterior de esta.

## 1.2 Energías renovables y medio ambiente

Hoy en día escuchamos en muchos lugares a cerca de las energías renovables, de temas relacionados a la sustentabilidad sin embargo no se tiene bien claro la importancia y los alcances a nivel global que estas podrían llegar a tener en un futuro.

Es por eso que en el presente trabajo se explicará con mayor detalle el inicio de esta tendencia global que cada vez crece con mayor tasa en economías desarrolladas y las diferentes tecnologías que existen de las energías renovables hoy en día.

Como menciona (Schoijet, Mauricio 2002)

Desde la Revolución Industrial creció la producción y explotación de combustibles fósiles, incluyendo la del gas natural, siendo la generación de energía eléctrica una de las principales causas de este crecimiento y durante este tiempo las otras formas de energía han jugado un papel secundario. Sin embargo grandes obras en materia de energías renovables se han erigido en todo el mundo como la primera central eléctrica llevada a cabo en el Niagara por el visionario e ingeniero Nikola Tesla en 1890 junto con la empresa Westinghouse la cual puede ser considerada como la primera gran obra en el área de energías renovables en el mundo y de acuerdo a como dice la Tesla Society *“La evolución de la electricidad desde su descubrimiento por M. Faraday en 1831 hasta el comienzo de la gran instalación del sistema polifásico en 1896 es indudablemente el evento de mayor trascendencia en toda la historia de la ingeniería”* posteriormente tenemos los clásicos aerogeneradores daneses inventados por P. La Cour en la década de 1890 el cual servía, entre otras cosas, para el bombeo de agua en comunidades rurales y el cual se volvió una solución después de la crisis internacional del petróleo cuando la OPEP utilizó el petróleo como un método de guerra al subir el precio del barril de petróleo de \$2.5USD a \$11USD, de manera estratégica para castigar a los países que apoyaban a Israel en la guerra de Yom Kippur, países como Estados Unidos, Inglaterra que tenían intereses de apoderarse de territorios y recursos petrolíferos y de gas dentro de los territorios de los países árabes que conformaban la OPEP en ese entonces.

En 1896 el científico Antoine Becquerel descubrió la radioactividad pero no fue hasta 1942 cuando el físico Enrico Fermi desarrolló el primer reactor nuclear en donde por primera vez

podía controlarse una reacción nuclear como la fisión, después de esto el gobierno de Estados Unidos dio inicio al programa nuclear más grande en toda su historia en cuya meta principal era la de acelerar el desarrollo de la bomba nuclear para ganar la guerra contra Alemania, impulsado por en ese entonces el presidente Eisenhower, el general de las fuerzas armadas de Estados Unidos Leslie Richard Groves y por el científico Julius Robert Oppenheimer. Posteriormente en los años 50's empresas como General Electric y Westinghouse empezaron el desarrollo de central nucleares para la generación y comercialización de energía eléctrica de manera masiva con la construcción de gran cantidad de centrales nucleares por todo su territorio.

Sin embargo a pesar del esfuerzo que se ha realizado durante décadas en países como Estados Unidos, Francia, Japón entre otras y a pesar de que la energía nuclear es considerada una energía limpia debido a que no genera emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, la energía nuclear no ha podido ser una solución directa y un completo sustituto del petróleo y que incluso ha venido decayendo en los últimos años. Principalmente debido a sus altos costos que conlleva en sí la construcción de las centrales, debido a la enorme cantidad de sistemas de alta seguridad con los que cuenta una planta, a la (aún sin resolver) problemática de los desechos radioactivos que siguen decayendo por cientos o miles de años y que son un peligro tanto para la salud de las personas y representa un gran impacto al medio ambiente, como el que se ha tenido después de las mayores catástrofes en la historia de la energía nuclear como las de Chernovyl, Tres Millas y Fukushima.

Por lo tanto, las energías renovables como la energía solar-fotovoltaica, solar-térmica, eólica, geotérmica, biomasa entre otras han surgido como solución a los problemas relacionados con la explotación de recursos fósiles y de uranio y han tenido un crecimiento importante desde los últimos 20 años. Debido a su disponibilidad y abundancia en todo nuestro planeta es por eso que las fuentes de energías renovables no pueden ser usadas como método de guerra ni de control político, a pesar de que son intermitentes actualmente esto tiene solución con los nuevos sistemas de almacenamiento en baterías y debido a que tienen una pequeña huella de carbono en el proceso de aprovechamiento, es decir; no tienen grandes repercusiones en el medio ambiente debido a emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero principales causantes del Cambio Climático, dichas emisiones han influido de

manera directa en el aumento de casi 2°C en la temperatura global terrestre. No obstante, si la tecnología es guiada de acuerdo a las metas de la sustentabilidad, prometen reducir los efectos del Cambio Climático y dar solución al constante incremento energético (directamente proporcional) que está en constante crecimiento a nivel mundial debido a la revolución de la digitalización de todas las cosas e industria 4.0 y que dentro de poco tiempo podría llegar a ser una problemática mundial en un mundo siempre en expansión en demografía y en las necesidades de su población; así como ser una solución a crisis energéticas y a la desigualdad económica mundial permitiendo a naciones poco desarrolladas poder hacer crecer su economía mediante la disponibilidad de energía, que sea accesible y desde el punto de vista de recursos que esté constantemente disponible.

### **1.3 Tecnologías y aplicaciones de sistemas fotovoltaicos**

El uso de la energía solar por el hombre tiene inicio, desde civilizaciones antiguas que la empleaban para cocinar sus alimentos, como una guía o referencia del tiempo y en épocas más modernas con diferentes objetivos como: en la agricultura, hornos solares o para generar vapor para maquinaria, calefacción, entre muchos otros ejemplos.

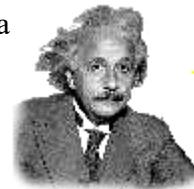
Tal ha sido el asombro e interés por este tipo de energía, que el científico James Clerk Maxwell quien sentó las bases de los principios y fenómenos ligados a las ondas de naturaleza electromagnética, y del mundo de la ingeniería actualmente, que son con los cuales operan la mayor parte de la tecnología moderna que utilizamos de manera cotidiana. Estaba intrigado de los efectos que el selenio tenía al ser expuesto a los rayos solares a partir de un primer artículo publicado en 1873 por el Ingeniero Eléctrico Willoughby Smith de un dispositivo que él usaba para detectar flujos en un cable transatlántico antes de sumergirse. Para esto un año después Maxwell realizó experimentos con Selenio teniendo como afirmación lo siguiente: “He visto la conductividad del selenio como afectado por la luz. Es muy repentino. Efecto de un calentador de cobre insensible. La del sol grande “.

Fue realmente el científico francés Alexandre Edmon Becquerel, quien, experimentando con una pila electrolítica sumergida en una sustancia de las mismas propiedades, observó que después al exponerla a la luz generaba más electricidad, así fue que descubrió el *efecto fotovoltaico* en 1839 que consiste en la conversión de la luz del sol en forma de fotones, en campo eléctrico generado por un flujo de electrones.

En 1885 el profesor W. Grylls Adams a partir de los descubrimientos de J.C. Maxwell experimentó con el selenio (elemento semiconductor) cómo reaccionaba con la luz y descubrió que se generaba un flujo de electricidad conocida en ese entonces como "fotoeléctrica".

Charles Fritts en 1893, fue quien invento la primera célula solar, conformada de láminas de revestimiento de selenio con una fina capa de oro, estas células se utilizaron para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas.

Más tarde en 1905 Albert Einstein pudo explicar el efecto fotoeléctrico basándose en la hipótesis de Planck. Para esto Einstein suponía que la radiación electromagnética está formada de paquetes de energía, y que dicha energía depende de la frecuencia de la luz:



$$E = h\nu$$

Cuanto de energia = Energia Maxima del electron

+

funcion de trabajo de la superficie.

De esta manera fue el primero que pudo plantear y comprobar la teoría del *efecto fotoeléctrico* (el cual le valió el premio Nobel) mediante el empleo de un dispositivo experimental el cual consistía en una placa de metal a la cual se le hacía incidir directamente un haz de luz, por la cual circulaban electrones en un circuito cerrado que se habían transformado a partir de fotones y que al medir su diferencial de potencial se comprobaba que se tenía la presencia de un campo eléctrico debido al efecto fotovoltaico.

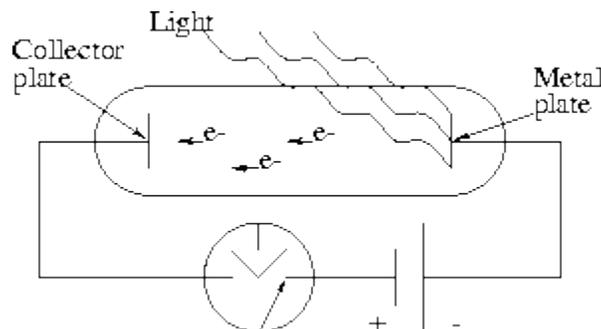


Figura 1. Experimento Fotoeléctrico de A. Einstein

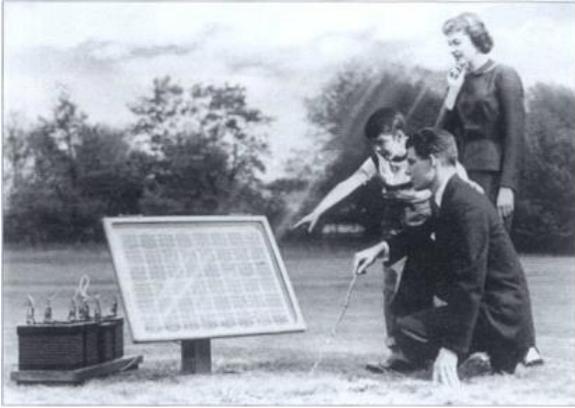


Figura 2. Familia con primer panel solar comercial

El inventor estadounidense Russel Ohl, creó y patentó las primeras células solares de silicio en 1946, pero Gerald Pearson de Laboratorios Bell, de manera accidental y experimentando con dispositivos electrónicos creó una célula fotovoltaica más eficiente con silicio, gracias a esto Daryl Chaplin y Calvin Fuller mejoraron estas

células solares para un uso más práctico. Empezaron la primera producción de paneles solares en 1954 y llegó a comercializarse en 1956 las cuales no superaban los 12W; posteriormente una vez que se mejoró la tecnología se utilizaron en su mayoría en satélites espaciales. En los 70's el primer uso general para el público, se dio con la aparición de las primeras calculadoras con células fotovoltaicas que se siguen utilizando actualmente.

En años recientes a pesar de los esfuerzos de gobiernos y de las grandes compañías de petróleo, gas natural y del carbón de aminorar el desarrollo de nuevas, más eficientes y mejores energías limpias. Se ha dado un gran avance a esta tecnología al incrementar el porcentaje de eficiencia y con ello también se ha logrado disminuir su costo de producción de manera considerable, tan notable ha sido esta disminución que ahora hace frente incluso directamente a los precios de la generación mediante combustibles fósiles, y se espera que en unos pocos años más, el precio sea aún menor.

Lo anterior lo podemos observar a través de la siguiente gráfica en la que muestra la disminución de precios de celdas fotovoltaicas de silicio cristalino desde 1977 hasta el año 2013.

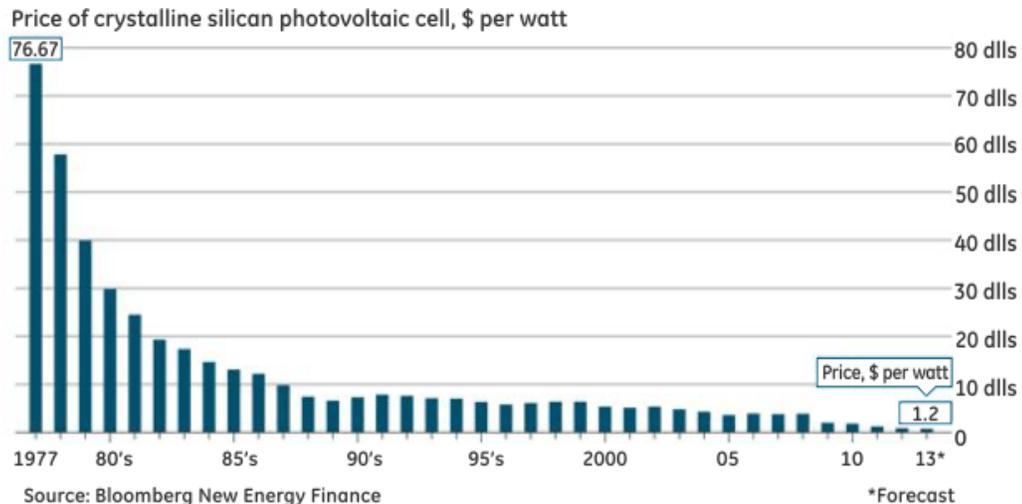


Figura 3. Precio de celdas fotovoltaicas de silicio cristalino, dólares por Watt. Bloomberg New Energy Finance

Actualmente el costo por Watt producido por medio de celdas solares es menos de 1.2 dólares a comparación de 1977 que era de 76.67 dólares.

Esto ha dado lugar a una creciente industria solar en todo el mundo, que promete ser una de las principales fuentes de energía para satisfacer las necesidades humanas de nuestras civilizaciones en un futuro.

Las celdas de silicio son la tecnología mayormente utilizada hoy en día a nivel mundial para aprovechamiento y transformación de la energía solar radiante en energía eléctrica, y lo es debido a la abundancia del silicio, al ser el elemento más abundante en la Tierra y a que no es tan tóxico como otros elementos utilizados en otros tipos de celdas fotovoltaicas. En sus inicios las celdas fotovoltaicas eran fabricadas a partir de los restos de obleas de silicio utilizados en la fabricación de microchips por lo que se empleaba silicio con una pureza de 99.9999% y a pesar de la enorme abundancia del silicio, alcanzar una pureza como tal del silicio es muy compleja ya que cuanto más puro es el silicio, mejor alineadas están sus moléculas y es mayor la conversión de los fotones en electrones. Pero existe otra limitación de esta conversión de energía y está limitada en la eficiencia la cual se refiere al cociente entre la cantidad de energía que obtenemos a la salida de nuestro sistema sobre la cantidad que ingresa a nuestro sistema, en una escala del 0 al 1 o del 0 al 100%. Y esta eficiencia viene limitada de acuerdo al principio de Shockley-Queisser en una célula o celda fotovoltaica de unión p-n con una banda prohibida de 1.34eV y una insolación normal típica de 1000W/m<sup>2</sup>,

la cual fue desarrollada por el físico William Shockley y Hans Queisser en Shockley Semiconductor en 1961.

Actualmente, aunque la eficiencia comercial se encuentra cerca del 17% y en 2003 se alcanzó una eficiencia record de 36.9% en una celda de silicio (Aitken W. Donald, 2003) existen diferentes tipos de tecnología en aprovechamiento de energía solar fotovoltaica:

### Celdas Fotovoltaicas Inorgánicas

#### Monocristalinas

Se fabrican con bloques de silicio o ingots por medio del método de Czochralski, y son de forma cilíndrica. Para optimizar el rendimiento y reducir los costos de cada celda solar monocristalina, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio, y que les da esa apariencia característica.

Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunos fabricantes supera el 21%.

La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.

Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.

#### Desventajas:

- Son más caras. Valorando el aspecto económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos o incluso de capa fina.
- Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse. Si se decide poner paneles monocristalinos pero se cree que pueden quedar sombreados en algún momento, lo mejor es usar micro inversores solares en vez de inversores en cadena o centrales. Los micro inversores aseguran que no toda la instalación solar se vea afectada por sólo un panel afectado.

## Policristalinas

En su fabricación no se emplea el método Czochralski. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas. El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que influye en menor precio. Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.

### Desventajas:

- Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que en altas temperaturas un panel policristalino funcionará peor que un monocristalino. El calor además puede afectar a su vida útil, acortándola.
- La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como los monocristalinos.
- Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos.

## De capa fina

La tecnología de estas celdas consiste en depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telururo de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC)

Tienen una apariencia muy homogénea, pueden ser flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies.

El rendimiento no se ve tan afectado por las sombras y altas temperaturas.

### Desventajas

Aunque son muy baratos, por su menor eficiencia requieren mucho espacio. Un panel monocristalino puede producir cuatro veces más electricidad que uno de capa fina por cada metro cuadrado utilizado.

Al necesitar más paneles, también hay que invertir más en estructura metálica, cableado, etc.

Tienen un menor tiempo de vida, debido a que se desintegran con el tiempo con mayor facilidad.

## Microcristalinas

### Orgánicas

De interés especial es la Celda Grätzel de material simple similar a la fotosíntesis con características muy prometedoras. Con esta invención el Prof. Grätzel ganó el Premio Tecnológico del Milenio en el 2010. Actualmente están preparando una primera producción industrial. A causa del uso de materiales simples, se espera en el futuro una importante reducción de los precios. Contrario de las celdas cristalinas, tienen la ventaja que la eficiencia aumenta con la temperatura.

Recientemente se ha realizado investigación en un nuevo tipo de celdas fotovoltaicas llamada de Puntos Cuánticos en donde por medio de una técnica llamada MEG por su nombre en inglés Multiple exciton generation o generación múltiple de excitones, es un proceso que ocurre en nanocristales semiconductivos o puntos cuánticos en donde la absorción de un fotón produce al menos el doble de la energía de la banda de separación la cual produce a su vez dos pares electrón-hueco; de esta manera se logra un aumento de la eficiencia cuántica del 114% por medio de la experimentación con celdas fotovoltaicas de plomo-selenio (PbSe) de puntos cuánticos que permiten un aumento de la eficiencia general casi de un 30% con respecto a la tecnología más avanzada hoy en día lo que permitiría poder tener una eficiencia general del 70% lo cual representaría uno de los desarrollos más grandes de la actualidad permitiendo poder captar mucha mayor energía de la insolación diaria (1000W/m<sup>2</sup>) en un área varias veces menor que las actuales.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Octavi E. Semonin (2018). Peak External Photocurrent Quantum Efficiency Exceeding 100% via MEG in a Quantum Dot Solar Cell, Science.

## **1.4 Modalidades de centros de carga públicos para dispositivos electrónicos**

Lo que se pretende en el presente trabajo es instalar estructuras solares con una cantidad considerable de celdas fotovoltaicas en lugares concurridos y sobre todo pensando en aprovechar los espacios de la ciudad que tengan facilidad de captación de rayos solares (en una primera prueba piloto esta se situaría en Ciudad Universitaria), con el objetivo de poder generar energía completamente sustentable y ofrecer un servicio a los transeúntes, ya sea si esperan el camión o si simplemente pasan cerca de las estructuras, para que puedan hacer uso de contactos eléctricos dentro de la misma estructura para cargar diversos aparatos electrónicos pequeños y portátiles tales como celulares, tabletas, mp3.

Una segunda aplicación del proyecto es implementar una red de banda ancha y rápida de Wi-Fi mediante un Router dentro de la instalación, para que los ciudadanos tengan acceso gratuito a internet usando la señal local de las estructuras. Como se verá más adelante en la parte de la estructura financiera, la oferta de estos servicios se piensa lograr por medio de la venta de energía eléctrica y publicidad a terceras empresas y a gobiernos estatales, municipales y federal en dichos espacios.

## **1.5 Marco legal en México para las ER y mercado eléctrico**

El objetivo fundamental del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es suministrar la demanda de los usuarios en condiciones de Estado Operativo Normal. En general, el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) deberá programar suficiente generación para satisfacer los requerimientos de demanda, sin embargo, se pueden presentar en el SEN eventos no planeados que perturben el balance de la generación y la demanda. Con la finalidad de que el CENACE pueda mantener la continuidad en el suministro, el SEN necesita contar con los recursos de reserva operativa mínimos que proporcionen la capacidad necesaria que permita evitar que un evento inesperado impacte la integridad del SEN.

Tal es así que el proyecto está pensado para generar energía eléctrica a manera de Reserva Operativa, Abasto Aislado o Generación Distribuida dependiendo del lugar geográfico en el que se encuentre, la infraestructura eléctrica con la que se cuente a la mano y la necesidad

que se quiera resolver del lugar ya sea suministrar energía para una pequeña zona, una empresa o generar energía eléctrica para mantener el balance de potencia activa de la red eléctrica. Es por eso que se empieza por definir términos importantes como el de **Reserva Operativa**, es decir, generación disponible para mantener el balance entre la generación y la demanda en la red (balance de potencia activa) al mismo tiempo que entraría dentro de la modalidad de **Abasto Aislado** es decir *“la generación o importación de energía eléctrica para la satisfacción de necesidades propias o para la exportación, sin transmitir dicha energía por la Red Nacional de Transmisión o por las Redes Generales de Distribución”*<sup>2</sup> y de manera particular como Generación Distribuida, en Sitio, Descentralizada o Local *“Son aquellas actividades de generación de energía cercanas o en el mismo lugar de aprovechamiento o uso”*. Generalmente está asociado a generación de pequeña o mediana escala y en los últimos años, fuertemente relacionado a la energía renovable.

## 1.6 Mercado de la publicidad

Cualquier inversión sea en el área de operaciones, de recursos humanos, o de mercadotecnia debe de ser justificada en base al SVA (Share holder Value Analysis) que se refiere a un análisis de valor de los accionistas involucrados, toma una perspectiva de largo plazo e incita a los administrativos a hacer inversiones redituables. La referencia en común utilizada por la mayoría de los inversionistas utilizada en el contexto de inversión en nuevos proyectos es el precio de cada acción, o de manera más general, la riqueza generada por una firma está medida de acuerdo a su capitalización de mercado.

De tal manera para capitalizar a una firma o a un proyecto, la mercadotecnia debe de justificar su presupuesto en términos del valor que genera para los accionistas. Esto representa a veces una tarea difícil ya que normalmente las metas de la mercadotecnia van más enfocadas normalmente en el comportamiento de los consumidores o en el desempeño de las ventas como tal. (Amit y Hanssens, 2004)

---

• <sup>2</sup> Art. 22 de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) y definición en las Bases del Mercado (BDM).

## **1.7 Conclusión**

En este primer capítulo como se pudo observar, se habló de antecedentes de las celdas fotovoltaicas, de cómo a partir del esfuerzo de personas que dedicaron su vida a la investigación de los fenómenos físicos relacionados con la energía incidente del sol y a la aplicación práctica de dichos fenómenos es que tenemos una tecnología tan avanzada como las celdas fotovoltaicas de silicio que permiten poder aprovechar la energía proveniente del sol que nos llega en pequeños paquetes llamados fotones pero en grandes cantidades a nuestro planeta y que podemos aprovechar con celdas ya sean mono, policristalinas o del tipo amorfo las cuales en menos de un lustro han caído severamente sus precios, aumentado en algunos casos su eficiencia y además con esto la accesibilidad para poder llevar a cabo mayor cantidad de proyectos de aprovechamiento de la energía solar, cada vez de mayor capacidad pero sobre todo que están redefiniendo y sentando las bases para el nuevo marco legal de las Energías Renovables en México con gran fuerza para el tema de Generación Distribuida y Abasto Aislado.

## **Capítulo 2. Modelo conceptual y de negocio para una red de centros de carga públicos**

## **2.1 Introducción**

El presente trabajo consiste en el análisis técnico y de la viabilidad de negocio de una red de centros o centrales y de unidades de generación de energía eléctrica por medios solares las cuales incorporen un banco de baterías para evitar la intermitencia por periodos largos en los que no haya disponibilidad de recurso solar, de inversores de corriente para poder convertir la corriente directa de las batería y paneles solares en corriente alterna a una frecuencia de 60Hz e incorporarla a la red eléctrica nacional y al mismo tiempo poder proveer de servicios gratuitos a la población por medio de la venta de servicios de publicidad y de venta de energía eléctrica.

A fin de poder generar energía eléctrica limpia, de manera que casi todo el año esté disponible y sea barata y poder brindar servicios como el acceso a internet y carga de dispositivos electrónicos como se verá a continuación.

## **2.2 Tipos de usuarios y dispositivos electrónicos con necesidad de recarga de baterías**

Los usuarios de las estaciones solares inteligentes serán todas aquellas personas que esperen al camión o vehículo privado dentro de la misma estación o que simplemente transitan por la vialidad pública y requieran de la carga de su dispositivo móvil al no contar actualmente con algún medio para poderlo recargar.

Considerando que por lo general la mayoría de las personas llevan prisa para llegar a sus trabajos, a sus casas o cualquier otro lugar, dichos usuarios solo dispondrían en su mayoría de un par de minutos para dedicar un par de minutos de su tiempo en estos intervalos de traslado para la carga de sus dispositivos móviles. A continuación, se muestra un registro de intervalos de tiempo que normalmente esperan las personas dentro de un parabús y la cantidad de personas que se quedan en el parabús entre cada autobús el cual se realizó para determinar el tiempo promedio que las personas esperan para abordar un camión.

HRS	PERSONAS
13:43	8
13:47	De 8 quedan 5 Bajan 4
13:51	Bajan 6
13:52	3
13:55	9
13:59	2
14:01	5
14:04	10
14:13	10
14:15	1
14:22	5
14:25	8
14:27	9
14:33	8
18:00	7
18:40	11
20:00	7
21:00	12

Tabla 1. Resumen de datos levantados durante experimentación en un parabús

Como se observa el tiempo promedio de espera de la gente entre cada autobús es de 8 minutos aunque esto puede variar de acuerdo a la disponibilidad de unidades en intervalos más pequeños y a la zona en la que cada parabús se encuentre sin embargo el tiempo máximo de espera sería aproximadamente apenas del doble del tiempo, es decir, cerca de 20 minutos para la carga de su celular, tableta, cámara, reproductor de música, smartwatch o cualquier otro dispositivo móvil considerando que ese fue el tiempo en el que pasaron dentro de la estación un sector muy pequeño de nuestra muestra por lo que se debe de elegir un método de recarga rápido pero, para el presente trabajo, que no represente una carga demasiado grande para la instalación la cual va a estar activa dando servicio por varias horas junto con los demás componentes dentro de la estación

De acuerdo con la revista electrónica Digital Trends presentan una tabla en donde muestran las diferentes modalidades de carga de dispositivos móviles de acuerdo a la tecnología patentada Quick Charge de la empresa Qualcomm

	Voltage (V)	Current (A)	Max Power (W)
Computer USB 2.0	5	0.5	2.5
Normal Charge	5	1	5
Quick Charge 1.0	5	2	10
Quick Charge 2.0	5/9/12	1.67/2	18
Quick Charge 3.0	3.6-20 ( $\Delta V = 200mV$ )	2.5/4.6	18
Quick Charge 4.0	n/A	n/A	n/A
Quick Charge 4.0+	5/9 (USB-PD), 3.6-20 ( $\Delta V = 200mV$ )	3A (USB-PD), 2.5/4.6	27W (USB-PD)

Tabla 2. Cargas para dispositivos móviles disponibles comercialmente

Debido a que Qualcomm Quick Charge es uno de los estándares de carga mayormente implementados a nivel mundial este viene integrado como ventaja en chips como el SnapDragon 845, 835, 820, 618, 617 y 430 lo cuales vienen integrados en una gran parte de los teléfonos inteligentes existentes en el mercado. Aunque la tecnología de Quick Charge

no está sujeta completamente a procesadores Qualcomm sino que es tecnología de libre licenciamiento que cualquier fabricante de teléfonos es capaz de incorporar.<sup>3</sup>

A partir de lo anterior, se decidió que la estación tendría que tener un sistema de varios puertos de carga a 2A, ya que cada uno es capaz de cargar un Smartphone al 100% con un tiempo en promedio de 2 horas de acuerdo a pruebas que se han realizado y que se explican en el mismo sitio de Hill Simon, para así cargar cerca de un 20% de un dispositivo móvil como un Smartphone en un tiempo promedio de 20 minutos, tiempo que los usuarios podrían disponer como tiempo máximo en lo que esperan el paso del transporte público, aunque es claro que el tiempo de carga podría variar de acuerdo a la capacidad en la batería de cada teléfono o dispositivo móvil inteligente medida en mAh.

### **2.3 Opciones de ingresos económicos que sustenten el negocio de centros de cargas**

A fin de que la instalación y puesta en operación de cada una de las estaciones sean viables, se analizó la manera en que estas sean económicamente rentables sin perder la parte de la sustentabilidad, de tal manera que se pueda otorgar el servicio de carga de dispositivos móviles, de acceso a Wi-Fi y contenido educativo (cultural, científico y tecnológico) a la ciudadanía de manera gratuita y sin contaminar con el aprovechamiento de la energía solar por medio de paneles fotovoltaicos, que se puedan asegurar cada uno de sus componentes con el paso del tiempo por medio de sistemas de video-vigilancia en tiempo real y de manera remota, así como cubriendo los costos por mantenimiento que involucre el uso diario de las estaciones por las personas.

La primer propuesta planteada fue cubrir los costos de puesta en operación y de mantenimiento por medio de la venta de energía eléctrica excedente que se tenga dentro de cada una de las estructuras, sin embargo haciendo los cálculos correspondientes en cuanto a la insolación con la que se cuenta en el sitio, teniendo presente el consumo energético total

---

<sup>3</sup> Hill Simon (2018). How does fast charging work? Digital Trends  
<https://www.digitaltrends.com/mobile/how-does-fast-charging-work/>

de la estación, la generación por parte de los paneles fotovoltaicos y la acumulación de esta energía en forma de carga en el banco de baterías para su posterior incorporación en el SEN y para su venta. Se vio que la utilidad percibida por medio de esta actividad no sería suficiente como para que esto permitiera cubrir los altos costos de la operación y mantenimiento de los mismos, así como la fabricación y la instalación de nuevas estaciones solares.

De ahí que se planteó una segunda propuesta de poder financiar todos los costos involucrados por la fabricación, puesta en operación y mantenimiento por medio de la venta de publicidad tanto a gobiernos municipales, estatales y federal y a agentes privados como empresas, sociedades, asociaciones civiles e individuos. De esta manera haciendo los mismos cálculos correspondientes a la parte de la propuesta de venta publicitaria se obtuvo como resultado que dicha actividad sí permitiría que fuese posible el servicio gratuito de recarga de dispositivos electrónicos, de acceso a Wi-Fi y a contenido educativo de manera gratuita y sin contaminar. Con el aprovechamiento de la energía solar por medio de paneles fotovoltaicos, a los que se les puedan asegurar cada uno de sus componentes con el paso del tiempo y contra vandalismo por medio de sistemas de video-vigilancia en tiempo real y de manera remota, así como cubriendo los costos por mantenimiento que involucre el uso diario de las estaciones por la misma población todos los días.

## **2.4 Ubicación y tipo de infraestructura requerida para dar el servicio de carga y prestar servicios de publicidad**

Las estaciones solares inteligentes estarían ubicadas en avenidas principales de la Ciudad de Cuernavaca, debido a que se busca poder llevar a cabo la instalación en sitios concurridos y con gran afluencia de gente durante el día, que sea un sitio de fácil acceso en caso de algún siniestro por alguna falla del sistema o por intento de robo de alguna de las partes de la misma estación, así como el hecho de que la publicidad sea lo más visible, siempre y cuando no afecte a la vista del espacio urbano y ornamentación de la ciudad.

Como avenidas propuestas se encuentran:

Av. Plan de Ayala  
Av. Teopanzolco

Av. Río Mayo-Diana  
 Av. Cuauhtémoc  
 Av. Acapatzingo  
 Av. Atlacomulco  
 Av. Paseo del Conquistador  
 Av. Domingo Diez  
 Av. Poder Legislativo  
 Blvd. Gustavo Díaz Ordáz

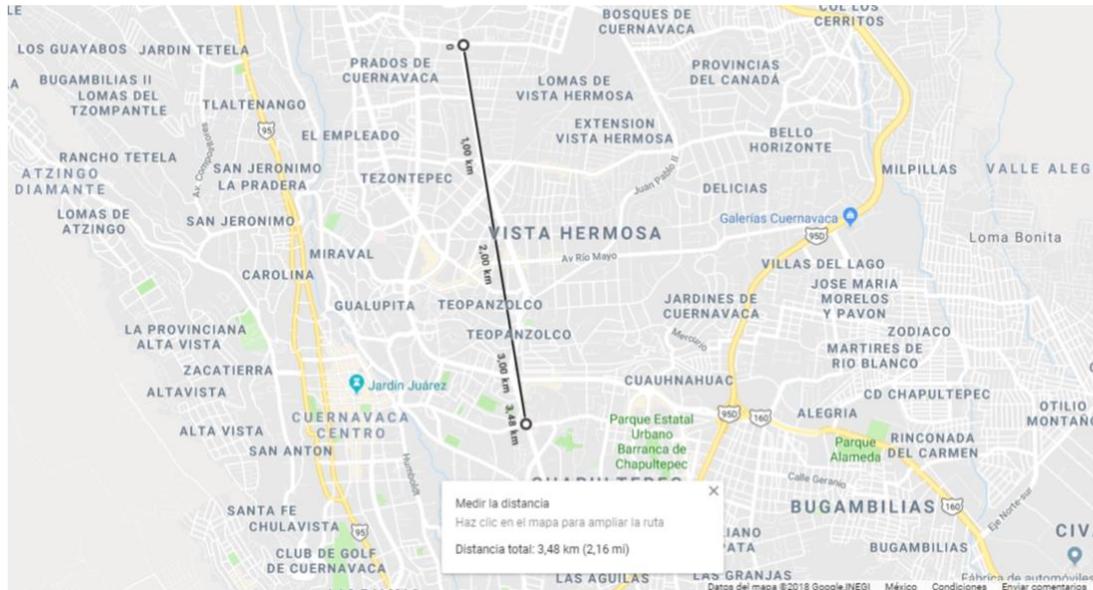


Figura 4. Mapa de Avenida Teopanzolco

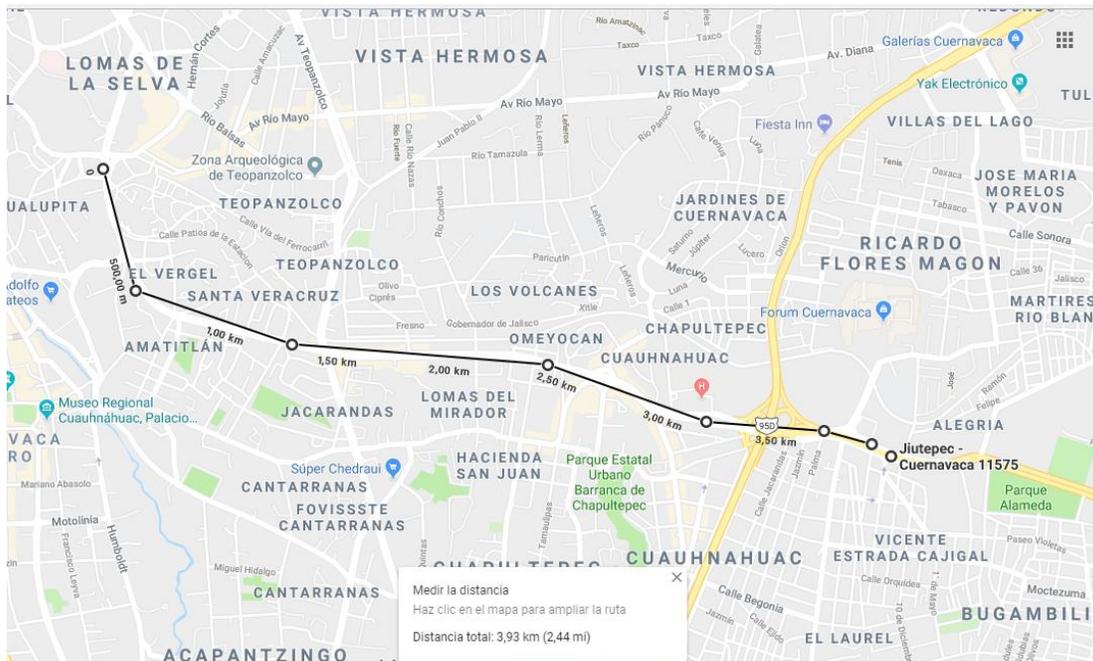


Figura 5. Mapa de Avenida Plan de Ayala

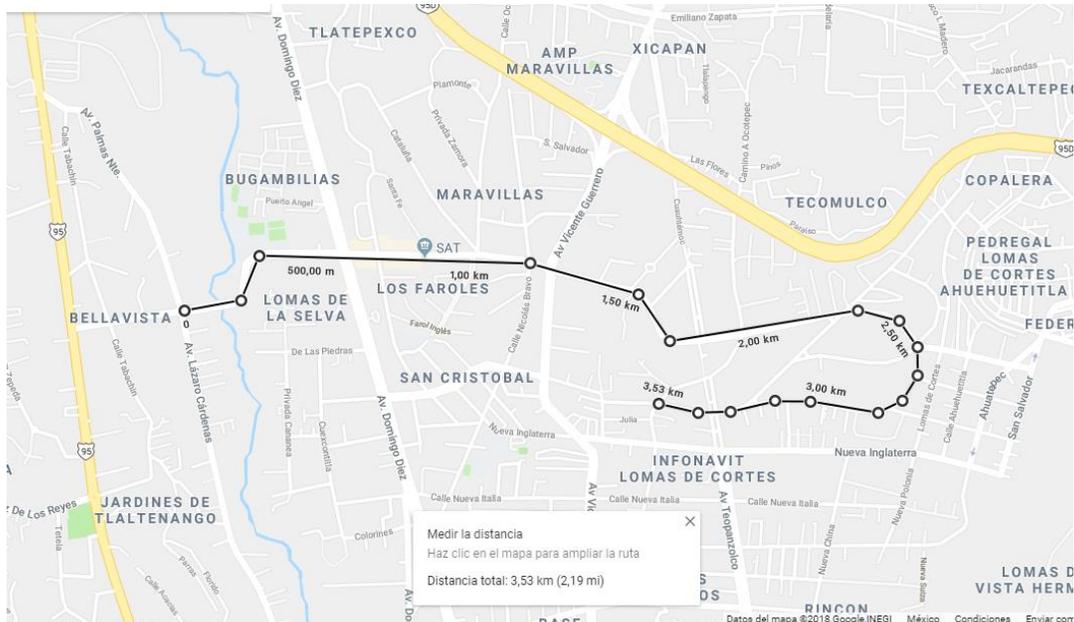


Figura 6. Mapa de Avenida Paseo del Conquistador

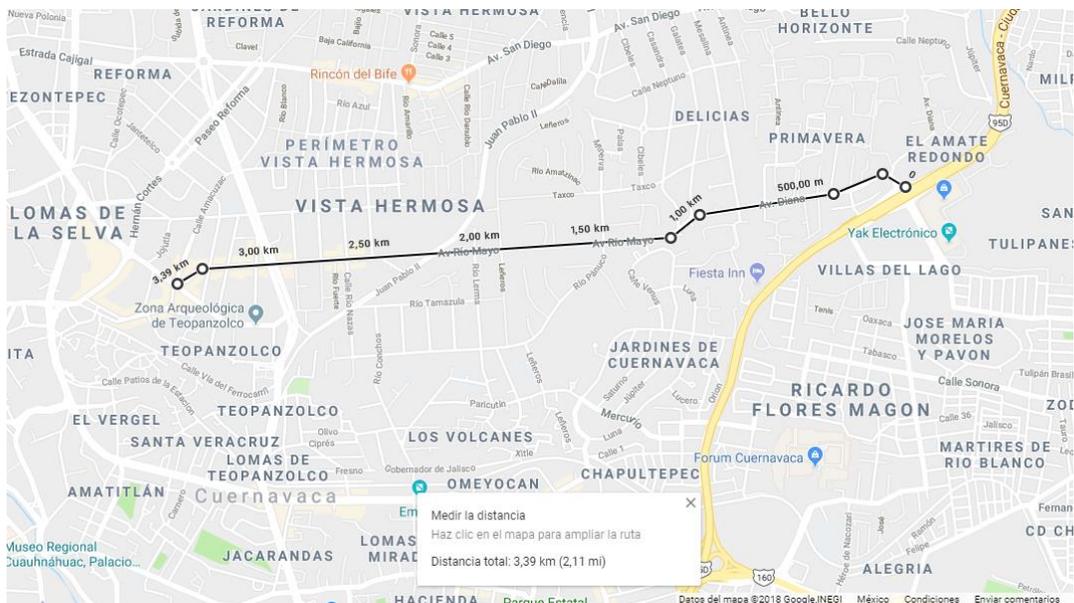


Figura 8. Mapa de Avenida Río Mayo

El tipo de infraestructura a realizar es la de estructuras a manera de estaciones o cabinas metálicas que puedan servir como sustituto de las actuales estaciones para espera del camión o servicio particular o de reacondicionamiento de los actuales espacios de parabuses con componentes que les permitan la captación de energía solar y de su aprovechamiento, que estén dispuestas sobre la vía pública o que incluso puedan instalarse en plazas, jardines, centros comerciales, etc. Estos a su vez contarían con uno o varios paneles solares en el techo de la misma estructura, interconectados a un banco de baterías que estaría oculto por medio

del mismo mobiliario de la estación y completamente asegurado para casos de vandalismo, y con elementos de publicidad como pantallas LED o publicidad impresa a los costados de la misma estructura. En ciertos casos contaría con pantallas táctiles con anuncios publicitarios y con acceso a internet para consulta de libros y artículos de todo tipo, dependiendo de qué tan vigilada esté la estación y sus alrededores.

## **2.5 Marco legal municipal para los permisos de uso de suelo y concesión de sitios**

De acuerdo con los artículos 113 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Morelos y 2 de la Ley Orgánica Municipal del Estado de Morelos.

Que el numeral 115, fracción II, párrafo segundo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que los Ayuntamientos tendrán facultades para aprobar de acuerdo con las leyes en materia municipal que deberán expedir las legislaturas de los Estados, los reglamentos, que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal; lo anterior, en relación a lo señalado por el artículo 38, fracción III de la Ley Orgánica Municipal del Estado de Morelos, que determina que los Ayuntamientos estarán facultados para expedir los reglamentos, de acuerdo con la fracción LX, que determina que los mismos proveerán en la esfera administrativa todo lo necesario para el mejor desempeño de las funciones que le competen.

Que de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012, en el Programa denominado “Turismo y Fomento Económico” y este a su vez en el número 13.13.1. del subprograma llamado “Desarrollo Turístico”, dicho subprograma tiene como estrategias promover un ambiente de convivencia ciudadana para propiciar una mayor afluencia de visitantes al Municipio por medio de la regulación de publicidad que no sea nociva para la ciudad de Cuernavaca y para sus habitantes.

Que los integrantes de las Comisiones Gobernación y Reglamentos; de Hacienda, Planeación y Presupuesto; de Planificación y Desarrollo, de Desarrollo Urbano, Vivienda y Obras Públicas y de Servicios Públicos Municipales, en Comisiones Unidas, coinciden que la

publicidad visual exterior es un elemento indispensable para la actividad comercial de cualquier ciudad, pero que debe de realizarse en estricto apego a la normatividad vigente y procurar que se efectúe de manera ordenada, evitando con ello el deterioro del medio ambiente y el mejoramiento de la imagen urbana, así como impulsar la participación ciudadana a efecto de que si bien es cierto que la autoridad administrativa es la responsable de regular los trámites y servicios que la misma presta, también lo es que debe de generar políticas públicas que inciten a los habitantes a acudir a ésta para regularizarse y actuar conforme al marco normativo vigente.

A su vez que el anunciante debe ser una persona física o moral que difunda o publicite productos, bienes, servicios o actividades

El anunciante deberá contar a su vez con un número único de registro el cual es un número otorgado por la Dirección de Anuncios, que conforma el padrón de anunciantes. Al mismo tiempo deberá contar con una licencia el cual es el documento público en el que consta el acto administrativo por el cual se autoriza a una persona física o moral la instalación de anuncios de conformidad con lo dispuesto por el presente Reglamento y apegado al Reglamento de Construcción del municipio de Cuernavaca y este a su vez deberá estar inscrito en el Padrón de Anunciantes: el registro público de las empresas publicitarias.

Así mismo se deberá de emitir el Dictamen Técnico: El documento emitido por la Secretaría de Desarrollo Urbano, Obras, Servicios Públicos Municipales y Medio Ambiente del Ayuntamiento de Cuernavaca, Morelos.

De la misma manera:

- Debe de obtener la autorización por parte de la Secretaría para la estructura del anuncio y la licencia del mismo.
- Acudir a la Dirección de Anuncios Comerciales con la finalidad de realizar los trámites relativos a los anuncios comerciales.
- Debe de garantizar la gratuidad de los anuncios denominativos para el estímulo del comercio y en beneficio de las PYMES.
- Llenar un “formato único” en donde se establecen todas las características del anuncio que se pretende fijar con el objeto de agilizar el trámite.

- Permitir la difusión de la Cartelera Cultural, la cual tiene como objetivo el uso del mobiliario urbano para difundir únicamente eventos culturales.
- Apegarse al “Comité de Anuncios” el cual es el órgano máximo colegiado encargado de deliberar, normalizar, autorizar o negar la instalación o colocación de anuncios comerciales y de aquellos que por sus características especiales sean sometidos a su consideración.

En donde se reconoce el papel de los siguientes agentes dentro del presente reglamento:

- Anunciante: Persona física o moral que difunda o publicite productos, bienes, servicios o actividades.
- Solicitante: Persona física o moral que solicita a la autoridad administrativa municipal correspondiente, la licencia o permiso para la colocación de un anuncio.
- Propietario: Persona física o moral que tiene la propiedad jurídica de un predio, inmueble o mueble en el que se pretenda instalar un anuncio y su estructura y/o toldo.
- Responsable: Persona física o moral que es el encargado de tramitar la licencia y/o permiso así como de cumplir con las disposiciones vertidas en el presente reglamento.
- Titular: La persona física o moral debidamente acreditada y a cuyo nombre se expide la licencia o permiso publicitario.
- Corresponsable: Persona física con los conocimientos técnicos adecuados para responder en forma conjunta con el Director Responsable de Obra, o autónoma en las obras en las que otorgue su responsiva, en todos los aspectos técnicos relacionados al ámbito de su intervención profesional, mismos que son relativos a la seguridad estructural, al diseño urbano y arquitectónico e instalaciones; lo anterior de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Construcción del Ayuntamiento de Cuernavaca, Morelos.
- Responsable Solidario: Toda persona física o moral que se obliga con el titular, a responder de las obligaciones derivadas de la instalación, modificación y/o retiro de un anuncio.

- Director Responsable de Obra: Persona física que se hace responsable de la observancia del Reglamento de Construcción del Ayuntamiento de Cuernavaca, Morelos, en el acto en que otorga su responsiva.
- Empresa publicitaria: Persona física o moral que tiene como actividad mercantil la comercialización de espacios publicitarios para exhibir, promover, difundir y publicar, productos, bienes o servicios a través de un anuncio;

## **2.6 Requerimientos técnicos y requisitos para obtener una concesión o licencia de uso del espacio público**

- Que el anuncio se ajuste de acuerdo a su significado como tal que contempla: toda comunicación o expresión gráfica, de imágenes, escrita o auditiva que señale, promueva, exprese, muestre o difunda al público cualquier mensaje relacionado con la producción y/o venta de bienes y/o la prestación de servicios, y con el ejercicio lícito de actividades profesionales, industriales, mercantiles, técnicas, políticas, cívicas, culturales, artesanales, teatrales o del folklora nacional.
- En el Municipio de Cuernavaca está permitida la instalación de todos aquellos anuncios siempre y cuando no caigan dentro de las siguientes medidas prohibitivas:
  - a) Hagan referencia a ideas o imágenes con textos o figuras que inciten a la violencia, se relacionen con hechos sangrientos, exhiban las condiciones en que fueron asesinadas las víctimas, sean pornográficos, promuevan la discriminación de raza, género o condición social, resulten ofensivos, difamatorios, atenten contra la dignidad del individuo o de la comunidad en general.
  - b) Anuncien productos que la Ley General de Salud prohíba publicitar.
  - c) Tengan semejanzas con las indicaciones o señalamientos que regulen el tránsito de personas o vehículos, o que entorpezcan la visibilidad de mensajes que sean de carácter informativo, restrictivo o preventivo.
  - d) Obstruyan total o parcialmente la visibilidad de placas de nomenclatura de las calles.
  - e) Pongan en peligro la salud, la vida o la integridad física de la personas.

- f) Se coloquen, fijen o instalen en forma perpendicular sobre la vía pública o espacios públicos.
- g) Su colocación, instalación o fijación no deberán de obstruir la vía pública.
- h) Deterioreen la imagen urbana de la ciudad.

## **2.7 Conclusión**

En este capítulo se definieron las bases de operación del proyecto a partir de identificar la necesidad que es la recarga de dispositivos móviles en vialidades y calles principales, así como el acceso a Wi-Fi y mayor seguridad y vigilancia para los actuales parabuses instalados en Cuernavaca. Además, se hizo un estudio de las modalidades de carga actuales y normadas internacionalmente, así como del promedio de minutos que las personas suelen esperar dentro de un parabús hasta que llegue su camión o que la batería de su dispositivo móvil sea cargado parcialmente. Se mencionaron las posibles ubicaciones de las mismas estaciones a lo largo de las avenidas principales y el marco legal del municipio de Cuernavaca para permisos de uso de suelo y concesión de sitios, teniendo en cuenta los aspectos técnicos que se deben de cumplir al llevarse a cabo la instalación y poder operar adecuadamente para la venta de publicidad y de energía eléctrica que se han planteado como forma para poder hacer posible el presente trabajo.

### **3. Propuesta arquitectónica y eléctrica del modelo de centro de carga a construir y operar**

### 3.1 Introducción

Se hará un análisis y evaluación del recurso solar que se dispone en la zona a partir de datos proporcionados por la estación solarimétrica del IER-UNAM para calcular la generación eléctrica de los paneles y el consumo eléctrico por parte de cada estación, y de esta manera se hará una estimación de la cantidad de energía eléctrica que se puede transferir a la red eléctrica para su venta de acuerdo a los requisitos para generación distribuida o en sitio en México. Aunque el diseño eléctrico es de suma relevancia para la buena operación de los mismos, el diseño arquitectónico de la misma va ligada en la manera de cómo se predisponen los paneles solares en el techo de cada estación y cómo hacerla lo más segura y amigable con el usuario quien finalmente es quien va a pasar varios minutos dentro de la estación y es por eso que mediante ayuda de Software de Diseño Asistido por Computadora (CAD) es como se toman en cuenta las dimensiones reales de cada componente para hacerlo una solución que realmente pueda ser llevada a cabo y puesta a prueba.

### 3.2 Requerimientos energéticos de los usuarios y del centro de carga

Para dimensionar el banco de baterías y la cantidad de paneles solares requeridos dentro de la estación se debe tener presente la carga total de la estructura la cual se resume en la siguiente tabla en donde se indican de igual manera las horas de operación y el consumo eléctrico durante el día de cada componente de la estación

Componente	Potencia (W)	Horas de Operación (h)	Consumo (Wh)
VideoCámara Elevada	10	24	240
Codificador de Video Monocanal	5	24	120
VideoCámara Interna	5	24	120
Modem	5	18	90
Antena	5	18	90
Luminarias LED-3030 (15W)	60	6	360
Puertos USB (6 puertos, 10W)	60	8	480
Pantalla Publicidad 55"	100	24	2400
Total	250		3900

Tabla 3. Contabilización de consumo energético de una estación

Como se puede observar en la tabla las estaciones cuentan con centros de carga por medio de 6 USB que permitan cargar de manera rápida 6 dispositivos móviles simultáneamente, un modem o router inalámbrico para acceso a Wi-Fi y 1 pantalla plana LED además de 3 pantallas retro-iluminadas con LEDS-3030 ambas para el despliegue de publicidad, luminarias LED para alumbrado interno de la misma estación, así como su sistema de videovigilancia por medio de una cámara externa elevada por medio de un poste y una cámara interna conectadas ambas hacia un codificador de video monocanal y una antena a fin de transmitir el video en tiempo real a una estación y asegurar la integridad tanto de los componentes internos como de los externos. Todos los componentes serán alimentados por el banco de baterías una vez que este haya sido cargado a un 90% de su capacidad de tal manera de poder llevar la batería a sus ciclos normales de carga y descarga, permitiendo prolongar el ciclo de vida de la misma, pero al mismo tiempo poder tener disponible la energía necesaria para alimentar a cada uno de los componentes internos de la estación hasta por 1 ½ días cuando la energía generada por parte de los paneles solares se vea mermada por una disminución de la insolación debido a condiciones climáticas adversas, dicho banco de baterías de 6kWh sería cargado por medio de un arreglo de paneles solares con una capacidad de 1.56kW es decir 6 paneles solares de 260W con un dimensionamiento de  $1.984\text{m} \times 4.920\text{m} = 9.761(\text{m}^2)$  suficientes para realizar una carga a 40A del banco de baterías gracias al controlador de carga y para poder suministrar los excedentes de energía eléctrica que se tengan a la red.

Para el dimensionamiento del banco de baterías partimos del consumo de todos los elementos de la estación que es de 3900Wh a una tensión eléctrica por parte de las baterías de 12V a la cual operan casi todos los elementos con excepción de los cargadores USB para dispositivos móviles los cuales se deben polarizar a 6V a su entrada. Por lo que dividiendo 3900Wh sobre 12V nos da 325Ah por 1.4 días de autonomía deseados y si el resultado lo dividimos sobre la profundidad de descarga que es del 80% para baterías de litio obtenemos así 568.75Ah, es decir, esa es la capacidad en Amperes-hora que debería de tener el banco de baterías o 5 baterías de 100Ah para poder mantener por 1 ½ días a la estación en operación de manera autónoma<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Consulta Ing. Jorge Tenorio, IER

De esta manera se pretende poder instalar 100 de estas estructuras de generación eléctrica y de prestación de diferentes servicios a los largo de diversas avenidas principales (debido al flujo de gente y seguridad con la que cuente la zona) de la ciudad de Cuernavaca, ciudad con un gran potencial de radiación solar anual, que permitirán al conjunto de las 100 estaciones poder tener una capacidad en baterías de 600kWh y una capacidad instalada en paneles de 156kW en condiciones normales de insolación.

De esta manera se prevé que descontando la carga de los componentes que es aproximadamente de 25kW, la eficiencia de cada uno de los convertidores, controladores e inversor de las 100 estaciones se puedan tener libres 130kW totales para poder incorporarse a la red eléctrica y venderse localmente por medio de inversores de carga normalizados de acuerdo a los estatutos de tensión y frecuencia para interconexión a la red del CENACE y de la CRE.

### **3.3 Evaluar el potencial energético solar del sitio**

De acuerdo con datos obtenidos de la Estación Meteorológica y Solarimétrica del IER<sup>5</sup> de la UNAM de la insolación disponible en la ciudad de Cuernavaca en donde por medio de la siguiente tabla resume la irradiación solar promedio por mes en  $MJ/m^2$  y realizando la conversión correspondiente a  $KWh/m^2$  con el fin de simplificar los cálculos de generación eléctrica para el total de estaciones, sabiendo que 3.6 MJ es igual a 1kWh.

---

<sup>5</sup> Estrada Gasca Claudio, et al. Promedio Mensual de la Insolación. Estación Solarimétrica [http://xml.cie.unam.mx/xml/se/cs/datos\\_rad.xml](http://xml.cie.unam.mx/xml/se/cs/datos_rad.xml)

Mes	Irradiación Solar	
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[KWh/m <sup>2</sup> ]
Enero	17.5	4.86
Febrero	16	4.44
Marzo	23.8	6.61
Abril	24.8	6.89
Mayo	23.1	6.42
Junio	20.6	5.72
Julio	23.3	6.47
Agosto	33.2	9.22
Septiembre	20.9	5.81
Octubre	17.3	4.81
Noviembre	17.9	4.97
Diciembre	17.6	4.89

Tabla 4. Irradiación Solar en Cuernavaca por mes

Si consideramos la potencia total que nos pueden entregar los 600 paneles solares instalados que es de 156kW y queremos hacer una estimación de lo que se puede llegar a generar de energía eléctrica al mes considerando las horas solares pico a pleno sol, la insolación incidente mensual promedio y la eficiencia de los paneles solares que es cerca del 19%.

Haciendo un primer cálculo como ejemplo para el mes de enero en donde multiplicamos el número de paneles por la capacidad de cada panel que es de 260W, por la insolación mensual promedio y por el número de horas solar al día y para este ejemplo en el mes de enero tenemos la generación de energía al mes de nuestro sistema:

$$G = (\#paneles)(Potencia\ paneles[W]) \left( \frac{Insolación\ promedio\ al\ mes \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]}{Insolación\ Incidente\ Superficie\ Terrestre \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]} \right)$$

$$G = (6paneles)(260[W]) \left( \frac{4.86 \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]}{1 \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]} \right) = 7.5816[kWh]$$

Y tomando en cuenta que para el primer mes del año tiene 31 días

$$G = (9.58[KWh])(31días) = 235.08[KWh]$$

Y por último, si a nuestro resultado anterior lo multiplicamos por las 100 estaciones solares de carga instaladas distribuidas en varias zonas de la ciudad de Cuernavaca

$$G = (235.08[KWh])(100) = 23.508[MWh]$$

### Cálculo Solar Anual

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Insolación Incidente $\left[\frac{KWh}{m^2}\right]$	4.86	4.44	6.61	6.89	6.42	5.72	6.47	9.22	5.81	4.81	4.97	4.89
Generación (MWh)	23.508	19.413	31.917	32.240	31.031	26.780	31.299	44.598	27.170	23.239	23.270	27.583

Tabla 5. Horas sol al día, insolación promedio incidente y generación eléctrica por mes en Cuernavaca

Teniendo una generación anual de **342.11MWh** al año por parte de las 100 estaciones solares y realizando el cálculo correspondiente de la capacidad instalada.

$$CI = (260[W])(6paneles)(100estaciones) = 156[KW]$$

La capacidad instalada de las 100 estaciones solares de manera conjunta es de **156kW**.

Utilizando la herramienta de Google Maps para obtener las coordenadas de una ubicación cualquiera en la Av. Teopanzolco de la ciudad de Cuernavaca en el estado de Morelos las cuales fueron Latitud **18.926830**, **Longitud -99.221281** y ayudándonos con la herramienta en línea del Centro de Información de Ciencia Atmosférica (ASDC)<sup>6</sup> de la NASA se introdujeron las coordenadas y a partir de la información obtenida se evaluó el potencial energético que hay en la zona para llevar a cabo la instalación de las estructuras solares.

<sup>6</sup> ASDC (Atmospheric Science Data Center):

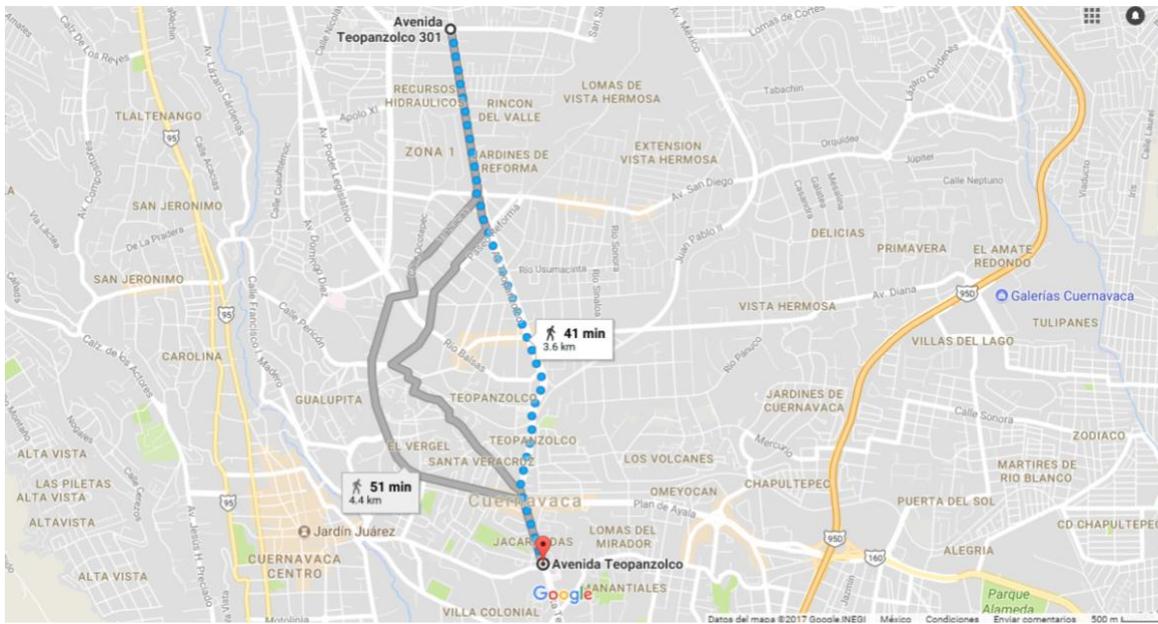


Figura 8. Mapa de Ubicación Avenida Teopanzolco, Google Maps

Teniendo como resultado que durante el año se tiene una insolación incidente anual promedio de 5.935 kWh/m<sup>2</sup> por día con unas variaciones min|máx = -6%|7%; sin embargo, en condiciones normales de radiación se tienen 6.71 kWh/m<sup>2</sup> con unas variaciones min|máx = -2%|5%, siendo en los meses de marzo y abril los meses de mayor insolación y por lo tanto de mayor potencial para generar energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. De los cuales en el intervalo del mediodía se tiene una insolación promedio de 0.78 kWh/m<sup>2</sup> considerando los 12 meses del año, es decir, este dato se considera por mes.

En Cuernavaca su clima es muy favorecedor ya que es mayormente templado y esto se debe en parte a que en promedio se tienen 5 días del mes con cielos completamente despejados siendo marzo y diciembre los meses con mayor número de días con 12 y 10 respectivamente. Teniendo un promedio de 12 horas diarias de luz del día en los que junio y julio son los meses con mayor número de horas de luz pero en el que las horas solar pico son en promedio de 6 horas.

Para efectos más técnicos de la puesta del sistema y una mejor captación y aprovechamiento de la energía solar se deben de considerar los siguientes aspectos los cuales fueron, de la misma manera obtenidos a través del sitio de la NASA. Algunos de ellos son el ángulo máximo de radiación solar promedio, la mínima disponibilidad de insolación en porcentaje, el equivalente numérico de días sin sol.

## Datos de Potencial Energético en la Zona

### Ángulo para máxima radiación solar promedio

Lat 18.925 Lon -99.222	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average	50.3	58.6	69.2	80.7	89.9	85.8	87.7	84.8	74.1	62.6	52.8	48.1

Tabla 6. Ángulo para máxima radiación solar promedio

### La mínima disponibilidad de insolación en porcentaje

Lat 18.925 Lon -99.222	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Min/1 day	25.6	27.5	9.91	35.5	26.5	13.3	32.0	22.5	23.3	37.0	23.9	22.2
Min/3 day	38.4	49.7	42.9	62.1	43.5	52.8	46.3	48.5	43.0	61.7	44.9	48.7
Min/7 day	42.9	69.6	58.1	80.7	67.9	72.8	62.9	71.8	63.3	70.7	64.3	64.7
Min/14 day	67.6	82.5	77.1	83.7	80.5	80.2	79.5	76.6	71.8	75.2	81.8	78.6
Min/21 day	72.1	87.4	83.9	89.1	85.5	83.1	87.4	82.6	74.8	85.9	85.4	86.7
Min/Month	78.9	91.8	88.6	92.2	91.5	89.6	89.9	87.5	84.5	91.2	90.3	94.2

Tabla 7. Disponibilidad mínima de insolación en porcentaje

### Equivalente numérico de días sin sol

Lat 18.925 Lon -99.222	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1 day	0.74	0.72	0.90	0.64	0.73	0.86	0.67	0.77	0.76	0.62	0.76	0.77
3 day	1.84	1.50	1.71	1.13	1.69	1.41	1.60	1.54	1.70	1.14	1.65	1.53
7 day	3.99	2.12	2.92	1.34	2.24	1.90	2.59	1.97	2.56	2.04	2.49	2.46
14 day	4.53	2.44	3.19	2.27	2.71	2.76	2.85	3.26	3.94	3.46	2.53	2.99
21 day	5.84	2.62	3.37	2.28	3.03	3.53	2.64	3.63	5.27	2.94	3.04	2.79
Month	6.51	2.29	3.51	2.33	2.60	3.09	3.10	3.87	4.64	2.71	2.90	1.77

Tabla 8. Equivalente numérico de días sin sol

### Interpretación de los datos

El primer parámetro nos da como referencia el ángulo relativo con respecto al horizonte en el que debe de estar inclinado nuestro sistema de tal manera que los paneles fotovoltaicos puedan recibir la mayor cantidad de energía solar posible, en donde podemos observar que en los meses de mayo, junio y julio el ángulo máximo de radiación solar está casi a  $90^\circ$  respecto al eje horizontal de la Tierra.

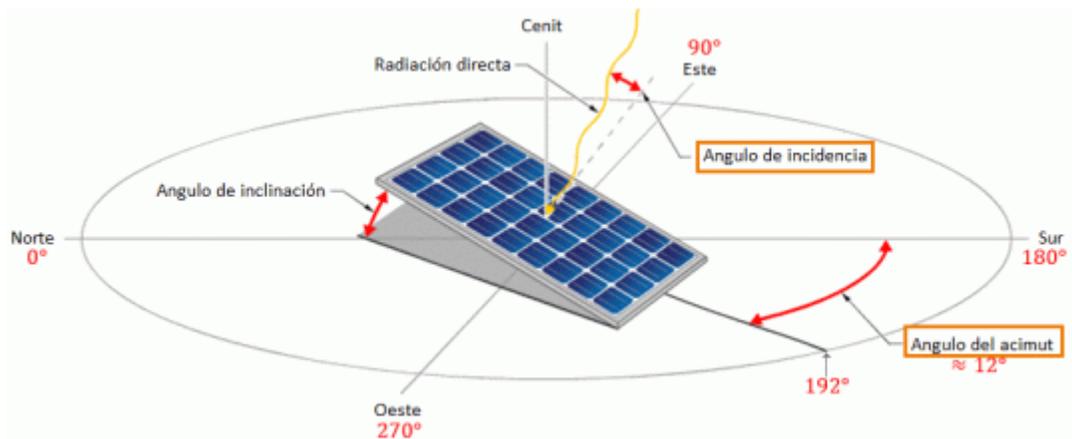


Figura 9. Inclinación y orientación de un panel

Tomado de: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>

El segundo y tercer parámetro son parámetros que nos ayudan a dimensionar sistemas con banco de baterías u otros sistemas de almacenamiento de energía sobre el cual podemos darnos cuenta que si hablamos de la mínima disponibilidad de insolación en porcentaje el promedio de cada uno de los meses del año la mayoría se sitúan cerca del 90% como mínima disponibilidad solar y si hablamos del equivalente numérico de días sin sol el promedio es de 3 días.

Con todos estos datos obtenidos por parte del sitio de la NASA y del IER como podemos observar la ciudad de Cuernavaca es un sitio muy favorable y viable para llevar a cabo el proyecto en dicho sitio ya que se cuenta con un gran potencial energético en la zona a comparación de ciudades como Toluca o Metepec en donde es menor el potencial o la disponibilidad de energía solar al año.

Para calcular la pendiente:

Se utilizó un factor de ajuste considerando un supuesto de que el sistema de paneles solares quedara fijo durante todo el año, y tomando en cuenta la latitud del sitio en donde se realizaría la instalación la cual es menor a  $25^\circ$  se multiplica la latitud por un factor de ajuste que es de 0.87 obteniendo así una pendiente de  $16.4663421$  la cual es introducida en el programa GeoSol para el cálculo de insolación de todo el año.

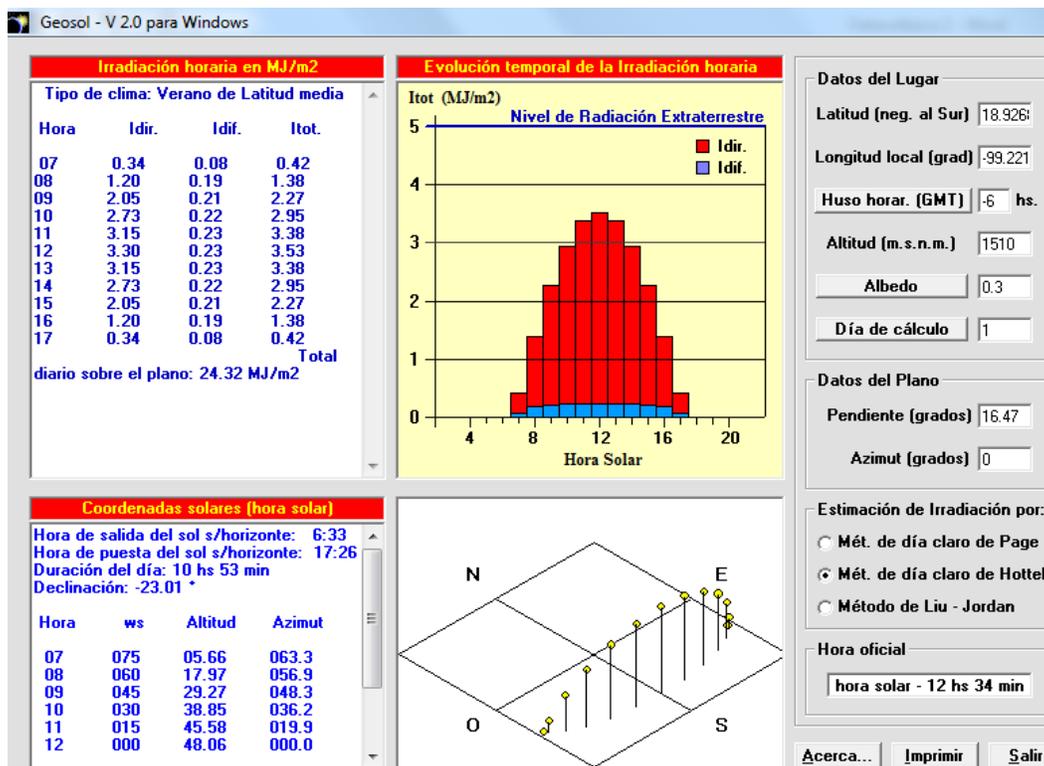


Figura 10. Irradiación Solar por horas durante el día en Cuernavaca

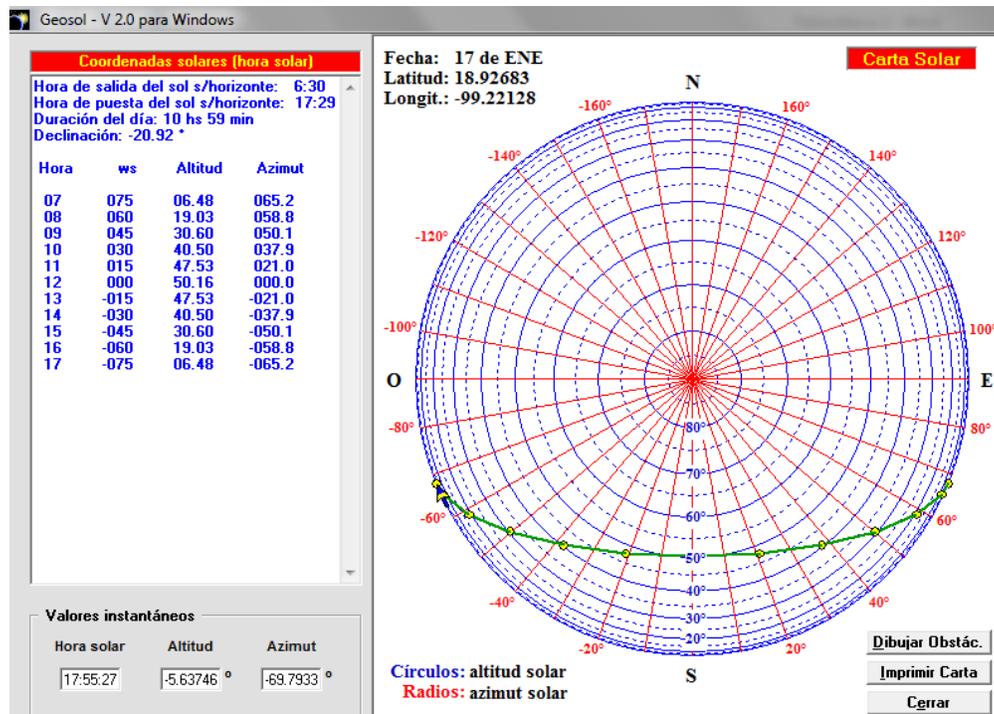


Figura 11. Coordenadas solares por hora durante un día

### 3.4 Diseño arquitectónico de la estación de carga

Como se había mencionado la carga total de cada estructura es de 250W la cual estaría conformada por estaciones de carga por medio de USB que permitan cargar de manera rápida de 6 dispositivos móviles simultáneamente, un modem o router inalámbrico y pantallas de publicidad las cuales serían alimentadas por el banco de baterías una vez que este haya sido cargado al 90% de su capacidad y que al mismo tiempo serían cargadas por un arreglo de paneles solares con una capacidad de 1.56kW es decir 6 paneles solares de 260W con un dimensionamiento de  $1.984m \times 4.920m = 9.7613m^2$  suficientes para realizar una carga a una corriente de 50A del banco de baterías de 6kWh y para poder suministrar los excedentes de energía eléctrica a la red. También se requieren 10m de conductor eléctrico AWG 10 para los elementos de mayor carga como pantallas LED e inversores y 15m de conductor eléctrico AWG 12 para elementos de menor carga como routers de conexión inalámbrica, cámaras de videovigilancia, circuitos de carga de dispositivos móviles e iluminación propia de la estructura.

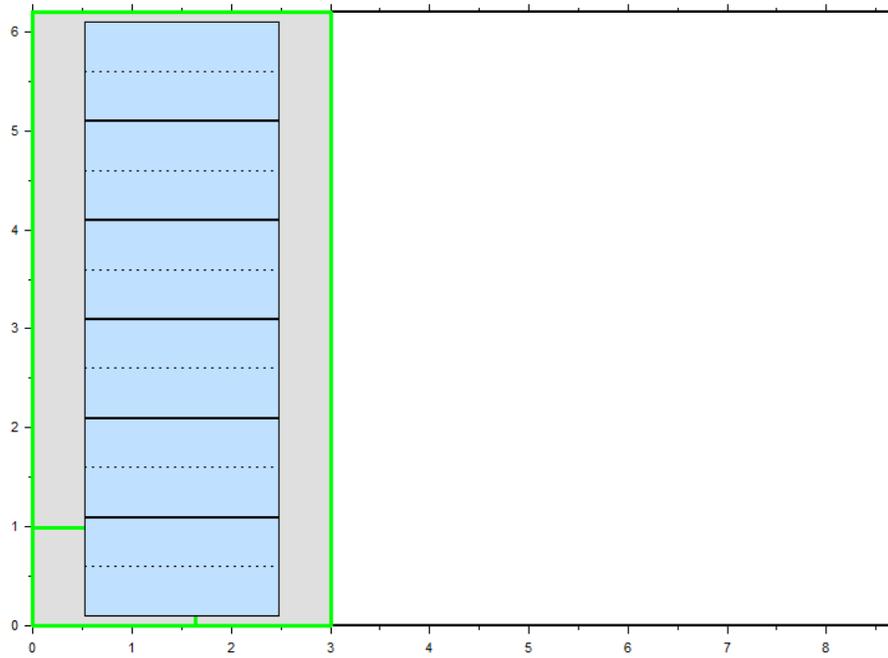


Figura 12. Dimensionamiento del techo y paneles solares de la estructura realizado en PVSyst

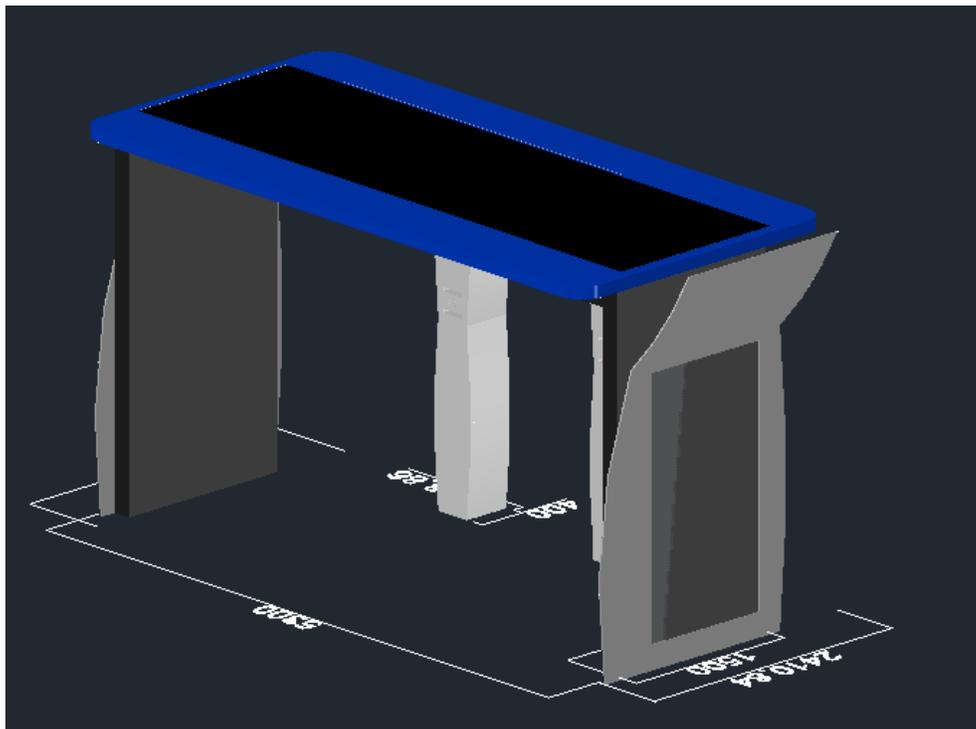


Figura 13. Diseño en 3D de la estación solar con medidas

Cada estructura cuenta con 6 paneles solares Bomex Solar de 260W, 30V con medidas de 0.992\*1.64m cada uno, conectados en arreglo paralelo a manera de sumar la corriente

nominal que entregan cada uno de ellos y poder cargar la batería de 12V por medio del controlador de carga al cual se le pueden conectar 24V en la entrada para la carga de las baterías.

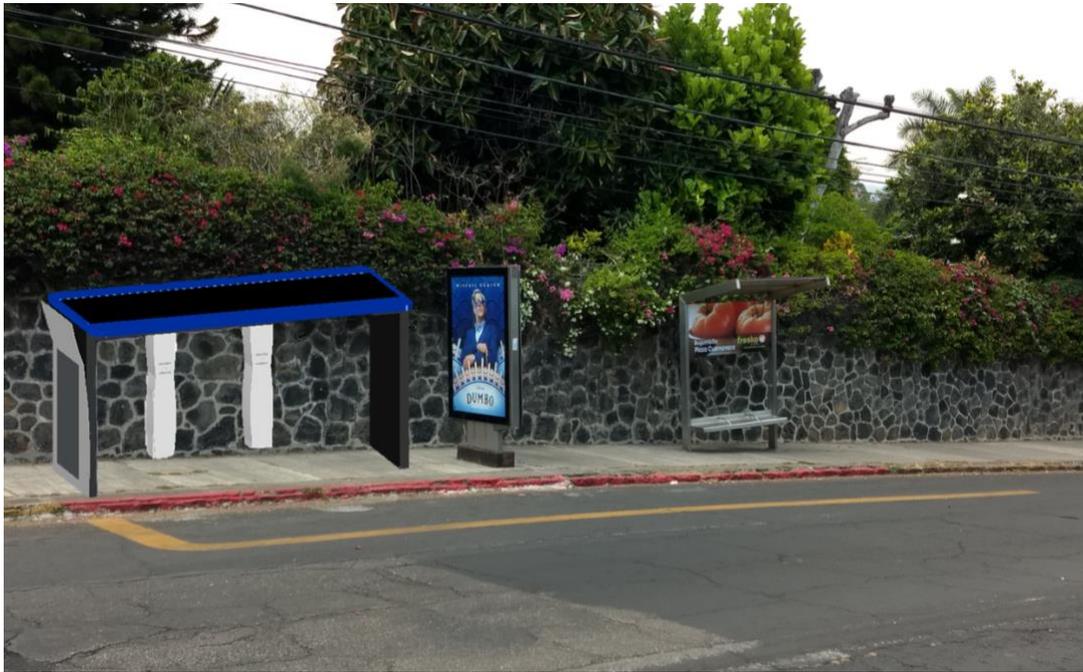


Figura 14. Render con fotomontaje de la estación en Av. Rio Mayo

Cada estación consta de una estructura principal con forma de puente unido por dos estructuras de lámina negra o aluminio laterales a una horizontal por encima, sus dimensiones son 3m ancho, largo 6m y alto 3m. En las estructuras laterales tiene unas ranuras que son las que albergan las pantallas de publicidad, cubiertas por una tapa del mismo material con un diseño estilizado y con un cristal antirrobo encima y demás conexiones eléctricas internas que van conectadas hacia las baterías las cuales van guardadas en cajas de acero que pueden ir ocultas por bancas o no, al igual que el inversor y el controlador de carga. Lleva un techo encima del mismo material que permite albergar y proteger a los paneles solares bajo cualquier circunstancia de clima o vandalismo y posee luminarias LED por dentro de la misma estación.

### **3.5 Propuesta del sistema, su configuración y capacidad**

Un sistema fotovoltaico tradicional está compuesto por un arreglo de paneles solares conectados hacia un inversor de corriente DC/AC y puede o no tener un medidor para medir el consumo de la carga de un usuario o para medir la aportación a la red eléctrica.

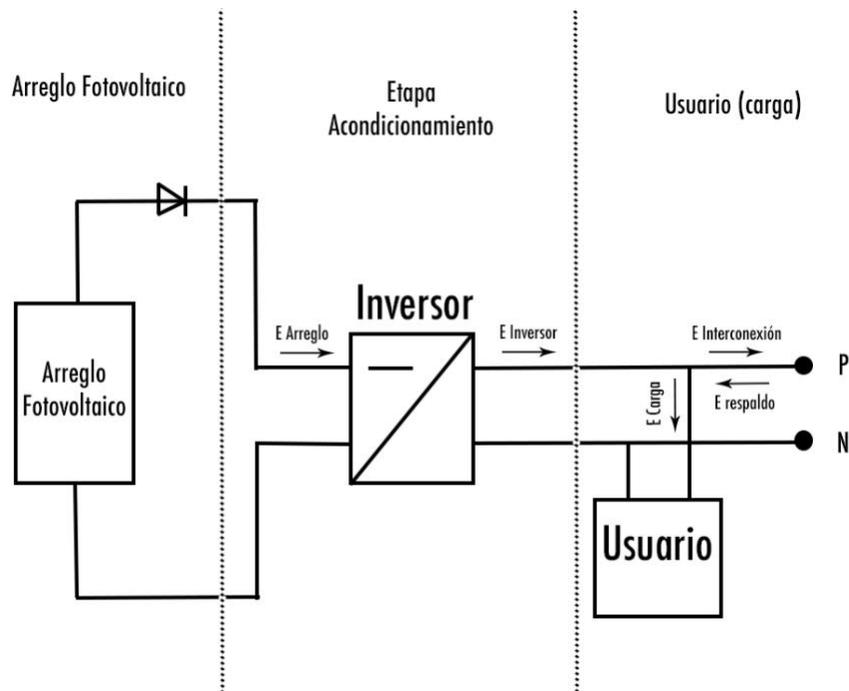


Figura 15. Diagrama de conexiones de un sistema fotovoltaico clásico interconectado a la red

Sin embargo, la composición del presente sistema tiene otros elementos extra, ya que está dispuesto por un arreglo de paneles solares con un diodo para evitar corrientes en contra sentido cuando algunos de ellos o todos son ocluidos por sombras. Inmediatamente a la salida del arreglo de paneles va conectado un controlador de carga, el cual controla la carga o la corriente y el voltaje con el cual se carga el banco de baterías con capacidad de 6kWh y una vez que están cargadas o que llegan a cierto voltaje este disminuye la corriente del arreglo de paneles y suministra la energía almacenada en baterías hacia la carga de la estación solar.

A cada uno de los componentes de la estructura solar le es suministrada la energía requerida para operar como los puertos USB, las pantallas LCD de publicidad, el modem o router inalámbrico, luces de LED y cámaras de seguridad elementos que conjuntamente representan la carga total de nuestra estructura y la energía de excedente que no es utilizada por dicha carga es suministrada a la red por medio de un inversor de corriente DC/AC de 1.5kW a 60Hz conectada a un medidor eléctrico bidireccional para ser vendida a manera de Reserva Operativa, es decir, para mantener el balance entre la generación y la demanda o a manera de Generación Distribuida, en Sitio, Descentralizada o Local para ser aprovechada localmente por locales comerciales, empresas o suburbios residenciales dentro de la ciudad de Cuernavaca.

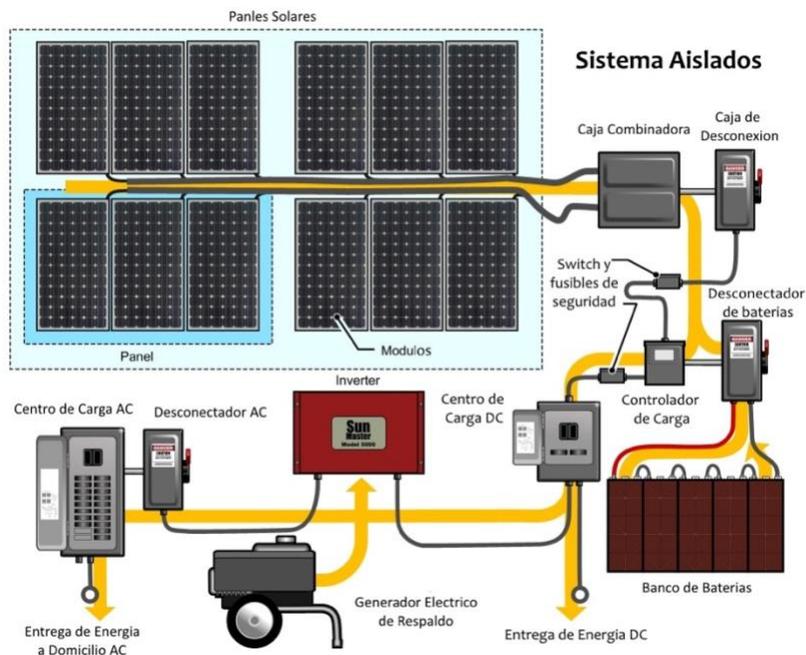


Figura 16. Diagrama de conexiones de un sistema fotovoltaico con banco de baterías e interconectado a la red  
<http://dakar.com.mx/dakar.com.mx/index.php/es/fotovoltaicos/paneles-solares/sistemas-aislados><sup>7</sup>

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 la cual tiene por objetivo asegurar instalaciones confiables para reducir el riesgo de accidentes y daños a una propiedad, en su artículo 690 de la misma norma se especifican los lineamientos que rigen la instalación de sistemas fotovoltaicos en donde se describe que para este tipo de instalaciones se requiere de cable con un solo conductor con aislamiento resistente a la luz solar y con clasificación de intemperie, el conductor debe estar puesto a tierra tal como se indica en 690-31, este debe identificarse en el momento de la instalación mediante una marca blanca distintiva en todas sus terminaciones.

Existen dos métodos para el cálculo de conductores uno es por ampacidad y el otro por caída de tensión; mediante ampacidad el conductor debe de soportar la corriente de corto circuito en caso de llegarse a presentar una falla y evitar un daño. El método de caída de tensión se utiliza para garantizar que el conductor no tenga una caída de tensión que provoque que el voltaje en la entrada del inversor y del controlador de carga sea más pequeño que el voltaje de operación.

## Cálculo de Conductores por Ampacidad

<sup>7</sup> s.a(s/A). Sistemas Aislados. Dakar.

<http://dakar.com.mx/dakar.com.mx/index.php/es/fotovoltaicos/paneles-solares/sistemas-aislados>

De acuerdo a la NOM-001-SEDE los conductores deben de ser capaces de conducir hasta en un 125% la corriente que circula a través del cualquier sistema eléctrico, pero en un sistema fotovoltaico lo deben de hacer hasta en un 156% de esta manera realizando los cálculos correspondientes para la corriente que circula de los paneles al controlador de carga de las baterías, considerando paneles de 260W

$$I_{cc} = 9.05[A], \quad P = 260[W]$$

La corriente ajustada máxima que soporta el conductor es entonces:

$$I_{cc \text{ ajustada}} = I_{cc} \times 1.56 = 14.118[A]$$

Esta corriente nuevamente debe de ser ajustada debido a la temperatura del conductor. Considerando un rango de temperaturas 31-35°C (aproximadamente temperatura ambiente) y una temperatura de operación de 90°C a partir de la tabla 310-15(b)(2)(a) del Manual Electricista Viakon tenemos un factor de corrección de 0.96 por lo que tenemos:

$$I_{cc \text{ ajustada}'} = \frac{I_{cc \text{ ajustada}}}{FC} = \frac{14.118}{0.96} = 14.7062[A]$$

De acuerdo con el resultado de la ampacidad del cable deberá ser 14 AWG sin embargo consultando las especificaciones en la hoja de datos del panel solar de 260W, 30V del fabricante nos dice que recomienda hacer uso de cable de un solo conductor de  $4mm^2$ ; es decir este cae entre 10 o 12 AWG, por lo que se elige un cable de un solo conductor 12 AWG con aislamiento THW-LS el cual está dentro de la ampacidad permitida, cerca de 30A de acuerdo a la tabla de conductores.<sup>8</sup>

Posteriormente el cable de cada una de las salidas de los paneles se conecta hacia una caja combinadora con su respectiva caja de desconexión en caso de requerir desconectar completamente el sistema de los paneles fotovoltaicos y luego este a su vez conectado hacia

---

<sup>8</sup> [http://www.iusa.com.mx/brochure/catalogo\\_conductorRohs.pdf](http://www.iusa.com.mx/brochure/catalogo_conductorRohs.pdf)

un switch y fusible de seguridad a la entrada del controlador de carga y a la salida hacia el inversor que conecta con las cargas en AC. El controlador de carga se encuentra conectado con su elemento de desconectar de baterías por temas de seguridad y este a su vez hacia el mismo banco de baterías del sistema en DC.

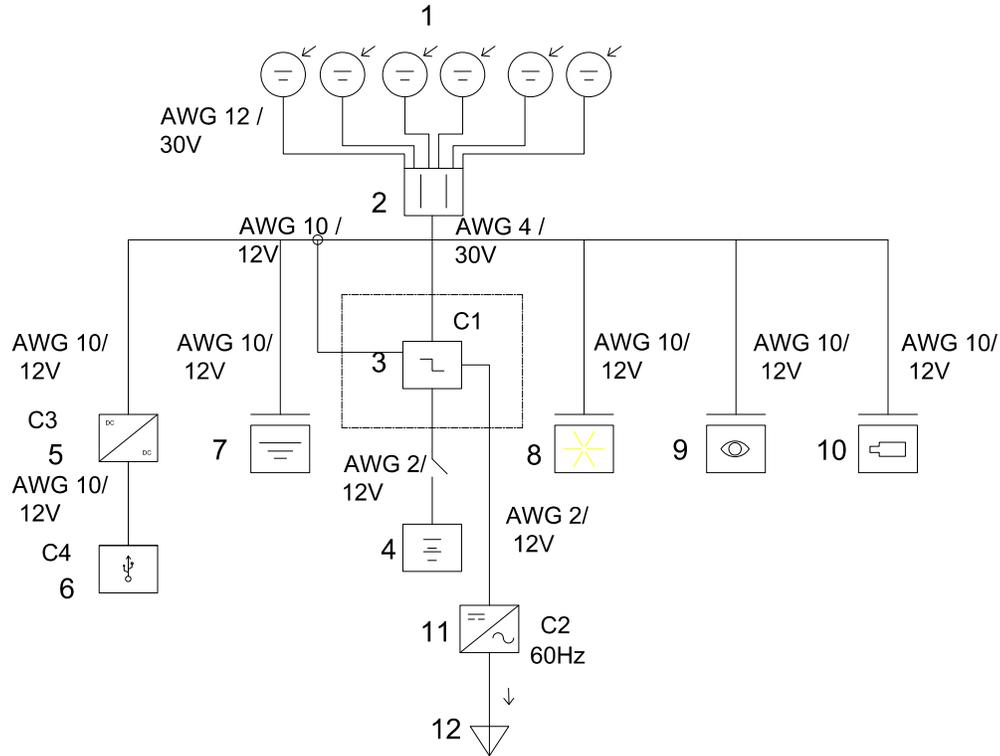


Figura 17. Diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico planteado con baterías e interconexión

El cable que sale de la caja combinadora hacia el controlador de carga debe tener en cuenta la suma de la corriente de los 6 paneles solares que entra a la caja combinadora, que pasa por la caja de desconexión y que llega al controlador de carga de baterías, realizando el mismo proceso anterior

$$I_{string} = I_{cc} \cdot \#paneles = 9.05[A] \cdot 6 = 54.3[A]$$

$$I_{string\ ajustada} = I_{string} \cdot 1.56 = 54.3[A] \cdot 1.56 = 84.708[A]$$

$$I_{string\ ajustada'} = \frac{I_{string\ ajustada}}{FC} = \frac{84.708}{0.96} = 88.23[A]$$

De esta manera el cable es 4 AWG con aislamiento THW-LS con una capacidad de soportar hasta 95A de acuerdo a las especificaciones del fabricante del conductor.

Para la conexión que va del controlador de carga a las baterías se requiere de un cable AWG 2 con aislamiento THW-LS con capacidad de soportar hasta 130A para poder cargar el banco de baterías sin riesgo a sobrecalentamiento de los conductores debido a un exceso de demanda de la corriente debido a que la corriente de carga sería de 80A.

$$I_{cc \text{ ajustada}} = I_{cc} \times 1.56 = 80 \times 1.56 = 124.8[A]$$

$$I_{cc \text{ ajustada}'} = \frac{I_{cc \text{ ajustada}}}{FC} = \frac{124.8}{0.96} = 130[A]$$

Tomando en cuenta que la carga total es de 250W de los cuales 190W funcionan a 12V y 60W operan a un voltaje de 6V se procede a calcular el calibre del conductor para la carga.

$$I_{12V} = \frac{P_{12V}}{12V} = \frac{190W}{12V} = 15.83[A]$$

$$I_{6V} = \frac{P_{6V}}{6V} = \frac{60W}{6V} = 10[A]$$

$$I_{12V} + I_{6V} = 15.83 + 10 = 25.83[A]$$

$$I_{cc \text{ ajustada}} = I_{cc} \times 1.56 = 25.83 \times 1.56 = 40.2948[A]$$

$$I_{cc \text{ ajustada}'} = \frac{I_{cc \text{ ajustada}}}{FC} = \frac{40.2948}{0.96} = 41.97375[A]$$

Por lo que se debe de emplear un conductor AWG 10 de acuerdo a la tabla de conductores.

Una vez cargadas las baterías, se requiere de cableado AWG 12 con aislamiento THW-LS para suplir de energía en DC a todas y cada una de las cargas dentro de la misma estación y el excedente de energía que no se utilice para satisfacer las necesidades eléctricas dentro de la estación será enviada por medio de un conductor AWG 2 con capacidad máxima de suministrar 130A a un inversor con una capacidad de 2000W e interconexión a red para el suministro de esta energía de excedente de acuerdo con los siguientes cálculos y descontando los puertos USBs que su voltaje es de 6V y el resto de elementos trabajan internamente a 12V .

$$P_{suministrada} = 1.56 \times 10^3 - 250 = 1,310 [W]$$

Sin embargo, la precisión del calibre del cable del inversor a la red dependerá mucho de la tensión a la cual se suministre esta corriente de excedente del total de estaciones a la red, teniendo presente que se debe de tratar evitar al máximo las pérdidas debido a la resistencia eléctrica de los conductores.

### **Cálculo de Conductores por Diferencia de Potencial**

A continuación, se muestra cómo proceder con la determinación de un conductor de acuerdo a la caída de tensión presenta debido a la resistencia del mismo conductor posee a lo largo toda su longitud.

Se escoge de esta manera un cable AWG 12 cuya resistividad del conductor es de  $5.21 \left(\frac{\Omega}{\text{km}}\right)^9$  y se tiene una longitud de un cable de 12m, la corriente que circula por dicho cable es la corriente de corto circuito de un panel fotovoltaico la cual es de 9.05A y de esta se calcula la resistencia eléctrica y posteriormente aplicando Ley de Ohm se procede a calcular la caída de tensión en el conductor

$$R = R_L \cdot L = 5.31 \times 0.012 = 0.06372 [\Omega]$$

$$V = R \cdot I_{CC} = 0.06372 \cdot 9.05 = 0.57666 [V]$$

---

<sup>9</sup> [http://www.iusa.com.mx/brochure/catalogo\\_conductorRohs.pdf](http://www.iusa.com.mx/brochure/catalogo_conductorRohs.pdf)

De esta manera tenemos la siguiente tabla con el resultado de la caída de tensión por cada sección del mismo sistema y de acuerdo al calibre de cable a emplear

Tramo o Sección	AWG	Resistividad del cable ( $\frac{\Omega}{km}$ )	Longitud (km)	Corriente (A)	Caída de Tensión (V)
Paneles-caja combinadora	12	5.31	0.012	9.05	0.57666
Caja combinadora- Controlador	4	0.829	0.0001	54.3	0.00450
Controlador- Baterías	2	0.523	0.0004	80	0.01673
Controlador- inversor	2	0.523	0.0001	15	0.00078
Controlador- carga	12	5.31	0.01		

Tabla 9. Resultados de análisis por caída de tensión de acuerdo a cada sección del sistema

Con los resultados anteriores se procede a calcular la caída de tensión a la entrada del controlador para saber si al menos se alcanzan los 24V que requiere el controlador para funcionar de manera adecuada

$$\mathbf{Caída\ de\ tensión_{antes-controlador} = 0.57666 + 0.00450 = 0.58116[V]}$$

$$\mathbf{Caída\ de\ tensión_{controlador} = V_{Paneles} - Caída\ de\ tensión_{antes-controlador}}$$

$$\mathbf{Caída\ de\ tensión_{controlador} = 30.63 - 0.58116 = 30.04884[V]}$$

Con esto se comprueba que el Controlador de carga de las baterías de 12V si funcionaría ya que se requieren tener desde 24V en la entrada para poder operar y si se cumple con dicha premisa ya que se cuentan con 25V.

De la misma manera se procede a calcular la caída de tensión a la entrada del inversor para saber si al menos se alcanzan los 12V que requiere el controlador para funcionar de manera adecuada

$$\text{Caída de tensión}_{\text{antes-inversor}} = 0.01673 + 0.00078 = 0.01751[V]$$

$$\text{Caída de tensión}_{\text{inversor}} = V_{\text{Batería}} - \text{Caída de tensión}_{\text{antes-inversor}}$$

$$\text{Caída de tensión}_{\text{inversor}} = 14.6 - 0.01751 = 14.58249[V]$$

Con lo anterior se comprueba que el Controlador de carga de las baterías de 12V si funcionaría ya que se requieren tener desde 12V en la entrada para poder operar y sí se cumple con dicha premisa ya que se cuentan con 13V.

### **3.6 Evaluación del desempeño energético de la planta**

Por medio del programa PVSyst nos auxiliamos para modelar nuestro sistema y el desempeño energético introduciendo el dimensionamiento del techo de la estación en donde estarán colocados los paneles solares que es de **3mx6m=18m<sup>2</sup>** y de manera automática nos da un total de 6 paneles solares los cuales ocupan un área total de 12 m<sup>2</sup>.

Global System configuration		Global system summary			
1	Number of kinds of sub-fields	Nb. of modules	6	Nominal PV Power	1.6 kWp
		Module area	12 m <sup>2</sup>	Maximum PV Power	1.6 kWdc
		Nb. of inverters	1	Nominal AC Power	1.5 kWac

---

**Homogeneous System**

**Presizing Help**  
 No Sizing    Enter planned power  kWp,    ... or available area  m<sup>2</sup>

**Select the PV module**  
Sort modules:  Power     Technology     Manufacturer    All modules  
260 Wp 30V    Si-mono    BMS 260M    Bomex Solar    Datasheet 2011      
Approx. needed modules: **6**    Sizing voltages:    V<sub>mpp</sub> (60°C) **29.7 V**  
V<sub>oc</sub> (-10°C) **49.2 V**

**Select the inverter**  
Sort inverters by:  Power     Voltage (max)     Manufacturer    All inverters  
1.5 kW    120 - 300 V    50 Hz    Sunrise Midi-Plus    Fronius International      
Nb. of inverters:      Operating Voltage: **120-300 V**    Global Inverter's power: **1.5 kWac**  
Input maximum voltage: **350 V**

**Design the array**

Number of modules and strings		Operating conditions	
Mod. in series	<input type="text" value="6"/> <small>should be between 5 and 7</small>	V <sub>mpp</sub> (60°C)	178 V
Nbre strings	<input type="text" value="1"/> <input checked="" type="checkbox"/> only possibility 1	V <sub>mpp</sub> (20°C)	218 V
Overload loss	<input type="text" value="0.0 %"/>	V <sub>oc</sub> (-10°C)	295 V
Phom ratio	<input type="text" value="1.04"/>	Plane irradiance	<b>1000 W/m<sup>2</sup></b> <input type="radio"/> Max. in data <input checked="" type="radio"/> STC
<b>Nb. modules</b>	<b>6</b>	I <sub>mpp</sub> (STC)	7.3 A    Max. operating power <b>1.4 kW</b>
<b>Area</b>	<b>12 m<sup>2</sup></b>	I <sub>sc</sub> (STC)	8.0 A    at 1000 W/m <sup>2</sup> and 50°C
		I <sub>sc</sub> (at STC)	8.0 A <b>Array nom. Power (STC) 1.6 kWp</b>

Figura 18. Parámetros eléctricos del sistema, ingresados en PVSYST

El software de diseño PVSyst también nos brinda gráficas sobre el comportamiento de la potencia de salida del inversor y del voltaje vs corriente del arreglo de paneles, si el arreglo de paneles tuviera un arreglo en serie se incrementaría el voltaje, pero para el presente trabajo queremos incrementar el valor de la corriente que entrega nuestro arreglo en paralelo por lo que la corriente debería de ser seis veces mayor que la nominal que es de 8A y un voltaje de 30V.

Sin embargo, a partir de la gráfica de voltaje vs corriente podemos observar que teniendo a nuestro sistema entre un rango de temperaturas de 60°C y 20°C logramos variaciones entre 5% y 22.22% del voltaje nominal de nuestro sistema y a una temperatura de -10°C podemos alcanzar el voltaje máximo que podría llegar a entregar.

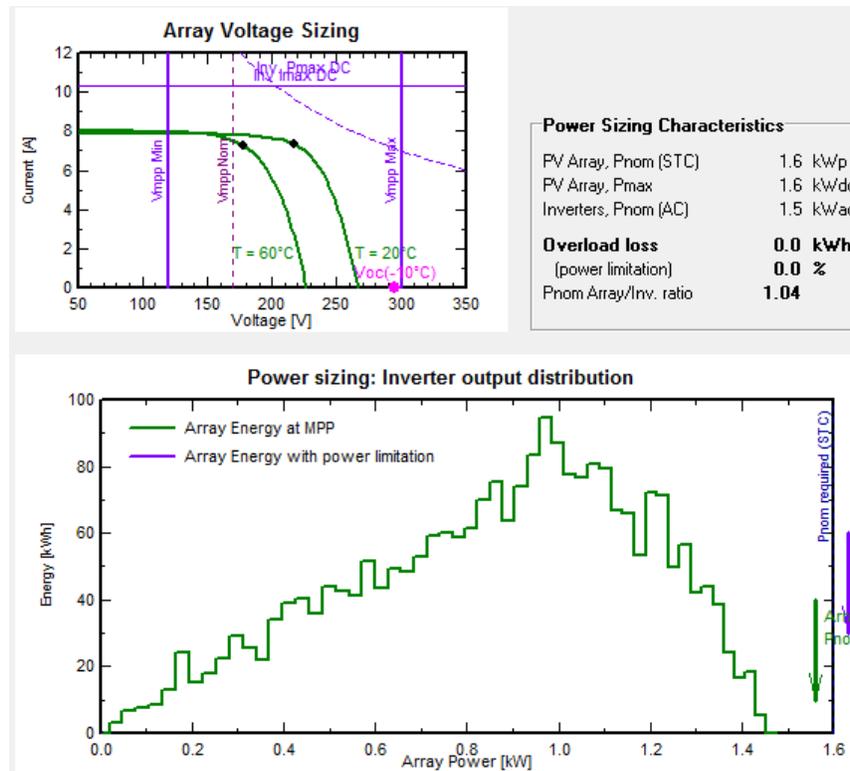


Figura 19. Curvas de respuesta obtenidos del sistema

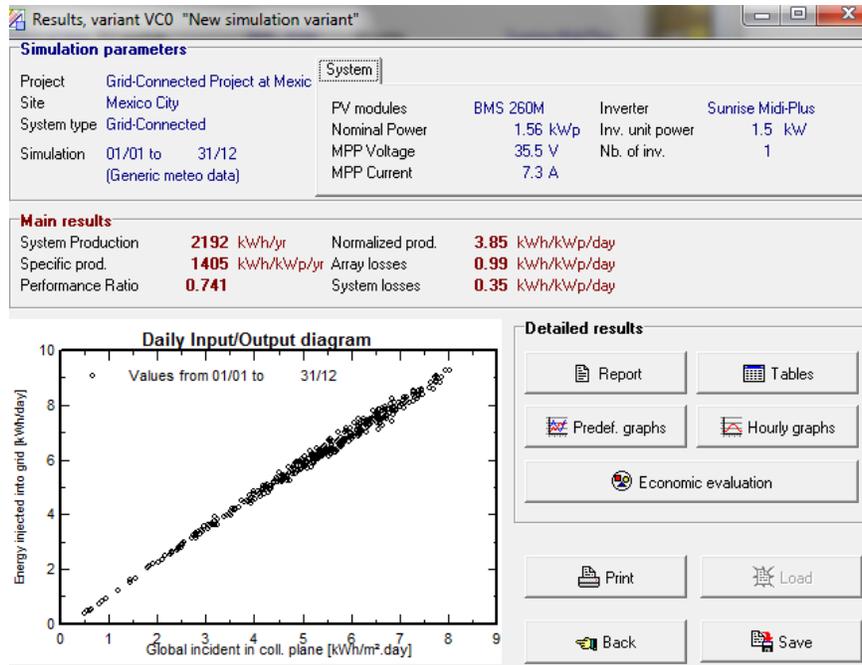


Figura 20. Comportamiento eléctrico después de la simulación del sistema

La siguiente gráfica es de gran ayuda ya que nos da una idea de cómo sería la distribución de la energía suministrada a la red de acuerdo a los niveles de insolación que se tenga al día en la zona. En donde se puede observar que la zona con mayor concentración ronda entre niveles de radiación de 5 y 7kWh/m<sup>2</sup> que representan entre 5 y 8kWh suministrados a la red o consumidos localmente al día.

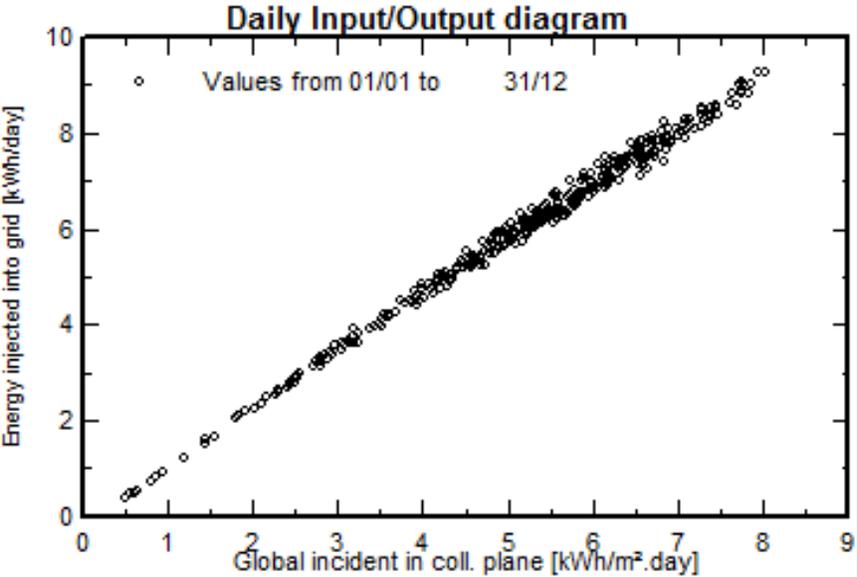


Figura 21. Gráfica del comportamiento de insolación vs energía inyectada a la red

Con los datos obtenidos por medio de la estación solarimétrica del IER los cuales sirvieron en el capítulo 3.3 para estimar el potencial energético del sitio y saber la generación anual que se podría tener por medio del presente sistema y que podemos ver a través de la siguiente gráfica de la insolación anual en el sitio de Cuernavaca

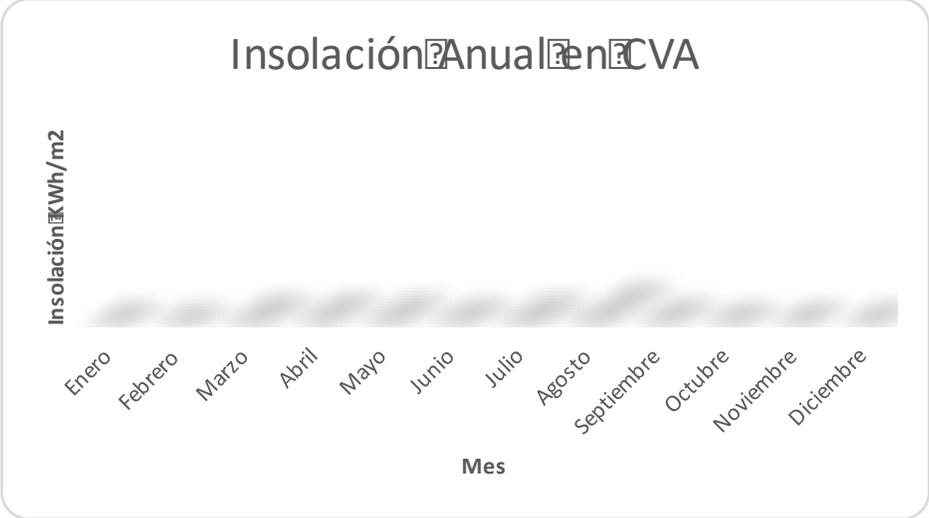


Figura 22. Potencial Energético Anual en la zona de Cuernavaca

De esta manera también se tiene la gráfica de la generación anual por mes en KWh representada de la siguiente manera

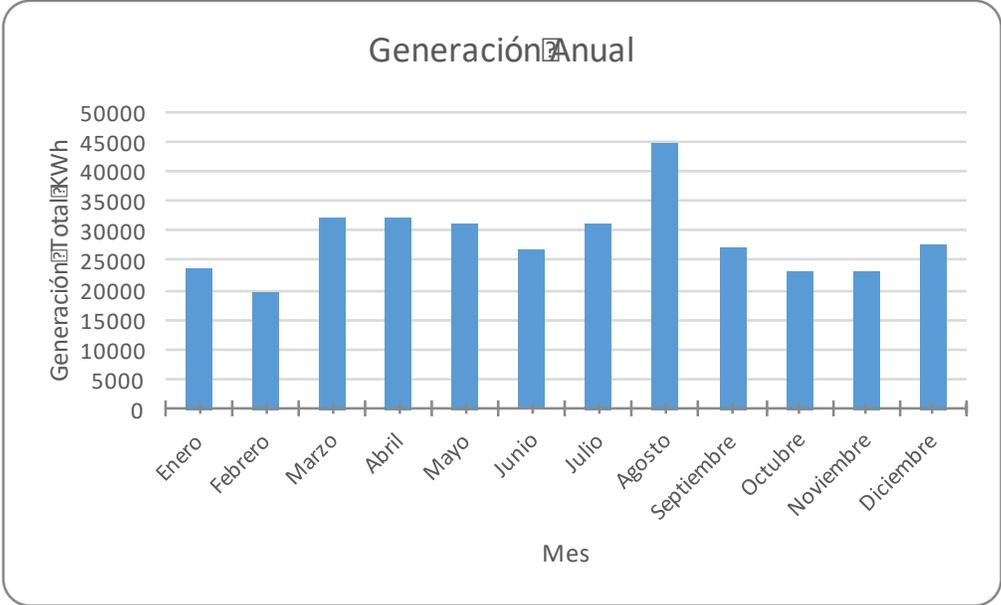


Figura 23. Generación Anual del conjunto de estaciones solares

Y por último debido a la carga que representa el total de estaciones solares que constantemente requieren de energía para poder operar podemos ver el consumo a través de la siguiente gráfica

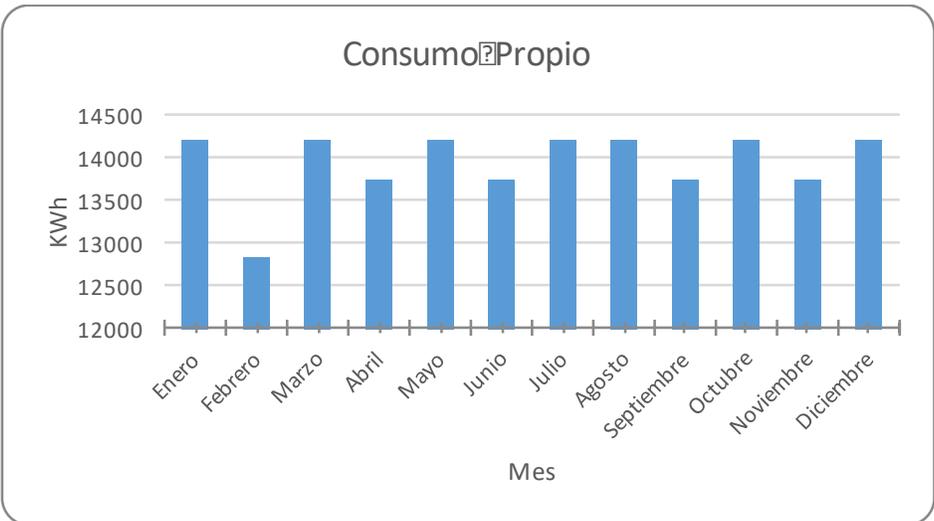


Figura 24. Consumo eléctrico que se tiene de los componentes del conjunto de estaciones solares

## Evaluación Ambiental

A fin de determinar el impacto positivo, del presente trabajo, que tiene en el medio ambiente, se debe de calcular la cantidad de ahorro en emisiones contaminantes equivalentes que representa en este caso la carga total anual de los dispositivos móviles y el funcionamiento de cada uno de los componentes internos de las estructuras solares operando casi las 24h durante todo un año. Debido a que cada tecnología, especialmente las que operan bajo la combustión de combustibles fósiles, desprende a la atmósfera mayor o menor cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es que se decidió realizar una tabla en donde se muestran las toneladas ahorradas de cada tipo de GEI ya sea este mayormente CO<sub>2</sub> y los demás contaminantes que le siguen como el SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y otro tipo de partículas para cada tipo de tecnología que se hubiera empleado para satisfacer el consumo de dichos componentes eléctricos y electrónicos.

De acuerdo con la tabla de emisión de contaminantes en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2017-2031

<b>Emisiones Contaminantes</b>				
Tecnología	CO <sub>2</sub> (ton/MWh)	SO <sub>2</sub> (ton/MWh)	Nox (ton/MWh)	Particulas (ton/MWh)
Carboeléctrica>350MW	0.5424	0.003	0.004	0.0003
Ciclo Combinado	0.4173	0.0002	0.0014	0
Combustión Interna>20MW	0.6194	0.0145	0.0116	0.0003
Lechofluidizado	0.86	0.0026	0	0.0001
Termoeléctrica Convencional>250MW	0.6784	0.0127	0.0011	0.0008
Turbogas (gas)	0.5255	0	0.0018	0

Tabla 10. Emisiones de Contaminantes por Tecnología según PRODESEN 2017-2031

Debido a que para obtener las emisiones por cada tipo de tecnología ahorradas debemos de multiplicar cada una de las emisiones anteriores por el consumo eléctrico que representa y que está en KWh, debemos de dividir las emisiones contaminantes sobre 1000 para pasar de MWh a KWh.

De manera que realizando los cálculos correspondientes obtenemos las siguientes tablas representadas de manera visual con barras de porcentaje por tipo de tecnología y de GEI

## Ahorro de GEI

Por Recarga de Dispositivos					
	CO <sub>2</sub> (ton)	SO <sub>2</sub> (ton)	Nox (ton)	Particulas (ton)	Totales
Carboeléctrica >350MW	1.5751	0.0087	0.0116	0.0009	1.5963
Ciclo Combinado	1.2118	0.0006	0.0041	0.0000	1.2165
Combustión Interna >20MW	1.7987	0.0421	0.0337	0.0009	1.8754
Lechofluidizado	2.4974	0.0076	0.0000	0.0003	2.5053
Termoeléctrica Convencional >250MW	1.9701	0.0369	0.0032	0.0023	2.0125
Turbogas (gas)	1.5261	0.0000	0.0052	0.0000	1.5313

Tabla 11. Ahorro de GEI por recarga de dispositivos por tipo de tecnología

Por Consumo Propio de Estaciones					
	CO <sub>2</sub> (ton)	SO <sub>2</sub> (ton)	Nox (ton)	Particulas (ton)	Totales
Carboeléctrica >350MW	88.6010	0.4901	0.6534	0.0490	89.7935
Ciclo Combinado	68.1660	0.0327	0.2287	0.0000	68.4273
Combustión Interna >20MW	101.1790	2.3686	1.8949	0.0490	105.4914
Lechofluidizado	140.4810	0.4247	0.0000	0.0163	140.9220
Termoeléctrica Convencional >250MW	110.8166	2.0745	0.1797	0.1307	113.2016
Turbogas (gas)	85.8404	0.0000	0.2940	0.0000	86.1345

Tabla 12. Ahorro de GEI por recarga de dispositivos por tipo de tecnología

En donde podemos observar que las mayores contribuciones de GEI para cada tecnología son por emisiones de CO<sub>2</sub> y también podemos observar que el lechofluidizado es la tecnología que mayor cantidad de partículas contaminantes arroja a la atmósfera de todas las tecnologías que utilizan algún tipo de combustible fósil para operar.

Pero particularmente nos interesa la tecnología de Ciclo Combinado la cual representa para el año 2017 el **50.2%** de la energía total generada en México y de acuerdo con la Secretaría de Energía (SENER) se prevé que para el 2031 sea **37.1%** de la energía total generada. Aunque los CC's no es la tecnología que más contamina, como podemos observar sí ocupa un lugar dentro de las tecnologías más contaminantes y que siguen contribuyendo al aumento de temperaturas a nivel global a causa del Calentamiento Global.

De esta manera si analizamos el total de energía consumida para recarga de dispositivos móviles por medio del aprovechamiento de la energía solar, se estarían ahorrando 1.21 toneladas de CO<sub>2</sub> y 0.0047 de toneladas de otros contaminantes anualmente. Y si analizamos el aprovechamiento de la misma energía para el funcionamiento del resto de los componentes de las estaciones solares se estarían ahorrando 68.16 toneladas de CO<sub>2</sub> y 0.2613 toneladas de otros contaminantes anualmente al dejar de consumir la energía por medio de Ciclo Combinado.

### **3.7 Conclusión**

En este capítulo a partir de la potencia de la carga total de cada estación y del número de horas que se decidió operara cada uno de sus componentes es como se procedió a calcular el consumo eléctrico al día por cada estación y posteriormente para el total de las 100 estaciones de la misma red, así como el calibre de conductores por medio de su cálculo de ampacidad y caída de tensión, el arreglo de paneles solares que genera la energía suficiente que el banco de baterías se encarga de almacenar hasta por periodos de 48 horas para poder ser utilizada posteriormente en los mismos elementos dentro de cada una de las estaciones o centro solares o para ser vendida directamente a la compañía de electricidad.

A partir de los datos proporcionados de la insolación anual en la zona, medidos por la Estación Solarimétrica del IER, es como se hizo el cálculo de la generación anual que la red de estaciones podría estar continuamente aportando de manera limpia y lo que esto representaría anualmente en el ahorro de contaminantes a la atmósfera al sustituir otras tecnologías de generación convencionales. Por último también es importante mencionar que a partir de sistemas fotovoltaicos tradicionales es como se elaboró el presente diseño del sistema de tal manera que pueda mantenerse siempre operando, seguro y con la menor intervención de un operador humano posible.

## **4. Modelo comercial y evaluación económica de la operación del centro de carga**

## **4.1 Introducción**

Ya con los cálculos del potencial solar con el que se cuenta en la zona y conociendo la capacidad energética que se tiene a lo largo del año, se procede a desarrollar el modelo de negocio a partir de la venta de energía eléctrica y de venta de publicidad dentro del espacio de cada estación solar, y las ganancias que se podrían tener para el pago de los costos que involucran las mismas así como las ganancias que estas podrían llegar a generar para poder permitir o no su instalación en otros estados, ciudades y municipios dentro del territorio nacional.

## **4.2 Opciones de Modelo de Negocio**

Existen varias alternativas de poder hacer viable el presente trabajo económicamente hablando ya que en un inicio se necesita poder conseguir la inversión para la fabricación y la instalación del total de estaciones, además; una vez operando se le debe de dar mantenimiento constante para asegurar el adecuado funcionamiento de cada uno de los elementos que componen cada una de las estaciones y que se describen a continuación

### **Cobro por carga de dispositivos móviles**

Esta modalidad contemplaría el pago por servicio de carga de dispositivos móviles por hora de smartphones, tabletas, mp3, laptops, etc el cual podría ser de \$20.00 la hora o de \$7.5 la fracción de hora y estaría limitado de dos hasta 8 puertos USB por estación de 8 hasta 12 horas de servicio continuo.

### **Venta de publicidad**

Esta modalidad involucraría la venta de espacios publicitarios ya sea por medio de publicidad impresa con retroiluminación o por medio de pantallas LED de 55' las 24 horas en el que se tengan diferentes precios de acuerdo al espacio o conjunto de espacios contratados quincenalmente. De preferencia los espacios tienen que ser muy visibles tanto para los usuarios dentro de cada estación como los automóviles y personas que transitan por la vía pública procurando tener el mayor impacto posible.

### **Venta de Energía Eléctrica**

Esta modalidad comprendería la venta de energía eléctrica excedente por kWh generado por medio de paneles o módulos fotovoltaicos instalados en el techo de cada estación de tal manera que esta energía sea contabilizada por medio de un medidor bidireccional de la compañía de luz y sea pagada de acuerdo a los Precios Marginales Locales en el nodo de interconexión del conjunto de estaciones.

### **Venta de boletos de pasaje**

Dentro de esta modalidad estaría contemplada la venta de boletos de pasaje o de recarga de tarjetas para ingreso al vehículo de transporte público mediante cabinas de pago automatizadas instaladas dentro de cada estación y programadas para hacer el cobro de acuerdo al destino y cantidad de kilómetros recorridos de cada ruta en específico. De esta manera se pretende llegar a un acuerdo con el municipio de ayudarlo a hacer más eficiente su sistema de transporte público al reducir el tiempo de cobro de los conductores de las unidades, que normalmente toma mucho tiempo, por medio de un cobro del 10% del costo total del pasaje.

### **Venta de accesorios**

En esta modalidad, como una alternativa, se buscaría la venta de accesorios para dispositivos móviles como lo son cargadores, fundas, gadgets además de la venta de libros u otros artículos personales para la gente por medio de máquinas automáticas dispensadoras y el precio dependería de acuerdo a cada artículo.

### **Venta de alimentos y/o bebidas**

Dentro de esta modalidad se contempla la venta de alimentos y bebidas embotelladas por medio de máquinas automáticas dispensadoras dentro de cada estación o incluso por medio de pequeños espacios rentados a diferentes empresas para la venta de alimentos y bebidas de paso que les permitan a las personas poder llevárselo consigo a su destino de manera fácil, práctica y cómoda.

## 4.3 Ingresos por publicidad y venta de energía eléctrica

### Ingresos por Venta de Publicidad

La mayor parte de los ingresos del presente trabajo se contemplan por medio de la venta de publicidad, como ya se mencionó anteriormente, a empresas, gobiernos y particulares para poder ofrecer el servicio gratuito de carga de dispositivos móviles y de acceso a internet y contenido dentro de los espacios y cubrir los altos costos de inversión que se tienen a la puesta e instalación de las estructuras. Para establecer una tabla de tarifas de venta de publicidad de acuerdo al tipo de publicidad que se va a ofertar dentro de cada una de las estaciones, aunque hubo algunas dificultades para poder conseguir la información, se consultó a una agencia de publicidad con el nombre de 5M2 de uno de los corporativos más grandes del país llamado Grupo 5M en cuanto se refiere a publicidad y marketing en espacios públicos como en estaciones de metro y metrobús, pero en particular se consultó el precio de los espacios interactivos (videowalls) de 2x1 m dentro de parabuses por medio de pantallas LED los cuales cada uno tiene un precio de **\$45,000** a **\$50,000** mensuales<sup>10</sup> dependiendo principalmente de la zona en donde esté ubicado, es decir, del estudio previo que la agencia haya realizado de promedio de ingresos mensuales, edificaciones importantes cercanas, entre otros factores que una agencia de marketing toma en cuenta en el estudio de mercado, también se realizó una consulta telefónica con la agencia de publicidad IMU la cual opera los parabuses en Ciudad de México a lo que su respuesta para la renta de espacios publicitarios en parabuses fue de **\$9,190** por periodos de catorce días<sup>11</sup> más un costo de **\$165** por cada impresión.

De esta manera puntualizando que la novedad del presente trabajo es la operación de cada estación por medio de energía solar de manera ecológica al no emitir GEI a la atmósfera, que brinda todos los demás servicios a la población (carga, acceso a Wi-Fi e iluminación) y teniendo como referencia el precio mensual de la agencia de publicidad 5M2 y catorcenal de la agencia IMU se establece la siguiente tabla de precios por renta de espacios de publicidad quincenalmente y con sus respectivo número de contrataciones que se espera inicialmente que sean rentadas:

---

<sup>10</sup> Consulta telefónica, empresa 5M2. 22 de Octubre de 2018

<sup>11</sup> Consulta telefónica, empresa IMU. 5 de Noviembre de 2018

Contrataciones	Tipo de Publicidad	Precio Quincenal
1	Pantalla LED	\$ 5,000.00
1	Publicidad Impresa	\$ 4,000.00
1	Revestimiento Estampa	\$ 5,000.00
1	Patrocinio Completo	\$ 23,000.00

Tabla 13. Contrataciones supuestas por cada modalidad de publicidad

Debido a que la publicidad tiene diferentes periodos en donde la demanda es mayor, se consideró esta parte para los ingresos de efectivo y se agrupó la oferta de publicidad de acuerdo a cada periodo de demanda alta y a otro de demanda baja, de acuerdo a su comportamiento a lo largo de varios meses del año en el que se consideró que cada tipo de publicidad tiene un mismo comportamiento durante el año.

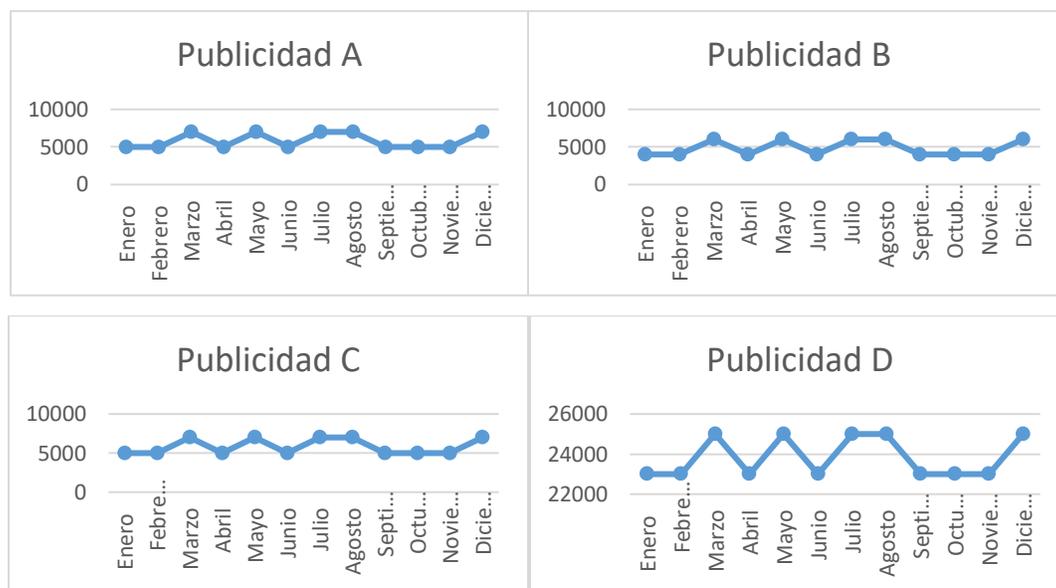


Figura 25-27. Comportamiento de ventas para cada publicidad a lo largo del año

Grupo	Tipo de Publicidad	Comportamiento 1	Comportamiento 2
		Temporada Alta	Temporada Baja
A	Pantalla LED	7000	5000
B	Publicidad Impresa	6000	4000
C	Revestimiento Estampa	7000	5000
D	Espacio Completo	25000	23000

Tabla 14. Precios por tipo de publicidad y de acuerdo a su comportamiento en temporada alta y baja

Una vez con esto se obtuvieron los ingresos que resultarían durante el año por la venta de cada tipo de publicidad en donde obtenemos ingresos mensuales por estación de \$40,333.00 e ingresos anuales considerando el total de las 100 estaciones y para el primer año de operaciones.

**Ingresos Totales Anuales= \$48,400,000.00**

### **Ingresos por venta de Energía Eléctrica**

Tomando a consideración el precio marginal establecido por CENACE en el nodo de Cuernavaca que es de 1252.13 MXN/MWh y considerando que es constante para todos los meses, a continuación tenemos la tabla en donde se presentan los ingresos por generación de energía eléctrica (excedente) al mes, una vez habiendo ya descontado el consumo de potencia de los mismos elementos de cada estación a la potencia generada por sí misma que involucran el consumo de energía para carga de dispositivos móviles con una salida 10W por puerto USB, 6 puertos USB y 3 usuarios por intervalos de carga de veinte minutos por 8 horas continuas de operación y una carga de 190W debida a los elementos restantes de cada estación durante un intervalo de 18 horas de operación promedio continuas.

Mes	Insolación [kWh/m <sup>2</sup> ]	Generación por día [kWh]	Generación por mes [kWh]	Generación Sistema [kWh]
Enero	4.86	7.583	235.08	23,508.33
Febrero	4.44	6.933	194.13	19,413.33
Marzo	6.61	10.313	319.71	31,971.33
Abril	6.89	10.747	322.40	32,240.00
Mayo	6.42	10.010	310.31	31,031.00
Junio	5.72	8.927	267.80	26,780.00
Julio	6.47	10.097	313.00	31,299.67
Agosto	9.22	14.387	445.99	44,598.67
Septiembre	5.81	9.057	271.70	27,170.00
Octubre	4.81	7.497	232.40	23,239.67
Noviembre	4.97	7.757	232.70	23,270.00
Diciembre	4.89	8.898	275.83	27,583.11

Tabla 15. Generación diaria y mensual por estación y para el total de estaciones

	Generación Sistema [kWh]	Consumo Estaciones [kWh]	Remanente Energético [kWh]	Ingresos [MXN]
	23,508.33	4,198.00	9,310.33	\$ 1,657.76
	19,413.33	2,824.00	6,589.33	\$ 8,250.71
	31,971.33	4,198.00	17,773.33	\$ 22,254.56
	32,240.00	3,740.00	18,500.00	\$ 23,164.44
	31,031.00	4,198.00	16,833.00	\$ 21,077.13
	26,780.00	3,740.00	13,040.00	\$ 6,327.80
	31,299.67	4,198.00	17,101.67	\$ 21,413.54
	44,598.67	4,198.00	30,400.67	\$ 38,065.64
	27,170.00	3,740.00	13,430.00	\$ 6,816.13
	23,239.67	4,198.00	9,041.67	\$ 1,321.36
	23,270.00	3,740.00	9,530.00	\$ 1,932.82
	27,583.11	4,198.00	13,385.11	\$ 6,759.92

Tabla 16. Ingresos por mes que se obtienen por medio de la venta de energía eléctrica

De esta manera los ingresos totales anuales debidos a la venta de energía eléctrica excedente proveniente del sistema son

**Ingresos Totales= \$219,041.00**

Y se representan en la siguiente gráfica para cada mes, en donde se puede ver que varían proporcionalmente a la generación eléctrica neta efectiva de los paneles

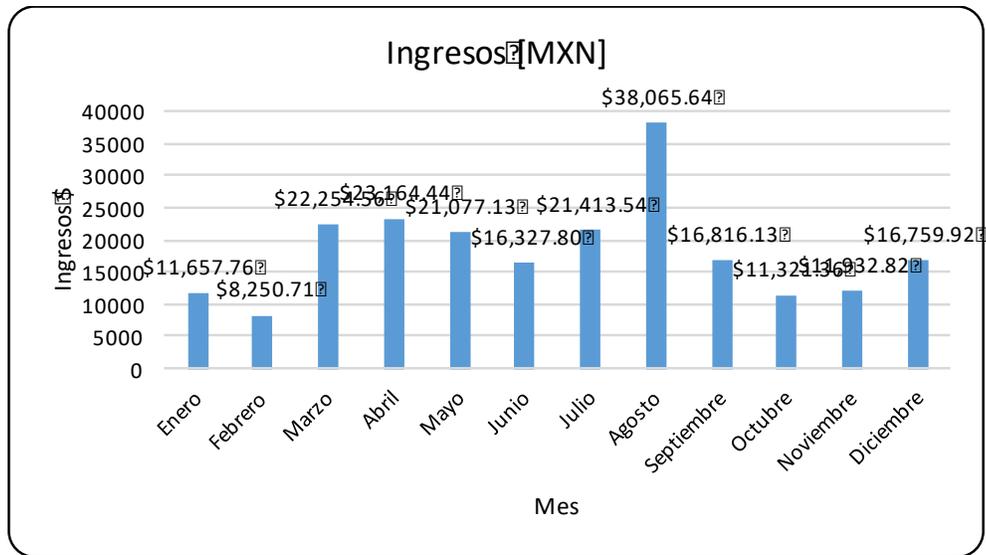


Figura 28. Ingresos por venta de energía en un año

Si sumamos los ingresos por publicidad y los de venta de energía eléctrica tenemos un total de ingresos anuales brutos por **\$48,619,041.00**

#### 4.4 Costos de inversión y de operación del centro

Para calcular el costo que implica la adquisición de los paneles solares por cada estación se debe multiplicar el costo en USD por Watt del proveedor por la capacidad del panel solar (260W) y a su vez por la cantidad de paneles solares a emplear para el presente trabajo (6).

$$CU = \left(0.39 \left[\frac{USD}{W}\right]\right) (260[W])(6 \text{ paneles}) = 608.4[USD]$$

Una vez teniendo el costo del total de paneles se procede a realizar una tabla junto con el costo de los demás componentes del sistema, es decir, los componentes de cada estación y de esta manera podemos saber el costo total del sistema teniendo en cuenta que el cálculo se hizo en el momento en el que el dólar tenía un valor de \$19.00 pesos

## Costo de Componentes para cada Estación

Cantidad	Componente	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)	Precio Total (MXN)
6	Panel Solar 260W	\$101.00	\$608.00	\$11,514.00
5	Baterías	\$129.00	\$645.00	\$12,255.00
1	Controlador	\$148.00	\$148.00	\$2,812.00
1	Inversor	\$268.00	\$268.00	\$5,092.00
1	Pantalla LED 55"	\$1,052.00	\$1,052.00	\$19,988.00
1	Cable AWG 4	\$2.00	\$2.00	\$38.00
10	Cable AWG 6	\$1.60	\$16.00	\$304.00
12	Cable AWG 12	\$0.50	\$6.00	\$114.00
15	Cable AWG 20	\$0.25	\$3.75	\$71.25
1	Luminaria LED	\$24.00	\$24.00	\$456.00
6	Cargadores Celular	\$5.00	\$30.00	\$570.00
1	Estructura Metálica	\$4,120.00	\$4,120.00	\$78,280.00
1	Fabricación Externa	\$3,750.00	\$3,750.00	\$41,855.00
2	Videocámara Seguridad	\$424.88	\$849.76	\$16,825.00
1	Decodificador Monocanal	\$120.77	\$120.77	\$2,400.00
1	Circuito conv. 24-5V 15A	\$560.00	\$560.00	\$11,000.00
1	Antena Inhlámbrica	\$108.18	\$108.18	\$2,170.00
<b>Total</b>		<b>\$9,601.35</b>	<b>\$10,293.75</b>	<b>\$205,744.25</b>

Tabla 17. Costo de los componentes del sistema

A continuación, se detalla el Costo de Inversión el cual contempla el Costo de los componentes del sistema y el Costo de la instalación del total de estaciones antes de la puesta en operación

**Costo Instalación [MXN] \$ 3,000.00**  
**Costo de Inversión= Ccomponentes + Cinstalación**  
**Costo de Inversión [MXN] \$ 205,744.25**

---

**Costo Inversión 100**  
**estaciones [MXN] \$ 20,574,425.00**

Tabla 18. Costo de inversión del proyecto

Y a su vez se tienen los Costos de Operación y Mantenimiento (CO&M) tras la instalación del sistema una vez habiendo puesto en operación el total de estaciones como se muestra a continuación.

## Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta (mensual)

CO&Mv	Precio Total
Licitación Mensual Renta por Espacio [MXN]	\$ 2,300.00
Licitación Mensual Renta Por 100 Estaciones	\$ 230,000.00
<b>COv[MXN]</b>	<b>\$ 230,000.00</b>
<hr/>	
CO&Mf	
Mantenimiento[MXN]	\$ 16,000.00
Renta de Oficinas[MXN]	\$ 15,000.00
<hr/>	
<b>CO&amp;Mf[MXN]</b>	<b>\$ 31,000.00</b>
<hr/>	
<b>CO&amp;M= CO&amp;Mf+CO&amp;Mv</b>	
<b>CO&amp;M[MXN]= 261,000.00</b>	

Tabla 19. Costos de Operación y Mantenimiento del proyecto

Como se puede apreciar para los Costos de Operación y Mantenimiento variables (dependen del número de estaciones) para el proyecto se contempla la licitación por el uso del espacio público de \$2300.00 al gobierno municipal de Cuernavaca que como se había visto anteriormente es de  $18m^2$ , en los Costos de Operación y Mantenimiento Fijos (no dependen del número de estaciones) se contempla una renta de un espacio de oficinas por \$15,000.00 y un monto por concepto de mantenimiento de \$16,000.00 para las 100 estaciones a fin de garantizar una óptima operación de los componentes internos y sistema eléctrico de manera conjunta.

## 4.5 Cálculo del resultado neto económico (cash-flow)

Para el cálculo del resultado neto económico se tomó en cuenta constantes como el costo del mobiliario y de componentes y la instalación de las estructuras en el año 0, así como el pago por la licitación o permisos al gobierno municipal de Cuernavaca para poder ocupar el

espacio requerido para cada estación que como habíamos visto anteriormente es de \$2300.00 mensuales, la renta del local y el costo del mobiliario o de los insumos para cada estructura, los cuales componen el costo de inversión por estructura.

		\$3,000	INSTALACIÓN
		\$15,000	LOCAL
		\$2,312	PERMISOS
		\$202,744	MOBILIARIO
	Costo de Inversión	\$205,744	TOTAL KIOSCO

Tabla 20. Costos involucrados para la operación del proyecto

En el cálculo del resultado neto económico también se debe de considerar la renta mensual que se tiene contemplada como parte de los ingresos por las diferentes modalidades de renta de publicidad que realmente se miden en periodos de quince días, pero para efectos del siguiente cálculo se consideran mensuales y el salario integrado por mantenimiento de las estructuras y un factor de ajuste de productividad para cada uno el cual permite que estos, como en la realidad, aumenten año con año

	Renta	Salario
	40333.33333	16000
AJUSTE PRODUCTIVIDAD	0.05	0.03

Tabla 21. Costos involucrados para la operación del proyecto

Con los datos anteriormente vistos y por medio de una hoja de cálculo en Excel se estima el ingreso neto de las 100 estaciones operando en el primer año y se debe de contemplar el costo de la inversión total en el año 0 la cual es de \$20,574,425MXN

Ingreso por Publicidad	Costo D&M	Administración	Ingreso Neto	Año	Ingreso Neto	Inversión	Flujo Neto
				0		-\$20,574,425	
\$28,400,000	\$2,970,304	\$1,452,000	\$24,196,738	1	\$24,196,738		\$3,622,313

Tabla 22. Resultado Neto en el primer año

Haciendo el cálculo para el primer año podemos observar que el ingreso neto es de **\$44,196,738.00** pero descontando nuestra inversión inicial en el año 0 nuestro flujo neto de efectivo es **\$23,622,313.00**

Por último debido a que los recursos para la puesta en operación de cada una de las estaciones contempladas en el presente trabajo se contemplan por medio de la inversión de capital de un agente inversionista al cual se pretende asociar al proyecto, el **50%** de las utilidades netas serían para él, por lo tanto la utilidad neta para la empresa o dueños del proyecto en el primer año sería de **\$23,622,313.00** y a esta cantidad habría que restarle la parte de impuestos, depreciación y reparto de utilidades.

## **4.6 Evaluación de indicadores de rentabilidad económica**

### **Evaluación Económica**

En un análisis distributivo el evaluador mide el beneficio neto del proyecto, correspondiente a cada una de las diferentes partes afectadas directa o indirectamente por él, comparando el beneficio neto de su costo de operación.

Toma en cuenta los impactos para la inversión en su conjunto, elaborando los estudios económicos del proyecto se obtiene (al menos teóricamente) el rendimiento “real” del mismo que mide el incremento neto del bienestar económico final debido a la nueva inversión dentro de la economía.

La evaluación económica integra en su análisis tanto los costos monetarios como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con las mejoras en las condiciones de vida de un grupo. Podemos hablar entonces de rentabilidad o beneficios de tipo social.

Al realizar cualquier estudio económico, uno de los primeros conceptos que se debe de analizar es el de la inversión, es decir, la aplicación de determinados fondos para la adquisición de los activos necesarios y así poner en marcha determinado proyecto; para su estudio la inversión se desglosa de la siguiente manera:

- Desarrollo de proyectos (licencias, terrenos, contratos)
- Equipos
- Instalaciones Eléctricas

- Supervisión y puesta en marcha

## **Indicadores de Rentabilidad**

Todas las empresas, a la hora de realizar su actividad empresarial tienen interés en conocer si están realizando sus operaciones adecuadamente y si están generando los beneficios esperados o por el contrario su actividad no se está llevando a cabo de manera correcta y no se alcanzan los objetivos marcados. Por ello llevan a cabo un análisis de la situación financiera a través de una serie de indicadores de rentabilidad.

Los métodos para la evaluación de proyectos se dividen en métodos que no consideran el valor del dinero en el tiempo y métodos que sí lo hacen.

Por lo que los indicadores de rentabilidad son una serie de índices que sirven a una empresa para medir la capacidad que tienen de obtener beneficios, principalmente a través de los fondos propios disponibles o del activo total con el que cuenta la empresa.

Para poder realizar el cálculo de estos índices se debe de calcular el ingreso neto y el flujo neto de efectivo durante el periodo de operación que se proyecta del proyecto que en este caso es de 20 años, así como conocer la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable para el proyecto o mejor conocida como TREMA la cual contempla el índice inflacionario más una prima de riesgo por invertir en el proyecto y la cual es del 40% para el presente trabajo considerando que es un proyecto de alta tecnología pero también de alto riesgo por lo mismo. A partir del cálculo del resultado neto económico anterior, se realizó la siguiente tabla en donde se muestra el flujo de efectivo acumulado tras 20 años de operación de las 100 estaciones solares, a partir de los ingresos anuales que se tienen por las ventas tanto de energía eléctrica como de publicidad durante el tiempo de operación que se prevé de las estaciones.

	Año	Ingreso Neto	Inversión	Flujo Neto
\$ 4,196,738	1	\$ 4,196,738	-\$ 20,574,425	\$ 23,622,313
\$ 6,461,600	2	\$ 6,461,600		\$ 70,083,913
\$ 8,871,848	3	\$ 8,871,848		\$ 118,955,761
\$ 11,405,223	4	\$ 11,405,223		\$ 170,360,984
\$ 14,067,961	5	\$ 14,067,961		\$ 224,428,945
\$ 16,866,610	6	\$ 16,866,610		\$ 281,295,555
\$ 19,808,049	7	\$ 19,808,049		\$ 341,103,604
\$ 22,899,503	8	\$ 22,899,503		\$ 404,003,107
\$ 26,148,561	9	\$ 26,148,561		\$ 470,151,668
\$ 29,563,195	10	\$ 29,563,195		\$ 539,714,863
\$ 33,151,776	11	\$ 33,151,776		\$ 612,866,639
\$ 36,923,100	12	\$ 36,923,100		\$ 689,789,739
\$ 40,886,401	13	\$ 40,886,401		\$ 770,676,140
\$ 45,051,382	14	\$ 45,051,382		\$ 855,727,522
\$ 49,428,232	15	\$ 49,428,232		\$ 945,155,754
\$ 54,027,653	16	\$ 54,027,653		\$ 1,039,183,407
\$ 58,860,885	17	\$ 58,860,885		\$ 1,138,044,292
\$ 63,939,734	18	\$ 63,939,734		\$ 1,241,984,026
\$ 69,276,600	19	\$ 69,276,600		\$ 1,351,260,626
\$ 74,884,505	20	\$ 74,884,505		\$ 1,466,145,131
	Total	\$126,455,638.34		\$1,754,553,990

Tabla 23. Resultado Neto Económico en 20 años de operación del proyecto

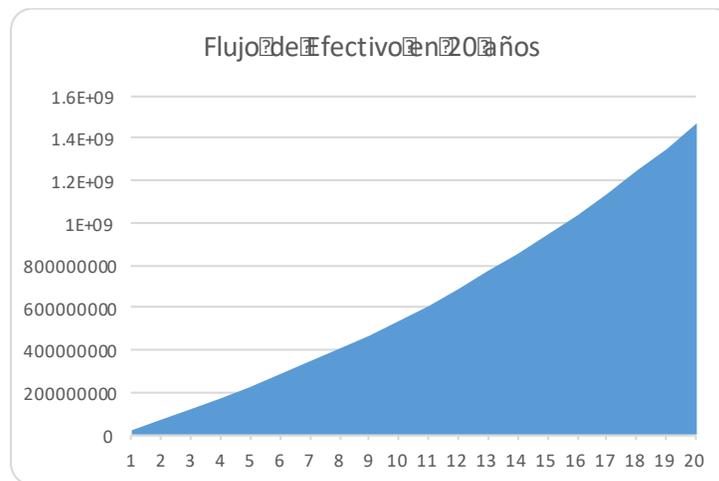


Figura 29. Flujo de efectivo proyectado a 20 años

De tal manera que calculamos nuestros índices de rentabilidad económica siguientes

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
TREMA	40%
VPN AÑO 0	\$105,881,213
TIR	220%
B/C	6.15
PR	0.51

Tabla 24. Resultado obtenido de índices financieros

## **Evaluación Financiera**

Es un conjunto de principios técnicos y procedimientos que transforman la información reflejada en los estados financieros en información procesada para conocer la rentabilidad y para la toma de decisiones económicas tales como inversiones, fusiones de empresas, concesiones de crédito.

La evaluación financiera constituye la parte final de toda secuencia de análisis de factibilidad en los proyectos de inversión, en la cual, una vez concentrada toda la información generada, se aplican métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través del tiempo, con la finalidad de medir la eficiencia de la inversión total involucrada y su probable rendimiento durante su vida útil.

De manera especial en los proyectos de carácter lucrativo la parte que corresponde a la evaluación económica es fundamental, puesto que con los resultados que de ella se obtienen se toma la decisión de llevar a cabo o no la implementación de un proyecto determinado.

### **Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable**

La Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TRMA) como se había visto anteriormente contempla el índice inflacionario más una prima de riesgo por invertir en el proyecto, la cual es del 40% para el presente trabajo considerando que es un proyecto de alta tecnología, pero también de alto riesgo es por lo mismo que se considera tan alta.

### **Tasa Media de Crecimiento Anual**

Indica el ritmo de crecimiento promedio anual de algún parámetro referencia que se quiera analizar en un período determinado. Como el proyecto contempla un horizonte de 20 años ese será nuestro tiempo final y nuestro tiempo inicial sería el año 1 en el que empieza a operar por lo tanto obtenemos de esta manera una tasa del 41.57% anual, es decir éste es el ritmo con el que crece anualmente el flujo de efectivo durante los 20 años, el cual es muy alto.

### **Valor Presente Neto**

El Valor Presente Neto (VPN) es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión, que consiste en el determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo que genera un proyecto y compara esa equivalencia

con el desembolso inicial y contempla la TRMA para comparar todas las ganancias esperadas contra los desembolsos necesarios para producir esas ganancias en el tiempo cero (presente) y se define la aceptación o rechazo del proyecto de acuerdo con criterios de aceptación. De tal manera que para el presente trabajo el VPN es **\$105,881,213.00** lo cual nos indica que el proyecto puede llegar a ser muy rentable si la parte de venta de publicidad como tanto de electricidad es llevado a cabo de la manera como se prevé.

### **Tasa Interna de Retorno**

La tasa interna de rendimiento, también conocida como tasa interna de retorno, es un indicador financiero que mide el rendimiento de los fondos que se pretenden invertir en un proyecto. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, en el cual se supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Para este caso es de 220% lo cual es muy alto a comparación de otros proyectos y con el cual podemos darnos a dar una idea de lo rentable, con respecto a la inversión inicial, que puede llegar a ser el proyecto si contemplamos un horizonte de 20 años de ejecución.

### **Relación Beneficio Costo**

La relación Beneficio-Costo es un indicador que señala la utilidad que se obtiene con el costo que representa la inversión, es decir, que por cada peso invertido cuánto dinero es lo que se gana. Para este caso dio una relación igual a 6.15, lo cual indica que por cada peso invertido se recuperan o se ganan 6.15 pesos.

### **Periodo de Recuperación**

El Periodo de Recuperación es el tiempo necesario para que los beneficios netos de un proyecto amorticen el capital invertido, su primordial utilidad es la de conocer en qué tiempo, una inversión genera los recursos suficientes para igualar el monto de la inversión inicial. Para obtenerlo es necesario obtener el flujo acumulado en el horizonte de planeación del proyecto el cual en este caso el 1er año fue en donde cambió de signo el flujo acumulado y es el que se consideró en el cálculo y también los flujos de efectivo netos hasta el 3er año pero debido a que la inversión de todo el proyecto se realiza en el año 0 es por eso que obtenemos un PR de 0.51 lo cual indica que en menos de 1 año se podría recuperar la inversión.

## **4.7 Conclusión**

A partir de la evaluación de las posibles formas de modelo de negocio que harían viable la operación de la red de estaciones solares se decidió que la forma de hacerlo posible sería por medio de la venta de publicidad y de excedente de energía eléctrica, de esta manera se realizó una proyección de ventas de espacios publicitarios que fueran variando a lo largo del año dependiendo de los periodos de mayor o menor demanda, así como de venta de energía eléctrica para su incorporación a la red de la compañía eléctrica.

Una vez teniendo esto para términos de la evaluación económica se contemplaron los costos instalación y de puesta de operación de la red, así como los costos fijos y variables de operación y de mantenimiento; con esto se hizo el cálculo del resultado neto económico y de los indicadores de rentabilidad económica para demostrar la viabilidad del proyecto en términos financieros.

## **5. Modelo de negocio**

## 5.1 Introducción

El modelo de negocio seleccionado para el presente trabajo si bien contempla que se otorgue un servicio gratuito de carga de dispositivos móviles para la población en general, contempla poder pagar los costos de instalación y de operación de cada estructura principalmente por medio de la venta de publicidad a empresas, gobiernos y particulares y en segundo término por medio de la venta de electricidad por medio de la incorporación de dicha energía de excedente a la red eléctrica a modo de Reserva Operativa y Generación Distribuida o en sitio. Para eso a partir de los costos de inversión y los de operación y mantenimiento del presente proyecto y tomando a consideración precios actuales de agencias para publicidad urbana en estaciones de metrobús como 5M2 en el que cada espacio con videowall está entre \$40,000 y \$45,000 y de la agencia de publicidad IMU con rentas de publicidad impresa para parabuses de \$9,190 más costos de impresión se realizó la siguiente tabla de rentas quincenales o con duración de 15 días para espacios de publicidad.

Tipo de Publicidad	Precio Quincenal
Pantalla LED	\$ 5,000.00
Publicidad Impresa	\$ 4,000.00
Revestimiento Estampa	\$ 5,000.00
Espacio Completo	\$ 23,000.00

Tabla 25. Tabla de precios quincenales por la venta de publicidad

Para la renta de publicidad en cada estructura existen 4 modalidades diferentes en donde los precios que se ofrecen son durante un periodo de 15 días. La primera modalidad contempla la renta de pantallas de publicidad LED de 55'' (1 por espacio) y el precio es por cada pantalla rentada y con operación continua las 24hrs, la segunda modalidad contempla la renta de publicidad impresa de alta resolución de 55'' diagonal y el precio es por cada publicidad impresa rentada, la tercera modalidad contempla a su vez el revestir toda la estructura metálica del Kiosco con estampado de plástico impreso y la cuarta modalidad contempla la renta completa del espacio incluyendo las 4 pantallas LED o publicidad impresa o ambas y el revestimiento completo de la estructura metálica del Kiosco Solar.

Además, como ya se mencionó se contempla la venta de energía eléctrica de excedente o que no se utiliza dentro de las mismas estructuras por medio de la incorporación de la energía a

baja tensión a la red eléctrica local a manera de Reserva Operativa y a manera de Generación Distribuida o en sitio que de acuerdo al Departamento de Energía de Estados Unidos de América<sup>12</sup> trae consigo los siguientes beneficios:

- Aumenta la confiabilidad de los sistemas eléctricos.
- Reduce los requerimientos de capacidad de generación para cubrir las horas pico del sistema.
- Entregan servicios de confiabilidad.
- Mejoran la calidad de suministro.
- Reducen el impacto de los usos de suelo y los costos de los derechos de vía.
- Recuden la vulnerabilidad de un sistema ante eventos de terrorismo o de falla.
- Vuelven al sistema más robusto.

Para el cual se debe de consultar el Precio Marginal Local puesto por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) que de acuerdo con lo establecido se define como el “Precio de la energía eléctrica en un nodo determinado del Sistema Eléctrico Nacional para un periodo definido, calculado de conformidad con las Reglas del Mercado y aplicable a las transacciones de energía eléctrica realizadas en el Mercado Eléctrico Mayorista. En el sitio Web del CENACE proporcionan un manual llamado “Manual Técnico para Uso de Servicios Web para Descarga de Precios Marginales Locales” y hojas de cálculo para consultar los precios marginales en cierto nodo del Sistema Eléctrico Nacional Mexicano.

En el que, ingresando los parámetros correctos del nodo de carga, en este caso, en Cuernavaca con clave 02CUE-85 localizado dentro del Centro de Control Regional Oriental obtenemos la información de acuerdo a la invocación del SW-PML de la siguiente manera.

---

<sup>12</sup> US Department of Energy.  
[https://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/1817\\_Report\\_final.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/1817_Report_final.pdf)

Elemento	Descripción
nombre	Nombre del reporte.
proceso	Proceso.
sistema	Sistema.
area	Área de publicación.
fecha	Fecha.
hora	Hora.
clv_nodo	Clave del nodo.
pml	Precio marginal local \$/MWh.
pml_ene	Componente de energía \$/MWh.
pml_per	Componente de pérdidas \$/MWh.
pml_cng	Componente de congestión \$/MWh.
status	Estado de la respuesta.

Tabla 26. Parámetros dentro de las consultas en el sistema de CENACE

Y finalmente obtenemos la información deseada de acuerdo al promedio de precio marginal de los meses de septiembre, octubre y noviembre, para la consulta que se realizó por cada mes con los archivos PML-MDA.

Nodo 02CUE-85			
Hora	Septiembre	Octubre	Noviembre
1	965.3	982.35	1695.14
2	945.46	894.4	1041.33
3	853	850.69	957.67
4	846.13	719.99	953.45
5	823.69	669.63	942.57
6	801.11	834.19	1011.51
7	727.73	977.42	1678.9
8	698.28	1075.13	1739.39
9	690.38	1157.65	1770.85
10	782.49	1261.14	1871.1
11	871.54	1300.31	1995.32
12	898.95	1358.58	1873.29
13	880.42	1416.52	1912.78
14	953.4	1385.46	1872.91
15	975.55	1335.22	1820.24
16	952.38	1407.07	1854.19
17	966.04	1412.49	1840.94
18	927.4	1441.95	1895.82
19	918.84	1356.01	1896.18
20	989.06	1387.1	2048.52
21	1050.07	1406.28	1931.72
22	1022.05	1403.3	1870.23
23	1000.28	1358.81	1749.64
24	1013.49	1289.93	1695.14
	898.0433333	1195.0675	1663.284583

PML Promedio
1252.13

Tabla 27. Precio marginal de 24 horas durante 3 meses en el nodo 02CUE-85

En el que de esta manera obtenemos un promedio PML de 1252.13 \$/MWh en el nodo de Cuernavaca.

## 5.2 Plan administrativo

Una vez que ya hemos definido el modelo de negocio a operar del presente trabajo, y se tienen se desarrollará un plan administrativo completo sobre la operación del mismo.

Antes de la puesta en operación o el primer año de operaciones del proyecto se debe de conseguir la inversión por parte del agente de financiamiento para la fabricación de la totalidad de las estaciones por medio de un tercero que se encargue de fabricar el mobiliario metálico y una vez teniendo esta parte se piensa integrar cada uno de los componentes eléctricos y electrónicos a cada una de las estaciones y realizar la instalación en su debido sitio, lo que contempla el costo total de la inversión en el año 0.

Una vez teniendo lo anterior en el primer año o de inicio de operaciones, haciendo un ejercicio se debe de contemplar de manera mensual dentro de los Costos de Operación y Mantenimiento el pago por permisos de uso del espacio público al municipio de Cuernavaca de \$2,300.00 por espacio y el pago a dos técnicos o trabajadores encargados de darle mantenimiento a cada una de las estaciones diariamente; el costo mensual contemplado de salarios por ambos trabajadores es de \$16,000.00 y de costo de renta de un espacio para la administración, operación y monitoreo de las mismas estaciones se contemplan \$15,000.00 mensuales.

Dentro del plan administrativo se contempla que el costo administrativo para la operación del proyecto sea cerca del 3% de los ingresos por publicidad y que estos a su vez tengan un crecimiento del 5% anual, de esta manera se espera que tenga el mismo crecimiento el costo administrativo, durante el periodo del proyecto, debido a la creación de nuevos puestos de empleo como se muestra en la siguiente tabla.

	Año	Administración
	0	
	1	\$ 1,452,000
	2	\$ 1,524,600
	3	\$ 1,600,830
	4	\$ 1,680,872
	5	\$ 1,764,915
	6	\$ 1,853,161
	7	\$ 1,945,819
	8	\$ 2,043,110
	9	\$ 2,145,265
	10	\$ 2,252,529
	11	\$ 2,365,155
	12	\$ 2,483,413
	13	\$ 2,607,583
	14	\$ 2,737,963
	15	\$ 2,874,861
	16	\$ 3,018,604
	17	\$ 3,169,534
	18	\$ 3,328,011
	19	\$ 3,494,411
	20	\$ 3,669,132

Tabla 28. Costos administrativos durante la operación del proyecto

Como se puede observar al año 0 no se espera tener costos administrativos sino hasta el año 1 en donde empieza la operación del presente trabajo y en el que se contemplan costos administrativos por \$1,452,000 repartidos en los siguientes puestos de trabajo, sueldos y salarios administrativos

	Puesto	Salario Mensual
	Director de Operaciones	\$ 18,000.00
	Director A. Técnica	\$ 18,000.00
	Director de Finanzas	\$ 17,000.00
	Gerente de Ventas	\$ 12,000.00
	Contador 1	\$ 8,000.00
	Contador 2	\$ 8,000.00
	Publicista	\$ 16,000.00
	Agente de Ventas 1	\$ 8,000.00
	Agente de Ventas 2	\$ 8,000.00
	Agente Línea T. 1	\$ 8,000.00
	Nómina Anualizada	\$ 1,452,000.00

Tabla 29. Puestos y salarios/sueldos administrativos para el primer año

Como se observa en la tabla anterior dentro de los costos administrativos se pretende contar con un Director de Operaciones el cual se encargue de coordinar las operaciones de cada una de las áreas del presente trabajo, de coordinar que el área técnica, de mantenimiento, administrativa y el área de publicidad aseguren el óptimo funcionamiento de las estaciones con el constante despliegue de publicidad y a su vez de coordinar la parte administrativa que llevan la nómina de los ingresos y egresos, del pago de sueldos y salarios y el pago a inversionistas. Se pretende tener un director del Área Técnica que se encargue de coordinar que la instalación y puesta en marcha de las 100 estaciones se lleve de acuerdo a lo planeado, que cada uno de los componentes de cada estación operen de manera adecuada, así como del óptimo funcionamiento del despliegue de la publicidad en cada uno de los espacios publicitarios y su correspondiente mantenimiento de manera periódica.

Un Director de finanzas quien se encargue de coordinar la parte administrativa y financiera a través de un Gerente de Ventas quien se encargue de lograr los objetivos planteados de venta de publicidad expuestos en capítulos anteriores, a través de dos contadores quienes realicen y lleven al corriente las cuentas fiscales y de pago por uso de espacio al municipio, un publicista quien se encargue de diseñar la publicidad que será desplegada quincenalmente en los espacios publicitarios, dos agentes de ventas quienes se encarguen de diseñar la estrategia de venta de dichos espacios publicitarios de manera quincenal en cada una de las estaciones a gobiernos y empresas de carácter público y privado y por último un agente operador de línea telefónica quien se encargue de recibir llamadas y levantar la venta o prestación del servicio para cada uno de los espacios publicitarios.

### **5.3 Plan financiero**

A continuación, se describe el plan financiero en donde se describe la relación de los ingresos generados a partir de la venta de electricidad y de publicidad, los CO&M y costos administrativos, con respecto a los ingresos netos generados a lo largo de los primeros 3 años y al año 20 (el último año) de operación del presente trabajo.

Ya que como se describe en anteriores capítulos la inversión al año 0 que se debe realizar antes del comienzo de operaciones del proyecto es de \$20,574,425MXN que contempla inversión en la fabricación de los módulos o estaciones inteligentes y en su instalación en

cada uno de sus correspondientes sitios y es por eso que al año 0 la inversión se toma de signo negativo ya que representa la única salida de efectivo para ese año.

Año	Ingreso Neto	Inversión
0		-\$20,574,425

Tabla 30. Inversión al año 0

Posteriormente se contemplan las finanzas para el año 1, el cual sería formalmente el año de inicio de operaciones del proyecto en donde se empiezan a tomar en cuenta para el cálculo financiero, los kilowatt-hora generados a partir de los 600 paneles del total de estaciones que se restan de los kilowatt-hora consumidos a partir de la carga que representa el uso de puertos USB de 2,628,000 usuarios al año (72 usuarios al día por estación) y de la carga de los demás componentes dentro de cada estación a partir de esto se realiza el cálculo de ingresos de Net Metering como se observó en el capítulo anterior. Además, para el cálculo financiero también se deben sumar los ingresos por venta de publicidad durante 12 meses y a este resultado se le debe descontar los costos O&M y costos de administración involucrados para obtener nuestro ingreso neto.

Año	kWh generado	Usuarios año	Consumo kwh	Excedente kwh	pml\$/kwh	Ingreso Net Metering	Ingreso por Publicidad	Costo O&M	Administración	Ingreso Neto	Año	Ingreso Neto
1	42,105.11	2,628,000	67,170.00	74,935	1.2521	\$19,041.82	\$8,400,000	\$2,970,304	\$1,452,000	\$4,196,738	1	\$4,196,738

Tabla 31. Cálculo del ingreso neto del primer año

De la misma manera se proceden con los cálculos correspondientes para cada año y en la siguiente tabla podemos observar el resumen de estos mismos cálculos para los tres primeros años de operación del proyecto en el que se tiene un aumento progresivo en los ingresos netos

1	42,105.11	2,628,000	67,170.00	74,935	1.2521	\$19,041.82	\$8,400,000	\$2,970,304	\$1,452,000	\$4,196,738
2	42,105.11	2,628,000	67,170.00	74,935	1.2521	\$25,613.07	\$0,820,000	\$3,059,413	\$1,524,600	\$6,461,600
3	42,105.11	2,628,000	67,170.00	74,935	1.2521	\$32,381.46	\$3,361,000	\$3,151,196	\$1,570,338	\$8,871,848

Tabla 32. Cálculo del ingreso neto del primer al tercer año de operaciones

Y de esta manera si continuamos en los cálculos podemos calcular el ingreso neto para el año 20, como se muestra en la siguiente tabla

20	42,105.11	2,628,000	67,170.00	74,935	1.2521	\$72,904.03	\$16,480,371	\$5,056,744	\$2,519,932	\$109,276,600
	42,105.11	2,628,000	67,170.00	74,935	1.2521	\$84,091.15	\$22,304,389	\$5,208,446	\$2,595,529	\$114,884,505

Tabla 33. Cálculo del ingreso neto del último año de operaciones

Por último, se obtiene el flujo neto para los tres primeros años a partir de sumar el ingreso neto del año 1 con la inversión con signo negativo en el año 0 y luego este resultado se suma con el ingreso neto al año 2 y posteriormente este otro resultado con el ingreso neto al año 3.

	Año	Ingreso Neto	Inversión	Flujo Neto
	0		-\$ 20,574,425	
	1	\$ 24,196,738		\$ 23,622,313
	2	\$ 26,461,600		\$ 20,083,913
	3	\$ 28,871,848		\$ 118,955,761

Tabla 34. Cálculo del flujo neto del primer al tercer año de operaciones

Y de la misma manera se realizan los cálculos hasta el año 20 en donde obtenemos el flujo neto total durante toda la vida de operación del presente ejercicio.

	20	\$ 14,884,505		\$ 1,466,145,131
--	----	---------------	--	------------------

Tabla 35. Cálculo del flujo neto del último año de operaciones

## 5.4 Opciones de financiamiento

### Fondo Público de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Dentro de esta categoría están los Fondos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el que cuentan con varios fondos de acuerdo a quienes conforman las partes que brindan el apoyo económico y de acuerdo a los objetivos y necesidades de desarrollo del proyecto<sup>13</sup>.

#### -Fondos Mixtos

Es un fondo a través de un fideicomiso constituido con aportaciones del Gobierno Estatal o Municipal y el Gobierno Federal a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y lo hay en cada uno de los estados de la República Mexicana. Con el fin de apoyar proyectos científicos-tecnológicos y de innovación que atiendan problemas, necesidades y que contribuyan al desarrollo económico y social sustentable. Y va dirigido a las universidades e instituciones de educación superior públicas y particulares, centros, laboratorios, empresas

<sup>13</sup> <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/fondos-y-apoyos>

públicas y privadas y demás personas que se encuentren inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas que puedan brindar soluciones científicas y/o tecnológicas a las problemáticas de cada estado o municipio.

#### -Fondos Institucionales

Dentro de esta categoría existen 4 fondos diferentes del CONACYT siendo 3 de ellas las más apegadas al tipo de desarrollo tecnológico del presente trabajo:

##### 1. Fondo Institucional del CONACYT (FOINS)

Cuyo objetivo es otorgar apoyos y financiamientos para actividades directamente vinculadas al desarrollo de la investigación científica y tecnológica, además de otorgar becas y apoyar la formación de recursos humanos especializados y apoyar la realización de proyectos específicos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación y el registro nacional e internacional de los derechos de propiedad intelectual que se generen.

##### 2. Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología del CONACYT (FONCICYT)

Este fondo fue creado para atender las actividades de la agenda internacional que permitan crear y fortalecer las relaciones de México con sus principales socios en el plano de la ciencia, la tecnología y la innovación y al mismo tiempo los apoyos deben de contener elementos de colaboración y/o vinculación internacional. Dentro de este fondo existen diferentes modalidades de acuerdo a los objetivos planteados del proyecto.

##### 3. Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT)

Con este fondo se busca promover acciones científicas, tecnológicas y de innovación, así como la formación de recursos humanos de alto nivel que contribuyan al desarrollo regional, a la colaboración e integración de las regiones del país y al fortalecimiento de los sistemas regionales de ciencia, tecnología e innovación.

#### -Fondos sectoriales

Son fideicomisos del CONACYT en conjunto con Dependencia y Entidades constituyen con el objeto de destinar recursos en el desarrollo científico y tecnológico en el ámbito sectorial al que corresponda el proyecto o desarrollo. Y de la misma manera va dirigido a las

universidades e instituciones de educación superior públicas y particulares, centros, laboratorios, empresas públicas y privadas y demás personas que se encuentren inscritas en el RENIECYT que puedan brindar soluciones científicas y/o tecnológicas a las problemáticas de cada sector.

#### -Programa de Estímulo a la Innovación

Es un programa de apoyo del CONACYT para empresas que invierten en proyectos de investigación, desarrollo de tecnología e innovación dirigidos al desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios través del otorgamiento de estímulos complementarios, de tal forma que estos apoyos tengan el mayor impacto posible sobre la competitividad de la economía nacional. Las empresas deben de estar vinculadas al que puedan estar vinculadas al RENIECYT y que realicen actividades de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (IDTI) en el país, de manera individual o en vinculación con Instituciones de Educación Superior públicas o privadas nacionales (IES) y/o Centros e Institutos de Investigación públicos nacionales (CI).

### **Fondos Privados**

#### Fondos de capital privado

Los fondos de capital privado en general son empresas gestionadas por administradores dedicados a invertir recursos de terceros (individuos, familias o inversores institucionales, como fondos de pensión o bancos de desarrollo) en compañías privadas donde detectan un alto potencial de crecimiento y, por lo tanto, un enorme retorno para su inversión o el mayor rendimiento posible en el largo plazo. Un ejemplo de este tipo de institución es AMEXCAP la cual invierte capital en negocios en etapa de arranque, desarrollo o consolidación de acuerdo el caso.

#### -Inversionista Privado

Es una persona moral que busca oportunidades de invertir su dinero en ideas que puedan hacer crecer de manera rápida y casi segura su inversión. Asumen un riesgo compartido junto con los desarrolladores de la idea o propuesta, pero buscan tener sus ganancias a partir de dos modalidades:

Dividendos: utilidades que las empresas generan a través de su actividad productiva. Estas ganancias se pueden repartir de manera trimestral, semestral o anual. Depende de cada empresa la periodicidad con que se entrega esta rentabilidad a los accionistas.

Ganancia de capital: es la diferencia de precio que se genera entre el precio de compra y el precio de venta de una acción. Cuando la acción se vende a un precio mayor del cual se pagó por ella, se genera esta ganancia.

**-Inversionista Ángeles**

asociaciones o clubes de inversionistas que buscan negocios o ideas potenciales para invertir su capital en el crecimiento o surgimiento de nuevas empresas o en el éxito de grandes ideas. Una buena opción en nuestro país puede ser Angel Ventures México. Esta organización cuenta con inversionistas ángeles enfocados a buscar emprendedores o proyectos productivos en marcha, que requieran una capitalización de entre 2 y 20 millones de pesos.

**5.5 Análisis de rentabilidad**

VALUACIÓN ECONÓMICA	
TREMA	40%
VPN/AÑO	\$105,881,213
TIR	220%
B/C	6.15
PR	0.51

Tabla 36. Índices de rentabilidad asociados al proyecto

Por último se realiza un análisis de rentabilidad de tal manera que para el presente trabajo el VPN es **\$105,881,213.00** lo cual nos indica que el proyecto puede llegar a ser muy rentable si la parte de venta de publicidad como tanto de electricidad es llevado a cabo de la manera como se prevé.

Debido a que la tasa interna de rendimiento o de retorno, es un indicador financiero que mide el rendimiento de los fondos que se pretenden invertir en un proyecto. Para este caso es de **220%** lo cual es muy alto a comparación de otros proyectos y puede darnos una idea de lo rentable, con respecto a la inversión inicial, que puede llegar a ser el proyecto si contemplamos un horizonte de 20 años de ejecución. La relación Beneficio-Costo para este caso dio una relación igual a **6.15**, lo cual indica que por cada peso invertido se recuperan o

se ganan 6.15 pesos. Y el Periodo de Recuperación de este proyecto es de **medio año**, lo cual es muy bueno ya que en este tiempo se recuperan todos los costos involucrados tras el inicio de operaciones del proyecto. Y se obtuvo de contemplar el flujo acumulado en el horizonte de planeación del proyecto el cual en este caso el 1er año fue en donde cambió de signo el flujo acumulado y es el que se consideró en el cálculo y también los flujos de efectivo netos hasta el 3er año, debido a que la inversión de todo el proyecto se realiza en el año 0.

## **5.6 Conclusión**

Como parte del plan de negocios desarrolló el plan administrativo que evalúa la cantidad y el salario de trabajadores y el sueldo de administrativos que se requieren para puesta en operación y el buen funcionamiento a lo largo de los 20 años de vida del proyecto y en el plan financiero se detalla el flujo neto e ingresos totales que se tienen una vez habiendo descontado la totalidad de los costos fijos y variables y de la inversión en el año 0. Así mismo se proponen las diferentes maneras de financiamiento posibles para este proyecto, pero no se detalla cuál de estas sería la mejor, debido a que cualquiera de ellas está dentro de las posibilidades y eso dependerá de la decisión de los dueños del proyecto.

## **Capítulo 6. Conclusión**

En México existe un enorme potencial energético por delante que debemos de aprovechar, ya que contamos con una insolación promedio anual equivalente cercana a  $5\text{KWh/m}^2$ ; a comparación de países que se encuentran más cercanos a los hemisferios árticos, es mucho lo que podemos llegar a aprovechar de nuestra estrella el sol, para poder hacer crecer a nuestro país como una nación cuya economía este basada en el aprovechamiento de la energía solar la cual es gratuita y nos llega en enormes cantidades, en algunas regiones más que otras, a lo largo de todo el territorio nacional. Para el caso del presente trabajo se consideró una opción viable como sede del proyecto a la ciudad de Cuernavaca en el estado de Morelos ya que después de varias ciudades del norte del país, Cuernavaca cuenta con un alto índice de insolación (cerca de  $6\text{kW/m}^2$ ) el cual influye en el buen clima y en su biodiversidad de flora y fauna en ecosistemas locales, además de que es una de las ciudades capitales más cercanas a CDMX lo cual propicia a que sea una ciudad turística y habitada una gran parte por capitalinos que tienen ahí sus casas de fin de semana o incluso para trasladarse todos los días después de haber cumplido una jornada laboral en CDMX en donde normalmente se encuentran sus trabajos.

A pesar de que las celdas fotovoltaicas ya tienen más de cincuenta años desde la primera vez que se logró patentar la tecnología, no hemos alcanzado el grado de desarrollo y de masificación de dicha tecnología debido a varios factores e intereses tanto económicos como políticos que han impedido su uso generalizado, ya que al incentivar a otras tecnologías de generación de energía eléctrica por medio de la combustión de combustibles fósiles como el carbón, el gas, el carbón y el petróleo por medio del respaldo económico e incentivos fiscales para la construcción de nuevas centrales, reducción de impuestos y una serie de incentivos económicos; es como han logrado desincentivar el ritmo de desarrollo y generalización de las celdas fotovoltaicas al no permitir que sea tan accesible la tecnología que cualquier nación, empresa o individuo pueda instalar una planta solar ya sea grande o chica, para calefacción de agua o para generar electricidad, en su propiedad.

Como se puede observar lo que se pretende con el presente trabajo es poder aprovechar la energía eléctrica generada y acondicionada por el conjunto de componentes del sistema de paneles fotovoltaicos, baterías, controladores de carga e inversores para brindar una carga gratuita a los dispositivos móviles de la ciudadanía en general de alguna ciudad dentro del territorio nacional, pero para el presente trabajo y de manera específica para la población en general de la ciudad de Cuernavaca que transita en carro, espera el camión o simplemente

caminan por alguna avenida principal de la Ciudad de Cuernavaca; pero además para poder ofrecer servicios de conectividad por Wi-Fi gratuitos de manera que carguen su celular de una manera sustentable y en la que se resuelve una necesidad de segundo plano ya que hoy en día, en pleno siglo XXI el celular se ha vuelto una herramienta necesaria para muchas personas que lo utilizan en cualquier momento a lo largo de su día, de acuerdo con un informe (CISCO, 2013) en 2017 habría cerca de 19,000 millones de dispositivos conectados a la red de internet. Así mismo se tiene contemplado que el remanente energético que se tenga después de alimentar a los dispositivos móviles de las personas como a cada uno de los componentes del sistema será para ser vendido a precio marginal del nodo de Cuernavaca por medio de la interconexión a 127V y a 60Hz a la red eléctrica para ser utilizados de manera local o en sitio por las colonias aledañas.

La manera cómo se pretende poder llevar esto a cabo de tal manera que pueda ser económicamente viable para poder seguir instalando mayor cantidad de estructuras solares y continuar tras el desarrollo e innovación de las mismas, no es de manera preponderante por medio de la venta de energía eléctrica ya que esta solo alcanzaría para pagar sueldos a empleados que garanticen la correcta operación de las mismas; sino que es por medio de la venta de publicidad en estos mismos espacios. De tal manera que como otras empresas que brindan servicios gratuitos y lucran a través de la venta de publicidad, el presente trabajo también pretende poder operar por medio de ofrecer el despliegue de anuncios publicitarios tanto digitales como impresos en las 100 estructuras solares instaladas a lo largo de las avenidas principales.

Debido a las características y ventajas en el ahorro de emisiones de contaminantes a la atmósfera que las estructuras solares representan es por eso que en el presente trabajo se decidió hacer dentro de la evaluación financiera una proyección, dentro de los 20 años de operación de la planta, que contempla los bajos costos de operación y mantenimiento que representan las estructuras, los costos tras la instalación en el año 0 y el **100%** de la venta de los espacios publicitarios con precios quincenales de manera que se piensa que pueda ser un atractivo o aliciente para que empresas o gobierno se interesen en tener anuncios publicitarios en espacios sustentables o libres de emisiones de contaminantes, en donde además quieran ofrecer un espacio gratuito de carga para la población y de esta manera cumplir sus metas de empresas socialmente responsables y de igual manera contribuir con la disminución de los

efectos del Calentamiento Global que de manera evidente están teniendo ya su impacto en todo el mundo.

Ya que el impacto que el proyecto tendría, como se observó, en la disminución de gases de efecto invernadero sería de manera significativa el ahorro de ciento de toneladas equivalentes como sustitución de cierto tipos de tecnologías contaminantes en nuestro país como los Ciclos Combinados, Termoeléctricas, Carboeléctricas y Lechofluidizado, tecnologías que se espera sigan teniendo un gran impacto ambiental en los próximos 20 años de acuerdo al horizonte previsto en el PRODESEN de la Secretaria de Energía.

Es por eso la importancia de la innovación y el desarrollo de nuevos proyectos, como el presente, cada vez más grandes en extensión, pero también en impacto que basen su funcionamiento en el aprovechamiento de la energía solar por medio de celdas fotovoltaicas, calentadores solares o concentradores solares. Ya que de esta manera se logra abaratar los costos que implican la instalación de una nueva planta solar y se logra dar un paso en la concientización tanto de los ciudadanos, como empresas y gobierno de la importancia de este tipo de proyectos principalmente para el medio ambiente pero también para el desarrollo y el crecimiento económico nacional.

## **Referencias**

Ricardo, empresario de grupo publicitario mex  
Juana Álvarez, trabajadora de grupo 5M2  
Ing. José de Jesús Quiñones Aguilar, Estación Solarimétrica y Meteorológica (ESOLMET)

## **Bibliografía**

Schoijet, Mauricio (2002). La historia de la Energía, (20 de septiembre de 2017), Elementos, <http://www.elementos.buap.mx/num45/htm/51.htm>  
López Vieyra Juan Carlos (1997). Teoría del Efecto Fotoeléctrico de Einstein , (20 de septiembre 2017), Instituto de Investigaciones Nucleares UNAM, <http://www.nucleares.unam.mx/~vieyra/node11.html>  
s/a (2009). NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables, (1 de octubre 2017), Atmospheric Science Data Center, <https://eosweb.larc.nasa.gov>  
Perlin John (2014). The Invention of the Solar Cell, (7 de septiembre 2017), Popular Science, <http://www.popsci.com/article/science/invention-solar-cell>  
Econotecnia (2014). Historia de los Paneles Solares, (7 de septiembre 2017), <http://econotecnia.com/historia-de-los-paneles-solares.html>

Econotecnia (2014). Radiación Solar, (15 de septiembre 2017), <http://econotecnia.com/radiacion-solar.html>

Sebastián, Eliseo (2016). Hora Solar Pico, (20 de septiembre de 2017), <http://eliseosebastian.com/hora-solar-pico-uso-en-paneles-solares-fotovoltaicos/>

s/a (2012). Price of Crystalline Silicon Photovoltaic Cells, (20 de septiembre de 2017), Bloomberg New Energy Finance, <https://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2012/12/daily-chart-19>

R. Landau (2001). Optimum Tilt of Solar Panels, (15 de octubre de 2017) <http://www.solarpaneltilt.com/>

s/a (s/A). Indicadores de Rentabilidad, (26 de octubre de 2017), My Triple A, <https://www.mytriplea.com/diccionario-financiero/indicadores-de-rentabilidad/>

s/a (2015). Precios Marginales Locales, (20 de noviembre de 2017), CENACE, <http://www.cenace.gob.mx/SIM/VISTA/REPORTES/PreEnergiaSisMEM.aspx>

s/a (2017). Manual Técnico para Uso de Servicios Web para Descarga de Precios Marginales Locales, (28 de noviembre de 2017), CENACE, <http://www.cenace.gob.mx/DocsMEM/11.2%20Manual%20para%20Uso%20WS-PML%20v2017-11-21%20vf.pdf>

s/a (2017). Mercado Operación, Nodos P, (28 de noviembre de 2017), CENACE, <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MercadoOperacion/NodosP.aspx>

SENER. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017-2031

Lechuga Xoconostle Pablo, Llanos Rivas Rogelio. Viabilidad Técnica y Económica de un Sistema de Autoabastecimiento Eléctrico para un Supermercado con Base en Generación Solar Fotovoltaica. UNAM Facultad de Ingeniería

## Anexos

Mes	Insolación [kWh/m <sup>2</sup> ]	Generación por día [kWh]	Días	Generación por meses [kWh]	Generación Sistema [kWh]	Consumo estaciones [kWh]	Remanente Energético [kWh]	Ingresos [MXN]
Enero	4.86	7.583	31	235.08	23,508.33	4,198.00	9,310.33	\$11,657.76
Febrero	4.44	6.933	28	194.13	19,413.33	2,824.00	6,589.33	\$8,250.71
Marzo	6.61	10.313	31	319.71	31,971.33	4,198.00	17,773.33	\$22,254.56
Abril	6.89	10.747	30	322.40	32,240.00	3,740.00	18,500.00	\$23,164.44
Mayo	6.42	10.010	31	310.31	31,031.00	4,198.00	16,833.00	\$21,077.13
Junio	5.72	8.927	30	267.80	26,780.00	3,740.00	13,040.00	\$16,327.80
Julio	6.47	10.097	31	313.00	31,299.67	4,198.00	17,101.67	\$21,413.54
Agosto	9.22	14.387	31	445.99	44,598.67	4,198.00	30,400.67	\$38,065.64
Septiembre	5.81	9.057	30	271.70	27,170.00	3,740.00	13,430.00	\$16,816.13
Octubre	4.81	7.497	31	232.40	23,239.67	4,198.00	9,041.67	\$11,321.36
Noviembre	4.97	7.757	30	232.70	23,270.00	3,740.00	9,530.00	\$11,932.82
Diciembre	4.89	8.898	31	275.83	27,583.11	4,198.00	13,385.11	\$16,759.92
			365			67,170.00	174,935.11	\$219,041.82
HSP Anual	5.93			Generación por día	<b>342,105.11</b>	KWh/año		
				Total	<b>342.11</b>	MWh/año		

	Precio Marginal			
	Nodo CUE-85			
	Hora	Septiembre	Octubre	Noviembre
	1	965.3	982.35	1695.14
	2	945.46	894.4	1041.33
	3	853	850.69	957.67
	4	846.13	719.99	953.45
	5	823.69	669.63	942.57
	6	801.11	834.19	1011.51
	7	727.73	977.42	1678.9
	8	698.28	1075.13	1739.39
	9	690.38	1157.65	1770.85
	10	782.49	1261.14	1871.1
	11	871.54	1300.31	1995.32
	12	898.95	1358.58	1873.29
	13	880.42	1416.52	1912.78
	14	953.4	1385.46	1872.91
	15	975.55	1335.22	1820.24
	16	952.38	1407.07	1854.19
	17	966.04	1412.49	1840.94
	18	927.4	1441.95	1895.82
	19	918.84	1356.01	1896.18
	20	989.06	1387.1	2048.52
	21	1050.07	1406.28	1931.72
	22	1022.05	1403.3	1870.23
	23	1000.28	1358.81	1749.64
	24	1013.49	1289.93	1695.14
		898.04	1195.07	1663.28
		PML Promedio		
			1252.13	\$/MWh
			1.2521	\$/KWh

De acuerdo con los artículos 113 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Morelos y 2 de la Ley Orgánica Municipal del Estado de Morelos.

Que el numeral 115, fracción II, párrafo segundo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que los Ayuntamientos tendrán facultades para aprobar de acuerdo con las leyes en materia municipal que deberán expedir las legislaturas de los Estados, los reglamentos, que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal; lo anterior, en relación a lo señalado por el artículo 38, fracción III de la Ley Orgánica Municipal del Estado de Morelos, que determina que los Ayuntamientos estarán facultados para expedir los reglamentos, de acuerdo con la fracción LX, que determina que los mismos proveerán en la esfera administrativa todo lo necesario para el mejor desempeño de las funciones que le competen.

Que el Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012, dispone en el numeral 13.13. el Programa denominado “Turismo y Fomento Económico” y este a su vez en el número 13.13.1. del

subprograma llamado “Desarrollo Turístico”, dicho subprograma tiene como estrategias entre otras las siguientes: la mejora de la imagen visual creando operativos para retirar publicidad y propaganda, contribuir al estudio y salvaguarda del patrimonio monumental, con una función de utilidad para la sociedad que genere un ambiente de convivencia ciudadana para propiciar una mayor afluencia de visitantes al Municipio.

Que el Reglamento de Anuncios que actualmente se encuentra vigente en el Municipio, fue publicado en el periódico oficial “Tierra y Libertad”, número 4387 de fecha 13 de abril del año dos mil cinco, sin que al día de hoy haya sufrido alguna actualización; por lo citado en párrafos anteriores, es necesario que este Ayuntamiento renueve su reglamentación, ya que lo normado hace seis años, ya no satisface las necesidades actuales, por ello consideramos procedente realizar una nueva reglamentación en materia de anuncios que abrogue la citada en líneas que preceden, en virtud de que la ciudad de Cuernavaca en los últimos años, se ha visto inmersa en una modificación radical en el contexto de su entorno, ya que la misma ha dejado de proyectar a sus habitantes y visitantes un paisaje acorde con las características geográficas, climatológicas, culturales y recreativas que ésta promueve, puesto que la contaminación visual que existe en el municipio ha deteriorado la imagen urbana del mismo

Que el término ciudad, según Jan Bazant S. en su “Manual de diseño urbano”, debemos entenderlo como el espacio público, que plantea el desarrollo de funciones meramente sociales y públicas en donde se llevan a cabo las relaciones cotidianas, como caminar, comprar productos, utilizar los servicios de entretenimiento, etc., en donde se presentan todo tipo de anuncios publicitarios, indicaciones de información y señalamientos viales, los cuales constituyen los símbolos que se requieren, para el desarrollo de las actividades en los espacios públicos; es a partir de estos elementos que los habitantes de la ciudad se forman la imagen de la ciudad.

Que al hablar de imagen de la ciudad nos referimos a la imagen urbana como el conjunto de elementos naturales y artificiales que constituyen una ciudad y que forman el marco visual de sus habitantes y visitantes, tales como: colinas, ríos, bosques, edificios, calles, plazas, parques, anuncios, etc.; por ello la imagen urbana es la fisonomía de los pueblos y de las ciudades, pues muestra además la historia de la población, es decir, es la presencia viva de los hechos y los sucesos de una localidad en el tiempo. Por lo que el tratamiento adecuado

de cada uno y la relación armoniosa entre ellos lograrán una imagen ordenada y agradable de la ciudad de Cuernavaca y que en conclusión, la imagen urbana es la expresión de la totalidad de las características de la ciudad y de su población.

Entre los principales factores que constituyen una amenaza permanente para este Municipio se encuentran: la comercialización y la especulación inmobiliaria; los cambios de uso de suelo y de la edificación; el aumento en las actividades comerciales; la concentración vehicular, la contaminación resultante y el caos visual por la señalización comercial, por citar las más importantes.

Que la problemática que actualmente presenta nuestra ciudad de Cuernavaca en términos de su imagen urbana, se puede desglosar en varios aspectos, entre los que destacan, los siguientes:

- La saturación de anuncios publicitarios;
- La generación de estrés perceptivo en los ciudadanos o visitantes, debido a la enorme cantidad de estímulos visuales que perciben a diario o durante su estancia en la ciudad.
- La invasión del espacio aéreo por anuncios auto soportados (espectaculares y antenas) que debido a sus dimensiones y tipologías provocan en el entorno urbano la fractura de la traza, del perfil urbano y de la morfología arquitectónica.
- La invasión del espacio público por anuncios de negocios y espectaculares.
- La colocación de mobiliario urbano con publicidad integrada aprovechando el espacio a partir de las vialidades, con una insuficiente regulación y control del uso y aprovechamiento, lo que ha propiciado la proliferación indiscriminada de publicidad y de anuncios auto soportados, que deterioran significativamente la imagen urbana;
- La ineficacia de una reglamentación municipal, que norme adecuadamente los elementos que estructuran la ciudad, así como la utilización del espacio, entre otras.

Que los integrantes las Comisiones Gobernación y Reglamentos; de Hacienda, Planeación y Presupuesto; de Planificación y Desarrollo, de Desarrollo Urbano, Vivienda y Obras Públicas y de Servicios Públicos Municipales, en Comisiones Unidas, coinciden que la publicidad visual exterior es un elemento indispensable para la actividad comercial de cualquier ciudad, pero que debe de realizarse en estricto apego a la normatividad vigente y procurar que se

efectúe de manera ordenada, evitando con ello el deterioro del medio ambiente y el mejoramiento de la imagen urbana, así como impulsar la participación ciudadana a efecto de que si bien es cierto que la autoridad administrativa es la responsable de regular los trámites y servicios que la misma presta, también lo es que debe de generar políticas públicas que inciten a los habitantes a acudir a ésta para regularizarse y actuar conforme al marco normativo vigente.

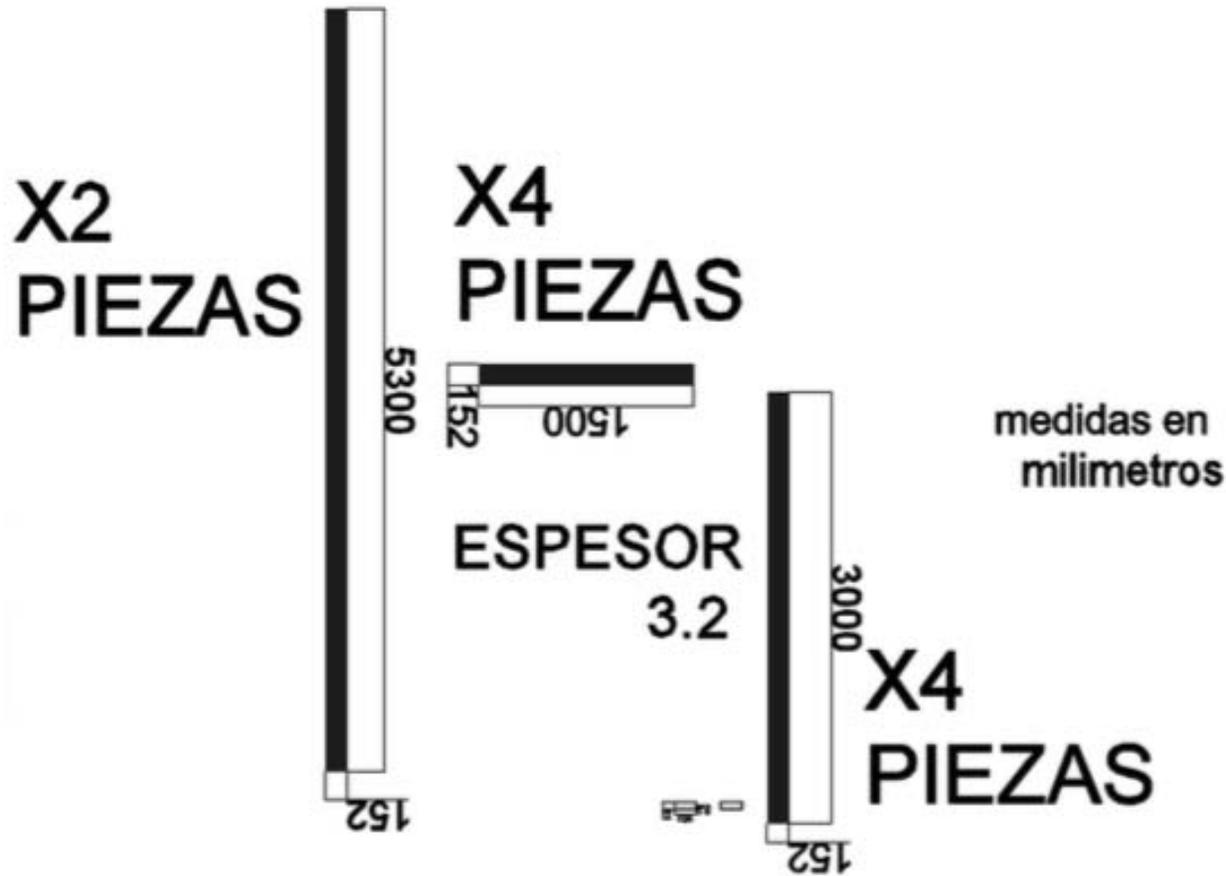
En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 101 del Reglamento de Gobierno y Administración del Ayuntamiento de Cuernavaca, las Comisiones de Gobernación y Reglamentos; de Hacienda, Planeación y Presupuesto; de Planificación y Desarrollo, de Desarrollo Urbano, Vivienda y Obras Públicas, y de Servicios Públicos Municipales, en Comisiones unidas presentaron el “Reglamento de Anuncios del Municipio de Cuernavaca, Morelos”,

El cual tiene por objeto entre otras cuestiones lo siguiente:

- Mejorar la regulación en materia de anuncios dentro del Municipio, transparentando los trámites para disminuir la discrecionalidad en los mismos;
- Coadyuvar al embellecimiento de la imagen de la ciudad, gracias a la mejora regulatoria en dicha materia;
- Fortalecer el principio de buena fe por parte de la autoridad municipal hacia la ciudadanía;
- La unificación de anuncios en un mismo predio, para mejorar la imagen urbana;
- Diferenciar los anuncios denominativos de los comerciales, con la finalidad de que el particular pueda obtener el permiso para la colocación de anuncios denominativos en el mismo trámite de la licencia de funcionamiento. Y, en caso de los anuncios comerciales, sea la misma Secretaría que autorice la estructura del anuncio la que otorgue la licencia del mismo, con el propósito de simplificar los trámites.
- Crear la Dirección de Anuncios Comerciales con la finalidad de concentrar en una sola dependencia los trámites relativos a los anuncios comerciales.
- Garantizar la gratuidad de los anuncios denominativos para el estímulo del comercio y en beneficio de las PYMES;

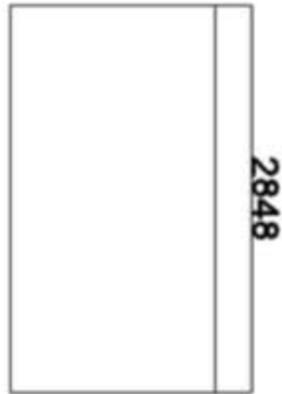
- Implementar la responsabilidad civil solidaria, con lo que se garantiza el cumplimiento y observancia de la reglamentación en cuestión, en relación con terceros;
- Crear el padrón de anunciantes con un número único de registro;
- Impulsar la denuncia ciudadana;
- Simplificar y aclarar los trámites necesarios para obtener la licencia para la colocación de anuncios y permitir que el ciudadano se regularice;
- Crear un “formato único” en donde se establecen todas las características del anuncio que se pretende fijar con el objeto de agilizar el trámite;
- Crear la Cartelera Cultural, la cual tiene como objetivo el uso del mobiliario urbano para difundir únicamente eventos culturales;
- Crear el “Comité de Anuncios” el cual es el órgano máximo colegiado encargado de deliberar, normalizar, autorizar o negar la instalación o colocación de anuncios comerciales y de aquellos que por sus características especiales sean sometidos a su consideración.

# PTR

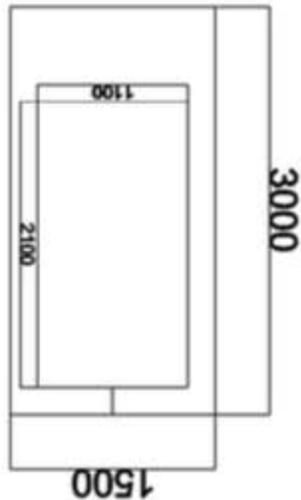


<b>Estructura Principal</b>	
Proyecto: Edición Date:	
15/Marzo/2019	<b>1</b>
En milímetros      Alejandro Orrego	
1:1	

# LÁMINA FRÍA



X2  
PIEZAS



ESPESOR  
3.048

X2  
PIEZAS

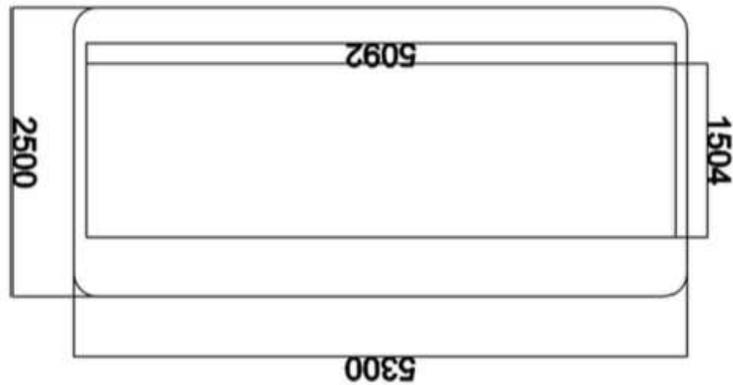
medidas en  
milímetros

Tapas  
Laterales



Auto	Auto
15/05/2019	
Edificio Solar	Alfredo Crego
Auto	2
1.1	

# PLACA DE HOJA



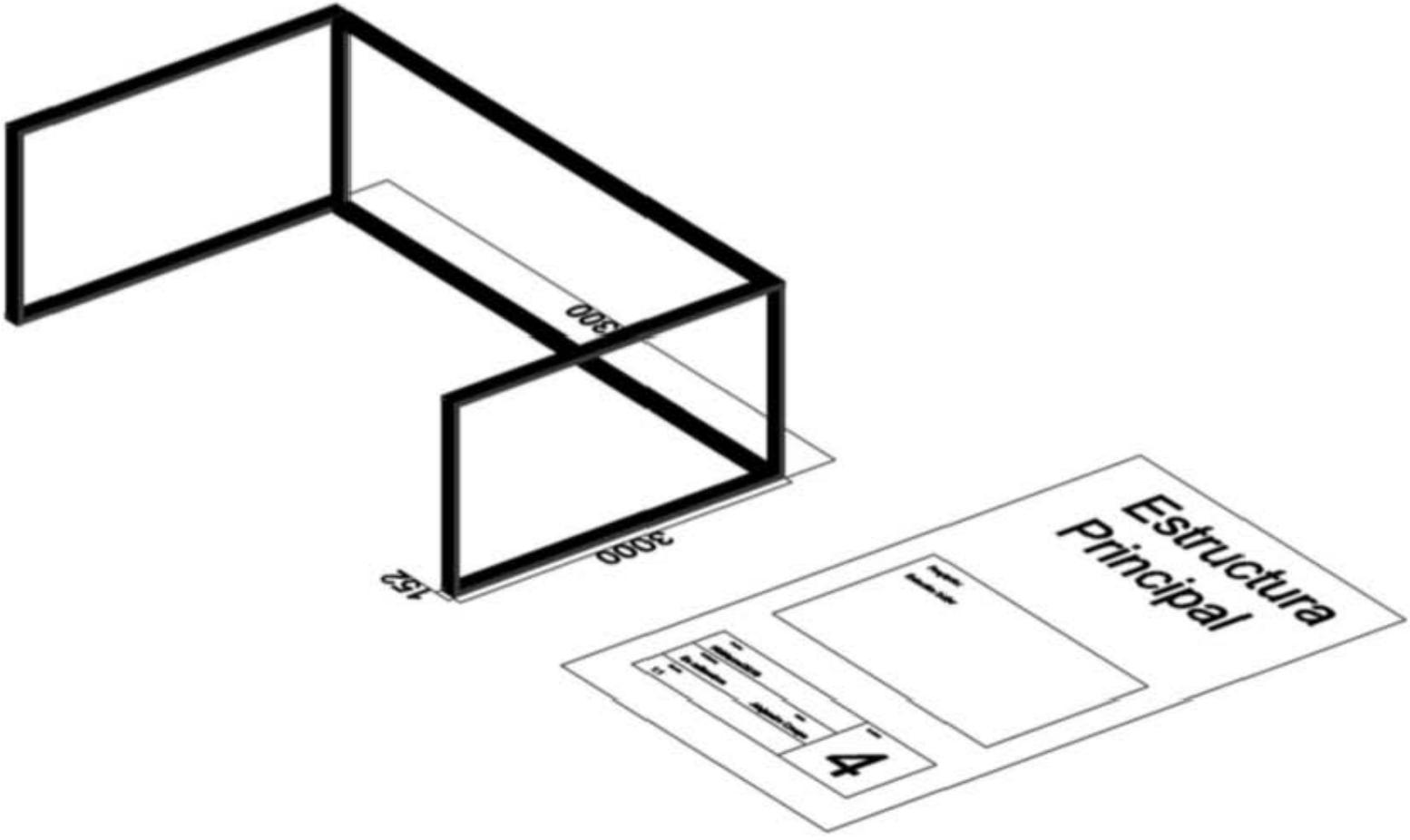
ESPESOR  
101.6

medidas en  
milímetros

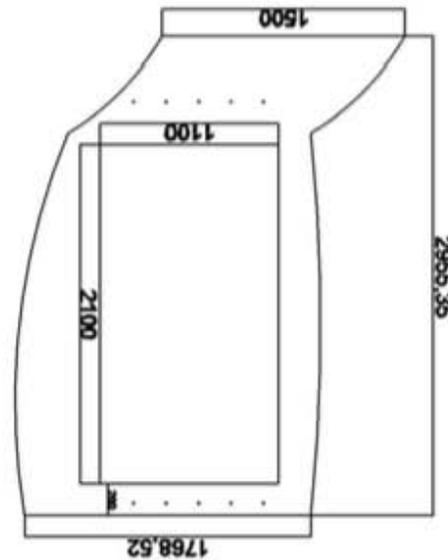
Techo  
con Panel  
Solar

Proyecto:  
Estación Solar

Fecha	16/Marzo/2018	Hoja	3	
Elaborado por	Dr. Roberto	Aprobado por		Alfredo Crego
Escala	1:1			



# LÁMINA FRÍA



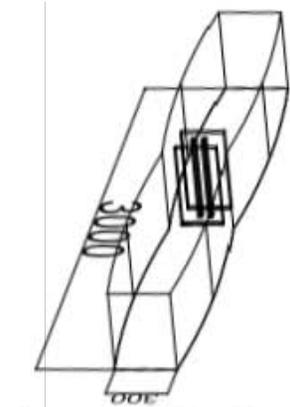
**ESPESOR**  
**3.048**

**Publicidad**

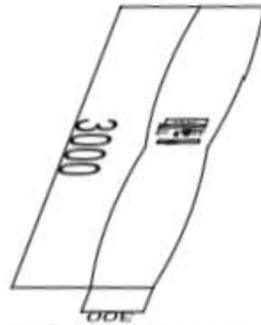
Proyecto:  
Estación Solar

Fecha: 16/Marzo/2018	Hoja: 5
En milímetros:      Alejandro Orrego	
Escala: 1:1	

# LÁMINA FRÍA



$h=400$

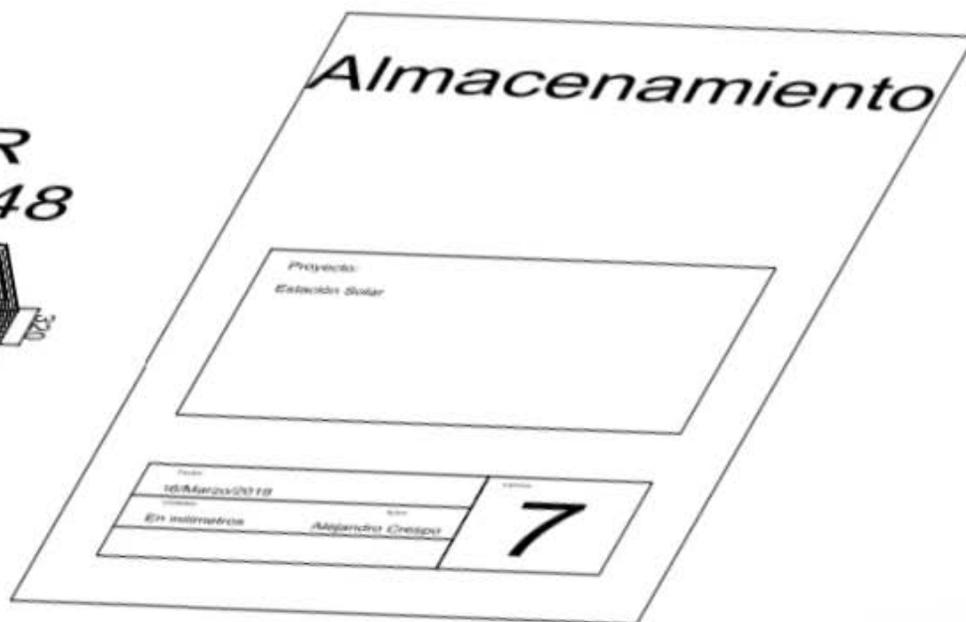
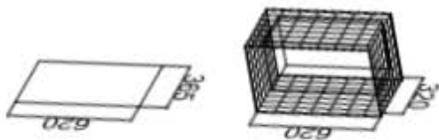


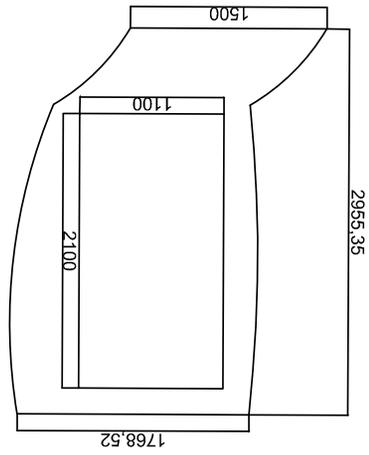
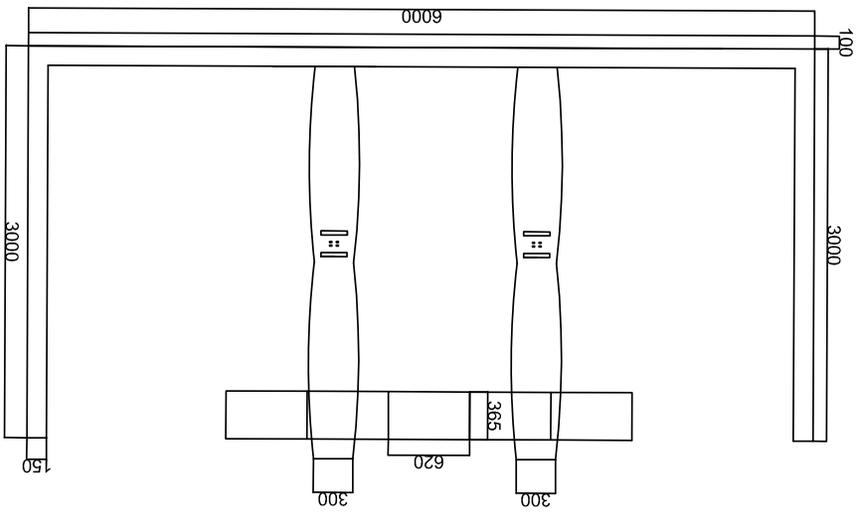
**ESPESOR**  
1.905



# LÁMINA FRÍA

ESPESOR  
3.048



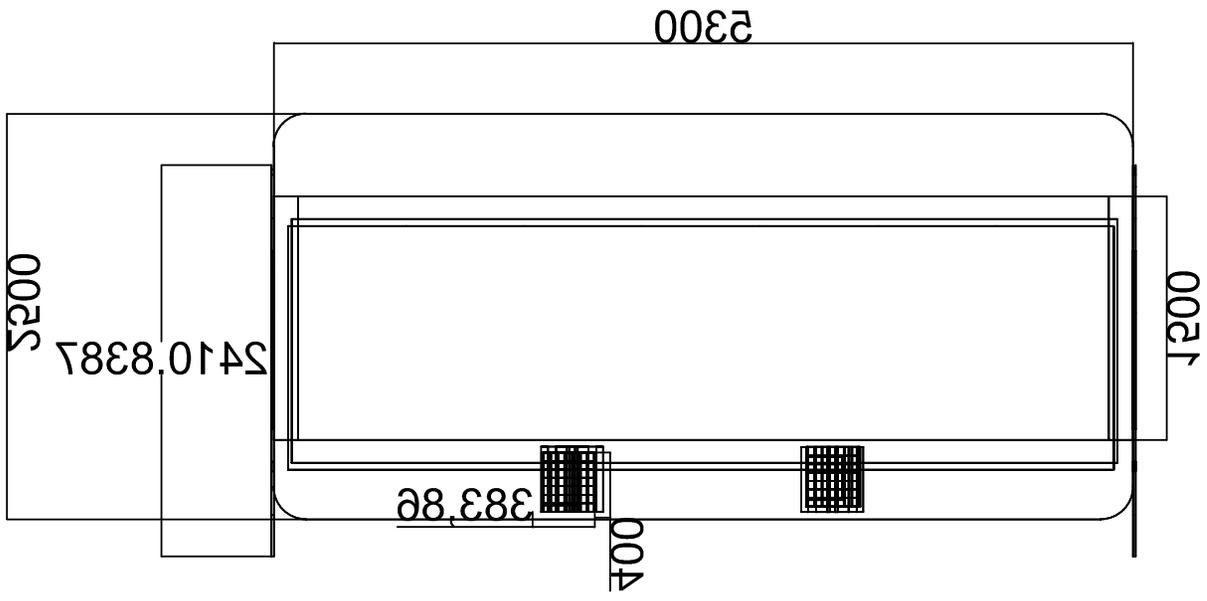


# Estructura Completa

Proyecto:  
Estación Solar

FECHA: 16/Marzo/2019	LITERO:
UNIDAD: En milímetros	A.C.T. Alejandro Crespo

# 8



# ESTRUCTURA COMPLETA/INFERIOR

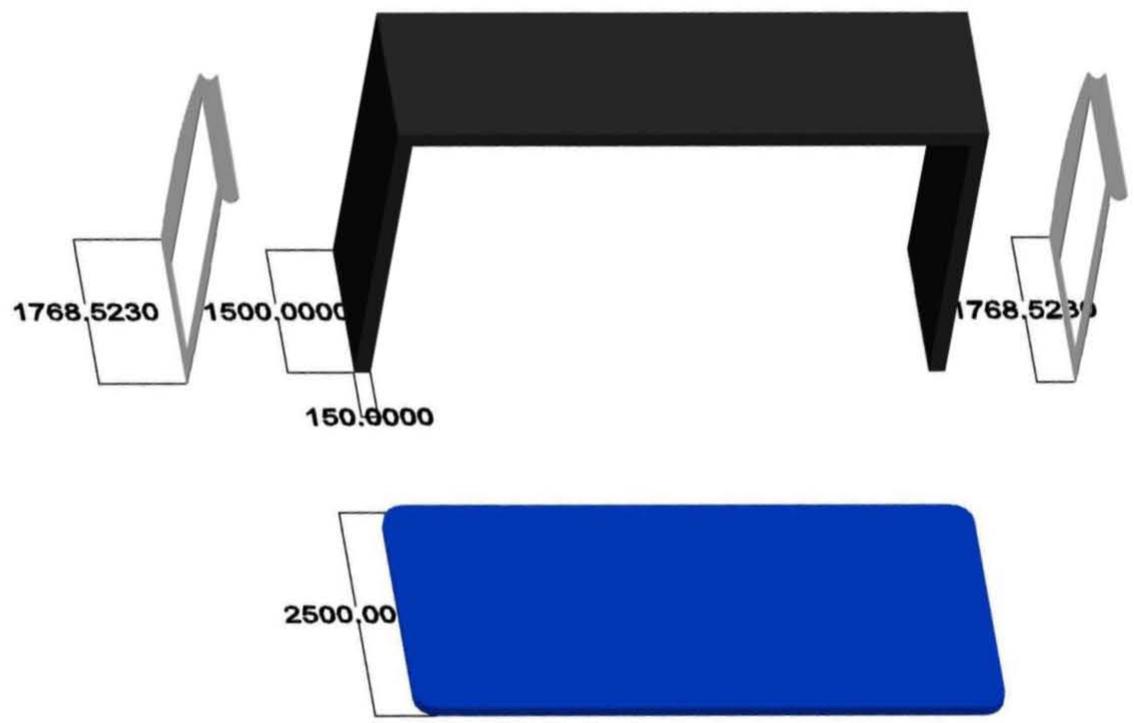
Proyecto:  
Estación Solar

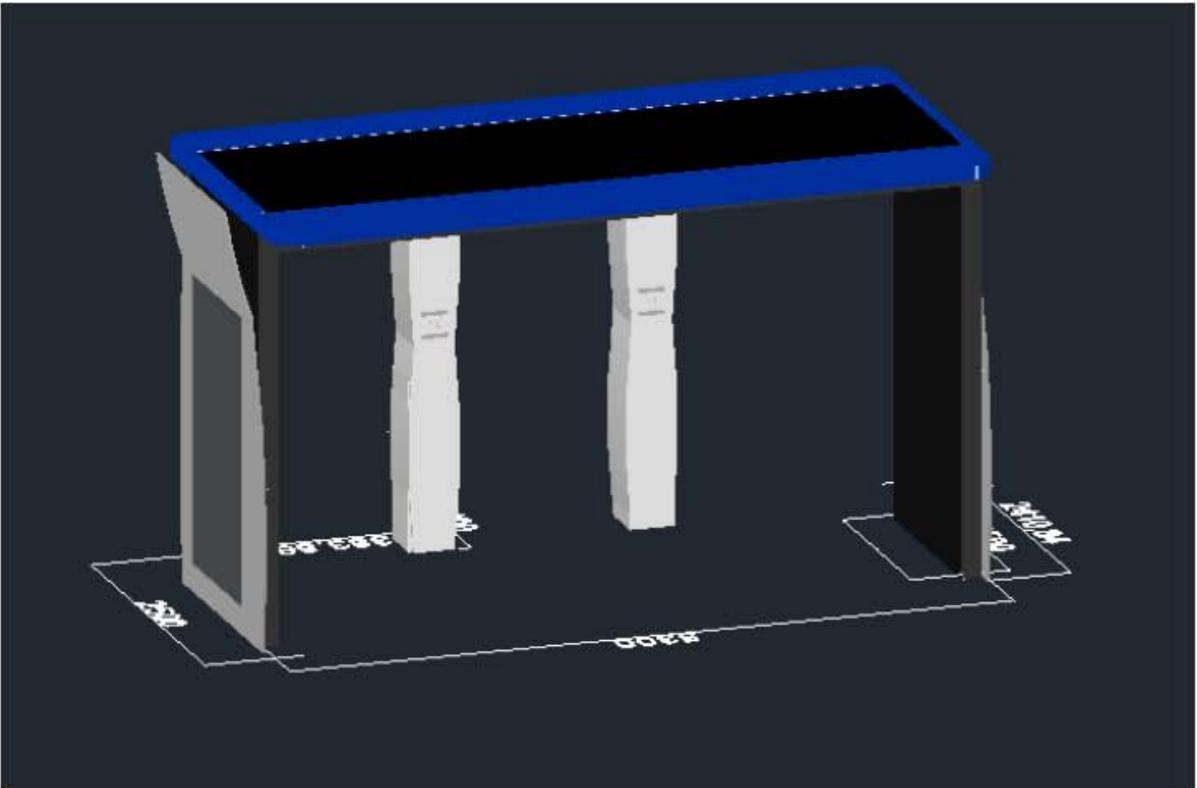
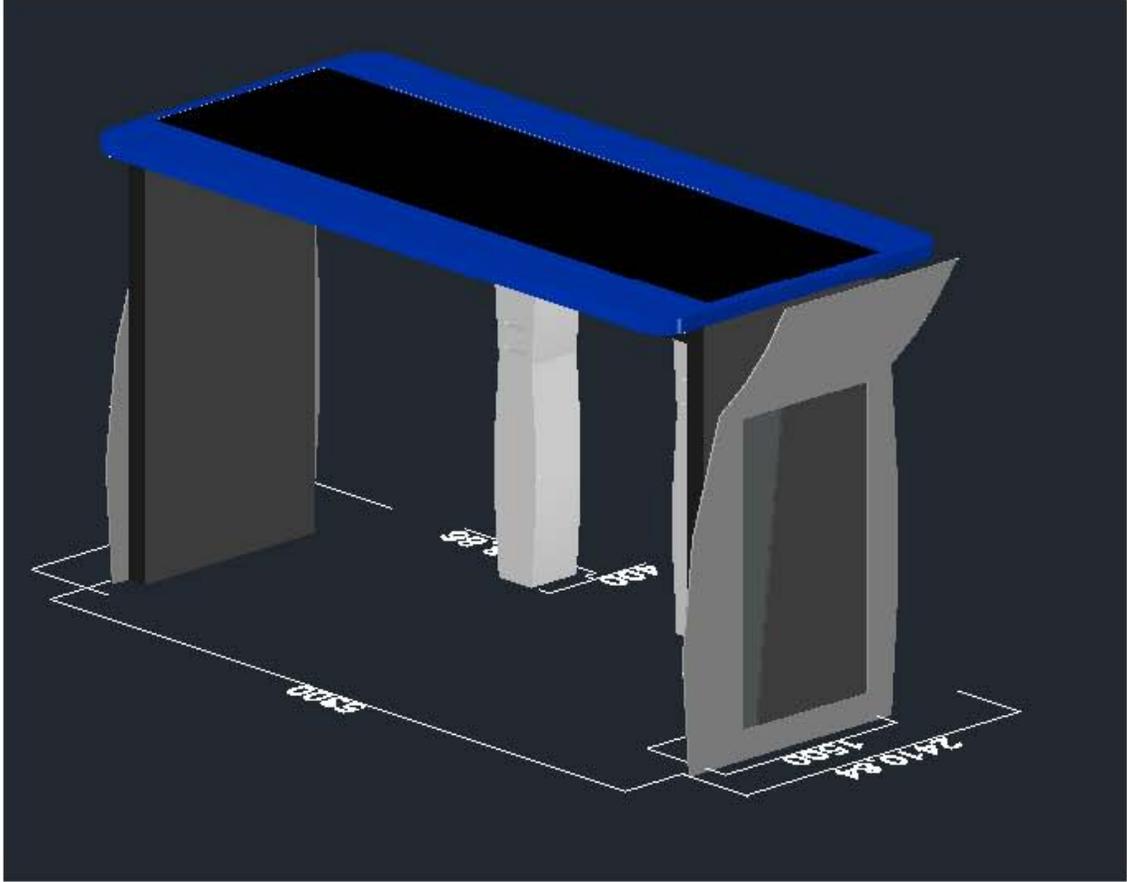
Fecha: 16/Marzo/2019	Auto: Alejandro Crespo	Lente: <b>10</b>
Unidades: En milímetros		

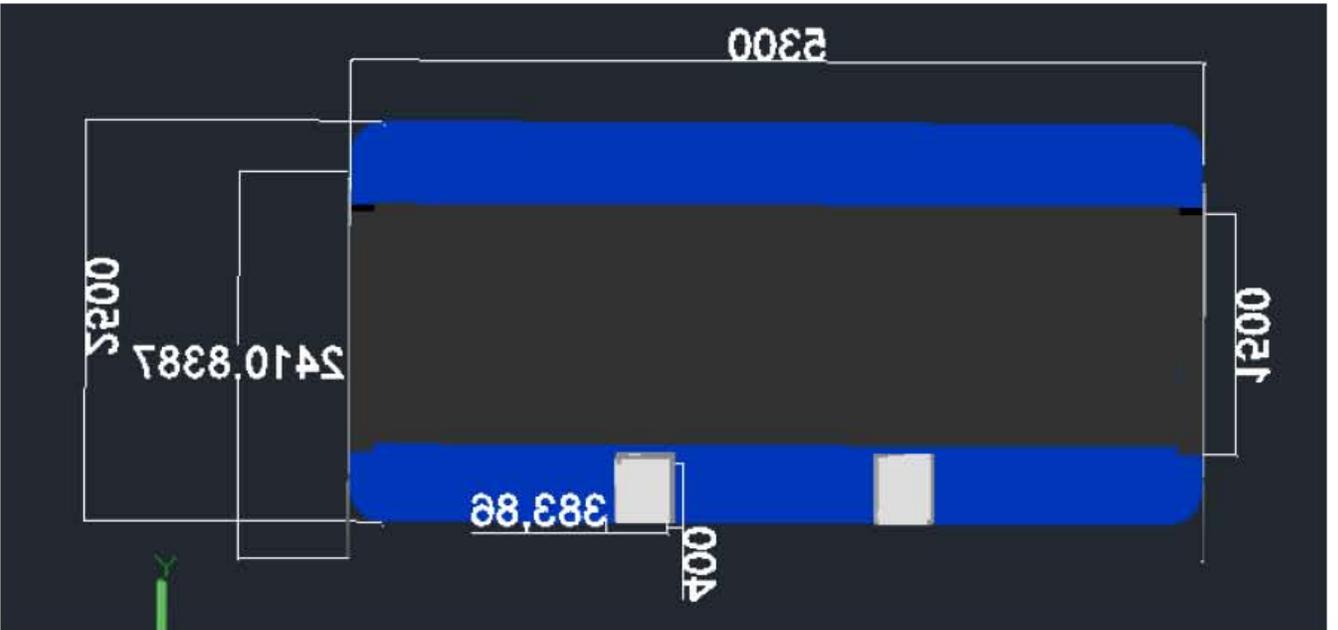
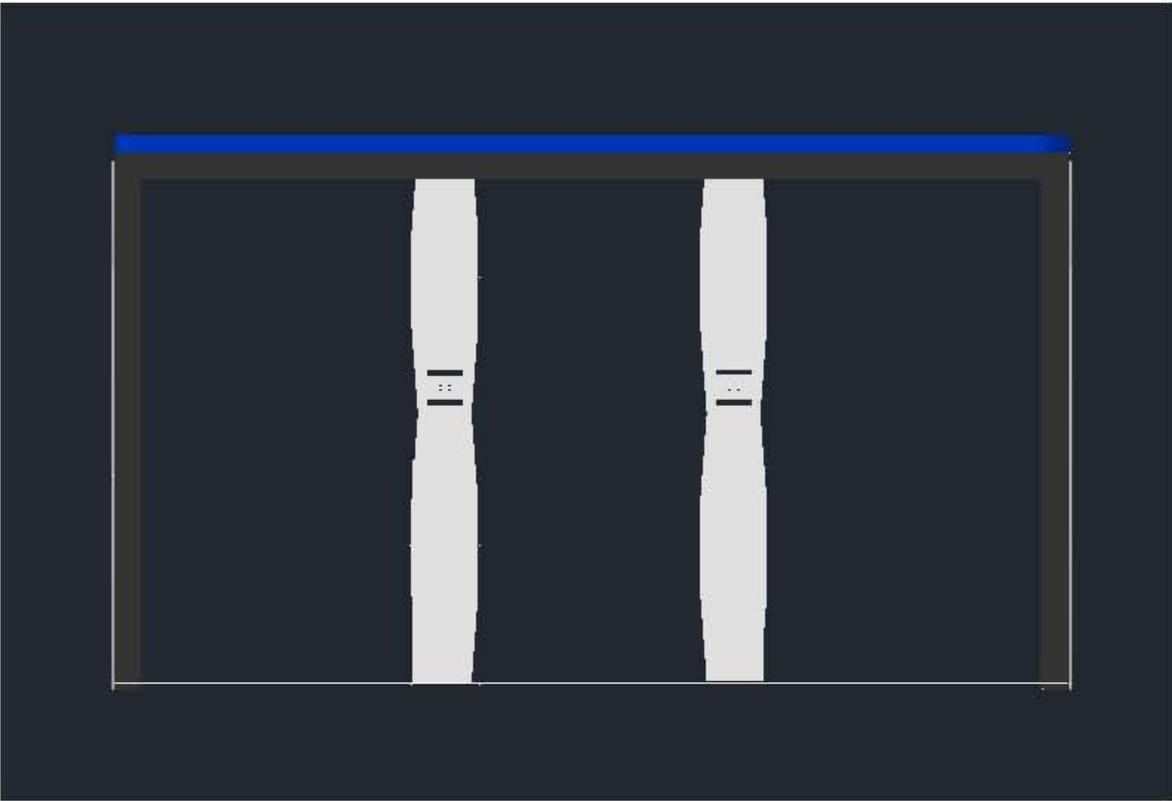
**ESTRUCTURA SEPARADA**

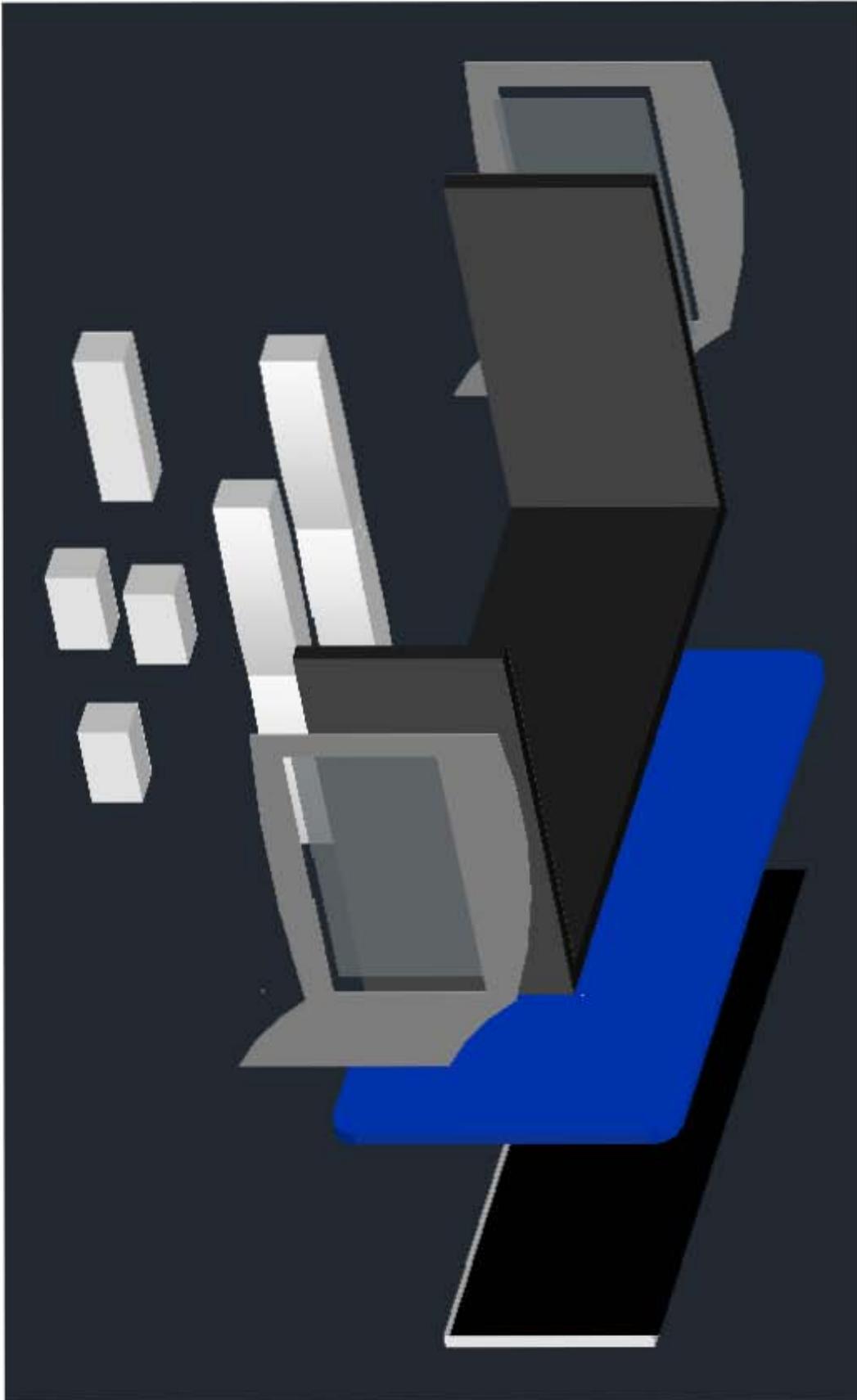
Proprietar:  
Miguelín Díaz

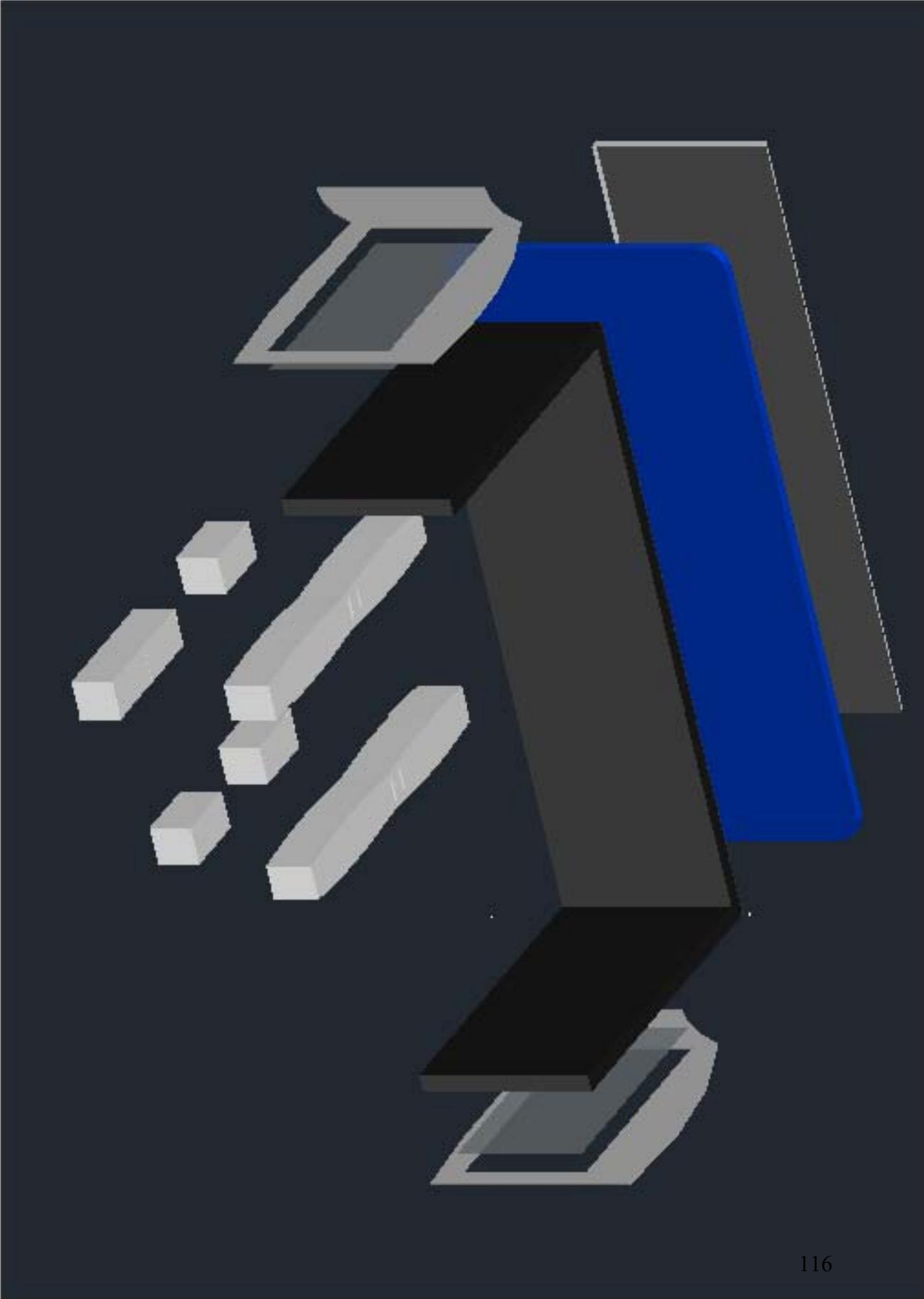
Num. Expediente	11
Alcaldía	San Andrés
Alcaldía	San Andrés

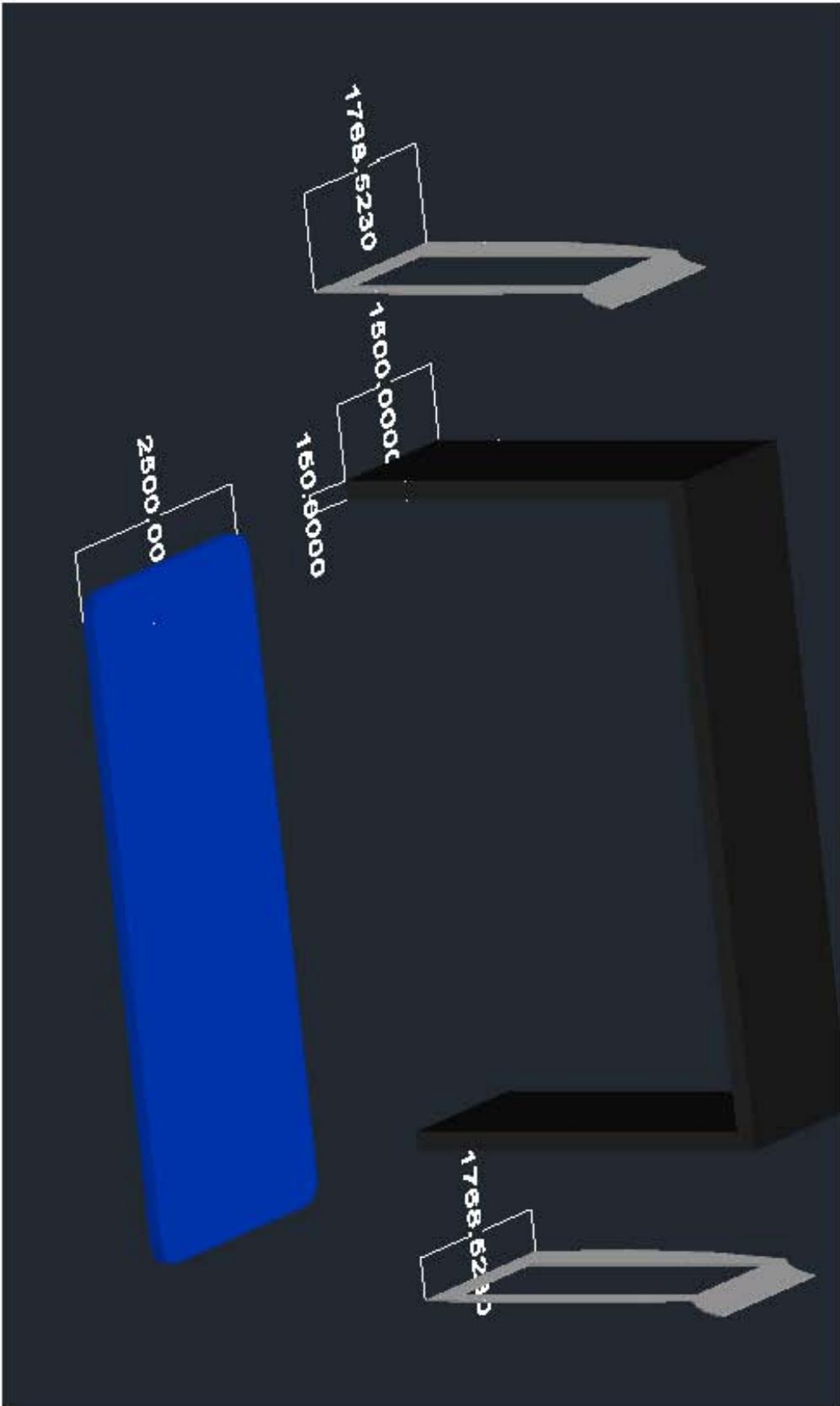


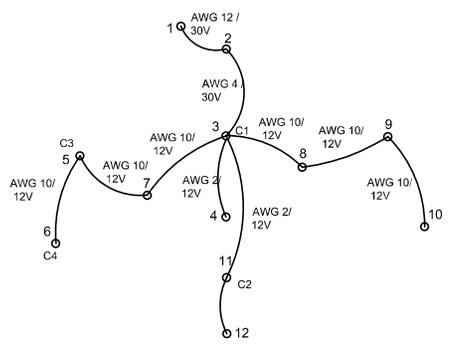
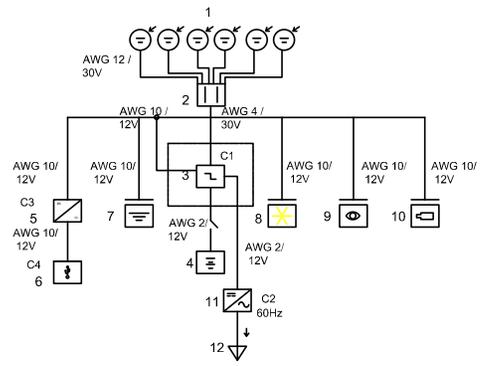




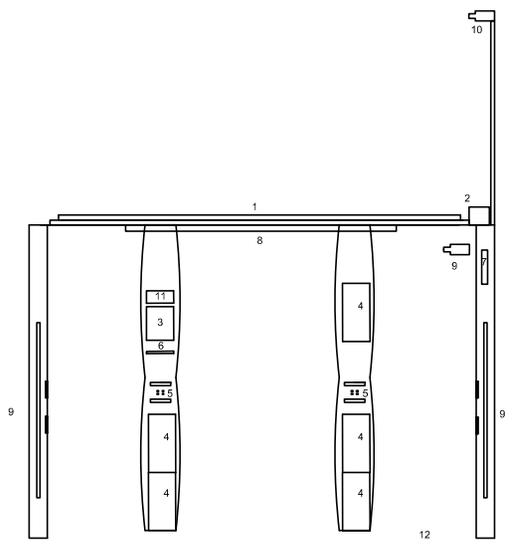
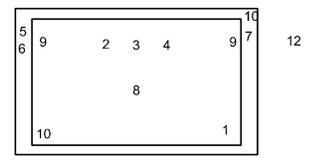








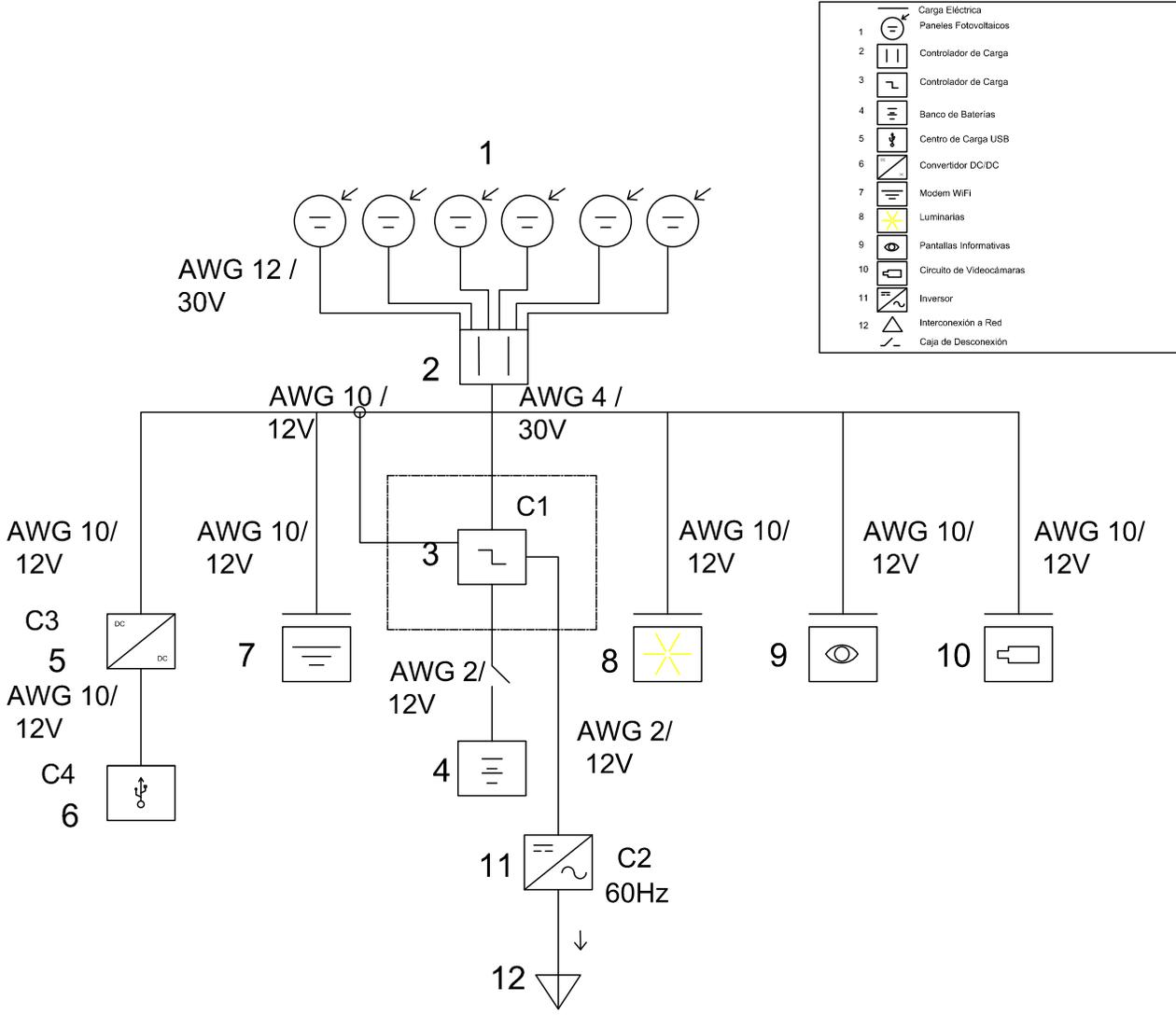
1	AWG 12/30V
2	AWG 4/30V
3	AWG 10/12V
4	AWG 2/12V
5	AWG 10/12V
6	AWG 10/12V
7	AWG 10/12V
8	AWG 10/12V
9	AWG 10/12V
10	AWG 10/12V
11	AWG 2/12V
12	AWG 2/12V

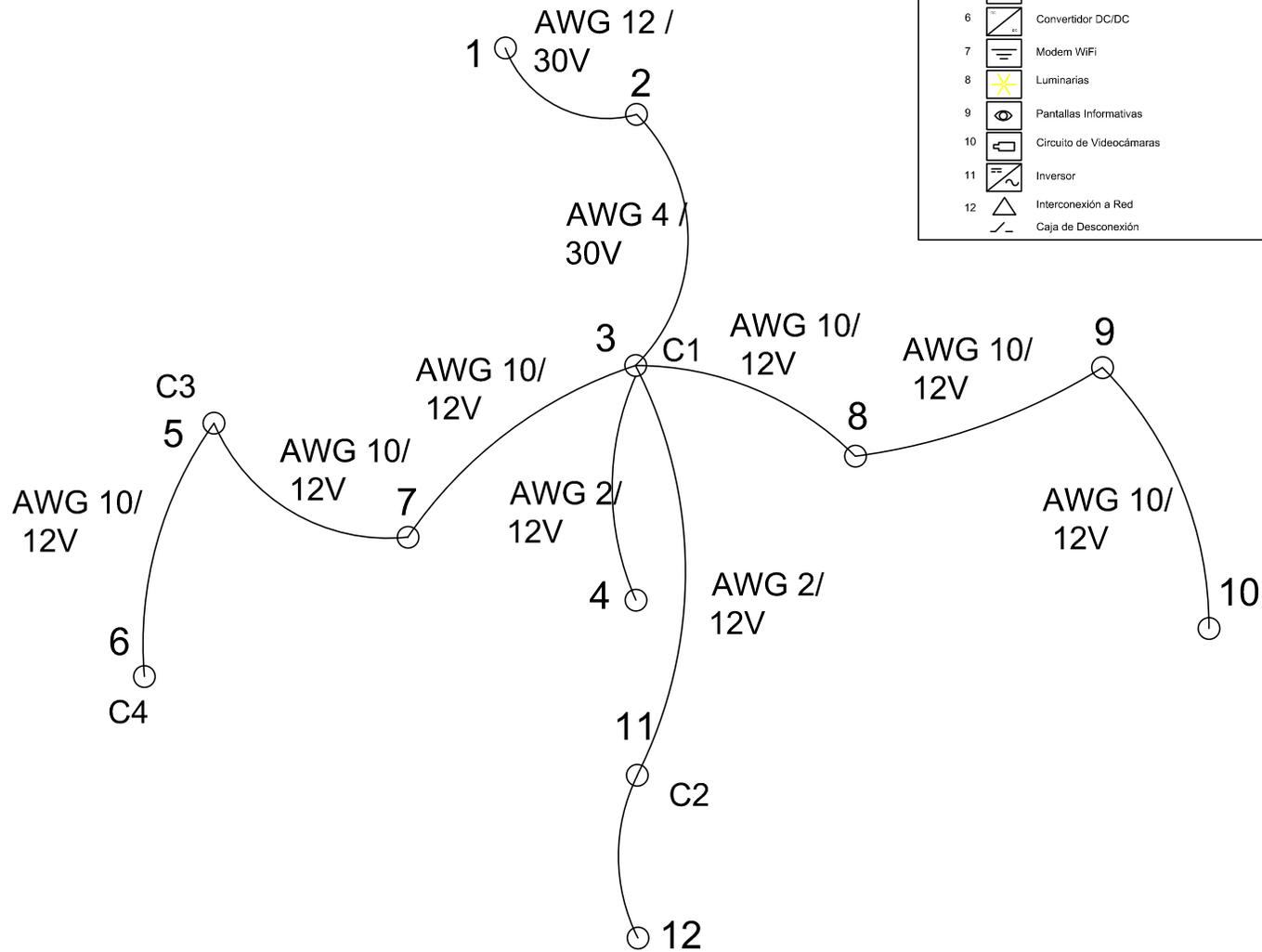


# SUN-X

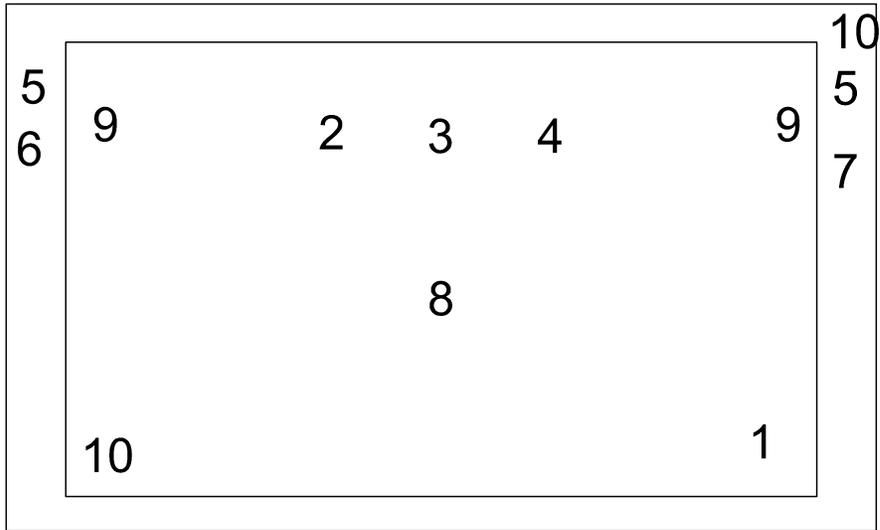
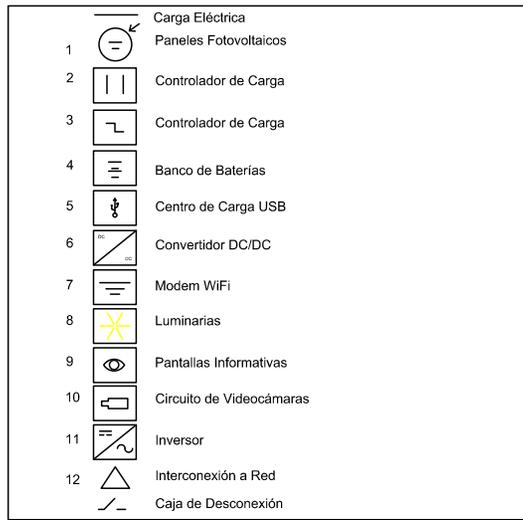
Proyecto:  
Estación Solar Parabólica ENALLT

Fecha: 18/Octubre/2018	Lamina: <b>9</b>
En milímetros: 1:1	Auto: Alejandro Crespo

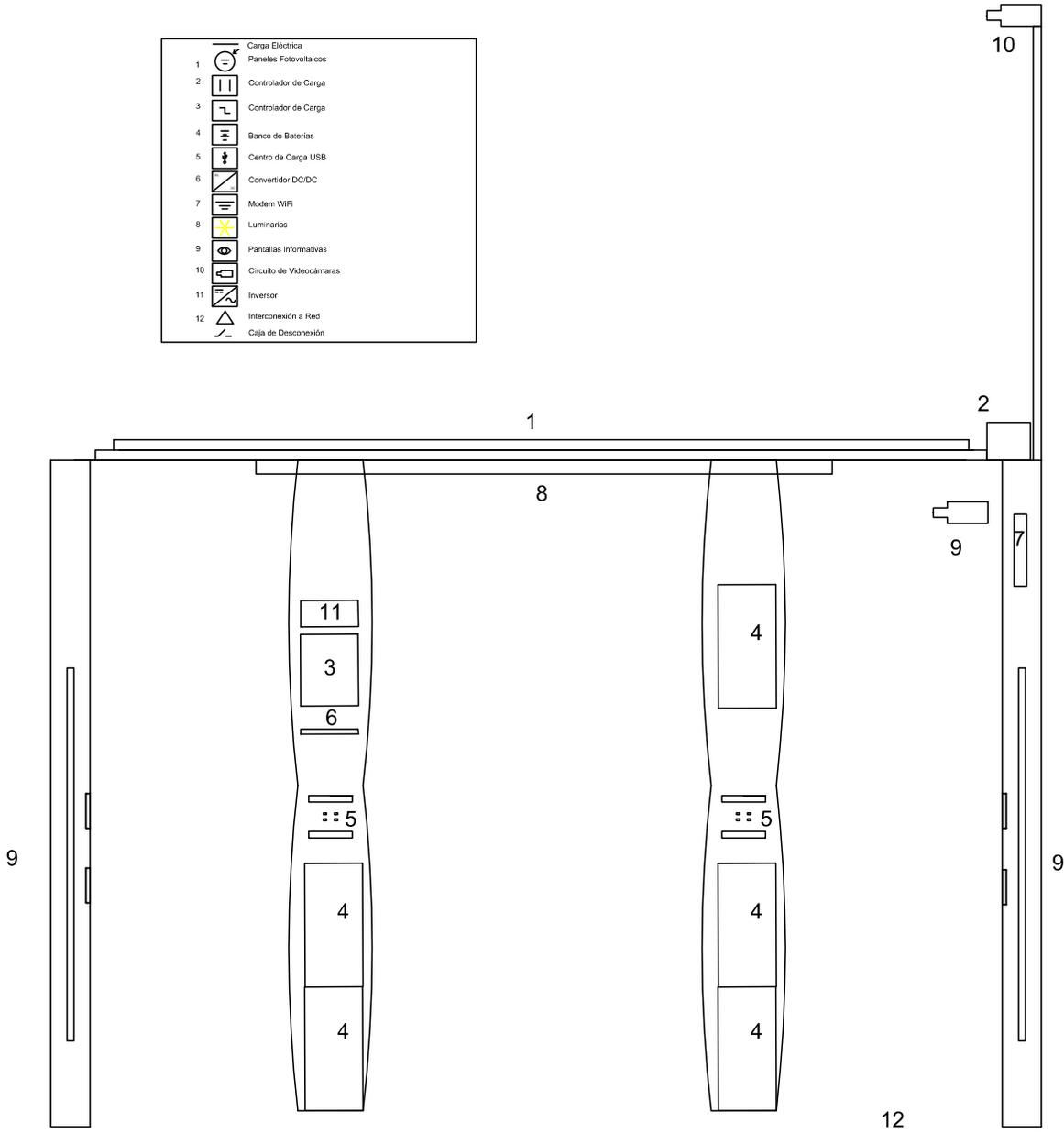
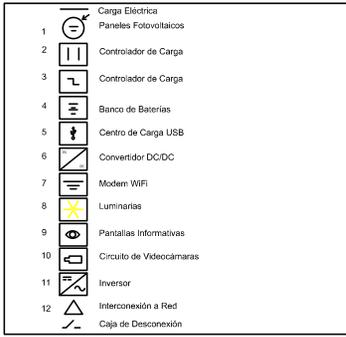


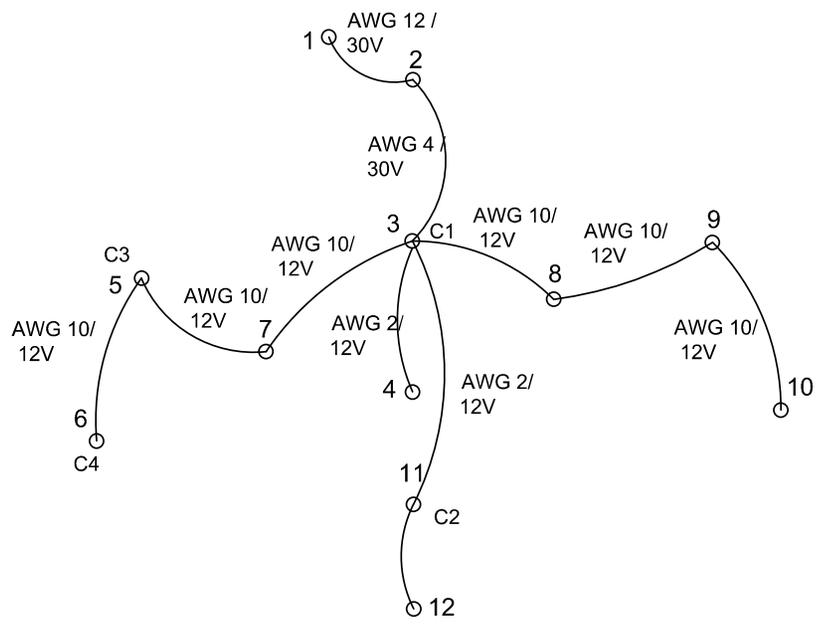
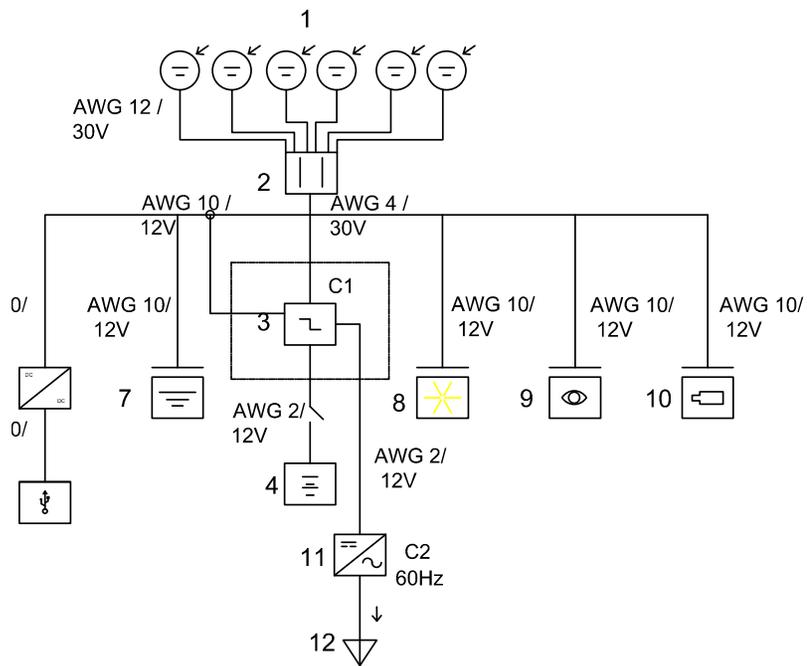


	Carga Eléctrica
1	Paneles Fotovoltaicos
2	Controlador de Carga
3	Controlador de Carga
4	Banco de Baterías
5	Centro de Carga USB
6	Convertidor DC/DC
7	Modem WiFi
8	Luminarias
9	Pantallas Informativas
10	Circuito de Videocámaras
11	Inversor
12	Interconexión a Red
-	Caja de Desconexión



12







## Dimensiones y Características de Cable

Calibre AWG / kcmil	Área Nominal mm <sup>2</sup>	Número de alambres	Espesor aislante mm	Peso aproximado kg / km	Diámetro exterior aproximado mm	Ampeacidad		Resistencia Eléctrica 20 °C Ω/Km
						75 °C	90 °C	
14	2,08	19	0,78	29	3,5	25	25	8,45
12	3,31	19	0,78	42	3,9	25	30	5,31
10	5,26	19	0,78	63	4,5	35	40	3,34
8	8,37	19	1,14	105	5,1	50	55	2,10
6	13,30	19	1,52	170	7,8	65	75	1,32
4	21,15	19	1,52	253	9,1	85	95	0,820
2	33,62	19	1,52	355	10,6	115	130	0,523
1/0	53,48	19	2,03	615	13,7	150	170	0,328
2/0	67,43	19	2,03	756	14,8	175	195	0,261
3/0	85,01	19	2,03	937	15,1	200	225	0,207
4/0	107,20	19	2,03	1161	17,6	230	260	0,164
250	126,70	37	2,41	1393	19,5	255	290	0,138
300	152,0	37	2,41	1649	20,9	285	320	0,116
350	177,30	37	2,41	1906	22,2	310	350	0,0904
400	202,7	37	2,41	2166	23,4	335	380	0,0666
500	253,40	37	2,41	2663	25,6	380	430	0,0495
600	304,0	61	2,79	3217	28,3	420	475	0,0378
750	380,0	61	2,79	3974	30,6	475	535	0,0283
1000	506,70	61	2,79	5165	35,0	545	615	0,0217

\*Nota: Los datos mostrados en las tablas son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



Para mayor información:

81800 900 IUSA [www.iusa.com.mx](http://www.iusa.com.mx)

**Tabla 310-15(b)(2)(a).**

Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:

Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
91-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

Avenida	Ancho máximo (metros)
Av. Teopanzolco	2.6
Av. Plan de Ayala	2.56
Av. Río Mayo-Diana	1.66
Av. Cuauhtémoc	1.86
Av. Acapatzingo	1.6
Av. Atlacomulco	2.4
Av. Paseo del Conquistador	2.75
Av. Domingo Diez	2.5
Av. Poder Legislativo	2.65
Blvd. Gustavo Díaz Ordáz	2.7







