

UNIVERSIDAD DON BOSCO



VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PROPUESTA DE PRE FACTIBILIDAD DE CAMPO FOTOVOLTAICO
CONECTADO A RED EN EL ASENTAMIENTO “LA MONTAÑA”, SAN
LUIS TALPA, LA PAZ, COMO MODELO DE DESARROLLO
SOSTENIBLE**

ASESOR

MG. ERICK ALEXANDER BLANCO GUILLEN

PRESENTADO POR

MARIO ERNESTO MONTEAGUDO PINEDA

GABRIEL ORLANDO RIVAS BARILLAS

Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, Centroamérica

Octubre 2016

AGRADECIMIENTOS

Gabriel Rivas

Gracias a mi Madre por su total soporte en esta aventura del postgrado y por su increíble comprensión y amor.

A mi tío hasta el cielo, Norman Ernesto Barillas Escobar, sin él no hubiera sido posible nada de este sueño que se ha cumplido, él que siempre quiso verme estudiar y superarme, ¡Lo hemos logrado tío Neto!

A mis amigos por su soporte y ánimo en cada una de las etapas de este proceso.

A la niña Leti, por su apoyo incondicional en este trabajo y por el amor a su comunidad: La Montaña.

RESUMEN EJECUTIVO

El siguiente documento de tesis incluye el desarrollo de una instalación fotovoltaica para el asentamiento conocido como “La Montaña”, San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.

Durante el desarrollo del trabajo el equipo de tesis investigó a detalle dentro del asentamiento para el levantamiento de cargas propuestas. Así, determinando lo necesario para el autoconsumo dentro del lugar. Las necesidades básicas en cuanto a consumo de energía y los medios alternativos utilizados.

Siguiendo con el marco teórico que envuelve lo básico para las plantas de generación fotovoltaica, utilización del calor, transformación en energía eléctrica, sistemas de co-generación y conexión a red de distribución a 220V.

A través de estos conceptos, se procede a la elección de equipo fotovoltaico (FV) para el diseño. Y simulación con la herramienta de software: *Sunny Design Web*, para dimensionar el tamaño de la planta considerando las limitantes de un *software* gratuito. Incluyendo los cálculos detallados para determinar la potencia del sistema.

Por último, se define los presupuestos del sistema fotovoltaico, obra civil que acompaña al montaje de la instalación, cableado y posteo para finalizar con el estudio financiero, que determina si el sistema es mejor para el desarrollo de sus actividades que los métodos que ellos realizaban previo al sistema FV.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN EJECUTIVO	iii
ÍNDICE	1
ÍNDICE DE IMAGENES	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
1. LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. CONTEXTO SOCIO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTAL DE LA COMUNIDAD DE INTERVENCIÓN	8
3.1 Datos del emplazamiento: asentamiento La Montaña	8
3.2 Situación de electrificación en el territorio.....	13
3.3 Actores claves en el territorio	13
4. MARCO TEÓRICO	15
4.1 Energía solar	15
4.1.1 Energía solar fotovoltaica	16
4.2.1.1 Inclinción en instalación sobre el suelo	17
4.1.1.2 Sistemas conectados a red	17
5. PROPUESTA DE PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN EN LA COMUNIDAD LA MONTAÑA	19
5.1 DISEÑO ELÉCTRICO.....	19
5.1.1 Cargas propuestas para diseño eléctrico comunidad La Montaña.....	19
5.1.2 Alumbrado público	20
5.2 DISEÑO FOTOVOLTAICO.....	22
5.2.1 Selección de tecnología disponible	22
5.2.2 Criterios de selección de paneles solares.....	23
5.2.2.1 Sistema de calificación de paneles solares	23
5.2.3 Condiciones para la implementación del sistema fotovoltaico	25
5.2.4 Distribución de cuadro de carga autoconsumo para simulación	32

5.2.5 Vista general del sistema y arreglos previos a la simulación	36
5.2.6 Emplazamiento en el sistema <i>Sunny Design Web</i>	38
5.2.7 Equivalentes de equipo fotovoltaico para simulación	40
5.2.8 Cuadro resumen del diseño	40
6. ESTUDIO FINANCIERO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA SOLAR FOTVOLTAICO	41
6.1 PRESUPUESTO.....	41
6.1.1 Determinación de precio y cotizaciones de equipo	42
6.1.2 Consideraciones especiales y supuestos de obra civil y eléctrica en proyectos de inversión social	43
6.1.3 Cuadro resumen de costos	43
6.2 ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA	44
6.2.1 Tasas de riesgo y financiamiento	44
6.2.2 Depreciación de activos.....	44
6.2.3 Energía a entregar a red y precio de venta.....	46
6.2.4 Consideraciones de la ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad	47
6.2.5 De los permisos ambientales	47
6.2.6 Métodos de prefactibilidad	47
6.2.7 Rendimiento de la producción de energía	48
6.2.8 Análisis de sensibilidad del precio de venta de la energía generada	49
6.2.9 Cash Flow	53
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
8. GLOSARIO.....	56
9. ANEXOS	58
9.1 Ficha técnica de paneles fotovoltaicos Virtus II Module 305W	58
9.2 Ficha técnica de inversores GW4200-NS.....	60
9.3 Cotización de paneles fotovoltaicos e inversores de distribuidor ReneSola	61
9.4 Documento resultado de la simulación en <i>software Sunny Design Web</i> para una corrida	62

9.5 Cotización obra civil y eléctrica	77
10. BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Imagen de <i>Google Earth</i> desde playa El Pimental y el transformador más cercano al asentamiento.-	8
Imagen 2: Imagen de <i>Google Earth</i> acceso a la comunidad desde la playa.....	9
Imagen 3: Imagen de <i>Google Earth</i> ubicación de los núcleos habitacionales	9
Imagen 4: Gráfica de obtención primaria de agua en el asentamiento La Montaña. Fuente: Levantamiento poblacional para usos varios TECHO El Salvador, 2015.....	10
Imagen 5: Utilización de combustible para preparación de alimentos en la comunidad la Montaña. Fuente: Levantamiento poblacional para usos varios TECHO El Salvador, 2015 ...	11
Imagen 6: Grupos familiares que cuentan con energía eléctrica en la comunidad La Montaña. Fuente: Levantamiento poblacional para usos varios TECHO El Salvador, 2015.....	12
Imagen 7: Imagen de luminaria R3, 4000K, LED 72 W, serie AUTOBAHN ATBS.....	20
Imagen 8: Dimensiones de luminaria R3, 4000K, LED 72 W, serie AUTOBAHN ATBS.....	21
Imagen 9: Terreno casa comunal comunidad La Montaña	27
Imagen 10: Cancha de fútbol de la comunidad La Montaña.....	28
Imagen 11: Planta solar en laterales de cancha de fútbol y terreno casa comunal de la comunidad La Montaña.....	29
Imagen 12: Estructura y graderíos en cancha para módulos FV 1	30
Imagen 13: Estructura y graderíos en cancha para módulos FV 2	31
Imagen 14: Detalle de placa de apoyo de estructura de techo de graderíos	32
Imagen 15: Gráfico distribución de potencia para autoconsumo de la comunidad La Montaña	36
Imagen 16: Captura de pantalla de datos meteorológicos de <i>software Sunny Design Web</i>	38
Imagen 17: Captura de pantalla de datos de inclinación del lugar de emplazamiento del <i>software Sunny Design Web</i>	39
Imagen 18: Análisis de sensibilidad del VPN	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de cargas propuesto para viviendas de comunidad La Montaña	19
Tabla 2: Cuadro de cargas propuesto para alumbrado público de comunidad La Montaña	21
Tabla 3: Cuadro de características técnicas de paneles solares	23
Tabla 4: Cuadro de calificación de paneles solares según sus características técnicas	24
Tabla 5: Cuadro ponderación de paneles solares según sus características técnicas.....	25
Tabla 6: Distribución de carga en el tiempo para viviendas de la comunidad La Montaña.....	34
Tabla 7: Cuadro de distribución de carga para alumbrado público comunidad La Montaña....	35
Tabla 8: Total de módulos FV divididos por generador para simulación	37
Tabla 9: Equipo equivalente para simulación.....	40
Tabla 10: Cuadro resumen de elementos fotovoltaicos del diseño	40
Tabla 11: Resumen de costos asociados al proyecto y supuestos para ejecución del análisis económico.....	43
Tabla 12: Costos de equipo a aplicar depreciación lineal	45
Tabla 13: Depreciación de equipo fotovoltaico.....	45
Tabla 14: Disminución de rendimiento de energía producida por el equipo FV en el período del proyecto	49
Tabla 15: Valores del análisis de sensibilidad con 60% de capital prestado a una tasa de 3% anual a 20 años plazo.....	49
Tabla 16: Valores de análisis de sensibilidad con 45% de capital prestado a una tasa de 3% anual a 8 años plazo	50
Tabla 17: Flujo de caja con precio mínimo de venta de energía	53

1. LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

- *LED: Light Emitting Diode*, inglés para Diodo emisor de luz
- Sistema FV: Sistema Fotovoltaico
- OSFL: Organización sin Fines de Lucro
- ONG: Organización No Gubernamental
- *AES: Applied Energy Services*, compañía que engloba varias distribuidoras de energía en El Salvador.
- *NASA: National Aeronautics and Space Administration*, inglés para Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio
- *GPS: Global Positioning System*, inglés para Sistema de Posicionamiento Global
- *CIF: Cost Insure and Fleat*, inglés para Costo Seguro y Flete
- *HP: Horse Power*, inglés para Caballo de Fuerza (medida de potencia eléctrica)
- FV: Fotovoltaico.
- Wp: Watt pico
- HC: *High Cube*, inglés para Cubicaje máximo en contenedores

2. INTRODUCCIÓN

En este documento se establecen las bases para llevar a cabo el trabajo de graduación para obtener el título de Maestro en Gestión de Energías Renovables. El trabajo consiste en una propuesta de diseño de una planta solar fotovoltaica para el asentamiento La Montaña, ubicado en las cercanías de la playa el Pimental, San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.

En el diseño de la planta se toma en cuenta el abastecimiento de electricidad para satisfacer las necesidades que posee la comunidad. Además, previendo el crecimiento de esta última, se establecerá un excedente de 20% con base a las necesidades actuales.

El planteamiento como tal, incluye el estudio detallado de cargas propuestas y futuras en las casas del asentamiento y para la colocación de bombas eléctricas para la extracción de agua en los pozos ubicados en cada uno de los lotes habitacionales de la comunidad. Los pozos con un promedio de profundidad de 7 metros y una demanda diaria de 5 galones, repartidos entre las tareas agrícolas y el consumo.

Además, se presenta la propuesta económica para la instalación del sistema solar fotovoltaico y una comparativa con los gastos actuales que los pobladores del lugar realizan para efectuar muchas de las actividades sin energía eléctrica, tales como: consumo de gas, bombas para extracción de agua, entre otros.

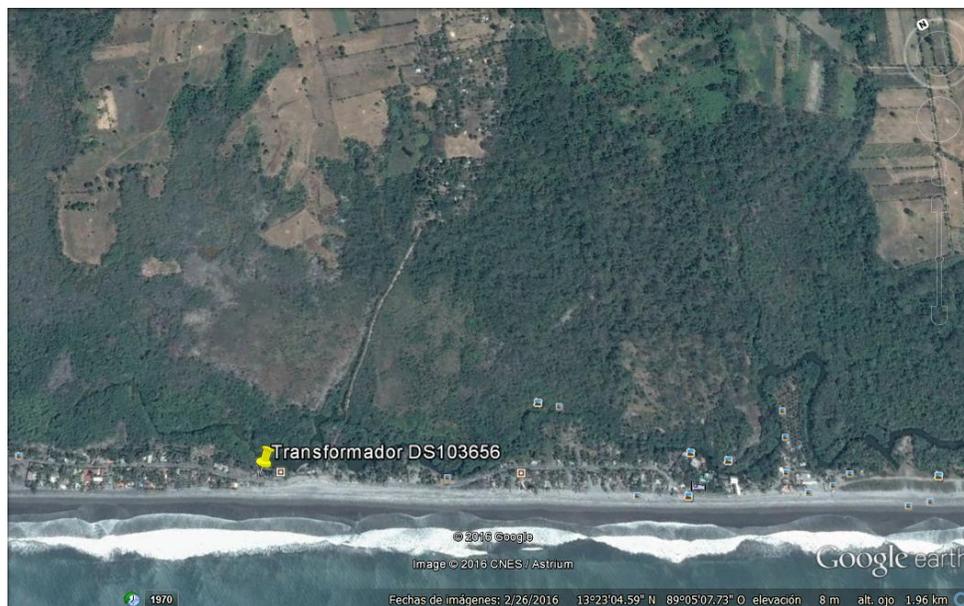
3. CONTEXTO SOCIO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTAL DE LA COMUNIDAD DE INTERVENCIÓN

3.1 DATOS DEL EMPLAZAMIENTO: ASENTAMIENTO LA MONTAÑA

El lugar del emplazamiento se encuentra en el municipio de San Luis Talpa, coordenadas: 13°23' N 89°05' O con una elevación de 9 metros sobre el nivel del mar. San Luis Talpa es uno de los 22 municipios que integra el Departamento de La Paz en El Salvador. Se encuentra ubicado a una distancia aproximada de 35 km de la capital -San Salvador-, a 1.9 km de la carretera del litoral y a 6km del Aeropuerto Internacional Monseñor Oscar Arnulfo Romero y Galdámez, lo cual representa una ventaja competitiva para el territorio.

Sus puntos límites son: al Norte por los Municipios de Olocuilta, San Juan Talpa y Tapalhuaca; al Sur por el Océano Pacífico, al Este por el Municipio de San Pedro Masahuat y al Oeste por el municipio de La Libertad (departamento de La Libertad). Es un asentamiento que debido a las condiciones para su ingreso; además de las condiciones poco favorables la comunidad no cuenta con energía eléctrica.

IMAGEN 1: IMAGEN DE *GOOGLE EARTH* DESDE PLAYA EL PIMENTAL Y EL TRANSFORMADOR MÁS CERCANO AL ASENTAMIENTO.-



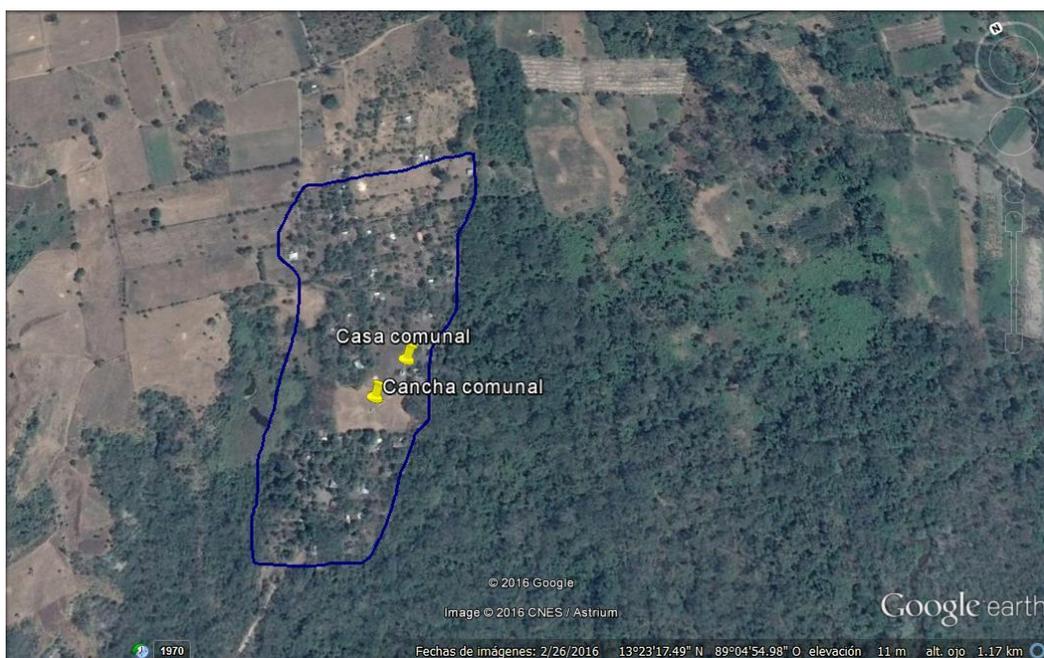
FUENTE: GOOGLE MAPS, PLAYA EL PIMENTAL, SAN LUIS TALPA.

IMAGEN 2: IMAGEN DE *GOOGLE EARTH* ACCESO A LA COMUNIDAD DESDE LA PLAYA



FUENTE: GOOGLE MAPS, PLAYA EL PIMENTAL, SAN LUIS TALPA.

IMAGEN 3: IMAGEN DE *GOOGLE EARTH* UBICACIÓN DE LOS NÚCLEOS HABITACIONALES



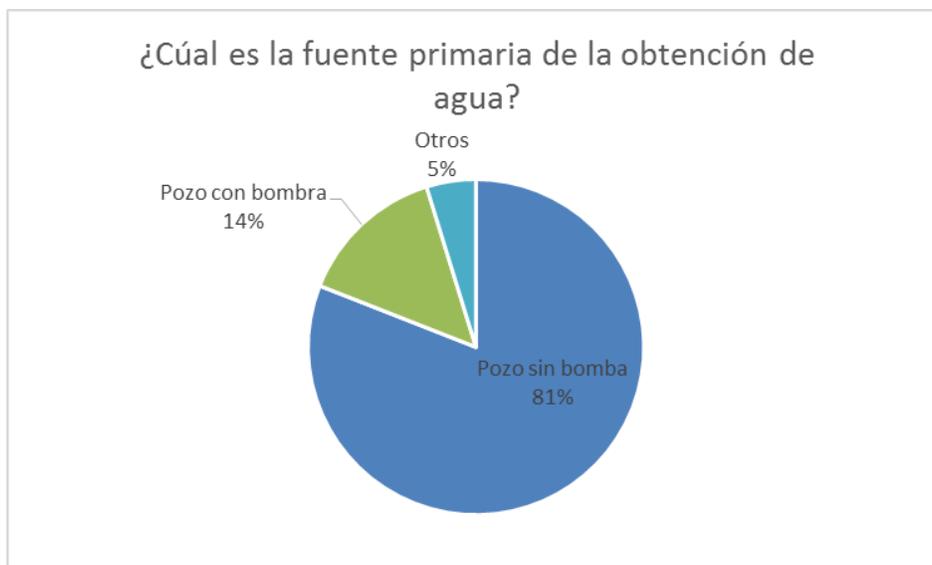
FUENTE: GOOGLE MAPS, COMUNIDAD LA MONTAÑA, SAN LUIS TALPA.

El asentamiento conocido como La Montaña se encuentra rodeado de manglares a 0.5 km de la playa El Pimental, según su último censo levantado por la ONG TECHO, habitan un total de 27 núcleos familiares, de los cuales un 70% de sus necesidades de agua son saciadas por medio de pozos. El agua se extrae de los pozos de manera manual o por medio de bombas de gasolina en la proporción mostrada en los gráficos más adelante. La Montaña registra la siguiente población que cuenta con un total de dividida en un total de 59 mujeres y 49 hombres, dividido por edades de la siguiente manera:

- Habitantes de 0 a 12 años: 32
- Habitantes de 13 a 30 años: 35
- Habitantes de 30 en adelante: 41

Dentro de este asentamiento, por medio del censo levantado se han obtenido los siguientes datos proporcionado por el último levantamiento poblacional para usos varios de TECHO El Salvador en el año 2015, sobre las condiciones de la vivienda, uso de la energía eléctrica, uso del agua y obtención de agua para diferentes usos.

**IMAGEN 4: GRÁFICA DE OBTENCIÓN PRIMARIA DE AGUA EN EL ASENTAMIENTO LA MONTAÑA.
FUENTE: LEVANTAMIENTO POBLACIONAL PARA USOS VARIOS TECHO EL SALVADOR, 2015**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

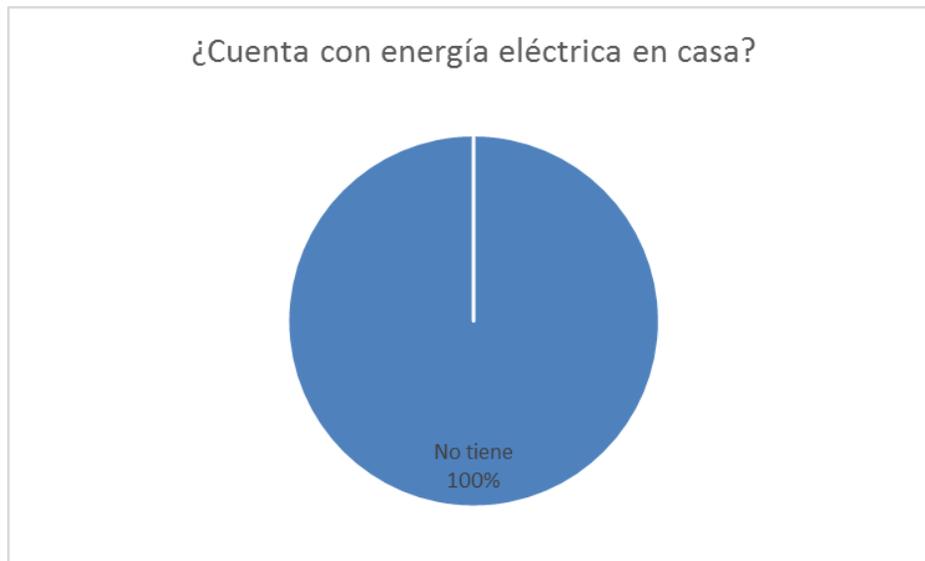
IMAGEN 5: UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLE PARA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS EN LA COMUNIDAD LA MONTAÑA. FUENTE: LEVANTAMIENTO POBLACIONAL PARA USOS VARIOS TECHO EL SALVADOR, 2015



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS.

El costo del gas, refiere al uso de gas propano para solventar las necesidades de consumo en el calentamiento de alimentos, dicho gas es contenido en cilindros de gas 35 lb, consumido en un promedio de 3 meses, al costo subsidiado por el gobierno salvadoreño (aproximado es de \$5) y es transportado a los hogares por uso de manera personal por los habitantes de los lotes.

IMAGEN 6: GRUPOS FAMILIARES QUE CUENTAN CON ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA COMUNIDAD LA MONTAÑA. FUENTE: LEVANTAMIENTO POBLACIONAL PARA USOS VARIOS TECHO EL SALVADOR, 2015



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

La calidad de las viviendas dentro del asentamiento son viviendas de madera de un área de 6.10 metros por 3 metros (18 metros cuadrados aproximadamente) con una altura máxima de 2.50 metros, sostenidas sobre 15 pilotes de madera y techo de lámina. Dichas viviendas temporales han sido adquiridas por los pobladores debido a la intervención de la ONG Techo.

Adicional, el asentamiento cuenta con una cancha de fútbol de 90 metros por 45 metros, donde los pobladores realizan torneos de fútbol.

Dentro de los lotes habitacionales, se encuentran pozos con una profundidad que varía dentro de los 5 metros a los 12 metros, donde la mayor cantidad de grupos familiares extrae agua diariamente de manera manual y un pequeño porcentaje por medio de bombas para el uso en las actividades de cultivo y consumo.

El asentamiento, tiene una organización comunitaria catalogada como media por la ONG Techo, no contando con una asociación de desarrollo comunitario (ADESCO) solamente con una

pequeña directiva, liderada por los dirigentes históricos de la misma. La falta de apoyo de los gobiernos locales y nacionales, ha propiciado la exclusión y la falta de desarrollo y métodos reales para realizar las debidas diligencias para exigir a la distribuidora DEL SUR a generar los estudios de ampliación de la red de distribución desde la playa El Pimental hacia el asentamiento.

El terreno de la casa comunal cuenta con un espacio disponible de aproximadamente 30 metros cuadrados donde no existe mayor desnivel de los suelos, que se ha destinado para la ejecución de potenciales proyectos, ya sea de cooperación internacional, ONG's o alcaldía.

3.2 SITUACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN EN EL TERRITORIO

La Montaña, en su condición de asentamiento, donde los habitantes del lugar han ocupado dicho territorio para establecerse, no ha sido sujeto de trabajos de electrificación, debido al poco apoyo de las entidades gubernamentales locales en estos temas y el difícil acceso desde el lugar de electrificación más cercano hasta el lugar donde está habitado, considerando la barrera física que representa un manglar que rodea el asentamiento desde el acceso de la playa El Pimental, con lo cual la distribuidora aún no ha podido ofrecer una solución adecuada, por tanto es de considerar la electrificación y suministro por generación de energía fotovoltaica como la mejor alternativa.

3.3 ACTORES CLAVES EN EL TERRITORIO

El asentamiento La Montaña, parte de La Playa el Pimental del municipio de San Luis Talpa, es apoyado dentro de su territorio por distintos actores que bajo procesos de desarrollo local buscan brindar oportunidades de mejora en las condiciones de vida. Activamente dentro de la comunidad intervienen dos Organizaciones Sin Fines de Lucro: Save The Children y TECHO.

Save The Children es una organización que por medio del voluntariado de los vecinos del asentamiento intervenido, buscan generar mejores condiciones en la calidad de vida de los niños, por medio de distintos programas de educación y salud, en todos los ámbitos en beneficio de esa población objetivo en específico [1].

TECHO, es una organización que por medio del voluntariado y de procesos de desarrollo comunitario, busca empoderar a las personas residentes en el asentamiento así generando el auto-descubrimiento las personas desarrollen capacidades que les permita organizarse, realizar,

gestionar, ejecutar y controlar proyectos de índole comunitario para la mejora de la calidad de vida, involucrando gobierno central y local [2].

Por último, reciben apoyo de la alcaldía de San Luis Talpa, en cuestiones como contrapartida de proyectos para ejecución de cooperación internacional y pequeños proyectos que faciliten la organización comunitaria.

Es de resaltar que por el momento ninguno de estos actores ha trabajado formalmente en la electrificación de la comunidad por ningún medio.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ENERGÍA SOLAR

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina. Necesita sistemas de captación y de almacenamiento y aprovecha la radiación del sol de maneras diferentes:

Utilización directa: Mediante la incorporación de acristalamientos y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada “energía solar térmica pasiva”, se utiliza para acondicionamiento térmico de un edificio aprovechando la energía solar para disminuir sus necesidades de calefacción y refrigeración.

Transformación de calor: es la llamada “energía solar térmica activa”, que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se puede destinar para el agua caliente sanitaria (ACS), dar apoyo a la calefacción para atemperar piscinas, etc.

Transformación en electricidad: es la llamada “energía solar fotovoltaica” que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa, se puede almacenar en acumuladores para un uso posterior, e incluso se puede introducir en la red de distribución eléctrica.

Ventajas de la utilización de la energía solar:

- Escaso impacto ambiental.
- No produce residuos perjudiciales para el medio ambiente.
- Distribuida por todo el mundo.
- No tiene más costes una vez instalada que el mantenimiento el cual es sencillo
- No hay dependencia de las compañías suministradoras de electricidad.

Inconvenientes de la utilización de la energía solar:

- Se precisan sistemas de acumulación, que muchas veces contienen agentes químicos peligrosos (el caso de baterías para almacenar energía eléctrica) los depósitos de agua caliente deben protegerse.
- Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones.
- Impacto visual negativo si no se cuida la integración de los módulos solares en el entorno.

Se calcula que durante el presente año, el sol arrojará sobre la tierra 4,000 veces más energía de la que se va a consumir [3].

4.1.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Se compone de uno o más módulos fotovoltaicos interconectados para conformar una unidad generadora de corriente continua.

Los fallos que se presentan generalmente en sistemas FV no se asocian al generador, sino a los otros componentes del sistema (baterías, regulador, etc.). Por lo que se considera que éste es uno de los componentes de más alta fiabilidad.

En algunos módulos, los fabricantes incluyen diodos de paso para protegerlos contra el fenómeno de “punto caliente”. La probabilidad de que un módulo FV sea dañado por este fenómeno es despreciable en sistemas CC de menos de 24V, por lo que el uso de tales diodos es irrelevante en esos casos.

Es preferible la instalación de los módulos FV sobre pedestales o paredes, que hacerlo sobre los tejados. Los montajes sobre pedestal o sobre pared generalmente permiten más fácil acceso a los módulos, sin poner en riesgo la estanqueidad del techo, y este tipo de instalación puede representar un grado de libertad adicional cuando se buscan localizaciones sin sombras para el generador fotovoltaico. Los montajes sobre tejados a veces permiten reducir costos y, por lo tanto, también pueden ser aceptados, a condición de dejar un espacio entre el techo y los módulos para que circule aire.

Los módulos fotovoltaicos con la misma tensión eléctrica nominal pueden conectarse en paralelo sin ninguna restricción, por lo tanto cuando se agranda un generador fotovoltaico sólo

es necesario verificar la sección de los cables y la capacidad del regulador para manejar el nuevo valor de la corriente máxima.

4.2.1.1 INCLINACIÓN EN INSTALACIÓN SOBRE EL SUELO

Como es habitual en los sistemas fotovoltaicos, la orientación del generador debe ser hacia el horizonte Sur en el hemisferio Norte (y hacia el horizonte Norte en el hemisferio Sur). La inclinación del generador debe ser tal que maximice la producción anual, de forma que estará comprendida entre la que prima la producción en los meses invernales y la que favorece la generación en verano. Una recomendación sencilla consiste en inclinar el generador 10° menos que la latitud del lugar. Es posible obtener valores más precisos con la siguiente ecuación, en la que los ángulos de inclinación y latitud están en grados. En cualquier caso, es necesario que la inclinación no se encuentre por debajo de 15° para permitir que la suciedad acumulada pueda ser retirada por la lluvia [4].

$$\beta = 3.7 + 0.69\varphi$$

Donde Φ es la latitud. Por lo tanto en nuestro país El Salvador el ángulo de inclinación, es de: 12.67° pero debido a que no es recomendable inclinarlo a menos de 15° se dejará en ese mínimo.

4.1.1.2 SISTEMAS CONECTADOS A RED

Un sistema fotovoltaico conectado a la red consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional. El concepto de inyección a la red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pocos kilowatt pico (kWp) de potencia instalada hasta centrales de varios megawatt pico (MWp).

El generador fotovoltaico capta la radiación solar y la transforma en energía eléctrica, que en lugar de ser almacenada en baterías, como en los sistemas aislados e híbridos, se puede utilizar directamente en el consumo o entregarla a la red eléctrica de distribución. Estas dos funciones las realiza un inversor de corriente directa a corriente alterna, especialmente diseñado para esa aplicación.

Inicialmente, los sistemas fotovoltaicos de conexión a la red se desarrollaron para centrales fotovoltaicas de gran tamaño. Tras comprobarse en la práctica que estas centrales trabajaban correctamente, en la medida en que avanzó el desarrollo de la electrónica se comenzaron a

diseñar sistemas de menor envergadura, más pequeños y manejables, con la finalidad de ser instalados a modo de pequeñas centrales domésticas solares, totalmente adaptables a viviendas dotadas de una acometida convencional de suministro eléctrico desde la red.

En las instalaciones conectadas a red, el tamaño de la instalación no depende del consumo de electricidad de la vivienda o edificio.

Para dimensionar la instalación es necesario conocer la inversión inicial, el espacio disponible y la rentabilidad que se quiere obtener ya que el consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos.

El usuario sigue comprando la electricidad que consume a la distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora de electricidad que puede facturar los kWh producidos a un precio superior.

Las principales aplicaciones de los sistemas conectados a la red eléctrica son en las cubiertas de los tejados. Son sistemas modulares de fácil instalación donde se aprovecha la superficie de tejado existente para sobreponer los módulos fotovoltaicos. El peso de los paneles sobre el tejado no supone una sobrecarga para la mayoría de los tejados existentes [5].

5. PROPUESTA DE PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN EN LA COMUNIDAD LA MONTAÑA

5.1 DISEÑO ELÉCTRICO

5.1.1 CARGAS PROPUESTAS PARA DISEÑO ELÉCTRICO COMUNIDAD LA MONTAÑA

Para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico es necesario conocer las cargas eléctricas que se tendrán y con base a esta información se realizará el diseño eléctrico y solar fotovoltaico, dichas cargas son propuestas por el equipo de tesis. A continuación, se presentan las cargas propuestas para las viviendas de la comunidad La Montaña, San Luis Talpa, La Paz:

- Circuito especial (Refrigerador): Marca Frigidaire, modelo FRT13G3HNG, consumo 252 Kwh/año, 690.4109 Wh, 120 V [12].
- Circuito de Tomacorrientes: 1200 W, 120 V.
- Circuito de bomba de agua 1 HP: 3740 W, 220 V.
- Circuito de iluminación pública (luminarias Led)[11]:

El cuadro de cargas de cada vivienda se puede observar en la tabla. 2.¹

TABLA 1: CUADRO DE CARGAS PROPUESTO PARA VIVIENDAS DE COMUNIDAD LA MONTAÑA

PANEL: ST-V1		INTERRUPTOR PRINCIPAL: SIN MAIN				SERVICIO: 120/240 Voltios, 1 F, 4W							
AREA:		CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 10 kA				MONTAJE: Superficial							
ESPACIOS: 8		BARRAS: 125 Amperios											
DIRECTORIO DE CARGA		AMPERIOS				AMPERIOS				DIRECTORIO DE CARGA			
UBICACIÓN	WATS	A	B	PROT.	POLO	CIR.NÚC.	CIR.NÚC.	PROT.	POLO	A	B	WATS	UBICACIÓN
3 FOCOS AHORRADOR 22W	66	0.55		15	1	1	2	20	1	8.33		1,000	REFRIGERADOR
6 TOMA CORRIENTES	1,200		10.00			3	4						RESERVA
BOMBA DE AGUA 1 HP	1,056	4.80		15	2	5	6						RESERVA
*****			4.80			7	8						RESERVA
SUB TOTAL	2,322	5.35	14.80							8.33	0.00	1,000	
SUB TOTAL TABLERO		3,322	13.68	14.80	Alimentador: 2 THHN 8 (F) + 1 THHN 10 (N)								
RESERVA:	10%	332	1.38	1.38	Longitud aproximada: 15 Metros								
TOTAL		3,654	15.07	16.18									
FACTOR DE DEMANDA	70%	2,558	10.55	11.33									

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS.

¹ Se considera dentro del cuadro de carga la colocación de una bomba de 1HP por casa, por lo tanto es una carga adicional dentro de la demanda requerida al momento de modelar la demanda total en el tiempo de uso

En la Tabla 1 Se presenta el cuadro de cargas propuesto para cada una de las viviendas de la Comunidad La Montaña. Se observa que la potencia por vivienda es 2.558 kW y la comunidad tiene la cantidad de 37 viviendas en total, de las cuales tres no se encuentran habitadas en la actualidad, esto genera una carga total solo en viviendas de 86.972 kW.

5.1.2 ALUMBRADO PÚBLICO

Para el alumbrado público de La Comunidad La Montaña se utilizará la siguiente luminaria con las características técnicas mencionadas a continuación [13]:

Serie: ATBS Autobahn LED Roadway & Security

Flujo luminoso o luz visible: (H) 6300 Lúmenes

Tensión: Multi voltaje, 120-277 V

Tipo: R3, Roadway Type III

Color de Temperatura: 4000K CCT, 70 CRI Min. (Estándar)

Se ha considerado este tipo de luminaria debido a su alto rendimiento y expectativa de vida mayor a 100,000 horas a 25°C y su bajo consumo 72 watts a 220V de acuerdo a ficha técnica del fabricante. Se toma en cuenta que son distribuidas por empresas en el país y brindan soporte.

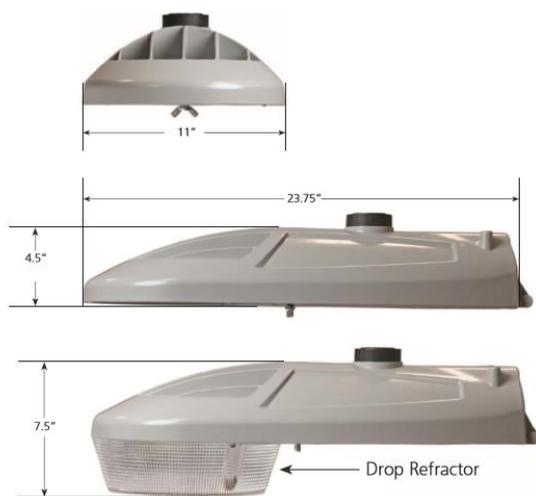
IMAGEN 7: IMAGEN DE LUMINARIA R3, 4000K, LED 72 W, SERIE AUTOBAHN ATBS.



FUENTE: ACUITYBRANDS, AUTOBAHN ATBS

En la imagen 7 se puede observar que la temperatura de color nos proporciona luz blanca y que la luminaria cumple con el estándar IP66 el vidrio está fabricado en boro silicato para asegurar la vida útil y minimizan la depreciación de esta por la suciedad medio ambiental [11].

IMAGEN 8: DIMENSIONES DE LUMINARIA R3, 4000K, LED 72 W, SERIE AUTOBAHN ATBS



Effective Projected Area (EPA) The EPA for the ATBS is 0.3 sq. ft.,
Approx. Wt. = 12 lbs. (5 kg)

FUENTE: ACUITY BRANDS, AUTOBAHN ATBS

En la imagen 8 se puede observar las dimensiones de la luminaria de 60.33 cm (23.7”) de largo, 27.94 cm (11”) de ancho y 19.05 cm-(7.5”) de alto incluyendo el refractor.

TABLA 2: CUADRO DE CARGAS PROPUESTO PARA ALUMBRADO PÚBLICO DE COMUNIDAD LA MONTAÑA

PANEL:		ST-LUM EXT		INTERRUPTOR PRINCIPAL:				125A/2P		SERVICIO:				120/240 Voltios, 1 F, 4W	
AREA:		CAPACIDAD INTERRUPTIVA:				22 kA		MONTAJE:				Superficial			
ESPACIOS:		30				BARRAS:				225 Amperios					
DIRECTORIO DE CARGA		AMPERIOS		INTERRUP.TERMOMAGNETICO				AMPERIOS		DIRECTORIO DE CARGA					
	UBICACIÓN	WATS	A	B	PROT.	POLO	CIR.NO	CIR.NO	PROT.	POLO	A	B	WATS	UBICACIÓN	
39 LUMINARIA EN POSTE LED (72W)	CALLE	2,808	12.76		15	2	1	2	20	2	17.67		3,888	CALLES	
*****	PRINCIPAL			12.76			3	4						SEUNDARIAS	
RESERVA							5	6						RESERVA	
RESERVA							7	8						RESERVA	
RESERVA							9	10						RESERVA	
RESERVA							11	12						RESERVA	
RESERVA							13	14						RESERVA	
RESERVA							15	16						RESERVA	
RESERVA							17	18						RESERVA	
RESERVA							19	20						RESERVA	
RESERVA							21	22						RESERVA	
RESERVA							23	24						RESERVA	
RESERVA							25	26						RESERVA	
RESERVA							27	28						RESERVA	
RESERVA							29	30						RESERVA	
SUB TOTAL		2,808	12.76	12.76							17.67	17.67	3,888		
SUB TOTAL TABLERO		6,696	30.44	30.44	Alimentador: 2 THHN 2 (F) + 1 THHN 10 (N) + 1 THHN 6 (P)										
RESERVA:	10%	670	2.79	2.79	Longitud aproximada: 15 Metros										
TOTAL		7,366	33.23	33.23											
FACTOR DE DEMANDA	70%	5,156	23.26	23.26											

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

En la Tabla 2 Se presenta el cuadro de cargas para el tablero de alumbrado público de la Comunidad La Montaña. Se observa que la potencia es de 5.1656 kW. La carga se divide en dos secciones: alumbrado de calle principal con un total de 39 luminarias led de 72 W a 220V y alumbrado de calles secundarias con un total de 54 luminarias led de 72W a 220V.

5.2 DISEÑO FOTOVOLTAICO

5.2.1 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA DISPONIBLE

Dentro del mercado de paneles solares fotovoltaicos, existen diversos paneles a disposición para realizar los sistemas de generación. Muchos de los cuales en El Salvador tienen distribución ya sea a nivel regional o nacional.

Debido a la cantidad de opciones dentro del mercado, es de suma importancia para la elección de los paneles establecer los criterios que permitan escoger la mejor opción para el dimensionamiento del sistema de co-generación. Dentro de las características que establecemos para los paneles tenemos:

- Distribución a nivel nacional o regional
- Capacidad de módulos entre 200 – 310W
- Panel poli cristalino
- Dimensiones no mayores a las 2020 mm
- Reconocidos y con soporte técnico y garantizado de parte del vendedor

De todos estos criterios se han tomado las siguientes opciones como las más viables para ser candidatas a ser seleccionada para el sistema fotovoltaico:

1. ReneSola Módulo Virtus II (300W, 305W, 310W)
2. Sharp ND-RC (250, 255, 260)
3. FuturaSun FU (295, 300, 305, 310, 315)

Para determinar con base al criterio de los diseñadores como el más viable es de determinar la potencia a utilizar y algunos de los factores más trascendentales: potencia máxima, dimensiones, eficiencia del módulo, tensión en circuito abierto y corriente en corto circuito.

TABLA 3: CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PANELES SOLARES

Marca Panel Solar	ReneSola 305W	FuturaSun FU315W	Sharp 260W
Potencia máxima	305 W	315 W	260 W
Dimensiones	1956 x 992 x 50 mm ³	1957 x 990 x 40 mm ³	1660 x 990 x 50 mm ³
Eficiencia	0.155	0.1626	0.145
Tensión en OC	36.6 V	45.7 V	37.7 V
Corriente en SC	8.69 A	8.7 A	9.01 A

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

5.2.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PANELES SOLARES

Con base al conocimiento de los módulos y sus características más importantes, es de considerar los criterios a definir para realizar un proceso de calificación subjetiva para determinar la mejor elección para tecnología a aplicar en el caso de este sistema fotovoltaico. Estos son de acuerdo a lo considerado por los diseñadores de este sistema:

- Eficiencia del módulo
- Soporte de vendedor a nivel nacional o regional
- Descuento en compras y movimiento por compras en volumen
- Dimensiones y manejo
- Potencia máxima entregada
- De acuerdo a ésto se establecerá el sistema de calificación

5.2.2.1 SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE PANELES SOLARES

De acuerdo a cada uno de los criterios, se definirá la calificación como una escala de 1 al 5 donde el 1 es la peor calificación y el número 5 es la mejor. Luego se procederá con la suma y el módulo que obtenga la mayor sumatoria será el seleccionado para el sistema fotovoltaico.

La calificación es un consenso entre ambos diseñadores de este sistema fotovoltaico, como un criterio subjetivo entre cada uno de los tópicos para su elección como está definido en la sección anterior. Y se establecerá un sistema de ponderación entre los criterios de la siguiente manera:

- Eficiencia del módulo 30%
- Soporte de vendedor a nivel nacional o regional 25%
- Descuento en compras y movimiento por compras en volumen 10%
- Dimensiones y manejo 10%
- Potencia máxima entregada 25%

TABLA 4: CUADRO DE CALIFICACIÓN DE PANELES SOLARES SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	Renesola 305w	Sharp 260w	Futurasun 315w
Eficiencia del módulo	4	2	5
Soporte de vendedor o distribuidor	5	3	3
Descuento en compra al mayoreo	4	4	2
Dimensiones y manejo	4	5	4
Potencia máxima entregada	4	1	5
TOTAL	21	15	21

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

Aplicando la ponderación por criterio se tiene lo siguiente:

TABLA 5: CUADRO PONDERACIÓN DE PANELES SOLARES SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

		Rene sola 300w	Sharp 260w	Futuras un 315w
Eficiencia del módulo	del	1.2	0.6	1.5
Soporte de vendedor distribuidor	de o	1.25	0.75	0.75
Descuento en compra al mayoreo	en	0.4	0.4	0.2
Dimensiones y manejo	y	0.4	0.5	0.4
Potencia máxima entregada	máxima	1	0.25	1.25
TOTAL		4.25	2.5	4.1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

Debido a la ponderación, se establece que el módulo seleccionado es el módulo ReneSola 305W. Por la facilidad en la distribución a nivel nacional, ayuda técnica y disminución en los gastos arancelarios y manejo.

5.2.3 CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para el diseño del sistema solar fotovoltaico es necesario tomar en cuenta las cargas presentes dentro de La Comunidad La Montaña, éstas se describen a continuación:

- Carga de viviendas: 86.972 kW
- Carga alumbrado público: 5.156 kW

Todas estas cargas serán consideradas cargas de autoconsumo generando un total de: 92.128 kW.

La comunidad posee un terreno de 1150 metros cuadrados de área y de longitudes de 50 metros de largo y 23 metros de ancho, donde se encuentra ubicada la casa comunal con dimensiones de 6 m x 6 m y el cuarto de máquinas propuesto es de 10 metros x 8 metros. Además, posee una cancha de fútbol de 90 metros de largo por 45 metros de ancho.

En el terreno de la casa comunal se cuenta con área de 20 m x 23 m para instalación de paneles solares (ver imagen 11), donde no existe ninguna fuente de sombra en las cercanías (ver imagen 9). En esta área se ha considerado un arreglo de paneles en paralelo de 252 paneles de 305 W cada uno.

Como se ha mencionado, la comunidad también cuenta con una cancha de balón pie donde se utilizarán los dos laterales de la cancha para la instalación de los paneles solares cada área es de 7.875 metros de ancho por 90 metros de largo, en cada una se colocará un arreglo de 630 paneles fotovoltaicos de 305 W (ver imagen 11). Los paneles estarán colocados a 7 metros de altura, con esto se solventa el inconveniente de las sombras de los árboles cercanos² (ver imagen 10)

La planta solar fotovoltaica tendrá una capacidad de generación de **322 kWp**

² El costo de esta infraestructura va incluida en la cotización de la obra total y es parte de los costos asociados al diseño e inversión inicial

IMAGEN 9: TERRENO CASA COMUNAL COMUNIDAD LA MONTAÑA



FUENTE: FOTO TOMADA EN LA COMUNIDAD LA MONTAÑA, CASA COMUNAL, SAN LUIS TALPA

En la imagen 9 se puede observar que el terreno de la casa comunal es plano y no existen fuentes de sombra (árboles) que puedan disminuir la radiación solar para los paneles solares.

IMAGEN 10: CANCHA DE FÚTBOL DE LA COMUNIDAD LA MONTAÑA

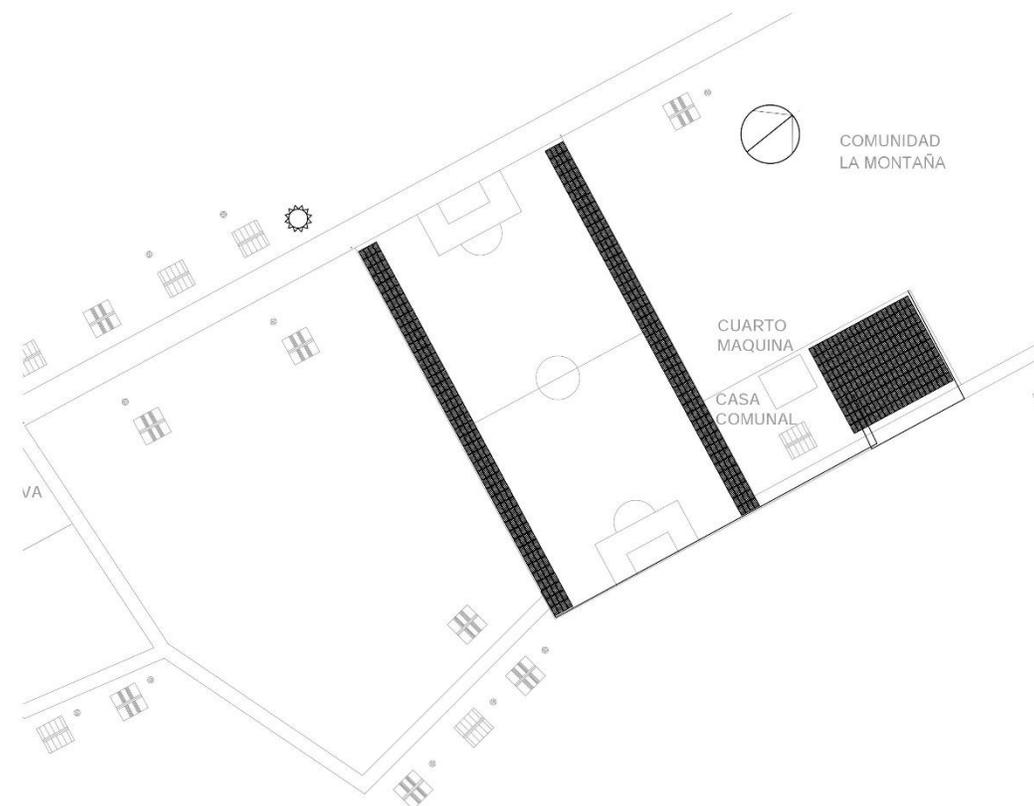


**FUENTE: FOTO TOMADA EN LA COMUNIDAD LA MONTAÑA, CASA COMUNAL, SAN LUIS
TALPA**

En la imagen10 se observa la cancha de fútbol, la cual está rodeada por árboles de poca altura 6 metros, los paneles fotovoltaicos estarán ubicados en los laterales de la cancha de fútbol (ver imagen 11)³

³ Se recomienda la poda de árboles de manera programada para evitar cualquier sombra en el sistema fotovoltaico.

IMAGEN 11: PLANTA SOLAR EN LATERALES DE CANCHA DE FÚTBOL Y TERRENO CASA COMUNAL DE LA COMUNIDAD LA MONTAÑA



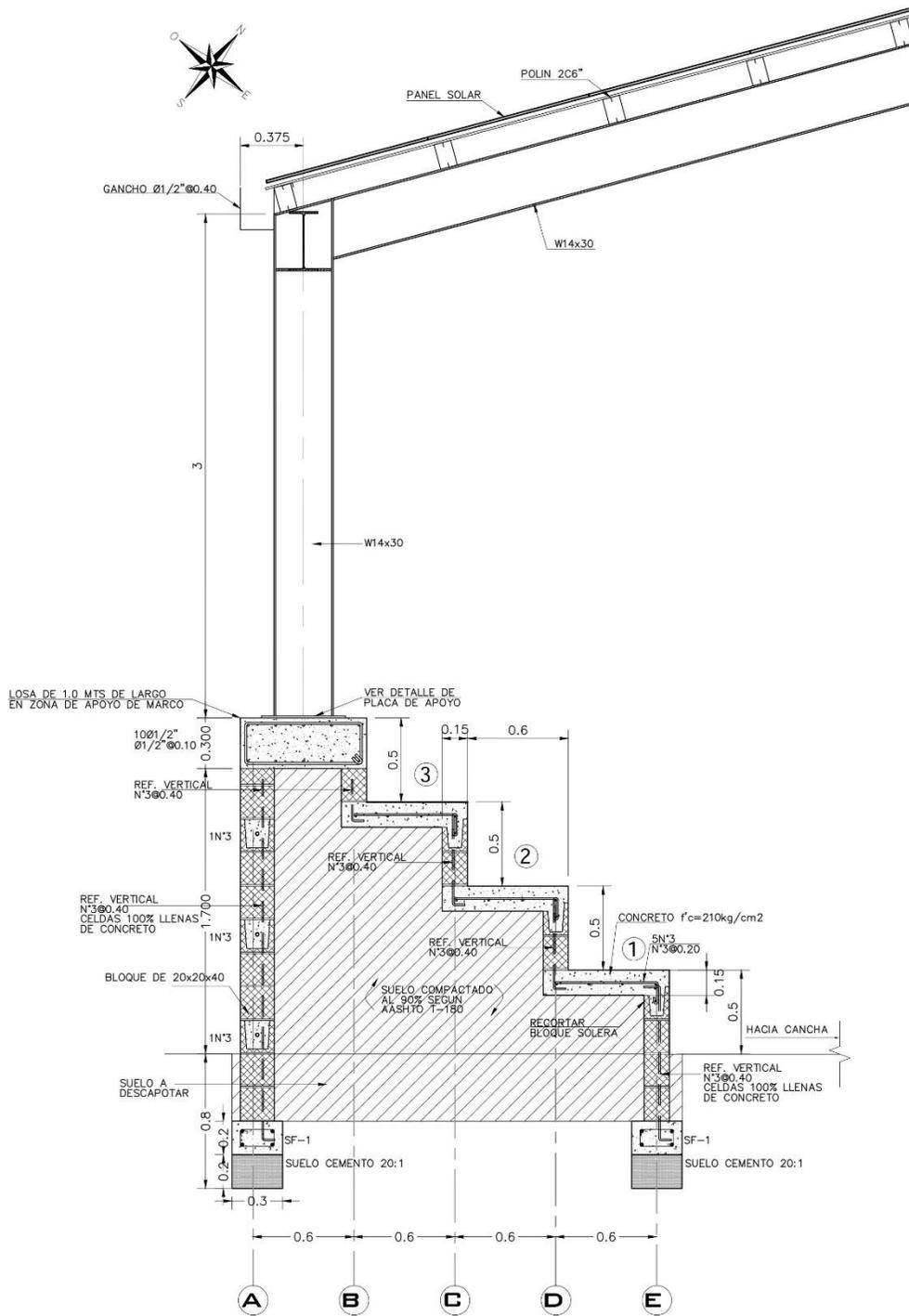
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS, PROPUESTA DE PLANTA SOLAR EN LA COMUNIDAD LA MONTAÑA, CASA COMUNAL Y CANCHA DE FÚTBOL⁴

En la imagen 11 se observa la planta solar en tres secciones: la primera y segunda se considerará una obra civil de índole social⁵ para colocar graderíos en la cancha y colocar techo sobre los mismos colocando ahí dos arreglos en paralelo de 630 paneles fotovoltaicos de 305W con dimensiones de 1956 x 992 mm² cada uno. En el área de la casa comunal se colocará un arreglo sobre el suelo en paralelo de 252 paneles fotovoltaicos de 305 W con las dimensiones descritas con anterioridad.

⁴ El norte geográfico indicado con la flecha.

⁵ Obra civil social a considerar son todos los graderíos, materiales y mano de obra involucrada en los mismos. Estos no serán considerados en el análisis financiero

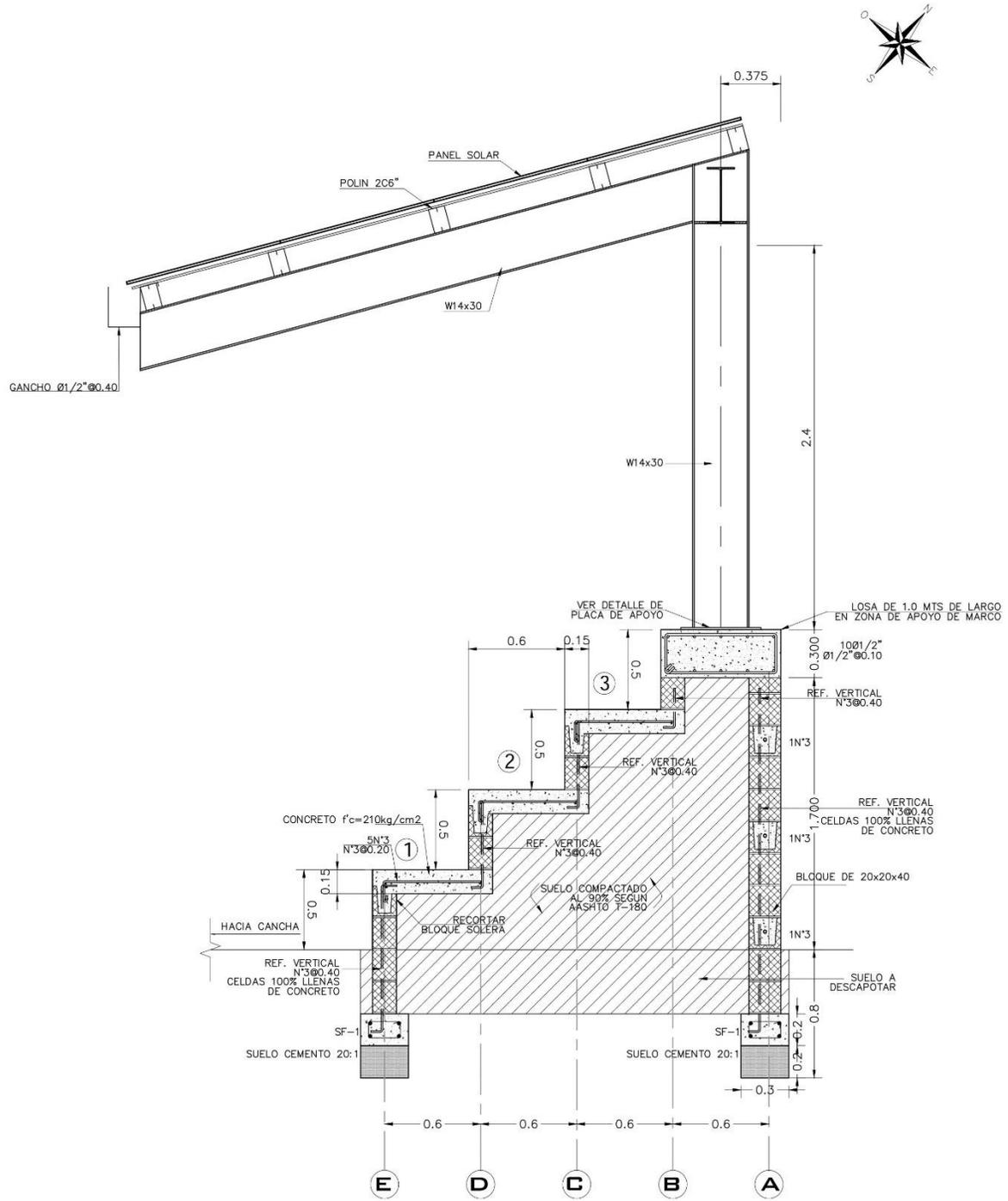
IMAGEN 12: ESTRUCTURA Y GRADERÍOS EN CANCHA PARA MÓDULOS FV 1



ELEVACION MARCO M-1
SIN ESCALA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS.

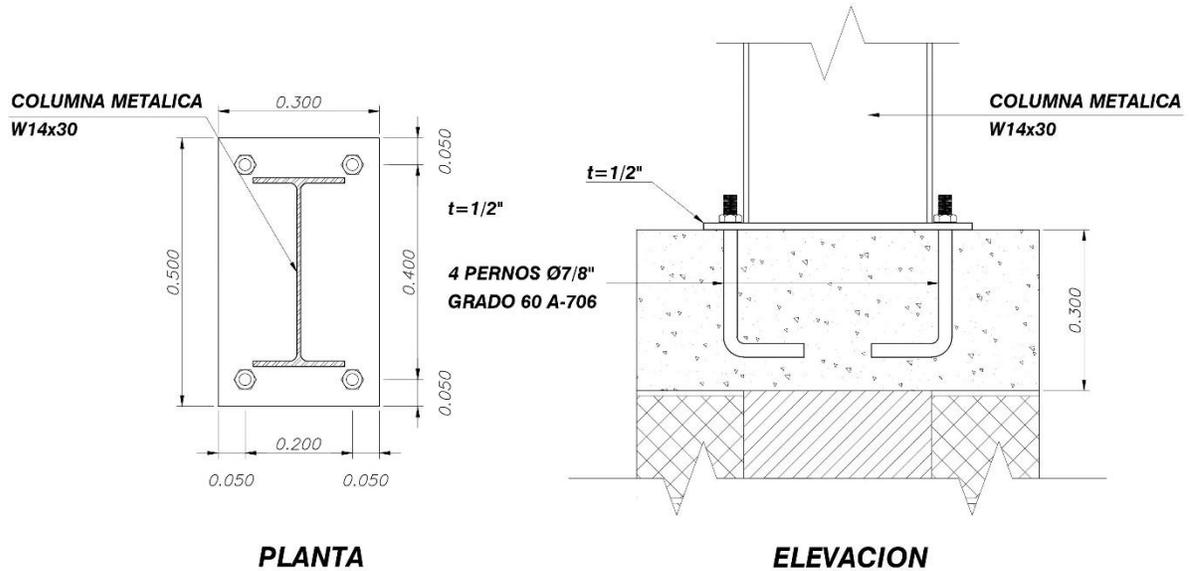
IMAGEN 13: ESTRUCTURA Y GRADERÍOS EN CANCHA PARA MÓDULOS FV 2



ELEVACION MARCO M-2
SIN ESCALA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

IMAGEN 14: DETALLE DE PLACA DE APOYO DE ESTRUCTURA DE TECHO DE GRADERÍOS



DETALLE DE PLACA DE APOYO

SIN ESCALA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

Los módulos FV han sido colocados de manera que no se genere sombra unos a otros al momento de colocarlos sobre la estructura⁶.

5.2.4 DISTRIBUCIÓN DE CUADRO DE CARGA AUTOCONSUMO PARA SIMULACIÓN

Con los parámetros definidos para los generadores, es necesario distribuir la potencia para el autoconsumo, como el mínimo que debe entregar el sistema para satisfacer la demanda de la comunidad establecida en el cuadro de carga.

⁶ El perfil de sombras no ha sido colocado por tomar este tipo de arreglos en la estructura.

Para la distribución, se utilizará el formato definido dentro del sistema de simulación *Sunny Design Web*, que define por horas como se distribuye la potencia a entregar, de esta manera, el programa determina por medio de la simulación la energía demandada en cada instante.

Para esto se determina los siguientes parámetros a considerar en la simulación:

- El refrigerador en cada casa es el único que demandará energía las 24 horas del día. Cada refrigerador con una potencia de 1 kW, por las 37 viviendas, se tiene 37 kW
- Los tomacorrientes serán utilizados con una carga máximo de 200W al mismo tiempo en un promedio de 2 horas por la mañana y 2 horas por la tarde. De las 9 am a 11 am y de 3 pm a 5 pm, potencia total demandada de: 7.4kW.
- Bombas eléctricas de 1HP por vivienda, alternadas de manera que trabajen 5 horas, durante 6 días a la semana. Con un circuito total de potencia: 3740W por vivienda. Demandando por las 28 viviendas simultáneamente: 104kW.
- La luminaria de cada casa se asumirá que los tres focos estarán siendo utilizados desde las 6 pm hasta las 10 pm, es decir 4 horas. Son 66 W por los tres focos de cada casa, por las 37 viviendas se tienen 2.4kW.
- El alumbrado público demandará energía un total de 12 horas, correspondiente al tiempo nocturno, encendiendo todas las luminarias simultáneamente por ese período. Un aproximado de 6 kW por cada hora.

Por lo tanto el cuadro de carga se divide en dos, el primero referido a las cargas de cada casa y el segundo para las cargas del alumbrado público, de esta manera, las horas que se traslapen, se sumará la potencia demandada para establecer el total de demandado en el sistema.

Queda distribuido de la siguiente forma en un día de la semana, exceptuando el domingo que no se utilizará la bomba y las demás cargas se mantendrán constantes:

TABLA 6: DISTRIBUCIÓN DE CARGA EN EL TIEMPO PARA VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD LA MONTAÑA

Hora del día	Potencia demandada (kW)	Hora del día	Potencia demandada (kW)
00:00	37	12:00	144
01:00	37	13:00	37
02:00	37	14:00	37
03:00	37	15:00	37
04:00	37	16:00	44.4
05:00	37	17:00	44.4
06:00	37	18:00	39.44
07:00	144	19:00	39.44
08:00	144	20:00	39.44
09:00	151.40	21:00	39.44
10:00	151.40	22:00	39.44
11:00	144	23:00	37

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

El cuadro de distribución para el alumbrado público es de la siguiente manera:

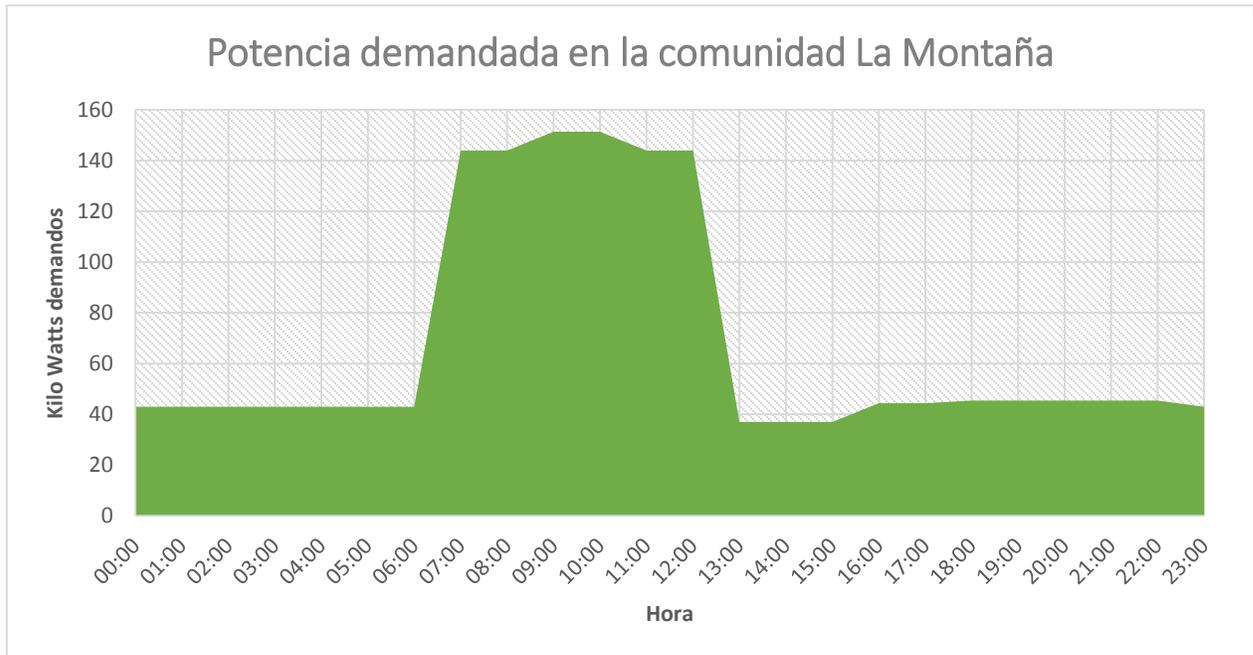
TABLA 7: CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGA PARA ALUMBRADO PÚBLICO COMUNIDAD LA MONTAÑA

Hora del día	Potencia demandada (kW)	Hora del día	Potencia demandada (kW)
00:00	6	12:00	0
01:00	6	13:00	0
02:00	6	14:00	0
03:00	6	15:00	0
04:00	6	16:00	0
05:00	6	17:00	0
06:00	6	18:00	6
07:00	0	19:00	6
08:00	0	20:00	6
09:00	0	21:00	6
10:00	0	22:00	6
11:00	0	23:00	6

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

De manera gráfica considerando ambos cuadros se tiene la siguiente potencia demandada en un día, considerando de lunes a sábado con la bomba eléctrica trabajando:

IMAGEN 15: GRÁFICO DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA PARA AUTOCONSUMO DE LA COMUNIDAD LA MONTAÑA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

De acuerdo a la simulación se tiene un consumo anual de 602 MWh.

5.2.5 VISTA GENERAL DEL SISTEMA Y ARREGLOS PREVIOS A LA SIMULACIÓN

Para proceder a la simulación, se utilizará como fue mencionado, el software *Sunny Design Web* en su versión gratuita, para lo cual se tienen las siguientes limitantes:

- Sólo pueden ser definidos tres generadores de energía FV
- Sólo pueden ser definidos dos perfiles de carga diferentes.

Con estas limitaciones para completar la carga definida en autoconsumo y entrega a red (80%-20%), se realizará un arreglo en el programa de simulación.

Ya que la planta tiene una potencia de 28kW es para una corrida, con un total de energía anual generada de 63.26MWh y considerando que el consumo de energía anualmente es de 602 MWh, para definir el total de potencia requerida instantáneamente, se considera lo siguiente, para

entregar el 20% de lo producido, la energía consumida anualmente se multiplicará por el factor 1.2 para determinar el número de repeticiones de la simulación:

$$\text{Total de repeticiones de simulación} = \frac{602 \text{ MWh} \times 1.2}{63.26 \text{ MWh}} = 11.5$$

Por lo tanto para cubrir el autoconsumo es necesario realizar arreglos de potencia de 28 kW un total de 11.5 veces. Para cubrir el total considerado para inyección a red (80-20).

Adicional, se ha considerado que, el generador número #1 de toda la instalación, es el sistema pequeño ubicado en el terreno adjunto de la casa comunal, donde también se colocará el cuarto de máquinas. Los generadores número #2 y #3, será el espacio ocupado por la cancha donde se colocará la estructura sobre el techo de los graderíos (considerados a ser construidos e incluidos en el presupuesto de este sistema) y compartirán los mismos inversores.

De acuerdo a este esquema, los arreglos dentro de la simulación quedan de la siguiente manera:

TABLA 8: TOTAL DE MÓDULOS FV DIVIDIDOS POR GENERADOR PARA SIMULACIÓN

Número de Generador	Número de strings	Módulos FV por string	Inversores	Total de paneles FV
Generador FV #1	18	7	2	252
Generador FV #2	9	7	5	315
Generador FV #3	9	7		315
				882

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

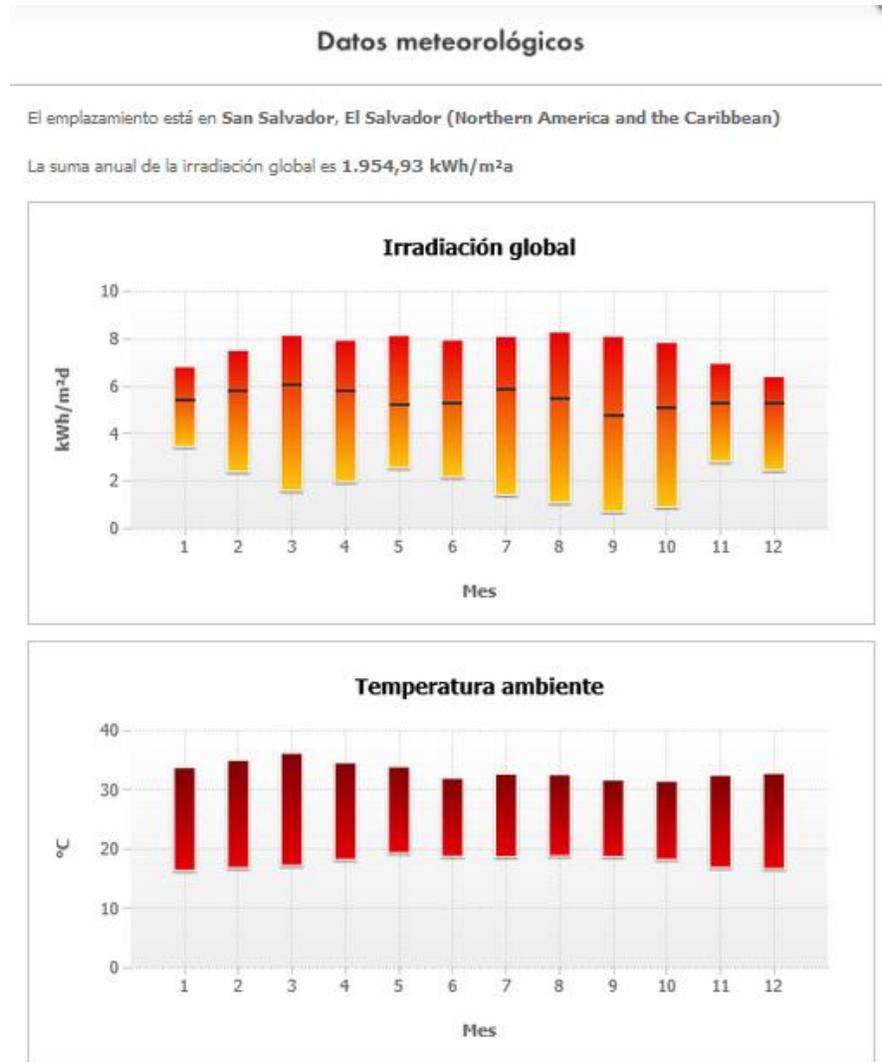
Con este total de paneles FV, se producirá un total aproximado de 727.47 MWh/año, con lo cual se tiene considerado utilizar un 80% para el suministro de autoconsumo y 20% para inyección a la red.

Es de notar, que los inversores sugeridos por el sistema es el equipo Sunny Boy 4000TL-21. En este caso hay que realizar un equivalente debido a la dificultad para encontrar un distribuidor a nivel regional. El distribuidor de paneles FV: RENESOLA, sugirió el modelo GW4200-NS que es el que se utilizará en el diseño.

5.2.6 EMPLAZAMIENTO EN EL SISTEMA *SUNNY DESIGN WEB*⁷

El sistema *Sunny Design Web* cuenta con una base de datos de El Salvador para determinar el lugar de emplazamiento, con la consideración limitada de solo tener datos para San Salvador y Ahuachapán. Para efectos de la simulación se tomarán los datos en San Salvador para colocar en el sistema previo a la simulación.

IMAGEN 16: CAPTURA DE PANTALLA DE DATOS METEOROLÓGICOS DE *SOFTWARE SUNNY DESIGN WEB*



FUENTE: *SOFTWARE SUNNY DESIGN WEB*

⁷ Software de origen alemán. Utilizado en la Materia de Energía Fotovoltaica parte de la Maestría de Gestión en Energías Renovables

La simulación considerará el dato de irradiancia anual en San Salvador, El Salvador de: 1,954.93kWh/m²a

Así mismo la inclinación de los paneles fotovoltaicos en su posición fija de inclinación a 15° desde la horizontal será considerada en la simulación, de acuerdo con los datos solicitados para el lugar de emplazamiento en el *software*:

IMAGEN 17: CAPTURA DE PANTALLA DE DATOS DE INCLINACIÓN DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO DEL *SOFTWARE SUNNY DESIGN WEB*

The screenshot shows the 'Nuevo emplazamiento' (New location) configuration page. At the top, there are three buttons: 'Deshacer cambios' (Undo changes), 'Nuevo emplazamiento' (New location), and 'Guardar emplazamiento' (Save location). Below these is a text instruction: 'Aquí puede introducir los datos del nuevo emplazamiento o aceptar los datos de un emplazamiento existente con el botón "Utilizar plantilla". Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios.' (Here you can enter the data for the new location or accept the data of an existing location with the button "Use template". Fields marked with an asterisk (*) are mandatory.)

Below the instruction is a 'Utilizar plantilla' (Use template) button. The main configuration section is titled 'Emplazamiento' (Location) and includes three dropdown menus: 'Región*' (Region*) with 'Northern America and the Caribbean' selected, 'País*' (Country*) with 'El Salvador' selected, and 'Localidad*' (Locality*) with 'Copia de San Salvador' selected.

Below this is the 'Moneda' (Currency) section with a dropdown menu showing 'USD'.

The final section is 'Ajuste predeterminado para orientar el generador' (Default adjustment for generator orientation). It contains two controls: 'Ajuste predeterminado de la inclinación*' (Default inclination adjustment*) with a dropdown arrow, a text input field containing '15', and an up/down arrow control; and 'Ajuste predeterminado del acimut*' (Default azimuth adjustment*) with a dropdown arrow, a text input field containing '0', and an up/down arrow control.

FUENTE: *SOFTWARE SUNNY DESIGN WEB*

5.2.7 EQUIVALENTES DE EQUIPO FOTOVOLTAICO PARA SIMULACIÓN

Debido a que el software *Sunny Design Web*, es un sistema de simulación que no contiene los equipos utilizados para este diseño, se consideran los siguientes equivalentes, que son los más cercanos a los seleccionados.

TABLA 9: EQUIPO EQUIVALENTE PARA SIMULACIÓN

Tipo	Equipo FV para diseño	Equivalente en simulación
Panel FV	Renesola Virtus II 305W	Yingli YL 295-35b
Inversor	GoodWe GW4200-NS	Sunny Boy 4000TL-21

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

5.2.8 CUADRO RESUMEN DEL DISEÑO

En resumen, el resultado del diseño en la parte eléctrica fotovoltaica cumple con lo siguiente:

TABLA 10: CUADRO RESUMEN DE ELEMENTOS FOTOVOLTAICOS DEL DISEÑO

Potencia pico	322 kWp
Número de paneles	882
Total de inversores	81
Tipo de panel FV	Virtus Module 305W
Tipo de inversor	GW4200-NS
Energía anual	727.47 MWh
Autoconsumo anual	602 MWh
Irradiancia anual de acuerdo al <i>software Sunny Design Web</i>	1,954.93kWh/m ² a
Inclinación de los paneles FV	15°

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

6. ESTUDIO FINANCIERO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

El apartado financiero es por medio del cual, las técnicas destinadas para determinar viabilidad económica son utilizadas, en este caso por medio de determinar cada uno de los apartados del presupuesto estimado para el proyecto de generación.

A continuación, se describen los elementos del presupuesto para la inversión inicial y cada uno de los apartados para la determinación de costos continuos en la generación.

6.1 PRESUPUESTO

Los costos a considerar dentro del desarrollo del presupuesto para el proyecto de generación FV, son considerados en dos tipos:

- Costos de inversión
- Costos recurrentes

Los costos de inversión incluyen cada uno de los elementos necesarios para proceder a la instalación del sistema FV (paneles, inversores, cableado), instalación de estructura (en cancha, graderíos, predio casa comunal), así como la instalación de las cargas. Desglosados de la siguiente manera, dentro del cash-flow presentado más adelante:

- Coste de módulos FV
- Coste de inversores
- Coste de cableado del sistema
- Coste de estructura
- Coste de mano de obra/montaje de sistema
- Coste de cargas del sistema
- Coste de mano de obra/montaje de cargas

Los costos recurrentes a considerar son los siguientes:

- Costo de mantenimiento y mano de obra

6.1.1 DETERMINACIÓN DE PRECIO Y COTIZACIONES DE EQUIPO

En este apartado, se realizará un breve recorrido de cada uno de los elementos a considerar en el presupuesto y los costos asociados a los mismos. Al final de este apartado, se mostrará la tabla del coste de inversión asociado al proyecto.

Los paneles FV, seleccionados serán considerados con un costo CIF San Salvador, en un contenedor de 40' HC, por una cantidad total de 624 paneles, con un costo de \$87,547.20. Con estos datos se considera traer un adicional de 276 paneles a un costo cada uno de \$149.25⁸ con lo cual se tiene un adicional de \$41,193. Así el total de costo de los paneles es de \$128,740.20

Los inversores, por su parte serán un total de 84 por un precio total de \$55,020⁹. Considerando que la mitad de los inversores está en la cotización mencionada, y su costo no tiene variación.

La obra civil cotizada para este proyecto¹⁰ incluye lo siguiente:

- Costos asociados a la obra: sanitarios provisionales, planta de emergencia, bodega.
- Costo de suministro de materiales y mano de obra a graderíos de cancha comunal.
- Costo de suministro de materiales y mano de obra de estructura para techo de graderíos de cancha comunal.
- Costo de suministro de materiales y mano de obra de cuarto de casa de máquinas para el sistema fotovoltaico,
- Costo de obra eléctrica asociada al sistema fotovoltaico: cableado de paneles y conexión a red de distribución
- Costo de obra eléctrica (mano de obra y suministro) para instalación de cargas en el asentamiento, instalación de alumbrado público, cableado, conexión al sistema FV.

Dicha cotización tiene un total de \$435,671.19

Por último los costos del mantenimiento, para esto se considerarán el proceso de inspección y limpieza general del sistema, que asciende a un total del 2% del coste de inversión [6].

⁸ Información brindada por proveedor RENESOLA

⁹ Ver cotización en anexos

¹⁰ Ver cotización en anexos

6.1.2 CONSIDERACIONES ESPECIALES Y SUPUESTOS DE OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA EN PROYECTOS DE INVERSIÓN SOCIAL

Dada la naturaleza del proyecto de generación fotovoltaica es social ya que el 80% de la energía generada es para el autoconsumo del asentamiento. Con sólo el 20% para la comercialización es necesario considerar a los actores que tienen presencia en el lugar para amortizar algunos costos asociados a todo el proyecto que incluye en un porcentaje más grande la electrificación total del lugar.

La propuesta presentada en este proyecto es que el costo de electrificación y construcción de graderíos en la cancha sea absorbido por el gobierno local como una obra social para los habitantes del lugar. Esto es un supuesto a considerar en los análisis económicos, por lo cual el costo mencionado no se incluirá como parte de la rentabilidad de la venta de energía que se generará.

6.1.3 CUADRO RESUMEN DE COSTOS

En resumen, se tiene el siguiente cuadro, considerando los costos y otros factores necesarios para proceder al análisis financiero y de pre-factibilidad del sistema:

TABLA 11: RESUMEN DE COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO Y SUPUESTOS PARA EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

Rubro	Presupuesto
Paneles fotovoltaicos	\$128,740.20
Inversores	\$55,020
Instalaciones provisionales y obras preliminares (suministro de mano de obra y cableado de sistema FV)	\$10,900.00
Estructura de acero para sostener paneles (mano de obra y suministro de materiales)	\$64,891.20
Construcción de cuarto de máquinas para el sistema FV (mano de obra y suministro de materiales)	\$18,000.00
Costo de mantenimiento anual	2% de la venta de energía anual
Costo de reemplazo y mano de obra repuestos	2% de la venta de energía anual

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

Con lo cual se obtiene una inversión inicial de: \$277,551.40 asociada directamente al sistema FV.

6.2 ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA

Para determinar la factibilidad del sistema, en la parte económica, hay que considerar ciertas variaciones, ya que el proyecto por ser de índole social, no considera ningún retorno en el autoconsumo, debido a que el sistema no tiene como comparar su costo frente a la distribución tradicional.

Sin embargo, ya que existe un componente comercial que es la entrega del 20% de energía generada a entregar a la red de distribución, el componente de factibilidad si se le aplicará directamente para considerar si la venta de energía es factible.

6.2.1 TASAS DE RIESGO Y FINANCIAMIENTO

La tasa de riesgo asociada al sistema FV, se considera de acuerdo al documento *Elaboración de herramientas financieras para Evaluación de proyectos de inversión en sistemas de mini-generación fotovoltaica* de la Universidad de Oporto (2011), considerar una tasa entre el 3% y el 10%, para casos prácticos y bajo la recomendación de dicho documento se tiene un total de 3% [7].

Con una inversión total de \$277,551.40 y para efectos prácticos buscará en el sistema bancario una tasa entre el 3% al 5% desde 5 a 20 años de plazo, de acuerdo con lo recomendado en el documento antes mencionado.

6.2.2 DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS

Para efectos financieros, la depreciación del equipo directamente relevante en la generación de energía se considerará para reducir el impacto en el movimiento del efectivo en el tiempo.

Para efectos de definición de la depreciación, se consideran los 20 años de duración del proyecto y sólo se depreciará paneles FV y los inversores.

Así considerando la inversión en baterías, paneles FV e inversores, se tiene el siguiente cuadro, de acuerdo al método de depreciación lineal¹¹:

TABLA 12: COSTOS DE EQUIPO A APLICAR DEPRECIACIÓN LINEAL

Paneles	\$128,740.20
Inversores	\$55,020.00
Total	\$183,760.20
Valor de retorno	2% del valor de compra

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

La depreciación queda de la siguiente manera:

TABLA 13: DEPRECIACIÓN DE EQUIPO FOTOVOLTAICO

Año	Depreciación lineal	Año	Depreciación lineal
1	\$32,709.32	11	\$4,606.70
2	\$26,887.06	12	\$3,786.70
3	\$22,101.16	13	\$3,112.67
4	\$18,167.15	14	\$2,558.62
5	\$14,933.40	15	\$2,103.18
6	\$12,275.26	16	\$1,728.82
7	\$10,090.26	17	\$1,421.09
8	\$8,294.19	18	\$1,168.13
9	\$6,817.83	19	\$960.21
10	\$5,604.25	20	\$789.29

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

¹¹ El método de depreciación lineal, calcula en base a una tasa fija hasta el punto más bajo de venta del valor residual de los equipos: $(Costo - depreciación\ de\ periodos\ anteriores) \times \left(1 - \left(\frac{valor\ residual}{Costo}\right)^{\frac{1}{vida\ útil}}\right)$ [14]

6.2.3 ENERGÍA A ENTREGAR A RED Y PRECIO DE VENTA

La energía anual generada asciende a un total de 727.47 MWh, por lo cual el 20% a entregar a red corresponde a 145.50 MWh al año. A esto se considerará si puede ser rentable o por lo menos pagarse en su totalidad en los 20 años de duración del proyecto.

De acuerdo al documento *Fomentando el uso de fuentes renovables de energía en El Salvador: Proyectos hasta 100kW* [8] debido a que el proyecto tiene una potencia menor a los 5MW no puede participar en el mercado mayorista, por lo cual, debe entrar en un Contrato a Largo Plazo para la generación distribuida (GDR), dicho contrato se administra directamente entre el generador y la distribuidora fuera del mercado mayorista, de acuerdo a esto de manera textual sobre el precio de venta se menciona: “la SIGET podrá establecer mediante acuerdo de uno o varios precios base techo por tecnología o tecnologías específicas”

Algunos de los siguientes precios se han tomado de referencia:

- Licitación para proyectos residenciales con máximo de 5kW: \$0.17898/kWh [9]
- Licitación a 100MW de energía no convencional en 2015 [10]:
 - Neoen-Almaval 60 MW: \$101.90/MWh
 - Solar Reserve 20MW: \$125.37/MWh
 - Proyecto Trinidad 8MW: \$123.88/MWh

Para el presente proyecto, debido al componente social, se considerarán los siguientes supuestos:

- No ganancia pero no pérdida, debido a que el proyecto no busca rentabilidad, sino sólo solventar el pago de la inversión inicial
- Interés de préstamos, a tasas preferenciales manteniendo el componente social buscando así, que financistas y el sistema bancario provean parte de la inversión a montos preferenciales.

Para el cálculo del precio se establecerá una serie de iteraciones dentro del flujo de caja para encontrar el menor precio de venta, manteniendo el Valor Presente Neto (VPN) positivo y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) igual o menor al 3% que es la tasa de riesgo establecida por el equipo de tesis para este proyecto.

6.2.4 CONSIDERACIONES DE LA LEY DE INCENTIVOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

De acuerdo al artículo 3 literal b:

“Exención del pago del Impuesto sobre la Renta por un período de cinco (5) años en el caso de los proyectos entre 10 y 20 megavatios (MW) y de diez (10) años en el caso de los proyectos de menos de 10 megavatios MW; en ambos casos, a partir de la entrada en operación comercial del Proyecto, correspondiente al ejercicio fiscal en que obtenga ingresos” [9].

Por lo tanto para la realización de la factibilidad del sistema fotovoltaico en lo referente a entrega a red, se considerará el apartado de exoneración del impuesto sobre la renta (30%) para los primeros 10 años del proyecto.

Así mismo no se considerarán impuestos de importación por lo mismo considerado en la presente ley.

6.2.5 DE LOS PERMISOS AMBIENTALES

De acuerdo al documento del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: “Categorización de actividades, obras o proyectos conforme a la ley de Medio Ambiente” [12] el proyecto por estar arriba de los 100kW y debajo de los 5MW se localiza en la categoría B1: Actividades, obras o proyectos con potencial impacto ambiental leve, dado esto la ley establece que no se requiere presentar estudio de impacto ambiental.

Los pasos a seguir solo son el llenado del formulario B1¹² y la inspección en sitio del proyecto para que se establezca el dictamen técnico y se avale el proyecto. Esto garantiza que no se tengan que invertir en algo adicional.

6.2.6 MÉTODOS DE PREFACTIBILIDAD

Para determinar la pre-factibilidad económica, se consideran los cash-flow del proyecto considerando cada uno de los costos, la inversión inicial y lo generado para la red.

¹² Formularios en línea, sin embargo en el momento de hacer la consulta la página web del MARN está en mantenimiento:
http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=94&Itemid=161

Con cada flujo anual, se considerará aplicar los métodos de Valor Presente Neto (VPN) y la TIR (Tasa Interna de Retorno). El primero que define mediante la tasa de riesgo previamente definida (3%) si el dinero generado en el futuro, superará la inversión inicial, de ser así el proyecto es rentable.

El segundo método, considera la tasa interna generada por estos movimientos del VPN, para saber si supera la tasa de riesgo.

Se usará el software Microsoft Excel para determinar el cash-flow, aprovechando la versatilidad de las fórmulas para el cálculo y la forma automática en que puede calcular los valores.

6.2.7 RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Los paneles seleccionados para este proyecto tienen una reducción de su rendimiento de acuerdo a la ficha técnica de un 2.5% en el primer año y decaer hasta un 20% en el año 25 de su uso. Por tanto se calculará un gradiente de decaimiento de la energía en el período de este proyecto, quedando de la siguiente manera la producción anual de energía:

TABLA 14: DISMINUCIÓN DE RENDIMIENTO DE ENERGÍA PRODUCIDA POR EL EQUIPO FV EN EL PERÍODO DEL PROYECTO

Año	Energía (MWh)	Año	Energía (MWh)
1	141.86	11	131.25
2	140.80	12	130.19
3	139.74	13	129.13
4	138.67	14	128.07
5	137.61	15	127.00
6	136.55	16	125.94
7	135.49	17	124.88
8	134.43	18	123.82
9	133.37	19	122.76
10	132.31	20	121.70

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

6.2.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PRECIO DE VENTA DE LA ENERGÍA GENERADA

Por medio del software Microsoft Excel, se realizará por medio de la opción “Solver” [13] una serie de iteraciones que determinarán el precio de venta, considerando además:

- Tasa preferencial de un préstamo
- Periodos anuales para el pago de dicho préstamo
- Porcentaje de capital a prestar

Dados estos supuestos y restricciones, se tienen los siguientes escenarios, buscando minimizar el precio de venta de la energía:

TABLA 15: VALORES DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD CON 60% DE CAPITAL PRESTADO A UNA TASA DE 3% ANUAL A 20 AÑOS PLAZO

Precio de venta	VPN
\$ 146.88	\$ 2.86
\$ 150.25	\$ 5,542.49
\$ 156.51	\$ 15,835.67
\$ 162.77	\$ 26,128.85

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

La tabla 15, muestra como la función mencionada, determina que el precio de venta mínimo sin implicar ganancia en el proyecto, bajo las condiciones descrita es: \$146.88/MWh

TABLA 16: VALORES DE ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD CON 45% DE CAPITAL PRESTADO A UNA TASA DE 3% ANUAL A 8 AÑOS PLAZO

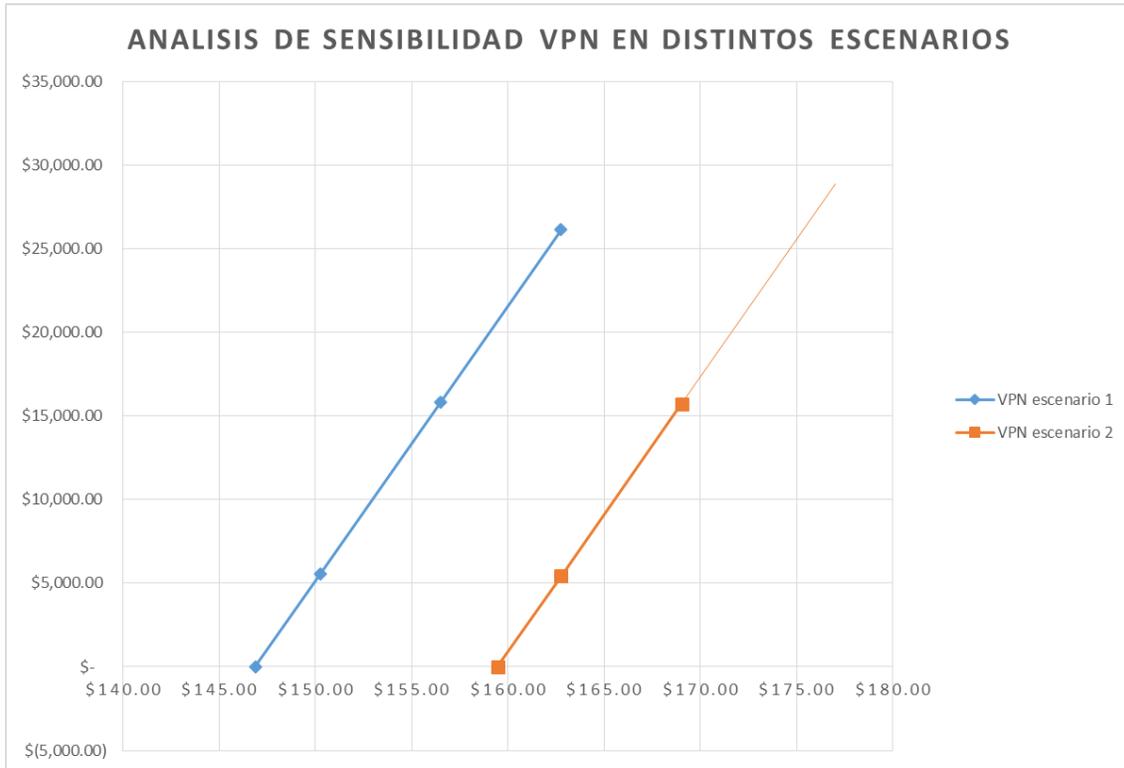
Precio de venta	VPN
\$ 159.46	\$ (0.02)
\$ 162.77	\$ 5,436.14
\$ 169.03	\$ 15,729.32

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

La tabla 16 muestra el otro escenario mostrado por la función donde el mejor precio es de \$159.46/MWh.

Gráficamente podemos observar el siguiente comportamiento:

IMAGEN 18: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL VPN



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

Se pueden correr más escenarios, los cuales solo resultarán en más rectas hacia el lado derecho, el VPN crece de manera lineal, pero los parámetros que permiten solventar el proyecto con el mínimo de precio de venta son:

- Porcentaje del préstamo: 60%
- Tasa de interés: 3%
- Plazo del préstamo: 20 años

Con estos parámetros, se cumplen las condiciones mínimas para que la inversión directamente relacionada al proyecto no represente pérdidas en el concepto de la interconexión a red de la energía que se venderá¹³.

¹³ Si se quiere considerar algún tipo de rentabilidad adicional, este es el punto de partida. Condiciones pesimistas a estas generarán una pérdida considerable en la venta de energía

Con esta información, se procede a realizar el flujo de caja bajo dichas condiciones al precio definido de \$146.88/MWh

TABLA 17: FLUJO DE CAJA CON PRECIO MÍNIMO DE VENTA DE ENERGÍA

6.2.9 CASH FLOW

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MWh generados para venta a distribuidora		141.86	140.80	139.74	138.67	137.61	136.55	135.49	134.43	133.37	132.31	131.25	130.19	129.13	128.07	127.00	125.94	124.88	123.82	122.76	121.70
(x) Precio de (US\$/MWh)		\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88	\$ 146.88
Total de venta		\$ 20,835.90	\$ 20,680.08	\$ 20,524.26	\$ 20,368.43	\$ 20,212.61	\$ 20,056.78	\$ 19,900.96	\$ 19,745.14	\$ 19,589.31	\$ 19,433.49	\$ 19,277.66	\$ 19,121.84	\$ 18,966.02	\$ 18,810.19	\$ 18,654.37	\$ 18,498.54	\$ 18,342.72	\$ 18,186.89	\$ 18,031.07	\$ 17,875.25
(-) Inversión	\$ (277,551.40)																				
(+) Valor del préstamo	\$ 166,516.61																				
(-) Cuota a pagar de préstamo		\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)	\$ (11,192.53)
(-) Costo de mantenimiento (2% de venta anual)		\$ (416.72)	\$ (413.60)	\$ (410.49)	\$ (407.37)	\$ (404.25)	\$ (401.14)	\$ (398.02)	\$ (394.90)	\$ (391.79)	\$ (388.67)	\$ (385.55)	\$ (382.44)	\$ (379.32)	\$ (376.20)	\$ (373.09)	\$ (369.97)	\$ (366.85)	\$ (363.74)	\$ (360.62)	\$ (357.50)
(-) Instalación de repuesto(2% de venta anual)					\$ (404.25)						\$ (388.67)					\$ (373.09)					\$ (357.50)
Margen bruto		\$ 9,226.65	\$ 9,073.95	\$ 8,921.24	\$ 8,768.53	\$ 8,211.57	\$ 8,463.12	\$ 8,310.41	\$ 8,157.70	\$ 8,004.99	\$ 7,463.62	\$ 7,699.58	\$ 7,546.87	\$ 7,394.16	\$ 7,241.46	\$ 6,715.66	\$ 6,936.04	\$ 6,783.33	\$ 6,630.63	\$ 6,477.92	\$ 5,967.71
(-) Depreciación de equipo fotovoltaico		\$ (32,709.32)	\$ (26,887.06)	\$ (22,101.16)	\$ (18,167.15)	\$ (14,933.40)	\$ (12,275.26)	\$ (10,090.26)	\$ (8,294.19)	\$ (6,817.83)	\$ (5,604.25)	\$ (4,606.70)	\$ (3,786.70)	\$ (3,112.67)	\$ (2,558.62)	\$ (2,103.18)	\$ (1,728.82)	\$ (1,421.09)	\$ (1,168.13)	\$ (960.21)	\$ (789.29)
Margen antes de impuestos		\$ (23,482.66)	\$ (17,813.11)	\$ (13,179.92)	\$ (9,398.62)	\$ (6,721.83)	\$ (3,812.14)	\$ (1,779.85)	\$ (136.49)	\$ 1,187.17	\$ 1,859.36	\$ 3,092.88	\$ 3,760.17	\$ 4,281.49	\$ 4,682.84	\$ 4,612.48	\$ 5,207.22	\$ 5,362.25	\$ 5,462.49	\$ 5,517.71	\$ 5,178.42
(-) Impuestos (30%)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 927.86	\$ 1,128.05	\$ 1,284.45	\$ 1,404.85	\$ 1,383.74	\$ 1,562.17	\$ 1,608.67	\$ 1,638.75	\$ 1,655.31	\$ 1,553.52
Margen luego de impuestos		\$ (23,482.66)	\$ (17,813.11)	\$ (13,179.92)	\$ (9,398.62)	\$ (6,721.83)	\$ (3,812.14)	\$ (1,779.85)	\$ (136.49)	\$ 1,187.17	\$ 1,859.36	\$ 2,165.02	\$ 2,632.12	\$ 2,997.04	\$ 3,277.99	\$ 3,228.73	\$ 3,645.06	\$ 3,753.57	\$ 3,823.74	\$ 3,862.40	\$ 3,624.89
(+) Depreciación de equipo fotovoltaico		\$ 32,709.32	\$ 26,887.06	\$ 22,101.16	\$ 18,167.15	\$ 14,933.40	\$ 12,275.26	\$ 10,090.26	\$ 8,294.19	\$ 6,817.83	\$ 5,604.25	\$ 4,606.70	\$ 3,786.70	\$ 3,112.67	\$ 2,558.62	\$ 2,103.18	\$ 1,728.82	\$ 1,421.09	\$ 1,168.13	\$ 960.21	\$ 789.29
(+) Valor residual																					\$ 5,551.03
Margen total	\$ (111,034.79)	\$ 9,226.65	\$ 9,073.95	\$ 8,921.24	\$ 8,768.53	\$ 8,211.57	\$ 8,463.12	\$ 8,310.41	\$ 8,157.70	\$ 8,004.99	\$ 7,463.62	\$ 6,771.71	\$ 6,418.82	\$ 6,109.72	\$ 5,836.60	\$ 5,331.92	\$ 5,373.87	\$ 5,174.66	\$ 4,991.88	\$ 4,822.60	\$ 9,965.21

VPN \$2.86
TIR 3%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA GRUPO DE TESIS

Lo relevante dentro del cash flow, es la exoneración del impuesto de los primeros 10 años, el pago de la cuota del financiamiento los 20 años. Y por último los valores de los métodos de factibilidad:

VPN: \$2.86

TIR: 3%

Estas son las condiciones mínimas por medio de las cuales el proyecto social puede ser factible, mediante la aplicación de tasas preferenciales y un precio de venta, un poco arriba del comercial en la actualidad.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diseño de sistemas fotovoltaicos es uno de los métodos más importantes para la generación de energía en muchas partes del mundo, permitiendo el acceso a la energía eléctrica a muchas personas, en el presente trabajo, se refleja el cómo a través de entes de financiamiento externo, estos diseños pueden realmente llegar a personas de toda clase social, permitiendo el desarrollo humano y social.

Si bien, existen muchas maneras de haber obtenido la información de las cargas dentro del asentamiento, el tomar la información de primera mano y entrevistar algunas de las personas, permitió establecer de mejor manera las necesidades y las cargas necesarias para el diseño del sistema FV.

Así, determinar las mejores relaciones entre el diseño y las necesidades de manera de brindar una respuesta (en el diseño) a las personas del asentamiento, sino además, valorar sus opiniones sobre lo que ellos consideran importante dentro de solventar algunas de sus necesidades básicas.

El sistema de simulación *Sunny Design Web* gracias a su versatilidad, permitió determinar equivalentes adecuados a los equipos que se tenían disponibilidad en el mercado regional. Sin embargo, la limitante del diseño debido al uso de la versión gratuita fue lo que permitió al equipo de trabajo establecer soluciones alternativas para cubrir el 100% de la demanda de energía en el lugar y entregar el excedente a red.

La pre factibilidad, positiva en cuanto a los indicadores económicos (VPN y TIR) es una minimización del precio de venta que permite que la inversión directamente relacionada con el proyecto puede costearse de manera propia por los ingresos generados con el sistema, entregando hasta una pequeña ganancia que puede ser considerada para algún tipo de pequeño proyecto dentro del asentamiento.

La indagación adicional respecto a las cotizaciones a nivel internacional que hay que realizar en la obtención de los equipos primordiales del sistema FV, permitió entender cómo el mercado se mueve para los métodos de importación, destacando la importancia de la cadena de suministro y la cantidad de paneles con respecto a precios y movilidad desde ciertas fronteras hasta el destino. Considerando que el excedente de paneles solicitados tiene un costo mayor por no completar el espacio de un contenedor para el traslado marítimo.

Finalmente, uno de los factores más importantes, es no perder la índole social de este proyecto y para futuras consideraciones de proyectos similares, ya que desde un inicio no es uno de los objetivos el retorno total de inversión, para obtener una ganancia de manera global del mismo. El desarrollo de proyectos de energía fotovoltaica, es importante dentro de la industria y el comercio como formas de ahorro y la migración a energías sustentables. Sin embargo, el desarrollo de plantas fotovoltaicas para el desarrollo humano, es destacable, ya que organismos internacionales están interesados en diseños similares con los cuales la financiación de los mismos está considerada en cierto porcentaje. Más en nuestro país donde las barreras sociales y la exclusión son latentes, es importante cómo a partir de las técnicas y métodos definidos se pueden crear pequeñas plantas independientes en el desarrollo local de muchos lugares a nivel nacional.

Recomendamos como grupo de tesis, a cualquier lector interesado en pasar a la factibilidad del mismo, la importancia de entrelazar vínculos con los actores presentes en el asentamiento, incluyendo la ADESCO del lugar, alcaldía, distribuidora y ONG relacionadas para generar un andamiaje correcto que permita generar a final de cuenta el beneficio a los habitantes del lugar.

El valor inherente del proyecto acá presentado, es una pre-factibilidad, que proyectos de co-generación pueden tener algún valor de retorno o ganancia, a pesar del índole social, en proyecto meramente comerciales y gracias a los incentivos fiscales que brinda nuestra legislación. Aunque, en nuestro país aún no se han dado a conocer a gran escala como estos equipos a nivel doméstico pueden generar reales beneficios a mediano plazo¹⁴. Aún existe un largo camino por recorrer en cuanto al desarrollo de proyectos sociales en la energía fotovoltaica, donde es importante recalcar que a nivel regional a medida han aumentado las licitaciones para dar espacio a energías renovables, por lo cual es imperativo considerar el avance definitivo a estas tecnologías como una alternativa a la energía hidroeléctrica en nuestra región beneficiada con irradiación solar constante en casi todo el año.

¹⁴ Nota: Pocos resultados en autoproducción de energía:

http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Pocos_resultados_en_autoproduccion_de_energa

8. GLOSARIO

Amperio (A): medida eléctrica de la corriente. Definida como la cantidad de carga eléctrica que circula por una unidad de tiempo (Q/s)

Ángulo de inclinación: inclinación desde el suelo, medida en grados, para la colocación de los paneles para el aprovechamiento máximo del sistema de manera fija. En El Salvador, se tienen sistemas desde 12° a 15°

Asentamiento: territorio habitado por personas de poca capacidad económica que debido a su situación adversa, viven en ese lugar, normalmente sin acceso a servicios básicos ni ayuda del Estado.

Capital propio: es la cantidad de dinero que pertenece a los inversores del proyecto y esperar recuperar en una cantidad determinada de tiempo.

Capital ajeno: es la cantidad de dinero solicitada a terceros con la que normalmente se cubre el total de la inversión para llevar a cabo un proyecto. Normalmente solicitado a entes bancarios por lo cual se debe pagar intereses y amortizaciones en un tiempo determinado para solventar la deuda adquirida con el tercero.

Cash-flow: es el flujo de caja para determinar todos los componentes que influyen en la obtención de ganancias: impuestos, inversión inicial, costos constantes, depreciación, entre otros.

CIF: Costo de seguro y flete, indica que el costo de cada uno de los elementos cubre los dos elementos mencionados, por tanto, la responsabilidad del vendedor termina en el momento en que el producto toca puerto o terminal de destino (Incoterms 2012)

Costo de inversión: costo asociado al arranque o inicio de un proyecto o programa. El costo de inversión es en proyectos comerciales, el que en el tiempo se intenta recuperar por medio de la remuneración o ganancias de dicho trabajo.

Costo recurrente: indica un costo que es periódico dentro del ejercicio contable. En el caso de este proyecto, es en base a un año contable.

Cuadro de carga: tabulación que indica a detalle la potencia a demandar de cada uno de los elementos a los que el sistema fotovoltaico entregará la energía producida.

Depreciación: es el valor en que un activo va perdiendo su valor en el tiempo, por lo cual representa un gasto ficticio adicional en un flujo de caja.

Irradiación solar directa: es la cantidad de energía solar que tiene una dirección y sentidos específicos, utilizada para la generación de energía eléctrica fotovoltaica.

Organización sin fines de lucro: ente no gubernamental que la base de sus acciones y labores se dirigen a la entrega de beneficios o facilidades a distintos sectores sociales, sin obtener aumento en el capital base con la que fue conformada.

Sistema fotovoltaico: conjunto de elementos que intervienen en la producción de energía eléctrica por medio de paneles que convierten los fotones de la luz solar en energía por medio del movimiento de electrones.

Sunny Design Web: software que permite por medio de la información de un proyecto y cuadros de cargas, el simular el proceso de creación de un sistema fotovoltaico para determinar la cantidad de elementos a utilizar en la generación de acuerdo a un cuadro de carga definido, condicionado a datos meteorológicos, de inclinación, dirección cardinal y otros valores.

String: arreglo de paneles conectados en serie eléctricamente.

Valor de retorno: el precio final al que el equipo puede ser vendido al finalizar el proyecto. En el caso de este proyecto está definido al 2% de la inversión.

Watt pico (Wp): medida de potencia que determina el máximo de potencia de salida entregado por un panel o sistema sin que esté conectado a las cargas que consumen dicha potencia.

9. ANEXOS

9.1 FICHA TÉCNICA DE PANELES FOTOVOLTAICOS VIRTUS II MODULE 305W



High Module Conversion Efficiencies



Easy Installation and Handling for Various Applications



Mechanical Load Capability of up to 5400 Pa



Conforms with IEC 61215:2005,
IEC 61730:2004, UL 1703 PV Standards



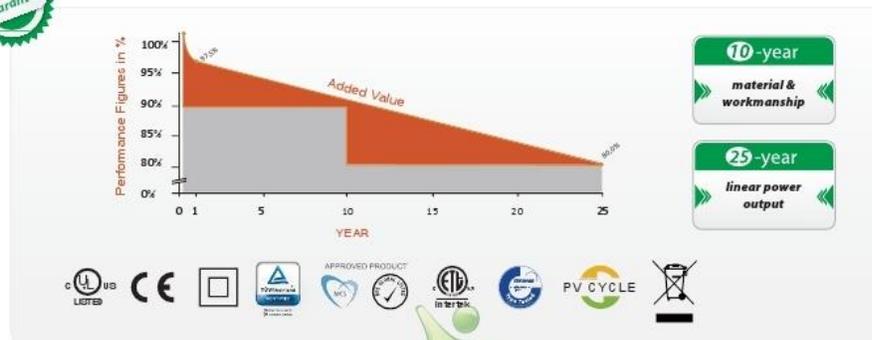
ISO9001, OHSAS18001, ISO14001 Certified



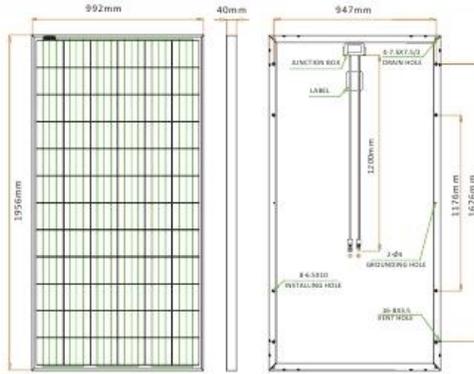
Application Class A, Safety Class II, Fire Rating C



Also Applicable For Module With Black Frame

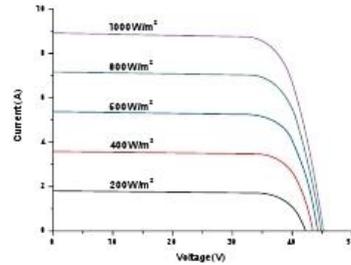


Dimensions



Drawing Only for Reference

I-V Curves



Varied Irradiation Efficiencies

Irradiance	200W/m ²	400W/m ²	600W/m ²	800W/m ²	1000W/m ²
Efficiency	16.0%	16.4%	16.4%	16.3%	16.2%

Electrical Characteristics STC

	JC300M-24/Ab	JC305M-24/Ab	JC310M-24/Ab	JC315M-24/Ab
Maximum Power (Pmax)	300 W	305 W	310 W	315 W
Power Tolerance	0 ~ +5W	0 ~ +5W	0 ~ +5W	0 ~ +5W
Module Efficiency	15.5%	15.7%	16.0%	16.2%
Maximum Power Current (Imp)	8.20 A	8.33 A	8.38 A	8.45 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	36.6 V	36.6 V	37.0 V	37.3 V
Short Circuit Current (Isc)	8.69 A	8.73 A	8.80 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.8 V	44.9 V	45.0 V	45.1 V

Values at Standard Test Conditions STC (AM1.5, Irradiance of 1000W/m², Cell Temperature 25°C)

Electrical Characteristics NOCT

	JC300M-24/Ab	JC305M-24/Ab	JC310M-24/Ab	JC315M-24/Ab
Maximum Power (Pmax)	222 W	226 W	230 W	234 W
Maximum Power Current (Imp)	6.67 A	6.72 A	6.80 A	6.88 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	33.4 V	33.6 V	33.8 V	34.0 V
Short Circuit Current (Isc)	7.02 A	7.04 A	7.10 A	7.16 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.9 V	42.0 V	42.1 V	42.2 V

Values at Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800W/m², AM1.5, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

Mechanical Characteristics

Cell Type	Virtus II (Polycrystalline) 156 x 156 mm, 72 (6x12) pcs in series
Glass	High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP65/IP67 Rated, With Bypass Diodes
Dimension	*1956 x 992 x 40 mm
Output Cable	4 mm ² (EU)/12 AWG (US), 1200 mm
Weight	27 kg
Installation Hole Location	See Drawing Above

Characteristics

Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.40%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C ± 2°C

Packing Information

	20' GP	40' GP	40' HQ
Container			
Pallets per Container	10	24	24
Pieces per Container	250	600	660

Rev. No. JC702/2015.02 *Values of reference for reference specification.
CAUTION: All rights reserved. Design and specification are subject to change without prior notice.

Maximum Ratings

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000VDC (EU) / 600VDC (US)
Maximum Series Fuse Rating	20A (EU) / 20A (US)

9.2 FICHA TÉCNICA DE INVERSORES GW4200-NS

Technical Data	GW3600-NS	GW4200-NS	GW5000-NS
DC Input Data			
Max. allowed PV Power [W]	4680	5460	6500
Nominal DC Power [W]	3960	4600	5500
Max. DC voltage [V]	580	580	580
MPPT voltage range [V]	125~550	125~550	125~550
Starting voltage [V]	120	120	120
Max. DC current [A]	22	22	22
No. of DC connectors	2	2	2
No. of MPPTs	1	1	1
DC connector	MC4/ Phoenix/ Amphenol	MC4/ Phoenix/ Amphenol	MC4/ Phoenix/ Amphenol
AC Output Data			
Nominal AC power [W]	3680	4200	5000*
Max. AC power [W]	3680	4200	5000*
Max. AC current [A]	16	19	22.8
Nominal AC output	50/60Hz; 230Vac	50/60Hz; 230Vac	50/60Hz; 230Vac
AC output range	45~55Hz/55~65Hz; 180~270Vac	45~55Hz/55~65Hz; 180~270Vac	45~55Hz/55~65Hz; 180~270Vac
THDi	<3%	<3%	<3%
Power factor	0.8 leading~0.8 lagging	0.8 leading~0.8 lagging	0.8 leading~0.8 lagging
Grid connection	Single phase	Single phase	Single phase
Efficiency			
Max. efficiency	97.8%	97.8%	97.8%
Euro efficiency	>97.5%	>97.5%	>97.5%
MPPT adaptation efficiency	99.9%	99.9%	99.9%
Protection			
Residual current monitoring unit	Integrated	Integrated	Integrated
Anti-islanding protection	Integrated	Integrated	Integrated
DC switch	Integrated (optional)	Integrated (optional)	Integrated (optional)
AC over current protection	Integrated	Integrated	Integrated
Insulation monitoring	Integrated	Integrated	Integrated
Certifications & Standards			
Grid regulation	VDE-AR-N 4105, AS4777.2&3, G59/3, VDE0126-1-1, EN50438, ERDF-NOI-RES_13E;	VDE-AR-N 4105, AS4777.2&3, G59/3, VDE0126-1-1, EN50438, ERDF-NOI-RES_13E;	VDE-AR-N 4105, AS4777.2&3, G59/3, VDE0126-1-1, EN50438, ERDF-NOI-RES_13E, MEA, PEA;
Safety	IEC62109-1&-2, AS3100	IEC62109-1&-2, AS3100	IEC62109-1&-2
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12		
General Data			
Dimensions (WxHxD) [mm]	347*432*145	347*432*145	347*432*145
Weight [kg]	14	14	14
Mounting	Wall bracket	Wall bracket	Wall bracket
Ambient temperature range	-25~60°C (>45°C derating)	-25~60°C (>45°C derating)	-25~60°C (>45°C derating)
Relative humidity	0~95%	0~95%	0~95%
Max. operating altitude	4000m(> 3000m derating)	4000m(> 3000m derating)	4000m(> 3000m derating)
Protection degree	IP65	IP65	IP65
Topology	Transformerless	Transformerless	Transformerless
Night power consumption [W]	<1	<1	<1
Cooling	Natural convection	Natural convection	Natural convection
Noise emission [dB]	<25	<25	<25
Display	LCD	LCD	LCD
Communication	USB2.0; RS485 or WiFi	USB2.0; RS485 or WiFi	USB2.0; RS485 or WiFi
Standard warranty [years]	5/10/15/20/25 (optional)	5/10/15/20/25 (optional)	5/10/15/20/25 (optional)

*Note: 4600W for VDE-AR-N4105

Color Options

9.3 COTIZACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS E INVERSORES DE DISTRIBUIDOR RENESOLA



ReneSola Jiangsu Ltd

No.27, Qing Yuan Road (East), Yixing Economic Development Zone, Yixing City,
Jiangsu Province, China

Quotation

TO :Universidad Don Bosco
ATTN :Gabriel Rivas
E-mail :gabo.slm@gmail.com
Tel / Fax :503 76829223

Addr :Campus de Maestría, Final AV. Albert Einstein
#233, Colonia Jardines de Guadalupe, Antiguo
Cuscatlán, La Libertar, El Salvador

Quotation No.: QU201608341664JS

Sales : Arrunategui Orlando

E-mail :o.arrunategui@renesola.com

Tel :

Addr : No.27, Qing Yuan Road (East), Yixing Economic
Development Zone, Yixing City, Jiangsu Province,
China

Date :Aug 27, 2016

SUBJECT :

"We appreciate your interest in placing an order with ReneSola, a provider of industry-leading products. In response to your inquiry, we are pleased to present you with the following quotation terms"

	Qty.(Pcs)	Power(Wp)	Unit Price(/Wp)	Total Amount
 JC305M-24/Abs_3510023345305	624.00	190,320.00	0.4600	USD 87,547.20
 GW4200-NS_351500239	42.00	42.00	655.0000	USD 27,510.00
Total Net				USD115,057.20
Banking service charge				USD 110.00
Grand Total				USD 115,167.20

This total amount doesn't include the VAT / sales tax

Sales Conditions

1. Price Condition : CIF, Address:San Salvador.
2. Warranty(Warranty policies may be updated, modified and/or changed by ReneSola unilaterally from time to time without any prior notice.):
10 years warranty for solar panels and 25 years warranty for linear power.
10 years warranty for Grid-tied String Inverter.
3. Payment terms: 20% Balance due should be paid by T/T within days After PI signed, 80% Balance due should be paid by T/T within days Before goods arrived
4. Shipment : By Sea; Estimated Date of Shipment :Sep 21, 2016.
5. This quotation is valid until : Sep 30, 2016. 6.Remarks:

Any open account (credit) terms, if applicable, shall be subject to ReneSola's evaluation and approval pursuant to its credit policies. The transaction contemplated in this Quotation shall not be binding on either party unless additional contractual documents (e.g., pro forma invoice, purchase order confirmation, sales contract, etc.) have been accepted by both you and ReneSola.

9.4 DOCUMENTO RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN *SOFTWARE SUNNY DESIGN WEB* PARA UNA CORRIDA

Electricidad Pérez • C/ Mayor nº 21 • n28051 Madrid

Electricidad Pérez
C/ Mayor nº 21
n28051 Madrid

Tel.: +34 123 456-0
Fax: +34 123 456-100
Correo electrónico: info@electricidad-perez.es
Internet: www.electricidad-perez.es

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña **Emplazamiento:** El Salvador / San Salvador
Número del proyecto: ---
Tensión de red: 240V (120V / 240V)

Vista general del sistema

28 x Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. YL 295 P-35b (US) (UL) (09/2013) (Generador FV 1)

Acimut: Orientación automática, Inclinación: Orientación automática, Tipo de montaje: Montaje libre, Potencia pico: 8,26 kWp

35 x Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. YL 295 P-35b (US) (UL) (09/2013) (Generador FV 2)

Acimut: Orientación automática, Inclinación: Orientación automática, Tipo de montaje: Montaje libre, Potencia pico: 10,33 kWp

35 x Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. YL 295 P-35b (US) (UL) (09/2013) (Generador FV 3)

Acimut: Orientación automática, Inclinación: Orientación automática, Tipo de montaje: Montaje libre, Potencia pico: 10,33 kWp



2 x SB 4000TL-21



5 x SB 4000TL-21



Sunny Home Manager

Monitorización de la planta



Sunny Home Manager



SMA Energy Meter



Sunny View



Sunny SensorBox con Bluetooth® Power Injector



Sunny Portal

Vista general de proyectos

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	98	Rendimiento energético específico*:	2188 kWh/kWp
Potencia pico:	28,91 kWp	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	7	Carga desequilibrada:	28,00 kVA
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	28,00 kW	Consumo de energía anual:	602 MWh
Potencia activa de CA:	28,00 kW	Autoconsumo:	63.258,49 kWh
Relación de la potencia activa:	96,9 %	Cuota de autoconsumo:	100 %
Rendimiento energético anual*:	63.258,50 kWh	Cuota autárquica (en % del consumo de energía):	10,5 %
Factor de aprovecham. de energía:	87,7 %	Capacidad nominal total:	7,00 kWh
Coefficiente de rendimiento*:	74,5 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	0

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

Firma

*Importante: Los valores de rendimiento que se muestran constituyen solo una estimación y se generan de forma matemática. SMA Solar Technology AG no asume la responsabilidad del valor real del rendimiento, que puede diferir de los valores aquí mostrados debido a circunstancias externas como por ejemplo, módulos sucios o variaciones en su rendimiento.

Evaluación del diseño

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

Temperatura ambiente:
Temperatura mínima: 16 °C
Temperatura de diseño: 29 °C
Temperatura máxima: 37 °C

Subproyecto 1

2 x SB 4000TL-21 (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	8,26 kWp
Cantidad total de módulos:	28
Número de inversores fotovoltaicos:	2
Potencia de CC (cos $\varphi = 1$) máx.:	4,20 kW
Potencia activa máx. de CA (cos $\varphi = 1$):	4,00 kW
Tensión de red:	240V (120V / 240V)
Ratio de potencia nominal:	102 % 
Factor de dimensionamiento:	98 %
Factor de desfase cos φ :	1



SB 4000TL-21

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1

14 x Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. YL 295 P-35b (US) (UL) (09/2013), Acimut: Orientación automática, Inclinación: Orientación automática, Tipo de montaje: Montaje libre

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	2		
Módulos fotovoltaicos por string:	7		
Potencia pico (de entrada):	4,13 kWp	---	
Tensión FV normal:	 228 V	---	
Tensión mín.:	216 V	---	
Tensión de CC mín. (Tensión de red 240 V):	125 V	125 V	
Máx. tensión:	 325 V	---	
Tensión de CC: máx.	750 V	750 V	
Corriente máx. del generador:	 16,6 A	---	
Corriente de CC máx.:	15 A	15 A	

Compatible con FV/inversor

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

Evaluación del diseño

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

Temperatura ambiente:
Temperatura mínima: 16 °C
Temperatura de diseño: 29 °C
Temperatura máxima: 37 °C

Subproyecto 1

5 x SB 4000TL-21 (Parte de la planta 2)

Potencia pico:	20,65 kWp
Cantidad total de módulos:	70
Número de inversores fotovoltaicos:	5
Potencia de CC (cos $\varphi = 1$) máx.:	4,20 kW
Potencia activa máx. de CA (cos $\varphi = 1$):	4,00 kW
Tensión de red:	240V (120V / 240V)
Ratio de potencia nominal:	102 % 
Factor de dimensionamiento:	98 %
Factor de desfase cos φ :	1



SB 4000TL-21

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 2

7 x Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. YL 295 P-35b (US) (UL) (09/2013), Acimut: Orientación automática, Inclinación: Orientación automática, Tipo de montaje: Montaje libre

Entrada B: Generador FV 3

7 x Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. YL 295 P-35b (US) (UL) (09/2013), Acimut: Orientación automática, Inclinación: Orientación automática, Tipo de montaje: Montaje libre

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	1	1	
Módulos fotovoltaicos por string:	7	7	
Potencia pico (de entrada):	2,07 kWp	2,07 kWp	
Tensión FV normal:	 228 V	 228 V	
Tensión mín.:	216 V	216 V	
Tensión de CC mín. (Tensión de red 240 V):	125 V	125 V	
Máx. tensión:	 325 V	 325 V	
Tensión de CC: máx.	750 V	750 V	
Corriente máx. del generador:	 8,3 A	 8,3 A	
Corriente de CC máx.:	15 A	15 A	

Compatible con FV/inversor

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

Dimensionado del cableado

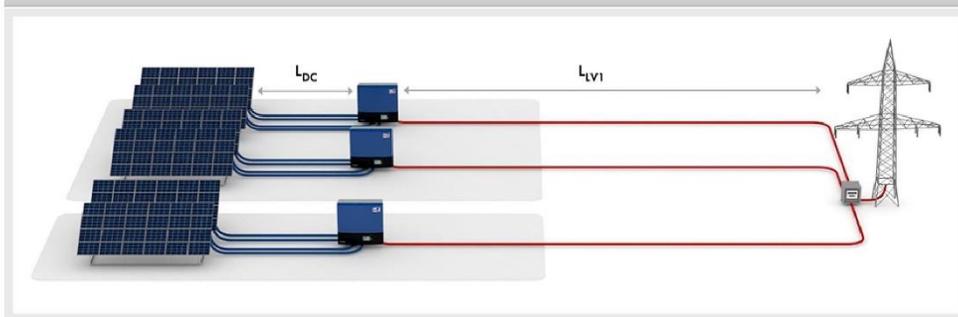
Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

Vista general

	CC	BT	Total
Pérdida de potencia en funcionamiento nominal	308,99 W	196,31 W	505,31 W
Pérdida relativa de potencia en funcionamiento nominal	0,61 %	0,70 %	1,31 %
Longitud total del cable	420,00 m	620,00 m	1040,00 m
Secciones de cable	#10 AWG #8 AWG	#4 AWG #2 AWG	#10 AWG #8 AWG #4 AWG #2 AWG

Gráfico



Cables de CC

	Material de los cables	Longitud simple	Sección	Caída de tensión	Pérdida relativa de potencia	
Subproyecto 1						
2 x SB 4000TL-21 Parte de la planta 1	A	Cobre	15,00 m	#10 AWG	1 V	0,50 %
	B	Cobre	15,00 m	#10 AWG	---	---
5 x SB 4000TL-21 Parte de la planta 2	A	Cobre	15,00 m	#8 AWG	1,3 V	0,63 %
	B	Cobre	15,00 m	#8 AWG	1,3 V	0,63 %

Cables LV1

	Material de los cables	Longitud simple	Sección	Resistencia de línea	Pérdida relativa de potencia
Subproyecto 1					
2 x SB 4000TL-21 Parte de la planta 1	Cobre	60,00 m	#4 AWG	R: 97,592 mΩ XL: 9,000 mΩ	0,68 %
5 x SB 4000TL-21 Parte de la planta 2	Cobre	100,00 m	#2 AWG	R: 102,308 mΩ XL: 15,000 mΩ	0,71 %

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

Los resultados mostrados son valores aproximados basados en la información general del usuario sobre posibles resultados de servicio. Los resultados se calculan matemáticamente basándose en suposiciones estandarizadas. Los resultados de servicio reales dependen en gran medida de las condiciones de irradiación reales, de la eficiencia real y de las condiciones operativas de los grupos electrógenos, así como del comportamiento de consumo particular, y pueden diferir de los resultados calculados. POR ESTA RAZÓN, SMA SOLAR TECHNOLOGY AG NO ASUME RESPONSABILIDAD ALGUNA EN CASO DE QUE EL RENDIMIENTO SEA MENOR SI LOS RESULTADOS DE SERVICIO REALES DIFIEREN DE LOS CALCULADOS.

Monitorización de la planta

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

Planta FV	Monitorización de la planta	
Subproyecto 1  2 x SB 4000TL-21 Parte de la planta 1  5 x SB 4000TL-21 Parte de la planta 2	Interno de la planta  SMA Energy Meter Registro universal de los valores de medición para gestionar mejor la energía  Sunny SensorBox con Bluetooth® Power Injector La estación meteorológica con Bluetooth® Power Injector para plantas fotovoltaicas  Sunny View Pantalla que consulta, muestra y guarda de forma inalámbrica los datos del inversor  Sunny Home Manager La central de control para una gestión inteligente de la energía	Externo  Sunny Portal Portal de internet para monitorizar plantas, así como visualizar y presentar datos de la planta
Indicaciones		
 Sunny Home Manager	Para gestionar el almacenamiento y limitar la inyección de potencia activa mediante el Sunny Home Manager, es necesario conectar un contador de inyección fotovoltaica y un medidor de consumo de corriente de la red, o bien un SMA Energy Meter (consulte la guía de planificación SMA "SMA Smart Home").	
 General	El alcance inalámbrico máximo de Bluetooth® Wireless Technology en campo abierto es de 100 m.	

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

Autoconsumo

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

Indicaciones de autoconsumo

Perfil de carga: **37 CASAS Y 37 BOMBAS + Alumbrado Público**
= 120*4.8*5*37
Valor Cálculado en base s a cuadro de Cargas 5.156 KW de Carga Total en tablero de alumbrado público

Consumo de energía anual: **602 MWh**

Optimización del autoconsumo



Sunny Home Manager

La central de control para una gestión inteligente de la energía



Sunny Boy Storage 2.5

Para optimizar el autoconsumo en viviendas unifamiliares con batería de litio de alta tensión.
Rango de tensión de la batería: 120-500 V

Baterías: Litio
Capacidad: 7,00 kWh **Disponible:** 92 %

Para la optimización del autoconsumo necesita además un SMA Energy Meter.

Autoconsumo

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

Resultado

Sin optimización del autoconsumo

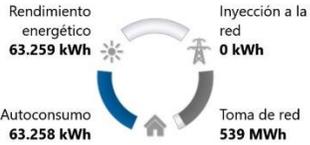
Cuota autárquica

10,5 %

Cuota de autoconsumo

100 %

Distribución de la energía FV



Detalles

Consumo de energía anual	602 MWh
Rendimiento energético anual	63.259 kWh
Inyección a la red	0 kWh
Toma de red	539 MWh
Autoconsumo	63.258 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	100 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	10,5 %

Con optimización del autoconsumo

Cuota autárquica

10,5 %

Cuota de autoconsumo

100 %

Distribución de la energía FV



Detalles

Consumo de energía anual	602 MWh
Rendimiento energético anual	63.259 kWh
Inyección a la red	0 kWh
Toma de red	539 MWh
Autoconsumo	63.258 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	100 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	10,5 %
Capacidad nominal total	7,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	0

Los resultados mostrados son valores estimados que se determinan matemáticamente. SMA Solar Technology AG no se responsabiliza del autoconsumo real que difiera del indicado aquí. El autoconsumo se determina a partir del comportamiento de consumo individual, que a su vez, puede diferir del perfil de carga empleado para el cálculo.

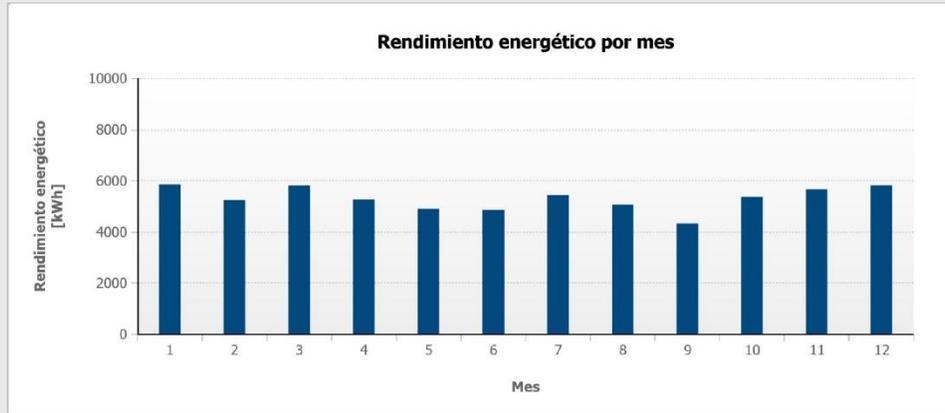
Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

Valores mensuales

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

Diagrama



Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	5821 (9,2 %)	5821	0	45322
2	5222 (8,2 %)	5222	0	40973
3	5772 (9,1 %)	5772	0	45372
4	5226 (8,3 %)	5226	0	44268
5	4870 (7,7 %)	4870	0	46274
6	4832 (7,7 %)	4832	0	44662
7	5406 (8,5 %)	5406	0	45738
8	5033 (8,0 %)	5033	0	46111
9	4300 (6,8 %)	4300	0	45194
10	5336 (8,4 %)	5336	0	45808
11	5640 (8,9 %)	5640	0	43854
12	5799 (9,2 %)	5799	0	45344

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

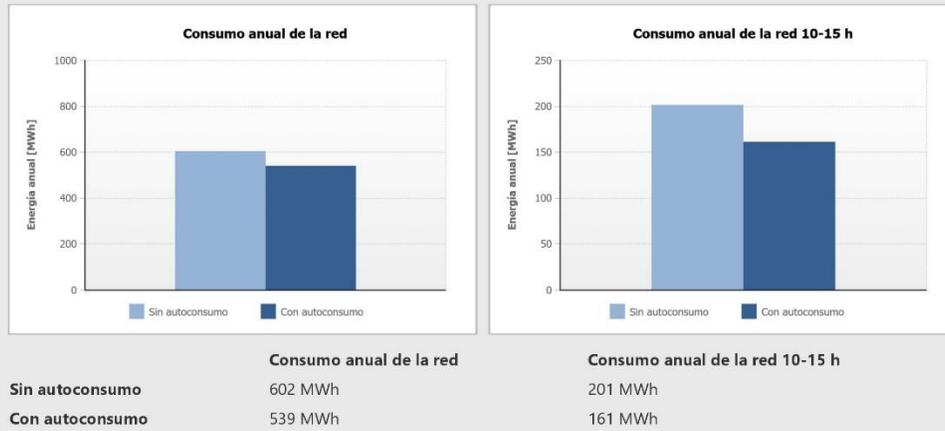
Análisis del consumo y de la evolución de la carga

Nombre del proyecto: Proyecto Comunidad La Montaña
Número del proyecto:

Emplazamiento: El Salvador / San Salvador

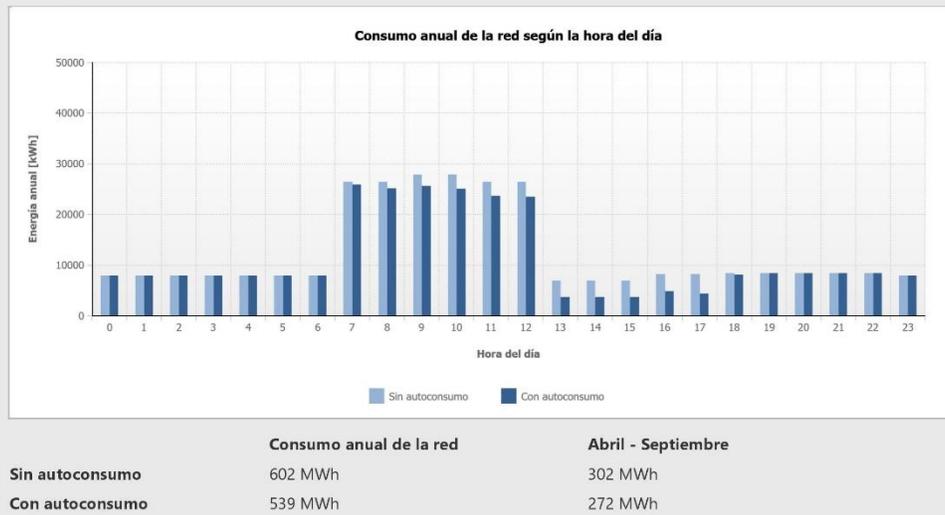
Consumo de la red

El diagrama de la izquierda muestra cuánta energía se ha obtenido de la red pública (consumo de la red) en un año, con y sin autoconsumo. El diagrama de la derecha muestra el consumo de la red de un año en un momento determinado de un día.



Consumo de la red/hora del día

El diagrama muestra cuánta energía se ha obtenido de la red pública (consumo de la red) en un año a una determinada hora del día.



	Consumo anual de la red
Sin autoconsumo	602 MWh
Con autoconsumo	539 MWh

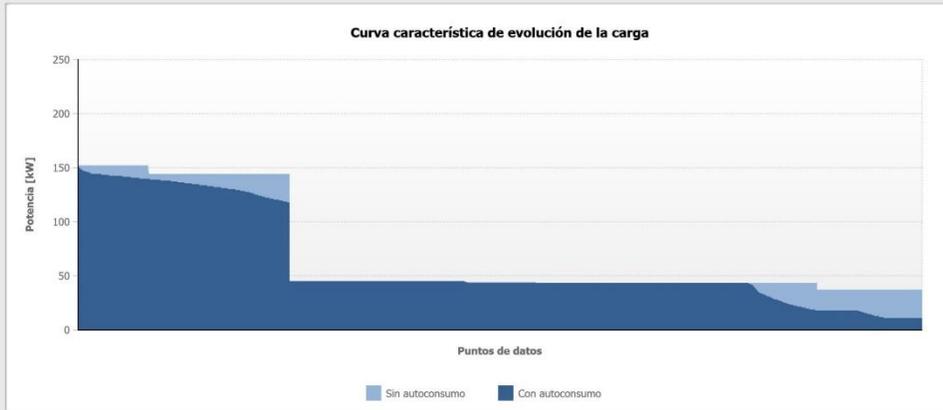
	Abril - Septiembre
Sin autoconsumo	302 MWh
Con autoconsumo	272 MWh

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

Análisis del consumo y de la evolución de la carga

Curva característica de evolución de la carga

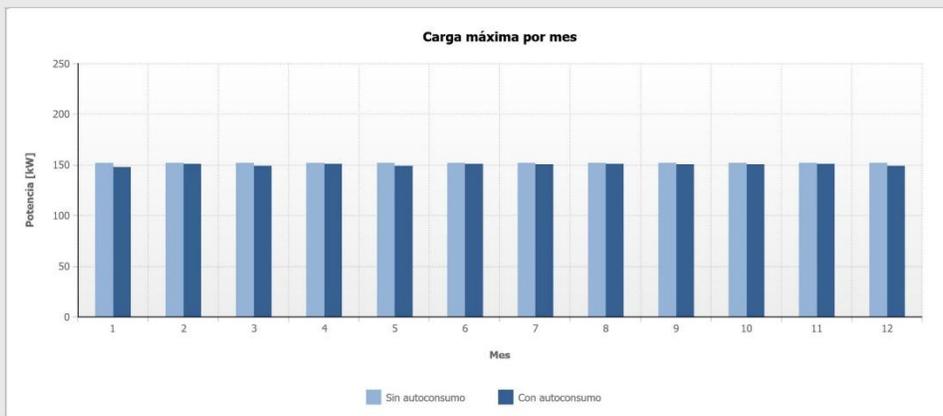
El diagrama muestra la distribución de la potencia obtenida de la red pública en forma de curva característica de evolución de la carga, con y sin autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. La curva característica de evolución de la carga ofrece información sobre la frecuencia de la carga punta, la carga mínima y la carga básica.



	Sin autoconsumo	Con autoconsumo
Valores de potencia superiores al límite de carga	---	---
Potencia máxima	151,400 kW	150,344 kW
Consumo de la red superior al límite de carga	---	---
Consumo total de la red	602 MWh	539 MWh

Potencia máxima

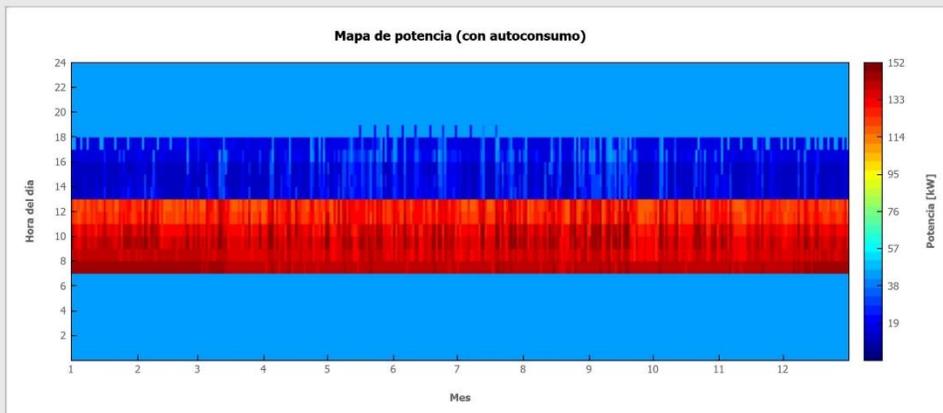
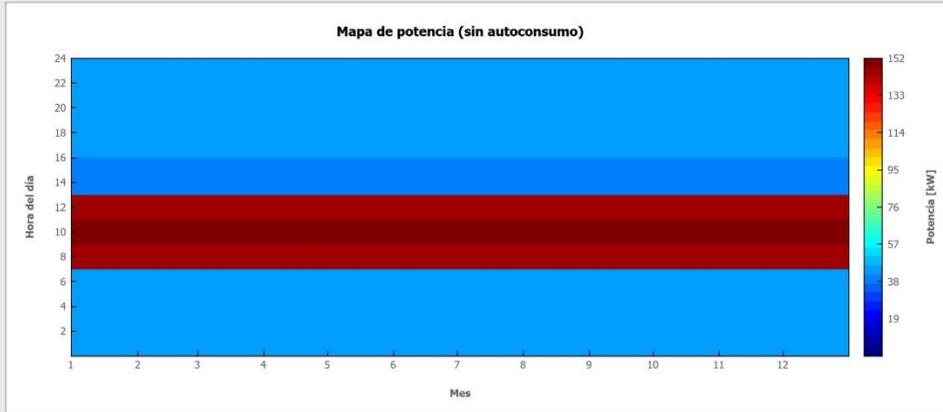
El diagrama muestra la potencia máxima obtenida de la red pública por mes durante un año. Esta carga punta se utiliza en algunas tarifas eléctricas como potencia de facturación mensual.



Análisis del consumo y de la evolución de la carga

Mapa de potencia

El mapa de calor muestra con qué frecuencia y a qué hora del día se dan los valores de potencia en un año.



Los resultados mostrados son valores estimados que se determinan matemáticamente. SMA Solar Technology AG no se responsabiliza del autoconsumo real que difiera del indicado aquí. El autoconsumo se determina a partir del comportamiento de consumo individual, que a su vez, puede diferir del perfil de carga empleado para el cálculo.

Version: 3.50.3.R / 23/08/2016

9.5 COTIZACIÓN OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA



DISEÑO, SUPERVISION Y CONSTRUCCION.

San Salvador 23 de Septiembre 2016

Señores: Universidad Don Bosco

Presente:

Estimados Señores, reciban un cordial saludo y deseos de éxitos en sus labores diarias.

En atención a su solicitud, presentamos nuestra propuesta:

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U (\$)	PRECIO T (\$)
1.0	INSTALACIONES PROVISIONALES				
1.01	Planta de Emergencia 250 KVA 208V 3F	1	sg	\$9,000.00	\$9,000.00
2.0	OBRAS PRELIMINARES				
2.01	Bodega	1	un	\$1,000.00	\$1,000.00
2.02	Servicios sanitarios provisionales	3	mes	\$300.00	\$900.00
3.0	GRADERIOS				
3.01	Excavación de soleras de fundacion	66.528	m3	\$9.00	\$598.75
3.02	Compactación con material selecto	567	m3	\$22.00	\$12,474.00
3.03	Solera de fundacion	22.176	m3	\$500.00	\$11,088.00
3.04	Pedestales de concreto	7.68	m3	\$700.00	\$5,376.00
3.05	Pared bloque de 20	432	m2	\$55.00	\$23,760.00
3.06	Pared bloque de 15	443.52	m2	\$40.00	\$17,740.80
3.07	Losa de piso	540	m2	\$70.00	\$37,800.00
3.08	Desalojo	66.528	m3	\$7.00	\$465.70
4.0	ESTRUCTURAS DE ACERO				
4.1	Placas metálicas para marcos	20	un	\$250.00	\$5,000.00
4.2	Marcos de acero de alma llena	20	un	\$826.56	\$16,531.20
4.3	Viga de rigidez	180	ml	\$50.00	\$9,000.00
4.4	Tensores 1/2"	200	ml	\$8.00	\$1,600.00
4.5	Polín 2C6" chapa 16	900	ml	\$22.00	\$19,800.00
4.6	Cubierta con lámina zinc alum calibre 24.	720	ml	\$18.00	\$12,960.00
5.0	OBRAS VARIAS				
5.1	Cuarto de maquinas	80	m2	\$ 225.00	\$18,000.00

AV. QUEQUEISTE, RESIDENCIAL MAYA #28, CIUDAD MERLIOT, SANTA TECLA, LA LIBERTAD TEL. 2280-6455

	Alquiler de gruas para montaje de postes	1	u	\$ 5,000.00	\$5,000.00
6.0	OBRA ELECTRICA				
6.1	Suministro y montaje de estructura de pararrayo con dispositivo de cebado y luz de obstrucción y su sistema de control	1	sg	\$ 8,146.07	\$8,146.07
6.2	Suministro e instalación de salida para luminarias de alumbrado público, incluye canalización, alambrado y accesorios y poste, desde tablero de luces hasta luminaria. (Luces alumbrado público)	89	u	\$ 1,522.04	\$135,461.56
6.3	Suministro y montaje de luminarias tipo Led de alta eficiencia ,72 W 208 V, para alumbrado exterior con montaje en poste, con brazo para luminaria de 2".	89	u	\$ 558.59	\$49,714.51
6.4	Suministro e instalación de caja térmica de 8 espacios a 220V, 6 tomacorrientes dobles polarizados, 3 luminarias ahorradoras una caja nema 3R y polarización	37	u	\$ 575.80	\$21,304.60
6.5	Suministro e instalación bomba 1 HP a 220V	37	u	\$ 350.00	\$12,950.00
	Nota: La canalización aérea será con tecno ducto y la de la pared con tubería conduit				
				SUBTOTAL	\$ 435,671.19

PRECIO NO INCLUYEN IVA

CONDICIONES:

FORMA DE PAGO:

- 50 % Anticipo
- 25 % Cuando se empieza el montaje en el sitio
- 15% en estimaciones de acuerdo avances
- 10% finalización de obra.

VALIDEZ DE OFERTA:15 días

AV. QUEQUEISTE, RESIDENCIAL MAYA #28, CIUDAD MERLIOT, SANTA TECLA, LA LIBERTAD TEL. 2280-6455



DISEÑO, SUPERVISION Y CONSTRUCCION.

GARANTIZA: 1 AÑO, no incluye siniestros fuera del alcance de nuestra empresa ni desastres naturales.

TIEMPO DE ENTREGA: 8 meses

Si Ud. tiene cualquier pregunta en la cotización anterior, por favor no dude en llamar.

SUBTOTAL DE OFERTA\$ 435,671.19

PRECIO NO INCLUYE IVA

Firma Aceptado Cliente

Atte.

Mario Monteagudo

PBX: 2280-6455

CEL: 7887-3526

AV. QUEQUEISTE, RESIDENCIAL MAYA #28, CIUDAD MERLIOT, SANTA TECLA, LA LIBERTAD TEL. 2280-6455

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Save The Children El Salvador, «Save The Children - Lo Que Hacemos,» 01 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://elsalvador.savethechildren.net/es/lo-que-hacemos>. [Último acceso: 01/08/2016].
- [2] TECHO, «TECHO - Modelo de Trabajo,» [En línea]. Available: <http://www.techo.org/techo/modelo-de-trabajo-techo/>.
- [3] A. A. R. Lue, «Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador,» Noviembre 2010. [En línea]. Available: http://ri.ues.edu.sv/1746/1/Propuesta_de_un_sistema_solar_t%C3%A9rmico_para_la_obtenci%C3%B3n_de_agua_caliente_sanitaria_en_un_complejo_deportivo.pdf. [Último acceso: 01 Agosto 2016].
- [4] O. P. Lamigueiro, «Energía Solar Fotovoltaica,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf>. [Último acceso: Julio 2016].
- [5] I. B. Sardinero, «Archivo Abierto Universidad Carlos III de Madrid,» 01 Enero 2016. [En línea]. Available: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6063/PFC_Israel_Blanco_Sardinero.pdf?sequence=1. [Último acceso: 01 Agosto 2016].
- [6] Universidad de Oporto, «Elaboración de herramientas financieras para evaluación de proyectos de inversión en sistemas de mini-generación fotovoltaica,» Septiembre 2011. [En línea]. Available: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57309/2/dissertaoalejandro.pdf>. [Último acceso: Agosto 2016].
- [7] Facultad de Economía, Universidad de Oporto, «Repositorio Abierto de Universidad de Oporto,» Septiembre 2011. [En línea]. Available: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57309/2/dissertaoalejandro.pdf>. [Último acceso: Agosto 2016].
- [8] Cooperación Alemana y CNE, «Consejo Nacional de Energía,» Abril 2013. [En línea]. Available: http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=521:fv100kw&id=53:sistemas-solares&Itemid=63. [Último acceso: Agosto 2016].
- [9] PV Magazine Latinoamérica, «El Salvador licita 1 MW solar para instalaciones residenciales,» 18 Julio 2016. [En línea]. Available: http://www.pv-magazine-latam.com/noticias/detalles/articulo/el-salvador-licita-1-mw-solar-para-instalaciones-residenciales-_100023800/. [Último acceso: Octubre 2016].

- [10] PROESA-CNE, «Sector eléctrico en El Salvador,» Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.proesa.gob.sv/investment/documentation?download=101:sector-electrico-de-el-salvador>. [Último acceso: Octubre 2016].
- [11] Asamblea Legislativa de El Salvador, LEY DE INCENTIVOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES, San Salvador, 2007.
- [12] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, «Categorización de actividades, obras o proyectos conforme a la Ley de Medio Ambiente,» 2012. [En línea]. Available: <http://estadisticas.cne.gob.sv/images/boletines/Legislacion/ambiental/Categorizacion.pdf>. [Último acceso: Octubre 2016].
- [13] I. Acuity Brands Lighting, «Acuity Brands Lighting, Inc.,» 29 Marzo 2016. [En línea]. Available: http://www.acuitybrands.com/products/detail/252703/American-Electric-Lighting/Autobahn-ATBS/LED-Luminaire/-/media/products/American_Electric_Lighting/252703/document/ATBS_Spec_Sheet_pdf.pdf.
- [14] W. STUDIOS, «ELECTROLUX HOME PRODUCTOS,» 1 Marzo 2016. [En línea]. Available: http://www.la-electrolux.com/pdf.cfm?product_id=5566. [Último acceso: 19 Julio 2016].
- [15] A. B. Lighting, «Visual Photometric Tool,» AEL, American Electric Lighting, [En línea]. Available: <http://www.visual-3d.com/Tools/PhotometricViewer/Default.aspx?id=111289> . [Último acceso: 12 Julio 2016].
- [16] I. E. Blanco, *Dimensionamiento de Baterías*, Soyapango, 2015.
- [17] Microsoft, *Manual de formulas de Microsoft Excel*, 2013.