

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**



**VICERRECTORIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS**

**TRABAJO DE GRADUACION**

**“Evaluación Técnica de eficiencia energética, optimización y sustitución por Energías Renovables aplicados en ambientes clínicos hospitalarios de 2do nivel” (Caso práctico Centro Médico David V. King, Jucuapa, Usulután)”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**Maestro en Gestión de Energías Renovables**

**PRESENTADO POR:**

**Luis Roberto Barriere Avalos**

**Edwin Antonio Escobar Trejo**

**Moises Roberto Guerra Menjivar**

**FEBRERO DE 2012**

**Antiguo Cuscatlán, la Libertad, El SALVADOR, CENTROAMERICA**



**UNIVERSIDAD DON BOSCO  
VICERRECTORIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS**

**TRABAJO DE GRADUACION**

**“Evaluación Técnica de eficiencia energética, optimización y sustitución por Energías Renovables aplicados en ambientes clínicos hospitalarios de 2do nivel” (Caso práctico Centro Médico David V. King, Jucuapa, Usulután)”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
Maestro en Gestión de Energías Renovables**

**ASESOR  
MAESTRO ALVARO R. FLAMENCO**

**PRESENTADO POR:  
Luis Roberto Barriere Avalos  
Edwin Antonio Escobar Trejo  
Moises Roberto Guerra Menjivar**

**Antiguo Cuscatlán, la Libertad, El SALVADOR, CENTROAMERICA  
FEBRERO DE 2012**

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de graduación es un esfuerzo en el cual, agradezco la participación de varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, acompañando en momentos difíciles y en momentos de felicidad.

Gracias también a mis compañeros, que apoyaron y me permitieron lograr en conjunto por más de dos años conseguir estos buenos esfuerzos y logros.

A mis padres que me acompañaron de forma incondicional, entendieron mis ausencias y mis malos momentos. A tanta gente tan especial que siempre me dieron ánimos para terminar este proceso. A todos ustedes gracias.

Luis Roberto Barriere Avalos

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios que puso los medios para estudiar la Maestría; me ha dado fortaleza espiritual y física, a mis amigos y amigas que me brindaron su ayuda, su atención y lo más importante su amistad, y sobre todo a mis padres que siempre han sido pilares fundamentales en mi formación y educación como persona.

Quiero agradecer también al Sr. Gian Paolo Einaudi de la organización ONG “Medical Misión Internacional”, por el apoyo mostrado hacia el desarrollo de este proyecto.

Y en general a los Maestros que formaron parte de todo este proceso de enseñanza aprendizaje.

Moisés Roberto Guerra Menjivar

## **AGRADECIMIENTOS**

.

**Agradezco a Dios, a Lucía, a mis padres, a Rubén y María Ester y a mis compañeros por el apoyo firme que siempre invita a seguir adelante.**

**Edwin Antonio Escobar Trejo**

## INDICE

1.	<b>Introducción</b> .....	1
2.	<b>Objetivos</b> .....	2
	2.1. Objetivo General .....	2
	2.2. Objetivos Especificos .....	2
3.	<b>Antecedentes</b> .....	3
4.	<b>Planteamiento del problema</b> .....	4
5.	<b>Marco conceptual</b> .....	5
	5.1. Energía.....	5
	5.2. Eficiencia Energetica .....	6
	5.3. Arquitectura Bioclimatica.....	7
6.	<b>Diagnostico de la situación inicial</b> .....	8
	6.1. Generalidades .....	8
	6.2. Niveles de atención en Salud Hospitalaria .....	8
	6.3. Distribución Nacional de cobertura de demanda nacional de salud .....	10
	6.4. Situación actual del Centro Médico David. V. King.....	12
7.	<b>Análisis de entorno sostenible y optimización energética</b> .....	13
	7.1. Generalidades .....	13
	7.2. Análisis de Arquitectura Bioclimática del C.M. David V. King .....	13
	7.3. Evaluación del criterio bioclimatico.....	14
	7.4. Evaluación de Zonificación .....	15
	7.5. Evaluación de la definición de ejes comparativos .....	17
	7.6 Evaluación de esquematización de espacios .....	18
	7.6.1 Análisis prescriptivo para ventilación natural .....	19
	7.7 Análisis de Eficiencia Energetica .....	21
	7.8 Energías Renovables .....	22
8.	<b>Análisis de factibilidad de aprovechamiento de energías renovables</b> .....	22
	8.1. Generalidades .....	22
	8.2. Energía solar térmica.....	23

8.3	Energía Solar Fotovoltaica .....	23
8.3.1	Aplicación Fotovoltaica aislada .....	23
8.3.2	Aplicación fotovoltaica conectada a red.....	24
8.4	Energía Eólica.....	26
8.5	Energía Biomasa .....	27
8.6	Análisis de Alternativas .....	30
9.	<b>Diseño y dimensionamiento de alternativas</b> .....	31
9.1	Generalidades .....	31
9.2.	Dimensionamiento de sistema fotovoltaico autonomo .....	31
9.3.	Dimensionamiento de sistema fotovoltaico con conexión a red .....	39
9.4.	Dimensionamiento de sistema ACS .....	45
10.	<b>Análisis de viabilidad económica de proyectos</b> .....	56
10.1	Generalidades .....	56
10.2.	Evaluación económica de los proyectos propuestos .....	57
10.2.1	Aplicación fotovoltaica aislada de red .....	57
10.2.2	Aplicación fotovoltaica conectada de red .....	59
10.2.3	Energía Solar térmica .....	60
11.	<b>Propuesta metodológica de replicación</b> .....	64
11.1.	Generalidades.....	64
11.2	Iluminación interior: cálculo para potencia instalada .....	67
11.3	Procedimiento de cálculo de consumos de edificios .....	68
11.4	Estimación de Electrificación por espacio utilizado.....	69
11.5	Numero de Luminarias: Método de Watt por metro cuadrado.....	70
11.6	Proceso de estimación de demanda en un SFV <sup>1</sup> .....	71
11.7	Proceso de dimensionamiento y capacidad de baterías de un SFV.....	72
12.	<b>Análisis de resultados</b> .....	73
13.	<b>Recomendaciones</b> .....	75
14.	<b>Conclusiones</b> .....	77

---

<sup>1</sup> SFV : Sistema Fotovoltaico.

15. Anexos.....	80
Anexos 01: Datos meteorológicos para la zona de Jucuapa Usulután .....	80
Anexos 02: Plano de luminarias y áreas de selección para SFV.....	81
Anexos 03: Facturación de energía Centro Médico David V. King .....	82
Anexos 04: Evaluación económica de proyectos propuestos.....	82
Anexos 05: Tasas de Interés Mensual. Banco Central de Reserva ES.....	88
16. Índice de tablas:	
Tabla 01: Resultados de evaluación de ventilación por espacios.....	20
Tabla 02: Áreas para sustitución de iluminación por espacios .....	20
Tabla 03: Estimación de necesidades de carga para SFV .....	32
Tabla 04: Datos de Carga corregida para SFV .....	32
Tabla 05: Cálculo de capacidad total del sistema acumulador FV .....	34
Tabla 06: Características del módulo FV autónomo .....	35
Tabla 07: Radiación en kwh/m <sup>2</sup> de la zona de jucuapa, Usulután .....	35
Tabla 08: Datos de capacidad total del generador FV .....	36
Tabla 09: Selección del generador de carga. Características .....	36
Tabla 10: Resultados de dimensionamiento de módulos y regulador de carga .....	37
Tabla 11: Datos de capacidad de potencia del Inversor FV.....	37
Tabla 12: Características de requerimiento del inversor para el SF .....	38
Tabla 13: Datos de capacidad de potencia y numero de inversores para SFV. ....	38
Tabla 14 Cálculo de número de módulos de acuerdo al montaje seleccionado sobre la superficie de emplazamiento del sistema fotovoltaico acoplado a red... ..	41
Tabla 15: Características de panel fotovoltaico para acoplamiento a red a temperaturas a 25° C y 35° C .....	42
Tabla 16: : Características de panel fotovoltaico para acoplamiento a red a temperaturas de 18° C... ..	42
Tabla 17: Características de inversor seleccionado para sistema acoplado a red.....	43

<b>Tabla 18:</b> Número de módulos mínimos y máximos para asegurar el funcionamiento del inversor, sistema acoplado a red .....	44
<b>Tabla 19:</b> Criterios de consumo de acuerdo al área de emplazamiento, Experiencia Española .....	48
<b>Tabla 20:</b> Sistema ACS: Calculo de cargas de consumo .....	49
<b>Tabla 21:</b> Inclinação de colectores de acuerdo a período de utilización ...	51
<b>Tabla 22:</b> Promedio mensual de hora de luz solar para zona de emplazamiento .....	51
<b>Tabla 23:</b> Sistema ACS: Cálculo de la energía disponible en el emplazamiento .....	52
<b>Tabla 24:</b> Sistema ACS, Dimensionamiento superficie captador .....	53
<b>Tabla 25:</b> Inversión estimada para sistema ACS.....	60
<b>Tabla 26:</b> Detalles de la inversión del sistema ACS.....	61
<b>Tabla 27:</b> Resultados finales de evaluación financiera para sistema ACS ...	61
<b>Tabla 28:</b> Detalles de inversión del sistema ACS, con financiación .....	62
<b>Tabla 29:</b> Resultados finales de evaluación financiera para el sistema ACS con financiación.....	63

## 17. Índice de Imágenes

<b>Imagen 01:</b> Foto de Facebook Centro Médico David V. King .....	14
<b>Imagen 02:</b> Zonificación del centro médico: Zona A y B.....	15
<b>Imagen 03:</b> Zonificación del centro médico: Zona B .....	16
<b>Imagen 04:</b> Evaluación de ejes comparativos .....	18
<b>Imagen 05:</b> Evaluación de ventilación cruzada-Vista Sala de Espera .....	19
<b>Imagen 06:</b> Evaluación Ventilación Unilateral. Vista de pasillos .....	20
<b>Imagen 07:</b> Parqueo del Centro Médico David V. King. Emplazamiento propuesto para SFV acoplado a red.....	25
<b>Imagen 08:</b> Metodología del proceso de diseño de un sistema fotovoltaico autónomo .....	31
<b>Imagen 09:</b> Características de Baterías OPzS seleccionada.....	33
<b>Imagen 10:</b> Características del panel fotovoltaico marca Kyocera propuesto para SFV acoplado a red. ....	39

<b>Imagen 11:</b> Esquematización del emplazamiento Fotovoltaico y térmico .....	45
<b>Imagen 12:</b> Ubicación geográfica del centro médico David V. King, Jucuapa Depto. Usulután El Salvador Centroamérica.....	46
<b>Imagen 13:</b> Centro Médico David V. King. Plano arquitectónico, Lugares de requerimiento de agua caliente sanitaria .....	47
<b>Imagen 14:</b> Configuración básica de instalacion hidraulica de los concentradores (17 concentradores en paralelo) .....	56
<b>18. Fuentes de Referencia e Investigación.....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUCCION

El proyecto consiste en desarrollar una evaluación energética integral que determine mediante las condiciones iniciales de un edificio, plantear opciones de optimización e identificar las ventajas que representa aplicar tecnologías en energías renovables, dados los elementos de ahorro energético que conllevan a reducir los montos de facturación, específicamente solar térmica y fotovoltaica. Cuya orientación de análisis se desarrollara en sistemas clínicos, impulsando el auto sostenimiento, respetando al medioambiente y modernizando la tecnología de un centro de salud, que actualmente carece de las mencionadas ventajas.

Por lo anterior y dado que no existen antecedentes a nivel nacional de centros de salud en donde se demuestre el beneficio de optimización energética y las tecnologías en energías renovables, se propone desarrollar un modelo demostrativo que en primera instancia evalúe las instalaciones de los centros de salud y a continuación aborde todos los procesos de replicación necesarios para la implementación de la gestión y desarrollo tecnológico de energías renovables y arquitectura bioclimática, proponiendo finalmente una estrategia energética sostenible, cuyo caso práctico se realizará en el edificio del Centro Médico David V. King, con planes de acción futura para la disminución de todas las variables que implican derroche energético, y que también la tecnología logra suplir a través de las de energías renovables benignas al medio ambiente.

## 2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General: Proponer un modelo de evaluación energética para su replicación en servicios de salud (ambientes clínicos hospitalarios de segundo nivel de salud) que permita determinar posibilidades de acondicionamiento arquitectónico, optimización del equipamiento y factibilidad de instalar sistemas para aprovechamiento de energías renovables.

### 2.2. Objetivos Específicos:

- a. Diseñar un modelo demostrativo de evaluación técnica en el que se demuestre la factibilidad y posibilidad de plantear opciones de optimización de sistemas energéticos, identificando las ventajas que representa aplicar tecnologías renovables en una instalación que provee servicios de salud como es el caso estudiado.
- b. Generar un documento referencial que facilite el abordaje de técnicas de evaluación y criterios de aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de fuentes de energía renovable para su implementación en el Centro Médico David V. King y su posterior replicación en centros de salud de similares características.
- c. Proponer estrategias energéticas sostenibles para el Centro Médico David V. King y centros de salud similares a los cuales se puede desarrollar el procedimiento que se establecerá en la evaluación y propuesta.
- d. Desarrollar una evaluación económica en base a las recomendaciones brindadas a Centro Médico David, V. King y así evidenciar la factibilidad del proyecto.

### 3. ANTECEDENTES

Los edificios son responsables de una elevada proporción del consumo mundial de energía, y entre ellos los hospitales son una de los que más recursos (energía y agua, principalmente) consumen, he ahí la importancia del tema de este estudio en el cual se tratará de identificar todas las oportunidades de aplicación de estrategias sostenibles para reducir los problemas de impacto ambiental.

La eficiencia energética, optimización y pensar en sustitución de tecnología convencional por otras que hagan uso de Energías Renovables no es algo nuevo; ya sean realizados proyectos específicos en edificios, hoteles y hostales específicos a lo largo de nuestro país y a nivel regional, de tal forma que el concepto de eficiencia energética y optimización energética ha venido considerándose y poniéndose en práctica a nivel general, pero no mucho se ha trabajado y puesto en práctica en ambientes clínicos hospitalarios, sobre todo en El Salvador.

Al mismo tiempo la sustitución de fuentes energéticas convencionales por fuentes de energía renovables implica considerar la evolución que está surgiendo de cada una de esas tecnologías, ya que esto está permitiendo implementar sistemas con mayor rendimiento dentro del área de eficiencia energética por lo que son cada vez más utilizadas.

Como antecedente nacional podemos mencionar que a nivel de gastos de servicios básicos en centros de salud (agua, energía eléctrica, combustible diesel, gases médicos, entre otros.) existe un 6% del presupuesto anual que está siendo destinado a suplir la demanda energética de electricidad y combustible (datos MSPAS 2008)<sup>2</sup>, que son fundamentales para el funcionamiento de todo centro de salud. Por lo anterior y dada la alta demanda respecto a los recursos financieros con que funcionan los centros de salud y además de su bajo índice de

---

<sup>2</sup> MSPAS documento de vigilancia sanitaria (Información estadística, indicadores y demografía año 2008)

auto sostenimiento, el presente proyecto propone establecer una base para el estudio del campo las posibilidades de recomendar sistemas de optimización y generación energética con tecnologías en energías renovables que gradualmente logren un menor gasto y a la vez cooperar con la autosuficiencia energética y reducir la contaminación causante de la generación de gases de efecto invernadero que consecuentemente provocan el cambio climático que también perjudica la salud a nivel mundial.

Cabe destacar que la orientación de este proyecto presenta un fuerte impacto en nuestro medio como documento referencial de modelo demostrativo de evaluación de instalaciones de salud y principalmente como un medio de abordaje para la replicación en centros de similares características que deseen establecer estrategias de mejora energética sostenible a corto y mediano plazo.

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para llevar a cabo los objetivos del proyecto se ha realizado un acercamiento con Gian Paolo Einaudi de la organización ONG “Medical Mission International”, actualmente están desarrollando un proyecto de ejecución de un edificio que es un centro médico hospitalario de 2do nivel (proyecto inicial con cobertura de primer nivel de atención, para finalizar la obra en segundo nivel de atención) en Jucuapa departamento de Usulután. Dicho centro médico será el caso práctico que se analizará y del cual replicaríamos en base a nuestros resultados para cualquier centro médico hospitalario de primer nivel en la primera etapa hasta llegar a segundo nivel en la etapa de finalizado puesto en marcha del proyecto médico.

El proyecto se desarrolla como una propuesta de mejora energética tomando en cuenta las diferentes posibilidades tecnológicas que se podrían proponer según la investigación de campo que se desarrolla en las instalaciones de dicho centro de salud el cual es una réplica de uno emplazado en Tampa, Florida, EEUU, por lo que, en primer lugar, se hará un análisis de sitio con criterios arquitectónicos

para identificar aspectos bioclimáticos a adecuar. Lo anterior será un parámetro que ayudara a inferir las necesidades que pueden establecerse en cualquier centro de salud de nuestro país.

El proyecto busca desarrollar una propuesta de ahorro y eficiencia energética para un Hospital específico de la red nacional hospitalaria de primer nivel hasta segundo nivel de atención; cabe mencionar que una primera etapa de su construcción ya finalizó y que actualmente está dando servicios médicos de un primer nivel de atención, mientras se finalizan las sub-siguientes etapas hasta llegar a un Centro Médico de segundo nivel.

Con la evaluación de la arquitectura desde la perspectiva bioclimática permitirá identificar oportunidades de eficiencia energética sostenible, desarrollando análisis de optimización de recursos y proponiendo tecnologías de aprovechamiento de energías renovables como alternativas de sustitución que conlleven aun mayor ahorro energético dentro de un centro médico hospitalario. Dentro de las energías renovables a considerar como fuentes de sustitución de las convencionales son la energía solar en sus dos principales áreas de aplicación: Energías solar fotovoltaica y energía solar térmica para sistema de agua caliente sanitaria.

## 5. MARCO CONCEPTUAL

### 5.1 Energía

“Una condición indispensable para el *desarrollo* de cualquier sociedad moderna es la existencia de un sistema energético que pueda *garantizar un suministro* regular de energía, basado en unos *recursos abundantes*, que puedan obtenerse a unos *costos asequibles*, que sean *fáciles de transportar* y que posean suficiente *calidad* para poder ser aplicados a máquinas y equipos”<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Grupo ABIO Universidad Politécnica de Madrid

A lo largo de la historia, la humanidad ha seleccionado los sistemas energéticos en base a dos parámetros: la disponibilidad técnica y la viabilidad económica. En la última década se ha contemplado otra nueva variable que condiciona la aceptación o rechazo de los sistemas energéticos: *Los impactos ambientales que pudieran ocasionar*. A raíz de lo anterior surgen los nuevos conceptos de aplicación de **energías renovables**, la cual definiremos como la energía suptida por fuentes alternativas y obtenidas de recursos ambientales renovables tales como la energía solar, eólica, biomasa, entre otras que sustituyen fuentes convencionales de energía basada en la explotación de recursos fósiles.

### **Algunas reflexiones sobre el uso de la energía:**

- ✓ Desarrollo sostenible: Aquel capaz de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras.
- ✓ Existen dos razones por las que el modelo actual de uso de energía no puede mantenerse a largo plazo:
  - Utilización de fuentes de energía no renovables
  - Cambio climático y aumento de sustancias que destruyen la capa de ozono
- ✓ Los caminos hacia la sostenibilidad en energía pasan por:
  - Mejora de la eficiencia en la conversión
  - Mejora de la eficiencia en el uso
  - Utilización de las energías renovables

### **5.2 La eficiencia energética**

- ✓ La eficiencia energética es un concepto general, muy utilizado en la actualidad para referirse a los resultados conseguidos a través de medidas dirigidas a reducir el consumo de energía, o, de forma más precisa, a mejorar el uso de la misma.

✓ Las mejoras en eficiencia energética se refieren a reducciones en la cantidad de energía usada en un país, un sector o un uso final concreto, para un mismo nivel de actividad. Esta reducción en el consumo de energía no implica necesariamente un cambio tecnológico, ya que también puede resultar de una mejor gestión u organización, de cambios estructurales o de mejoras en la eficiencia económica de la actividad analizada.

✓ El consumo de energía viene pues determinado por el nivel de actividad (toneladas producidas, número de vehículos, parque de viviendas, etc.) y por lo que podríamos denominar eficiencia energética asociada a dicha actividad

### 5.3 Arquitectura Bioclimática

Ésta permite la interacción entre el usuario y el recinto donde está ubicada para crear:

- ✓ condiciones de confort físico y psicológico
- ✓ Diseña edificios adaptados a su propio clima utilizando con acierto las transferencias naturales de calor (hacia y desde el edificio), aprovechando los recursos que la naturaleza ofrece (luz, viento, vegetación, tierra, humedad, temperatura ambiental...)
- ✓ Siendo respetuosos con el Medio Ambiente, minimiza los impactos negativos de los materiales, construcción, el uso y la demolición de los edificios.
- ✓ Maximiza la eficiencia energética de los edificios.
- ✓ Elimina o minimiza el uso de sistemas mecánicos de calefacción o Climatización.
- ✓ Reducción de las emisiones de contaminantes o que propician el calentamiento global.
- ✓ Integra la arquitectura los sistemas de producción o apoyo energético. (Fotovoltaica, solar térmica, geotermia, mini-eólica...)
- ✓ Lograr el máximo bienestar con el mínimo costo energético convencional y el mínimo impacto ambiental.

## **6. DIAGNOSTICO SITUACION INICIAL**

### **6.1 Generalidades**

El Sistema Nacional de Salud de El Salvador es un conjunto coordinado de los servicios de salud de la administración del estado, y los servicios de salud autónomos como el seguro social y sanidad militar, entre otros (Art. 2 Ley de Salud), que integran todas las funciones y prestaciones sanitarias según Decreto Legislativo No. 442 la cual enuncia: “son responsabilidad de los poderes públicos del estado”.

El Artículo 4 de la Ley de Salud, establece el derecho a la protección de la salud y a la atención sanitaria a todos los ciudadanos, los principios y criterios sustantivos que permiten el ejercicio de este derecho se concretan en:

1. Financiación pública, universalidad y gratuidad a los ciudadanos
2. Derechos y deberes definidos para los ciudadanos y poderes públicos
3. Descentralización política del derecho a la salud
4. Prestación integral de la salud
5. Integración de las diferentes estructuras organizativas en el sistema de salud nacional

### **6.2 Niveles de Atención en Salud**

El sistema de salud nacional de El Salvador está constituido principalmente por dos redes, el MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social) y el ISSS (Instituto Salvadoreño del Seguro Social), los cuales brindan entre ambos una cobertura al 100% de la población que les demande sus servicios de salud en los diferentes niveles de atención. Paralelo a estas redes principales, podemos encontrar hospitales, clínicas y centros de atención privados, tanto con fines de lucro, como sin fines de lucro en el caso de ONG´s, los cuales atienden a la población que desea pagar por servicios más oportunos, a pesar que los dos sistemas mencionados al inicio tienen cobertura y capacidad de atender a todos los Salvadoreños que lo requieran.

Existen definiciones sobre niveles de atención en salud de una manera muy estandarizada en el mundo, estos se enfocan como un conjunto de establecimientos de salud con niveles de complejidad necesarios para resolver con eficacia y eficiencia necesidades de salud de diferente magnitud y severidad en una región o país. Para ello definiremos diferentes niveles de atención dentro de la estructura de atención que constituye una de las formas de organización de los servicios de salud de cualquier nación, en la cual se relacionan indicadores de magnitud y severidad de necesidades de atención.

Los niveles de atención se definen así:

Primer nivel de atención: constituido por Unidades de Salud, Centros de Salud, Puestos de Salud y Clínicas que posea la red nacional de atención. Este nivel se enfoca principalmente en la prevención y promoción de la salud en las comunidades. Atiende principalmente a un 70 u 80% de la población.

Segundo nivel de atención: hospitales categorizados I y II. Este Nivel de atención se enfoca en la promoción, prevención y diagnóstico a la salud, los cuales brindan acciones y servicios de atención ambulatoria especializado y de hospitalización a pacientes derivados del primer nivel o de los que representan de modo espontáneo con urgencias. Atiende a un 20% de la población.

Tercer nivel de atención: Institutos especializados y hospitales de categoría III. Este nivel se caracteriza por ser de una atención de referencia especializada, ya que allí laboran especialistas para la atención de problemas patológicos complejos, que necesitan equipo e instalaciones muy sofisticados para diagnóstico y tratamiento. Atiende a un 5% de la población.

Para el caso específico según la definición anterior, el Centro Médico de Jucuapa, David V. King se categorizaría inicialmente como parte del sistema de “Primer nivel de atención” ya que será un centro de atención con internamiento en su primera fase (la cual ya está en funcionamiento desde Noviembre 2011) y pasará según su planificación maestra a un centro de atención de “Segundo nivel de atención”

cuando complete características de desarrollo hospitalario (los cuales a la fecha siguen en construcción) con diagnóstico y tratamiento general.

### **6.3 Distribución Nacional de cobertura de demanda nacional de salud.**

Entre las redes del sistema nacional pública y del seguro social nacional se brinda un 100% de cobertura de demanda nacional de salud, por lo que enfocaremos esa distribución nacional de la siguiente manera:

El MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador) posee una capacidad de cobertura nacional en salud de un 80% de la población salvadoreña<sup>4</sup>, red constituida por los tres sistemas de atención antes mencionados, distribuidos de la siguiente manera:

Primer nivel de atención: 377 centros de atención constituidos por Unidades Médicas, Centros de salud y clínicas, distribuidas en todo el territorio nacional.

Segundo nivel de atención: constituido por 25 hospitales entre regionales y generales.

Tercer nivel de atención: constituido por 5 hospitales, centralizados todos en el departamento de San Salvador.

A nivel nacional el ISSS (Instituto Salvadoreño del Seguro Social) posee una capacidad de cobertura en salud de un 100% para sus derechos habientes cotizantes, jubilados y beneficiarios<sup>5</sup> que representan casi a un 25% de la población salvadoreña, red constituida también por los tres sistemas de atención antes mencionados, distribuidos de la siguiente manera:

Primer nivel de atención: 301 centros de atención constituidos por Unidades Médicas con o sin hospitalización, Clínicas comunales y empresariales, distribuidas en todo el territorio nacional.

---

<sup>4</sup> Página Web del Ministerio de salud: <http://www.salud.gob.sv/>

<sup>5</sup> Página Web del Instituto Salvadoreño del Seguro Social: <http://www.iss.s.gob.sv/>

Segundo nivel de atención: constituido por 7 hospitales entre regionales y generales.

Tercer nivel de atención: constituido por 3 hospitales, centralizados todos en el departamento de San Salvador.

En conjunto estas dos principales redes de salud nacional poseen a nivel de segundo nivel de atención 32 hospitales y a nivel de primer nivel de atención 678 centros de atención, representando del global de cobertura, un 92% de atención, siendo un 8% el dimensionamiento del tercer nivel de atención nacional.

Por lo anterior es importante técnicamente replicar el proyecto de generación de energía por medio del aprovechamiento de la energía solar-térmica, que beneficiaría a más de los 92% de los centros de atención nacional (primer y segundo nivel de atención) distribuidos en las principales redes de salud antes mencionadas, ya que con ello beneficiaría a contribuir en la disminución de costos energéticos servidos por la red eléctrica nacional.

En conclusión el 100% de la población Salvadoreña tiene acceso y derecho a la capacidad instalada del ISSS y el MSPAS, sin embargo se estima que la capacidad de cobertura del sector privado se encuentra aproximadamente en un 5% de la demanda de salud nacional, por lo que la población tiene posibilidades de optar por uno u otro sistema de atención, según conveniencias personales.

Cabe mencionar que el recurso energético demandado por los centros de atención de primer y segundo nivel representa un significativo costo anual del presupuesto que estos demandan para operar, por lo que alternativas que vinculen nuevas oportunidades de obtener energía a mas bajo costo son analizadas en este estudio y para ello planteamos todo un proceso de replicación como se explicara más adelante.

#### **6.4 Situación actual del Centro Médico David V. King**

Actualmente el Centro de Atención Médica David V. King es parte del proyecto de mejoramiento de la salud del municipio de Jucuapa y sus alrededores, los cuales no poseen un centro médico de segundo nivel de atención, con servicios de consulta externa, emergencia, pequeñas cirugías, cirugías electivas, entre otros procedimientos quirúrgicos, de tratamiento y diagnóstico que todo sistema de salud sirve.

El terreno donde se encuentra el proyecto pertenece a una ONG Norteamericana de nombre “Medical Misión International” (MMI) la cual esta aliada con la Fundación Misión Médica El Salvador para la administración de dicho centro de salud. Si bien iniciará sus funciones como una institución que cobra simbólicamente los costos de atención, dichas organizaciones administradoras del mismo, son organizaciones sin fines de lucro en el país.

Cabe mencionar que el Centro Médico inicia en dos fases, la primera arranco sus servicios en el mes de octubre 2011 en su área de Consulta Externa, Laboratorio Clínico, Farmacia y Oficinas Administrativas en general, y se espera que a finales del año 2012, inicie funciones su segunda etapa que constaría del área de emergencias, cirugía, pequeña cirugía, consulta especializada, entre otros, siendo dichas áreas de criterio de nivel crítico en salud de atención.

Con las propuestas del presente proyecto se pretenderá incorporar nuevos elementos de eco-eficiencia, los cuales ayudarán hacer más congruentes las aspiraciones administrativas, técnicas y de servicio clínico que hasta hoy tiene el centro médico. Cabe mencionar que el Centro Médico tiene un horario de servicio al público de 7 am - 5 pm de lunes a viernes, y los sábados hasta el medio día.

## **7. ANALISIS DE ENTORNO SOSTENIBLE Y OPTIMIZACION ENERGETICA**

### **7.1 Generalidades.**

El aspecto inicial a valorar del diseño de un edificio, bajo una visión ambientalista y considerando determinante el tema energético es la arquitectura bioclimática, debido a que la aplicación de criterios simples permite lograr ambientes satisfactorios para el confort, libre del uso de sistemas artificiales.

En segundo lugar se observará la posibilidad de buscar eficiencia energética en los equipos que consumen energía en el edificio.

Finalmente se evaluará la sustitución de fuentes energéticas convencionales (red local) por energías renovables para satisfacer las cargas del edificio.

### **7.2 Evaluación de la Arquitectura Bioclimática del Centro Médico David V. King.**

Dentro de la evaluación de conceptualización se define la intención de diseño por parte del diseñador, para establecer si los dos principios básicos, función y forma del edificio existente, se logran satisfactoriamente. Para cumplir con nuestros objetivos será necesario evaluar únicamente el aspecto función.

De este elemento obtendremos un valor de “FUNCIONAL” o “NO FUNCIONAL” con el fin de identificar inicialmente posibles deficiencias en el edificio.

La ejecución del proyecto del Centro Médico David V. King en El Salvador debió cumplir con la normativa local reglamentada por el Ministerio de Salud. Debido a que el edificio ya fue construido y cumplió con las exigencias de las instituciones locales, por lo que se establece el criterio de “Funcional” sin embargo, el Centro de Atención Medica David V. King es una réplica de uno diseñado para el estado de Florida en Estados Unidos. Si bien cumple con la normativa estadounidense para ese tipo de proyecto, las condiciones climáticas no son idénticas por lo que se evaluaron aspectos bioclimáticos del edificio aplicando otro criterio.

### 7. 3 Evaluación de Criterios de Diseño

Identificados los elementos de la conceptualización, se evalúan los resultados de los criterios que dieron como resultado el diseño óptimo; estos fueron clasificados en funcionales, formales, técnicos y de zonificación. En nuestro estudio evaluamos los criterios, técnicos y de zonificación. De este elemento se tendrá una identificación puntual de las condiciones que presenta el edificio en las diferentes zonas que lo componen, aportando indicadores iniciales de posibles intervenciones, a partir de las condiciones existentes del edificio (ver figura 01)<sup>6</sup>.



Figura 1. Vista en perspectiva de centro médico en cuestión.

<sup>6</sup> Foto de Facebook Centro Médico David V. King

#### 7.4 Evaluación de la zonificación.

Se evaluó la calidad de la distribución general del proyecto con el objeto de analizar las relaciones espaciales entre las mismas, considerando elementos de accesibilidad, funcionamiento y forma.

De este elemento se obtuvo una jerarquía de espacios a intervenir, dando prioridad a los de posibilidades más favorables para la intervención de adecuación para la aplicación de medidas de optimización energética o implementación de energías renovables.

Se identifican 2 módulos generales del edificio, el A y B, de los cuales solo el modulo B está equipado y en funcionamiento (Ver imagen 02 denominada Planta arquitectónica)<sup>7</sup>.

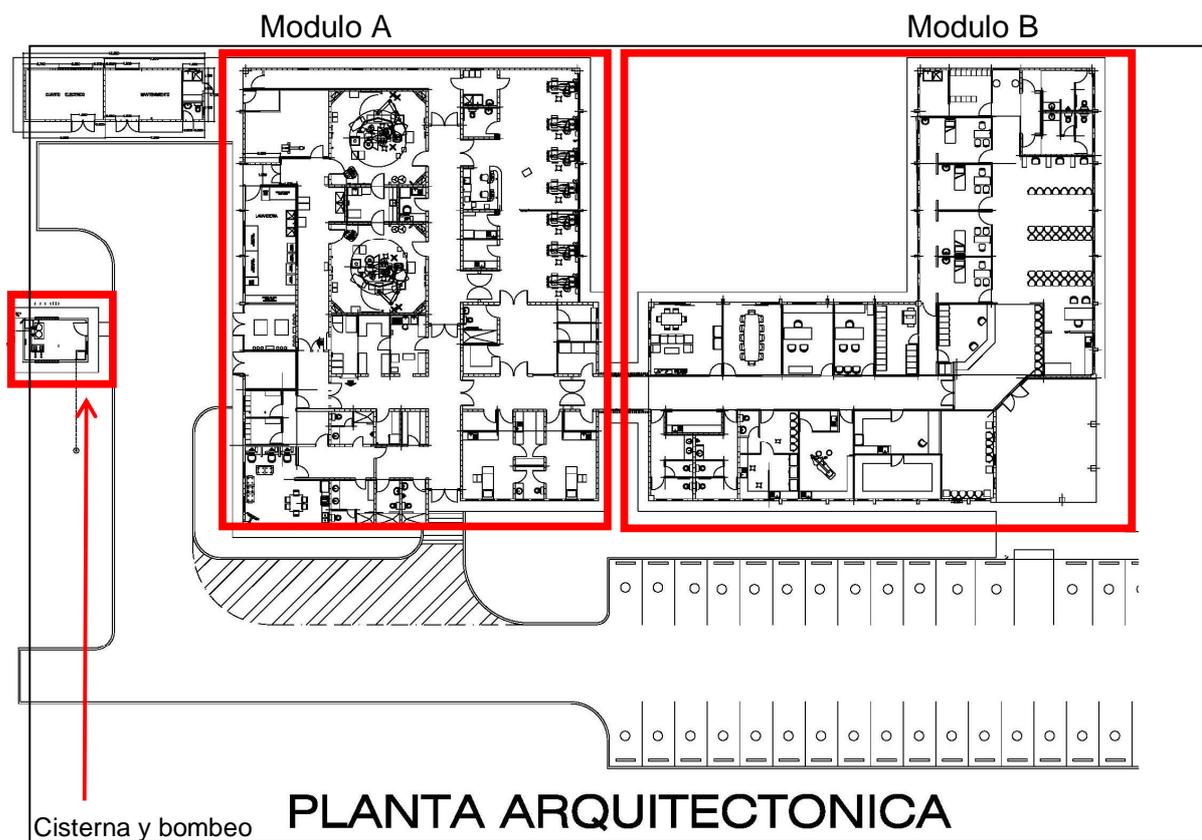


Imagen 02: Zonificación del centro médico: Zona A y B

<sup>7</sup> Planos cortesía de Gian Paolo Eunaudi, Vicepresidente de MMI

La imagen 03 correspondiente al modulo B se identifican los espacios con potencial de intervención según su uso. Estos son:

- ✓ Espera
- ✓ Recepción
- ✓ Consultorios
- ✓ Farmacia
- ✓ Pasillo interno
- ✓ Servicios sanitarios

Adicionalmente a estos espacios esta la bomba de la cisterna para elevar agua al desnivel de almacenamiento y su posterior distribución por gravedad.

### Modulo B

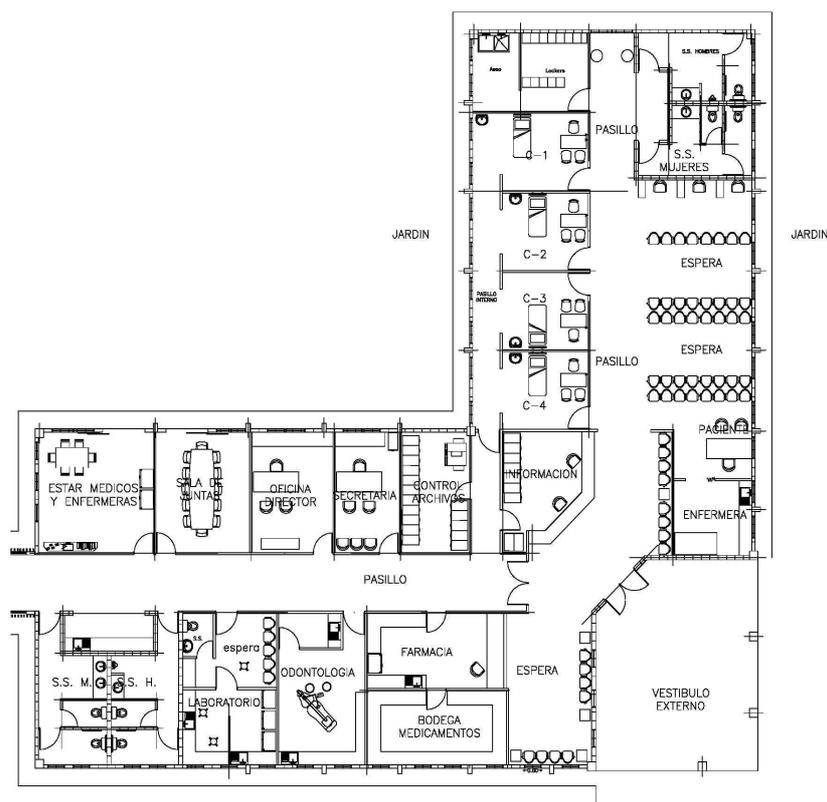


Imagen 03: Zonificación del centro médico: Zona B<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Planos cortesía de Gian Paolo Eunaudi, Vicepresidente de MMI

## 7.5 Evaluación de la Definición de Ejes Compositivos

Basándose en la zonificación, se observa la orientación de los ejes de la composición general en planta.

De este elemento se identificó la orientación del edificio respecto del Norte, para la evaluación de aprovechamiento de la ventilación e iluminación natural y la posible utilización de cubiertas de techo para el uso de paneles solares, si los estudios complementarios así lo sugiriesen.

En la imagen 03 se presenta la planta arquitectónica de conjunto del Centro de Atención Médica David V. King, se observó que dicho edificio no se orientó hacia al Norte, y presenta una rotación de  $18^\circ$  de los ejes compositivos hacia el Este (ver imagen 04). Esta condición no afecta significativamente el funcionamiento de la ventilación natural y tampoco desfavorece la iluminación natural. Sin embargo no se podrá utilizar la pendiente de la cubierta de techo para la colocación de paneles o concentradores solares, debido a que se pierde la orientación de captación óptima para la zona de  $0^\circ$  Norte y una pendiente de  $15^\circ$  hacia el Sur, ya sea para paneles como para concentradores.

Por tanto si se considera la colocación de paneles solares se podrá utilizar las áreas como el estacionamiento o pasillos de circulación exterior. El área útil en estacionamientos y circulación exterior para la colocación de estructuras para paneles solares o concentradores es de  $920 \text{ m}^2$ .

Ejes compositivos



Área proyectada para ubicación de paneles

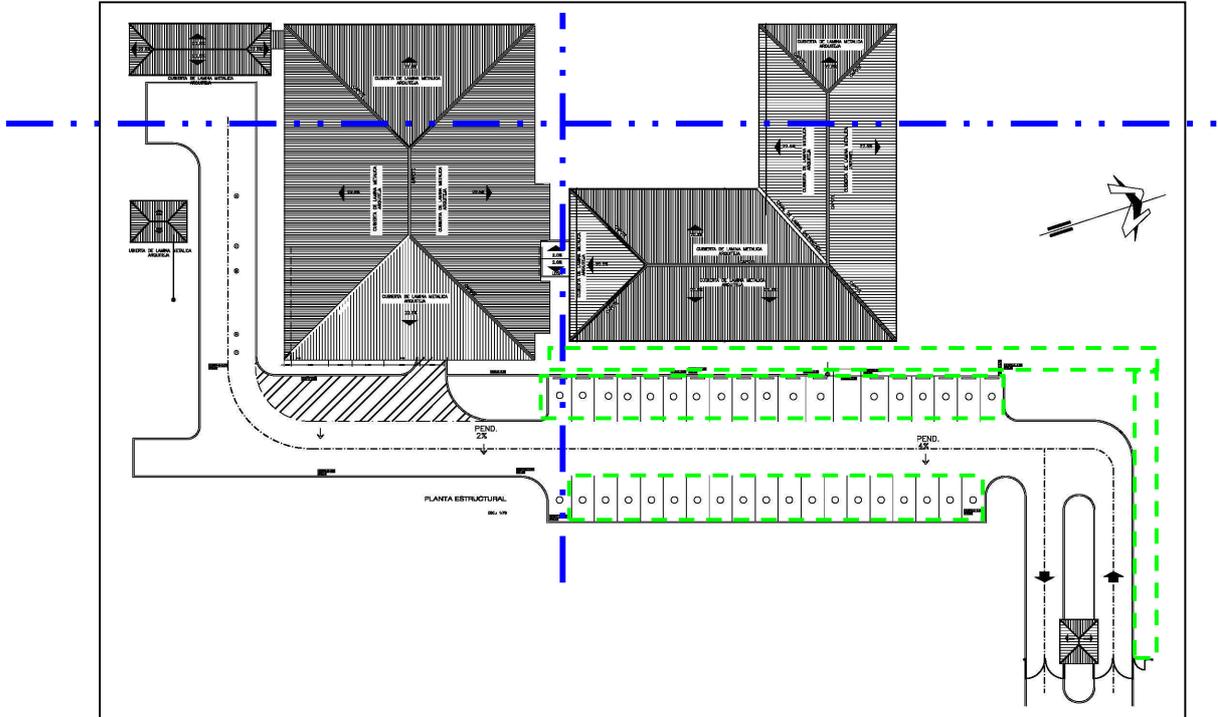


Imagen 04: Evaluación de ejes comparativos<sup>9</sup>

## 7.6 EVALUACION DE LA ESQUEMATIZACIÓN DE ESPACIOS

En esta etapa se evaluó la ubicación de los espacios particulares contenidos en las áreas generales; Sus relaciones y accesibilidad, estos deberán ser congruentes con en la zonificación, para tal efecto se realizó un análisis prescriptivo para ventilación natural.

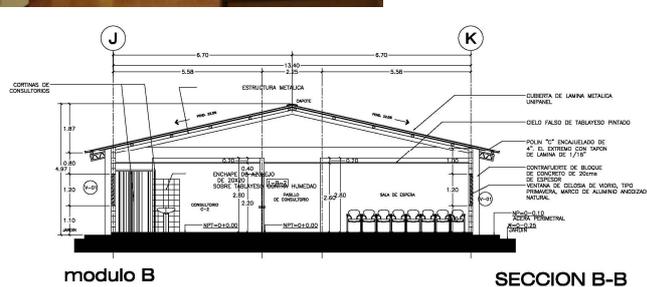
Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios de España, se pueden establecer las condiciones de confort humano en un edificio, mediante el método prescriptivo. El método evalúa los espacios por su tipo de ventilación en relación a los detalles geométricos del diseño.

<sup>9</sup> Planos cortesía de Gian Paolo Eunaudi, Vicepresidente de MMI

### 7.6.1 Análisis prescriptivo para ventilación natural:

#### Ventilación cruzada:(Ver imagen 05)

- ✓ Ventanas en fachadas opuestas: 5 veces la altura libre entre plantas.
- ✓ Ventanas en fachadas adyacentes: Área del espacio < 4.50 x 4.50 m<sup>2</sup>.
- ✓ La distancia debe medirse desde el centro de cada ventana y considerar el recorrido efectivo del aire de modo que pase por el centro de las puertas que debe atravesar.
- ✓ El área de los huecos al exterior de un espacio debe ser, al menos, el 5% de la superficie útil de dicho espacio.



Altura media =

3.6 m

Distancia de paredes=

15.00 m

Imagen 05: Evaluación de ventilación cruzada-Vista Sala de Espera

#### Ventilación unilateral: (Ver Imagen 06)

- ✓ La profundidad del espacio no debe superar 2 veces la altura libre entre forjados.
- ✓ El área de los huecos al exterior de un espacio debe ser, al menos, el 5% de la superficie útil de dicho espacio.
- ✓ La entrada y salida del aire deben fijarse con una distancia mínima de 1.5 metros.



Altura= 2.6 m  
 Área de pasillo= 60.00 m<sup>2</sup>

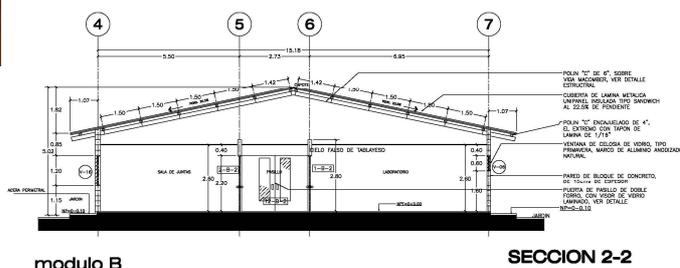


Imagen 06: Evaluación Ventilación Unilateral. Vista de pasillos

TABLA DE EVALUACION DE VENTILACION POR ESPACIO															
ESPACIO	TIPO DE VENTILACION	CONDICION	ALTURA DE ENTRE PLANTAS	SEPARACION DE VENTANALES m			AREA DE ESPACIO m <sup>2</sup>			AREA DE VENTILACION %			DISTANCIA ENTRE FACHADAS m		
				ADMISIBLE >	EXISTENTE	CUMPLE	ADMISIBLE >	EXISTENTE	CUMPLE	ADMISIBLE <	EXISTENTE	CUMPLE	ADMISIBLE <	EXISTENTE	CUMPLE
Farmacia	UNILATERAL			1.50	X	NO				1.13	0.00	NO			
Recepción	X									2.70	0.00	NO			
Consultorios	CRUZADA	OPUESTA	3.60 m				20.25	27.00	NO	12.50	20.04	SI	18.00	15.00	NO
Espera	CRUZADA	ADYACENTE	2.60 m							1.35	4.80	SI			
Pasillo interno	X	X								3.00	0.00	NO			
Servicios sanitarios	UNILATERAL			1.50	0.80	SI				0.70	2.40	SI			

Tabla 01: Resultados de evaluación de ventilación por espacios.

ESPACIO	AREA m <sup>2</sup>
Farmacia	22.50
Recepción	54.00
Consultorios	250.00
Espera	27.00
Pasillo interno	60.00
Servicios sanitarios	14.00

Tabla 02: Áreas para sustitución de iluminación por espacio.

Al realizar el análisis de evaluación de espacios, encontramos en tabla 01 de que se puede observar que a excepción de los servicios sanitarios, los espacios no cumplen alguno de los criterios de ventilación natural del reglamento.

La instalación de ventiladores de techo en los espacios evaluados como puede apreciarse en la imagen del área de consultorios es congruentemente con los datos obtenidos. La iluminación natural también es deficiente, haciéndose estos aspectos los de mayor interés para plantear intervención para buscar eficiencia o sugerir sustitución.

Debido a la naturaleza de las actividades realizadas en los demás espacios del modulo B en análisis, estos necesitan acondicionamiento especial y no deberán aplicar para su intervención en el enfoque de las renovables.

### **7.7 Análisis de Eficiencia Energética**

A la fecha el Centro de Atención Medica David V. King, no cuenta con un presupuesto sistemático para el reemplazo del equipo, por modelos de mayor eficiencia sin embargo puede lograrse eficiencia en los siguientes puntos:

- a. Diseñando y observando políticas de uso eficiente.
- b. Evaluando la optimización de la radiación
- c. Limitando las pérdidas en los puentes térmicos.
- d. Controlando las infiltraciones.
- e. Emplear vidrios de alta transmisión y baja emisividad.
- f. Emplear técnicas constructivas bioclimáticas
- g. Garantizando la ventilación natural.
- h. Favoreciendo la iluminación natural.
- i. Empleando energías renovables.
- j. Seleccionando equipo de alto rendimiento energético.
- k. Usando lámparas de bajo consumo(Usó de luminarias LED)

## **7.8 Energías Renovables**

En el análisis de la arquitectura bioclimática se establecieron los espacios que deberían verse beneficiados por la sustitución de fuente de energía convencional a energías renovables.

Se aplicara sustitución únicamente a los casos de iluminación, ventilación debido a que los equipos médicos exigen regularidad del servicio de electricidad y las renovables tienden a ser inestables por su dependencia de las condiciones climáticas y esto posibilita la falla o deterioro del equipo.

## **7. FACTIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DE ENERGIAS RENOVABLES**

### **8.1 Generalidades.**

El enfoque principal de verificar la factibilidad de aplicación de energías renovables en el Centro Médico David V. King, es que dichas aplicaciones permitirían estimar una reducción en el gasto económico en energía eléctrica. Las fuentes de energía que se consideraron como soluciones de sustitución más viables de aplicación de acuerdo a la zonificación de dicho Centro Médico, son:

- a. Energía Solar Térmica
- b. Energía Solar Fotovoltaica
- c. Energía Eólica
- d. Energía de Biomasa

Para su aplicación en el Centro Médico David V. King, se ha considerado que estas fuentes alternativas deberían cumplir como mínimo las siguientes características:

- a. No Generar un gasto económico importante durante la vida útil por mantenimiento.
- b. Suponer una mejora de impacto ambiental.

## **8.2 Energía Solar Térmica<sup>10</sup>.**

Esta aplicación energética renovable, es en general muy práctica para que pueda ser aplicada al Centro Médico respectivo con la finalidad de obtener agua caliente sanitaria y que efectivamente se puede replicar a cualquier otra institución de salud, tomando de referencia los resultados obtenidos de este mismo Centro Médico, para otro de similares características.

Su mantenimiento es bastante sencillo y accesible económicamente para estarlo realizando. Una vez construido supone una obtención de agua caliente a costos accesibles además el impacto ambiental de una instalación de estas características es considerablemente bajo. Lógicamente el precio varía ya que depende del caudal de agua a calentar y la tipología del colector utilizado.

Por lo tanto existen las condiciones necesarias para el aprovechamiento energético a partir de algún sistema solar térmico como una opción a considerar ya que el calentamiento de agua es una necesidad en el Centro Médico David V. King, para las áreas de recuperación, consultorios y lavandería.

## **8.3 Energía Solar Fotovoltaica.**

### **8.3.1 Aplicación fotovoltaica aislada<sup>11</sup>.**

Éste tipo de energía es la que se encuentra de una forma más extendida por ser muy versátil, de fácil instalación, y que se basa en el efecto fotovoltaico. Esta tecnología busca aprovechar este efecto fotovoltaico para propiciar la producción de energía eléctrica, lógicamente eso depende de la irradiación de la zona de análisis en la que se va aplicar la tecnología. Para el caso del Centro Médico David V. King ubicado en Jucuapa Departamento de Usulután, la irradiación solar media disponible<sup>12</sup> sobre una superficie inclinada de  $15^\circ$ <sup>13</sup>, se calculó entre 5.29 y 6.5 kWh/m<sup>2</sup>/día.

---

<sup>10</sup> Ver numeral 9, pauta 9.4 de este documento: Dimensionamiento sistema ACS.

<sup>11</sup> Ver numeral 9, pauta 9.2 de este documento: Dimensionamiento sistema fotovoltaico

<sup>12</sup> Calculado a partir de datos de: NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables para una superficie horizontal a la latitud y longitud de la ubicación del Centro Médico.

De acuerdo al análisis de optimización energética, se podría aplicar sustitución tecnológica por energía solar fotovoltaica en forma autónoma, únicamente a los casos de iluminación, ventilación, que corresponde únicamente a dos circuitos independientes de carga, como una de las alternativas a considerar por dicho Centro Médico<sup>14</sup>, lógicamente con una propuesta de inyección a red como la que se analiza en el apartado 8.3.2, la alternativa fotovoltaica autónoma quedaría desechada para el Centro Médico, ya que esta propuesta lleva como objetivo fundamental que la energía que se genere e inyectada a la red, supla toda la energía que consume actualmente dicho Centro Médico.

### **8.3.2 Aplicación fotovoltaica conectada a red<sup>15</sup>.**

Otra propuesta de aplicación para el Centro Médico David V. King, es la factibilidad de invertir en un sistema de conexión a red de tal manera supla en su totalidad o en algún porcentaje el gasto energético que actualmente presente en términos de demanda de energía eléctrica de dicho centro.

Haciendo un análisis de los registros de gasto de energía eléctrica que actualmente presenta el Centro Médico, se obtiene que de acuerdo a las facturaciones obtenidas<sup>16</sup>, se concluye que a la fecha el gasto energético oscila en promedio en términos de energía de 4000 kWh/mes, que equivale a una demanda de facturación de 23.2 kW de potencia.

Considerando la zonificación del emplazamiento del Centro Médico David V. King, se puede observar que este dispone de áreas superficiales suficiente como para suplir la demanda de energía eléctrica que actualmente a la fecha requiere de acuerdo a su gasto energético, verificado a través de sus facturaciones de energía.

---

<sup>13</sup> Inclinação estimada para el caso de El Salvador como la más óptima para el aprovechamiento de la radiación solar de la zona.

<sup>14</sup> Ver Anexo 02: Plano de luminarias con áreas de selección para sustitución por energía solar fotovoltaica

<sup>15</sup> Ver numeral 9, pauta 9.3 de este documento: Dimensionamiento de sistema fotovoltaico con conexión a red.

<sup>16</sup> Anexo 03: Facturación consumo de energía eléctrica del Centro Médico David V. King.

De acuerdo a la zonificación se consideró el área del parqueo (Imagen 07) con que cuenta actualmente dicho Centro Médico, teniéndose las siguientes características:

- a. 19 espacios para parqueo de vehículos
- b. Cada espacio presenta una dimensión de 2.5 m X 5 m.
- c. Área superficial del parqueo de 237.5 m<sup>2</sup>.

Con el área superficial disponible de acuerdo a los datos de dimensionamiento del sistema se puede generar una demanda de potencia de aproximadamente de 30 kWp, suficiente para suplir las necesidades de dicho Centro Médico que actualmente requiere de 23.2 kW, por lo tanto habría un excedente de 6.8 kW, que podrían perfectamente venderse e inyectarse a la red siempre y cuando existiera una política que incentivará este tipo de iniciativas que se dan en la aplicación de este tipo de tecnologías.



Imagen 07: Parqueo del Centro Médico. Emplazamiento Propuesto para Sistema fotovoltaico acoplado a red.

Por lo tanto ejecutar un proyecto de este tipo tecnológicamente hablando es viable para el Centro Médico.

#### 8.4 Energía Eólica.

Al analizar la factibilidad de aplicación de esta tecnología y dado el tamaño total de la instalación, para instalar un equipo eólico en el Centro Médico David V. King, sería necesario un sistema microeólico (Potencia menores a 10kW), las posibilidades de instalar aerogeneradores estarían en base a la cantidad de energía que se desee sufragar que para el caso de análisis de optimización energética sería para iluminación y ventilación cuya potencia requerida de acuerdo a calculo de demanda energética evaluada<sup>17</sup> oscila en 3.1 kW, por lo que la potencia de las microturbinas eólicas requeridas podrían estar entre 2 y 15 kW.

Es de mencionar que cuando existen potencias consideradas debajo de 15 kW los aerogeneradores son considerados pequeños (Rotor entre 3.5 y 4 metros de diámetro), son bastante versátiles y de fácil instalación aunque necesitarían, en este caso de un sistema de pararrayos muy efectivo ya que se deberían situar en torres de mayor altura que los arboles. Estos aerogeneradores necesitan una velocidad del viento para arrancar de unos 3- 4 m/s y alcanzan potencias sobre los 10 m/s.

Por arriba de esta potencia los diámetros del rotor son más grandes, por ejemplo para potencias arriba de 10 kW, estos aerogeneradores presentan diámetros arriba de 8 metros y lógicamente su instalación es mucho más compleja y costosa en términos económicos.

Los aerogeneradores entre 6 y 15 kW tienen una velocidad de arranque entre 2.8 y 3.6 m/s y alcanzan potencia cerca de los 10 - 11 m/s.

Si analizamos la zona de Jucuapa, en el Departamento de Usulután, y tomando de referencia el anexo 01<sup>18</sup>, observamos que para una altura de 50 metros sobre la

---

<sup>17</sup> Anexo02 Tabla de consolidación de demanda energética para sistemas de iluminación y ventiladores.

<sup>18</sup> Datos meteorológicos para la zona de jucuapa Usulután, Registros de NASA Surface meteorology and solar Energy- available tables.

superficie de la zona existe un promedio de 5.5 m/s y para 10 metros sobre la superficie de la zona existe un promedio de 4.3 m/s. Por lo tanto estas velocidades son superiores a las velocidades de arranque de un aerogenerador de tipo de 3 kW que están entre 3 y 4 m/s. Generalmente para aerogeneradores de mayor potencia las velocidades de arranque están siempre entre 3 y 4 m/s, pero los diámetros de los rotores se disparan, ya que como se mencionó a partir de 10 kw los diámetros son superiores a 8 metros.

Por lo tanto aunque la zona dispone de una velocidad media muy similar a la que se requiere para el arranque de los aerogeneradores, no se dispone de suficiente velocidad media para alcanzar la potencia de trabajo de los aerogeneradores que se instalarían, por lo tanto la instalación de un sistema de generación eólica queda desestimada para el área del Centro Médico David V. King, ya que la velocidad del viento es insuficiente para alcanzar las condiciones normales de operación de los aerogeneradores que podría aplicarse a dicha zona.

### **8.5 Energía Biomasa.**

Una de las características importantes de la biomasa es que se puede aprovechar para usos energéticos a través de un proceso de combustión para producir energía eléctrica, incluso para cocinar, calentar agua, etc. Pero de acuerdo a investigaciones realizadas para poder generar energía eléctrica a partir de energía térmica procedente de la quema directa de biomasa se necesita de una instalación con un circuito a presión y una turbina de vapor o gas, y estas son instalaciones muy delicadas y costosas que se vuelven rentable únicamente cuando se piensa en demandas de gran potencia (Generalmente arriba de los 500kW), actualmente el Centro Médico David V. King, presenta una capacidad de suministro en términos de demanda facturada de 22.3 kW de potencia, con un consumo facturado de 4000 kwh/mensuales<sup>19</sup>, por lo que no sería aconsejable pensar en la producción de energía eléctrica a partir de recursos de biomasa bajo las condiciones y características del emplazamiento de dicho edificio.

---

<sup>19</sup> Ver anexo 04: Facturación de Energía Eléctrica Centro Médico David V. King.

Por otro lado quemar directamente biomasa, generalmente no es tan fácil, ya que actualmente la tecnología existente únicamente es aplicable para la quema de grandes cantidades. De esta forma para alimentar a una planta de biomasa con estas características, sería necesaria una gran producción de biomasa que estaría por encima de la capacidad de producción de la zona donde se encuentra las instalaciones del Centro Médico respectivo.

La biomasa cultivada tampoco se considera adecuada, ya que los espacios de cultivos disponibles son necesarios para producir alimentos y en la zona en mención están casi totalmente explotados y no serían suficientes como para la producción de energía hacia el Centro Médico. Para aumentar la superficie cultivable sería necesario deforestar y la deforestación no es aconsejable para preservar el entorno natural de la zona de Jucuapa departamento de Usulután.

La generación de energía eléctrica con biomasa a la fecha es más cara que con cualquier combustible fósil<sup>20</sup>, incluso no considerándose el costo ambiental que supone el uso de los combustibles fósiles y que al día de hoy no se tiene en cuenta en la factura eléctrica. Por lo que la electricidad producida con biomasa a la fecha no es competitiva, aunque el precio del combustible sea inferior.

Lo que ha sucedido en algunos países, es que han tenido disponible mucha biomasa y a precios muy bajos o bien los gobiernos han subvencionado el precio de la electricidad, de tal forma que en países de la Unión Europea por ejemplo con este tipo de subvenciones han ido desarrollando en los últimos años proyectos de producción eléctrica con biomasa.

Por lo tanto para que una planta eléctrica con biomasa sea viable técnica como económicamente, se deben dar las siguientes condiciones<sup>21</sup>:

---

<sup>20</sup> Dpto. de Ingeniería Forestal. ETSI Montes. Madrid. Cdad. Universitaria s.n. 28040 Madrid.  
<http://193.146.36.56/catedra/catedra/apuntes/PDFs/biomasa.doc>

<sup>21</sup> Caracterización de combustibles sólidos forestales: Marcos Martín, F., Del Brío Marcos, T., Corrales Santiago, R., Izquierdo Osado I., Ramírez Olivencia A., Ruiz Castellano

- a. **Seguridad en el suministro de la biomasa:** se sugiere contratos a largo plazo, esto generalmente no es fácil, ya que la biomasa suele estar en manos de diferentes actores que son muchos y están dispersos. Lo que generalmente se hace es firmar contratos con sociedades que gestionan mucha biomasa.
- b. **Precio de la biomasa bajo y con variaciones controladas a lo largo de los años:** Generalmente se debe negociar un contrato a 10 o 15 años, para conseguir un precio bajo esas características y este precio debe estar en consonancia con las subidas o bajadas del precio de la energía eléctrica.
- c. **Seguridad del precio del kWh en un plazo mínimo de 10 años:** Esta tiene que estar regulada por ley para que un inversionista decida realizar la inversión.
- d. **Tecnología aprobada:** La tecnología para producir electricidad con biomasa es exactamente igual a la que se utilizar para cualquier central térmica, el problema con una central de biomasa es en la forma en que se maneja la composición química de la biomasa, que hace que las calderas se ensucien cada cierto tiempo, con lo que se ve obligado a detener la operación de dichas plantas y para que sean rentable es necesario que funcionen unas 7800 horas al año.

El problema en El Salvador, es que no se cuenta con una política clara sobre el aprovechamiento de los recursos renovables y específicamente sobre el aprovechamiento de este tipo de recursos. Por lo tanto en consideración a la demanda de energía eléctrica que necesita el centro médico David V. King y las características generales para hacer rentable una planta de generación de energía eléctrica por recursos de biomasa se concluye que a la fecha este recurso no es factible para ser aprovechado como medio de sustitución de energía en el Centro Médico David V. King.

## 8.6 Análisis de Alternativas.

Del análisis de viabilidad técnica realizado de las diferentes fuentes renovables que se podrían utilizar como sustitución para la demanda de energía eléctrica en el Centro Médico David V. King, únicamente se han considerado tres posibilidades de propuestas a tomar en cuenta:

1. **Proyecto Energía solar fotovoltaica Autónoma:** Visto este proyecto como una opción, cuyo objetivo fundamental sería alimentar los espacios de enfermería, sala de espera, ventiladores, consultorios y luminarias de pasillos, áreas que de acuerdo al análisis de optimización energética del edificio pasan permanentemente iluminadas y que corresponden únicamente a dos circuitos independiente de carga<sup>22</sup>. Lógicamente esta opción quedaría desechada si el Centro Médico decide optar por un sistema FV acoplado a red.
2. **Energía Solar fotovoltaica con conexión a red:** EL objetivo de este proyecto sería evaluar la factibilidad de inyectar potencia a la red con el fin de disminuir la potencia cedida por la red al Centro Médico respectivo, disminuyendo la facturación de energía. Así como la posibilidad de evaluar la existencia de excedencia de potencia que se convertiría en venta de energía hacia la red siempre y cuando estuviera normado a nivel nacional.
3. **Energía solar térmica:** Se detectó la necesidad de producir agua caliente sanitaria en algunos espacios del Centro Médico respectivo, por lo que se propone la evaluación de aplicar un sistema ACS, para las condiciones antes descritas.

---

<sup>22</sup> Ver Anexo 02: Plano de luminarias del C.M. David V. King.

## 9. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ALTERNATIVAS.

### 9.1 Generalidades.

Del análisis de viabilidad técnica se tienen tres opciones de proyectos que pueden ser aplicables al Centro Médico David V. King, de los cuales se analizará su factibilidad técnica a través de su dimensionamiento y su evaluación económica. Este análisis de viabilidad permitirá recomendar o no a la fecha la ejecución de este tipo de proyectos para la sustitución o no de la demanda de energía eléctrica o cierto porcentaje de esta.

### 9.2 Dimensionamiento de sistema fotovoltaico autónomo.

A continuación se detalla en la imagen 08 pasos importantes a realizar para estimar adecuadamente los diferentes componentes de un sistema fotovoltaico.

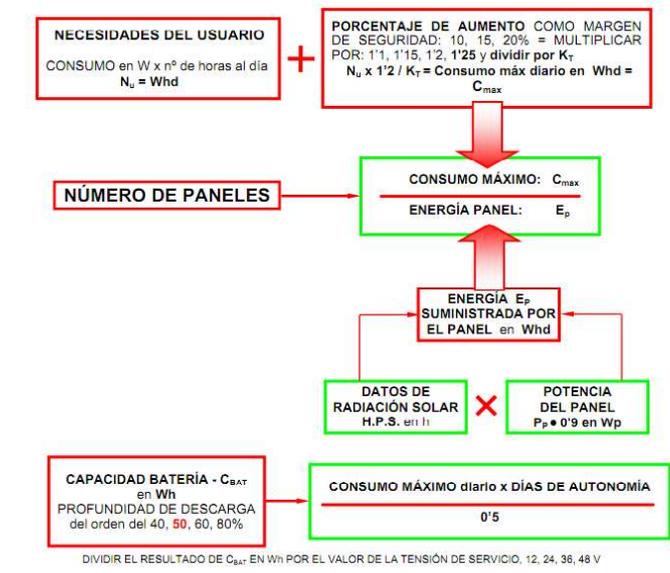


Imagen 08: Metodología del proceso de diseño de un sistema fotovoltaico autónomo

## Procedimiento de cálculo:

### 1. Estimación de necesidades de usuario cálculo de carga:

Al hacer la evaluación de optimización energética del edificio del Centro Médico David V. King. Se concluyo en la necesidad de poder analizar un sistema de energía no convencional a partir de energía solar fotovoltaica para las áreas de enfermería, sala de esperas, pasillo y consultorios, partiendo de esta información, se analizo el plano eléctrico de luminarias del centro médico<sup>23</sup>.

Area	Circuito	Equipo eléctrico	Datos de Cálculo de Equipo					Potencia Total (W)				Energía (Wh/día)	
			Vcc	Vca	Potencia unidad (W)	Cant	Factor	CC	CA	Horas Diarias	FU	CC	CA
Enfermería, Sala de Espera, pasillo	TLB07	Lamparas Fluor. 4x17		120	68	14	1.20		1142	10	0.75	0	8568
		Ventiladores		120	75	4	1.20		360	5	0.75	0	1350
Consultorios C-4, C-3, C-2, pasillo interno	TLB08	Lamparas Fluor. 4x17		120	68	15	1.20		1224	10	0.75	0	9180
		Ventiladores		120	75	4	1.20		360	5	0.75	0	1350
<b>Total</b>								<b>0</b>	<b>3086</b>			<b>0</b>	<b>20448</b>

Tabla 03: Estimación de necesidades de carga para sistema FV.

De la tabla 03, se observa que la potencia total AC requerida es de 3.1 kW con una producción de energía de apropiadamente 20.5 kWh/día.

Con estos datos obtenidos es necesario todavía hacer una corrección debido al rendimiento de los diferentes equipos, con esto se obtiene la carga total corregida. Tal como se presenta en tabla 04.

<b>Carga Total Diaria:</b>	<b>20448</b>	<b>Wh/día</b>
<b>Voltaje Nominal del Sistema:</b>	<b>48</b>	<b>V</b>
<b>Carga Total Diaria:</b>	<b>426</b>	<b>Ah/día</b>
Rendimiento de Inversor:	95%	
Rendimiento Regulador	95%	
Rendimiento Conductores:	98%	
Rendimiento Baterías:	95%	
Factor de Reserva	1.0	
<b>Carga Total Corregida:</b>	<b>24336</b>	<b>Wh/día</b>
<b>Total</b>	<b>507</b>	<b>Ah/día</b>

Tabla 04: Calculo de carga corregida para SFV

<sup>23</sup> Ver Anexo 02: Plano Eléctrico: Luminarias del centro médico David V. King. Circuito TLB07 y TLB08. Circuitos a controlar por el sistema fotovoltaico.

De la tabla de cálculo de carga y después de considerar los diferentes rendimientos de los equipos y el voltaje del sistema se obtiene que la carga total corregida es de 24.34 kWh/día con una ampacidad de 507 Ah/día.

En la tabla también se muestra que El voltaje nominal del sistema fotovoltaico que se ha considerado para el sistema es de 48 Voltios<sup>24</sup>.

## 2. Calculo del sistema acumulador

Para el análisis del sistema acumulador, se investigaron diferente tipo de acumuladores comerciales para sistemas fotovoltaicos (Baterías), de acuerdo a las características de carga requerida. Finalmente se eligió la batería con las características mostradas en la imagen 09.



Características:

- a. Tensión C.C : 2V
- b. C10 (Ah) 25°C = 1500
- c. C100 (Ah) 25°C =1950

Imagen 09: Características de Baterías OPzS seleccionada

De tal forma que los requerimientos del sistema de acumulación para el presente proyecto son:

---

<sup>24</sup> Fuente: Fotovoltaica para profesionales: Diseño, Instalación y Comercialización de plantas solares fotovoltaicas. Autores: Falk Antony, Christian Durshner, Karl - Heinz Solarpraxis. Censolar.

Modelo	12 OPzS 1500	
Tensión CC (V)	2	V
C10 (Ah) 25° C	1500	
C100 (Ah) 25° C	1950	
Profundidad de Descarga:	80%	
Carga Total Corregida	24336	Wh/día
Voltaje Nominal del Sistema:	48	V
Carga Total Corregida	507	Ah/día
Días de Autonomía:	2	días
Requerimiento de Carga Acumulada:	1268	Ah
Capacidad de Régimen de Batería:	1950	Ah
Baterías en Paralelo:	1	unidades
Voltaje de Sistema:	48	V
Voltaje de Batería	2	V
Baterías en Serie:	24	unidades
Cantidad de Baterías	24	unidades
Capacidad Total del Sistema Acumulador:	1,950	Ah

Tabla 05: Cálculo de capacidad total del sistema acumulador FV

Los datos mencionados en la tabla 05 muestran que para el sistema acumulador con la batería seleccionada teniendo en cuenta la carga demandada, a un voltaje nominal seleccionado de 48 voltios y dos días de autonomía se requieren 1268 Ah de carga acumulada. Eso implica la necesidad de conectar 24 unidades de baterías en serie para suplir la necesidad de carga del sistema. La batería seleccionada

tiene una capacidad de manejar 1950 Ah, capacidad mayor que la que requiere el sistema como carga acumulada para su funcionamiento optimo.

### 3. Cálculo del sistema generador

Para el cálculo del sistema generador, se requiere la siguiente información base:

a. La tabla 06 muestra la selección del sistema generador (panel fotovoltaico), con las siguientes características:

<b>Marca y Modelo</b>		AZUR-p-230-3	
<b>Tipo</b>		Policristalino	
<b>Potencia (Wp)</b>		230.00	
<b>Vmp (V)</b>	30.20	<b>Voc (V)</b>	36.90
<b>Imp (A)</b>	7.62	<b>Isc (A)</b>	8.31

Tabla 06: Característica del modulo fotovoltaico seleccionado

b. La tabla 07 muestra la radiación (kwh/m<sup>2</sup>/día) para la zona de Jucuapa departamento de Usulután, El Salvador.

Enero	Febreo	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
5.64	6.16	6.5	6.4	5.78	5.75	6.27	6.17	5.29	5.34	5.47	5.39

Tabla 07: Radiación en kwh/m<sup>2</sup> de la zona de Jucuapa, Usulután

c. Latitud del emplazamiento: Para la zona de Jucuapa Usulután, la latitud es de 13.48.

d. Voltaje del sistema: Para el caso del proyecto se eligió 48 voltios, por las razones establecidas en el numeral 1, del capítulo 9, parte 9.2.

Los resultados en base al modulo del generador fotovoltaico seleccionado, radiación y latitud del emplazamiento del sistema fotovoltaico, y voltaje del sistema seleccionado se muestran en la tabla 08:

Horas de Solar Máximo:	5.29	horas
Corriente de Proyecto:	95.8	A
Corriente de Régimen de Módulo:	7.62	A
Capacidad del Módulo:	230.00	W
Número de Módulos Paralelos:	13	unidades
Voltaje de Sistema:	48	V
Voltaje de Régimen del Módulo:	30.20	V
Número de Módulos en Serie:	2	unidades
Cantidad de Módulos	26	unidades
Capacidad Total del Sistema Generador:	5,980	W

Tabla 08: Datos de Capacidad total del generador FV

La tabla 08 da como resultado para el proyecto la necesidad de invertir en 26 módulos fotovoltaicos con las características antes mencionadas, estableciendo una configuración de 13 unidades en paralelo con dos módulos en serie cada una, para cumplir con los requerimientos de demanda del sistema. La propuesta del sistema generador presenta aproximadamente una potencia de 6 Kw.

### 3. Cálculo del sistema Regulador.

Para la selección del regulador, se opto por el Power Tarom 2140, cuyas características se muestran en la tabla 09:

Marca y Modelo	Power Tarom 2140
Tensión	24.00
Corriente Max. de cortocircuito	140.00
Corriente Max. De salida	70.00



Tabla 09: Selección del regulador de carga. Características

Con las características de este acumulador y tomando en cuenta las características del generador seleccionado se concluye:

Corriente de Cortocircuito modulo fotovoltaico:	8.31	A
Número de Módulos Paralelos:	13	
Corriente de Operación del Regulador:	108	A
Factor de Garantía:	1.10	
Corriente Operación Regulador (ajustada):	119	A
Capacidad del Regulador:	140	A
Numero de reguladores y sug-generadores	1	

Tabla 10: Resultados de dimensionamiento de módulos y regulador de carga.

El número de reguladores necesarios a invertir es de solamente uno ya que este cumple con la corriente de operación del sistema.

### 3. Cálculo del Inversor.

Para el cálculo del inversor se considera la potencia total del sistema en vatios, dicha suma de potencias se calculó en el apartado número 1 de este proceso de diseño, siendo esta de 3.1 kW. Si consideramos un factor de reserva de 1, se tendría que buscar un inversor con una capacidad de 3.1 kw idealmente. Los datos se muestran en las siguientes tablas.

Suma de las Potencias (a):	3086	W
Factor de Reserva:	1.00	
Potencia Total del Inversor:	3086	W
Capacidad del Inversor:	3086	W

Tabla 11: Datos de Capacidad de potencia del inversor FV

Al investigar los diferentes tipos de inversores en el mercado se seleccionó aquel que cumplía con las características que se muestran en la tabla 12 ya que se apegó a nuestros requerimientos del sistema.

Forma de onda	SENOIDAL PURA ▼
Tensión DC (V)	48 ▼
Tensión AC (V)	120 ▼
Potencia Máxima (W)	3,086
Coefficiente de simultaneidad (%)	100%
Potencia Nominal min necesaria (W)	3,086

Tabla 12: Características de requerimientos del inversor

La tabla 12 muestra los requerimientos de las características del inversor seleccionado: Forma de onda senoidal pura, tensión DC de entrada de 48 V, Tensión AC de salida de 120 Vac, potencia Máxima y nominal mínima necesaria de 3.1 kw. Por lo tanto al investigar comercialmente los inversores se seleccionó un inversor cuyas características requeridas de la tabla 12 se cumplieran de alguna manera, siendo seleccionado aquel inversor cuyas características se muestran en la tabla 13.

Marca y modelo	Isofoton Isoverte 3300/48 ▼		
Forma de onda	Senoidal pura		
Tensión (DC)	48		V
Tensión (AC)	122 o 230		V
Potencia nominal (W)	3300	N° de Inversores seleccionados	Potencia Total AC (W)
Potencia pico max (W)	4000		
N° inversores MIN. necesarios	1	1	3,300

Capacidad total del inversor	3,300	W
------------------------------	-------	---

Tabla 13: Datos de Capacidad y número de inversores para SFV

Por lo tanto el número de inversores necesarios para el sistema es de 1 para cumplir con los requerimientos del sistema.

En resumen el proyecto requiere de 26 módulos fotovoltaicos con las características descritas, de las cuales se tendrían dos módulos en serie con 13 cadenas en paralelo para suplir con la demanda de carga evaluada. Y para suplir con la capacidad total del acumulador (1950 Ah) se requieren de 24 baterías con las características especificadas, además de un regulador de carga y un inversor.

### 9.3 Dimensionamiento de sistema fotovoltaico con conexión a red.

Para el dimensionamiento de la planta de energía solar fotovoltaica acoplada a la red partimos de la selección del panel solar que para el caso particular se eligió una marca KYOCERA, cuyas características se muestran en la imagen 10:

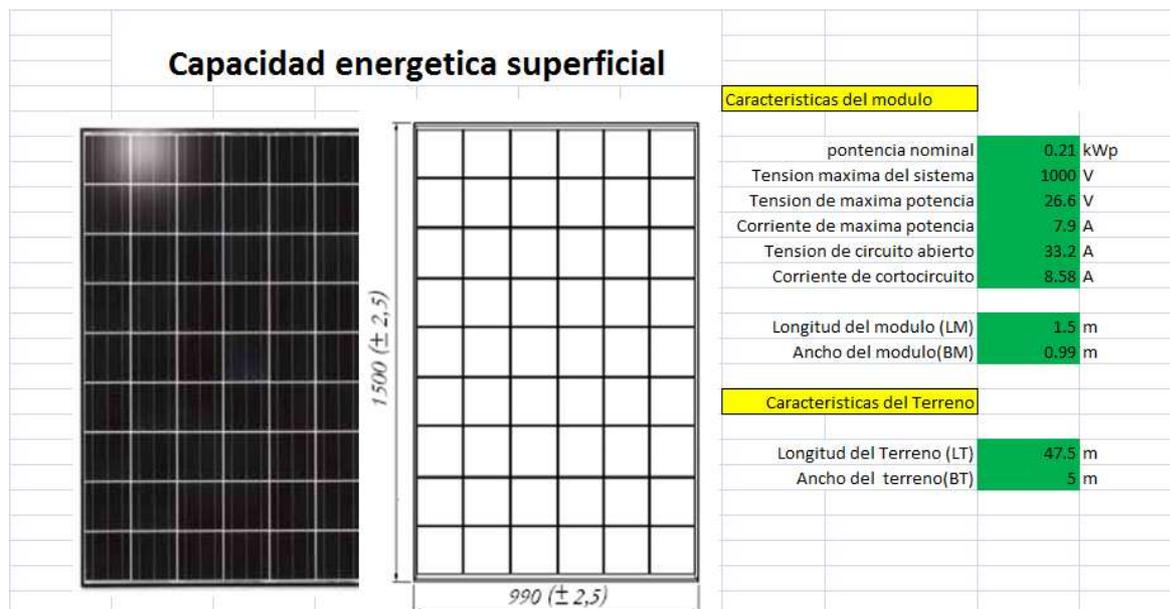


Imagen 10: Características del panel fotovoltaico marca Kyocera, propuesto para SFV acoplado a red

Con esta información se calcula:

Área superficial del terreno del cual dispone el Centro Médico David V. King.(As)	237.5	$m^2$
Área superficial del modulo(Asm)	1.485	$m^2$

Demanda superficial del modulo  $D_{sm} = \frac{A_{sm}}{P_{nm(kWp)}}$  7.1  $\frac{m^2}{kW_p}$

Potencia nominal del generador fotovoltaico :

$$P_{ng} = \frac{A_s}{D_{sm}}$$
34  $kW_p$

Numero de módulos:

$$N_o Modulos = \frac{P_{ng}}{P_{nM}}$$
160

Los resultados indican que bajo una superficie de 237.5 m, se tiene una demanda superficial por módulo de 7.1 m<sup>2</sup>/kWp, por lo tanto la potencia nominal que podemos conseguir bajo esa demanda superficial es de 34 kWp, que requieren un total de 160 paneles con esas características.

Pero en su forma más real, hay que considerar el tendido de los paneles sobre la superficie estimada, por lo que es necesario decidir la forma en que se configuraran los paneles fotovoltaicos de acuerdo a la demanda de espacio que ellos requieren con respecto a variantes de montaje que existen.

Partiendo de las dimensiones del área superficial del terreno que existe en el parqueo del Centro Médico David V. King y la de los módulos, se puede recalculer el número de de módulos ya sean en formato apaisado o formato vertical, siendo el cálculo el siguiente:

Montaje de los modulos			
a) Formato Apaisado	Valor	Maximo de modulos que se podrian montar en el terreno	Nueva potencia nominal de la planta
$\frac{L_T}{L_M}$	31	155	32 kW <sub>p</sub>
$\frac{B_T}{B_M}$	5		
b) Formato verticalizado	Valor	Maximo de modulos que se podrian montar en el terreno	Nueva potencia nominal de la planta
$\frac{L_T}{B_M}$	47	141	29 kW <sub>p</sub>
$\frac{B_T}{L_M}$	3		
c) Conclusion	El numero de modulos elegido inicialmente 160 debe reducirse a 141 (potencia de la planta 29 kWp) para ello los modulos deben montarse en forma vertical		

Tabla 14: Cálculo de Numero de módulos de acuerdo al montaje seleccionado Sobre la superficie de emplazamiento.

La tabla 14, establece en forma general que la demanda de potencia que se ve afectada por la variante de montaje seleccionada. Si se quiere mantener mas o menos la potencia inicialmente calculada se debería optar por la forma apaisada, si se hace en el formato vertical se reduce la potencia a 29 kWp y se requiere menos módulos. Para el caso particular se consideró el formato vertical, siendo nuestra nueva potencia requerida de 29 kWp. Que hacen necesario 141 módulos fotovoltaicos con esas características e Independientemente de la forma de montaje seleccionada, la demanda energética en términos de potencia que actualmente requiere el Centro Médico David V. King, se cubre totalmente.

Algo importante que se debe trabajar en los sistemas de conexión a red es las características de funcionamiento del panel fotovoltaico seleccionado, ya que la temperatura influye en su rendimiento. Para el caso de El Salvador, se estiman las condiciones de dicho panel para una temperatura de 35° centígrados, condición extrema supuesta para la zona de Jucuapa Usulután y también para una temperatura mínima de 18°C, aunque de acuerdo a registros de la NASA Meotorgy, la temperatura promedio de la zona de Jucuapa es de 28.4°C y la mínima es de 22°C. Las siguientes tablas 14 y 15 muestran las características de variación del panel fotovoltaico seleccionado de 25°C(temperatura del fabricante) a 35°C

temperatura extrema y 18°C como temperatura mínimas, supuestas para la zona elegida.

<b>A</b> <b>25°C</b>	potencia nominal	0.21 kWp	<b>A</b> <b>35°C</b>
	Tension maxima del sistema	1000 V	
	Tension de maxima potencia	26.6 V	
	Corriente de maxima potencia	7.9 A	
	Tension de circuito abierto	33.2 A	
	Corriente de cortocircuito	8.58 A	
	Longitud del modulo (LM)	1.5 m	
	Ancho del modulo(BM)	0.99 m	
	Coeficiente de tension		
	$T_{\circ C}(V_{oc})$	-0.12 $\frac{V}{\circ C}$	
	Coeficiente de intensidad		
	$T_{\circ C}(I_{sc})$	0.00501 $\frac{A}{\circ C}$	
	Coeficiente de potencia		
	$T_{\circ C}(P_{nom})$	-0.96 $\frac{W}{\circ C}$	

potencia nominal	0.21 kWp
Tension maxima del sistema	1000 V
Tension de maxima potencia	22.4 V
Corriente de maxima potencia	8.1 A
Tension de circuito abierto	29 V
Corriente de cortocircuito	8.8 A
Longitud del modulo (LM)	1.5 m
Ancho del modulo(BM)	0.99 m

$$V_{oc} = V_{oc}|_{25^{\circ}C} + T_a * T_{\circ C}(V_{oc})$$

$$V_{mpp} = V_{mpp}|_{25^{\circ}C} + T_a * T_{\circ C}(V_{oc})$$

Tabla 15: Características del panel fotovoltaico a 25° y 35°C

<b>A</b> <b>18°C</b>	potencia nominal	0.21 kWp
	Tension maxima del sistema	1000 V
	Tension de maxima potencia	24.44 V
	Corriente de maxima potencia	8.0 A
	Tension de circuito abierto	31.04 V
	Corriente de cortocircuito	8.7 A
	Longitud del modulo (LM)	1.5 m
	Ancho del modulo(BM)	0.99 m

$$V_{oc} = V_{oc}|_{25^{\circ}C} + T_a * T_{\circ C}(V_{oc})$$

$$V_{mpp} = V_{mpp}|_{25^{\circ}C} + T_a * T_{\circ C}(V_{oc})$$

Tabla 16: Características del panel fotovoltaico a 18°C

De la tablas 15 y 16, se concluye que a medida aumenta la temperatura la tensión máxima de potencia como la tensión de circuito abierto disminuye. En cambio la corriente de cortocircuito aumenta.

Elección del Inversor: Se propone el inversor Marca Sunny Mini Central 11000TL, la cual muestra una tensión de entrada, cuya rango de operación para el funcionamiento adecuado de este es de 333 V a 500 V, en Corriente Continua. Con una corriente máxima de entrada de 34 amperios, y potencia de entrada de 11.4 kW, considerándose un rendimiento del inversor de 0.95. Estas características se muestran en la tabla 17:

**Sunny Mini Central 9000TL / 10000TL / 11000TL**

		SMC 9000TL-10	SMC 10000TL-10	SMC 11000TL-10
<b>Datos de conexión del generador fotovoltaico</b>				
Tensión de entrada máx.	$U_{PV0}$	700 V <sup>a)</sup> (a una temperatura de las células de -10 °C)		
Tensión de entrada, rango MPP	$U_{PV}$	333 V a 500 V CC		
Corriente máx. de entrada	$I_{PVMax}$	28 A	31 A	34 A
Potencia máx. de entrada	$P_{CC}$	9300 W	10350 W	11400 W
Factor de distorsión	$U_{PP}$	< 10 % de la tensión de entrada		
Consumo característico en funcionamiento		< 8 W		

a) La tensión máxima en vacío, que se puede producir a una temperatura de la célula de -10°C, no debe exceder la tensión máxima de entrada.

Tabla 17: Características del Inversor seleccionado.

De tal forma que:

$$P_{NI} = \eta_{Inv} * P_{ng}$$

De acuerdo a la variante de montaje se estableció el formato vertical cuya característica de demanda se calculo en 29 kWp de potencia. Por lo tanto: la potencia nominal de entrada del inversor requerida es de 27 kWp.

En el mercado no se suelen encontrar inversores de tal magnitud por lo que la potencia FV deseada debe distribuirse entre varios inversores. Siendo el Numero de Inversores necesarios igual a la relación entre la potencia nominal de entrada del generador (27kWp) entre la potencia máxima de entrada (PCC) del inversor (11.4kW), dando como resultado la necesidad de dos inversores con estas características.

Para el buen funcionamiento del inversor debemos asegurar que el voltaje de entrada este dentro del rango de 333 V a 500 V de acuerdo a datos de fabricantes. Por lo tanto podemos estimar el número de módulos mínimos y máximos para hacer operar dicho inversor en el rango de voltaje estimado, tomando en cuenta el comportamiento del panel a las temperaturas indicadas:

$n(\text{modulo}_{\max}) = \frac{V_{fv\text{superior}}}{V_{m\text{ppa}35\text{grados}}}$	22	modulos
$n(\text{modulo}_{\min}) = \frac{V_{fv\text{inferior}}}{V_{m\text{ppa}25\text{grados}}}$	13	modulos

Tabla 18: Numero de módulos mínimos y máximos para asegurar el funcionamiento del inversor. Sistema acoplado a red.

El cálculo muestra que para una temperatura de 35°C se requiere de 22 módulos, y para una temperatura de 25°C se requiere de 13 módulos, para cumplir con el funcionamiento optimo del inversor. Por lo tanto se requiere de por lo menos 13 módulos en serie para cumplir con el rango de voltaje del inversor. Pero el número de los módulos solares en serie debe elegirse de modo que la tensión de circuito abierto de los módulos solares no supere en ningún caso el rango de tensión de entrada del inversor pues de lo contrario el aparato puede colapsarse. Por lo tanto:

$$n(\text{modulo}) = \frac{V_{cc\text{Max}}}{V_{oc(a-18^{\circ}\text{C})}} = 23$$

Bajo estas condiciones para que no se supere la tensión máxima de entrada del inversor el número máximo inicialmente calculado de 22 módulos en serie se mantiene, ya que el número máximo de módulos es de 23. Pero respetando el rango de entrada de tensión MPP al inversor se establecen 18 módulos en serie. Que cumple con el rango de operación del sistema.

Por lo tanto el sistema fotovoltaico queda constituido por 8 cadenas en paralelo, donde cada cadena en paralelo está constituida por 18 módulos fotovoltaicos, esto sería posible siempre y cuando se disponga de un inversor comercialmente para trabajar con la corriente de demanda del sistema, pero como se estableció en el cálculo del inversor, de acuerdo a sus características mostradas en la tabla 16, se requieren dos inversores, por lo tanto estas 8 cadenas quedan repartidas en dos sistemas individuales de 4 cadenas en paralelo con 18 módulos en serie, una por cada inversor utilizado. De tal forma que la potencia máxima de salida que tendremos sería de 22.8 kW, potencia suficiente para suplir la demanda energética en términos de potencia eléctrica del Centro Médico David V. King.

La imagen 11 muestra la disposición del emplazamiento del sistema:



Imagen 11: Esquematización del emplazamiento Fotovoltaico y térmico

#### 9.4 Dimensionamiento de sistema ACS

En el presente proyecto de estudio se dimensiona una instalación solar térmica para ACS, incluyendo en éste, el cálculo técnico de los principales elementos del circuito primario, una estimación de la inversión inicial y del ahorro tanto

energético como económico que supone la utilización de captadores solares en la instalación.

Se presenta el desarrollo y procedimiento de cálculo tomando en cuenta la normativa española para sistemas solares térmicos, desarrollado para un centro médico<sup>25</sup>, compuesto por 10 camas.

En este documento se describen las características que debe satisfacer el sistema solar tales como su demanda, dimensiones para la instalación, ubicación, obstáculos, orientación entre otras características del proyecto. Así mismo Se desarrollan los aspectos técnicos del proyecto. Se evalúa el aporte energético solar exigido por la norma<sup>26</sup> a través del método f-chart. Una vez dimensionada el área colectora.

La ubicación del edificio del centro médico David V. King se encuentra a una latitud  $13^{\circ}30'16.63''$  ( $13.78^{\circ}$ ), longitud  $8^{\circ}23'17''$  ( $-88.67^{\circ}$ )<sup>27</sup>, aproximadamente a 555 metros sobre el nivel del mar, tal como se puede observar en la imagen 12:



Imagen 12: Ubicación geográfica del centro médico David V. King, Jucuapa Depto. Usulután El Salvador Centroamérica

<sup>25</sup> Centro Médico: David V. King, Jucuapa Depto. Usulután.

<sup>26</sup> Se consideran normas Españolas para este proyecto tales como: RITE, CTE

<sup>27</sup> Latitud y longitud tomadas de Google Earth.

Partiendo de las temperaturas medias mensuales de la red, se calcularán las necesidades energéticas necesarias para obtener la carga de consumo a la temperatura deseada, es decir normalmente a 45 °C, mediante la conocida fórmula:

$$Q = m * c_e * \Delta t = m * C_e * (T_c - T_r)$$

Donde:

$m$  = masa del agua de consumo, es decir el volumen de la carga de consumo expresada en litros.

$C_e$  = calor específico del agua, es decir 1 Kcal/kg °C

$T_c$  = temperatura de consumo

$T_r$  = temperatura de la red

A continuación se desarrollan los cálculos correspondientes a las cargas de consumo que se requieren para las áreas previstas y elegidas como indispensables y necesarias para la obtención de agua caliente sanitaria del centro médico David V. King<sup>28</sup>.

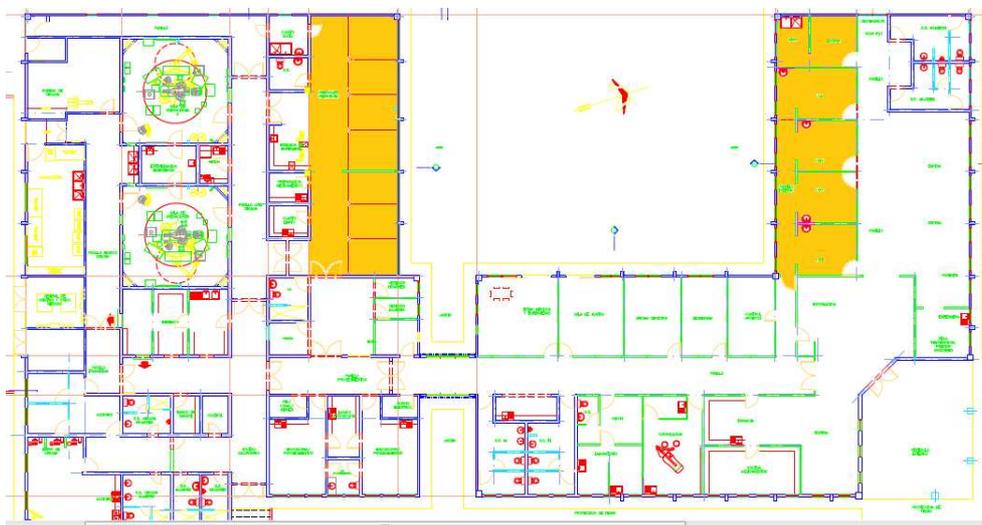


Imagen 13: Centro Médico David V. King. Plano arquitectónico / Lugares de requerimiento de agua caliente sanitaria.

<sup>28</sup> Ver figura 15: Centro Médico David V. King. Plano arquitectónico / Lugares de requerimiento de agua caliente sanitaria.

El consumo de ACS total del Centro Médico se estima a partir de la información de la demanda de las personas que habitan el edificio. Para ello el CTE dispone de la siguiente tabla de consumos por habitante:

Criterio de la demanda	Litros de ACS/día (60°C)	
Viviendas unifamiliares	30	Por persona
Viviendas multifamiliares	22	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por cama
Hoteles ****	70	Por cama
Hoteles ***	55	Por cama
Hoteles/Hostales **	40	Por cama
Camping	40	Por emplazamiento
Hostales/Pensiones *	35	Por cama
Residencias	55	Por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	Por servicio
Escuelas	3	Por alumno
Cuarteles	20	Por persona
Fábricas y talleres	15	Por persona
Administrativos	3	Por persona
Gimnasios	20-25	Por usuario
Lavanderías	3-5	Por kg de ropa
Restaurantes	5-10	Por comida
Cafeterías	1	Por almuerzo

Tabla 19: Criterios de consumos de acuerdo al área de Emplazamiento, Experiencia Española.

Debido a que es un centro médico hospitalario, y tomando en cuenta la experiencia española de acuerdo a sus normas RITE / CTE, se ha considerado que el consumo para redes hospitalarias o clínicas es de 55 l/persona/cama.

Se obtiene de la tabla 15, un consumo de 55 [ l ] a 60°C por persona, con un total de 10 personas hace un consumo de 550 [ l ]. Este consumo es de ACS a 60°C, pero en los datos de partida se toma a 45°C como temperatura de consumo de ACS. Por lo tanto se hace necesario calcular el equivalente energético en agua a 45°C. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$D(T) = D_i (60 - T_i) * (60 - T) / (T - T_i)$$

Donde:

D(T): demanda de agua caliente a la temperatura T elegida

Di(60oC): demanda de agua caliente a 60°C

Ti: temperatura de agua de red.<sup>29</sup>

En el planteamiento del estudio se da como dato un factor de ocupación del 100%, por lo que la demanda calculada es la definitiva. Este dato es posteriormente utilizado para estimar el número de colectores necesarios para nuestra instalación, mediante el método f-chart. Es importante destacar que el consumo no es constante, pues normalmente en los meses de verano, cuando las temperaturas medias son mayores, suele haber un descenso en el consumo de ACS. Se han considerado también 10 espacios del centro médico<sup>30</sup> en los que es necesario el suministro de agua caliente sanitaria, sin contar con la lavandería., y por cada espacio una persona de atención. En la tabla 19 se muestra la explicación correspondiente de los cálculos de la carga de consumo bajo esas condiciones:

Días del mes (Días)	% de ocupación (Días)	Consumo mensual (m <sup>3</sup> )	Temperatura de la red (°C)	Salto Térmico (°C)	Necesidades Energéticas mensuales (Termias/Tm)	Necesidades Energéticas mensuales (MJ)	Necesidades Energéticas Diaria (MJ día)	Necesidades Energéticas Mensuales (kWh)
31	100	172.05	23.30	21.70	3733.49	15605.97	503.42	4334.99
28	100	155.40	24.20	20.80	3232.32	13511.10	482.54	3753.08
31	100	172.05	24.70	20.30	3492.62	14599.13	470.94	4055.31
30	100	166.50	25.30	19.70	3280.05	13710.61	457.02	3808.50
31	100	172.05	24.50	20.50	3527.03	14742.96	475.58	4095.27
30	100	166.50	23.80	21.20	3529.80	14754.56	491.82	4098.49
31	100	172.05	24.10	20.90	3595.85	15030.63	484.86	4175.18
31	100	172.05	24.10	20.90	3595.85	15030.63	484.86	4175.18
30	100	166.50	23.40	21.60	3596.40	15032.95	501.10	4175.82
31	100	172.05	23.20	21.80	3750.69	15677.88	505.74	4354.97
30	100	166.50	23.20	21.80	3629.70	15172.15	505.74	4214.49
31	100	172.05	23.20	21.80	3750.69	15677.88	505.74	4354.97
TOTAL		2025.75			42714.47	178546.46	5869.35	49596.24

Tabla 20: Sistema ACS: Cálculos de carga de consumo

<sup>29</sup> Temperatura de RED: En España Para cálculos simples se toma de 12°C contante, en caso de no disponer de los datos precisos de cada mes. Para Nuestro país se asumió la temperatura ambiente afectado por un factor de corrección según experiencia de campo, considerando ese factor de corrección de 1.5°C , siendo la temperatura de red, la temperatura ambiente menos ese factor de corrección.

<sup>30</sup> Ver imagen 15: zonas de color naranja consideradas como áreas de acceso a Agua caliente sanitaria (ACS).

- a. Coeficiente de Ocupación 100% (De los datos de partida)
- b. Consumo mensual = Coeficiente de ocupación x n° de usuarios x consumo por persona x n° de días
- c. Salto Térmico = Temperatura de consumo - Temperatura de red
- d. Necesidades energéticas (termias)  $Q = m \cdot C_e \cdot \text{Salto térmico.}$  consumo mensual \* Salto térmico = (termias/Tm)
- e. Necesidades energéticas (Julios). Se multiplica Necesidades energéticas mensuales (Termias/Tm) por 4.18 1 termia = 4.18 Mjulios
- f. Necesidades energéticas diarias (MJ día) = Necesidades energéticas mensuales / No de días por del mes

Con dicha información se procede a calcular la energía disponible, que para los fines de cálculo que se desarrollan “E” será la energía total teórica que podemos esperar que incida en un día medio del mes considerado en cada m<sup>2</sup> de colector, para el cálculo de la energía aprovechable “E” que incide sobre cada m<sup>2</sup> de la superficie inclinada de los captadores, y se parte de los datos obtenidos de la base de datos que maneja la NASA para la latitud y longitud de la zona de Jucuapa en el departamento de Usulután sobre la irradiación horizontal media H<sup>31</sup>, en cada mes de la localidad considerada.

Si tomamos nuevamente la experiencia española, existen posibles correcciones para la irradiación horizontal media H, de acuerdo a las localidades. Dentro de esas posibles correcciones sobre H para obtener Hc son:

- a. Si la ubicación está en zona de montaña o con atmósfera muy limpia: **1.05**
- b. Si es zonas polucionadas o grandes ciudades: **0.95.**
- c. En condiciones normales, **multiplicar por 1.**

Jucuapa en el departamento de Usulután tal como se observa en la imagen 14 es una zona montañosa con atmosfera muy limpia por lo que su corrección sería de 1.05.

---

<sup>31</sup> H(Radiación global sobre una superficie horizontal: Obtenida de : <http://eosweb.larc.nasa.gov/>

Con esto, al multiplicar “Hc” por el factor de inclinación k, nos permite evaluar la irradiación diaria incidente “E” sobre un colector inclinado. La instrucción I.T.E. 10.1 del RITE de la normativa española, especifica que la inclinación de los captadores se determinará en función de la utilización.

PERÍODO DE UTILIZACIÓN	INCLINACIÓN CAPTADORES
<i>Anual, consumo constante</i>	LATITUD
Preferiblemente invierno	LATITUD + 10°
Preferiblemente verano	LATITUD - 10°

Tabla 21: Inclinación de colectores de Acuerdo a periodo de utilización

Se observan que en la tabla 20, aún teniendo en cuenta las Especificaciones Técnicas recomendadas parecen acertados; no obstante, en El Salvador y a estudios previos ya realizados la **inclinación óptima** para nuestros captadores a nivel de El Salvador sería **de 15°**.

Por otro lado el número de horas útiles de sol en un día medio de cada mes<sup>32</sup> para el municipio de Jucuapa departamento de Usulután se muestran en la tabla 21:

Lat 13.78 Lon -88.67	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Promedio	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	12.9	12.8	12.5	12.2	11.8	11.5	11.3

Tabla 22: Promedio mensual de hora de luz solar

La **intensidad útil diaria (W/m2.día)**, será el cociente entre la energía útil “E” incidente a lo largo del día y el tiempo útil del día.

<sup>32</sup> Obtenida de : <http://eosweb.larc.nasa.gov/>

La tabla 23 muestra el resumen de los cálculos para conocer la energía total disponible:

H Diaria (Mj/m <sup>2</sup> )	Hc Diaria (Mj/m <sup>2</sup> )	K	E Diaria (Mj/m <sup>2</sup> )	Horas de sol diarias (Horas)	Intensidad útil diaria (W/m <sup>2</sup> día)
20.30	21.32	1.09	21.80	11.40	531.18
22.18	23.28	1.06	23.15	11.70	549.69
23.40	24.57	1.02	23.51	12.00	544.14
23.04	24.19	0.97	22.06	12.40	494.14
20.81	21.85	0.94	19.26	12.70	421.26
20.70	21.74	0.92	18.80	12.90	404.75
22.57	23.70	0.94	20.94	12.80	454.47
22.21	23.32	0.97	21.27	12.50	472.57
19.04	20.00	1.02	19.17	12.20	436.53
19.22	20.19	1.07	20.30	11.80	477.93
19.69	20.68	1.10	21.38	11.50	516.42
19.40	20.37	1.10	21.07	11.70	500.16
TOTAL					5803.22

Tabla 23: Sistema ACS: Cálculo de la energía disponible en el emplazamiento.

De la tabla 23 se obtienen los siguientes resultados:

- a. Energía H tomada de la NASA Meteorogy para la zona de Jucuapa en kwh/m2/día convertida a MJ/m2 día.
- b. Energía H de la NASA Meteorogy para la zona de Jucuapa, pero corregida<sup>33</sup>: Jucuapa 1.05
- c. Coeficiente K que da las tablas para una inclinación de 15° y una latitud de 13.78°.
- d. Energía diaria efectiva: Se multiplica Hc por el factor de corrección "K" y por 0.94 (Valor efectivo de energía considerado).
- e. No de horas de sol al día. De base de datos NASA.
- f. Intensidad media útil: "E" diaria pasada a julios y las horas a seg / horas de sol diaria.

Para el dimensionado de la superficie captadora hay que calcular el rendimiento del colector elegido y en función de eso se halla el aporte solar diario por m<sup>2</sup>.

<sup>33</sup> Se considero Jucuapa como zona en ubicación montaña o con atmósfera muy limpia: 1.05

Se recomienda estimar unas pérdidas globales del 15% y por tanto la energía neta disponible para el consumo será igual a 0.85 por la aportación solar (si está reflejada por mes, se multiplicará la energía neta disponible diaria por el nº de días).

La superficie de captadores necesaria, se obtiene dividiendo las necesidades energéticas totales entre la energía disponible por m<sup>2</sup> de colector.

Para establecer la dimensión de la superficie del captador, se realizaron los cálculos que se muestran en la tabla 24:

Meses	(1) Temperatura Ambiente Jucuapa Usulután (Ta)	(2) Rendimiento Colector (parte) (%)	(3) Rendimiento Colector (Real) (%)	(4) Aporte solar diario por m <sup>2</sup> (Mj/m <sup>2</sup> )	(5) Energía disponible día/m <sup>2</sup> (Mj)	(6) Energía disponible mes/m <sup>2</sup> (Mj)	(7) Energía Solar Total por mes (Mj)
Enero	24.80	12.78	66.18	14.43	12.26	380.16	15914.43
Febrero	25.70	11.80	67.16	15.55	13.22	370.09	15492.79
Marzo	26.20	11.61	67.35	15.83	13.46	417.18	17463.94
Abril	26.80	12.38	66.58	14.69	12.48	374.53	15678.51
Mayo	26.00	15.15	63.81	12.29	10.45	323.81	13555.54
Junio	25.30	16.35	62.61	11.77	10.00	300.08	12561.81
Julio	25.60	14.34	64.62	13.53	11.50	356.57	14926.67
Agosto	25.60	13.79	65.17	13.86	11.78	365.16	15286.27
Septiembre	24.90	15.47	63.49	12.17	10.35	310.39	12993.72
Octubre	24.70	14.27	64.69	13.13	11.16	346.06	14486.77
Noviembre	24.70	13.21	65.75	14.06	11.95	358.47	15006.15
Diciembre	24.70	13.64	65.32	13.76	11.70	362.62	15179.85
TOTAL						4265.12	178546.5

Tabla 24: Sistema ACS: Dimensión de la superficie del captador.

Donde:

- (2) Parte de la ecuación del rendimiento del colector  $(100 * m(T_m - T_a) / I)$
- (3) Rendimiento real del colector expresado en %:  $(B * 100 * 0.94) - \text{columna}(2)$
- (4) Energía diaria que aporta el colector por m<sup>2</sup>;  $\text{columna}(11) * \text{columna}(3) / 100$

(5) Energía neta disponible al mes: Energía disponible por día \*  
n° de días al mes

(6) Antes hay que calcular el n° de m<sup>2</sup> reales. Se obtiene  
multiplicando el n° de m<sup>2</sup> reales de colector por la  
columna(6). Necesidades energéticas anuales/ Energías disponible anual

Por lo tanto haciendo una iteración de diferentes modelos con ciertas características de eficiencia y superficies, se obtiene el número adecuado de colectores para este proyecto; Al ser seleccionado un colector tipo Viessmann Vitosol 100s y tomando en cuenta sus características particulares se obtiene el número de colectores necesarios para la operación del sistema, tal como se muestra a continuación:

ELECCION DE CAPTADOR		Viessmann Vitosol100s
N° de m <sup>2</sup> de colector solar	41.86	n° de m <sup>2</sup> de colector solar / superficie colector elegido
Superficie colector elegido	2.50	
N° de colectores necesarios	17.00	
Factor de eficiencia	0.84	
Coefficiente global de perdidas	3.36	

Se concluye que para este proyecto se requieren 17 colectores, cumpliendo así las especificaciones de demanda de agua caliente sanitaria para el Centro Médico David V. King. Recomendando su instalación tal como se muestra en la siguiente imagen.

Ahora bien el volumen óptimo de captación está en torno a los 70 litros por m<sup>2</sup> de colector. Hay que tener en cuenta el desfase entre captación-almacenamiento y consumo. Como dato práctico se utilizará normalmente una acumulación similar al volumen de la carga de consumo, es decir, a la cantidad de agua caliente necesaria en un día.

Son necesarios 17 colectores \* 2.5 m<sup>2</sup>/colector = 42.5 m<sup>2</sup>

$$42.5 \text{ m}^2 * 55 \text{ litros/m}^2 = 2337.37 = 2000 \text{ litros} \rightarrow \text{ACUMULADOR DE 2000 LITROS}^{34}$$

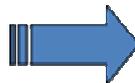
Condiciones:

1ª: El volumen de captación estará comprendido entre los siguientes valores:

$$0,80 \leq \frac{V}{M} \leq 1,20$$

M = Consumo medio diario anual (litros/día).  $\rightarrow 518^{35}$  l/dia.

$$0,80 \leq \frac{500}{518} \leq 1,20$$



OK

Por otro lado es recomendable configurar una circulación forzada en la instalación hidráulica del sistema ACS, ya que este no presenta problemas de variaciones de temperatura extremas y su implementación no tiene un costo notable. Siendo el fluido caloportador el agua de inyección de red.

Para el proyecto específico se ha considerado el concentrador tipo Viessmann vitosol 100s, de acuerdo a los resultados obtenidos, la inclinación de los concentrados será de 15° y se orientaran al sur. Se instalaran 17 concentradores en paralelo, según esquematización hidráulica mostrada en la imagen 16:

---

<sup>34</sup> El acumulador seleccionado es de Marca Buderus, modelo LTN 3000/1 con una capacidad de 3000 litros.

<sup>35</sup> Obtenido de la cantidad de día de vacaciones en el año referente a años estivales, que para el caso de El salvador sería 21 días.

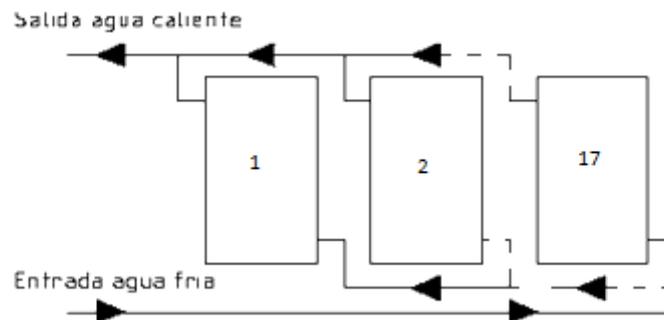


Imagen 14: Configuración básica de instalación hidráulica de los concentradores  
(17 concentradores en paralelo)

En resumen el proyecto requiere 17 concentradores configurados en paralelo, con un acumulador de 500 litros, utilizando un fluido caloportador como es el agua natural, asumiendo una circulación forzada.

## 10. ANALISIS DE VIABILIDAD ECONOMICA DE PROYECTOS.

### 10.1 Generalidades.

El objetivo de la evaluación económica es básicamente comprobar la rentabilidad de los proyectos propuestos y que sirvan de criterio para jerarquizarlos y darles una priorización a los mismo. Como primer paso es necesario consolidar los resultados de los presupuestos de cada uno de los proyectos y tener presente la inversión necesario para cada proyecto.

La rentabilidad del proyecto depende de la suposición de un ahorro económico respecto a la instalación eléctrica actual. Esto se evalúa calculando el costo neto por kWh de energía utilizada y comparándolo con el costo actual. Se obtiene el plazo de recuperación de la inversión (payback) a partir del ahorro económico respecto a la generación actual.

Se asume también que el total de la inversión correría por el Centro Médico David V. King. También en algunos casos se espera que a la hora de ejecutar los

proyectos se consigan donaciones de material que podrían llegar a reducir el costo final del proyecto.

## **10.2 Evaluación de los proyectos propuestos.**

### **10.2.1 Aplicación fotovoltaica aislada de red.**

Para el caso del sistema fotovoltaico, se tiene la siguiente información:

Como Costo de capital:

1. Conjunto de paneles solares
2. Banco de baterías
3. Regulador
4. Inversor
5. Mano de obra
6. Transporte
7. Instalación

El costo de capital calculado para la inversión de esas necesidades es de US \$ 55,211.32 dólares americanos. Debido a que los equipos tienen un periodo de vida útil delimitado, se establecen costos por reemplazos a futuro siendo estos estimados de acuerdo al periodo de vida para cada equipo en un total de US \$23,090.10, como este es un costo a futuro para el análisis de financiero se traslada como valor presente cuyo dato es US \$11,025.84, aparte de eso se considera un costo por operación y mantenimiento anual de 1% sobre el costo de capital cuyo valor presente de dicha inversión es de US\$ 5420.73, por lo tanto al sumar ambos datos de valor presente tenemos como resultados US\$ 16,446.57, este dato sumado con el costo total del ciclo de vida útil del proyecto US\$ 55,211.32 arroja una inversión total de **US \$ 71,657.89 dólares**<sup>36</sup>.

---

<sup>36</sup> Ver anexo 4. Tabla de evaluación económica FV autónoma.

Para analizar la rentabilidad del proyecto, se asume una tasa de descuento del 7.70%<sup>37</sup>, la inversión inicial requerida US \$71,657.89 y un plazo de 20 años. Esta información permite obtener un costo anual equivalente (CAE) en términos de egresos equivalentes a US \$ 7,298.51.

Para el análisis de la Inversión realizada, se necesita conocer para la evaluación de rentabilidad, la cantidad de energía por año que se establece en base a la cantidad de energía calculada por día inicialmente del proyecto (Ver anexo 3 dimensionamiento fotovoltaico), para el caso particular del proyecto se tienen 20.448 kWh/día, si referenciamos esta cantidad de energía a kWh/año se tendría que anualmente se gasta 7,361 kWh/año, esto permite en base al costo anual equivalente estimar el precio en US \$/kWh del proyecto siendo este de US \$ 0.99 ctv de dólares por kWh.

Para el análisis del costo evitado, se establece en el primer lugar el costo anual equivalente en términos de ingreso que tendría el proyecto, este se calcula en base al dato de energía que disponemos del proyecto en forma anual y que corresponde como se analizó anteriormente a 7,361 kWh/año, consideramos que el costo de la energía actualmente en El Salvador por US \$/kWh es \$ 0.19 ctv de dólar, estos datos nos permiten calcular el costo anual equivalente(CAE) en términos de ingreso, siendo de US \$ 1472 dólares. Con este costo anual equivalente estimado, la tasa de descuento (7.70%), y el plazo del proyecto (20 años), se obtiene el valor presente o actual siendo este de US \$ 14,455 dólares.

Finalmente al establecer los ingresos menos los egresos del proyecto se observa que el costo anual equivalente neto que el proyecto presenta a una tasa del 7.70%, un plazo de 20 años, con la inversión calculada es de (US \$ - 5,826 dólares) arroja pérdidas, por lo tanto el proyecto no es rentable a la fecha. También esto se puede apreciar al comparar el costo por kWh hora estimado del proyecto con el costo por kWh estimado por las distribuidoras de energía en El Salvador, se observa que como

---

<sup>37</sup> Ver anexo 5. Tabla de tasa de descuento según datos de BCR (Banco Central de Reserva).

proyecto nos cuenta cerca de US \$ 0.99 ctv de dólar por kwh, mientras que actualmente se está pagando a US \$ 0.19 ctv por kwh, hay una diferencia de 0.79 ctv de dólares.

El proyecto arroja un VAN negativo igual a US \$ - 51,782, y bajo estas condiciones nunca se recupera la inversión.

Para más información ver el anexo 05: Resultados de evaluación económica del proyecto.

### **10.2.2 Aplicación fotovoltaica Conectada a red<sup>38</sup>.**

La viabilidad económica para ejecutar un proyecto de una planta de energía solar fotovoltaica acoplada a la red, parte del análisis de los siguientes parámetros:

1. La potencia nominal instalada, que para el caso particular del Centro Médico es de 30 kW.
2. Se consideró que el precio del Wp instalado es de US \$ 5.5
3. Hora anual de radiación cerca de 2300 horas. 6.3 horas/día
4. Precio del kWh facturado en El Salvador US \$ 0.19
5. Costo del préstamo de financiación 7.70%
6. Comisión de apertura del préstamo 10%<sup>39</sup>
7. Año en que inicia la producción de energía 2013.
8. Merma acumulable de la instalación en 20 años 16%
9. Inflación del 4%
10. IVA 13%
11. Costo anual de mantenimiento 1%.
12. Tasa de revalorización del precio kWh hasta el 2015 de 3.5%
13. Tasa de revalorización del precio kWh desde el 2016 de 3.25%

---

<sup>38</sup> Ver anexo 04, literal "b" de este documento: Evaluación económica.

<sup>39</sup> Variable de comisión de apertura del préstamo, cuando se evalúa un proyecto con financiamiento

14. Se consideró que el total de la inversión requerida sea financiable por un 80%.

Partiendo de toda esta información se obtiene una inversión total de US \$ 184,800 dólares, de la cual el 80% requiere recursos ajenos (US \$ 147,840) y el 20% que es la parte que el Centro Médico David V. King tendría que invertir sería (US \$ 36,890).

EL anexo 06 parte “b” muestra los resultados de la evaluación económica correspondiente, los cuales muestran que el proyecto no sería rentable, obteniéndose los siguientes resultados:

1. Durante los 20 años se tienen ingresos facturados de US \$ 347,793.62 Dólares.
2. Durante los 20 años se tienen unos desembolsos de US \$ 271,001.13 Dólares. Estos desembolsos son por gastos de mantenimiento, costos financieros, impuestos y devolución del préstamo.
3. Los Ingresos menos los desembolsos esperados tuvieron un equivalente a US \$ 76,792.49 con una TIR equivalente al 2.6% y VAN = - 38,851.05.
4. EL proyecto no es rentable.

### 10.2.3 Aplicación Sistemas ACS

La evaluación económica del sistema parte de las siguientes consideraciones de inversiones:

Materiales y equipo	40,500.00	US \$
Mantenimiento	1,500.00	US \$
Otros	4,050.00	US \$
Total	46,050.00	US \$

Tabla 25: Inversión estimada para sistema ACS

Los detalles calculados de acuerdo a la inversión estimada se muestran en la tabla 25:

Inversión	1,084 US \$/m <sup>2</sup>	Ratio de interés	7.70%
Aportación 100%	1,084 US \$/m <sup>2</sup>	Ratio de inflación	4.0%
Financiación	0 US \$/m <sup>2</sup>	Tasa	7.0%
Periodo de pago préstamo	10.0 años	Tiempo de amortización	0.0 años
Ahorro	9,423 US \$/año	Impuestos	13%
Precio energía auxiliar	0.190000 US \$/kwh	O&M 2.5%	10 US \$/m <sup>2</sup> año

Tabla 26: Detalles de la inversión del sistema ACS.

La tabla 24 muestra que para la realización del proyecto se requiere invertir 46,500 dólares, esta inversión podría ser subvencionada en cierto porcentaje por un préstamo bancario, o puede ser asumida por el cliente en un 100%, para el análisis particular se considerará inicialmente que esta inversión será asumida totalmente por el Centro Medico David V. King.

Por lo tanto, la tabla 25 muestra que asumiendo el 100% de la inversión, el costo por metro cuadrado sería de US \$ 1084, esto lleva consigo un ahorro energético por sustitución de 9,423 dólares al año, este ahorro representa el consumo energético anual de 49596.24 kwh<sup>40</sup> al año y considerando el costo por kWh de US\$ 0.19.

Los resultados de recuperación de flujo de caja, VAN, TIR y PAYBACK se muestran en la tabla 26:

Año	Ingresos	O&M	Beneficio					Flujo de caja	pay back
			Benef. Bruto	BAIT	BAT	Impuestos	Benef. neto		
0								-46,050	-46,050
1	9,423	425	8,998	8,998	8,998	1,170	7,829	7,829	-38,221
2	9,800	442	9,358	9,358	9,358	1,217	8,142	8,142	-30,080
3	10,192	460	9,733	9,733	9,733	1,265	8,467	8,467	-21,613
4	10,600	478	10,122	10,122	10,122	1,316	8,806	8,806	-12,807
5	11,024	497	10,527	10,527	10,527	1,368	9,158	9,158	-3,648
6	11,465	517	10,948	10,948	10,948	1,423	9,525	9,525	5,876
7	11,923	538	11,386	11,386	11,386	1,480	9,906	9,906	15,782
8	12,400	559	11,841	11,841	11,841	1,539	10,302	10,302	26,084
9	12,896	582	12,315	12,315	12,315	1,601	10,714	10,714	36,798
10	13,412	605	12,807	12,807	12,807	1,665	11,142	11,142	47,940
11	13,949	629	13,320	13,320	13,320	1,732	11,588	11,588	59,528
12	14,507	654	13,852	13,852	13,852	1,801	12,052	12,052	71,580
13	15,087	680	14,407	14,407	14,407	1,873	12,534	12,534	84,113

Tabla 27: resultado finales de evaluación financiera para sistema ACS

<sup>40</sup> Datos calculados en la tabla 19 que muestra las necesidades energéticas anuales.

14	15,690	708	14,983	14,983	14,983	1,948	13,035	13,035	97,148
15	16,318	736	15,582	15,582	15,582	2,026	13,556	13,556	110,705
16	16,971	765	16,205	16,205	16,205	2,107	14,099	14,099	124,804
17	17,650	796	16,854	16,854	16,854	2,191	14,663	14,663	139,466
18	18,356	828	17,528	17,528	17,528	2,279	15,249	15,249	154,715
19	19,090	861	18,229	18,229	18,229	2,370	15,859	15,859	170,574
20	19,853	895	18,958	18,958	18,958	2,465	16,493	16,493	187,068

Tabla 27: resultado finales de evaluación financiera para sistema ACS (Continuación)

Siendo el VAN y el TIR los siguientes:

**VAN 67,143 Dólares**  
**TIR 20.0%**

La tabla 26 muestra que la Inversión se recupera en el decimo año con un VAN de 67,143 dólares y una tasa de retorno TIR del 20%. Con una recuperación de acuerdo a la tabla 26 de diez años. Por lo tanto el proyecto es viable y rentable.

En el caso de una subvención o préstamos bancario considerado este de un 80% respecto a la inversión total, se concluye que el proyecto sigue siendo rentable y el tiempo de recuperación de la inversión se reduce, tal como se muestra en la tabla 27 y 28.

#### Detalles inversión

Inversión		1,084	US \$/m2	Ratio de interés		8.0%	
Aportación	20%	217	US \$/m2	Ratio de inflación		4.0%	
Financiación		867	US \$/m2	Tasa		7.0%	
Periodo de pago préstamo		10.0	años	Tiempo de amortización		10.0	años
Ahorro		9,423	US \$/año	Impuestos		13%	
Precio energía auxiliar		0.190000	US \$/kwh	O&M	2.5 %	10	US \$/m2 año
Pago deuda		87	US \$/m2 año	Amortización		4,605	US \$/año
Inversión	Materiales y equipo	40,500.00	US \$				
	MO	1,500.00	US \$	8.0%			
	Otros	4,050.00	US \$	10.0%			
		46,050.00	US \$				

Tabla 28: detalles de inversión del sistema ACS con financiación

ño	Ingresos	Mantto.	Financiación				Beneficio						Flujo de caja	pay back
			Deuda	Interés	Pago deud a	Amor tizaci ón	Benef. Bruto	BAIT	BAT	Impue stos	Benef. neto			
0													-9,210	-9,210
1	9,423	425	36,840	2,947	3,684	4,605	8,998	4,393	1,446	188	1,258	2,179	-7,031	
2	9,800	442	33,156	2,652	3,684	4,605	9,358	4,753	2,101	273	1,828	2,749	-4,282	
3	10,192	460	29,472	2,358	3,684	4,605	9,733	5,128	2,770	360	2,410	3,331	-952	
4	10,600	478	25,788	2,063	3,684	4,605	10,122	5,517	3,454	449	3,005	3,926	2,974	
5	11,024	497	22,104	1,768	3,684	4,605	10,527	5,922	4,153	540	3,613	4,534	7,509	
6	11,465	517	18,420	1,474	3,684	4,605	10,948	6,343	4,869	633	4,236	5,157	12,666	
7	11,923	538	14,736	1,179	3,684	4,605	11,386	6,781	5,602	728	4,874	5,795	18,461	
8	12,400	559	11,052	884	3,684	4,605	11,841	7,236	6,352	826	5,526	6,447	24,908	
9	12,896	582	7,368	589	3,684	4,605	12,315	7,710	7,120	926	6,195	7,116	32,023	
10	13,412	605	3,684	295	3,684	4,605	12,807	8,202	7,908	1,028	6,880	7,801	39,824	
11	13,949	629	0	0	0	0	13,320	13,320	1,732	11,588	11,588	51,412		
12	14,507	654	0	0	0	0	13,852	13,852	1,801	12,052	12,052	63,464		
13	15,087	680	0	0	0	0	14,407	14,407	1,873	12,534	12,534	75,997		
14	15,690	708	0	0	0	0	14,983	14,983	1,948	13,035	13,035	89,033		
15	16,318	736	0	0	0	0	15,582	15,582	2,026	13,556	13,556	102,589		
16	16,971	765	0	0	0	0	16,205	16,205	2,107	14,099	14,099	116,688		
17	17,650	796	0	0	0	0	16,854	16,854	2,191	14,663	14,663	131,350		
18	18,356	828	0	0	0	0	17,528	17,528	2,279	15,249	15,249	146,599		
19	19,090	861	0	0	0	0	18,229	18,229	2,370	15,859	15,859	162,459		
20	19,853	895	0	0	0	0	18,958	18,958	2,465	16,493	16,493	178,952		

Tabla 29: resultado finales de evaluación financiera para sistema ACS con financiación

Siendo el VAN y el TIR para este caso:

**VAN**                      **71,410 Dólares**

**TIR**                         **40.5%**

Siendo el período de recuperación de la inversión en el sexto año. El proyecto sigue siendo rentable.

## 11. PROPUESTA METODOLOGICA DE REPLICACION

### 11.1 Generalidades

Aprender de las experiencias propias y ajenas para replicar el conocimiento generado, permite tomar mejores decisiones, evita errores innecesarios y, en definitiva, aumenta la efectividad en nuestro quehacer técnico para proyectos de gestión de energías renovables.

Se ha empezado a estructurar este conocimiento bajo el concepto de “buenas prácticas”, entendido éste como la forma particular de llevar a cabo una determinada actividad. La réplica de buenas prácticas se hace mediante varios mecanismos que van desde la ayuda de expertos en el tema de energías renovables, hasta la documentación y estructuración del conocimiento que en este proyecto hemos desarrollado. Para tener claro la aplicación del concepto “Replicación” es importante definir previamente dos conceptos:

**Proyecto:** Es “un conjunto de actividades, recursos y responsabilidades individuales e institucionales orientadas al logro de uno o más objetivos durante un determinado período”. Un proyecto de aplicación de recursos de energías renovables propone la intervención, coordinación y desarrollo de un conjunto de actividades en pos del logro de un objetivo o metas, que se llevan a cabo por una(s) institución(es) responsable(s).

**Práctica:** Es “el conjunto de políticas, normas, reglas y procedimientos -escritos o no- que permiten la ejecución de una actividad de gestión. Incluye, en particular, todos los aspectos de una actividad que implican la toma de decisiones y los métodos asociados: modelos matemáticos, heurísticos, modelos conceptuales, análisis económicos, técnicas de seguimiento, etc. De esta forma, las prácticas están asociadas a las actividades, y son una forma específica para llevarlas a cabo.

Establecidas estas dos definiciones se aclara por qué es complicado replicar el conocimiento que se documenta como proyecto ya que para replicar un proyecto se requiere que:

1. El área donde se replicará sea igual a la original donde está documentada, para este efecto nos referimos a un centro de atención de primer nivel en un primer momento, con desarrollo futuro de atención de salud a segundo nivel.
2. El contexto administrativo y organizacional en funciones a cumplir debe ser similar ya que la carga de trabajo y tecnología aplicada debe ser equivalente.
3. Las habilidades y liderazgos de los encargados del proyecto se conjuguen en forma equivalente en las nuevas situaciones a implementar.

Elementos generales de arquitectura bioclimática para la evaluación de la replicación<sup>41</sup>:

1. Identificar la orientación del edificio con respecto al norte de su ubicación.
2. Disposición de ventanales respecto a los vientos predominantes en el sitio de emplazamiento.
3. Evaluación bioclimática de espacios de interés para sustitución por energías renovables según el estudio realizado al Cetro Medico (farmacia, recepción, consultorios, salas de espera, pasillos internos, servicios sanitarios, entre otros sitios evaluados).
4. Análisis de zonificación para la identificación de áreas con fines de emplazamiento de paneles solares de generación eléctrica o térmica.

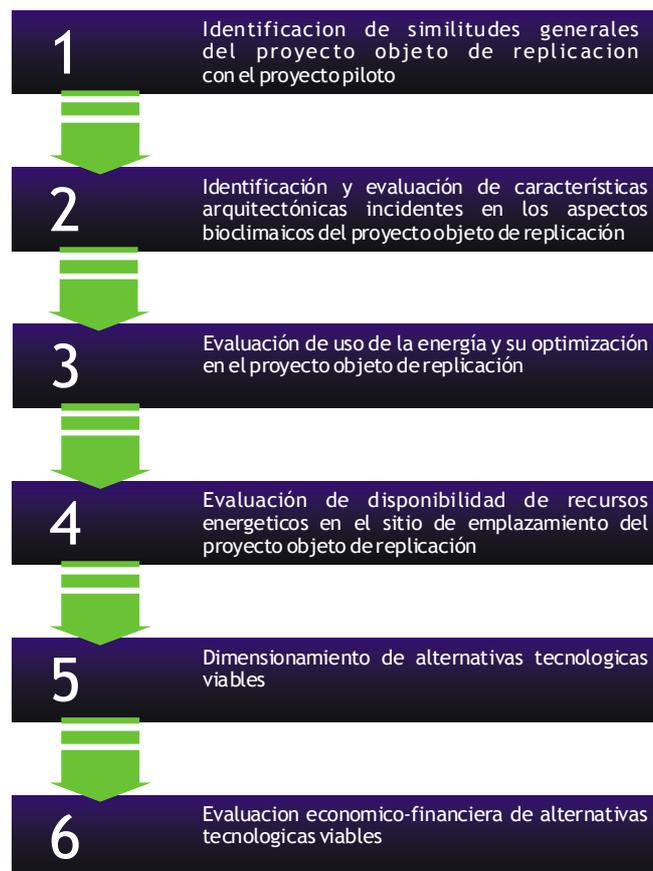
---

<sup>41</sup> Elementos utilizados en el análisis del capítulo siete y que forman parte de los criterios de evaluación para la replicación

Por lo anterior es importante mencionar que la metodología a desarrollar dependerá del criterio técnico a la hora de evaluar posibilidades de replicación, ya que la conjugación de criterios como consumo energético, procedimientos clínicos efectuados, infraestructura existente en el emplazamiento, tecnologías a utilizar, entre otras variables, dependerán de cómo la investigación desarrollada en este documento pueda incidir a nivel metodológico en buenas prácticas en el diseño propuesto, para suplir y cumplir objetivos de demostrar factibilidad y posibilidad de plantear opciones de optimización de sistemas energéticos.

No obstante se presenta un esquema de replicación para facilitar un método adecuado para el abordaje de buenas prácticas de evaluación y criterios de aplicación para la optimización y evaluación de tecnología.

### ESQUEMA DE REPLICACION



Así mismo ejemplos de criterios que deben ser considerados en el análisis técnico, identificando las ventajas que representa aplicar tecnologías renovables, se mencionan en los siguientes procedimientos:

### 11.2 Iluminación interior: de cálculo de potencia Instalada

- a. Cuando se trata de analizar la iluminación interior en cualquier edificio se debe decidir la iluminancia necesaria para cada espacio en función de las necesidades o los usos que se quieren obtener de la misma. De tal forma que ya existen inmensidad de datos tabulados en función de actividades relacionadas que van a existir en cada edificio.
- b. Por lo tanto a partir del conocimiento del área superficial (S) de cada espacio considerado en la infraestructura del edificio de análisis, se calcula el flujo de luz necesario de la siguiente forma:

$$I = \frac{E}{S}$$

En donde:

I(Lumen): Unidad de flujo de luz (unidad de potencia)

E(Lux): Unidad de Iluminancia (E)<sup>42</sup>

S: Área superficial

- c. Sabiendo la relación entre la potencia y la luminosidad de la luminaria a instalar se obtiene la potencia a instalar en cada espacio.

Si se hace este cálculo en forma inversa permite conocer cual es la luminancia que hay en cada espacio a partir de la potencias y luminancias instaladas.

---

<sup>42</sup> Flujo de luz recibido por una superficie (1 Lux = 1lumen/m<sup>2</sup>)

### 11.3 Procedimiento de cálculo de consumos de edificios.

Para éste caso los parámetros que se necesitan para evaluar el consumo de cualquier edificio son: la potencia (W), las horas de uso(h) de la energía en cada edificio y los factores de uso(f) de tal forma:

$$\text{Consumo} = W \cdot h \cdot f$$

Generalmente el consumo se calcula por año, es decir para 365 días, de tal forma que las horas de la formula anterior corresponde al total de horas de uso en un año.

Ahora bien las horas de uso diarias se toman en cuenta en función de las necesidades de cada edificio que se analiza.

El factor de uso para cada edificio se evalúa en función del conocimiento de qué luminarias y equipos están conectados durante las horas de uso. Se puede calcular como:

$$f = \frac{\sum P_i \cdot h_i}{P_T \cdot h_T}$$

Donde “Pi” es la potencia de cada unidad inseparable (equipos, iluminación de cada espacio o luz siempre encendida), “hi” es las horas diarias de uso de la misma(Evaluadas según los mismos criterios descritos anteriormente para las horas de cada edificio), “PT” es la potencia total del edificio y “hT” las horas totales de uso.

#### 11.4 Estimación de Electrificación por espacios utilizado.

Este análisis permite planear una aproximación de las necesidades energéticas de una instalación a partir de información de datos de potencia y consumo que se conocen de otra edificación similar, como es el caso práctico que se realiza en este proyecto con los datos técnicos de información con que se cuenta del Centro Médico David V. King y la forma de replicarlos para otro edificio similar.

- a. Partiendo de las áreas de los edificios y las potencias de la instalación conocida se puede calcular la potencia por unidad de área ( $K_1$ ).

$$K_1 = \frac{\sum Potencias}{\sum Áreas}$$

- b. De igual forma para los consumos se desarrolla de la misma manera y se obtiene el consumo por unidad de área ( $K_2$ ).
- c.

$$K_2 = \frac{\sum Consumos}{\sum Áreas}$$

- d. Por lo tanto para conocer la nueva información de potencia y consumo de cualquier edificio, únicamente se debe conocer el área del edificio al cual queremos replicar. Siendo la forma de cálculo:

$$P = K_1 \cdot A$$

$$C = K_2 \cdot A$$

### 11.5 Número de Luminarias: Método de Watt por metro cuadrado.

Para utilizar este método es necesario conocer o tener la idea de la carga, número de lámparas y luminarios necesarios de un proyecto ya establecido. Para el caso particular del proyecto se parte de las instalaciones eléctricas del Centro Médico David. V. King.

Los pasos que se deben seguir son:

1. Determinar las dimensiones del espacio a analizar, las características de la lámpara y el nivel de iluminación deseado.
2. Se calcula un factor que se denomina “Índice del cuarto” mediante la siguiente expresión:

$$IC = \frac{(L)(A)}{H(L + A)}$$

Donde:

H: Altura del montaje (distancia entre el plano de trabajo y la lámpara).

L: Largo del espacio analizado

A: Ancho del espacio analizado

3. Obtener el índice de utilización (CU), el factor de depreciación de la lámpara y el factor de depreciación por suciedad del luminario (Estos datos se obtienen de tablas de los fabricantes). Con esta información se obtiene el factor de mantenimiento (FM).

4. Se utiliza la siguiente expresión matemática para obtener el flujo luminoso necesario en el espacio por iluminar.

$$F = \frac{(E)(S)}{(CU)(FM)}$$

Donde:

S: Superficie en m<sup>2</sup>

F: Flujo total

5. Finalmente dividimos el flujo luminoso calculado entre los lúmenes emitidos por lámparas, para obtener el número de lámparas necesarios.

6. Para determinar el factor de watts/m<sup>2</sup> se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Watts/m}^2 \text{ (para x luxes)} = \frac{\text{No. de lámparas} \times \text{potencia de las lámparas}}{\text{área por iluminar}}$$

#### 11.6 Proceso de estimación de demanda en un SFV.

- a. Si se conoce la irradiación solar que se puede aprovechar de cualquier zona que se quiere aplicar esta tecnología, para dicha área o lugar se puede evaluar la energía producida por unidad de superficie y tiempo (E, kWh/m<sup>2</sup>/día) de panel fotovoltaico.

$$E = G \cdot f$$

Donde G es la irradiación diaria solar media aprovechable, (kwh/m<sup>2</sup>/día) y “f” es la eficiencia del panel fotovoltaico.

- b. Multiplicando por el área o superficie de captación (S, m<sup>2</sup>) se obtiene la energía producida en total por día. Teniendo en cuenta el rendimiento del sistema de almacenamiento ( $\eta_{bat}$ ), considerando también el rendimiento del resto de equipos de control ( $\eta_{sist}$ ) y multiplicando por 365 días se obtiene la energía producida en un año ( $E_u$ , kwh/año) por el sistema fotovoltaico.

$$E_u = 365 \cdot E \cdot S \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{sist}$$

### 11.7 Proceso de dimensionamiento y capacidad de baterías de un SFV.

- a. Ya establecido el consumo diario ( $E_u$ , Wh/día) se calcula la energía necesaria a acumular ( $E_{ac}$ , Wh/día), para éste cálculo debe considerarse las pérdidas de las baterías y del sistema fotovoltaico.

$$E_{ac} = \frac{E_u}{\eta_{bat} \eta_{sist}}$$

- b. La capacidad de acumulación en las baterías (C, Ah) depende de los días de autonomía(N), la profundidad de descarga del sistema (Pd), del voltaje de trabajo de la batería (V) y de la energía a almacenar. Es capacidad de las baterías se dimensiona aplicando la siguiente expresión matemática:

$$C = \frac{E_{ac} \cdot N}{V \cdot p_d}$$

- c. Por lo tanto para establecer el número de baterías necesario(M) del sistema se procede calculando la siguiente relación:

$$M = \frac{C}{c}$$

Donde “c” es la capacidad de cada batería en Ah, y cuyo resultado siempre de redondearse al número inmediatamente superior.

## 8. ANALISIS DE RESULTADOS

1. El Centro Médico David V. King de acuerdo con los resultados de las visitas e investigación de campo realizadas, así como también tomando de referencias las normativas españolas sobre arquitectura bioclimática, se afirma que dicho centro no posee condiciones de eco-eficiencia adecuadas para el clima de la zona donde está emplazado, que permitan minimizar el consumo energético de dicho edificio.
2. A la fecha dicho centro médico presenta en términos de demanda energética un consumo eléctrico mucho menor del estipulado que para un Centro Médico de segundo nivel de atención, a pesar de eso los criterios de aplicación de gestión de energías renovables son validos para aplicarse en sistemas médicos de primero y segundo nivel de atención.

3. Dentro del proceso de viabilidad de utilizar tecnologías que aprovechen recursos renovables para la aplicación por sustitución de energía eléctrica y térmica para el Centro Médico David V. King, se verificó la viabilidad de aplicar únicamente la energía solar tanto fotovoltaica como térmica desde el punto de criterio técnico, ya que el criterio financiero nos indica que habrá viabilidad hasta que existan condiciones y normativas favorables para la implementación de esta tecnología.
  
4. Según el presente estudio, la sustitución de tecnologías convencionales de generación de energía por otras más eficientes y ecológicas no es rentable para consumos de baja demanda energética a la fecha, ya que, por ejemplo, si se toma de base los sistemas fotovoltaicos del caso en cuestión, el costo de generación de energía eléctrica US\$/kWh de generación es mayor que el costo de generación de energía eléctrica convencional suministrada a través de la red eléctrica en El Salvador. Esto quedó demostrado en el estudio de evaluación económica que se realizó en el caso práctico del Centro Médico David V. King.
  
5. En el caso específico del diseño arquitectónico del Centro Médico David V. King, se evidenció que si bien es un diseño ya implementado en otro país, éste no está acondicionado para el aprovechamiento de recursos tales como: solar, biomásico, eólico, entre otras potenciales fuentes de energía primaria propias del zona del emplazamiento; lo anterior tiene como base el tipo de materiales utilizados en la construcción del edificio, el concepto original para el cual fue diseñado y su objetivo (uso clínico) y el clima de la zona para el cual fue diseñado, el cual contrasta con los objetivos que en Jucuapa se desean servir desde un primer nivel de atención en primera fase de trabajo, hasta un segundo nivel de atención en fase final; hacen que baje la eficiencia del diseño y e incrementen los costes de operación.

6. A nivel general la orientación del edificio con respecto al eje norte-sur del lugar es uno de los problemas que generalmente se encuentran ya que no siempre es posible escoger la orientación de un edificio; generalmente los edificios se construyen siguiendo los tramos de las carreteras, olvidándose de la orientación que este debería tener en forma ideal con respecto al movimiento aparente del Sol (Orientación norte-sur). Aún así, en cualquier estudio que se realice no se debe renunciar a pensar en el edificio para aprovechar la relación con cada una de las orientaciones que este presenta, sea cual sea su orientación principal dada. Y este es el ejemplo práctico del Edificio del Centro Médico David V. King, la cual no presenta una orientación adecuada para el máximo aprovechamiento de la luz natural, a parte de su arquitectura que no está pensada para esos fines.

## **9. RECOMENDACIONES**

Antes de aplicar recomendaciones es importante reflexionar y pensar que para asegurar la diversificación del abastecimiento energético de El Salvador y proteger el medio ambiente de una mayor degradación, constituye fuertemente como prioridad el fomentar la utilización tecnología que aprovechen fuentes de energías renovables. El problema aparece cuando se comprueba la dificultad de aplicar este tipo de tecnologías en el país, dado que posee un mercado no maduro en comercializar este tipo de tecnologías, de un recurso tecnológico que a pesar de estar bien desarrollado, aun no logra cubrir las expectativas económica del inversionista que pueda apostar a la implantación de esta tecnología en el país.

Así mismo se observa poca concientización ambiental en la sociedad y de una elevada tendencia hacia la adopción de soluciones más inmediatas como la utilización energía fósil por su relativo bajo costos de instalación y operación, entre otras muchas condicionantes que se encuentran tanto en El Salvador, como en el resto de Centro América.

Todos estos factores provocan que para situar las energías renovables en un nivel plenamente comercial y que este sea competitivo, aún haga falta una serie de medidas que hemos constatado en este estudio de investigación, por lo que brindaremos una serie de recomendaciones y medidas que aseguren una mejor penetración de estas tecnologías en el futuro, para ambientes clínico-hospitalarios, que tanto necesitan alternativas energéticas, y entre éstas se puede mencionar:

1. El Sistema Nacional de Salud de El Salvador necesita iniciar un desarrollo, cumplimiento y seguimiento de las iniciativas de mejora de eficiencia energética a nivel de normas internas de la utilización de la energía, ya que existen áreas que demandan mucho recurso por la utilización continua del mismo, en luminarias u otras cargas de uso frecuente y no crítico.
2. Se recomienda la introducción de tecnologías en energías renovables en edificios hospitalarios además de la aplicación de conceptos bioclimáticos en los mismos, así como todo tipo de medida de ahorro energético ya que estas suponen una mejora directa del impacto ambiental y un empuje para la implementación de este tipo de tecnologías en ambientes muy demandantes de energía.
3. Se observa en la mayoría del personal clínico y administrativo de un hospital, falta de conocimiento pleno en beneficios de tecnologías renovables (uso efectivo y optima aplicación) por lo que se ve necesario recomendar a nivel gubernamental la aplicación de Políticas Nacionales que promuevan la importante función que pueden desempeñar los diversos tipos de energía renovable en general (sistemas fotovoltaicos y térmicos solares en particular), en edificaciones de atención masiva de nuestra población, como son los hospitales, hoteles, edificios de oficinas, escuela, centros comerciales, entre otros.

5. El estudio no define cifras absolutas de aplicación tecnológica, sino que estima posibles tendencias, metas viables en ambientes clínicos y compromisos necesarios para el mejoramiento de la seguridad y
4. Se recomienda plenamente el uso de sistemas termosolares en ambientes en donde se necesita agua caliente sanitaria, como es el caso de consultorios, baños de hospitalización, lavandería y ambientes de lavado quirúrgico, entre otros, en donde frecuentemente se utiliza este tipo de insumo para procedimientos de cuidados de la salud de los pacientes. El Umbral de dicha recomendación tiene como base un aspecto técnico relacionado con el porcentaje de cobertura de la demanda de agua caliente sanitario (ACS) necesaria para satisfacer toda la demanda actual y prevista a futuro del Centro Médico usando captadores solares, contra un aspecto económico relacionado con la inversión necesaria para la implementación de dicho proyecto. Por tanto el umbral se obtendrá cuando los ingresos de flujo de caja (ahorros en consumo de energía eléctrica) compense la inversión hecha para montar los sistemas de captación solar para ACS que remplace el sistema convencional, (actualmente calentadores eléctricos de efecto Joule a 110 voltios), y satisfaga criterios económicos mínimo exigidos por el promotor del proyecto, para el caso: financiación del 80%, TIR > 40,5% (más de tres veces la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) exigida por muchas empresa locales) ; VAN > 71 y tiempo de recuperación de la inversión de 6 años.

## 10. CONCLUSIONES.

1. en un análisis energético de un edificio la orientación y protección solar se vuelve de vital importancia por el impacto que ambos factores presentan en el análisis energético del mismo.

2. Para que un sistema fotovoltaico autónomo o acoplado a red sea rentable, se requiere de un marco legal y tarifario que asegure su sostenibilidad; Así mismo a medida se logren avances tecnológicos se optimizaría el recurso aumentando la viabilidad de la tecnología y por tanto una mayor penetración en el mercado salvadoreño.
3. Se observa que los sistemas fotovoltaicos conectados a red respecto a los sistemas aislados o autónomos, apuntan con una mayor viabilidad a ser implementados, a medida la tecnología disminuya en costos y se formulen nuevas políticas energéticas de subvención que permitan amortiguar los costos iniciales de inversión.
4. Para la zona de emplazamiento del Centro Médico David V. King, no es viable el uso de recurso eólico y de biomasa como fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica como medio de sustitución ya que estas presentan, a la fecha de este estudio, altos costos de operación, implementación y baja disposición de recursos para su funcionabilidad.
5. Se demuestra que los sistemas de agua caliente sanitaria o ACS, son viables dada la sustitución energética que se podría cubrir en sistemas hospitalarios; sus bajos costos de operación e instalación, le permiten ser un sistema ventajoso y rentable para su implementación.
6. Todo tipo de construcción se diseña para consumir diferentes niveles energéticos según su función de diseño y su utilidad, por lo que las medidas que se tomen pueden tener una gran repercusión en un sector de gran importancia para la economía Salvadoreña como es la salud; es necesario por ello pensar en un contexto de aplicación real de conceptos bioclimáticos, que enfoquen el ahorro energético para optimizar recursos y promoción de mejores diseños arquitectónicos.

7. En general debido a que la demanda energética se va incrementando gradualmente en el tiempo, es necesario siempre estar atentos y desarrollar prospectivas de visión a corto, mediano y largo plazo sobre nuevos escenarios energéticos para El Salvador, en el que se impulse especialmente el ahorro, la eficiencia energética y el uso de fuentes de generación de energía renovables, todo esto a través de un marco legal y tarifario que aseguren su sostenibilidad y rentabilidad al promotor de proyectos.

## 11. ANEXOS

### Anexo 01: Datos meteorológicos para la zona de Jucuapa Usulután<sup>43</sup>.

Jucuapa, Departamento Usulután  
El Salvador, Centroamérica

Latitud **13.78** / Longitud **-88.67**.

Promedio mensual de Insolación incidente sobre una superficie horizontal (Wh/m <sup>2</sup> /day)													
Lat 13.78 Lon -88.67	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
22-year Average	5.64	6.16	6.50	6.40	5.78	5.75	6.27	6.17	5.29	5.34	5.47		5.39

Promedio de temperature del aire mensual a 10 metros de altura ( °C)													
Lat 13.78 Lon -88.67	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	24.8	25.7	26.2	26.8	26.0	25.3	25.6	25.6	24.9	24.7	24.7	24.7	25.4
Minimum	21.6	22.3	23.1	24.1	23.8	23.2	22.9	22.9	22.7	22.4	22.0	21.7	22.7
Maximum	28.2	29.1	29.5	29.8	28.5	27.8	28.8	28.8	27.6	27.4	27.8	28.1	28.4

Promedio mensual de la velocidad del viento a 50 m arriba de la superficie (m/s)													
Lat 13.78 Lon -88.67	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
10-year Average	6.78	6.41	5.71	5.35	4.86	4.76	5.22	4.97	4.26	5.30	5.76	6.38	5.47

Promedio mensual de velocidad del viento a 10 m arriba de la superficie (m/s)													
Lat 13.78 Lon -88.67	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
10-year Average	5.36	5.05	4.51	4.23	3.84	3.76	4.12	3.93	3.37	4.19	4.55	5.04	4.32

Promedio mensual de la humedad relativa (%)													
Lat 13.78 Lon -88.67	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	59.6	57.2	57.3	60.4	72.2	78.2	72.5	73.8	78.8	76.5	69.1	63.3	68.3

Promedio mensual de horas de luz solar (horas)													
Lat 13.78	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	

<sup>43</sup> NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables

Lon -88.67												
Average	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	12.9	12.8	12.5	12.2	11.8	11.5	11.3

**Anexo 02: Plano de Luminarias y Áreas de selección para sustitución por energía solar fotovoltaica.**



### Anexos 03: Facturación de Energía Centro Médico David V. King.

No. IDENTIFICACION DE CONTRATO		PERIODO FACTURADO		RESUMEN DE PAGO		FACTURA	
Indique este número cuando se comunique con nosotros		DESDE	16/10/2011	TOTAL EEO	\$ 1,055.67	SERIE B No.000000023521675	
NIC 5350913		HASTA	16/11/2011	TOTAL OTROS SERVICIOS	\$ 0.00	REGISTRO No.90597-6	
NIS 5316744		DIAS FACTURADOS	31	TOTAL ALCALDIA	\$ 0.00	NIT:0614-161195-103-0	
		MES FACTURADO	11/2011			GIRO:Gen.y Dist.de Energía Eléctrica	
		FECHA EMISION	17/11/2011			FECHA DE VENCIMIENTO	
		CONSUMO KWH	3,684.10	TOTAL A PAGAR \$	1,055.67	29/11/2011	

TARIFA APLICADA	LECTURA	MEDIDOR INSTALADO	MEDIDOR LEVANTADO	HISTORIAL DE CONSUMO EN KWH DE LOS ÚLTIMOS 6 MESES	
INICIO	TIPOS	LECTURAS	LECTURAS		
FINAL		ACTUAL ANTERIOR CONSUMO	ACTUAL ANTERIOR CONSUMO		
ENERGIA 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	HORA PUNTA (18:00-22:59H)	27.00 23.65 863.68		2574	
PUNTA 0.000000 0.000000 0.000000 0.181509	HORA VALLE (23:00-04:59H)	34.00 29.84 1124.05		2145	
VALLE 0.000000 0.000000 0.148568 0.000000	HORA RESTO (05:00-17:59H)	46.00 39.42 1696.39		1716	
RESTO 0.180974 0.000000 0.000000 0.000000	DEMANDA	0.09 0.08 23.20		1287	
DEMANDA 0.000000 13.440811 0.000000 0.000000	FACTOR DE POTENCIA	99.00 99.00 99.00		858	
				429	

DATOS DEL SUMINISTRO				CAPACIDAD DEL SUMINISTRO		
Energía Punta HT	10500632	254.00	KWH	1.50	Potencia Demandada	220.00 KW
Energía Valle HT	10500632	254.00	KWH	1.50	Demanda facturada	23.20 KW
Energía Resto HT	10500632	254.00	KWH	1.50	Capacidad leída	23.20 Kw
Dem. max. HT	10500632	254.00	KW	1.50		

CONSUMO	1	2	3	4	5	6
CONSUMO	2,574.10	2,072.50	1,804.70	1,500.50	2,291.50	2,574.10
FECHA LEC.	16/09/2011	16/09/2011	16/07/2011	16/08/2011	16/09/2011	16/10/2011
PROMEDIO ULTIMOS 6 MESES EN KWH 2,199.00						

### Anexos 04: Evaluación económica de proyectos propuestos

#### a. Aplicación fotovoltaica aislada de red.

EVALUACIÓN ECONOMICA							
Periodo de Estudio		20 años					
Tasa de Descuento		8%					
Descripción	Tamaño	Capacidad del Sistema		Año	Costo	Valor Presente	US\$/Wp
		Unidad	Costo/Unidad (US \$ wp)				
<b>1 Costo de Capital</b>				0			
a Conjunto de Paneles	5,980	W	4.30	0	\$25,714.00	\$25,714.00	
b Banco de Baterías	1,950	Ah	2.44	0	\$4,761.90	\$4,761.90	
c Regulador	140	A	8.58	0	\$1,201.20	\$1,201.20	
d Inversor	6,000	W	1.27	0	\$7,603.20	\$7,603.20	
e Mano de obra		15%			\$6,931.82	\$6,931.82	
f Transporte		15%			\$6,931.82	\$6,931.82	
g Instalación		5%		0	\$2,067.38	\$2,067.38	
<b>SubTotal</b>					\$55,211.32	\$55,211.32	\$9.20
g Apoyo a la Inversión		\$0.00			\$0.00	\$0.00	
<b>Total</b>					\$55,211.32	\$55,211.32	\$9.23
<b>2 Costo de Operación y Mantenimiento Anual</b>			1%	20	\$552.11	\$5,420.73	
<b>3 Reemplazos</b>							
a Banco de Baterías				5	\$4,761.90	\$3,240.87	
b Banco de Baterías				10	\$4,761.90	\$2,205.68	
c Banco de Baterías				15	\$4,761.90	\$1,501.15	
d Regulador				10	\$1,201.20	\$556.39	
e Inversor				10	\$7,603.20	\$3,521.75	
<b>4 Valor de Rescate</b>				20	\$0.00	\$0.00	
<b>COSTO TOTAL DE CICLO DE VIDA UTIL:</b>						<b>\$71,657.89</b>	<b>\$11.98</b>

**Sistema Solar FV**

CAE = Costo Anual Equivalente

	Tasa Descuento	Valor Presente	CAE egresos	años	kWh/año	US\$/kWh
Inversión	8%	\$71,657.89	\$7,298.51	20	7,361	\$0.99
Costo Evitado (electricidad)	8%	\$14,455	\$1,472	20	7,361	\$0.200
Ingreso por Subsidio	8%	\$0	\$0	20	7,361	\$0.000
<b>Subtotal</b>		<b>\$14,455</b>	<b>\$1,472</b>			<b>\$0.200</b>

	CAE neto
<b>Total Proyecto</b>	<b>-\$57,203</b>
	<b>-\$5,826</b>
	<b>-\$0.791</b>

	Egresos	Ingresos	Neto	
0	\$55,211		-\$55,211	-\$55,211
1		\$1,472	\$1,472	-\$53,848
2		\$1,472	\$1,472	-\$52,586
3		\$1,472	\$1,472	-\$51,417
4		\$1,472	\$1,472	-\$50,335
5	\$4,762	\$1,472	-\$3,290	-\$52,574
6		\$1,472	\$1,472	-\$51,646
7		\$1,472	\$1,472	-\$50,787
8		\$1,472	\$1,472	-\$49,992
9		\$1,472	\$1,472	-\$49,255
10	\$13,566	\$1,472	-\$12,094	-\$54,857
11		\$1,472	\$1,472	-\$54,226
12		\$1,472	\$1,472	-\$53,641
13		\$1,472	\$1,472	-\$53,100
14		\$1,472	\$1,472	-\$52,598
15	\$4,762	\$1,472	-\$3,290	-\$53,635
16		\$1,472	\$1,472	-\$53,206
17		\$1,472	\$1,472	-\$52,808
18		\$1,472	\$1,472	-\$52,439
19		\$1,472	\$1,472	-\$52,098
20		\$1,472	\$1,472	-\$51,782
		VPN	B/. -51,782.33	
		Tasa	8%	

## b. Aplicación fotovoltaica conectada a red.

Para la evaluación económica se obtuvieron los siguientes resultados:

### b.1 Parámetros de análisis:

**Los parámetros a manejar son las celdas con los caracteres en color rojo**

Potencia nominal instalada en Kw	30	→ La producción de Kwh en primer año será:	69,000
Potencia instalada en wp	33,600		
Precio del wp instalado	\$5.50		
Coste de la planta fotovoltaica	\$184,800.00		
IGIC de la planta fotovoltaica	\$0.00		
Total desembolso	\$184,800.00		
Horas anuales de radiación	2,300		
Precio del Kwh facturado	\$0.19	→ La facturación del primer año será:	\$13,110
Año inicial de producción	2,013		
Merma acumulable de la instalación en 20 años	10.00%	→ La producción de Kwh en último año será:	62,100
IPC medio esperado	4.00%		
Costo del préstamo	8.00%	→ Financia el 80% de la inversión	
Comisión de apertura del préstamo	0.10%	→ El préstamo es a 10 años	
Porcentaje de la inversión que se financia	80.00%		
Costo arrendamiento de la superficie	0.00%	→ Calculado sobre la facturación	
Tipo medio impositivo	13.00%		
Dot. anual reserva + coste anual mantenimiento	1.00%	→ Calculado sobre el valor del proyecto y durante la vida del préstamo y revalorizable por IPC menos 1%	
Tasa revalorización del Precio Kwh hasta el 2.015	3.50%		
Tasa revalorización del Precio Kwh desde el 2.016	3.25%		
<b>REPARTO DE LA FINANCIACIÓN DE LOS \$184,800</b>		→ Con recursos propios:	\$36,960
		→ Con recursos ajenos:	\$147,840

### b. Producción:

Año	Producción en Kwh	Tarifa € X Kwh	Facturación anual	Gastos de Arrendamiento	Gastos de mantenimiento	Costes financieros	Amortización contable	BAI	Cuota/crédito fiscal
2,013	69,000	0.1900	\$13,110.00	\$0.00	\$1,848.00	\$11,611.45	\$36,960.00	-\$37,309.45	-\$4,850.23
2,014	68,713	0.1967	\$13,512.31	\$0.00	\$1,903.44	\$10,628.56	\$29,568.00	-\$28,587.69	-\$3,716.40
2,015	68,425	0.2035	\$13,926.73	\$0.00	\$1,960.54	\$9,724.21	\$23,654.40	-\$21,412.42	-\$2,783.61
2,016	68,138	0.2107	\$14,353.60	\$0.00	\$2,019.36	\$8,744.79	\$18,923.52	-\$15,334.07	-\$1,993.43
2,017	67,850	0.2175	\$14,757.56	\$0.00	\$2,079.94	\$7,684.08	\$15,138.82	-\$10,145.28	-\$1,318.89
2,018	67,563	0.2246	\$15,172.62	\$0.00	\$2,142.34	\$6,535.34	\$12,111.05	-\$5,616.11	-\$730.09
2,019	67,275	0.2319	\$15,599.06	\$0.00	\$2,206.61	\$5,291.24	\$9,688.84	-\$1,587.63	-\$206.39
2,020	66,988	0.2394	\$16,037.20	\$0.00	\$2,272.81	\$3,943.89	\$7,751.07	\$2,069.43	\$269.03
2,021	66,700	0.2472	\$16,487.35	\$0.00	\$2,340.99	\$2,484.71	\$6,200.86	\$5,460.79	\$709.90
2,022	66,413	0.2552	\$16,949.81	\$0.00	\$2,411.22	\$904.42	\$4,960.69	\$8,673.48	\$1,127.55
2,023	66,125	0.2635	\$17,424.92	\$0.00	\$2,483.56		\$3,968.55	\$10,972.81	\$1,426.47
2,024	65,838	0.2721	\$17,913.01	\$0.00	\$2,558.06		\$3,174.84	\$12,180.10	\$1,583.41
2,025	65,550	0.2809	\$18,414.41	\$0.00	\$2,634.81		\$12,699.36	\$3,080.25	\$400.43
2,026	65,263	0.2901	\$18,929.49	\$0.00	\$2,713.85			\$16,215.64	\$2,108.03
2,027	64,975	0.2995	\$19,458.60	\$0.00	\$2,795.27			\$16,663.33	\$2,166.23
2,028	64,688	0.3092	\$20,002.11	\$0.00	\$2,879.12			\$17,122.98	\$2,225.99
2,029	64,400	0.3193	\$20,560.39	\$0.00	\$2,965.50			\$17,594.89	\$2,287.34
2,030	64,113	0.3296	\$21,133.83	\$0.00	\$3,054.46			\$18,079.37	\$2,350.32
2,031	63,825	0.3403	\$21,722.83	\$0.00	\$3,146.10			\$18,576.73	\$2,414.98
2,032	63,538	0.3514	\$22,327.79	\$0.00	\$3,240.48			\$19,087.31	\$2,481.35
<b>TOTALES</b>			<b>\$347,793.62</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$49,656.45</b>	<b>\$67,552.70</b>	<b>\$184,800.00</b>	<b>\$45,784.47</b>	<b>\$5,951.98</b>

c. Tesorería

Año	BAI	Amortización contable	Cuota/crédito fiscal	Amortización préstamo	Devolución IGIC	Saldo a caja	Tesorería acumulada
2,013	-\$37,309.45	\$36,960.00	-\$4,850.23	\$10,060.87	\$0.00	-\$5,560.10	-\$5,560.10
2,014	-\$28,587.69	\$29,568.00	-\$3,716.40	\$10,895.92	\$0.00	-\$6,199.21	-\$11,759.31
2,015	-\$21,412.42	\$23,654.40	-\$2,783.61	\$11,800.28	\$0.00	-\$6,774.69	-\$18,534.00
2,016	-\$15,334.07	\$18,923.52	-\$1,993.43	\$12,779.70	\$0.00	-\$7,196.82	-\$25,730.81
2,017	-\$10,145.28	\$15,138.82	-\$1,318.89	\$13,840.40	\$0.00	-\$7,527.98	-\$33,258.79
2,018	-\$5,616.11	\$12,111.05	-\$730.09	\$14,989.15	\$0.00	-\$7,764.11	-\$41,022.91
2,019	-\$1,587.63	\$9,688.84	-\$206.39	\$16,233.24	\$0.00	-\$7,925.64	-\$48,948.54
2,020	\$2,069.43	\$7,751.07	\$269.03	\$17,580.59	\$0.00	-\$8,029.11	-\$56,977.66
2,021	\$5,460.79	\$6,200.86	\$709.90	\$19,039.77	\$0.00	-\$8,088.03	-\$65,065.69
2,022	\$8,673.48	\$4,960.69	\$1,127.55	\$20,620.07	\$0.00	-\$8,113.45	-\$73,179.14
2,023	\$10,972.81	\$3,968.55	\$1,426.47	\$0.00	\$0.00	\$13,514.90	-\$59,664.24
2,024	\$12,180.10	\$3,174.84	\$1,583.41	\$0.00	\$0.00	\$13,771.53	-\$45,892.72
2,025	\$3,080.25	\$12,699.36	\$400.43	\$0.00	\$0.00	\$15,379.18	-\$30,513.54
2,026	\$16,215.64	\$0.00	\$2,108.03	\$0.00	\$0.00	\$14,107.61	-\$16,405.93
2,027	\$16,663.33	\$0.00	\$2,166.23	\$0.00	\$0.00	\$14,497.10	-\$1,908.83
2,028	\$17,122.98	\$0.00	\$2,225.99	\$0.00	\$0.00	\$14,897.00	\$12,988.16
2,029	\$17,594.89	\$0.00	\$2,287.34	\$0.00	\$0.00	\$15,307.55	\$28,295.72
2,030	\$18,079.37	\$0.00	\$2,350.32	\$0.00	\$0.00	\$15,729.05	\$44,024.77
2,031	\$18,576.73	\$0.00	\$2,414.98	\$0.00	\$0.00	\$16,161.76	\$60,186.53
2,032	\$19,087.31	\$0.00	\$2,481.35	\$0.00	\$0.00	\$16,605.96	\$76,792.49
<b>TOTALES</b>	<b>\$45,784.47</b>	<b>\$184,800.00</b>	<b>\$5,951.98</b>	<b>\$147,840.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$76,792.49</b>	<b>\$76,792.49</b>

d. Calculo de TIR.

Año	INVERSIÓN
2,012	-\$36,960.00
2,013	-\$5,560.10
2,014	-\$6,199.21
2,015	-\$6,774.69
2,016	-\$7,196.82
2,017	-\$7,527.98
2,018	-\$7,764.11
2,019	-\$7,925.64
2,020	-\$8,029.11
2,021	-\$8,088.03
2,022	-\$8,113.45
2,023	\$13,514.90
2,024	\$13,771.53
2,025	\$15,379.18
2,026	\$14,107.61
2,027	\$14,497.10
2,028	\$14,897.00
2,029	\$15,307.55
2,030	\$15,729.05
2,031	\$16,161.76
2,032	\$16,605.96
<b>TIR</b>	<b>2.6%</b>
<b>VAN</b>	<b>(\$38,851.05)</b>

e. Resumen.

IMPORTE DE LA RIC MATERIALIZADA:	<b>\$184,800.00</b>
----------------------------------	---------------------

CAPITAL APORTADO:	<b>\$36,960.00</b>
-------------------	--------------------

**Ingresos esperados durante los 20 años:**

Facturación:	\$347,793.62
Total Ingresos:	\$347,793.62

**Desembolsos esperados durante los 20 años:**

Arrendamiento:	\$0.00
Gastos de mantenimiento:	\$49,656.45
Costes financieros:	\$67,552.70
Impuestos:	\$5,951.98
Devolución del préstamo:	\$147,840.00
Total desembolsos:	\$271,001.13

INGRESOS MENOS DESEMBOLSOS ESPERADOS:	<b>\$76,792.49</b>
---------------------------------------	--------------------

<b>TIR</b>	<b>2.6%</b>
------------	-------------

### c. Aplicación de sistema Agua Caliente Sanitaria ACS.

#### Detalles inversión

Inversión	1,084	US \$/m2	Ratio de interés	8.0%
Aportación <b>100%</b>	1,084	US \$/m2	Ratio de inflación	4.0%
Financiación	0	US \$/m2	Tasa	7.0%
Periodo de pago préstamo	10.0	años	Tiempo de amortización	0.0 años
Ahorro	9,423	US \$/año	Impuestos	13%
Precio energía auxiliar	0.190000	US \$/kwh	O&M <b>2.5%</b>	10 US \$/m2 año
Pago deuda	0	US \$/m2 año		

Inversión	Materiales y equipo	40,500.00	US \$
	MO	1,500.00	US \$
	Otros	4,050.00	US \$
		46,050.00	US \$

8.0%  
10.0%

Año	Ingresos	O&M	Beneficio				Flujo de caja	pay back
			Benef. Bruto	BAIT	BAT	Impuestos		
0							-46,050	-46,050
1	9,423	425	8,998	8,998	8,998	1,170	7,829	-38,221
2	9,800	442	9,358	9,358	9,358	1,217	8,142	-30,080
3	10,192	460	9,733	9,733	9,733	1,265	8,467	-21,613
4	10,600	478	10,122	10,122	10,122	1,316	8,806	-12,807
5	11,024	497	10,527	10,527	10,527	1,368	9,158	-3,648
6	11,465	517	10,948	10,948	10,948	1,423	9,525	5,876
7	11,923	538	11,386	11,386	11,386	1,480	9,906	15,782
8	12,400	559	11,841	11,841	11,841	1,539	10,302	26,084
9	12,896	582	12,315	12,315	12,315	1,601	10,714	36,798
10	13,412	605	12,807	12,807	12,807	1,665	11,142	47,940
11	13,949	629	13,320	13,320	13,320	1,732	11,588	59,528
12	14,507	654	13,852	13,852	13,852	1,801	12,052	71,580
13	15,087	680	14,407	14,407	14,407	1,873	12,534	84,113
14	15,690	708	14,983	14,983	14,983	1,948	13,035	97,148
15	16,318	736	15,582	15,582	15,582	2,026	13,556	110,705
16	16,971	765	16,205	16,205	16,205	2,107	14,099	124,804
17	17,650	796	16,854	16,854	16,854	2,191	14,663	139,466
18	18,356	828	17,528	17,528	17,528	2,279	15,249	154,715
19	19,090	861	18,229	18,229	18,229	2,370	15,859	170,574
20	19,853	895	18,958	18,958	18,958	2,465	16,493	187,068

#### Resultados

**VAN** 67,143 Dólares  
**TIR** 20.0%

## Anexos 05: Tasas de interés mensual. Banco Central de Reserva

	Feb-2011	Mar-2011	Abr-2011	May-2011	Jun-2011	Jul-2011	Ago-2011	Sept-2011	Oct-2011	Nov-2011	Dic-2011	Ene-2012
<b>1 Tasas de Depósitos</b>												
1.1 30 días	1.70	1.66	1.62	1.56	1.57	1.51	1.45	1.44	1.50	1.54	1.60	1.70
1.2 60 días	1.63	1.57	1.57	1.52	1.51	1.35	1.33	1.36	1.37	1.38	1.36	1.55
1.3 90 días	1.63	1.63	1.63	1.63	1.65	1.69	1.67	1.69	1.76	1.78	1.91	2.05
1.4 120 días	1.39	1.46	1.39	1.37	1.46	1.56	1.72	1.67	1.53	1.63	1.73	1.66
1.5 150 días	1.62	1.82	1.38	1.57	1.61	1.72	1.78	1.55	1.61	1.67	1.53	1.88
1.6 180 días	1.73	1.72	1.68	1.71	1.82	1.81	1.79	1.80	1.75	1.75	1.91	2.08
1.7 360 días	1.94	1.97	2.06	2.15	2.19	2.31	2.26	2.32	2.31	2.31	2.38	2.40
<b>2 Tasas de Préstamos</b>												
2.1 Hasta un año plazo	6.66	6.41	6.26	6.34	5.63	5.62	5.75	5.89	5.64	5.54	5.43	5.59
2.1.1 A Particulares	9.26	10.43	9.13	10.09	10.02	11.47	11.75	10.62	8.52	7.31	7.00	7.28
2.1.2 A Empresas	6.49	6.24	6.18	6.24	5.54	5.78	5.64	5.77	5.60	5.54	5.33	5.51
2.2 A más de 1 año plazo	9.47	9.64	8.89	9.53	9.40	9.28	9.10	9.07	9.30	9.23	9.07	9.11
2.2.1 A Particulares	11.40	11.48	11.36	11.28	11.33	11.23	10.82	10.67	10.85	10.60	10.57	10.14
2.2.2 A Empresas	8.86	7.80	6.88	7.77	7.70	7.53	7.57	7.58	7.16	7.02	7.17	7.70
2.2.3 Para Adquisición de Vivienda	7.96	8.04	7.89	7.81	7.83	7.62	7.64	7.57	7.58	7.52	7.51	7.36
3 Préstamos Interbancarios	N.T.	N.T.	N.T.	N.T.	N.T.							
4 Tasa de Rendimiento de Reportos (1-7 días plazo)	1.52	1.25	1.24	1.27	1.42	2.44	1.23	1.62	2.14	1.91	4.12	2.23

18. Fuentes de referencia e Investigación ..... 85

- [1] **Jian Paolo Eunaudi**, Vicepresidente “Medical Mision Internacional”, Centro Médico David V. King. Municipio de Jucuapa Depto. De Usulután. Año 2011-2012.
- [2] **Falk Antony, Christian Durschener, Karl-Heinz Remmers**, “Fotovoltaica para profesionales: Diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas” Editorial PROGENSA, en colaboración con Solarpraxis Año 2006.
- [3] **Marcos Martín, F., Del Brío Marcos, T., Corrales Santiago, R., Izquierdo Osado I., Ramírez Olivencia A., Ruiz Castellano, J.**, Artículo: “Caracterización de los biocombustibles sólidos forestales”, Depto. De Ingeniería forestal. ETSI Montes. Madrid. Cdad. Universitaria s.n. 28040 Madrid.
- [4] **José María Fernández Salgado**, “*Compendio de energía solar: Fotovoltaica, térmica termoeléctrica (Adaptada al código técnico de la edificación y al nuevo RITE)*”. Madrid, España: AMV, edición, 1a. ed, Año 2010.
- [5] **Pedro Rufes Martínez**, “Energía solar térmica”, Barcelona, España MARCOMBO, 1ª. Ed., Año 2010
- [6] **Luis Monge Malo**, “*Instalaciones de energía solar térmica para la obtención de ACS*”. Barcelona, España MARCOMBO, 1ª. Ed., Año 2010
- [7] **EA Energy TEchnology Perspectives 2008, Scenarios & strategies to 2050, International Energy Agency, OECD/IEA**, ISBN: 92-64-04142-4, año 2008.
- [8] **Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones SIGET**. “Tarifas precios máximos para el suministro de energía eléctrica. Año 2012. El Salvador. Centroamérica. <http://www.siget.gob.sv>
- [9] **Baterías estacionarias y solares OPzS**. [www.tab.com.es](http://www.tab.com.es)
- [10] **NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables**: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.
- [11] **AEONOR, Empresa Distribuidora de material de energía solar**. “Tarifas de ventas de precios al público.”