

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
MAESTRÍA EN CONSULTORÍA EMPRESARIAL



**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ENERGIAS RENOVABLES EN LA UNIDAD
DE QUEMADOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS BENJAMIN BLOOM”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

NOMBRE INTEGRANTES

Ing. Carlos Mauricio Bonilla Flores.

Ing. Ulises Edgardo Mendoza Delgado.

Ing. María Celia Parada Díaz.

PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRO /A EN CONSULTORÍA EMPRESARIAL

Noviembre de 2015

CIUDAD UNIVERSITARIA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR INTERINO : LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL : DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DECANO : LIC. NIXON ROGELIO HERNÁNDEZ VÁSQUEZ

VICEDECANO : LIC. MARIO WILFREDO CRESPIÓN ELÍAS, MSc

ADMINISTRADOR ACADÉMICO : LIC. EDGAR ANTONIO MEDRANO MELÉNDEZ

TRIBUNAL EXAMINADOR : LIC. DIMAS DE JESÚS RAMÍREZ ALEMÁN, MSc

INGA. FLOR DE MARÍA UMAÑA DE MOLINA, MAECE

ING. ERICK ALEXANDER BLANCO GUILLÉN, MSc

NOVIEMBRE DE 2015

SAN SALVADOR

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

INDICE.

INTRODUCCIÓN.....	I
1.0 MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 ANTECEDENTES DEL HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS	
BENJAMIN BLOOM.....	1
1.2 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	4
1.5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.6 COBERTURA.....	5
1.7 OBJETIVOS.....	6
1.8 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.0 MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.....	9
2.1 ENERGIAS RENOBABLES DE EL SALVADOR.....	9
2.2 TIPO DE MONTAJE DE LOS SISTEMAS FV.....	12
2.3 RENDIMINETO.....	13
2.4 TIPOS DE INVEDORES.....	16
2.5 TIPO DE SOPORTES	21
2.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION.....	23
2.7 DIMENSIONES DEL REGULADOR.....	25
2.8 DIMENCIONES DEL INVERSOR.....	26

2.9 CONEXIÓN CON LA RED DE DISTRIBUCION.....	28
2.10 MARCO REGULATORIO APLICABLE AL PROYECTO.....	31
2.11 REGLAMENTACION RESPECTO AL MEDIO AMBIENTE.....	34
2.12 DISEÑO DE INSTALACIONES SOLARES TERMICAS PARA LA PRODUCCION.....	39
2.13 INSTALACIONES.....	42
2.14 SISTEMAS HIBRIDOS.....	49
3. DIAGNOSTICO Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA.....	50
3.0 CONSUMO DE AGUA CALIENTE.....	50
3.1 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA.....	51
3.2 DISEÑOS Y CALCULOS DE LAS INSTALACIONES.....	51
3.3 CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN UN DÍA NUBLADO.	52
3.4 FACTORES DE EFICIENCIA DE UN PANEL FOTOVOLTAICO.....	54
3.5 EFICIENCIA EN LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA (η , "eta").....	54
3.6 FACTOR DE FORMA (FF).....	55
3.7 POTENCIA Y COSTOS	55
3.8 FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE UN PANEL FOTOVOLTAICO	55
3.9 CALCULOS.....	58
3.10 DETERMINACION DE LA DEMANDA.....	75
4.0 PROPUESTA A LA ORGANIZACIÓN.....	76

4.1 ESTUDIO AMBIENTALES.....	76
4.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	77
4.3 PRESUPUESTOS.....	77
4.4 COSTES DE LA INSTALACIÓN.....	78
4.5 COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	79
4.6 ASPECTOS LEGALES.....	79
4.7 DETERMINACION DE COSTOS.....	81
4.8 COSTOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	83
4.9 COSTOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	85
4.10 ESTUDIO FINANCIERO Y EVALUACION DEL PROYECTO.....	88
5.0 CONCLUSIONES.....	93
6.0 RECOMENDACIONES.....	96
BIBLIOGRAFIA.....	97
GLOSARIO TECNICO.....	100
ANEXOS.....	101

INDICE DE TABLAS.

TABLA 1.a EQUIPOS QUE NESECITAN AGUA CALIENTE Y SON UTILIZADOS 8 HORAS AL DIA.....	2
TABLA 1.b EQUIPOS QUE CONSUMEN ENERGIA ELECTRICA Y QUE ESTAN FUNCIONANDO EN LA MAYORIA DE VECES LAS 24 HORAS DEL DIA.....	2
TABLA 2.0 DEFINICION DE VARIABLES A INVESTIGAR.....	8
TABLA 3.0 IRRADIANCIA SOLAR DIARIA PARA TODOS LOS MESES DEL AÑO	11
TABLA 4.0 EFICIENCIAS DE MÓDULOS COMERCIALMENTE.....	13
TABLA 5.0 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PANEL PANASONIC.....	53
TABLA 6.0 OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL PANEL.....	62
TABLA 7.0 CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA.....	63
TABLA 8.0 CARACTERÍSTICAS HORAS NOCTURNAS.....	63
TABLA 9.0 CARACTERÍSTICAS A BAJA IRRADIANCIA.....	63
TABLA 10.0 CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERSORES SUNNY BOY.....	64
TABLA 11.0 CONSUMO DE ENERGÍA DEL SERVICIO DE QUEMADOS.....	75
TABLA 12 .0 DEMANDA PROYECTADA.....	75
TABLA 13 .0 COSTOS MATERIALES DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	83

TABLA 14 .0 COSTOS MATERIALES SISTEMA HIDRÁULICO Y DE CONTROL	84
TABLA 15 .0 COSTOS DE MANO DE OBRA.....	84
TABLA 16 .0 OTROS COSTOS	85
TABLA 17 .0 COSTOS Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL.....	85
TABLA 18 .0 COSTOS MATERIALES PARA CONEXIÓN DE CAMPO SOLAR.....	86
TABLA 19 .0 COSTOS DE MANO DE OBRA	86
TABLA 20 .0 OTROS COSTOS	86
TABLA 21 .0 COSTOS Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL	86
TABLA 22 RESUMEN DE LAS EVALUACIONES.....	92

RESUMEN.

En el presente documento se, describe el proyecto de la factibilidad de utilizar energías renovables en una de las unidades del hospital de niños en El Salvador. La primer capítulo se describe la las herramientas que se utilizaran y la información de donde partirá el estudio.

en el capítulo II, se describiré las diferentes energías renovables, datos geográficos, radianza, descripción de tecnología que se utilizaran en el proyecto, las cuales son: -

Paneles solares

Calentadores de agua.

Estos tienen una descripción más detallada; así como las normas y reglamentos que regulan la fabricación y la instalación de estos equipos.

El Capítulo III, se muestra la información que se obtuvo del personal que labora en el servicio, esto nos da el insumo para desarrollar el diagnóstico del equipo que ellos necesitan.

En la selección de la tecnología; se utiliza los cálculos matemáticos y la información brindada por los proveedores de tecnología, se establece el equipo, consumo de energía, la energía a producir con la tecnología de energías renovables.

El capítulo IV en esta parte se propone la tecnología, los accesorios y todo lo necesario para que el proyecto sea ejecutado. Se represente por tablas la los análisis de generación de energía, tiempo de recuperación y costo total del proyecto; esto se realizó con la ayuda de herramientas financieras que evalúan el comportamiento del proyecto proyectado.

Conclusiones de del proyecto con respecto a los objetivos proyectados y su respectivas recomendaciones a tomar en cuenta para no tener problemas a lo largo de producción de la energía. Anexos: con planos de cómo quedaría el proyecto instalado en el servicio de quemados.

INTRODUCCIÓN

Según los estudios del Consejo Nacional de Energía (CNE), entregados al Ministerio de Salud se contempla una cartera de proyectos pilotos para nueve hospitales, entre los que se encuentra el Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom. Estos estudios revelan que el consumo de energía eléctrica se debe sobre todo a la demanda en iluminación y aire acondicionado

Entre las recomendaciones mencionadas en el estudio está la de realizar proyectos de más alta rentabilidad (de acuerdo a su tiempo de retorno de la inversión) y acciones que incluyan necesidades típicas del sector salud.

En esa línea se ha trabajado en desarrollar soluciones para generar agua caliente sanitaria para la Unidad de Niños Quemados del Hospital, a través de calentadores solares, y también generación de energía solar con paneles solares a ser inyectada a la red propia de la institución.

Este documento contiene el estudio de factibilidad económica, en lo referente a disposiciones de ley acerca de los proyectos de energías renovables, descripción de los sistemas, listados detallados de material, cálculos, planos y el estudio económico del mismo, por ello el presente documento correspondiente a la creación de un proyecto de factibilidad económica para el desarrollo de energías renovables que puedan solventar la creciente demanda de energía eléctrica; generando su propia energía esto se traduciría a una disminución en el pago de facturas a la empresa distribuidora de energía eléctrica y no olvidándonos de la armonía con el medio ambiente.

El estudio de factibilidad esta desglosado en los siguientes capítulos:

En el capítulo I: Se describe el marco referencia, donde se establece el proceso de definición de las variables a estudiar

En el capítulo II: Marco conceptual, se hace referencia a la tecnología de las energías renovables, así como las diferentes métodos de medición de la potencia, con los mapeos del país y el mundo.

En el capítulo III: Dagnóstico y selección de tecnología, en este capítulo se describe como opera la Unidad de Quemados en el hospital, su tecnología, procedimiento y consumo de energía eléctrica; la selección de las tecnologías más adecuada a las necesidades del servicio, y el desarrollo de energía solar con paneles solares.

En el capítulo IV: Propuesta a la organización. En este se detallan los diferentes pasos a seguir para poder implementar el proyecto, desde los costos unitarios de componentes, piezas, materiales para elaborar con ellos el análisis financiero.

CAPÍTULO I MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom.

Don Benjamín Bloom, fue un banquero nacido en el estado de California, de los Estados Unidos de Norte América, nacionalizado salvadoreño. Por un acto de altruismo donó a la niñez salvadoreña el hospital especializado en niños el 6 noviembre de 1928, por medio de una escritura pública, y fue inaugurado en el local situado sobre la Calle Arce y 23 avenida Sur (lugar donde se encuentra actualmente la unidad de salud 1º de Mayo del Instituto Salvadoreño del Seguro Social; ISSS).



Figura 1: Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom (1928)

El Hospital se equipó y cuenta con la capacidad para garantizar la salud de los niños de 0 a 12 años, brindando asistencia médica para los casos complejos de la salud infantil. Actualmente es un hospital de Tercer Nivel, especializado en la atención infantil, lo que significa que está dedicado a restaurar la salud y rehabilitar a usuarios referidos por los otros niveles (primer y segundo nivel), que presentan padecimientos de alta complejidad diagnóstica y de tratamiento, a través de una o varias especialidades médicas, quirúrgicas o médico-quirúrgicas.

Una de las áreas de especialidad es la **Unidad de Atención a Niños Quemados**, la cual consta de su propia Sala de Operaciones, Sala de Pequeñas Cirugías y la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).

1.2 Planteamiento del Problema.

Las unidades para la atención de los pacientes requieren el uso de equipo especializado, como por ejemplo:

1- Equipos que necesitan agua caliente y son utilizados 8 horas al día.

No.	Descripción	cantidad	Carga (Watts)	Total (Watts)
1	Calentador	1	4500	4500
2	Sistema de bombeo de agua caliente	2	30	60
	Total			4,560 Watts

Tabla 1.a.

2- Equipos que consumen energía eléctrica y que están funcionando en la mayoría de veces las 24 horas del día.

No.	Descripción	cantidad	Carga por unidad (Watts)	Total (Watts)
1	Lámparas cielfíticas	2	100	200
2	Electrocauterios	1	550	550
3	Equipos minisplit	4	2970	11,880
4	Monitor de signos vitales	4	80	320
5	Máquinas de anestesia	1	70	70
6	Lámparas de calor	2	120	240
7	Luminarias	347	32	11,112
8	Refrigerador	2	240	480
9	Negatoscopio	1	32	32
10	Televisión	2	120	240
11	Aires acondicionados portátiles	2	48	96
12	Sistema de bombeo de agua	2	60	120
13	Ascensor	1	15000	15,000
			total	40,340

Tabla 1.b.

El consumo de energía eléctrica de los equipos de las tablas 1.a y 1.b es aproximadamente de 44900 Wh; siendo la facturación promedio reflejada en la factura emitida por la distribuidora CAESS de 10279 kWh de energía eléctrica, que debe ser cancelada a la distribuidora de energía eléctrica por un monto de \$ 2,587.84 mensuales.

El precio actual de la energía¹ de CAESS en US\$/MWh es 122.72 hora valle, 122.19 hora resto, y 121.99 hora punta al 15 de abril de 2015.

Actualmente el Hospital de Niños Benjamín Blomm, no posee un estudio técnico económico sobre generación de energía eléctrica, basado en energías renovables, que proporcione los criterios principales para tomar decisiones acerca de ejecutar un proyecto de esta índole.

1.3 Definición del problema.

Es necesario realizar un estudio de factibilidad técnico económico para la Unidad de niños quemados, para determinar si es posible la implementación de soluciones energéticas con energías renovables, que tengan la capacidad de suplir las necesidades de las diferentes áreas que la conforman: pequeña cirugía, quirófano, hospitalización, área de recuperación, Unidad de Cuidados Intensivos y área de curaciones, para atender a la población de niños quemados de El Salvador. Actualmente existe un consumo de energía eléctrica en la Unidad de Atención a Niños Quemados, debida sobre todo a la demanda en iluminación y aire acondicionado, así como al consumo de los equipos especializados para el funcionamiento de la unidad, y a la energía térmica que es consumida en la misma.

Actualmente esta energía eléctrica es suministrada por la red de distribución de AES El Salvador.

¹http://www.siget.gob.sv/attachments/2376_Precios_de_la_energia_a_trasladar_a_tarifa_15_de_abril_de_2015.pdf

El propósito de considerar el uso de las energías renovables, específicamente la energía solar, es porque con ella es posible generar energía eléctrica, que podría ser inyectada a la red del sistema de distribución, con lo cual la distribuidora de energía pagaría al Hospital por los KW inyectados, o podría ser usada por el Hospital para servicio propio conectando directamente los tableros de distribución a los generadores eléctricos con el consiguiente ahorro en la factura.

El estudio debe basarse entonces, en la elección adecuada del tipo de energía a usar y en el estudio técnico financiero de todos los equipos principales y auxiliares, los cuales serán definidos a través de memorias de cálculo.

1.4 Justificación de la Investigación.

El estudio técnico económico establecerá las bases para la ejecución de los proyectos de generación de energía eléctrica con energía solar en el Hospital, lo cual además, permitirá contribuir al cumplimiento de las recomendaciones dadas por el Consejo Nacional de Energía, (CNE), en relación a realizar proyectos de alta rentabilidad (de acuerdo a su tiempo de retorno de la inversión).

El Hospital Nacional de Niños, que es un hospital de tercer nivel, lo cual lo califica como institución de alta complejidad, ha sido elegido dentro de una estrategia nacional, por el (CNE)², para implementar medidas de eficiencia energética en el sector gubernamental de salud, que se traducirán en un significativo ahorro en la facturación anual de energía de las instituciones.

Aunque la mayor importancia del proyecto se orienta hacia el beneficio de los niños que son atendidos en este Hospital, es decir, que este es un proyecto con beneficio social, es por ello que es necesario hacer un estudio de la factibilidad técnica en el

² http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=291:cne-con-su-programa-de-eficiencia-energetica-en-edificios-publicos-financiara-proyectos-por-un-monto-de-usd-125-mil-dolares&catid=1:noticias-ciudadano&Itemid=77

Hospital, para el uso de energías renovables a fin de conseguir el ahorro tanto en la generación de energía térmica como de energía eléctrica.

Al llevar a cabo estos proyectos el CNE estimó un ahorro entre los nosocomios, tomados en la muestra, de US \$ 461,652.29 al año en su facturación de energía eléctrica.

1.5 Pregunta de Investigación.

- a) ¿Qué factible es implementar el uso de energía renovable en el Hospital Benjamín Bloom?
- b) ¿Cuáles beneficios se esperan obtener si se implementa el uso de energía renovables?
- c) ¿Cuáles serán los costos de implementación para el uso de energías renovables?

1.6 Cobertura

1.6.1 La cobertura temporal

Se tomará el período de información comprendido entre los años 2007 al 2012, para recabar información del comportamiento de las variables a investigar.

1.6.2 Geográfica.

El Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom está ubicado en la parte norponiente de San Salvador, y está limitado por el Boulevard de los Héroes al norponiente, al sur poniente por la 25° Avenida norte y al sur por la 27 calle poniente, entre las coordenadas geográficas 13.71 GD de latitud y -89.20 GD³ de longitud.

³ *Grados decimales.*

1.6.3 Económicos.

Para realizar el estudio técnico económico será necesaria la asesoría de expertos en energías renovables, solar y térmico y en temas económicos lo cual tendrá un costo que será asumido por el equipo investigador.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Generales.

Elaborar y presentar a las autoridades del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom un estudio de factibilidad del uso de las energías renovables para la Unidad de Niños Quemados.

1.7.2 Específicos

- Diseñar la propuesta técnica acerca del uso de energía térmica, eléctrica para la producción de agua sanitaria a temperatura controlada, generación de energía eléctrica, determinado, la capacidad de instalación y eficiente del área comprendida en el hospital
- Establecer las herramientas necesarias para la evaluación de la inversión, determinado los costo del proyecto y la factibilidad del mismo, así como el tiempo de recuperación de la inversión.

1.8 Metodología de la investigación.

Definición del universo.

Siendo el Hospital una institución de tercer nivel, su oferta de servicios incluye lo descrito a continuación:

1. Atención de hospitalización: La atención de Internación que proporciona el Hospital está destinada a la atención en las especialidades siguientes:

- Hospitalización de medicina: Medicina interna, cardiología, neurología, endocrinología, reumatología, gastroenterología, neumología, oncología, hematología, nefrología, infectología, y neonatología.

- Hospitalización de cirugía: Ortopedia, neurocirugía, cirugía plástica y reconstructiva, cirugía general, urología neonatal, oncohematológica, cardiovascular, mínima invasiva, maxilofacial, otorrinolaringología, oftalmología.
 - Servicios por Contrato: Destinado para la atención de pacientes por convenios o contratos, tales como: Bienestar Magisterial, Textufil, Visión Mundial y otras instituciones que requieran atención en el Hospital.
2. Atención en hospitalización de cuidados críticos: Para proporcionar la atención de pacientes en condiciones críticas, el Hospital cuenta con tres áreas de acuerdo al siguiente detalle: Unidad de Cuidados Intensivos, Unidad de Cuidados Intermedios y Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.
3. Atención de hospitalización de día: Para proporcionar esta atención el Hospital cuenta con camas hospitalarias que no son censables, y se destinan para el uso de pacientes que requieren atención de tratamientos y/o procedimientos ambulatorios con estancia de menos de 24 horas. Las áreas de atención, del Hospital destinadas para esta atención son: Centro Médico Ayúdame a Vivir, destinado para la atención ambulatoria de pacientes de Oncología, diálisis y hemodiálisis, nefrología, hematología ambulatoria y cirugía ambulatoria.

Métodos de la investigación:

Entrevistas con los actores involucrados del proyecto dentro de la unidad de quemados.

Es importante realizar una consulta con el Departamento de Mantenimiento del Hospital ya que permitió recabar información acerca de los diferentes aspectos necesarios para la ejecución del proyecto.

Consultas especializadas: Se harán consultas de estudios realizados por diferentes instituciones que sirven de referentes a nivel nacional, como por ejemplo, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa; CEL, Universidad de El Salvador, Universidad Don Bosco, Hospital Nacional de Santa Ana, entre otros para validar la propuesta. Se harán consultas de literatura especializada sobre el tema.

Observación directa de áreas de trabajo. Se visitará las instalaciones del Hospital para obtener información de las operaciones diarias.

Revisión de expedientes. Se hará uso de los expedientes financieros para recabar información que permita hacer un análisis de la situación pasada y actual de la organización. Se hará uso de los datos técnicos sobre requerimientos proporcionados por las autoridades del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom.

Entre las fuentes de información secundarias, se hará uso de diferentes fuentes estadísticas proporcionadas por:

- El Ministerio de Salud pública y Asistencia Social de El Salvador; (MSPAS),
- Consejo Nacional de Energía; (CNE).
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa; (CEL)
- Hospital Nacional de Santa Ana.
- Universidad Nacional de El Salvador (UES), área de ingeniería eléctrica.
- Universidad Don Bosco.
- Páginas web de fabricantes de equipos.

Definición de las variables a investigar:

MACROVARIABLES	MICROVARIABLES
Legal	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Leyes y reglamentos gubernamentales. ✓ Determinación de los requisitos para la obtención del funcionamiento.
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Requisitos necesarios para obtener sus permisos de funcionamiento.
Administración	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinación de insumos y recursos necesarios para el mantenimiento ✓ Determinación de requerimientos de equipo.
Finanzas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Punto de equilibrio. ✓ Capital de Trabajo. ✓ Determinación de flujo de caja. ✓ Rentabilidad del Proyecto o Evaluación Financiera ✓ Costos indirectos. ✓ Costos Directos.

Tabla 2. Definición de variables a investigar.

II MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Energías Renovables en El Salvador.

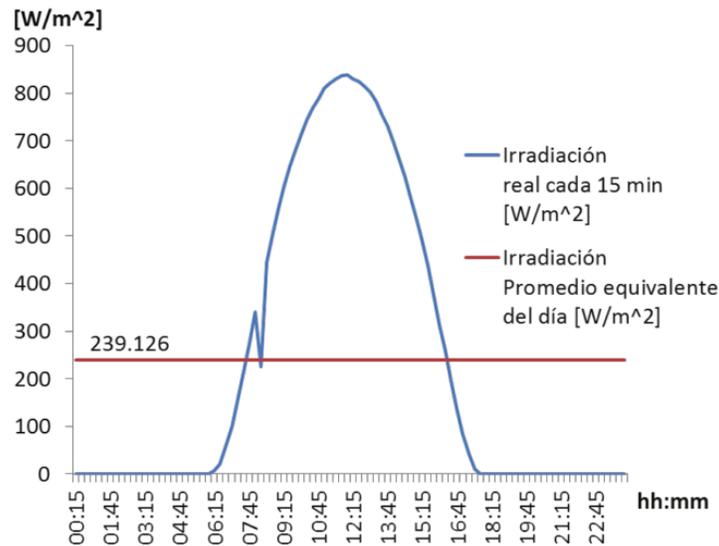
El conocimiento del recurso disponible que se considera existente en un punto geográfico es el inicio para cualquier análisis en donde se tenga planeado construir un centro de transformación de algún tipo de energía a energía eléctrica. Inicialmente se debe comprender que la Radiación Solar, es la correspondiente a la emitida por el Sol y la parte de esta radiación que recibe la Tierra es reducida por la atmósfera. En el camino hacia la superficie terrestre se refleja cierta parte de la radiación por las nubes y otra parte es absorbida por la atmósfera. Otra parte de la radiación solar directa se dispersa debido a las capas densas de la atmósfera y de las nubes: se crea la radiación difusa, de la cual también el suelo refleja cierta parte de la radiación.



Figura 2. Influencia de la atmósfera sobre la radiación solar.

La suma de la radiación solar difusa y la directa que alcanza la superficie terrestre es llamada Radiación Global.

El significado físico del fenómeno antes explicado es llamado Irradiancia Solar, el cual representa la potencia que se recibe de la radiación del sol sobre la Tierra por unidad de superficie en cualquiera de sus puntos y a cualquier altitud, sus unidades en el Sistema Internacional de Unidades son $[W/m^2]$.



Gráfica 1. Comparación de la Irradiancia Solar real tomada cada 15 minutos y la Irradiancia Solar promedio equivalente al mismo día de medición.

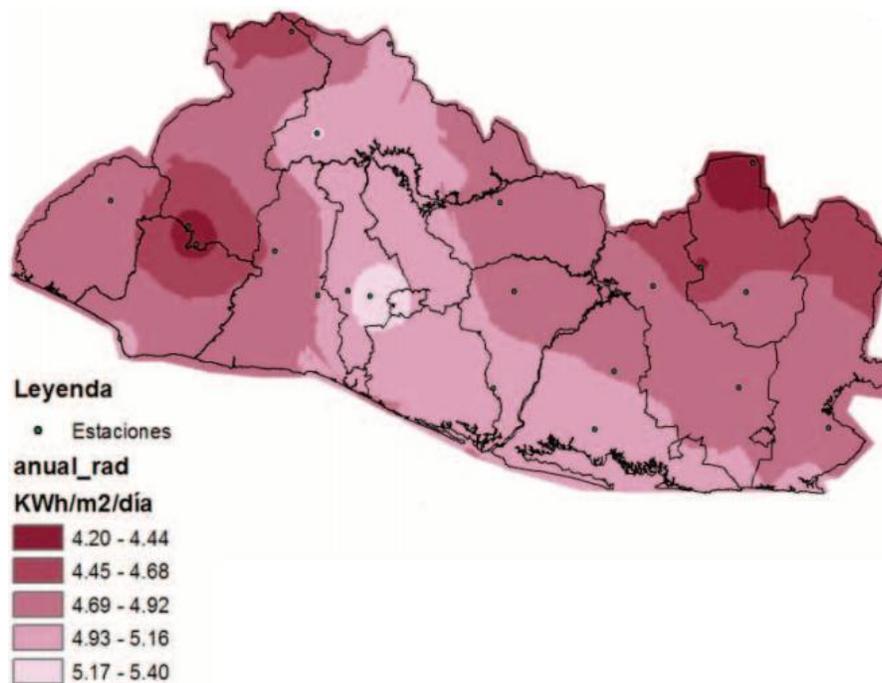
Para facilitar su comprensión se hace referencia a la energía promedio en un período de tiempo (Eje.: un día) la cual resulta de la sumatoria o el área bajo la curva de la potencia en cada hora del mismo período de tiempo, representándose con las unidades $[kWh/m^2/día]$.

Aunque la tabla muestra únicamente las mediciones para una coordenada específica es posible obtener mapas indicativos mediante métodos matemáticos que representen todos los puntos dentro de un área específica. Debido a que no en todos los puntos geográficos los valores de irradiancia son iguales, los mapas se elaboran a fin de tener una aproximación del valor que se obtendría a partir de una medición en sitio.

En El Salvador los valores promedios mensuales se pueden obtener de diferentes fuentes⁴⁵⁶:

meses	SWERA S-5(13.7 N, -89.2 O) Observatorio kWh/m ² /día	CEL Medición en techo kWh/m ² /día	NASA Promedio 1983-2005 kWh/m ² /día
Enero	4.9	4.6	5.8
Febrero	5.4	4.7	6.4
Marzo	5.7	5.1	6.7
Abril	5.4	4.3	6.6
Mayo	4.9	3.5	5.9
Junio	5.1	3.4	5.7
Julio	5.5	4.6	6.2
Agosto	5.2	4.2	6.2
septiembre	4.6	4.5	5.4
octubre	4.8	4.2	5.4
noviembre	4.8	5.3	5.6
diciembre	4.8	4.9	5.6
Promedio anual	5.1	4.4	6.0

Tabla 3. Irradiancia Solar diaria para todos los meses del año.



⁴ Estudio SWERA (Solar and Wind Resource Assessment Tool). Datos de los años 1984-1986, 1996- 1998

⁵ Base de datos consultada en enero de 2013, corresponde a las mediciones de 2012. www.cel.gob.sv

⁶ Página visitada el 15 de noviembre de 2012: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?>

Figura 3: Mapa de Irradiancia Solar. Promedio anual en diferentes puntos de medición en El Salvador. Fuente: Proyecto SWERA.

2.2 Tipo de montaje de los sistemas FV.

Para poder dimensionar de manera correcta un sistema de generación de electricidad es esencial conocer el sitio en donde se ubicará la instalación, sus particularidades y dependiendo de la aplicación requerida será necesario conocer ciertos parámetros iniciales.

Existen muchas configuraciones que se han concebido a fin de adaptarse a la aplicación específica en el lugar disponible para la ubicación de un proyecto fotovoltaico, pero son tres configuraciones las más difundidas:

- Montaje en Suelo.
- Montaje en Fachada.
- Montaje en Techo.

Elementos del panel solar fotovoltaico.

Existe una variedad de tecnología desarrollada a la actualidad la cual ha sido concebida a fin de poder hacer uso del efecto fotoeléctrico⁷, el cual consiste en la emisión de electrones por un metal cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética.

La celda fotovoltaica.

También llamada celda solar o fotocelda, hace uso del efecto explicado anteriormente, con respecto al aumento en la conductividad de ciertos semiconductores (ej.: Silicio, arseniuro de galio, telurio de cadmio). El más conocido y utilizado es el silicio, el cual se puede obtener a partir de la arena.

⁷ La explicación teórica fue publicada en 1905 en la revista "Annalen der Physik" bajo el nombre "Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de luz" por Albert Einstein.

2.3 Rendimiento.

La eficiencia de conversión de la radiación solar en energía eléctrica es el punto más crítico para la industria fotovoltaica, resultando ser un aspecto de competitividad, pues al aumentar la eficiencia por unidad de área, se genera la misma cantidad de kWh en una menor superficie. Además de esto, el rendimiento in situ depende, entre muchos otros factores, de la temperatura ambiente y de la velocidad del viento.

Tecnología	Eficiencia
Silicio monocristalino ⁸	14%
Silicio multicristalino ⁹	14%
CdTe ¹⁰	11%
Silicio amorfo	6%
CIGS ¹¹	11%

Tabla 4. Eficiencias de módulos comercialmente disponibles Fuente: NREL. 2010 Solar Technologies Market Report.

Conexión de los módulos

Como las células individuales tienen valores de tensión de unos 0,5 V y una corriente de unos dos amperios. Para obtener potencias utilizables para aparatos de mediana potencia, hay que unir un cierto número de células y obtener así la tensión y la corriente requeridas para su funcionamiento. Conectando en serie 36 de estas células, se obtienen 18 V, tensión suficiente para hacer funcionar equipos a 12 v incluso con iluminaciones mucho menores de 1 kW/m². Una placa fotovoltaica contiene entre 20 y 40 células solares; que como hemos dicho, se conectan entre sí, en serie y/o paralelo para obtener la tensión deseada (12 V, 14 V).

Normalmente, los paneles utilizados, están diseñados para trabajar en combinación con baterías de tensiones múltiplo de 12 V, como veremos en la sección dedicada al

⁸ La eficiencia representa características de producción promedio. Otras tecnologías no estándar están disponibles comercialmente tales como las monocristalinas de SunPower rear-point-contact (19,3% de eficiencia) y el módulo de Sanyo HIT (17,1% de eficiencia).

⁹ First Solar 2010.

¹⁰ Uni-Solar 2010. Módulo de laminado flexible a-Si.

¹¹ Mehta and Bradford 2009.

acumulador. Esto es así porque la industria de baterías precedió la de los sistemas FVs, de manera que la adopción de 12 V para la tensión de salida del panel era una opción práctica. Por otra parte, este valor no requiere la conexión de un número excesivo de células en serie. En principio, se necesitaría conectar un mínimo de 24 células en serie para alcanzar una tensión nominal en la salida de 12 V.

Un conjunto de módulos conectados entre ellos junto con el cableado, y (en caso) los soportes de la instalación constituyen un **generador fotovoltaico**. La conexión de módulos fotovoltaicos sigue las reglas básicas de la electricidad. Los módulos se pueden conectar en serie o en paralelo, con la combinación más adecuada para obtener la corriente y la tensión necesaria para una determinada aplicación. Todos los paneles conectados deben tener las mismas características eléctricas.

Reguladores de carga.

Teniendo en cuenta que la energía solar es variable y estacional, es de suma importancia disponer de un elemento que permita controlar la relación que establecen batería y sistema generador FV. Supongamos que el consumo es fijo durante todos los días del año. Cuando se calcula el número de módulos solares necesarios, se hace tomando como base la radiación invernal para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, ya que esa es, la peor época.

Pero cuando llega el verano, el valor de la radiación puede duplicarse, por lo que la producción será el doble de la calculada para el invierno, mientras el consumo es el mismo. Si no existiera un sistema regulador, se produciría un exceso de corriente que sería capaz de hacer hervir el electrolito con la consiguiente pérdida de agua y deterioro del grupo acumulador, al no estar limitada la tensión.

El regulador o controlador de carga, es el equipo que se encarga de gestionar el consumo directo de las placas, las baterías, y la carga de éstas evitando sobrecargas o descargas profundas, alargando así su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga. Los reguladores se instalan entre el sistema generador y las baterías, tomando de éstas la energía para su

funcionamiento.

Convertidores e inversores

Los convertidores e inversores son elementos que permiten adaptar las características de la corriente generada por un sistema FV a la demanda total o parcial de las aplicaciones.

Los inversores son convertidores CC/CA que permiten transformar la tensión eléctrica continua de 12, 24 ó 48 V que producen los paneles y almacenado en batería, en corriente alterna de 120 o 220 V, como la que normalmente se utiliza en los lugares donde llega la red eléctrica tradicional. Esto permite usar los aparatos eléctricos convencionales diseñados para funcionar con este tipo de corriente, en vez de otros (difíciles de encontrar y más caros debido a la escasa distribución que tienen) que funcionen en CC. Además, si el sistema FV está conectado a una red pública de distribución de energía eléctrica, también debe suministrarle corriente alterna.

Algunos paneles, los llamados módulos de CA, llevan el inversor integrado en su parte posterior.

Un convertidor CC/CA consta de un circuito electrónico realizado con transistores o tiristores (dispositivos electrónicos que actúan como de interruptores), cortando la corriente continua, alternándola y creando una onda de forma cuadrada. Este tipo de onda puede ser utilizada, después de haberla hecho pasar por un transformador que eleve la tensión, teniendo entonces los denominados convertidores de onda cuadrada, o bien puede ser filtrada, y obtener una forma de onda sinusoidal igual a la de la red eléctrica.

Existen otros tipos de convertidores más sofisticados, entre ellos los que en vez de crear una onda cuadrada crean una especie de escaleras que siguen la forma de la sinusoide, Para muchas aplicaciones solares es suficiente utilizar convertidores de onda cuadrada, pues las cargas no son especialmente sofisticadas (luces

incandescentes, pequeños motores, etc.) y presentan habitualmente un rendimiento elevado ya que al no existir filtro las pérdidas son más pequeñas.

Como contrapartida a esta transformación que realizan los convertidores, se produce una pérdida de energía en los mismos, que en determinadas circunstancias de trabajo tienen un rendimiento bastante pequeño

2.4 Tipos de inversores

Se puede distinguir entre:

- Inversores de conmutación natural.
- Inversores de conmutación forzada.
 - ✓ De salida escalonada.
 - ✓ De modulación de anchura de impulsos.(PWM)¹²

Los ***inversores de conmutación natural*** se aplican a sistemas conectados a la red eléctrica, y mediante la conmutación se controla el flujo de energía en el sentido deseado. También son conocidos como "inversores conmutados por la red". Actualmente están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM, conforme se desarrollan los transistores de tipo IGBT (transistor bipolar de puerta aislada), que virtualmente no causan pérdidas de conmutación, para mayores niveles de tensión y corriente.

En los inversores de conmutación forzada o auto conmutados, la apertura y cierre son forzados por el sistema de control. Pueden emplearse en sistemas FV aislados.

Parámetros característicos

Las principales características que definen un inversor son:

- Las **tensiones nominales de entrada y salida del inversor**, que se deben adaptar a la del sistema. El inversor debe ser capaz de transformar distintas tensiones, ya que la tensión de entrada no corresponde a un valor fijo. La tensión de salida no será superior a un 5% de la tensión nominal de salida en inversores de

¹² PWM, siglas en inglés de Pulse Width Modulation. Libro de Miguel Sanchez Maza. Energía Solar Fotovoltaica.

onda senoidal ni a un 10% en los inversores de onda cuadrada

- **La potencia nominal de salida**, que corresponde al régimen en funcionamiento continuo del circuito de salida del inversor. Oscila entre 100 y 50,000 W. A veces, como durante la puesta en marcha de determinados elementos de consumo, la potencia de salida es superior a la nominal durante un tiempo determinado (potencia de sobrecarga o pico). El inversor deberá soportar las siguientes sobrecargas:

- ✓ 160% de la potencia nominal durante 1 minuto.

- ✓ 140% de la potencia nominal durante 3 minutos.

- ✓ 120% de la potencia nominal durante 10 minutos.

- **La eficiencia**, próxima al 85%. Es la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega y la que el consume del generador o las baterías. La eficiencia de un inversor no es constante y depende del régimen de carga al que esté sometido. Para regímenes de carga próximos a la potencia nominal, la eficiencia es mayor que para regímenes de carga bajos.

- **La capacidad de sobrecarga y de protección térmica** es la capacidad de suministrar una potencia superior a la nominal y el tiempo que esta situación puede mantenerse. Es muy útil en instalaciones donde hay motores, ya que en el momento de arrancar puede multiplicarse la potencia necesaria para el funcionamiento nominal, aunque no más de unos segundos. En el momento de poner en marcha cualquier motor (máquina, bomba o compresor), éste consume un pico de corriente que puede llegar a ser de cinco veces la intensidad nominal y que, por regla general, es de aproximadamente tres veces.

- **Forma de onda que tiene la señal a la salida del inversor.** La conversión de CC en CA puede realizarse de diversas formas. La mejor, depende de cuánto ha de parecerse a la onda senoidal ideal para realizar un funcionamiento adecuado de la carga de corriente alterna. Hay diversas posibilidades:

Cables.

En las instalaciones FV aisladas, se dan tensiones relativamente bajas y corrientes relativamente altas, por tanto, incluso pequeñas caídas de tensión tienden a ser

importantes y pueden producir efectos negativos sobre:

- ❖ La corriente entregada por el generador fotovoltaico (un aumento de la tensión de operación hace que el punto de operación se mueva hacia la región de baja corriente de la curva I-V del generador fotovoltaico).
- ❖ La regulación de la carga de la batería (debido a las diferencias entre las tensiones reales de la batería y los valores de la tensión en los terminales del regulador de carga).
- ❖ La vida de las lámparas fluorescentes (baja tensión de operación).

Por estos cables circulará la corriente total del sistema, incluyendo las pérdidas en las instalaciones fotovoltaicas se utilizan secciones de cableado superiores a las utilizadas en instalaciones convencionales debido a la utilización de bajas tensiones continuas (12, 24 y 48 V) y requerimientos de potencia de cierta consideración, aunque los conductores a emplear tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos según se establece en el REBT¹³.

Estos cables están expuestos a condiciones ambientales extremas (calor, frío, humedad, rayos ultravioletas, etc.), y, en algunos casos, al ataque de roedores.

Los cables de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.

Para realizar las conexiones deben utilizarse cajas de conexiones y con grado de protección para la intemperie adecuado. El cableado debe estar protegido contra la humedad, la radiación ultravioleta y otros fenómenos atmosféricos, dado que la instalación se encuentra a la intemperie.

Los conductores necesarios deben tener la sección adecuada para reducir las caídas de

¹³ *Legislación Nacional de España-REBT-Guía técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.*

tensión y los calentamientos. Además, esta sección deberá ser suficiente para que soporten la intensidad máxima admisible en cada uno de los tramos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20460-5-523

Protecciones

Los elementos que se utilicen como protección (fusibles, magnetotérmicos e interruptores en general) deben ser adecuados para los valores de tensión y corriente de una instalación fotovoltaica.

Los fusibles se utilizan para evitar sobre intensidades accidentales. Cada aparato suele llevar su propio fusible (preferentemente instalados en las líneas de polaridad positiva).

Los térmicos limitan la intensidad en el circuito de consumo y son como los que se instalan habitualmente en las viviendas, y se dispararán si se conecta algún equipo de excesiva potencia. Es recomendable incluir un magneto térmica en la Salida del acumulador y del inversor.

Los diodos son dispositivos de protección para evitar que los módulos actúen como receptores en determinadas situaciones.

Los diodos de bloqueo evitan que se disipe la potencia de los módulos o de la batería en situaciones de defecto eléctrico. Se colocan a la salida de cada grupo de módulos fotovoltaicos, y los diodos de paso evitan los efectos del sombreado parcial al impedir que las células sombreadas actúen como receptores. Vienen incluidos por el propio fabricante en la caja de conexiones del módulo.

Soportes.

El bastidor que sujeta el panel, la estructura soporte del mismo, y el sistema de sujeción son tan importantes como el propio panel, pues un fallo de estos elementos conlleva la inmediata paralización de la instalación. A menudo, cuando se proyecta una instalación solar fotovoltaica, toda la atención se centra en el cálculo de los módulos, y se descuida el diseño y/o selección de los elementos que se encargan de soportar o de fijar estos módulos a tierra, al tejado o a la fachada de un edificio.

Hay que recordar que los módulos fotovoltaicos pesan poco, pero en cambio, ofrecen una gran superficie que oponer al viento y que puede generar esfuerzos. Por lo tanto, puede suceder que durante una racha de éste, los paneles salgan proyectados desde su ubicación.

Especial atención deberá presentarse a los puntos de apoyo de la estructura. En el puesto de que esta sea de tipo mástil es conveniente arriostrarla. Si la base donde descansa es de hormigón, es conveniente reforzarlo en sus extremos mediante tirantes de acero (vientos). En cuanto a los anclajes o empotramientos de la estructura, es común el use de bloques de hormigón y tornillos roscados.

Tanto la estructura como los soportes habrán de ser preferiblemente de aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado y la tornillería (tornillos, tuercas arandelas, etc.), de acero inoxidable. El aluminio anodizado es de poco peso y gran resistencia. El acero inoxidable es apropiado para ambientes muy corrosivos, siendo de mayor calidad y periodo de vida aunque presenta un elevado costo. Las estructuras de hierro galvanizado ofrecen una buena protección frente a los agentes corrosivos externos con la ventaja de que el zinc es compatible químicamente con el mortero de cal y de cemento, una vez que estos están secos. Las estructuras soporte deben ser capaces de resistir, como mínimo, 10 años de exposición a la intemperie sin corrosión o fatiga apreciables. Las estructuras galvanizadas suelen montarse mediante tornillos. Cuando los tornillos unen metales diferentes, deben incorporarse arandelas de plástico para evitar corrosiones galvánicas.

El REBT especifica que las estructuras de soporte deben conectarse a tierra.

Muchas veces los fabricantes de paneles suministran los elementos necesarios, sueltos o en kits. Otras veces es el propio proyectista o el instalador quien, haciendo use de perfiles normalizados que se encuentran en el mercado, construye una estructura adecuada para el panel.

2.5 Tipos de soportes

Los paneles FVs necesitan ser colocados sobre soportes rígidos, lo que permite mantener el ángulo de inclinación óptima, aún cuando soplen vientos fuertes o caigan nevadas. Existen tres tipos:

- Soporte fijo.
- Soporte ajustable.
- Soporte automático.

Para elegir el más adecuado debe tenerse en cuenta el costo máximo para el sistema y el incremento porcentual de energía que se obtendría usando alguno de los otros tipos.

La latitud del lugar determina el grado de variación entre la posición del sol al amanecer y cuando alcanza el cenit. Si esta variación es extrema y el bloque generador tiene una gran cantidad de paneles, el diseño debe incorporar el soporte automático. Si, por el contrario, la potencia a generar está por debajo de los 300 a 360 W, un panel ajustable será la solución más económica. Si la variación en la altura del sol es mínima, un panel fijo será suficiente.

DISEÑOS Y CALCULOS DE LAS INSTALACIONES.

Cuando se realiza el cálculo del dimensionado de una instalación fotovoltaica, ha de tenerse en cuenta de que tipo de instalación se trata: cuando se diseñan instalaciones aisladas de la red, el objetivo es garantizar el suministro de energía eléctrica; cuando se trata de instalaciones conectadas a red, el objetivo es maximizar la producción de electricidad solar.

El procedimiento básico de cálculo del dimensionado de este tipo de instalaciones puede dividirse en tres pasos:

- Primero estimar la demanda energética.
- Segundo, la aportación del sistema solar.
- Tercero, a partir de los datos anteriores, establecer la potencia del campo generador.

Esto se hace teniendo en cuenta los **valores medios diarios** de la demanda energética, la aportación del sistema solar y el rendimiento de la instalación. Con estos valores se establecerá un cálculo mensual y anual.

La relación entre la demanda de energía del sistema y la energía aportada por el sol nos va a servir para dimensionar las instalaciones aisladas.

Cálculo de demanda energética

La estimación de la demanda de energía no es fácil, ya que existen numerosos factores que afectan al consumo final de electricidad. Las condiciones de uso de las instalaciones fotovoltaicas presentan una gran diversidad en función y aplicación:

- Electrificación de viviendas y edificios.
- Alumbrado público.
- Aplicaciones agropecuarias, bombeo y tratamiento de agua.

Evaluación del aporte solar.

Para evaluar la energía aportada es necesario conocer la radiación solar incidente por m^2 de panel fotovoltaico orientado hacia el sur y con un ángulo de inclinación β respecto a la horizontal.

Potencia del generador

Una vez que se ha calculado cuánto se va a gastar mensualmente y de que suministro se dispone por aporte solar, es el momento de calcular la potencia del generador.

El criterio general es dimensionarlo de forma que quede garantizado el abastecimiento durante el periodo del mes desfavorable: si la instalación es de uso estacional, el periodo de cálculo considerado es el mes más desfavorable del periodo de uso; si es una instalación de uso permanente, se considera el mes más desfavorable del periodo anual.

Por mes más desfavorable se entiende aquel en el que el cociente entre la energía disponible por aporte solar y las necesidades energéticas es menor. En principio, con

este tipo de instalaciones pretenderá cubrirse toda la demanda planteada, por lo que se procederá igualando la energía media diaria generada con la energía media diaria consumida.

2.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Se busca la necesidad de disponer los módulos fotovoltaicos de manera que capturen la mayor cantidad de radiación posible. Para ello habrá que estudiar la disposición que hace que esto sea así, lo que implica el estudio no solo de la orientación y la inclinación de los módulos, sino también las posibles sombras que puedan ocasionar, la distancia mínima entre módulos, o que condiciones debe reunir la estructura de anclaje que los soporte.

Orientación e Inclinación

Generalmente los módulos de las instalaciones solares tienen una orientación e inclinación fijas, pero existen instalaciones dotadas con dispositivos que permiten la modificación de la orientación e inclinación del módulo, y con los que se logra mantener la superficie del panel en una posición lo más perpendicular posible a la radiación solar, y durante más tiempo, por lo que serán capaces de proporcionar mayor cantidad de energía eléctrica a lo largo del año.

Sombra.

Los paneles se situarán en un lugar en el que edificios colindantes, árboles, chimeneas, otros módulos, no hagan sombra sobre ellos en ningún momento del día. En las instalaciones fotovoltaicas las sombras son especialmente peligrosas ya que pueden hacer que la instalación funcione de manera inversa, es decir, que en las zonas sombreadas los módulos actúen como receptores de corriente.

Una determinación exacta de las posibles sombras se puede realizar conociendo la altura solar y el azimut durante todo el año y así comprobar si algún obstáculo puede en algún momento, llegar a ocultar el sol e impedir que llegue la radiación solar al panel.

Para calcular la posibilidad de incidencia de las sombras sobre el módulo, se establece

el siguiente proceso de cálculo y dibujo de proyección de sombras, también, utilizaremos las tablas solares de alzada y azimut que corresponden a la latitud en la que nos encontremos como país.

Distancia entre módulos.

Una de las principales aplicaciones del cálculo de sombras que proyecta un objeto es la de conocer si una línea de módulos solares hará o no sombra a otra que se encuentre detrás, o dicho de otra forma, calcular la distancia mínima de colocación entre baterías de módulos para evitar que los de adelante tapen a los de atrás.

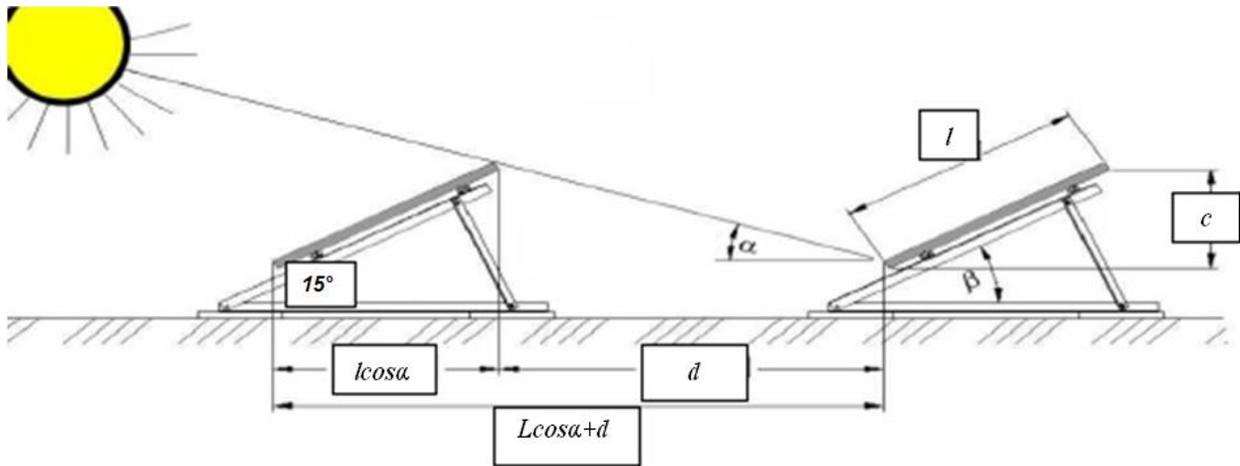


Figura 4. Distancia entre módulos

Donde

l = longitud del módulo.

β = ángulo de inclinación del módulo, (en El Salvador se usa generalmente 15°).

d = distancia mínima entre la parte posterior de una fila de módulos y la parte baja de la siguiente.

c = altura de la parte posterior del módulo FV.

Tal y como muestra la figura anterior, la distancia mínima entre dos filas de módulos es la suma de dos longitudes: una que corresponde a la ocupación del primer módulo y otra que corresponde a la sombra que proyecta.

La ubicación del primer módulo se obtiene por trigonometría, a partir del triángulo que forma el módulo con la horizontal.

Para calcular el valor de la sombra se necesita conocer el valor de la altura de la parte posterior del módulo FV.¹⁴

Estructura de soporte.

El principal factor a la hora de fijar la estructura no es el peso de los paneles al ser ligeros sino la fuerza del viento que, dependiendo de la zona, puede llegar ser considerable. La estructura debe tener un anclaje que la haga resistente a la acción de los agentes atmosféricos de la zona, pero deberá resistir vientos de, como mínimo, 150 km/h.

Como los módulos fotovoltaicos estarán aproximadamente orientados al sur, las cargas de viento que pueden ser peligrosas serán las que vengan del norte, ya que suponen fuerzas de tracción sobre los anclajes que son mucho más peligrosas que las de compresión.

La fuerza del viento en San Salvador es promedio de 1.12 a 3.91 m/s²

La fuerza del viento que puede actuar sobre cada uno de los módulos, se puede calcular a partir de la siguiente expresión: $F = P \text{ sen } \alpha$

En terrazas o suelos la estructura deberá permitir una altura mínima del panel de 30 cm

2.7 DIMENSIONES DEL REGULADOR.

El dimensionado del regulador consiste en elegir entre los equipos disponibles en el mercado, uno que se adapte al resto de los parámetros eléctricos de los componentes de la instalación, por eso hay que proceder a su elección una vez conocido el número de paneles fotovoltaicos.

El regulador debe asegurar la siguiente función:

- Reconexión automática o manual.

Los principales requisitos que debería cumplir el regulador serán:

- El regulador deberá estar protegido contra descargas profundas y deberá estar calibrado para que se desconecte de la carga cuando se llegan a la profundidad de

¹⁴ *Los cálculos están consignados al final del documento.*

descarga máxima.

- La desconexión de la carga debe retardarse entre 3 y 30 s. desde que se alcanza la tensión de desconexión de carga. Con esto se evita la interrupción indeseable de la alimentación durante el encendido de aparatos eléctricos que requieren grandes corrientes de arranque.

Los reguladores se clasifican por la intensidad máxima que pueden soportar, así como por la tensión de trabajo. Los valores estándar del mercado son 8 A, 11 A, 15 A, 30 A y 50 A para la intensidad, y 12 V; 24 V o 48 V para la tensión.

El tipo de regulador necesario quedará determinado por la potencia máxima del campo de módulos, de manera que para una potencia máxima de 120 W a 12 V, corresponderá un regulador de 10 A.

$I_{m\acute{a}x}$ del regulador > Intensidad máxima del campo de módulos

2.8 DIMENSIONES DEL INVERSOR.

El dimensionado del inversor también se realizará una vez conocido el número de módulos fotovoltaicos y la capacidad de los acumuladores. Hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- La tensión nominal de entrada del inversor.
- La potencia nominal del inversor.

La potencia nominal del inversor (o del convertidor) adecuado será el resultado de sumar las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicados por un coeficiente de simultaneidad comprendido entre 0,5 y 0,75 (en función del tipo y cantidad del consumo, ya que nunca funcionan todos los equipos a la vez).

(Suma de la potencia nominal de todos los elementos de consumo x 0,75) > P_{convertidor} > (Suma de potencia nominal de todos los elementos de consumo x 0,5)

El resultado de esta operación determinará la potencia nominal del convertidor, con la excepción de que la potencia nominal de alguno de los aparatos de consumo sea superior a este valor y que por tanto, sea este aparato el que determine la potencia del convertidor.

CABLEADO.

En las instalaciones fotovoltaicas debe evitarse la excesiva longitud del cableado, ya que en los conductores eléctricos, de cobre, por los que se transporta la energía, se producen pérdidas debido a la resistencia que oponen al paso de la corriente; por lo que los módulos, el regulador, las baterías y el inversor, deben instalarse lo más cerca posible.

Es básico que la sección de cable sea adecuada para obtener un buen rendimiento global de la instalación. La resistencia eléctrica que presenta el conductor tiene dos efectos:

- Debido a la resistencia, se produce una caída de tensión en el conductor. Este efecto hace que la carga alimentada tenga una tensión inferior a la de la fuente de alimentación.
- Se produce el calentamiento del conductor, lo que genera pérdidas de energía por efecto Joule. Estas pérdidas son una función cuadrática de la intensidad (a doble intensidad, se producen cuatro veces más pérdidas). Un calentamiento excesivo puede resultar peligroso, ya que los conductores se deterioran y puede llegar a producirse un incendio.

Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión entre ellos sean inferiores al 3% entre el generador FV y el regulador de carga, inferiores al 1% entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al 5% entre el regulador de carga y las cargas. Todos estos valores corresponden a la condición de máxima corriente.

Estas caídas de tensión están exclusivamente asociadas al cableado (cables y terminales), y deben ser interpretadas como adicionales a las caídas de tensión en el regulador de carga.

Para los cables de cobre (*resistividad* = $0,01724 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$) y con tensiones nominales de 12 V, el cálculo de la sección del conductor, a fin de evitar esos efectos, se hará aplicando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{3448 * L * I}{\Delta V * V_{AB}}$$

Donde:

S = sección del conductor, en mm^2 .

L = longitud del cable entre dos puntos A y B, en m.

I = intensidad de corriente, en A.

ΔV = caída de tensión, en %.

V_{AB} = tensión de trabajo entre los puntos A y B, en V.

Las secciones mínimas de los cables en cada una de las líneas deben ser:

- 25 mm^2 del generador FV al regulador de carga.
- 4 mm^2 del regulador de carga a las baterías.

Una vez determinada la sección de conductor, comprobaremos que la intensidad de circulación es menor que el máximo admisible según el REBT.

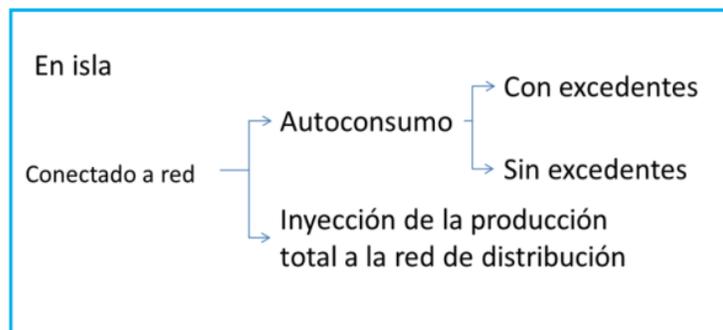
Precio total del sistema.

De acuerdo con el reporte del IEC (International Electrotechnical Commission), los precios del mercado spot actuales para los módulos FV, están entre US\$ 1.80/Wp y US\$ 2.27/Wp para los módulos cristalinos y entre US\$ 1.37/Wp y US\$ 1.65/Wp para los módulos de capa delgada. Los precios sin embargo, varían significativamente entre los mercados. Los costos totales de un sistema en el mes de Junio de 2011 están en un rango comprendido entre US\$ 3,300/kWp y US\$ 5,800/kWp para sistemas de montaje en techo. Nótese que estos costos se están reduciendo rápidamente.

Los costos de los sistemas fotovoltaicos se han reducido consistentemente durante las últimas tres décadas, mostrando una tasa de disminución del 19,3%. Se espera que esta tendencia continúe, dadas las posibilidades de mejorar el rendimiento y los costos, así como en los procesos de fabricación.

2.9 Conexión con la red de distribución.

Al conocer el lugar del montaje se puede definir la forma en la que se interconectará con la red eléctrica más cercana al proyecto. Esta conexión puede dividirse de la siguiente manera:



Autoconsumo Para poder dimensionar un sistema fotovoltaico a fin de utilizar la energía producida para el autoconsumo, se debe conocer inicialmente la demanda de electricidad a satisfacer. Adicionalmente se podría tener una idea aproximada del comportamiento diario de la curva de la demanda, ya sea si es un edificio de oficinas diurno o nocturno, una maquila, una casa de habitación, etc.

Existen empresas especializadas en elaborar estudios con instrumentos que recogen la información detallada sobre el consumo de electricidad de un área específica. Para poder comparar la producción de electricidad de un sistema FV y la demanda a suplir, se debe concluir realizando la inspección de las instalaciones a las que se entregará el suministro, conocer niveles o áreas, incluyendo la azotea (de ser montaje en techo), identificando la existencia de sombras que limitarían el uso de toda el área de la azotea.

Inyección a la red.

Los generadores FV se pueden interconectar a la red de distribución en los siguientes casos: Caso I: Generador conectado a una subestación de distribución en 13.2 kV ó 23 kV. Este caso corresponde a proyectos de generación aproximadamente menores a 20 MW que se conectan a la subestación de distribución más cercana en niveles de tensión de 23 kV ó 13.2 kV, esto debido a que por razones económicas, el generador puede optar por conectarse a las redes de distribución en vez de conectarse a la transmisión.

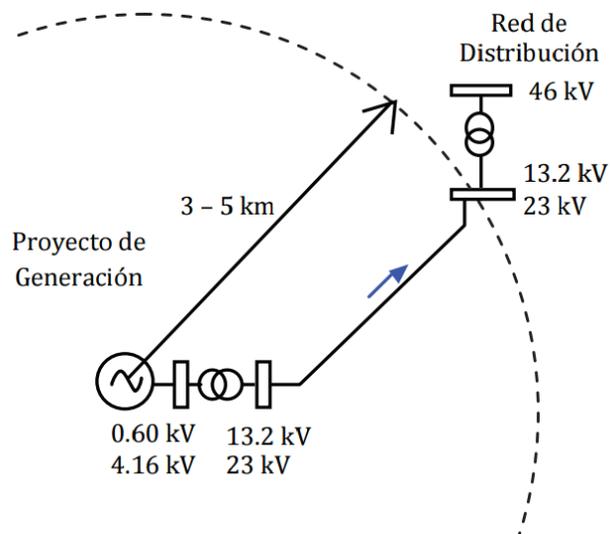


Figura 5. Generador conectado a las redes de distribución primarias o secundarias.

Este caso corresponde a proyectos de generación distribuida, es decir, generadores conectados a las redes de distribución en los alimentadores de las redes primarias y secundarias.

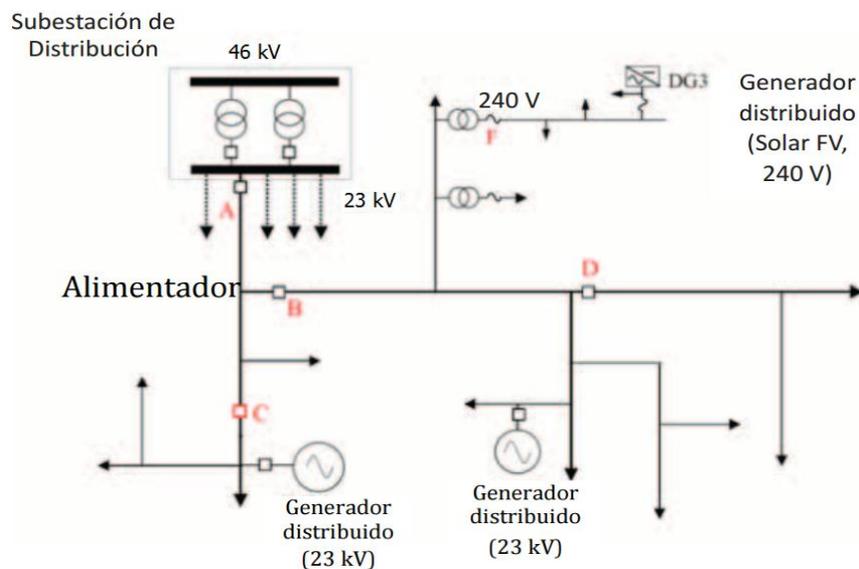


Figura 6. Generador conectado a las redes de distribución.

Para garantizar una correcta operación de los generadores conectados a la red y optimizar la conexión con la red de distribución es recomendable:

- a. Elaborar los estudios de interconexión eléctrica teniendo en cuenta la nueva instalación eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema FV.

- b. Estimar la capacidad máxima de inyección en un punto de red de distribución, que será determinada por el estudio que se realizará en conjunto con la empresa distribuidora propietaria de la red, para que se garantice la estabilidad y confiabilidad de la red misma.
- c. Determinar la disminución o aumento de las pérdidas de potencia en los tramos de la red de distribución en donde se interconecta el proyecto de energía renovable, comparando con el escenario de referencia (sin proyecto). Este debe ser un procedimiento práctico para calcular las pérdidas de potencia utilizando la información básica de los alimentadores de distribución y el proyecto de energía renovable.

En caso de aumento de las pérdidas de potencia (i^2R), podría ser necesario refuerzos en el alimentador para disminuir éstas, manteniendo las condiciones operativas (control de voltaje y calidad de energía).

Evitar el problema de operación en isla no intencional provocado por una falla en la red de distribución.

2.10 Marco regulatorio aplicable al proyecto.

Adicionalmente a la evaluación del potencial de un recurso y a las restricciones propias de la técnica de un proyecto, es necesario tomar en cuenta las particularidades que el marco regulatorio podría tener a fin de darle viabilidad económica e incentivar la instalación de proyectos que hagan uso de las energías renovables.

Mercado eléctrico en El Salvador.

La Ley General de Electricidad (LGE) y su Reglamento son los primeros documentos relacionados con cualquier proyecto de generación de electricidad que se deben conocer, debido a que existen restricciones para el acceso a los mecanismos vigentes de comercialización de la energía eléctrica. La LGE regula las actividades privadas o públicas relacionadas a la generación, transmisión distribución y comercialización de la energía eléctrica en El Salvador.

Mercado Mayorista.

Es en el Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista Basado en Costos de Producción en donde a la fecha se menciona que para participar en el Mercado Mayorista un Participante del Mercado generador conectado a la red de distribución debe ser capaz de inyectar una potencia mínima de 5 MW por nodo.

De los Contratos de Largo Plazo para Generación Distribuida Renovable (GDR).

Actualmente, las modificaciones del marco regulatorio realizadas en el 2012 permiten la ejecución de licitaciones especiales donde proyectos de energía renovables pueden participar en contratos basados en energía ofertada.

En las reformas hechas al Reglamento de la LGE que se encuentran en el Decreto Ejecutivo No. 80 de fecha 17 de abril de 2012, publicado en el Diario Oficial No. 76, Tomo 395 de fecha 26 de abril de 2012, se menciona lo siguiente: En el caso de licitaciones destinadas exclusivamente a fuentes renovables de energía eléctrica, los procedimientos de contratación deberán contemplar expresamente un mecanismo simplificado destinado a generación con base en energía renovable conectada en red del distribuidor, de hasta un máximo de 20 MW de capacidad instalada, y que no se encuentre en condiciones de aportar capacidad firme ni de participar directamente del Mercado Mayorista de Electricidad.

Esos contratos serán administrados directamente por el distribuidor y el generador fuera del Mercado Mayorista, y despachados de acuerdo a un procedimiento especial de auto-despacho. Un proyecto de las características que trata este documento no podría participar en el Mercado Mayorista por ser proyectos menores a 5 MW.

Esos contratos serán administrados directamente por el distribuidor y el generador fuera del Mercado Mayorista, y despachados de acuerdo a un procedimiento especial de auto-despacho.

Además, se reservará un bloque de demanda de energía y potencia asociada, determinado para ser adjudicado luego de concluida la licitación del distribuidor, a

usuarios autoprodutores de fuente renovable en red de distribución que tengan excedentes de energía respecto a su propia demanda y podrán acceder a iguales condiciones de precios a las surgidas de dicha licitación, de acuerdo a la metodología que defina la SIGET.

- Celebrar contratos con las distribuidoras destinados a fuentes renovables de energía eléctrica.
- Sin compromiso de capacidad firme y con generación conectada a la red de una distribuidora.
- Despachados de acuerdo a un procedimiento especial de auto-despacho.
- Los contratos serán adjudicados a través de procesos de libre concurrencia trasladables a tarifa.

Según lo definido en el Reglamento de la LGE, en el contrato no se considerará un cargo por capacidad, por lo que el suministro a contratar por el distribuidor se basará en una potencia comprometida a instalar o instalada y una energía ofertada anual por cada proyecto, donde el participante considerará todos sus costos de inversión, operación y rentabilidad. Para estas licitaciones, la SIGET podrá establecer mediante acuerdo uno o varios precios base techo por tecnología o tecnologías específicas a las que el proceso licitatorio se oriente.

De la interconexión con las distribuidoras Nuevamente la LGE manda según el artículo 27 a los transmisores y distribuidores a permitir la interconexión de sus instalaciones y la utilización de las mismas para el transporte de energía eléctrica, excepto cuando esto represente un peligro para la operación o seguridad del sistema, de instalaciones o de personas.

Para cumplir esto, el regulador del sector (SIGET) elaboró la “Norma Técnica de Interconexión Eléctrica y Acceso de Usuarios Finales a la Red de Transmisión” (Acuerdo SIGET 30-E-2011, Enero 2011), en donde se determinan los procedimientos, requisitos y responsabilidades aplicables a las interconexiones eléctricas entre operadores con el fin de garantizar el principio de libre acceso a las instalaciones de transmisión y distribución, así como la calidad y seguridad del sistema. Además se emitió la

Declaración de aplicación general, como estándar técnico para las instalaciones eléctricas de los usuarios finales, la regulación establecida en el “Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas y en el Código Eléctrico Nacional (NEC)”. Para darle cumplimiento a esta parte de la reglamentación vigente, será necesario cumplir con los requisitos que se mencionen. Debido a la escala del proyecto en estudio se considera que adaptar la instalación del edificio es un costo mínimo que se debe asumir dentro del proyecto.

La reglamentación del sector eléctrico es solamente una de todas las que como desarrollador se deben cumplir en adición a la reglamentación correspondiente a las obras de construcción. La escala del proyecto, la ubicación geográfica y el recurso a utilizar determinan costos y trámites adicionales para poder dar inicio la construcción.

2.11 Reglamentación respecto al Medio Ambiente.

La Ley de Medio Ambiente, su Reglamento y la normativa que el mismo Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) elabora, son los instrumentos legales que se deben de tomar en cuenta a fin de cumplir con la reglamentación legal respecto al Medio Ambiente. Costos adicionales para un proyecto fotovoltaico conectado a la red de hasta 100 kW por obras de mitigación se descartan principalmente por las características del proyecto, el cual se encuentra dentro del Grupo A: Actividades, obras o proyectos con bajo potencial de impacto ambiental.

Estas obras no requieren presentar documentación ambiental según el documento de “Categorización de actividades, obras o proyectos conforme a la Ley del Medio Ambiente”, el cual se complementó a mediados del 2012 a fin de incluir la energía solar, recurso hídrico y el recurso geotérmico, vigente según el Acuerdo No. 33 de fecha 8 de mayo de 2012, publicado en el Diario Oficial No. 105, Tomo 395 de fecha 8 de junio de 2012.

Comercialización de la energía inyectada a la red.

Para los ingresos se asume que el precio de venta de la energía es el resultante de participar en un proceso de libre concurrencia especial para proyectos fotovoltaicos de pequeña escala y en el que se adjudica un contrato de largo plazo durante 20 años al suministro de energía de un proyecto fotovoltaico de 100 kW conectado en la red de distribución.

Trámites y procedimientos.

Al tener finalizado el análisis técnico-económico, se puede dar inicio a la tramitología que se requiere a fin de poder iniciar las obras de construcción. Cabe aclarar que de tener firmeza en la inversión a realizar podría dar inicio paralelamente a los procedimientos y procesos con las instituciones involucradas en el ciclo del proyecto previo a la construcción. A partir de lo mencionado en el apartado Marco regulatorio aplicable al proyecto, será necesario realizar los procedimientos que a continuación se mencionan.

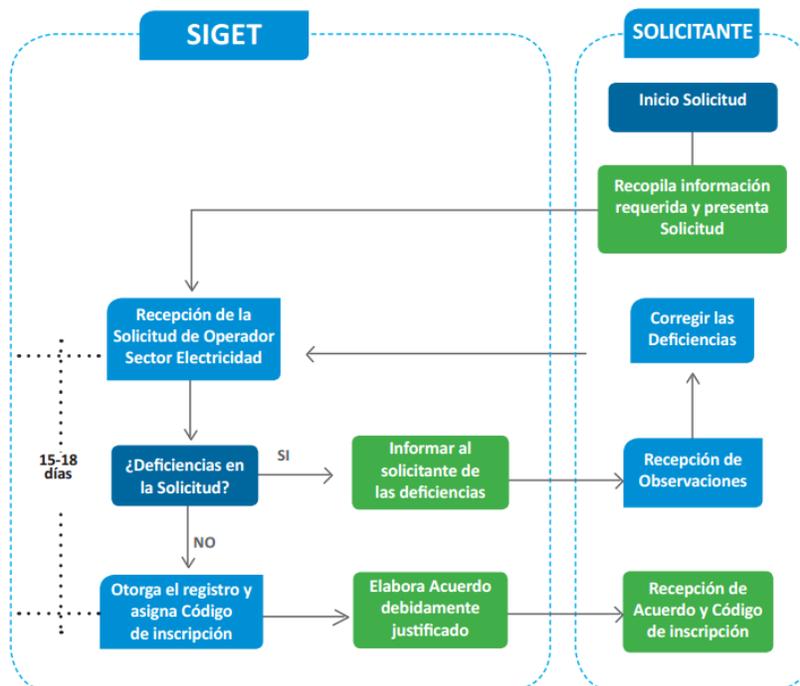


Figura 7. Inscripción en el Registro de SIGET – Generador y otro operador.

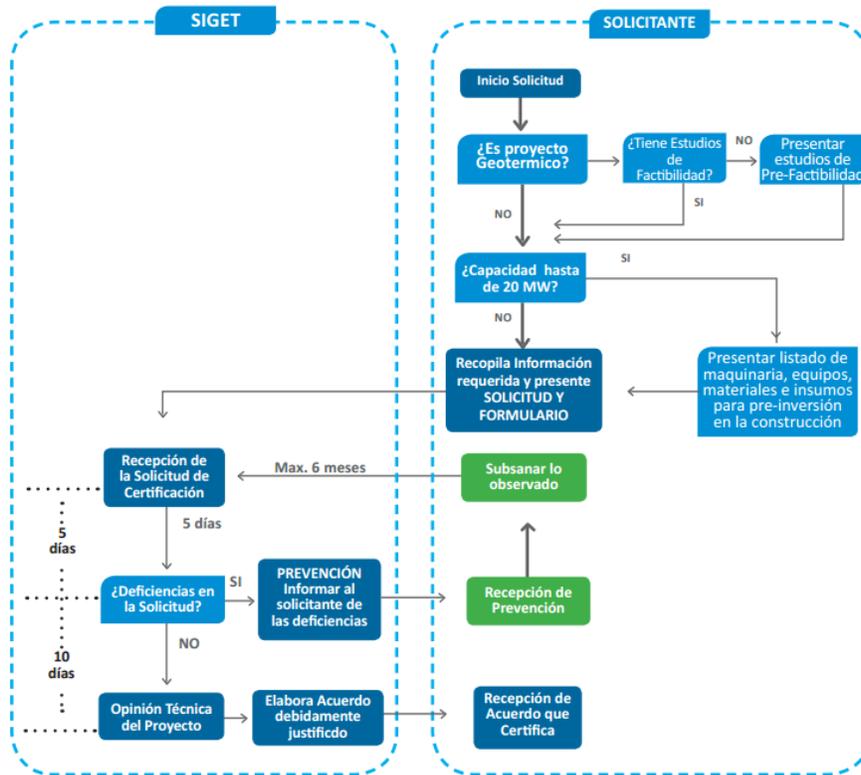


Figura 8. Certificación de Proyectos Previa Autorización de Incentivo Fiscal

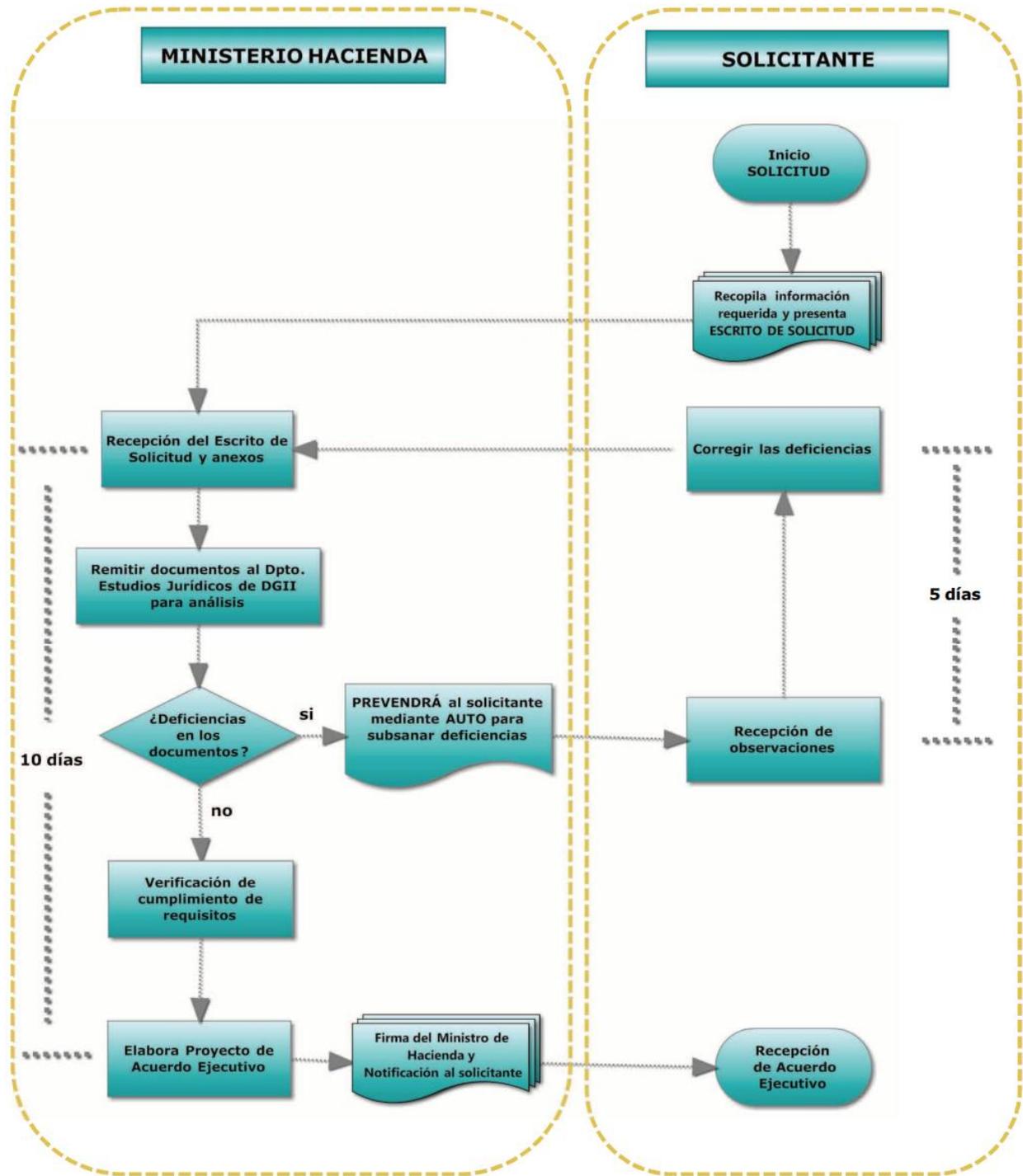


Figura 9. Autorización de Incentivo Fiscal.

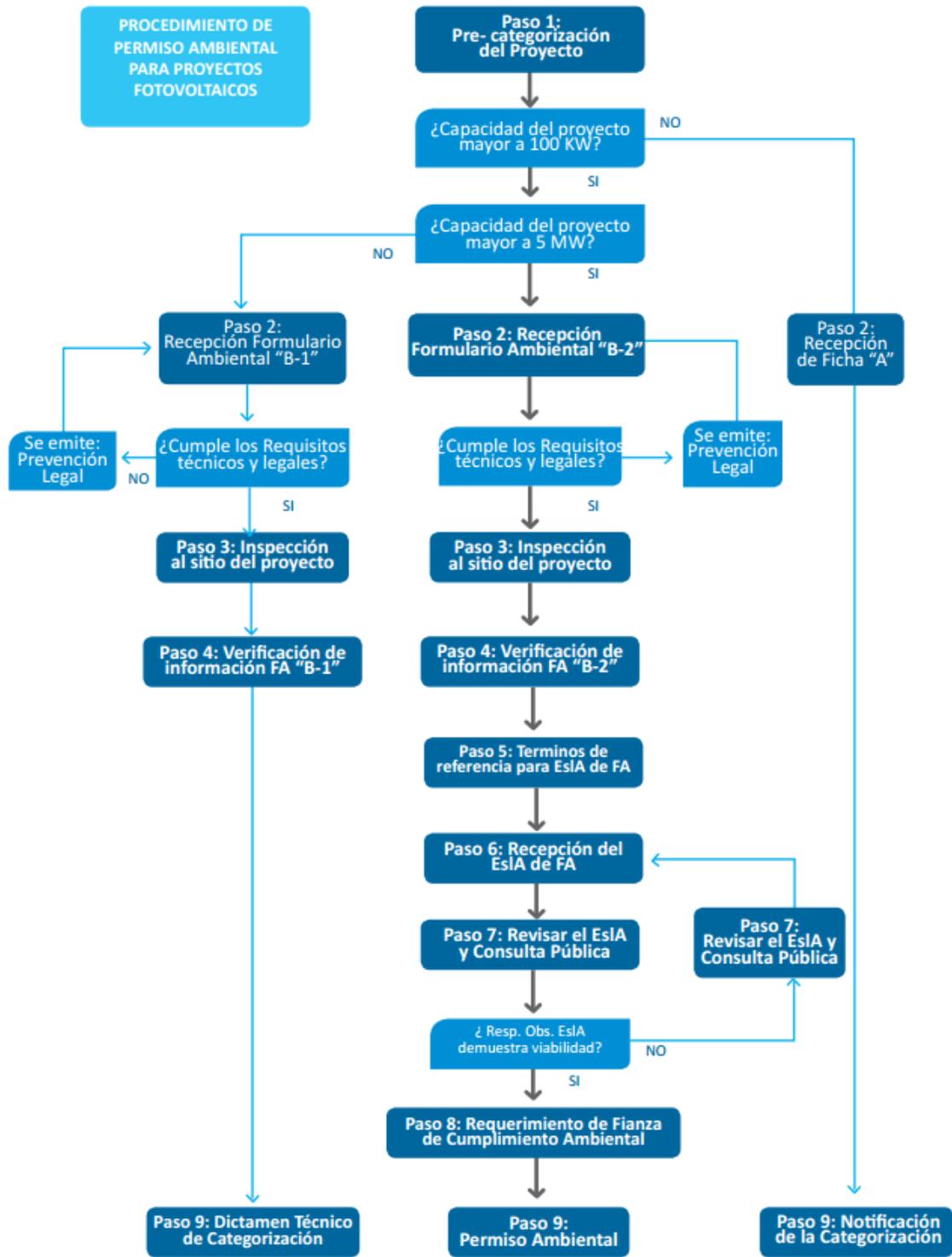


Figura 10. Permiso Ambiental Para Proyectos Fotovoltaicos.

2.12 DISEÑO DE INSTALACIONES SOLARES TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

La vida es un proceso continuo de conversión y transformación de energía. Los logros de la civilización se han basado en gran medida en la capacidad para acceder a diferentes tipos de energía desarrollando las técnicas para un aprovechamiento y transformación cada vez más eficientes. La energía resulta indispensable para el desarrollo de la humanidad y el crecimiento económico. La disponibilidad de energía de características adecuadas y a precios asequibles es esencial para la reubicación de la pobreza, incrementar el bienestar y elevar los niveles de vida en el mundo. Pero la producción, transformación y uso energía genera siempre subproductos y emisiones indeseables, aunque sea como mínimo en forma de disipación de calor, pues la energía sólo se transforma, no se crea ni se destruye.

Además, numerosos estudios demuestran que el paradigma energético actual no es capaz de mantener un abastecimiento indefinido. Multitud de organismos internacionales trabajan para minimizar estos problemas, sobre todo desde el punto de vista de su generación.

La energía solar es la fuente de energía más abundante de la Tierra. Además de renovable, disponible y gratuita, está en cantidad muy superior a las necesidades energéticas de la población mundial. Durante el año, el sol arroja sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir. Hoy en día utilizamos solo una pequeña parte de la enorme cantidad de energía que nos llega del sol, por lo que el camino a recorrer es todavía largo para poder aprovechar la energía solar a gran escala.

Los sistemas solares se pueden clasificar en dos grupos:

- a. **Sistemas pasivos:** Aprovechan el calor y la luz del sol sin necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía. Incluye sistemas para el calentamiento de espacios, sistemas de calentamiento de agua basados en termosifón, invernaderos, el uso de materiales para suavizar las oscilaciones de la temperatura del aire y chimeneas solares para mejorar la ventilación natural. Las

tecnologías solares pasivas ofrecen importantes ahorros, sobre todo en lo que respecta a la calefacción de espacios.

- b. Sistemas activos: Permiten la captación y acumulación de calor, así como la generación de electricidad. La captación se realiza mediante módulos que pueden ser planos o con algún sistema de concentración de radiación. La mayoría de los módulos solares suelen situarse sobre soportes fijos, pero si se le añade un sistema de seguimiento solar aumentan su rendimiento, como es el caso de las centrales térmicas solares.

Una clasificación de este tipo de sistemas solares activos, puede ser en función del nivel de temperatura de funcionamiento:

- a. Sistemas de alta temperatura: Con temperaturas superiores a los 800°C, mediante sistemas de receptor central (centrales de torre) y discos parabólicos, son utilizados en centrales termosolares. Las centrales de torre se caracterizan porque el sistema colector está compuesto por un grupo de concentradores individuales llamados helióstatos que dirigen la radiación solar concentrada hacia un receptor central, normalmente situado a una cierta altura en una torre. Los discos parabólicos se componen de un reflector con forma de paraboloides de revolución, un receptor situado en el foco de dicho paraboloides y un sistema de generación eléctrica compacto (motor o turbina más alternador), que suele formar un solo bloque con el receptor. La radiación solar concentrada por el paraboloides incide sobre el receptor, donde se convierte en energía térmica que permite generar electricidad en el sistema generador.
- b. Sistemas de media temperatura: En este tipo de sistemas, el rango de temperatura máximo está cercano a los 300°C. Están asociados a procesos industriales y se utilizan cilindros parabólicos, que están compuestos de un espejo cilindro-parabólico que refleja la radiación solar directa concentrándola sobre un tubo receptor colocado en la línea focal de la parábola. La radiación solar concentrada produce el calentamiento del fluido que circula por el interior del tubo receptor.
- c. Sistemas de baja temperatura: El rango de temperatura de funcionamiento, se encuentra por debajo de los 90°C. Este tipo de instalaciones utilizan colectores

planos y se localizan en edificios de viviendas y del sector terciario, como hoteles y oficinas.

Las aplicaciones más comunes de los sistemas solares activos térmicos de baja temperatura son para producción de agua caliente sanitaria (ACS). Es el uso más extendido y se trata de calentar el agua que utilizamos para el uso doméstico: ducharnos, bañarnos, grifos de fregaderos, etc., o producir agua de proceso para industria. Se utiliza para precalentar el agua a la entrada de calderas con combustibles fósiles. Es válido para muchos procesos industriales como generación de vapor, lavado, secado, destilación, esterilización, pasteurización, etc. Las industrias más adecuadas son la papelera, la alimentaria, la textil y la química.

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA A.C.S.

La instalación tradicional para generar el agua caliente sanitaria se basaba únicamente en hacer pasar el agua fría por un sistema tradicional de calentamiento (termo eléctrico, caldera, calentador modulante a gas...).

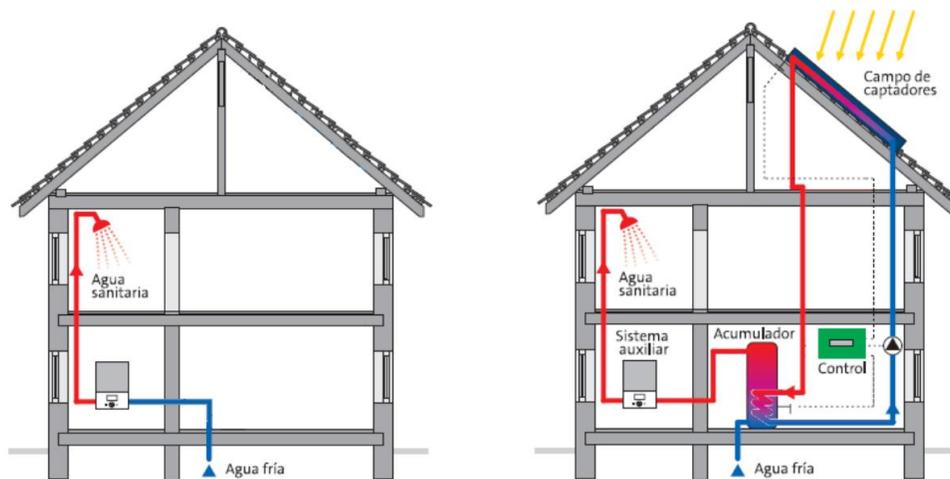


Figura 11. Instalación tradicional e instalación solar

Al incorporar el sistema de energía solar térmica, hacemos que una parte de la energía necesaria para el calentamiento sea la energía solar, convirtiendo el sistema tradicional de calentamiento en la energía de apoyo que garantiza la temperatura final del agua en caso de no contar con suficiente radiación solar.

2.13 INSTALACIONES.

En general, las instalaciones pueden ser clasificadas según el sistema de circulación (forzada y termosifón) y la configuración básica (centralizada y distribuida). Según el sistema de circulación, las instalaciones pueden ser clasificadas como:

- a. Sistemas naturales (termosifón). La circulación en el circuito primario solar se efectúa por convección natural. El fluido en el captador asciende a medida que se calienta a consecuencia de la radiación solar y, al alcanzar el acumulador colocado por encima del captador, transfiere su calor y vuelve enfriado hacia el captador. Funcionan sin bombas o controles, por ello, requieren un diseño y montaje muy cuidadoso que minimice las pérdidas de carga. Se tratan de sistemas prefabricados que suelen suministrar en una unidad completa que consta de uno o dos captadores, un acumulador y los accesorios correspondientes, con lo cual tienen un coste menor que otros equipos. Ellos directamente se regulan, en función de la radiación incidente, así que son equipos automáticos que no precisan de energía exterior.
- b. Sistemas forzados. En estos sistemas, una bomba impulsa el agua a través de los captadores. Las bombas se activan en función de la temperatura que dispongamos en los acumuladores, con lo cual estos sistemas llevan un sistema de regulación, que hace que tengamos un control preciso del sistema. En función de la temperatura del depósito y de los captadores, el sistema de bombas entrará en funcionamiento. Debido a que no es necesario tener ubicados los acumuladores muy próximos a los captadores, se tiene una mejor integración arquitectónica del sistema. Por el contrario, este tipo de instalaciones tiene un mayor coste de montaje, funcionamiento y de mantenimiento. Hoy en día existen equipos integrados en los que el acumulador incorpora un sistema de impulsión-regulación, con lo que se ahorra espacio.

Por su configuración podemos distinguir dos tipos principalmente:

- a. Acumulación centralizada: En esta configuración, existe un campo solar, que calienta el fluido portador de calor. Posteriormente, se transfiere la energía a un acumulador central mediante los intercambiadores. Desde este depósito central se distribuye a cada una de las viviendas mediante una red de distribución que

se encuentra circulando permanentemente en circuito de recirculación a fin de lograr que la temperatura disponible a la entrada de cada vivienda sea la máxima posible. En cada una de las viviendas, se dispone de un sistema de apoyo convencional. Al diseñar el circuito de distribución se han de tener en cuenta los coeficientes de simultaneidad de los consumos en las viviendas. El caudal de recirculación debe ser tal que la energía aportada a la red de distribución sea suficiente para compensar las pérdidas térmicas de la misma.

- b. Acumulación distribuida: La variante consiste en disponer de un acumulador individual en cada vivienda. Este tipo de configuración se elige cuando se presentan problemas de espacio para ubicar un acumulador central o cuando se entienda que el usuario final va a valorar favorablemente el tener un acumulador en su propia vivienda. El calor generado por el campo de captadores se transfiere mediante un intercambiador al circuito de distribución, por el cual llega hasta los interacumuladores en cada vivienda. Este tipo de configuración resulta algo más cara que las descritas anteriormente, debido a que en los acumuladores individuales, las pérdidas resultan más elevadas, aunque esta configuración ofrece una seguridad frente a la legionelosis y bastante facilidad de mantenimiento.

SISTEMAS Y EQUIPOS.

Se puede considerar que, mediante una serie de sistemas que componen la instalación, se produce un juego de diferentes tipos de energía para conseguir que la energía del Sol se transforme en agua caliente.

- El sistema de captación, compuesto de captadores solares, recibe la energía radiante y la transmite al agua en forma de energía térmica, que es transportada hasta los elementos de intercambio y acumulación.
- El sistema de acumulación es necesario debido a la existencia de un desfase horario entre la producción y el consumo de energía, con lo que dispondremos de un depósito encargado de acumular la energía térmica.

- El sistema de circulación transforma la energía eléctrica en energía mecánica para transportar el fluido de los captadores al acumulador a través de tuberías y accesorios mediante una bomba.
- El sistema auxiliar conecta el depósito acumulador con el consumo y le aporta la energía térmica necesaria para alcanzar la demanda energética deseada. Si se realiza mediante una caldera de gas, se hace mediante energía química y si se utiliza un termo eléctrico se utiliza energía eléctrica.
- El sistema de control es el encargado de dosificar todas estas energías mediante sondas, termostatos y relés.

Subsistema de captación

El subsistema de captación está constituido por el colector solar (o colectores solares) que son los elementos encargados de captar la energía contenida en la radiación solar y transferirla al fluido a calentar.

El tipo de colectores más extendido es el denominado colector solar plano. Los colectores solares planos destinados al calentamiento de agua pueden estar fabricados en distintos materiales (acero, cobre, aluminio, plástico) pero están basados siempre en el mismo principio, denominado "efecto invernadero", consistente en captar en su interior la energía solar, transformándola en energía térmica e impidiendo su salida al exterior.

La característica específica de los colectores planos es que carecen de cualquier tipo de concentración de la energía incidente; captan tanto la radiación directa, como la difusa y carecen de cualquier forma de seguimiento de la posición del sol, a lo largo del día.

Los colectores solares deben ser ubicados en una posición donde se obtenga la mayor cantidad de radiación solar posible. La dirección óptima es hacia el Ecuador. La relaciones geométricas entre un plano de una orientación particular relativa a la tierra a cualquier hora y la radiación solar incidente que es la posición relativa del sol al plano,

El banco de colectores debe estar ligeramente inclinado hacia arriba en la esquina de salida del arreglo para eliminar la presencia de aire y permitir el flujo por termosifón.

En muchos casos es conveniente instalar los colectores sobre la estructura de un techo ya existente a pesar de que esta no posea el ángulo más adecuado. Son tolerables variaciones de hasta 15° ó 20° del mejor ángulo.

Cabe indicar que la inclinación de los colectores debe ser de al menos 10 grados, con la finalidad de ayudar al efecto de termosifón y limpieza por medio de la lluvia de cualquier suciedad que se deposite en la superficie de los colectores.

Es importante tener un especial cuidado en prevenir que se produzcan sombras sobre los colectores durante las horas de radiación solar debido a árboles o arbustos que suelen crecer vigorosamente cerca de la edificación. Adicionalmente al diseñar se debe tomar en cuenta que no existan edificaciones adyacentes u otros objetos que puedan causar sombra, especialmente entre 9:00 a.m. y 4:00 p.m.

Subsistema de almacenamiento

Si se quiere aprovechar al máximo las horas de sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día en que esto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda.

Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor sensible por medio del agua que se pasará a consumo con posterioridad. Pueden encontrarse en el mercado distintos tipos de acumuladores para agua caliente, aunque en instalaciones pequeñas o medianas es recomendable la utilización de acumuladores específicos para energía solar.

Estratificación

El desarrollo de la estratificación en tanques de agua caliente es generalmente complicado debido a los continuos movimientos del agua. Sin embargo la estratificación puede realizarse mediante un adecuado diseño de las conexiones

de entrada y salida del tanque.

La estratificación es el fenómeno que ocurre cuando el agua caliente flota sobre el agua fría en el tanque de almacenamiento, y es importante para los sistemas de agua caliente por energía solar porque facilita el calentamiento del agua fría de la base del tanque y ubica el agua caliente en la parte superior del tanque para su uso.

Para realizar un adecuado efecto de estratificación es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El agua dirigida hacia los colectores es el agua más fría de la parte baja del tanque.
- Para reducir la mezcla, el agua caliente de los colectores debe ingresar por la parte superior del tanque.
- La velocidad de entrada y salida del agua en el tanque debe mantenerse baja.
- Utilizar difusores y otros elementos para reducir la turbulencia y maximizar la estratificación.

En caso de tener un respaldo de resistencias eléctricas en el tanque, éstas no deben operar cuando existe radiación solar para poder obtener el máximo calentamiento por energía solar.

Como se puede apreciar la estratificación es crucial para la operación efectiva de los sistemas de calentamiento solar, y se ha calculado que el desempeño de un tanque estratificado puede ser mejor en un 38% a los tanques de carga mixta completa.

Subsistema de distribución y consumo

Las instalaciones de energía solar térmica han de incluir necesariamente una serie de elementos indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación. Algunos de ellos son obligatorios, puesto que se trata de elementos de seguridad y otros se colocan para obtener un mejor rendimiento de la instalación y un más correcto mantenimiento (válvulas de paso, válvulas de seguridad, manómetro, termómetro)

En las instalaciones solares térmicas de baja temperatura para que la transferencia

térmica sea eficaz, debemos asegurar la circulación del fluido. Esto se puede conseguir de dos formas diferentes, por termosifón (circulación natural) y mediante una bomba de circulación (circulación forzada).

Circulación natural o por termosifón

El movimiento del agua por circulación natural o termosifón se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del tanque y la caliente del colector, esto es, el agua interior del colector calentada por el sol disminuye su densidad y por tanto su peso, por lo que el mayor peso del agua fría del depósito (colocado necesariamente por encima de los colectores más de 30 cm), actuando por el conducto de retorno, que une la parte inferior del depósito con la parte inferior del colector, empuja al agua caliente del colector, menos pesada, obligándola a ascender por la tubería que une la parte superior del tanque.

Creado de esta forma, el movimiento del agua del colector al depósito, éste se mantendrá mientras haya suficiente diferencia de temperaturas entre el colector y el depósito. Una vez calentada el agua del depósito las temperaturas se igualan y el movimiento cesa.

Cuando se produce una extracción de agua caliente el depósito se rellena con agua de la red, la temperatura del tanque baja y el movimiento se reinicia por sí mismo.

Es básico, en un sistema por termosifón que el diseño y montaje de la instalación favorezca el movimiento del agua caliente.

Dos son los factores que influyen en la fuerza ascensional del agua:

1. La diferencia media de temperaturas del agua a la salida del colector y en la parte baja del depósito;
2. La diferencia de alturas h entre el tanque y los colectores (mínimo 30 cm).

Tiene la gran ventaja de ser más sencillo, pues carece de bomba de circulación. Se suele comercializar como equipos compactos.

Es el sistema aconsejable para viviendas unifamiliares con una demanda de agua caliente de unos 250 lt/día.

Circulación forzada

Si queremos evitar los inconvenientes de la instalación con circulación por termosifón, la circulación del agua puede conseguirse introduciendo una bomba que hace circular el agua de forma forzada, lo cual permite regular mejor la instalación.

La bomba de circulación de una instalación pequeña (área de colector de 4 m² y depósito de 200 litros) tiene una potencia relativamente pequeña, de unos 15 a 20 vatios. Ahora el captador y el depósito pueden adoptar la posición relativa que convenga, es decir, que pueden estar al mismo nivel.

SUBSISTEMA DE CONTROL

Controladores

El equipamiento de control es necesario para la operación de sistemas de calentamiento solar y más aún en sistemas que cuentan con elementos de apoyo para calentamiento. El control básico que se requiere en un sistema de calentamiento solar es:

- Encendido y apagado de sistemas de bombeo.
- Encendido del subsistema auxiliar de calentamiento cuando el subsistema solar no abastece la energía requerida
- Protección del sistema de daños debido a elevadas temperaturas.

Termostatos

Las bombas son controladas por medio de termostatos. La bomba se enciende para hacer circular agua en los colectores y además el termostato activa válvulas de seguridad para proteger de las altas temperaturas cortando el flujo de agua en la tubería de entrada al colector.

2.14 Sistemas Híbridos.

Los sistemas híbridos se caracterizan en general por utilizar tecnologías de diferente naturaleza para obtener la energía de funcionamiento; en nuestro caso particular energía para generar agua caliente sanitaria.

El diseño de una instalación solar de ACS, por sí sola, está por debajo del margen de seguridad que garantice la cobertura durante todos los días del año, ya sea por razones económicas o bien por qué se dispone de otra fuente de generación de ACS que complementará la generada por la instalación solar.

Aún cuando el tamaño de la instalación solar sea el correcto, se producen puntas de consumo muy por encima de lo habitual, o simplemente, hay un período largo de tiempo nublado o lluvioso que impiden que la radiación solar suministre la energía necesaria al sistema, se hace indispensable un sistema auxiliar; por lo que existen necesidades de ACS que hay que garantizar en toda circunstancia.

Por tanto, hay casos en que es recomendable disponer de algún sistema de generación auxiliar que permita hacer frente con seguridad a los períodos anteriormente citados. Asimismo que garantice el confort de los niños que han sufrido quemaduras de diferentes escalas.

Un sistema de generación auxiliar deberá tener las siguientes características para una óptima integración con un sistema de calentamiento solar:

- ✓ Operar automáticamente cuando sea necesario (instantáneos).
- ✓ Satisfacer la demanda en caso de falla del sistema solar.
- ✓ Compartir un sistema común de distribución con el sistema solar.

CAPÍTULO III DIÁGNÓSTICO Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.

3.0 Consumo de Agua Caliente

El consumo de energía depende, en gran medida, de las necesidades de agua caliente. El valor de la temperatura de consumo de agua caliente se observa en los termostatos instalados en los equipos mezcladores de agua con una temperatura de funcionamiento de 32 °C, este valor se confirma con lo propuesto por fabricantes de sistemas de calefacción eléctrica.



Figura 12. Mezclador de agua.

Las necesidades de agua caliente varían según el número de baños, la forma de baño y los aparatos mezcladores instalados. Éstos son valores aproximados y, por este motivo, los consumos de energía también lo son.

Como orientación el consumo de agua se realizó a partir de las siguientes condiciones:

- i. Instalación hospitalaria 120 Lt por dos camas al día.
- ii. Necesidades medias de agua caliente: 4-6 litros por niño al día.
- iii. Temperatura de calentamiento: 34 °C.
- iv. Temperatura media del baño: 28 °C.

Según datos obtenidos por el personal que labora en dicha área, el consumo de agua caliente se encuentra alrededor de los 4 a 6 litros por niño a una temperatura de consumo de 27°C, siendo éstos baños por irrigación.¹⁵

¹⁵ Ver cálculos al final del documento.

3.1 Selección de la tecnología.

La necesidad en el área de niños quemados, se analizará y profundizará tanto en la generación de agua caliente como el suministro de energía solar fotovoltaica. A continuación se presenta una tabla discriminatoria de las diferentes energías renovables.

3.2 DISEÑOS Y CÁLCULOS DE LAS INSTALACIONES.

Cuando se realiza el cálculo del dimensionado de una instalación fotovoltaica, ha de tenerse en cuenta de que tipo de instalación se trata: cuando se diseñan instalaciones aisladas de la red, el objetivo es garantizar el suministro de energía eléctrica; cuando se trata de instalaciones conectadas a red, el objetivo es maximizar la producción de electricidad solar.

El procedimiento básico de cálculo del dimensionado de este tipo de instalaciones puede dividirse en tres pasos:

- Primero estimar la demanda energética.
- Segundo, la aportación del sistema solar.
- Tercero, a partir de los datos anteriores, establecer la potencia del campo generador.

Esto se hace teniendo en cuenta los **valores medios diarios** de la demanda energética, la aportación del sistema solar y el rendimiento de la instalación. Con estos valores se establecerá un cálculo mensual y anual.

La relación entre la demanda de energía del sistema y la energía aportada por el sol nos va a servir para dimensionar las instalaciones aisladas.

3.2.1 Cálculo de la demanda energética

Los datos de consumo se obtienen principalmente a partir de los valores medidos en años anteriores, obtenidos de la lectura de contadores, facturas eléctricas y calculando a partir de las especificaciones de potencia eléctrica de los equipos de corriente alterna y continua que se pretenden alimentar y las horas de funcionamiento diarias. A continuación se muestra un ejemplo de este tipo de información.

Para cada mes se estima en consumo medio diario, para lo que pueden seguirse los siguientes pasos:

Realizar un inventario de los diferentes equipos de corriente alterna y de corriente continua, indicando su potencia y el tiempo de utilización diaria estimado para cada uno de ellos.

Una vez se tengan establecidos cuáles van a ser los consumos diarios de cada equipo, se calcula el total de cada tipo de corriente. El consumo diario total vendrá dado por la suma del consumo de corriente alterna y continua. En las instalaciones que incluyan regulador y/o inversores, se tendrá en cuenta el rendimiento del mismo.

3.3 CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN UN DÍA NUBLADO.

Una celda fotovoltaica común de silicio monocristalino de 100 cm² de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 volt (CC) y 3 amperes de corriente bajo condiciones óptimas (**luz solar en pleno verano a una radiación de 1000 W/m²**). La energía entregada por la celda es casi directamente proporcional al nivel de radiación solar. El nivel de potencia de salida por panel es denominado potencia pico, la cual corresponde a la potencia máxima entregable por el conjunto de celdas bajo las siguientes condiciones estándares de prueba (STC: Standard Test Conditions):

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de celda de 25° C (no corresponde a la temperatura ambiente).
- Masa de aire (AM=1,5)¹⁶ promedio.

Bajo estas condiciones es posible medir los siguientes parámetros:

Corriente de corto circuito (Isc): corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel, al conectar una carga de resistencia cero en sus terminales de salida. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar.

¹⁶ [portafolio.snet.gob.sv - /digitalizacion/pdf/spa/doc00252/doc00252-sección% 0a.pdf/](http://portafolio.snet.gob.sv/-/digitalizacion/pdf/spa/doc00252/doc00252-sección%0a.pdf/)

Voltaje de circuito abierto (Voc): corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar y medido en los terminales de salida cuando no existe carga conectada, es decir, a circuito abierto.

El comportamiento eléctrico de los paneles está dado por las curvas de corriente v/s voltaje (curva IV) o potencia v/s voltaje (curva PV). La curva de potencia está dada por el producto entre la corriente y el voltaje en cada punto de la curva IV.

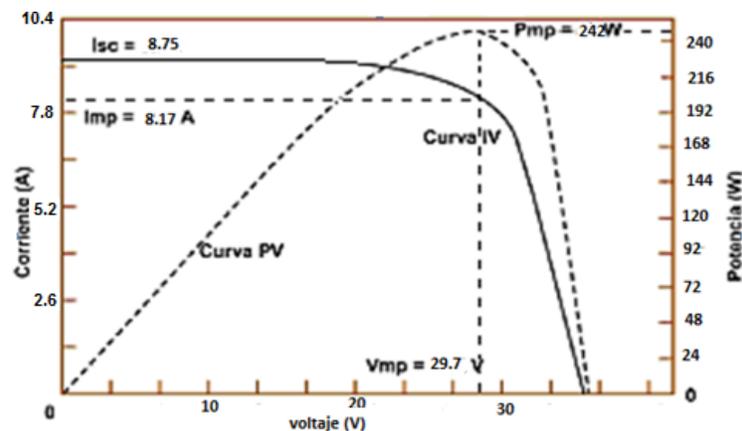


Figura 13. Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico panasonic a 25 °C.

La Figura muestra las curvas IV y PV características de un panel típico Panasonic, disponible comercialmente. Bajo las condiciones estándares de prueba mencionadas anteriormente, cada modelo de panel tiene una curva IV o PV característica.

La corriente nominal (I_{mp}) y el voltaje nominal (V_{mp}) del panel se alcanzan en el punto de máxima potencia. Mientras el panel opere fuera del punto de máxima potencia, la potencia de salida será significativamente más baja. La Tabla 4 muestra los datos entregados por el fabricante de paneles panasonic.

Modelo	VBMSXXXAA01
Potencia nominal (P_{mp})	240 W
voltaje nominal (V_{mp})	29.7 V
corriente nominal (I_{mp})	8.17 A
Voltaje de cortocircuito (V_{oc})	36.8 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	8.75 A

Tabla 5: Características principales del panel Panasonic

Una característica importante a tener en cuenta de los paneles fotovoltaicos es que el voltaje de salida no depende de su tamaño, ya que frente a cambios en los niveles de radiación incidente tiende a mantener una tensión constante de salida.

En cambio la corriente, es casi directamente proporcional a la radiación solar y al tamaño del panel. Una forma práctica de aumentar la potencia de salida del panel, consiste en instalar sistemas de seguimiento del sol, con el propósito de mantener lo más perpendicular posible el panel frente al sol, o concentrando la luz solar mediante lentes o espejos. El empleo de concentradores debe estar dentro de ciertos límites, ya que un aumento considerable de la temperatura provoca una reducción del voltaje de salida y por una reducción de potencia, no así la corriente, que se mantiene relativamente estable.

3.4 Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico

• **Punto de máxima potencia (Pmp):** corresponde a la máxima potencia que el panel puede entregar, la cual se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores máximos en forma simultánea, esto se puede ver en el rectángulo inscrito dentro la curva IV de la Figura 11, donde el vértice sobre la curva, denominado Pmp, representa el valor de máxima potencia.

3.5 Eficiencia en la conversión de energía (η , "eta")

La eficiencia de un panel fotovoltaico, corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación a la cantidad de energía luminosa recibida desde el sol, cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico. La siguiente ecuación define la Eficiencia (η).

Donde:

$$\eta = \frac{P_{mp}}{E * A_c} = \frac{242.65}{5 * (1.58 * 0.798)} = \frac{242.62}{6.176116} = 39.271$$

- η : representa a la eficiencia de la conversión de la energía.

- **Pmp**: punto de potencia máxima (W).

- **E**: nivel de radiación solar en la superficie del panel (W/m^2), bajo condiciones STC.

- **Ac**: Superficie del panel fotovoltaico (m^2).

3.6 Factor de forma (FF)

También se conoce como Fill Factor en inglés y define la eficacia de un panel solar, relacionando el punto de máxima potencia (P_m), dividido por el producto entre el voltaje a circuito abierto (V_{oc}) y la corriente de cortocircuito (I_{sc}). Esto se muestra en la Ecuación:

$$FF = \frac{P_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{242.65}{(36.8)(8.75)} = 0.753$$

3.7 Potencia y Costos

En un día despejado de nubosidad, el Sol irradia cerca de 1 kW/m^2 a la superficie de la Tierra. Teniendo en cuenta que actualmente la eficiencia de un panel fotovoltaico puede estar entre el 12 y 25%, se alcanzaría una producción de energía aproximada de 120 a 250 W/m^2 . En este caso el panel alcanza **19% = 190 W/m^2** , dependiendo eso sí de la insolación solar.

Tomando como referencia un panel Panasonic 1.26 m^2 de superficie y que entrega en promedio 190 Watt (0,19 KWh), además de un costo de la energía de $0.19 \text{ \$/KWh}$, se obtiene una generación de:

$$\text{Generación por hora} = 0.19 \text{ KW} * 8 \text{ h} = 1.520 \text{ Wh}$$

$$\text{Generación por día} = 1.520 \text{ KWh} * 0.19 \frac{\$}{\text{KWh}} = \$288.8$$

Por último, la gran desventaja que poseen los paneles fotovoltaicos, es su alto costo inicial y por lo tanto el proceso de recuperación de la inversión suele ser más lento, se estima en hasta 10 años el periodo de recuperación de la inversión realizada para un sistema convencional, mientras que para una instalación con sistema de seguimiento el periodo aumenta.

3.8 Factores que afectan el rendimiento de un Panel Fotovoltaico.

3.8.1 Energía de la luz incidente

Para producir el movimiento de los electrones y generar flujo de corriente, es necesario que el nivel de radiación que incide sobre el panel (fotones) posea una cantidad de energía entre ciertos límites.

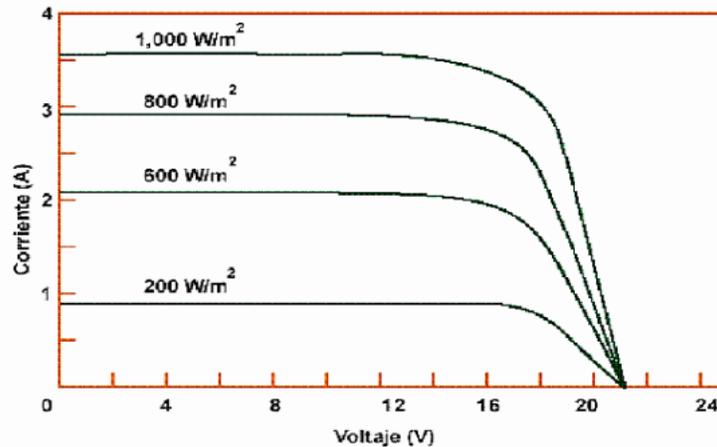


Figura 14. Efectos de los niveles de radiación sobre la corriente

Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares disponibles comercialmente y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. Por otro lado la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja, la Figura 12 muestra las curvas IV para distintos niveles de radiación.

3.8.2 Reflexión

Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas.

3.8.3 Efecto de la Sombra.

El efecto de sombras sobre los paneles solares, afecta notoriamente el rendimiento de estos, es por esto que se debe procurar al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias.

Este efecto es más notorio en instalaciones de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla.

3.8.4 Efecto de la orientación e inclinación

Los paneles solares trabajarán en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol. En instalaciones

fijas, es imposible mantener el panel perpendicular al sol, por lo cual, el sistema se debe diseñar de tal forma que su instalación permita aprovechar la mayor cantidad de luz posible y en los periodos de mayor radiación.

Para las instalaciones con sistema de seguimiento, este problema tiene menor incidencia, ya que el panel tiende a mantener la perpendicularidad hacia el sol. La Tabla 9 muestra los valores aceptables para distintos factores de pérdidas.

	Orientación e Inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración Arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 5. Límites aceptables por pérdidas por efecto de la sombra, orientación e inclinación

3.8.5 Efecto de la Temperatura

La temperatura es un parámetro que afecta directamente la generación de energía en un panel fotovoltaico.

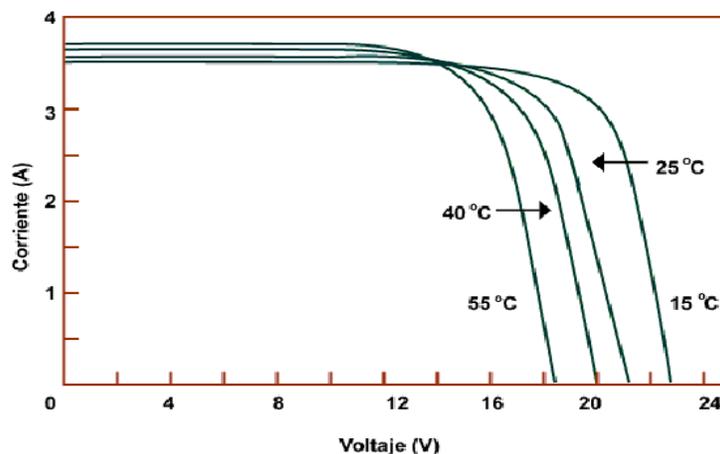


Figura 15. Efectos de la temperatura sobre la generación de energía en un panel solar

Al aumentar la temperatura, la corriente también tiende a aumentar, pero el voltaje cae notablemente, lo que provoca una disminución de la potencia entregada por el panel, en cambio, al disminuir la temperatura el voltaje tiende a aumentar, pero la corriente disminuye, aumentando en una fracción el nivel de potencia entregada. Se estima que

la potencia nominal se reduce aproximadamente un 0.5% por cada grado por sobre de 25 °C. Esto se puede ver en la Figura 13.

Mantenimiento:

Los paneles requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles, y las células y sus conexiones internas está encapsuladas entre varias capas de material protector. Es conveniente hacer una inspección general 1 ó 2 veces al año para asegurarse que las conexiones entre paneles y el regulador está bien ajustadas y libres de corrosión. En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles; en caso de ser necesario, utilizar simplemente agua y algún detergente no abrasivo. Debe hacerse en las horas frescas del día, no cuando el sol incide sobre los paneles, o estos están aún calientes.

Las estructuras de soporte deben facilitar la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexión.

También entran dentro de las operaciones de mantenimiento de los paneles aquellas labores de limpieza del terreno mediante las cuales se eliminan aquellas partes de árboles o arbustos que debido a su crecimiento puedan ocasionar sombras sobre los mismos.

3.9 CÁLCULOS.

Análisis de los Sistemas Fotovoltaicos montados en techo en Áreas Urbanas

La energía fotovoltaica (FV) producida se puede calcular utilizando la **potencia nominal de cada panel y multiplicarla por el número de éstos, y por las horas pico de El Salvador.**

$$E_p = P_{nominal} \text{ de cada panel} \times \text{No. de paneles} \times \text{horas pico de la zona}$$

Habrá que calcular la cantidad de paneles a utilizar.

Pasos que se han seguido:

- Elección del tipo de panel: Silicio policristalino.

- Elección de un fabricante: PANASONIC
 - Elección del panel: Panasonic VBMS240AA01.
- Características específicas:
- a) Dimensiones:

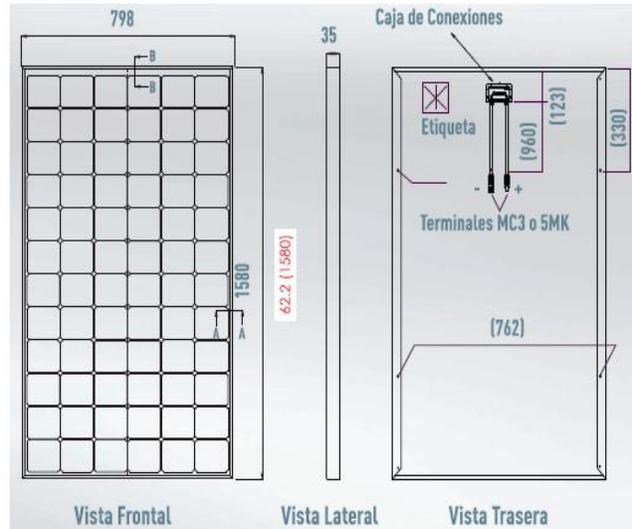
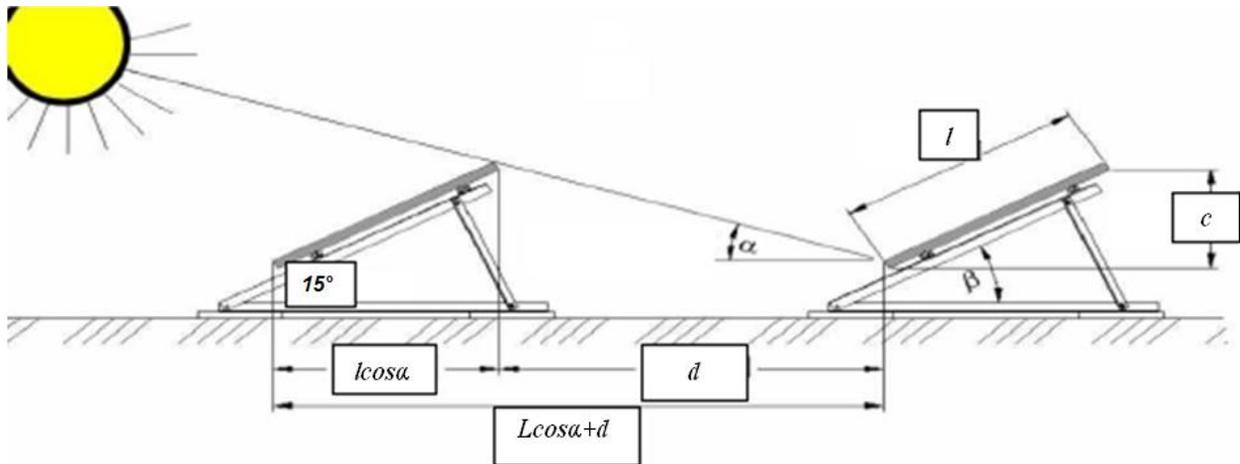


Figura 16. Panel solar elegido.

Determinando la distancia entre paneles.

Según el diagrama siguiente, debe determinarse la distancia entre cada fila de paneles para luego calcular de acuerdo al área disponible el número de paneles, ésta se calcula por trigonometría.



$l = \text{longitud del módulo} = 1,58 \text{ m.}$

β =ángulo de inclinación del módulo (como puede verse se ha tomado el ángulo de 15° , que es el ángulo óptimo de colocación de los paneles en El Salvador, de acuerdo a sus coordenadas)
 d =distancia entre módulos, distancia mínima entre la parte posterior de una fila de módulos y la parte baja de la siguiente.

c :altura de la parte posterior del módulo FV.

α :Ángulo a ser determinado por medio de www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es

La proyección del módulo en la superficie es por lo tanto:

$$\cos \beta = \frac{\text{adyacente}}{\text{hipotenusa}} \Rightarrow \cos \beta * 1.58 \text{ m} = 0.965 (1.58 \text{ m}) = 1.526 \text{ m}$$

$$\text{sen } \beta = \frac{\text{opuesto}}{\text{hipotenusa}} \Rightarrow c = \text{sen } \beta * 1.58 \text{ m} = 0.259 * 1.58 \text{ m} = 0.4089 \text{ m}$$

Para calcular d es necesario saber el ángulo de elevación del sol durante la última hora pico; (entre las 4 y 5 de la tarde), que es el ángulo que es llamado α en el diagrama anterior. Se ha usado la información en sitios especializados para determinar este ángulo.¹⁷

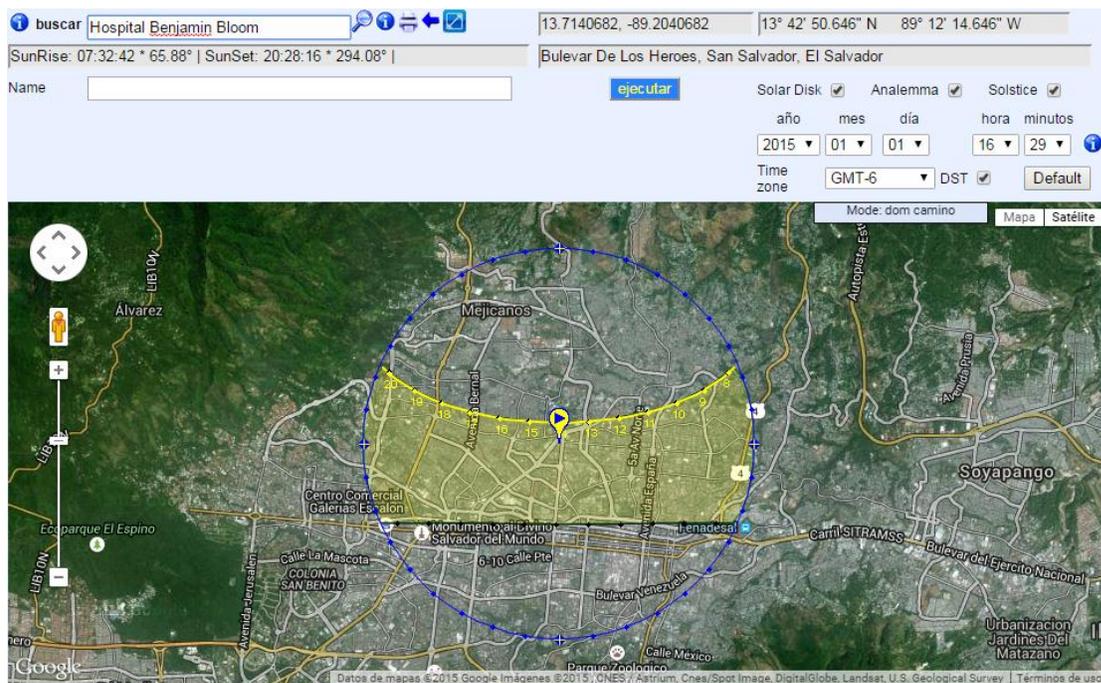


Figura 17. Ángulo de elevación del sol (eligiendo un escenario difícil que es cuando el sol tiene la mayor inclinación)

¹⁷ http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es

En la figura 17 se muestra la posición del Sol del día 01 de enero a las 16:29 minutos, con la coordenada universal de tiempo de 6; (UTC, Universal Time Coordinated (GMT Greenwich Mean Time)). Se ha elegido este día ya que de acuerdo al movimiento relativo de ambos astros es uno de los días en los cuales la inclinación del Sol con respecto a un punto en la tierra es mayor. Como puede verse está determinada claramente la ubicación del Hospital de acuerdo a sus coordenadas geográficas, sirve como referencia la Universidad de El Salvador que se sitúa hacia el norte del Hospital.

En la figura 18 se muestra el ángulo de elevación del Sol a la hora antes mencionada, el cual es de 27.16° , este dato corresponde al ángulo α , y con él se calcula d .

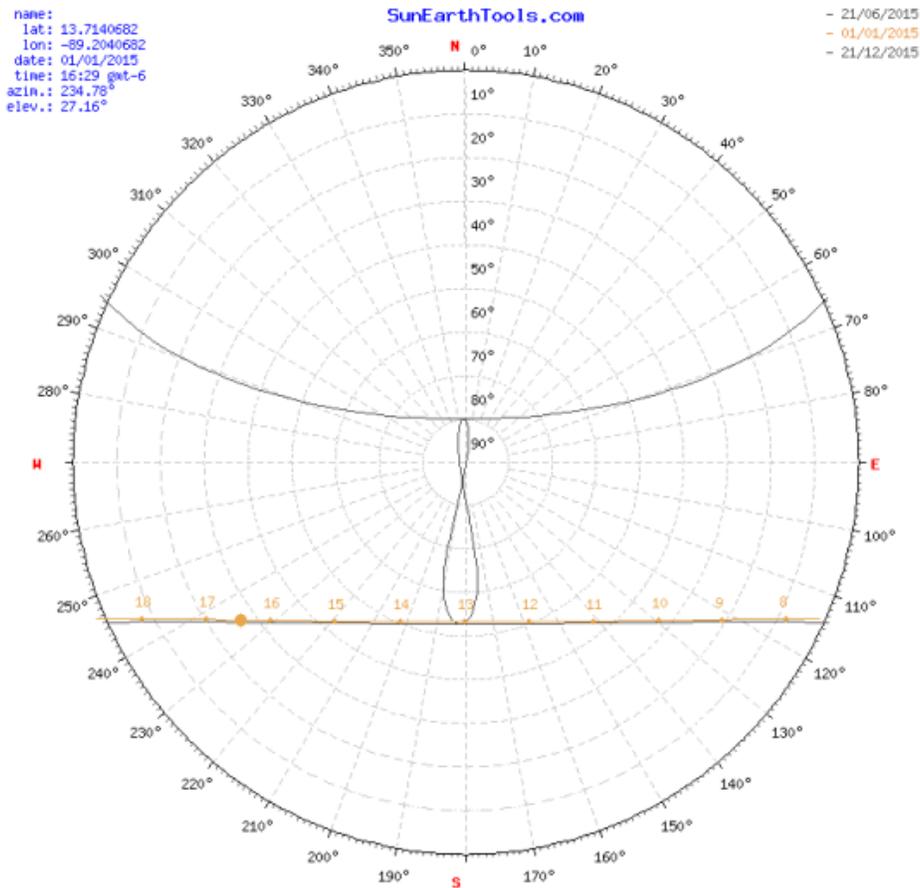


Figura 18. Carta proporcionada por SunEarthTools.com

Nuevamente se hace uso de la trigonometría:

$$\tan \alpha = \frac{\textit{opuesto}}{\textit{adyacente}} ; d = \frac{0.41}{\tan 27.2} = \frac{0.41}{0.51} = 0.80 \text{ m}$$

El diagrama final es el que se muestra en la siguiente figura:

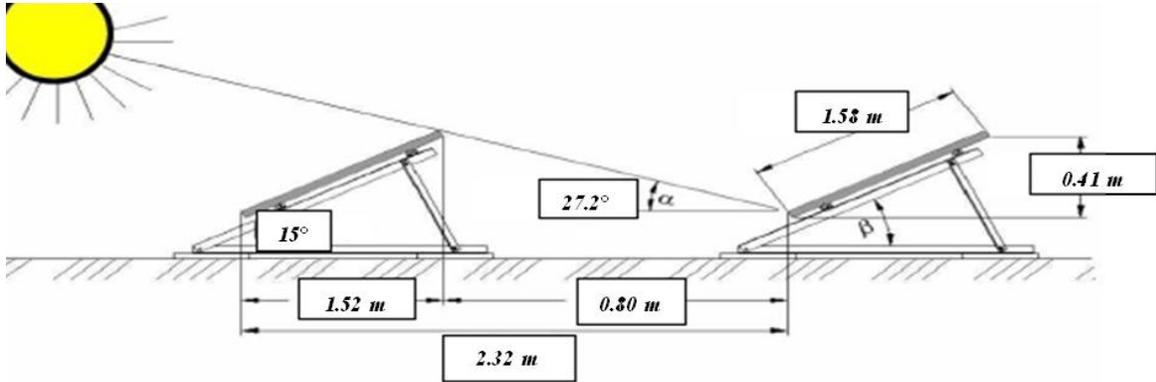


Figura 19. Diagrama final.

Determinando el área disponible:

El área nominal de la azotea del laboratorio es de (17,7 m x 14,4 m).

El área a trabajar es de (11.94 m X 9.14 m).

Las dimensiones de cada panel es de 0,978 m de ancho X 1,58 m de largo, en la proyección en el eje x la distancia es 1.52 m, a esto se le suma la distancia entre módulos lo cual da 2.32 m.

Según las estimaciones esto da un cálculo de 48 paneles.

Potencia máxima (Pmax) [W]	240
Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	43.7
Corriente para máxima potencia (Imp) [A]	5.51
Tensión en circuito abierto (Voc) [V]	52.4
Corriente en corto circuito (Isc) [A]	5.85
Protección contra sobrecorriente máx. [A]	15
Tolerancia de potencia a la salida [%]	+10/-5 *
Voltaje máximo del sistema [V]	1000
*Todos los módulos fabricados y medidos por Panasonic, tienen tolerancia positiva en la potencia máxima	
Nota: Condición estándar: masa del aire= 1.5, Irradiancia=1000W/m ² , Temperatura del panel=25°C	

Tabla 6. Otras características del panel.

Temperatura (NOCT)¹⁸ [°C]	44.0
Coeficiente de temp. de Pmax [%/°C]	-0.29
Coeficiente de temp. de Voc [V/°C]	-0.131
Coeficiente de temp. de Isc [mA/°C]	1.76

Tabla 7. Características de Temperatura

Potencia máxima (Pmax) [W]	182
Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	41.1
Corriente para máxima potencia (Imp) [A]	4.44
Tensión en circuito abierto (Voc) [V]	49.4
Corriente en corto circuito (Isc) [A]	4.71
Nota: Temperatura nominal de funcionamiento de la célula: Masa del aire 1.5, Irradiancia=800 W/m ² , Temperatura del aire 20°C, Velocidad del viento 1m/s	

Tabla 8. Características horas nocturnas.

Potencia máxima (Pmax) [W]	45.9
Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	41.7
Corriente para máxima potencia (Imp) [A]	1.10
Tensión en circuito abierto (Voc) [V]	49.0
Corriente en corto circuito (Isc) [A]	1.17
Nota: Masa del aire=1.5, Irradiancia=200W/m ² , Temperatura de la célula=25°C	

Tabla 9. Características a baja irradiancia.

Cada panel genera en su totalidad 240 W nominales

$$48 \text{ paneles} * 240 \text{ W} = 11520 \text{ W}$$

$$11520 \text{ W} * 7 \text{ horas pico diarias} = 80640 \text{ Wh}$$

Esta es la energía fotovoltaica producida por los paneles.

3.9.4 Elección de los inversores.

Para este cálculo se usa el dato de potencia = 11520 W.

Se tomó la decisión de colocar tres inversores de 5000 W para convertir la energía de CC de los paneles a CA.

¹⁸ *Nominal Operating Cell Temperature*

Como los paneles deben ser conectados en grupo, (grid connected), se harán grupos de 16.

En las especificaciones técnicas de los inversores para conectar a la red de suministro eléctrico, el dato de MPP voltaje range (maximun power point voltaje range) es de 480 V

Technical data	Sunny Boy 5000-US			Sunny Boy 6000-US			Sunny Boy 7000-US			Sunny Boy 8000-US	
	208 V AC	240 V AC	277 V AC	208 V AC	240 V AC	277 V AC	208 V AC	240 V AC	277 V AC	240 V AC	277 V AC
Input (DC)											
Max. usable PV power (@ module STC)	6250 W			7500 W			8750 W			10000 W	
Max. DC power (@ cos φ = 1)	5300 W			6350 W			7400 W			8600 W	
Max. DC voltage	600 V			600 V			600 V			600 V	
DC nominal voltage	310 V			310 V			310 V			345 V	
MPP voltage range	250 V - 480 V			250 V - 480 V			250 V - 480 V			300 V - 480 V	
Min. DC voltage / start voltage	250 V / 300 V			250 V / 300 V			250 V / 300 V			300 V / 365 V	
Max. input current / per string (at DC disconnect)	21 A / 20 A			25 A / 20 A			30 A / 20 A			30 A / 20 A	
	36 A @ combined terminal			36 A @ combined terminal			36 A @ combined terminal			36 A @ combined terminal	
Number of MPP trackers / fused strings per MPP tracker	1 / 4 (DC disconnect)										

Tabla 10. Características de los inversores Sunny Boy.

El voltaje de circuito abierto Voc de cada panel de 52.4 V.

$$\frac{480 \text{ V}}{52.4 \text{ V}} = 9 \text{ paneles conectados en serie}$$

Como deben ser 16 paneles, se conectan en paralelo dos series de 8 paneles.

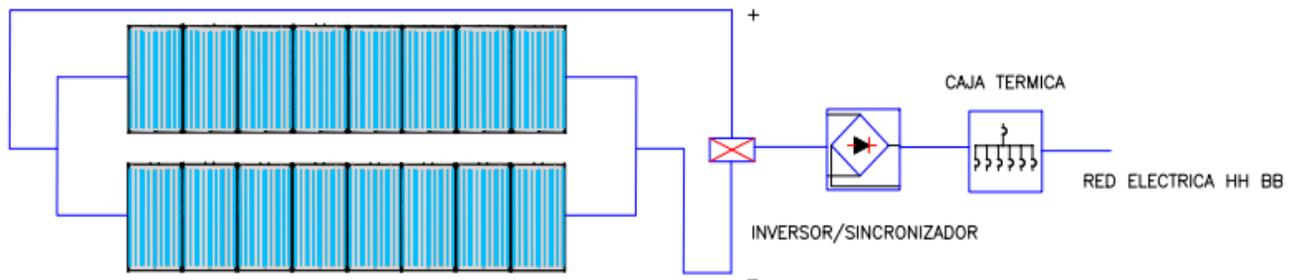


DIAGRAMA DE PANELES SOLARES

Figura 20. Diagrama de paneles solares.

Cálculo del cable:

Los fabricantes de equipo sugieren el uso de calibre de conductor (DC) desde # 14 hasta # 6 AWG.

Consideraciones para el diseño de estructuras de soporte.

La fuerza del viento en San Salvador es promedio de 1.12 a 3.91 m/s²

La fuerza del viento que puede actuar sobre cada uno de los módulos, se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$F = PS \sin \beta$$

donde:

S = superficie del módulo.

β = ángulo de inclinación de los módulos respecto a la horizontal, es igual a 15° .

P = presión frontal del viento, es decir, la que ejercería el viento sobre los módulos si éstos se encontraran perpendiculares a la dirección del mismo. Depende de la velocidad.

¹⁹La fuerza del viento en la zona donde estarán instalados los paneles será calculada de la siguiente forma:

$$S = \text{largo} * \text{ancho} = 1.58 \text{ m} * 0.798 \text{ m} = 1.26 \text{ m}^2$$

$$P = 3.91 \text{ m/s}^2$$

$$F = 3.91 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1.26 \text{ m}^2 \sin 15^\circ = 1.28 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

3.9.6 Análisis de los Sistemas Térmicos montados en techo en Áreas Urbanas.

Las necesidades de agua caliente varían según el número de baños, la forma del baño y los aparatos mezcladores instalados. Generalmente, las necesidades son valores aproximados y, por este motivo, los consumos de energía también lo son.

Como orientación el consumo de agua se realizó a partir de las siguientes condiciones:

- Instalación hospitalaria 120 Lt por dos camas al día.
- Necesidades medias de agua caliente: 4-6 litros por niño al día.
- Temperatura de calentamiento: 34°C .
- Temperatura media del baño: 28°C .

¹⁹ Detalles de estructuras de montaje se pueden revisar en los anexos.

Según datos obtenidos por el personal que labora en dicha área del consumo de agua caliente. Encuentra alrededor de los 4 a 6 litros por niño a una temperatura de consumo de 27°C siendo estos baños por irrigación.

El elemento principal del sistema es el colector, en este caso se usarán colectores solares planos con cubierta, que lo aíse del medio ambiente exterior, ya que lo que se requiere es agua a una temperatura baja (hasta 80 °C). Si se tratara de la producción de ACS en grandes cantidades, estos equipos pueden ser adquiridos directamente con los fabricantes, como en este caso se trata de un volumen pequeño, se va a construir el colector localmente.²⁰

Componentes del captador solar plano.

Los principales componentes del captador son los siguientes:

Cubierta transparente (junta), placa absorbente; (vidrio), tubos de intercambio, (parrilla), aislamiento; (fibra de vidrio y lámina de aluminio) y la carcasa.

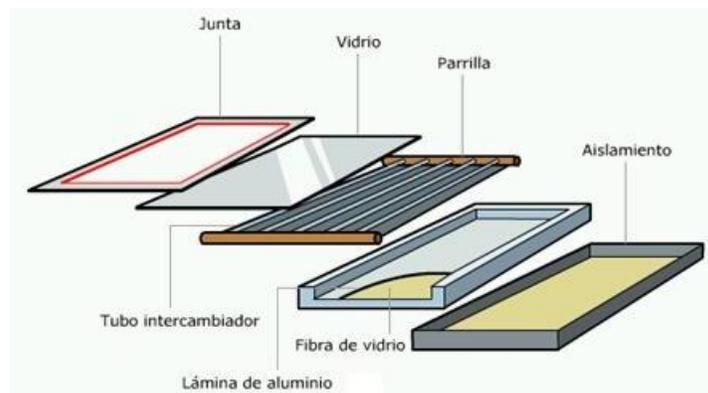


Figura 21. Modelo típico de un captador solar.

La función de la cubierta transparente es crear el efecto invernadero, reducir las pérdidas de calor por convección y aislar el captador del agua del viento y otros agentes meteorológicos. Materiales como el vidrio y los plásticos transparentes, tienen

²⁰ Sugerencia hecha por el Ing. Anselmo Valdizón; investigador del Instituto de Energía de la Universidad Don Bosco.

la propiedad de ser transparentes a las radiaciones visible e infrarroja cercana, y a la vez ser opacos a la radiación mediana y lejana.

La disposición de los tubos donde circulará el agua puede ser básicamente tipo parrilla, o tipo serpentin, para ellos se utilizará tubo de cobre.

La función del aislante es minimizar las pérdidas de calor a través de los laterales y de la parte posterior del captador. Debe poder aguantar una temperatura superior a la temperatura máxima del verano. Suele usarse espuma de poliestireno, poliuretano, o fibre de vidrio, en este caso se usará pintura antirreflejante.

La carcasa tiene como función soportar los componentes del sistema, protegerlos y fijarlos a la estructura del edificio. En este caso se fabricará una carcasa de acero inoxidable.

Cálculo para colectores solares (Calentadores de agua).

Según los requerimientos se desea pasar de 25 °C a 32.2 °C; con lo cual se tiene un $\Delta T = 7.2$ °C; y la masa de agua a ser calentada es de 120 galones.

$$120 \text{ gal} * \frac{3.7854 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} = 454 \text{ lt} = 454 \text{ Kg}$$

Es necesario calcular la entalpía del líquido que en este caso es agua, por medio de un software se encuentra que la entalpía es

$$\Delta h = 272075 \frac{J}{Kg}$$

Debe calcularse la energía necesaria para calentar esta masa de agua a la temperatura deseada:

$$E = m \Delta h = 454 * 272075 = 123522050 \frac{J * 1 KWh}{3600 J} = 34.31 KWh$$

En este punto se hace uso de los datos de irradiancia (I) promedio en El Salvador, en el área de San salvador, que es de $4 KWh/m^2$; para el cálculo del área de los colectores, utilizando una eficiencia (η) del 60%.

$$A = \frac{E}{I} * \eta = \frac{34.31 \text{ KWh}}{4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}} * 0.6 = 4.12 \text{ m}^2 \text{ netos}$$

Si se van a usar colectores planos: El área bruta es aproximadamente

$$\text{Area bruta} = 3 \text{ veces el área neta} = 15.42 \text{ m}^2$$

Esta área calculada puede ser obtenida construyendo, ya sea, 5 colectores de (3x1) m² ó 4 de (4x1) m², ya que uno solo de (5x3) m² sería inmanejable, o al tener una avería todo el sistema principal saldría de operación.



Figura 22. Vistas de un colector plano.

Este es el dispositivo donde se llevará a cabo la transferencia de calor. Este captador necesita una estructura de soporte, ésta deberá estar dimensionada de acuerdo a la velocidad media del viento.

Para optimizar la construcción de esta solución se tomarán en cuenta las instalaciones existentes, el sistema a construir esencialmente, debe constar además de los captadores solares planos con los siguientes elementos:

Sistema de bombeo: Este sistema ya existe en el hospital, su función es proveer agua de ANDA, tanto al sistema principal (colector solar), como al sistema auxiliar por medio de las tuberías de suministro de cada sistema. Sistema Auxiliar, (calentador eléctrico): Este sistema ya existe, esta ha sido la manera cómo se ha estado obteniendo ACS para la Unidad mencionada. Es un calentador de agua de la marca RHEEM

El sistema de bombeo de ANDA provee agua a temperatura ambiente al sistema auxiliar y a los diferentes lugares donde se necesita, se hace circular el agua por medio de una bomba de 1 HP en el sistema de tuberías, el calentador eléctrico está acondicionado para suministrar agua a 60 °C. El tanque de mezcla instalado en los cuartos de los pacientes recibe agua del sistema auxiliar y de ANDA para obtener agua a 32 °C. Las válvulas del sistema son abiertas manualmente.

El calentador eléctrico es el siguiente:

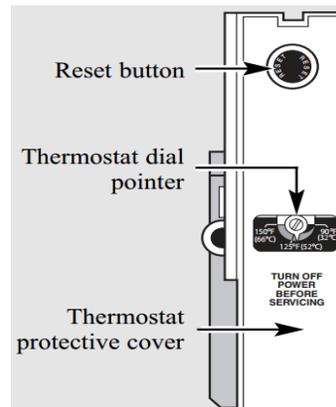


Figura 23: Vista del termostato tipo 59T RHEEM

El sistema actual se muestra en la figura siguiente:

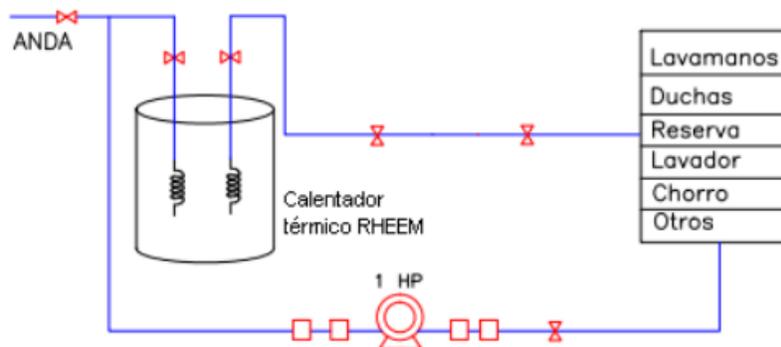


Figura 24: Sistema hidráulico actual para obtención de ACS de la Unidad de Niños Quemados del HNNBB.

Actualmente una bomba de 1 HP hace circular agua a través de este sistema, cuya agua producida llega a un tanque mezclador junto con agua a 25 °C.

En esta propuesta este sistema entrará en operación únicamente cuando sea estrictamente necesario. Su función será calentar el agua entre 50 °C y 60 °C.

Este sistema puede ser conectado en serie o en paralelo con el sistema principal.

Tanque térmico: El agua producida, ya sea, por el sistema principal de colectores o del sistema auxiliar debe ser almacenada en un tanque térmico, este tanque debe construirse en su interior con lámina de acero inoxidable, dejándose un espacio de aire de 5 cm. para colocar una lámina galvanizada y en ésta una capa de durapax de 10 cm., para finalmente forrar el durapax con lámina galvanizada. La capacidad de este tanque debe ser de 120 galones. La temperatura del agua en este tanque es de aproximadamente 45°C. El nivel de este tanque puede ser controlado por medio de un flotador.

Para poder suministrar agua a temperatura adecuada; (32 °C) debe usarse un mezclador, en las instalaciones del hospital dicho sistema está ubicado en la sala misma de cuidados.

A éste llega el agua del tanque térmico a 45°C y agua a 25 °C (temperatura ambiente; del suministro del sistema de bombeo).

El circuito hidráulico será el responsable del buen funcionamiento de la instalación solar. Sus elementos son los siguientes:

- Tanques
- Tuberías.
- Bomba de circulación.
- Acoples

El sistema de control es el responsable del control automático del sistema. Sus elementos principales son los siguientes:

- Válvulas dosificadoras
- Electroválvulas.
- Medidores de temperatura (termocuplas).
- PLC

El PLC es necesario para gobernar, tanto las válvulas dosificadoras como las electroválvulas conectadas en las tuberías de suministro de los captadores y en las tuberías de suministro al tanque de mezcla.

Su funcionamiento es como sigue:

Para asegurar que en un día soleado la temperatura del tanque térmico no llegue a niveles de evaporación, el PLC debe controlar mediante la comparación de la temperatura del agua en los colectores si es necesario un menor o un mayor suministro de líquido a éstos, esto se hará mediante un bypass que contiene una válvula dosificadora y una electroválvula en cada línea, si la temperatura es mayor de 60°C se abrirá la línea de mayor flujo y se cerrará la de menor flujo, si la temperatura es menor de 60°C se abrirá la línea de menor flujo y se cerrará la de mayor flujo.

También hay que controlar la temperatura del tanque térmico, cuando ésta sea entre 45 °C y 50°C debe permanecer conectado el sistema principal por lo que debe estar abierta la electroválvula del sistema principal y cerrada la del sistema auxiliar, cuando esta temperatura baje de la referencia debe cerrarse la electroválvula del sistema principal y debe abrirse la del sistema auxiliar.

En el tanque de mezcla está colocado un medidor de temperatura, cuando el PLC compara la temperatura de este tanque con la de referencia (la cual es de 32 °C), y detecta una temperatura menor abre la electroválvula colocada en la tubería de suministro que va del tanque térmico al tanque de mezcla, y cierra la electroválvula del sistema de suministro de ANDA. Cuando la temperatura sensada es mayor a la de referencia se abre la electroválvula colocada en la tubería de suministro que va del tanque de ANDA al tanque de mezcla y se cierra la electroválvula colocada en la tubería de suministro del tanque térmico.

Cómo se habrá observado en el documento se ha trabajado con una temperatura de 60 °C para prevenir la contaminación del fluido con legionella, la cual produce una

enfermedad llamada legionelosis, cuya temperatura de reproducción es entre los 20 y 45 °C.

Las instalaciones, además deberán tener adecuado mantenimiento para prevenir el estancamiento de agua y la acumulación de nutrientes de esta bacteria, como lodos, material de corrosión, entre otros.

Programa del PLC:

Esquema del programa

No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
001	I1 star	I2 paro				Q1 M1	Inicio de programa.
002	M1					Q9	Q9 es un piloto de trabajo que indica que el sistema está operando.
003	M1	A1				Q1	Mantiene el sistema auxiliar a una temperatura de 70° más o menos 5° de forma permanente, acá se requiere la primera PT100 para mantener operando este sistema.
004		a1				TT1	Si el proceso en la bomba auxiliar no es conforme a los 45° tanto arriba como abajo de ese valor se activará la alarma visual y/o sonora.
005	T1					QA	Alarma sonora o audible
006	M1	A2				Q2	si la temperatura es mayor de 70° se activa la válvula de control de paso de agua principal
007		A3				Q3	Si la temperatura es menor a 65° que este activa la válvula de paso de agua caliente
008		A4				Q4	tanque terminico, debe de mantener la temperatura en 45°, para ello es monitoreado por la PT100
009		A5	q6			Q5	si la temperatura es menor de 32° deja pasar agua caliente
010		A6				Q6	Tanque mezclador, activa la entrada de agua si la temperatura es mayor a los 32 grados +/- 0.5°
011		A7				Q7	tanque auxiliar
012	I2 paro					RT1	

Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
I1		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(1/1)	star
I2		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(1/2) (12/1)	paro

Salidas físicas

N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(3/6)	
Q2		Salidas DIG	No	(6/6)	
Q3		Salidas DIG	No	(7/6)	
Q4		Salidas DIG	No	(8/6)	
Q5		Salidas DIG	No	(9/6)	
Q6		Salidas DIG	No	(9/4) (10/6)	
Q7		Salidas DIG	No	(11/6)	
Q9		Salidas DIG	No	(2/6)	
QA		Salidas DIG	No	(5/6)	

Funciones configurables

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
A1		Comparadores analógicos	No	---	$lb > 6.5$	(3/2) (4/2)	
A2		Comparadores analógicos	No	---	$lb \geq 7.0$	(6/2)	
A3		Comparadores analógicos	No	---	$lc < 4.5$	(7/2)	
A4		Comparadores analógicos	No	---	$lc > 4.5$	(8/2)	
A5		Comparadores analógicos	No	---	$ld < 3.2$	(9/2)	
A6		Comparadores analógicos	No	---	$ld > 3.3$	(10/2)	
A7		Comparadores analógicos	No	---	$lb > 4.5$	(11/2)	
M1		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(1/6) (2/1) (3/1) (6/1)	
T1		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(4/6) (5/1) (12/6)	

Temporizador



3.10 DETERMINACION DE LA DEMANDA.

La demanda fueron obtenidas por los registros que brindados por el área financiera del Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom. Los datos fueron utilizados para realizar la proyección de dos años ya que, se tiene poco tiempo de funcionamiento de estar funcionando con un servicio completo; esto nos llega a tener información de seis años. Los datos fueron tomados de los estados de resultados del servicio de quemados.

En el comportamiento de los datos observamos que en el año cinco se ve una disminución del consumo de energía, esto se da por el remplazo de los equipos antiguos que se tenían en respaldo en la integración de los nuevos y no verse forzado a detener el servicio brindado al área.

A continuación de detallar un resumen anual del consumo de energía del área.

CONSUMO DE ENERGÍA DE LA UNIDAD DE NIÑOS QUEMADOS						
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014
total	1,302.87	5,694.01	11,707.28	20,026.88	44,257.70	31,912.35

TABLA 11 Consumo de Energía del Servicio de Quemados

Los datos proyectados fueron del dos mil quince y dos mil dieciséis.

Demanda Proyectada		
Años	2015	2016
total	33,084.62	62,550.84

TABLA 12 Demanda Proyectada

CAPÍTULO IV. PROPUESTA A LA ORGANIZACIÓN

La propuesta a la institución es, resolver los problemas de gastos de energía eléctrica reflejada en los recibos de electricidad ya, que es un hospital de tercer nivel en El Salvador; especializado en atención a niños de todas las especialidades, lo cual requiere un gran consumo de energía.

Se documenta una propuesta que incluyó en su investigación la posibilidad de ocupar la energía solar al máximo; ya que en la región tropical ésta es una de las fuentes de energía más abundante.

El proyecto consta de una serie de pasos y procesos que debe realizar la institución para poder realizar el proyecto desde la obtención de los estudios y permisos ambientales, así como el estudio de factibilidad técnica y económica de implementación de paneles solares para la alimentación directa de energía eléctrica a la red de consumo propio, así como el calentamiento de agua por medio de radiación solar, esto ayudará a tener más litros de agua caliente que nos servirá para la limpieza y desinfección de baños, y para el procedimiento de limpieza y baño de niños quemados en el hospital.

El desarrollo de un proyecto es un proceso dinámico, que requiere de una gran flexibilidad y capacidad de adaptación de parte del desarrollador.

Las diversas etapas de desarrollo de un proyecto pueden verse como una secuencia que va desde la pre-inversión (las primeras etapas hasta llegar al estudio de factibilidad).

4.1 ESTUDIOS AMBIENTALES

El análisis ambiental y social de los impactos del proyecto constituye un proceso de gran importancia para **controlar y reducir cualquier daño ambiental que pueda ocasionar el proyecto**, además está sustentado por la Ley del Medio Ambiente de El Salvador, en la cual se establece el requerimiento de que los proyectos de generación

de electricidad obtengan el Permiso Ambiental, previa aprobación del Estudio de Impacto Ambiental.

Al igual que el resto de las energías renovables, las aplicaciones térmicas de la energía solar, presentan muchos beneficios medioambientales como evitar la contaminación atmosférica, nula o escasa repercusión sobre el suelo, el agua, y la vegetación.

La utilización de la energía solar térmica en muchas ocasiones va asociada al entorno urbano, en el cual se presentan problemas medioambientales de diferentes tipos y entre los que destaca la contaminación atmosférica producida por vehículos, instalaciones térmicas domésticas. La aplicación de esta tecnología tiene como ventaja disminuir sensiblemente las emisiones gaseosas originadas por los sistemas de generación de agua caliente, precisamente en aquellas localizaciones en que este problema resulta más grave.

4.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

El estudio de factibilidad busca establecer con grado considerable de confiabilidad la viabilidad del proyecto, tanto en términos de mercado, de sus aspectos técnicos, de su rentabilidad económica financiera y de manera preliminar, su conveniencia socio ambiental.

4.3 PRESUPUESTOS.

Existen diferentes formas de realizar un presupuesto, básicamente se distinguen tres tipos, en función del tamaño y complejidad de la instalación.

- Presupuesto por partida completa de obra, que se realiza en instalaciones medianas y grandes.
- Presupuestos por partidas globales, que se realiza en pequeñas y medianas instalaciones.
- Presupuesto simplificado, que es el que normalmente se realiza en instalaciones muy pequeñas.

4.4 COSTES DE LA INSTALACIÓN.

Cuando se plantea la necesidad de dotar de suministro eléctrico a cualquier instalación, es necesario primero decidir cuál va a ser el medio más adecuado. Para ello se estudiarán las necesidades que implican diferentes sistemas (el tipo de instalación, necesidad de combustible fósil, posibilidad de aprovechamiento de energías renovables). Una vez que se han estudiado las posibilidades, entre aquellas que sean viables, la comparación se reduce al estudio económico.

En una instalación, una clasificación de los costes incluirá:

- Costes de capital o iniciales.
- Costes de operación y mantenimiento.
- Costes de reposición.
- La inversión inicial es baja.
- Los costes de mantenimiento son moderados.
- Pero los costes de combustible son muy elevados.

Frente a esto, los sistemas fotovoltaicos:

- Tienen unos costes de manutención bajos.
- No consume combustible

En el caso de las instalaciones fotovoltaicas, la cuantía de la inversión inicial viene determinada principalmente por los siguientes conceptos:

- **Generador:** Potencia pico del generador, $W_p \times \text{precio } (\$/W_p)$.
- **Baterías:** Se tendrá en cuenta su tipología y capacidad nominal, en $Ah \times \text{precio } (\$/Ah)$.
- **Regulador:** Coste normalizado unitario \times intensidad nominal del regulador a instalar $(\$/A)$.
- **Inversores:** Coste normalizado unitario \times potencia nominal total del inversor a instalar $(\$/W)$.
- **Contadores:** Cuando se prevea su instalación, supondrán un coste fijo en \$, por unidad de contador instalado.
- **Cables, interruptores, protecciones:** Se define de acuerdo a la potencia pico, como

el producto de coste normalizado unitario por la potencia total instalada (\$/Wp).

- **Coste de montaje, instalación, transporte, puesta en marcha, etc.**
- Mantenimiento durante la garantía.
- **Costes extraordinarios**, como las de construcción de casetas para las baterías, estructuras de refuerzo de cubiertas, estructuras de integración en el entorno.

Hay que hacer un informe detallado en el que se indiquen los costes de mano de obra, materiales, tiempos que se tardarán en cada una de las tareas particulares que componen el todo, y todos aquellos datos necesarios para una correcta evaluación. Estos costes se contabilizan como un 10% de la suma del resto de los considerados.

4.5 COSTOS DE MANTENIMIENTO.

El mantenimiento que requiere una instalación solar fotovoltaica es mínimo y de carácter preventivo.

La vida útil de un generador fotovoltaico es de aproximadamente unos 25 años. Algunas empresas ofrecen garantías que duran incluso todo ese tiempo.

En muchas ocasiones, un sistema fotovoltaico presenta un coste por kWh producido notablemente superior al coste del kWh comprado de la red eléctrica. Por ello, la rentabilidad de la instalación de un sistema fotovoltaico depende mucho de las ayudas e incentivos por parte de las administraciones públicas. Actualmente el coste del kWh en instalaciones aisladas puede variar entre 3 y 9 veces el precio de la energía eléctrica obtenida de las redes de distribución.

4.6 ASPECTOS LEGALES.

La legislación actual contempla una serie de autorizaciones regulatorias requeridas para el desarrollo de un proyecto de generación de energía con fuentes renovables en El Salvador.

Se presentan tres diferentes niveles de autorización:

- Aquellas que responden a la **normativa ambiental**
- Las que responden a la **normativa del subsector eléctrico**

- Las que responden a la **normativa municipal**

4.6.1 AUTORIZACIONES QUE RESPONDEN A LA NORMATIVA AMBIENTAL.

En los artículos 19, 20 y 21 de la Ley del Medio Ambiente de El Salvador, quedó establecido que *“las centrales de generación eléctrica a partir de energía nuclear, térmica, geotérmica, hidroeléctrica, eólica y maremotriz”* deberán de presentar el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental (ESIA) al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con el fin de obtener el Permiso Ambiental, previa aprobación del ESIA.

4.6.2 AUTORIZACIONES QUE RESPONDEN A LA NORMATIVA DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO

La normativa del subsector eléctrico establece un requerimiento general para todo proyecto que desee inscribirse como agente del Mercado Mayorista²¹. Adicionalmente existe un requerimiento previo establecido para los proyectos que deseen utilizar recursos geotérmicos o hidráulicos para la generación de energía, dado que estos son recursos de dominio público para los cuáles debe solicitarse una concesión.

4.6.3 AUTORIZACIONES QUE RESPONDEN A LA NORMATIVA URBANA O DE CONSTRUCCIÓN

Para la realización de obras de construcción de proyectos de generación eléctrica, los proyectos deben de cumplir con el pago de la tasa que establezca el municipio correspondiente en su normativa. Por lo demás, según indagaciones realizadas ante la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) los Municipios carecen de capacidad para emitir permisos de construcción, y en gran parte de ellos no existen disposiciones que regulen la construcción de proyectos de generación eléctrica. Para efectos del trámite de los permisos de construcción para este tipo de proyectos, los mismos se gestionan ante el Vice ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, que es el ente competente.

²¹ *Llámanse mercados mayores los proyectos que generaran más de 5 MW.*

4.7 DETERMINACIÓN DE COSTOS

Para la determinación de costos se ha procurado la búsqueda de materiales de calidad y bajos costos que permitan tener un flujo de caja adecuado y desarrollar nuestro proyecto de una manera más real.

Los costos se encuentran subdivididos en costos de materiales, mano de obra y otros costos como se detalla continuación.

4.7.1 Materiales

El tipo y la cantidad de materiales están determinados de acuerdo al diseño, en la siguiente tabla se indica la lista necesaria para la construcción de un colector solar que conformando un campo solar, para abastecer los requerimientos de agua caliente sanitaria de la residencia. La cantidad de materiales ha sido presupuestada para un campo solar.

4.7.2 Mantenimiento de los componentes de un calentador solar.

Las tareas de mantenimiento de los calentadores solares pueden ser realizadas directamente en el propio lugar de operación los cuales son: limpieza de los módulos o modulo del calentador esto para que la mayorías de los rayos solares penetre en el cristal, modificaciones del cableado, y reemplazo de fusibles, guarda motores, motores y manómetros de presión, temperatura.

Las instalaciones de calentadores solares requieren un mantenimiento mínimo y sencillo. Si son de grandes dimensiones, los mismos fabricantes o los distribuidores pueden ofrecer a sus clientes un servicio de mantenimiento y reparación. En otros casos, el mantenimiento se reduce a las operaciones que vamos a ver a continuación:

- Limpieza de cristales.
- Limpieza de sistemas de bombas.
- Mantenimiento preventivo de sellos de bombas.
- Revisión del sistema eléctrico.

De cualquier forma, no está de más pedir al suministrador un calendario de mantenimiento adaptado al sistema y a su emplazamiento.

4.7.3 Mantenimiento de instalaciones conectadas a red

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red es mínimo y de carácter preventivo: no tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricación. Entre otras cuestiones, se considera recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente.

Dos aspectos a tener en cuenta son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos; y por el otro, mantener limpios los módulos fotovoltaicos, concretamente las caras expuestas al sol. Normalmente la Lluvia ya se encarga de hacerlo, pero es importante asegurarse de su limpieza. Las "pérdidas" (lo que se deja de generar) producidas por la suciedad pueden llegar a ser de un 5%, y se pueden evitar si se realiza una limpieza con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos) después de muchos días sin llover, después de un lluvia. Es difícil pensar en una fuente de energía con un mantenimiento tan sencillo.

4.7.4 Mantenimiento de los componentes de un sistema fotovoltaico.

Las tareas de mantenimiento de los sistemas FV que pueden ser realizadas directamente en el propio lugar de operación son: limpieza de los módulos fotovoltaicos, modificaciones del cableado, relleno de agua de las baterías, y reemplazo de fusibles, lámparas y reguladores de carga.

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo. Si son de grandes dimensiones, los mismos fabricantes o los distribuidores pueden ofrecer a sus clientes un servicio de mantenimiento y reparación. En otros casos, el mantenimiento se reduce a las operaciones que vamos a ver a continuación. De cualquier forma, no está de más pedir al suministrador un calendario de mantenimiento adaptado al sistema y a su emplazamiento.

4.7.5 Reparaciones que puede necesitar un sistema fotovoltaico.

La experiencia demuestra que los sistemas fotovoltaicos conectados a la red tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realiza un mantenimiento preventivo.

Básicamente las posibles reparaciones que puedan ser necesarias son las mismas que cualquier aparato o sistema eléctrico, y que están al alcance de cualquier electricista. En muchos casos se pueden prevenir las averías, mediante la instalación de elementos de protección como magnetotérmico.

4.8 COSTOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304 de 2x1x6mm	13	545.00	7,085.00
2	Durapax espesor 2" por 8pies por 4 pies	1	13.55	13.65
3	Electrodo para acero inox. en lb	18	11.00	198.00
4	Niple acero inox. 1/2" NPT L = 12 cm.	2	2.40	4.80
5	Niple acero inox. 1" NPT L = 12 cm.	2	4.49	8.98
6	Manómetro rango máx. 200 PSI	1	18.90	18.90
7	Codo de 90° de acero inoxidable	2	2,25	4.50
8	Unión universal acero inox. 1/2" NPT	2	5.20	10.40
9	Unión universal acero inox. 1" NPT	2	9.90	19.80
10	Tubería acero inox. Sch40 304 1/2"x20'	4	75.90	303.60
11	Válvula de alivio de presión de 1/2" Pmax= 150psi	1	15.90	15.90
Subtotal				\$ 7,100.90
IVA:				\$ 923.12
Total:				\$ 8,024.02

Tabla 13. Costos materiales de un tanque de almacenamiento.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Bomba para agua P = 2HP y Q = 142GPM	1	575,00	575
2	Válvula de Alivio presión P = 120 PSI	1	15,19	15.19
3	Manómetro rango máx. 200psi.	1	18.90	18.9
4	Filtro para agua de 2"	2	39.90	79.8
5	Válvula check 2"	3	21.00	63
6	Tanque de expansión de 12 lt.	1	35.00	35
7	Válvula de compuerta d = 2"	1	78,90	78.9
8	Válvula solenoide d = 2"	1	496.95	696.95
9	Controlador diferencial de temperatura	1	73.34	73.34
10	Termocuplas con vaina de protección d= 1/2 ", rango de operación 5-90 °C	1	15,20	15.20
11	Cable para termocuplas rollo 50 metros	9	3.55	31.95
12	Cable alimentación de controlador metros	23	0.35	8.05
13	Caja metálica para instalar controlador	1	24.50	24.5
14	PLC	1	200	200
			Subtotal	\$ 575
			IVA:	\$ 74.75
			Total:	\$ 649.75

Tabla 14. Costos materiales sistema hidráulico y de control

ITEM	DETALLES	VALOR (\$)
1	Construcción colectores	2,320.00
2	Construcción tanque almacenamiento	1,848.00
3	Instalación hidráulica	1,000.00
4	Instalación eléctrica	520.00
5	Construcción estructura soporte	240.00
Total		5,928.00

Tabla 15. Costos de mano de obra

ITEM	DETALLES	VALOR (\$)
1	Diseño e Ingeniería	7,500.00
2	Útiles de oficina	500.00
3	Transporte	200.00
Total		3,500.00

Tabla 16. Otros costos

DETALLE	VALOR (\$)
Capacidad instalada	87kW
Demanda energética eléctrica	210 horas/mes
Tarifa energía eléctrica	0.18547 Dólares/kW-Hora
Total mensual	Dólares
Total Anual	13,029.12 Dólares

Tabla 17. Costos y consumo de energía eléctrica mensual

4.9 COSTOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Ángulo de aluminio 2''	184	44.26	8,143.8
2	Paneles solares	90	275.00	13,200.00
3	Inversor 3000w 208/240vac 60 Hz inyectado a red	5	3,155.46	15,777.30
4	Caja colectora para intemperie	29	5.90	171.10
5	Cable tw14 120v	104	1.53	159.12
6	Caja térmica	1	24.50	24.50
7	Broca para concreto	3	1.80	5.40
8	Coraza	23	1.80	41.40
9	Tubo de aluminio de ½ "	23	8.35	192.05
10	Terminal de ojo	180	0.15	27.00
11	Grapas para corazas	26	0.70	18.20
12	Tornillos inoxidables de 1"x1/4	368	0.20	73.60
13	Riel para strut ¾"	9	25.50	229.50
13	Broca de ¼ "	2	2.89	5.78
14	Conector tipo banano	180	0.20	36.00
15	Tuerca inoxidable ¼"	368	0.12	44.16
16	Cable TSJ 12-3	107	1.75	187.25

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
17	Regleta para unión de borneras	25	1.65	41.25
18	Terminal macho espiga 16 -14	180	0.10	18.00
19	Curva a 90° dúctil de aluminio	1	2.25	2.25
20	Cuerpo conduit en T ½"	4	3.60	14.4
			Subtotal	38,412.06
			IVA:	4,993.57
			Total:	43,405.63

Tabla 18. Costos materiales para conexión de campo solar.

ITEM	DETALLES	VALOR (\$)
1	Construcción estructura soporte	600,00
2	Cableado e instalación eléctrica	300,00
Total:		5.928,00

Tabla 19. Costos de mano de obra

ITEM	DETALLES	VALOR
1	Diseño e Ingeniería	7,500.00
2	Útiles de oficina	500,00
3	Transporte	200,00
Total		8,200.00

Tabla 20. Otros costos.

La instalación de 1kW a la red está costando \$3,600.00.

DETALLE	VALOR
Capacidad instalada	13.950kW
Demanda energética eléctrica	8 horas/mes
Tarifa energía eléctrica	0,08 Dólares/kW-Hora
Total mensual	1.085,76 Dólares
Total Anual	13.029,12 Dólares

Tabla 21. Costos y consumo de energía eléctrica mensual

CUADRO 1 RESUMEN TÉCNICO

PROYECTO	COMPONENTES	EQUIPO	ACCESORIOS
CALENTADOR SOLAR	<ul style="list-style-type: none"> • PLC • Tanque de expansión de 12 lt. • Válvula de alivio de presión de ½", P_{máx} +150psi • Termocuplas con vaina de protección d=1/2" • Manómetro rango máx 200 PSI • Filtro para agua de 2" 	<p>Bomba para agua; P = 2HP y Q = 142 GPM</p>	<p>Tubería de cobre de 2 1/8", tipo h, L=6 metros Tubería de cobre de ½", tipo h, L=6 m. Tubería de cobre de 1", tipo h, L=6 metros Reductor de cobre de 2 1/8" a ½" Varilla de plata al 5%, libra. Fundente para plata 8 oz. Toldo negro 2440 x 1220 x 1,4 Toldo negro 2440 x 1220 x 0,7 Plancha rígida de fibra de vidrio 117 x 48 x 4 Aislante para tubo de 1/2" x ½ rubatex Aislante para tubo de 1"-1/8 x 3/8 rubatex. Ángulos de 2" x 1 ½ x ¼ plg Cable Tubería acero inox. Sch40 304 1/2" x 20.</p>
PANELES SOLARES	<p>Inversor 3000 W, 208/240 vac, 60 Hz</p>	<p>Paneles solares panasonic policristalino.</p>	<p>Ángulo de aluminio 2" Caja colectora para intemperie Coraza Tubo de aluminio de ½ " Grapas para corazas Tornillos inoxidable de 1" x 1/4 Cable TSJ 12-3</p>

4.10 ESTUDIO FINANCIERO Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

4.10.1 Cálculo de Parámetros Financieros

El sistema de calentamiento de agua solar y los paneles solares no genera ingresos económicos, por lo tanto la viabilidad del mismo está en función del ahorro de energía eléctrica al no utilizar los termostatos en el caso del calentador de agua, o en el caso de los paneles generaran energía que será inyectada directa a la red. Este ahorro no es el único beneficio, otro beneficio es la preservación de recursos naturales, además las instituciones que desarrollan alternativas renovables son vistas como entidades respetuosas del medio ambiente adquiriendo respeto y renombre.

Para determinar el ahorro de energía en el calentador de agua solar se ha tomado en cuenta el funcionamiento de los termostatos instalados en la residencia, los cuales están temporizados a funcionar durante 7 días desde las 5a.m. hasta las 12:00p.m. y al alcanzar la temperatura de 60°C se apagan; dichos termostatos durante 7 horas al día consumiendo energía eléctrica 217 horas al mes.

Para determinar el ahorro de energía de los paneles solares se, ha tomado en cuenta el funcionamiento de los paneles instalados la azotea del edificio de consulta externa torre., los cuales estarán funcionando durante 8 horas desde las 8a.m. hasta las 4:00p.m. todo los días ya que la radiación solar varia muy poco y se ha tomado un promedio de 5 de radiación, por lo que al mes los paneles funcionan 248 horas esto da un promedio de 81% de la capacidad máxima de los paneles generados.

4.10.2 Flujo de Caja del proyecto.

Para la realización del flujo de caja consideraremos que el sistema de respaldo funcionará con el 10% de la energía eléctrica que utilizan los termostatos instalados, además en valor incluiremos los valores de energía consumidos por las bombas de recirculaciones y el sistema de control de los campos solares.

En cuanto al mantenimiento éste será realizado por el personal propio del Hospital, el cual es principalmente la limpieza del vidrio de los colectores y los paneles solares

Para el diseño y flujo de caja se ha tomado en cuenta una vida útil del proyecto de al menos 25 años ya que se trata de una instalación física y no una maquinaria. Para la

determinación de la depreciación del sistema se ha optado por la depreciación a lo largo de toda su vida útil.

El ingreso que corresponde al ahorro de energía eléctrica del calentador de agua solar es por 482.96 dólares anuales, a este valor se considera el aumento del 6.5% anual de la tarifa eléctrica y un **7.75% que generaría este ahorro si se invierte en bonos del estado**. Se considerarán gastos en operación y mantenimiento: USD 100 por año.

El ingreso que corresponde al ahorro de energía eléctrica es de 33,084.62 dólares anuales, a este valor se considera el aumento del 6.5% anual de la tarifa eléctrica y un 7.75% que generaría este ahorro si se invierte en bono del estado. Se consideran gastos en operación y mantenimiento: USD 58.46 por año.

EVALUACIONES DEL PROYECTO

La Evaluación Económica son aquellos resultados que nos brindan la información necesaria para poder aceptar o rechazar un proyecto o estudio de factibilidad.

VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor actual neto compara en el tiempo cero del proyecto las ganancias esperadas contra los desembolsos necesarios para producirlos. Los criterios son los siguientes:

- Si la VAN > 0; se acepta el proyecto
- Si la VAN < 0; se rechaza el proyecto

El Valor actual neto está definido por la ecuación siguiente:

$$V_{AN} = \sum_{i=1}^n F - I$$

Dónde:

$I =$ *Inversión inicial*

$\sum F =$ *Sumatorias de flujos*

Al sustituir los flujos del estado de resultados y considerando una inversión inicial de \$ 67,558.24, se obtiene el valor de la VAN, el cual el resultado es el que se presenta a continuación:

VAN	\$17,023.12
------------	--------------------

Por lo tanto se puede concluir que, el proyecto es rentable por tener un valor mayor a cero.

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La TIR es la segunda herramienta para evaluar un proyecto, el cual evalúa el rendimiento de la inversión en función de los flujos. Está definida por la siguiente ecuación:

$$p = \sum_{i=1}^n \frac{FNE}{(1 + I)^n} - I$$

Dónde:

P = Inversión Inicial (se igual a cero)

FNE= Flujos netos de efectivo

I= Tasa interna de retorno

Al sustituir los valores se obtiene, el siguiente resultado:

TIR	24%
------------	------------

Los criterios de evaluación son los siguientes:

- Si TIR > Tasa porcentual de bonos del estado se acepta el proyecto
- Si TIR < Tasa porcentual de bonos del estado se rechaza el proyecto.

Para el caso de la TIR (24 %) es mayor que la tasa porcentual de bonos del estado (7.75%), por lo tanto se acepta el proyecto.

ANALISIS COSTO BENEFICIO.

Analizando el beneficio costo se obtiene que por cada dólar de inversión.

Para determinar beneficio costos actualizados se utiliza as siguientes ecuaciones:

$$IR = \sum_{n=\infty}^n \frac{Flujo \ n}{(I + K)^n} - I$$

Dónde:

$IR = Costo \ Beneficio$

$Flujo = Flujos \ netos \ de \ efectivo$

$K = Tasa \ interna \ de \ retorno$

$n = año \ correlativo$

Al sustituir los valores se obtiene, el siguiente resultado:

IR	\$0.60
-----------	---------------

Se retorna en forma de ahorro 0,60 dólares, además de los beneficios intangibles del proyecto como la reducción del consumo de energías no renovables.

Para poder genera un 1.0 kw inyectada a la red se consume 0.001199 toneladas de combustible fósil y es liberada a la atmosfera 15.38 libras de CO₂.

En el mes se dejaría de expulsar a la atmosfera 37246.0536 libras de CO₂ .

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION

Para obtener el tiempo de recuperación de la inversión (TRI), es necesario determiar de la siguiente ecuación:

$$TRI = \frac{P}{\left(\frac{VNA}{N} \right)}$$

Dónde:

$P = Inversión \ Inicial$

VNA = Valor Neto Actual

N = Vida útil del proyecto (Se consideran 2 años, según la proyección realizada)

Sustituyendo los valores se obtiene el siguiente periodo de recuperación de la inversión:

TRI	7.94
------------	-------------

Se determina que la inversión se recuperara en un periodo de 7.94 años; aproximado a 8 años.

RESUMEN DE LAS EVALUACIONES

Una vez realizadas las diferentes evaluaciones podemos resumir.

INVERSION	\$67.558.74
Tasa interna del proyecto	7.75%
EVALUACIONES	
VAN	\$17,023.12
TIR	24.0%
BENEFICIO COSTO	\$0.60
TRI	8 año

TABLA 22 RESUMEN DE LAS EVALUACIONES

CAPITULO V. CONCLUSIONES

De la presente investigación, se desprenden una serie de conclusiones relevantes que ayudan a entender el papel de las energías renovables aplicadas en el área de hospitales de El Salvador y su impacto positivo en el incremento de proyectos de desarrollo ambientales, estructurales, tecnológicos, cambiando la forma de vivir y respetar el medio ambiente en armonía con la sociedad, e incidiendo en la economía.

De acuerdo a los requerimientos, el equipo investigador propuso que las energías renovables se pueden ocupar en el hospital para un calentador de agua y un campo de paneles solares, los cuales están diseñadas para trabajo continuo y su duración es a largo plazo, la vida útil de los sistemas es de 25 años, según especificaciones de los fabricantes, pero con un buen cuidado y mantenimiento adecuado duraran más.

La investigación determina el ahorro de energía por dos componentes, los cuales son:

1. Mejorar el servicio de agua caliente; que consiste en suministrar más agua y aumentar los grados de temperatura para poder ocuparla en el proceso de desinfección y limpieza. Esto por medio un nuevo diseño de las instalaciones de suministro de agua caliente, lo cual se hará por medio de un calentador de agua.

En el transcurso de la investigación:

- Se realizó un diseño nuevo del sistema de bombeo de agua caliente, ya que el actual es ineficiente; ya que solo consta con una bomba de ½ HP (caballos de fuerza), esto limitaba el suministro y a corto plazo está planificada una expansión del área de atención a los niños quemados y se tendrá mayor carga a suministrar.
- Se comprará un reservorio que tenga la capacidad de 150 galones para solventar 25% más de agua caliente, esto es un requisito que fue pedido por el mismo hospital.
- Se instalará un sistema de calentamiento híbrido, ya que en los tiempos donde la radiación no alcance a calentar el agua a 65°C se calentará con las resistencias eléctricas del sistema que hoy está funcionando.

2. Disminuir el consumo de la factura de energía suministrada por la empresa CAESS, por medio de un campo de paneles solares.

El área escogida en primer lugar para poder colocar un banco de paneles solares es en la azotea del área de laboratorio, situada en la torre del hospital, ésta es demasiada pequeña para generar el 25% de la energía necesaria para suplir a la Unidad de niños quemados. El área es reducida por la sombra que se genera por el edificio del mismo hospital.

Para un siguiente estudio se puede tomar más área que nos puede brindar la fachada del edificio, ya que éste no es afectado por ninguna sombra, razón por la cual, es importante que los aportes brindados en el presente trabajo de investigación, sean tomados como referencia, para aumentar el número de pacientes atendidos y satisfecho por los servicios de cada hospital. Este sistema es beneficioso al país a corto y largo plazo.

Los aportes que el trabajo de investigación ha hecho en el campo de ahorro de energía al hospital, han sido muy importantes, afrontando la demanda creciente de procesos²² que necesitan el agua a temperatura controlada para las diferentes necesidades, según las prescripciones del personal médico. Es de hacer notar que en las condiciones actuales, estos procesos son programados en fechas distantes y en algunos casos se le recomienda al paciente que pague en otro lugar estos procedimientos limitando la salud y economía de los salvadoreños.

El proyecto en estado puro se considera viable y factible tal como lo mostro el cuadro resumen.

Como la VAN es positiva eso nos da la aceptación del proyecto ya que se gana \$17,023.12 dólares en los dos años proyectados; la tasas de retorno es mayor que la

²² Con procesos nos referimos a limpieza del paciente por quemaduras de primero, segundo y tercer grado; curado de enfermería; entre otros.

tasa interna de retorno del proyecto, reflejando 16.25% interés mayor que el esperado si se invirtiera en bonos del estado.

La comparación costo beneficio nos demuestra que por cada dólar invertido, obtenemos 60 centavos, es menos de lo esperado; pero no olvidemos que el servicio como tal, tiene seis años y medio de funcionar como edificio independiente del hospital; por lo tanto es muy poco tiempo para generar una proyección que sea sólida a través del tiempo

La TRI nos muestra que el tiempo de recuperación que tengamos de la inversión es de 8 años esto es aceptable ya que el proyecto tiene una gran inversión.

6.0 RECOMENDACIONES

- Se recomienda respetar los tiempos de reemplazo de los equipos para no alterar la producción y mantener un estricto control en los mantenimientos preventivos, esto no permitirá evitar eventos que pongan en peligro la generación de energía eléctrica y agua caliente.
- Para futuros diseños de edificaciones; estos deberán ser construidos específicamente para que sus techos puedan ser utilizados en aplicaciones fotovoltaicas. Orientación y ángulo.
- Realizar una sólida alianza con los proveedores para asegurar los tiempos de entrega de repuestos y equipos y mantener la calidad de los mismos

- **BIBLIOGRAFÍA**

1. Miguel ángel Sánchez Maza, Energía Solar Fotovoltaica, Editorial Limusa México 2010.
2. Nassir Sapag Chain, proyecto de inversión Formulación y Evaluación, Editorial Pearson 2012.
3. Pedro Rufes Martínez, Energías Solar Térmica, Marcombo, 2010
4. http://xml.cie.unam.mx/xml/se/pe/NUEVAS_ENERG_RENOV.pdf
5. Uso de biomasa
 - a. <http://www.bioenergyinternational.es/noticias/News/show/la-union-europea-y-el-papel-de-la-bioenergia-479>
6. Guía de proyectos en el salvador
 - a. <http://www.proyectoareca.org/guias/GUIA%20EL%20SALVADOR.pdf>
7. Geotérmicas revista
 - a. <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/treMiguelGG09.pdf>.
8. La geotérmica en el mundo. España
 - a. <http://www.igme.es/internet/Geotermia/La%20geotermia%20en%20el%20mundo.htm>.
9. Consumo de agua caliente para el calentador solar.
 - a. http://www1.eere.energy.gov/consumer/consejos/m/calentadores_de_agua.html
10. Consumo eléctrico según el CNE del hospital Bloom
 - a. http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=36:eficiencia-energetica-en-hospitales&Itemid=63
11. Uso de biomasa
 - a. <http://www.bioenergyinternational.es/noticias/News/show/la-union-europea-y-el-papel-de-la-bioenergia-479>
12. Guía de proyectos en el salvador
 - a. <http://www.proyectoareca.org/guias/GUIA%20EL%20SALVADOR.pdf>
13. Geotérmicas revista
 - a. <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/treMiguelGG09.pdf>.
14. La geotérmica en el mundo. España
 - a. <http://www.igme.es/internet/Geotermia/La%20geotermia%20en%20el%20mundo.htm>.
15. Calentadores de agua

- a. [http://www1.eere.energy.gov/consumer/consejos/m/calentadores de agua.html](http://www1.eere.energy.gov/consumer/consejos/m/calentadores_de_agua.html)
16. Consumo eléctrico del hospital Bloom según el CNE.
 - a. http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=36:eficiencia-energetica-en-hospitales&Itemid=63
17. Manuales de paneles y calentadores
 - a. http://www.salvadorescoda.com/tarifas/Energias_Renovables_Tarifa_PVP_SalvadorEs_coda.pdf
 - b. <http://www.salvadorescoda.com/tecnico/CE/Manual-EnergiaSolar-2a-ed.pdf>
 - c. <http://www.salvadorescoda.com/tecnico/CE/manual-Compactos-escosol.pdf>
 - d. http://hdr.undp.org/en/reports/national/latinamericathecaribbean/elsalvador/INDH_El_Salvador_2010.pdf
 - e. <http://www.schneider-electric.com.mx/documents/solutions/xantrex.pdf>
18. Paneles solares
 - a. <http://technologysolar.blogspot.com/>
19. Inversores
 - a. <http://www.schneider-electric.com.mx/documents/solutions/xantrex.pdf>
20. Principio básico de paneles solares.
 - a. <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>
21. Distancia de ordenamiento de paneles solares.
 - a. <http://www.sfe-solar.com/distribucion-venta-modulos-fotovoltaicos/ranking-comparativo-paneles/>
22. Ventajas y desventaja de paneles solares
 - a. http://www.esco-tel.com/tipos_de_celdas_solares.html.
23. Tipos de paneles solares
 - a. <http://energia-renovable.eu/tipos-de-paneles-solares/>
24. Tipos de paneles.
 - a. <http://deltavolt.pe/solar/pvpaneles>
25. Proyecto de comparación y fabricación de paneles y sus convertidores
 - a. http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/6037/1/PFC_Julio_Fernandez_Ferichola.pdf
26. Medidas de los diferentes tipos de paneles solares chinos
 - a. <http://es.solars-china.com/>

27. Norma y regulación de la energía renovable en El Salvador.

- a. <http://industriaelsalvador.com/attachments/article/419/Normativas%20y%20Regulacion%20de%20Energia%20Renovable%20en%20El%20Salvador.pdf>
- b. <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/ley-de-incentivos-fiscales-para-el-fomento-de-la-energia-renovable-en-la-generacion-de-electricidad>
- c. <http://energiasrenovables.cne.gob.sv/downloads/Biblioteca/21.LEYDEINCENTIVOSFISCALESPARAELFOMENTODELASENERGASRENOVABLESENLAGENERACINDEELECTRICIDAD.pdf>

28. Energía renovable en el salvador.

- a. http://estadisticas.cne.gob.sv/docs/estudios/Resumen_Plan_Maestro.pdf
- b. <http://www.cne.gob.sv/docs/Cap4.pdf>
- c. <http://www.oficinascomerciales.es/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4398818>
- d. <http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssesmentes206.pdf>
- e. <http://www.uca.edu.sv/virtual/comunica/archivo/jun152007/notas/nota27.htm>

29. Norma de estaciones eléctricas de España

- a. http://www.oscusbarcelona.org/moodledata/9/normes_une/une_20460-5-523.pdf.

30. Lugares donde están instalados paneles solares en el salvador.

- a. http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=197

GLOSARIO TECNICO.

Unidades Físicas

Simbología	Unidades
g	Gramo
TWh	Terawatt-hours
kg	Kilogramo
kt	Kilotones
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
MW	Megawatt
PJ	Petajoule
tC	Toneladas de carbón
tCO ₂	Toneladas de dióxido de carbono

BTU: British Thermal Unit

CFE: La Comisión Federal de Electricidad es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica.

CEL: Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa.

CNE: Consejo Nacional de Energía.

IIE: Instituto de Investigaciones Eléctricas.

HNNBB: Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom

MSPAS: Ministerio de Salud pública y Asistencia Social de El Salvador.

O.C.D.E: Cooperación y el Desarrollo Económico por sus siglas

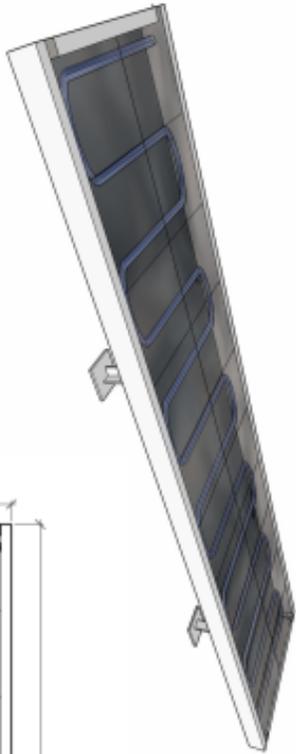
REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Legislación Nacional de España-Guía Técnica de aplicación.

VERMAR: Institución de investigación radicada en MEXICO y depende del instituto de ingeniería Industrial de los Estados Unidos

ESIA: Estudio de Impacto Ambiental.

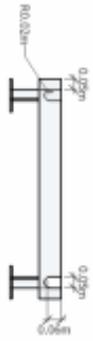
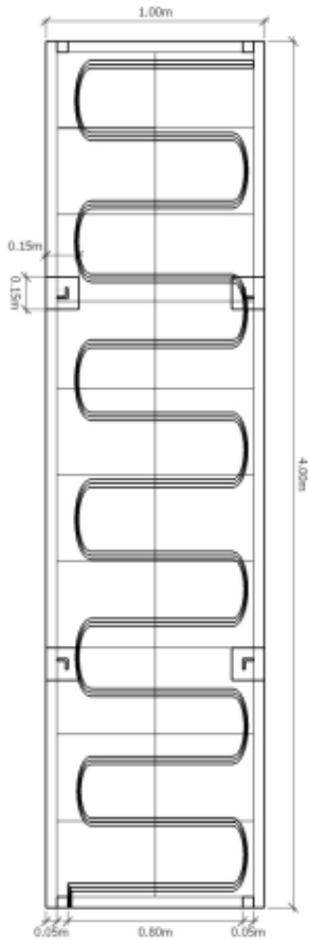
MARN: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Anexos



VISTA SUPERIOR

COLECTOR DE CALOR

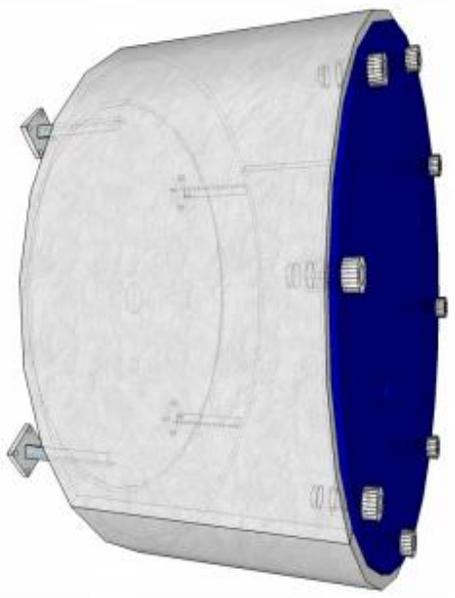
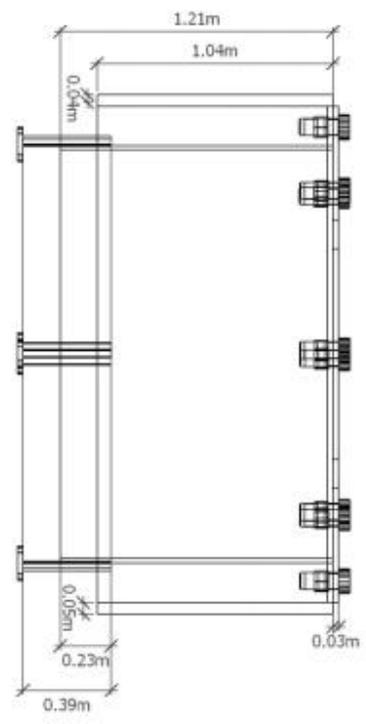
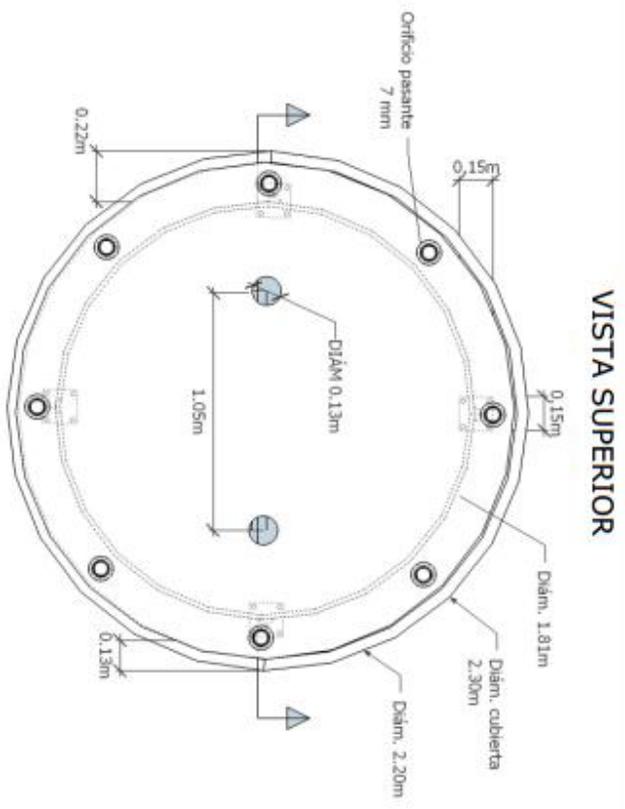


VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

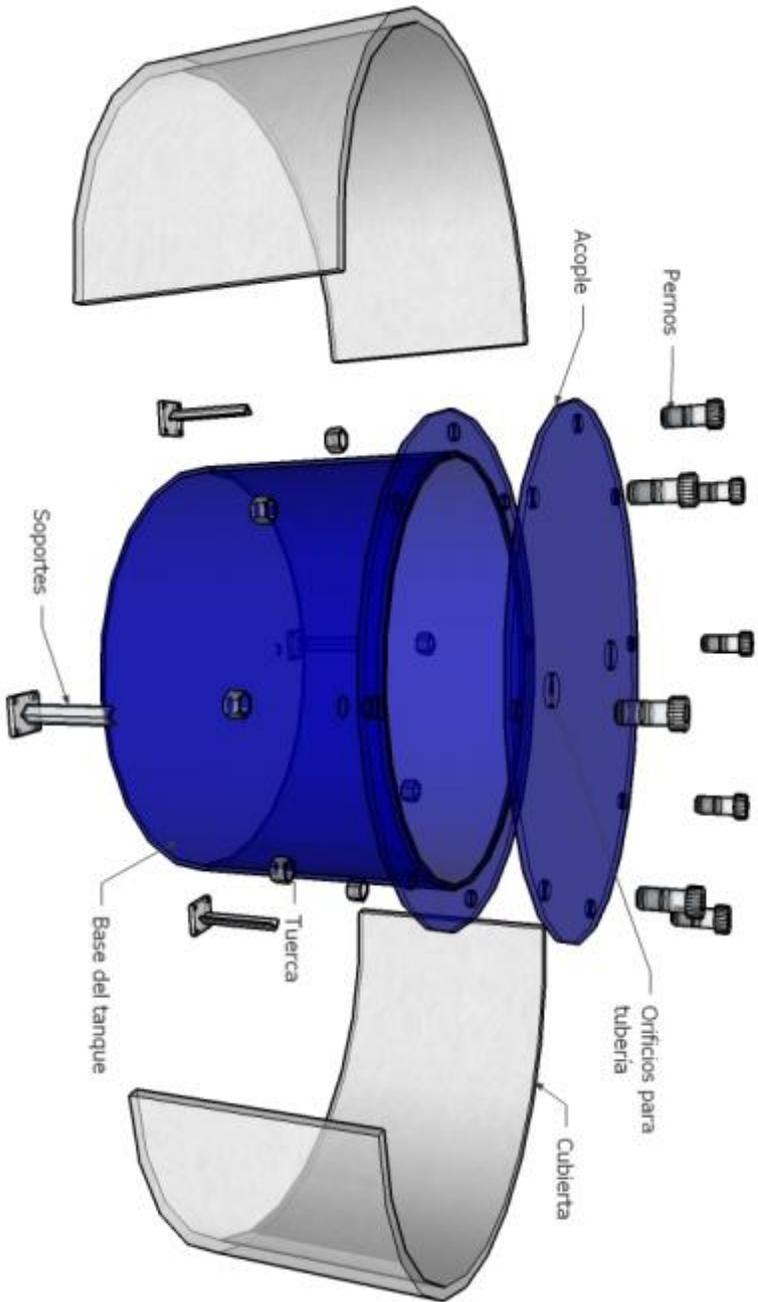
DISEÑO DEL COLECTOR DE CALOR		MACECE
Estudio de Factibilidad del uso de Energías Renovables en la Unidad de Quemados del Hospital de Niños Benjamín Bloom		
DISEÑA:	Ing. María Celia Parada Díaz, Ing. Carlos Mauricio Bonilla Flores, Ing. Ulises Edgardo Mendoza	FORMATO A3 ESCALA: 1:20
DIBUJA:	Ing. Carlos David Álvarez R.	
		Hoja 1



ACOTACIÓN DEL TANQUE RECOLECTOR		MAECE
Estudio de Factibilidad del uso de Energías Renovables en la Unidad de Quemados del Hospital de Niños Benjamín Bloom		
DISEÑA:	Ing. María Celia Parada Díaz, Ing. Carlos Mauricio Bonilla Flores, Ing. Ulises Edgardo Mendoza	FORMATO A3 ESCALA 1:60
DIBUJA:	Ing. Carlos David Álvarez R.	
		Hoja 2

VISTA LATERAL SECCIONADA

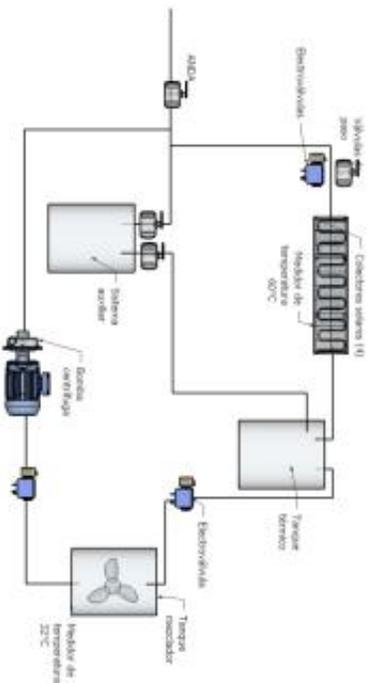
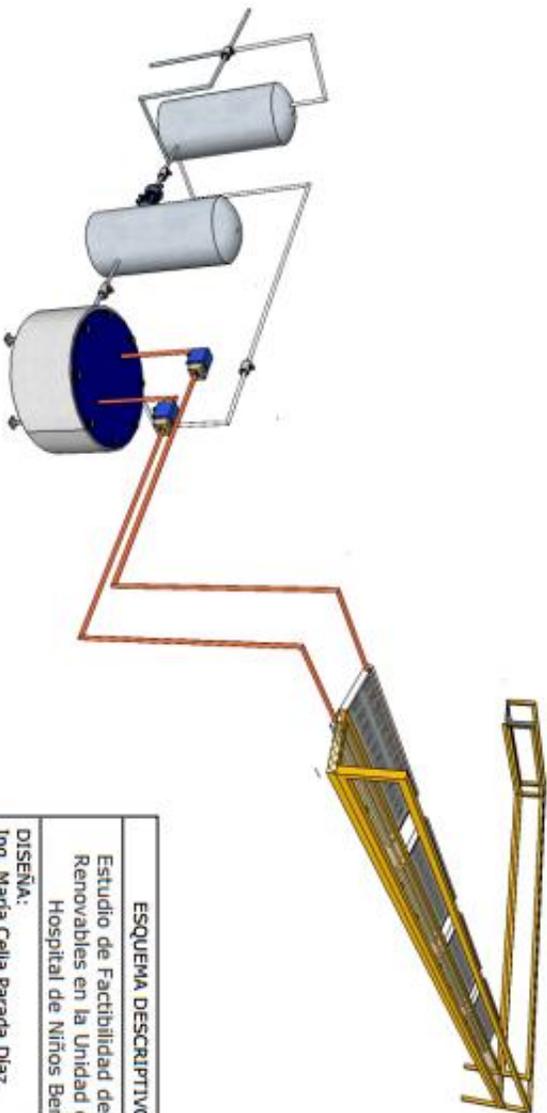
VISTA SUPERIOR



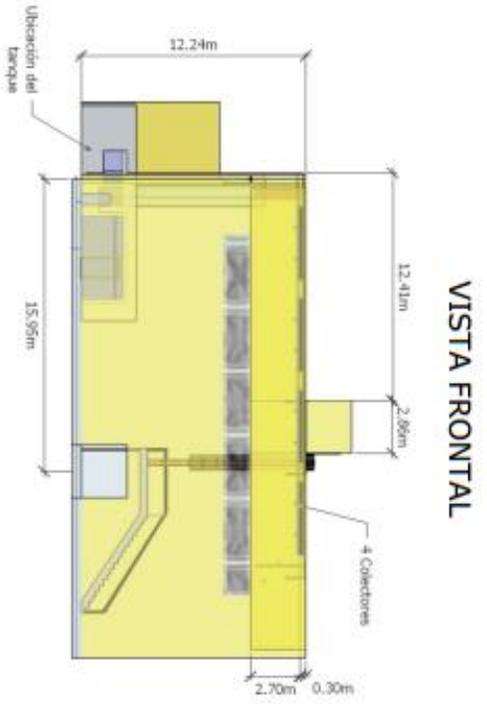
DETALLE EXPLOSIONADO

DESCRIPCIÓN DE PARTES DEL TANQUE RECOLECTOR Estudio de Factibilidad del uso de Energías Renovables en la Unidad de Quemados del Hospital de Niños Benjamín Bloom		FORMATO A3 SIN ESCALA	 MACECE
DISEÑA: Ing. María Celia Parada Díaz, Ing. Carlos Mauricio Bonilla Flores, Ing. Ulises Edgardo Mendoza			
DIBUJA: Ing. Carlos David Álvarez R.		Hoja 3	

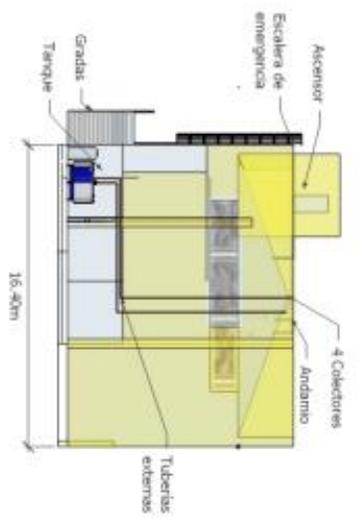
El sistema se compone de **4 colectores solares**, **el circuito hidráulico** (impulsión y retorno) y sus accesorios como tuberías, bombas y acoples, **el tanque térmico**, **el sistema auxiliar** de calentamiento de agua, y **el sistema de control** y sus accesorios como válvulas dosificadoras, electroválvulas, medidores de temperatura y el controlador lógico.



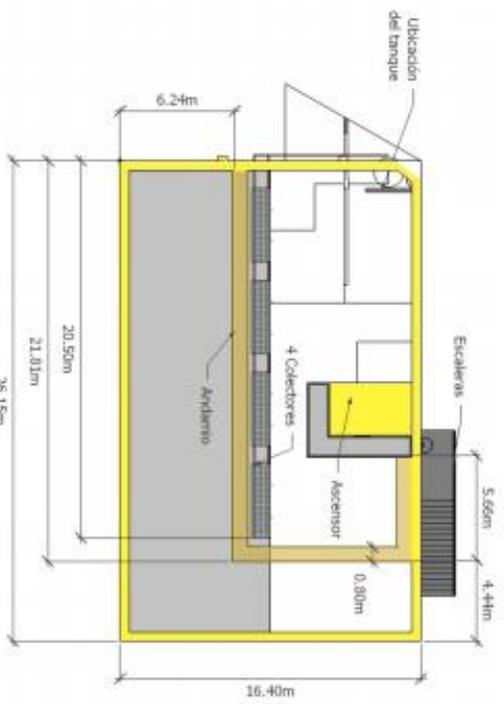
ESQUEMA DESCRIPTIVO DEL SISTEMA		 MAECE
Estudio de Factibilidad del uso de Energías Renovables en la Unidad de Quemados del Hospital de Niños Benjamín Bloom		
DISEÑA: Ing. María Celia Parada Díaz, Ing. Carlos Mauricio Bonilla Flores, Ing. Ulises Edgardo Mendoza	FORMATO A3 SIN ESCALA	HOJA 4



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA EN PLANTA

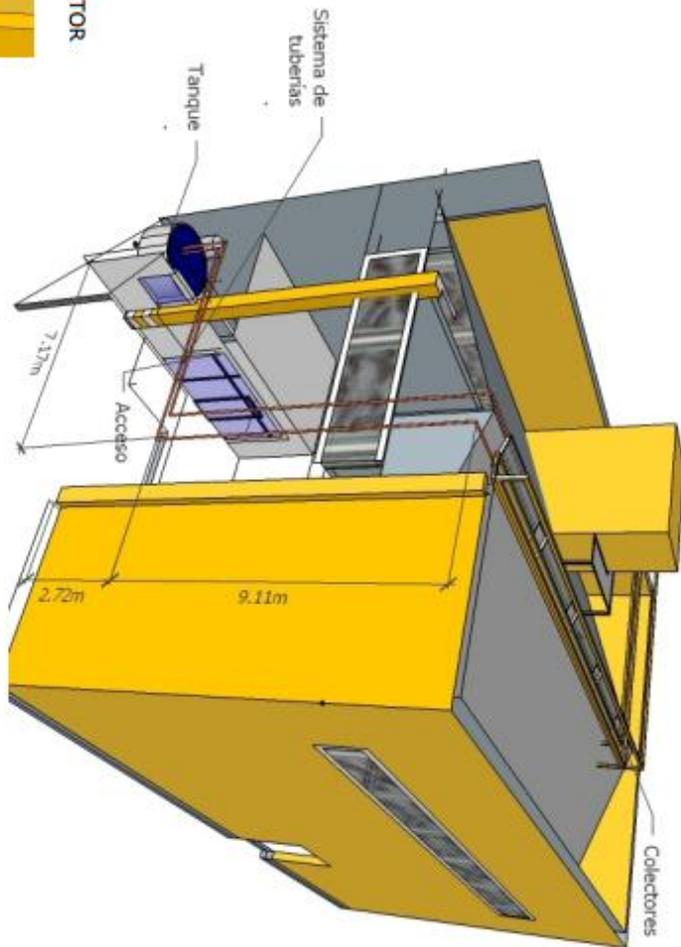
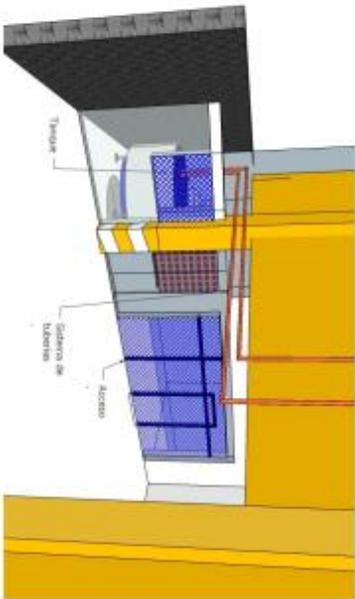
ACOTACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO - UNIDAD DE QUEMADOS

ACOTACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO		
Estudio de Factibilidad del uso de Energías Renovables en la Unidad de Quemados del Hospital de Niños Benjamín Bloom		
DISEÑA:	Ing. María Celia Parada Díaz, Ing. Carlos Mauricio Bonilla Flores, Ing. Ulises Edgardo Mendoza	FORMATO A3 ESCALA 1:250
DIBUJA:	Ing. Carlos David Álvarez R.	
		Hoja 5

El sistema de calentamiento de agua basado en energía solar en el edificio de niños quemados; está diseñado para los procedimientos que son realizado día a día en la curación y cuidado de niños quemados, manteniendo la seguridad tanto sanitaria como industrial.

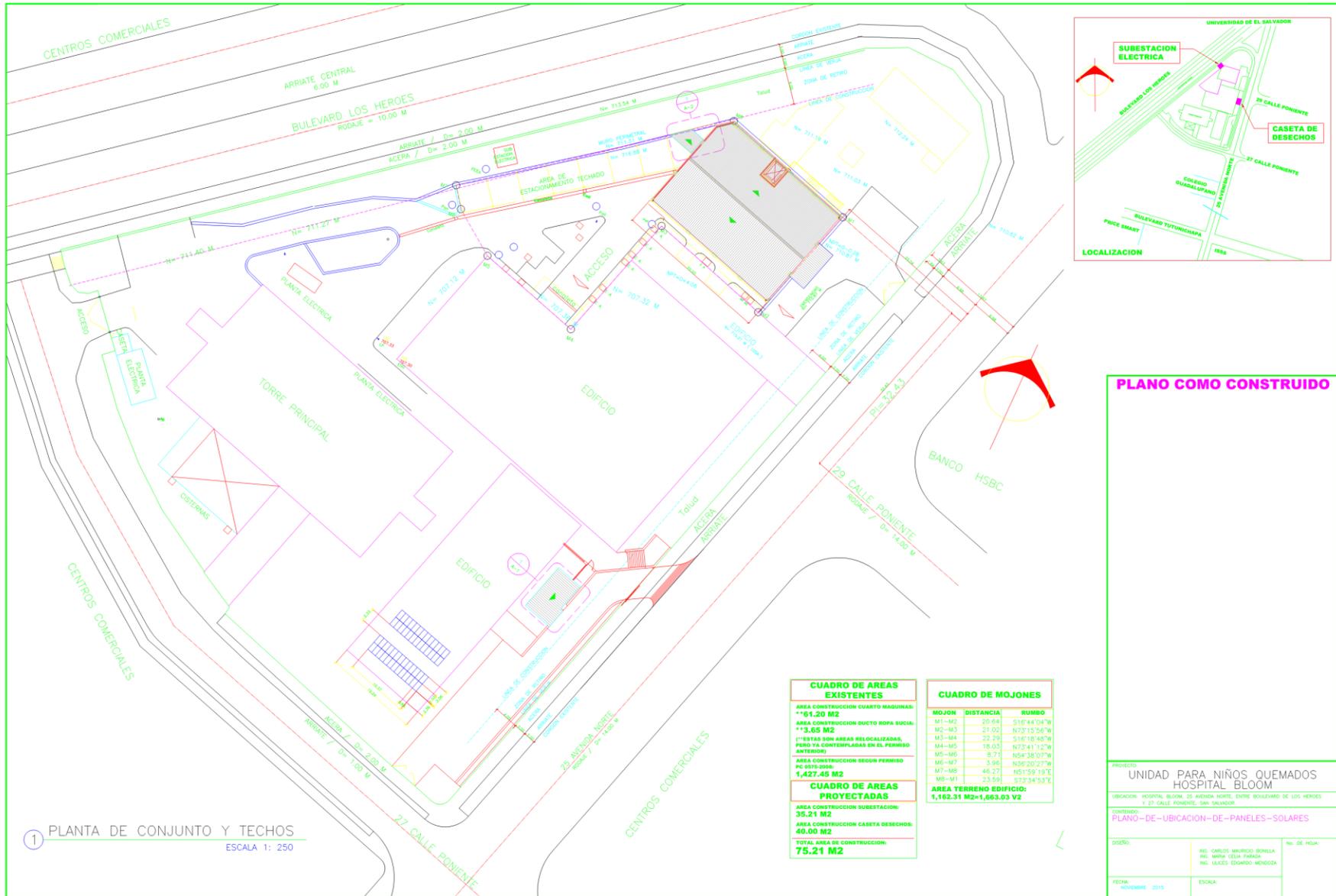
Comprende de un sistema cíclico por bombeo de agua, donde a través de cuatro colectores de calor por energía solar, el agua adquiere una temperatura idónea y es almacenada en un tanque hermetizado especial, para su uso inmediato.

ZONA DEL UBICACIÓN DEL TANQUE RECOLECTOR



ESQUEMA GENERAL - TRIDIMENSIONAL

ESQUEMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA		MAECE
Estudio de Factibilidad del uso de Energías Renovables en la Unidad de Quemados del Hospital de Niños Benjamín Bloom.		
DISEÑO:	Ing. Carla Peña Díaz Ing. Carlos Fariñas Ing. Ulises Eduardo Méndez	FORMATO A2 SIN ESCALA
DIBUJA:	Ing. Carlos David Álvarez R.	
		Hoja 6



PLANO COMO CONSTRUIDO

CUADRO DE AREAS EXISTENTES		
AREA CONSTRUCCION CUARTO MAGNANAL		
**61.20 M2		
AREA CONSTRUCCION DUCTO HOPA SUCIA		
**3.65 M2		
(* ESTAS SON AREAS RELOCALIZADAS, SIENDO YA CONTEMPLADAS EN EL PERMISO ANTERIOR)		
AREA CONSTRUCCION SEGUN PERMISO PC 0079-2008		
1,427.45 M2		
CUADRO DE AREAS PROYECTADAS		
AREA CONSTRUCCION SUBESTACION:		
35.21 M2		
AREA CONSTRUCCION CASETA DESECHOS:		
40.00 M2		
TOTAL AREA DE CONSTRUCCION:		
75.21 M2		

CUADRO DE MOJONES		
MOJON	DISTANCIA	RUMBO
M1-M2	20.04	S16°44'04"W
M2-M3	21.02	N72°15'56"W
M3-M4	22.29	S16°18'48"W
M4-M5	18.03	N72°41'12"W
M5-M6	8.71	N64°30'07"W
M6-M7	3.96	N36°20'27"W
M7-M8	46.27	N51°59'19"E
M8-M1	23.98	S77°34'53"E
AREA TERRENO EDIFICIO:		
1,162.31 M2=1,663.03 V2		

1 PLANTA DE CONJUNTO Y TECHOS
ESCALA 1: 250