

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO



ÍNDICES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL AMSS

PRESENTADO POR:

EVERARDO MEJÍA MEJÍA

ENSOR GUSTAVO ORTÍZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

MAESTRO EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2015

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE POSGRADO

DIRECTORA :

MSc. PATRICIA HAYDEÉ ESTRADA DE LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

MAESTRO EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE

Título :

ÍNDICES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL AMSS

Presentado por :

EVERARDO MEJÍA MEJÍA

ENSOR GUSTAVO ORTÍZ

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

MSc. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS

San Salvador, noviembre 2015

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

MSc. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS	2
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	2
1.0 RESUMEN EJECUTIVO.....	3
1.1 INTRODUCCIÓN	4
2.0 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
3.0 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL.....	13
4.0 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	15
4.1. Objetivo general.....	15
4.2. Objetivos específicos.....	15
5.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
5.1 Conocimientos sobre el tema.	16
5.2 Unidades de estudio o unidades de análisis.	16
5.3 Variables y sus relaciones.....	17
6.0 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
6.1 Propósito de la investigación.	17
6.2 Área de estudio	18
6.3 Población a estudiar.....	18
6.4 Aspectos tecnológicos a estudiar.....	18
6.5 Procedimientos para la recolección, procesamiento, análisis y presentación de datos.....	19
6.6 Las variables y su medición.	20
6.7 Trabajo de campo recolección de datos	20
7.0 RESULTADOS OBTENIDOS	23
8.0 EJEMPLO PRACTICO DE APLICACIÓN DE INDICES DE PRODUCCION DE ENERGIA FOTOVOLTAICA (YF).	33
8.1 Diagrama pictórico de diseño de SFV.....	33
8.2 Ejemplo práctico.....	34
9.0 CONCLUSIONES	37
10.0 BIBLIOGRAFIA	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Factores k sur.....	12
Tabla 2: Factores k norte.....	13
Tabla 3:Energía mensual SFV año 2014	21
Tabla 4: Energía Mensual año 2015	21
Tabla 5: Energía anual año 2010-2014.....	21
Tabla 6: Características de los SFV analizados.	22
Tabla 7: Índices de Producción referidos a plano horizontal, de las diferentes plantas.....	23
Tabla 8: Índices de Producción promedio por municipio en el plano horizontal de las diferentes plantas.....	23
Tabla 9: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino), San Salvador..	24
Tabla 10: Para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) al norte, San Salvador.....	26
Tabla 11: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (amorfo) sur , San Salvador..	26
Tabla 12:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (amorfo) norte, San Salvador	27
Tabla 13:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (monocristalino) sur, San Salvador.....	27
Tabla 14:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (monocristalino) norte, San Salvador.....	28
Tabla 15: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) sur, Antiguo Cuscatlán.	28
Tabla 16:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) al norte, Antiguo Cuscatlán.	29
Tabla 17: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) sur, Lourdes, colon.....	29
Tabla 18:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones al norte (policristalino) , Lourdes, colon.	30
Tabla 19: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones(policristalino) sur, Santa Tecla.	30
Tabla 20:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones al norte, Santa Tecla	31
Tabla 21:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones, planta 7 Santa Ana orientación Sur.	31
Tabla 22:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones, planta 8 Santa Ana, orientación norte.....	32
Tabla 23:datos económicos y técnicos de un proyecto real	35

INDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Índices Y.....	7
Ilustración 2 ángulo de inclinación y acimut (orientación)	9
Ilustración 3: ángulos de declinación durante el año	10
Ilustración 4: Sistema conectado a red	19

1.0 RESUMEN EJECUTIVO

Comprometidos con las políticas socialistas del buen vivir y con el servicio a la comunidad, que las investigaciones universitarias deben tener como objetivo, se escogió desarrollar este trabajo, para determinar los índices de producción final (Yf), con el objeto que sean utilizados por inversionistas y ejecutores de proyectos, a fin de que se sustenten en datos confiables, los cálculos de la energía a generar por un sistema fotovoltaico.

El índice de producción final (Yf) se define como la cantidad de KW-H, que genera un KW pico de paneles fotovoltaicos, en el lapso de un año en una localidad geográfica específica, sus unidades son por lo tanto KW-H/KW pico. Este índice contempla las pérdidas en los paneles solares, el cableado, los inversores y representa la energía alterna que se inyecta a la red en un año, por cada KW pico de paneles fotovoltaicos instalados. Este valor absoluto coincide matemáticamente con las horas de luz solar promedio anuales, que pueden referirse a base diaria.

Al inicio de la investigación y desarrollo de la tesis, se estudiaron dos problemas básicos:

1. La forma de obtener los datos que servirían de insumos, para establecer los índices de producción final Yf.
2. El tratamiento matemático que se le dará a la información recopilada.

Estos problemas fueron evacuados con la obtención de datos, de plantas generadoras en operación, cuyos propietarios compartieron la información, para el bien común del país, los datos se obtuvieron de los archivos, que los fabricantes de inversores recaban vía módems e internet. El tratamiento matemático también llevó tiempo solventarlo, pero se encontró una solución mediante ecuaciones de radiación solar y el cálculo de tablas del factor K para el país.

Se tenía conocimiento de indicadores de producción final (Yf), en la planta de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UES, con un valor de 1,471 KW-H/KW pico, además de la planta de CEL, con un valor de 1,597 KW-H/KW pico, mediante esta investigación, con las nuevas tecnologías de inversores sin transformador, se han detectado valores de 1,616 KW-H/KW pico, en plantas trifásicas a inclinaciones y orientaciones sin valores óptimos. El trabajo de campo, consistente en la obtención de datos, es a veces espinoso, porque se encuentran personajes sumamente celosos en compartir su información, hacen perder el tiempo, que podría dar frutos en otros sitios, pero así es la vida, se debe lidiar con buenos y con no tan buenos.

Se concluye de esta investigación, que actualmente existen valores Y_f entre 1330 y 1682 KW-H/KW pico (tabla 6), las tablas indican datos útiles, para el área metropolitana de San Salvador y otras áreas del país, que respaldarán las inversiones, el ejemplo de cálculo incluido con indicadores económicos es elocuente.

1.1 INTRODUCCIÓN

Esta investigación muestra los índices de producción “ Y_f ” para los sistemas fotovoltaicos del área metropolitana de San Salvador y se complementa con algunas ciudades del interior del país, los índices oscilan entre 1330 KW-H/KWp y 1682 KW-H/KWp, como se observa en la tabla 6, estos valores se calcularon a través de datos, obtenidos en las empresas que tuvieron a bien, darnos acceso a sus archivos de información, lo cual agradecemos, por el bien común que genera la información compartida. Otras empresas se mostraron reacias a compartir sus datos, a pesar de nuestra insistencia con cartas de la UES, pero el universo objeto de estudio, está muy bien representado en las generosas empresas, cuyos datos aquí se muestran.

Los sistemas de generación solar de la muestra analizada, tienen una potencia desde 2KWp a 86.4KWp, teniendo como resultado una energía generada anual de 3MW-H a 139 MW-H. Se ha tenido que segregar las plantas por su eficiencia y desechar los datos que son de plantas antiguas, con paneles e inversores de baja eficiencia. De igual manera se han segregado por tecnología de paneles fotovoltaicos e inversores.

Los sistemas solares dependen de muchas variables para ser eficientes, para esto se hace un análisis de la inclinación y orientación de los paneles, además si se detectan diferentes inclinaciones u orientaciones, por el uso de diferentes techos existentes, se secciona por inversor, para obtener datos consistentes. Mediante ecuaciones se calculan tablas del factor K para San Salvador y haciendo uso de ecuaciones de irradiancia se transfieren los datos de Y_f al plano horizontal, para una zona específica, se promedian los valores de las plantas de la zona y con los datos promedio se puede elaborar las tablas para distintas orientaciones e inclinaciones. Estos datos servirán como referencia para los inversionistas, quienes con los índices de generación finales reales, que se han obtenido en las plantas, podrán efectuar los cálculos de la generación esperada, en base a información confiable. De esta manera obtendrán indicadores reales, del análisis económico, que les dirán la factibilidad del proyecto, el cual es el objetivo de esta investigación, en concreto, que sirva de guía para aumentar las inversiones en energía solar fotovoltaica.

2.0 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

En pasadas décadas, la generación eléctrica fue dejada sin planificación de país, esta enajenada situación neoliberal, producto de políticas capitalistas que afectaron negativamente a la mayoría de la población y la nación, en beneficio de unos pocos, degeneró en el uso indiscriminado de combustibles fósiles y en el incremento de la dependencia de importaciones energéticas.

Con la puesta en función del Consejo Nacional de Energía, se volvieron a plantear políticas de diversificación de la matriz de generación energética¹, que tienden a mejorar nuestra vida y de la madre tierra. En ese sentido se debe colaborar en la consecución de estas políticas, generando esfuerzos científicos, en este caso, en el campo de la generación fotovoltaica conectada a red, contribuyendo así a la justicia social y a la dignidad de nuestro pueblo originario.

Al establecer con base a datos, los índices de generación fotovoltaica final (Yf), conectada a red, en KW-H de generación anual, por KW pico de paneles solares, las inversiones en este rubro serán más confiables, porque se podrá estimar en mejor forma, a cuánto asciende la producción de energía y así determinar en forma más certera, el tiempo de recuperación de la inversión, la tasa de retorno, el valor actual neto y otras variables económicas. La dependencia de energías fósiles disminuirá, así como las divisas empleadas. Se ayudará a conservar el medio ambiente.

Con el estudio de un caso real, los proyectistas podrán tomar referencias de campo y experiencias locales.

Actualmente se fabrican diferentes tipos de módulos fotovoltaicos, referente a su eficiencia en la transformación de la energía solar a energía eléctrica, existen las siguientes tecnologías:

- Paneles con células amorfas, con eficiencias de 12% aproximadamente.
- Paneles con células poli cristalinas, con eficiencias de 17% aproximadamente.
- Paneles con células mono cristalinas, con eficiencias de 18% aproximadamente.
- Paneles con células ultra puras, para uso satelital con eficiencias de 45% aproximadamente, utilizados en aplicaciones de concentración.

¹ El camino del cambio de la matriz Energética en El Salvador, Consejo Nacional de Energía. Presidencia Funes.

Cada tecnología tiene sus campos de aplicación, pero la más utilizada es la cristalina, por su relación precio a eficiencia y dimensiones.

Al inicio de la investigación y desarrollo de la tesis, se trabajaron dos problemas básicos:

1. La forma de obtener los datos que servirían de base para establecer los índices de producción final Y_f .
2. El tratamiento matemático que se le dará a la información obtenida.

Los datos de producción se pueden obtener colocando mediciones en cada planta generadora, pero este método conlleva demasiado tiempo, dado que son necesarios años o al menos meses, para obtener las muestras de datos y en la ejecución de esta tesis no se dispone de tanto tiempo. La solución al primer problema debía afrontarse de otra manera.

Los índices de producción de las plantas evaluadas, se obtuvieron a partir de los datos, que diferentes fabricantes de inversores monitorean vía internet, los tabulan con programas de cómputo que han desarrollado y luego envían por la web los informes de producción diaria. El trabajo arrancó con actividades para obtener estos datos de producción diaria, investigando cuáles plantas generadoras poseen monitoreo por internet de los fabricantes de inversores, utilizando los posibles contactos personales y solicitando los datos diarios de producción final. A partir de estos datos, se tabularon en forma diaria, mensual y anual. Los datos exponen la producción en KW-hora, que fue nuestro objetivo, pero también en las visitas de campo, se investigó la capacidad de la planta generadora en cuestión, así como diferentes aspectos constructivos y tecnológicos. El primer problema se redujo al acceso de los datos, resguardados por contratistas celosos y por propietarios de las instalaciones de generación fotovoltaica.

Para evacuar el segundo problema, luego de varios meses de investigar ecuaciones, para el tratamiento de los índices de producción finales, se llegó a una salida elegante pero sencilla, la cual permite homologar los índices obtenidos de diferentes plantas, con diferentes orientaciones e inclinaciones, con una exactitud suficiente, para los análisis de ingeniería, que se comprobaron con los mismos datos de campo.

La ecuación que se utilizó para el manejo de los índices de producción es:

$Y_f = KW-H / KW$ pico. Dónde:

Y_f es el índice de producción anual,

$KW - H$ es la producción de energía a nivel de corriente alterna, de la planta generadora, con los parámetros anualizados.

KW pico es el total de la capacidad pico de la planta generadora, obtenido al sumar los KW de todos los módulos fotovoltaicos que posee. Por lo tanto es una constante que depende de la capacidad del sistema fotovoltaico instalado. Como puede observarse matemáticamente, el índice de producción además de representar la producción anual en $KW-H$ por cada KW de módulo fotovoltaico que la planta posee, representa la cantidad de horas que la planta generó a plena capacidad durante un año. Si este valor se divide entre el número de días del año, se obtiene la cantidad de horas, que la planta generó a plena capacidad por día, en régimen de promedio (h/τ).

El valor de Y_f asume todas las pérdidas en la instalación, según se describe en el siguiente diagrama, elaborado bajo AENOR (Asociación Española de Normas y Certificaciones), UNE EN 61724 (Una Norma Española), a continuación se transcribe información de la norma:

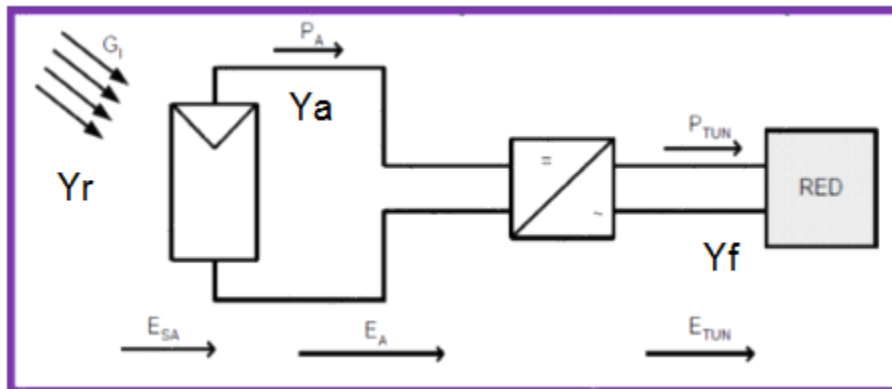


Ilustración 1: Índices Y

Índices de producción Y_r (h/τ Reference Yield), Y_a y Y_f .

$E_{A,\tau}$ (kWh) Energía eléctrica producida por el campo fotovoltaico en el tiempo τ

$E_{SA,\tau}$ (kWh) Energía solar total sobre el plano de los paneles

$E_{TUN,\tau}$ (kWh) Energía neta entregada a la red eléctrica.

Índice de producción (Reference Yield), Y_r (h/τ)

$$Y_{R,T} = \frac{T_r \sum_T G_I}{G_{I,ref}} \frac{(\text{kWh}) \text{ Energía solar teóricamente disponible en el tiempo } \tau}{(\text{kW}) \text{ Irradiancia global estándar} = 1 \text{ kW/m}^2}$$

Índice de producción del campo fotovoltaico (Array Yield), Y_A (h/τ)

$$Y_{A,T} = \frac{\sum_{A,T}}{P^*} \frac{(\text{kWh}) \text{ Energía eléctrica producida por el generador FV en el tiempo } \tau}{(\text{kW}) \text{ Potencia nominal del generador FV en STC}}$$

Índice de producción final (Final Yield), Y_F (h/τ)

$$Y_{F,T} = \frac{\sum_{TUN,T}}{P^*} \frac{(\text{kWh}) \text{ Energía eléctrica neta entregada a la red eléctrica en el tiempo } \tau}{(\text{kW}) \text{ Potencia nominal del generador FV en STC}}$$

Pérdidas en el campo fotovoltaico

$$L_{C,T} = Y_{R,T} - Y_{A,T}$$

Pérdidas del resto del sistema

$$L_{BOST,T} = Y_{A,T} - Y_{F,T}$$

Pérdidas energéticas de captación L_C, cuyas causas son:

1. Sombras
2. Suciedad, nieve, etc.
3. Pérdidas por reflexión y absorción en las capas
4. superiores del módulo (pérdidas angulares)
5. Alteración del espectro de radiación
6. Eficiencia de los módulos a baja irradiancia
7. Pérdidas por potencia real menor a la nominal
8. Pérdidas en el cableado y conexiones D.C.
9. Pérdidas por no trabajar en el PMP
10. Fallos en el sistema.

Un valor excesivo de L_C suele ser debido a:

- ✓ Sombreamiento
- ✓ Mal funcionamiento del inversor

- ✓ Desviación de la potencia nominal de los módulos

Pérdidas del resto del sistema (LBOS)

1. Pérdidas en el inversor:

- ✓ Autoconsumo inversor, pérdidas en el transformador, etc.
- ✓ Pérdidas en diodos, dispositivos de conmutación, etc.
- ✓ Pérdidas en cables, bobinas, resistencias, etc.

2. Pérdidas en el cableado y conexiones A.C.

La ecuación $Y_f = KW-H / KW$ pico, se aplicó para obtener los valores de las plantas evaluadas, en base anual, para ello los datos recopilados se anualizaron.

Los índices Y_f son proporcionales a la irradiancia y ésta es proporcional al ángulo de incidencia respecto a la normal del lugar, por lo tanto se establece que $Y_f = K * \text{irradiancia}$, $Y_{f1} = K1 * \text{Irradiancia} \cos \theta$. Donde K y $K1$ son constantes de proporcionalidad.

Por correspondencia, analogía y síntesis: $Y_{f1} = Y_f \cos \theta$.

Donde Y_{f1} es el índice de producción para un plano en el ángulo de inclinación y acimut u orientación deseado y $\cos \theta$ es el ángulo de incidencia respecto a la normal del lugar, según se detalla en el siguiente diagrama:

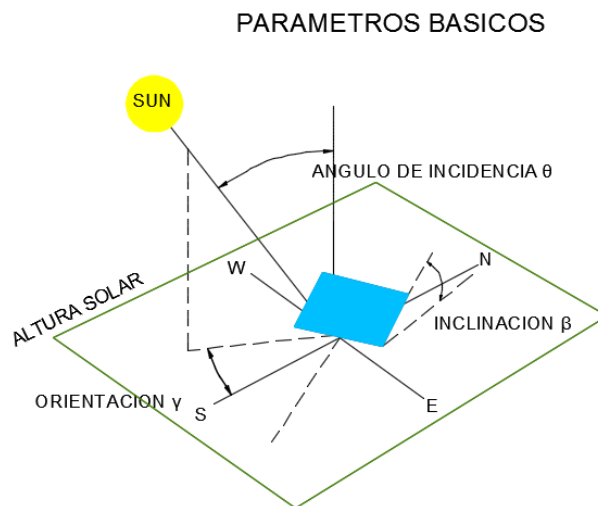


Ilustración 2 ángulo de inclinación y acimut (orientación)²

Para encontrar el ángulo de incidencia respecto a la normal del lugar, se utiliza la ecuación siguiente³:

² Diagrama tomado de las clases de esta Maestría(2013-2014)

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \sin \beta \cos \phi \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \sin \phi \sin \beta \cos \delta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \cos \delta \end{aligned} \quad \text{ecuacion 1}$$

θ (teta) Es el ángulo de incidencia, respecto a la normal del lugar.

δ (delta) Es el ángulo de declinación.

β (beta) Es el ángulo de inclinación de los paneles respecto a la horizontal del lugar.

γ (gamma) Es el ángulo de acimut u orientación de los paneles respecto al sur.

En el siguiente diagrama se detallan los ángulos de declinación, durante el año:

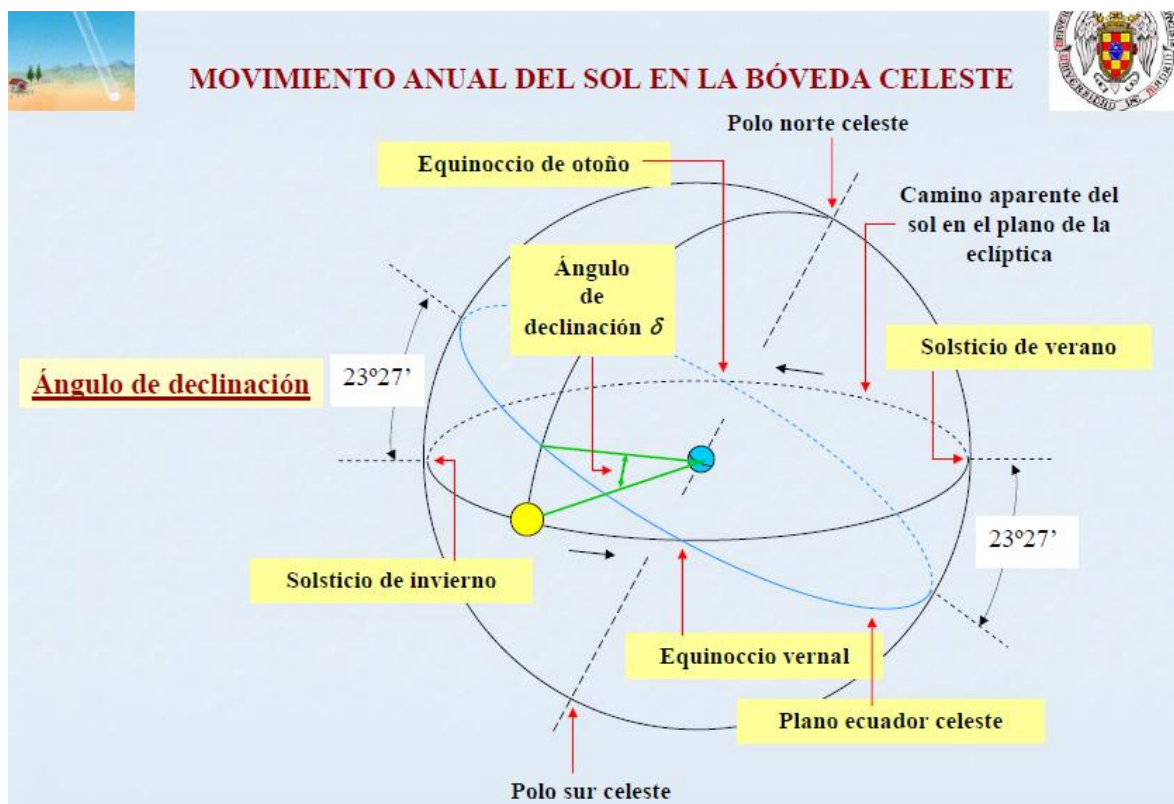


Ilustración 3: ángulos de declinación durante el año⁴

³ Solar Engineering of thermal Processes, John A. Duffie, William A. Beckman. A Wiley Interscience Publication. John Wiley & son, Inc.

⁴ Diagrama tomado de las clases de la Maestría.

Luego de analizar la ecuación #1 y aplicarla a la investigación, se simplificó de tal manera que sirva adecuadamente, en los cálculos de ingeniería que se emplearon, de la manera siguiente:

δ Es el ángulo de declinación, se asume igual a cero haciendo los cálculos en el día del equinoccio.

ϕ (phi) Es el ángulo de latitud del lugar, el cual oscila de 13 a 15 grados, según la región del país.

ω (omega) Es el ángulo horario, asumido igual a cero en los cálculos, por efectuarlos a las 12 horas, el sol está sobre el meridiano local.

Entonces la ecuación se simplifica así:

$$\cos \theta = \cos \phi \cos \beta + \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \quad \text{ecuacion 2}$$

$$K = \cos \theta = \cos \phi \cos \beta + \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \quad \text{ecuacion 3}$$

$$\frac{YF_H}{K_H} = \frac{YF_{MEDIDO}}{K_{SFV}} \quad \text{ecuacion 4}$$

YF_H : Índice de producción referido a plano horizontal.

YF_{MEDIDO} : Datos obtenidos de mediciones de la planta generadora, en bloques anuales o mensuales que luego se anualizan. Ecuación que se utiliza para homologar al plano horizontal y acimut cero, todos los diversos datos obtenidos a diferentes inclinaciones y orientaciones.

K_H : Factor k teniendo el sistema en el plano horizontal

K_{SFV} : Factor k de la planta generadora a partir de la inclinación y orientación que tiene el sistema.

Sustituyendo para la ecuación inicial de Yf, se tiene la siguiente ecuación, para referir a plano horizontal:

$$YF_H = K_H \frac{YF_{MEDIDO}}{K_{SFV}} \quad \text{ecuacion 5}$$

Para calcular los datos Yf en cualquier inclinación y orientación, a partir de los datos homologados a plano horizontal, se elaboraron tablas del factor K para la latitud de San

Salvador, utilizando la ecuación #3. Otras tablas que se encontraron en libros y documentos, poseen datos fuera de lógica para nuestra latitud.

Los valores Y_f obtenidos de las plantas de generación, a cuyos datos se ha tenido acceso, son tratados en la ecuación como valores directamente proporcionales a irradiancias. Estos valores Y_f a diferentes orientaciones e inclinaciones, son homologados al plano horizontal, donde se hace un promedio de datos, de diferentes plantas homogéneas. Con estos valores promedio, se calculan valores de Y_f a diferentes orientaciones e inclinaciones (ecuación 6) con las tablas de factor K, representando los resultados, para su fácil aplicación, mediante tablas y gráficas de rápido acceso.

$$YF_{\beta,\gamma} = K_{\beta,\gamma} \frac{YF_H}{K_H} \text{ ecuacion 6}$$

Dónde:

$YF_{\beta,\gamma}$: Índice de producción de energía a cualquier inclinación y orientación.

$K_{\beta,\gamma}$: Factor k (tabla1) a cualquier inclinación y orientación que se requiera calcular Y_f .

TABLAS DE FACTORES K

		Factor k para inclinaciones al sur											
		INCLINACION											
		0	4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	0	0.972	0.986	0.988	0.993	0.995	0.998	1	1	1	0.994	0.981	0.96
	5	0.972	0.986	0.988	0.993	0.995	0.998	1	1	1	0.994	0.98	0.959
	10	0.972	0.985	0.988	0.993	0.995	0.997	0.999	0.999	0.999	0.993	0.979	0.958
	15	0.972	0.985	0.988	0.992	0.994	0.997	0.998	0.998	0.998	0.991	0.977	0.956
	20	0.972	0.985	0.987	0.991	0.993	0.995	0.997	0.997	0.996	0.989	0.975	0.953
	25	0.972	0.984	0.987	0.99	0.992	0.994	0.995	0.995	0.994	0.986	0.971	0.949
	30	0.972	0.983	0.986	0.989	0.991	0.992	0.993	0.992	0.992	0.983	0.967	0.944
	35	0.972	0.983	0.985	0.988	0.989	0.99	0.99	0.99	0.989	0.979	0.963	0.938
	40	0.972	0.982	0.984	0.986	0.987	0.988	0.987	0.987	0.985	0.975	0.957	0.932
	45	0.972	0.981	0.982	0.985	0.985	0.986	0.984	0.984	0.982	0.97	0.951	0.925
	50	0.972	0.98	0.981	0.983	0.983	0.983	0.981	0.98	0.978	0.965	0.945	0.918
	55	0.972	0.979	0.98	0.981	0.981	0.98	0.977	0.976	0.974	0.959	0.938	0.909
	60	0.972	0.977	0.978	0.979	0.979	0.977	0.973	0.972	0.969	0.953	0.931	0.901
	65	0.972	0.976	0.977	0.976	0.976	0.974	0.969	0.968	0.964	0.947	0.923	0.891
	70	0.972	0.975	0.975	0.974	0.973	0.971	0.965	0.963	0.959	0.941	0.915	0.882
75	0.972	0.973	0.973	0.972	0.971	0.967	0.96	0.958	0.954	0.934	0.906	0.872	
80	0.972	0.972	0.971	0.969	0.968	0.964	0.956	0.954	0.949	0.927	0.898	0.862	
85	0.972	0.971	0.97	0.967	0.965	0.96	0.951	0.949	0.944	0.92	0.889	0.852	
90	0.972	0.969	0.968	0.964	0.962	0.957	0.947	0.944	0.938	0.913	0.88	0.841	

Tabla 1: Factores k sur

		Factor k para inclinaciones al norte											
		INCLINACION											
		0	4	5	7	8	10	13	13.7	15	20	25	30
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	0	0.97	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.89	0.89	0.88	0.83	0.78	0.72
	5	0.97	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.89	0.89	0.88	0.83	0.78	0.72
	10	0.97	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.89	0.89	0.88	0.83	0.78	0.73
	15	0.97	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.9	0.89	0.88	0.84	0.78	0.73
	20	0.97	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.9	0.89	0.88	0.84	0.79	0.73
	25	0.97	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.9	0.89	0.88	0.84	0.79	0.73
	30	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.9	0.9	0.89	0.84	0.79	0.74
	35	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.92	0.9	0.9	0.89	0.85	0.8	0.74
	40	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.91	0.9	0.89	0.85	0.8	0.75
	45	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.91	0.9	0.9	0.86	0.81	0.76
	50	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.91	0.91	0.9	0.86	0.82	0.77
	55	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.9	0.87	0.82	0.77
	60	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.92	0.92	0.91	0.87	0.83	0.78
	65	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.92	0.92	0.91	0.88	0.84	0.79
	70	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.89	0.85	0.8
	75	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.93	0.93	0.92	0.89	0.86	0.81
80	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.9	0.86	0.82	
85	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.91	0.87	0.83	
90	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.94	0.94	0.91	0.88	0.84	

Tabla 2: Factores k norte

3.0 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

Cuando se hacen cálculos de generación fotovoltaica, se recurre a índices de producción a nivel de irradiancia, por ejemplo el índice de producción del campo fotovoltaico (Y_r), que tienen muy poca confiabilidad, lo cual genera incertidumbre en las inversiones. Este problema puede evitarse, mediante el uso de un cuadro de índices de producción final de energía (Y_f), basados en datos obtenidos de plantas existentes y de acuerdo a sus características constructivas.

Existen índices de producción a nivel de la radiación solar, que incide en los paneles fotovoltaicos, conocido como productividad del generador (Y_r). Este índice no incluye las pérdidas por nubes y sombras, por suciedad, contaminación y deterioro de paneles; por la eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos; por el decremento de eficiencia de los módulos al incrementarse la temperatura; por las pérdidas en los circuitos DC y por la conversión de DC a AC en los inversores. Todas estas pérdidas son consideradas en el índice de productividad final del sistema (Y_f) (final yield), que es objeto de este trabajo de investigación.

A la fecha, se disponen valores promedios de radiación anual en KW-H/m²/día, compilados por el C.N.E. de mediciones con piranómetros, ubicados en 20 estaciones de monitoreo del país⁵.

Estos valores se obtienen midiendo la radiación solar que puede incidir en los paneles fotovoltaicos, valores que no toman en cuenta las pérdidas antes mencionadas. Los datos compilados por el C.N.E. varían de 4.2 a 5.4 KW-H/m²/día, dependiendo de la ubicación geográfica dentro del país, son índices de productividad del generador (Yr).

El presente trabajo investigó y determinó los índices de producción final de energía fotovoltaica (Yf), en sistemas representativos conectados a red, en base anual de KW-H producidos, por KW pico de paneles FV instalados, para que sirvan de indicadores locales en el país, a fin de facilitar el cálculo de proyectos y su posible generación en KW-H anuales. Los valores recopilados y calculados son a nivel de mediciones por telemetría en inversores y en mediciones eléctricas, todos son datos reales de generación eléctrica de los paneles fotovoltaicos. Actualmente se conocen índices Yf que indican producción de 4.2 KW-H/m²/día a 5.4 KW-H/m²/día, por KW pico de paneles fotovoltaicos. Comprobamos esos datos, con los sistemas representativos y se calculó una tabla para sistemas orientados y desorientados, con escalas para su fácil uso.

⁵ Fomentando el uso de fuentes renovables de energía en El Salvador.

Edición: Dirección de desarrollo de recursos renovables del Consejo Nacional de Energía (CNE). Marzo del 2013.

4.0 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

4.1. Objetivo general

Determinar el índice de producción final (Yf) en KW-H generados en A.C. por KW pico de MFV instalados, en diversas localidades, para tener indicadores certeros, que disminuyan la incertidumbre de la posible generación de energía fotovoltaica.

4.2. Objetivos específicos

- I. Elaborar un censo representativo, a la fecha de sistemas de generación fotovoltaica conectados a red, en el área metropolitana de San salvador, a fin de conocer su potencia instalada y su historial de generación, si existe registro.

- II. Elaboración y cálculo de una tabla para sistemas orientados y desorientados, con escalas para su fácil uso.

- III. Estudio de un caso real, con datos técnicos y económicos.

5.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

5.1 Conocimientos sobre el tema.

Antes de esta investigación, se desconocían los valores Y_f de diferentes plantas generadoras, en el área metropolitana de San Salvador, solo se tenían por ciertos los datos proporcionados por la planta de la FIA-UES y la de CEL, sin embargo las tecnologías de módulos e inversores siguen evolucionando, hacia componentes más eficientes, por lo que esos datos deben ser confrontados con los de plantas recientes, a fin de obtener valores actuales de producción final (Y_f), que generen confianza en los estudios de factibilidad económica.

Para que un inversionista pueda evaluar una propuesta, debe referirse a datos reales o muy probables, que garanticen confiabilidad de los resultados. Se refiere a dinero a invertir, dinero a obtener como resultado de la inversión y determinar indicadores de rentabilidad, que denoten que es un buen negocio.

Dada la incertidumbre del recurso solar, su pequeño factor de planta, en relación a otras energías y el alto costo de los componentes, hacen dudar de la factibilidad de un proyecto. Para obtener indicadores económicos como el tiempo de recuperación de la inversión, el valor actual neto y la tasa de retorno de la inversión, es necesario disponer de datos de generación final de energía solar (Y_f), que sean muy ciertos a lo que sucederá en el futuro, cuando se realice el proyecto.

5.2 Unidades de estudio o unidades de análisis.

La unidad básica de estudio es KW-H de generación de energía eléctrica, en el lapso de un año, relativo a un KW pico de módulo fotovoltaico.

Los kilowatts hora es la energía generada por una potencia de un kilowatt durante una hora, entendiéndose esa potencia, de un grupo de módulos fotovoltaicos que operan a condiciones estándares de 25°C y expuesto a una irradiancia solar de 1000 Watts por m².

Por lo tanto al conocerse en un sitio la producción final de energía (Y_f) en KW-H/KW pico, se calcula de forma muy aproximada, la cantidad total del campo solar y sus variables de evaluación económica. Estas pueden ser:

1. El tiempo de recuperación de la inversión, que es la cantidad de años o meses que transcurrirán en obtener mediante los ingresos, la suma de dinero invertida para construir el proyecto y mantenerlo operando.
2. VNA, que es el valor neto actual de la inversión contra los beneficios, en una serie de años y a una tasa de interés activa bancaria.
3. TIR, que es la tasa que el dinero invertido genera a través de los beneficios obtenidos en una serie de años.

5.3 Variables y sus relaciones.

Las variables que se analizan son las siguientes:

1. KW-H
2. KW pico a condiciones estándares.
3. KW-H/KW pico

La hipótesis que se plantea es que puede establecer una tabla de datos, de producción de energía eléctrica final (Y_f), en base a las instalaciones fotovoltaicas existentes y que posean mediciones de generación; para ser utilizada públicamente, a fin de aumentar las inversiones en generación fotovoltaica, disminuyendo la dependencia de combustibles fósiles y contribuyendo al plan de desarrollo de las energías renovables.

6.0 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 Propósito de la investigación.

Está enfocado en la elaboración de tablas de índices de producción final (Y_f), para los sitios evaluados, las cuales se obtendrán a partir de la información brindada por empresas con sensibilidad social y comunitaria, que tengan instalados sistemas de generación fotovoltaica conectada a red. A su vez se elaboraran tablas de índices de producción final (Y_f), para diferentes orientaciones e inclinaciones en Sistemas Fotovoltaicos, las cuales se obtienen a través de las ecuaciones matemáticas ya discutidas en el presente documento.

6.2 Área de estudio

Nuestro sitio geográfico está enmarcado dentro del área metropolitana de San salvador y algunos sitios del interior del país, a los cuales se pudo tener acceso, por la calidad social de las empresas, que amablemente nos cedieron sus datos, para diversificar esta investigación.

6.3 Población a estudiar

Empresas de tipo industrial, generadoras de energía, universidades, entidades públicas y empresas comerciales, las cuales bajo sus políticas de ahorro de energía y sostenibilidad medio ambiental, hacen uso de energías renovables y en especial de Sistemas Fotovoltaicos, las cuales generan con índices de producción final (Yf), que pueden servir de referencia a otras empresas. En concreto se estudiaron e identificaron, tanto empresas con real responsabilidad social como entidades públicas, enmarcadas en las novedosas tareas de transparencia de la información.

6.4 Aspectos tecnológicos a estudiar

Los sistemas fotovoltaicos están constituidos por paneles de silicio mono-cristalino o poli-cristalino, silicio amorfo, en los cuales se verifica el efecto foto eléctrico, para obtener energía de corriente directa, a partir de la energía proveniente de la luz solar, después de un arreglo de celdas, tanto en serie como en paralelo, se alcanzan niveles de voltaje y corriente adecuados para su utilización. Este tipo de energía es de poco uso en la industria y comercio, por lo tanto es necesario realizar una conversión de corriente directa a corriente alterna, para lograrlo se utilizan inversores de energía eléctrica, con los cuales se podrán tener la variable de interés como son los kilowatts-hora y así determinar el índice producción final (Yf) para un sistema fotovoltaico. El siguiente dibujo esquematiza una planta de generación conectada a red.



Ilustración 4: Sistema conectado a red ⁶

6.5 Procedimientos para la recolección, procesamiento, análisis y presentación de datos.

Los datos de KW-H se recolectaron y se trabajaron de la siguiente forma:

1. Se investigaron las empresas y entidades poseedoras de SFV, identificando su capacidad u otros pormenores para tamizar el universo objeto.
2. Se elaboraron cartas en la Escuela de Post Grados de la Facultad, dirigidas a las empresas y entidades seleccionadas, en las cuales se solicitó permiso de acceso a sus datos de generación e instalaciones, para realizar esta investigación.
3. Se verificaron las visitas de campo, a las empresas y entidades que nos atendieron, obteniéndose la información necesaria.

⁶ Dibujo tomado de las clases de Maestría 2013-2014.

4. Se conformaron los datos en tablas y se analizaron las variables de interés, a través de hojas de cálculo Excel, introduciendo las ecuaciones debidas, para obtener datos homogéneos referidos al plano horizontal.
5. Se revisaron los datos de campo, los datos de muestreo por internet y las características de la planta de generación fotovoltaica, para detectar que sean consistentes y se incluyan en la media de todos.
6. Se desecharon los datos inconsistentes y los producidos por plantas fuera de normas razonables de construcción.
7. Utilizando los datos homologados, utilizando tablas del factor K, calculadas para esta latitud, se vaciaron los promedios, en nuevas tablas de datos, para obtener los índices de producción final (Yf), con orientaciones o desorientaciones típicas, que sean aplicables a proyectos, según nuestro objetivo. Se adecuaron los datos para que sean fácilmente accesibles.

6.6 Las variables y su medición.

La variable de interés resultante son los KW-H generados por KW pico de SFV instalados (Yf).

6.7 Trabajo de campo recolección de datos

Las características de los sistemas fotovoltaicos se solicitaron a través de cartas elaboradas por la Escuela de Post Grados, se efectuaron visitas de campo a las empresas y entidades en estudio y mediante información en la web. A continuación se detallan los datos recolectados, en las tablas siguientes.

Producción Energía(MW- H) para sistemas fotovoltaicos año 2014									
	planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	Planta 6	Energía estimada	Planta 14	
Enero	11.07	9.23	3.68	11.037	0.65	0.67			0.845
Febrero	9.18	8.06	3.2	9.924	0.65	1.072			0.845
Marzo	11.15	9.92	4.07	11.918	0.975	1.034			0.845
Abril	10.67	9.34	3.85	11.915	0.925	1.131			0.845
Mayo	9.56	8.87	3.69	9.255	0.775	1.111			0.845
Junio	8.88	8.5	3.47	9.904	0.76	0.885			0.845
Julio	11.9	11.13	4.68	13.415	1	0.933			1.052
Agosto	11.1	10.31	4.31	11.392	0.975	0.123			0.86
Septiembre	8.45	7.89	3.14	8.989	0.76	0.704			0.734
Octubre	9.28	8.13	3.22	9.006	0.76	0.917			0.726
Noviembre	10.1	8.53	3.31	10.251	0.85	0.905			0.843
Diciembre	10.52	8.13	3.15	10.694	0.85	0.109		0.851	

Tabla 3: Energía mensual SFV año 2014

Producción de Energía(MW-H) para sistemas fotovoltaicos año 2015			
		planta 7	Planta 8
Energía estimada(proyectada)	Enero	11.637	5.604
	Febrero	9.364	4.078
Energía medida	Marzo	12.558	5.967
	Abril	12.742	6.205
	Mayo	13.438	6.706
	Junio	10.08	5.061
	Julio	11.637	5.604
Energía estimada (proyectada)	Agosto	11.637	5.604
	Septiembre	11.637	5.604
	Octubre	11.637	5.604
	Noviembre	11.637	5.604
	Diciembre	11.637	5.604

Tabla 4: Energía Mensual año 2015

Producción de Energía (MW-H) para sistemas fotovoltaicos						
	año	planta 9	Planta 10	Planta 11	Planta 12	Planta 13
	2010			13.08	12.64	11.86
	2011	3.097		13.5	13.3	12.26
	2012	2.997		13.87	13.72	12.39
	2013	3.175	0.965	13.06	12.65	11.73
	2014	3.09	1.053			

Tabla 5: Energía anual año 2010-2014

INDICES CALCULADOS DE PLANTAS GENERADORAS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS							
PLANTA	UBICACION	POTENCIA KWP S.F.V	ORIENTACION CON REFERENCIA AL SUR	INCLINACION(B)	ENERGIA GENERADA ANUAL(KW-H)	INDICE YF(KWH/KWP) A PARTIR DE DATOS DE MEDICION	
1	ALMACENES VIDRI (poli-cristalino)	SAN SALVADOR	79.2	10	8	121860	1539
2	DURALITA (poli-cristalino)	LOURDES, COLON, LA LIBERTAD	69.12	-90	13	108040	1563
3	DURALITA (poli-cristalino)	LOURDES, COLON, LA LIBERTAD	28.8	90	13	43790	1520
4	BODEGAS DE DIZASA (poli-cristalino)	SANTA TECLA	88	90	13	117010	1330
5	DEFENSORIA DEL CONSUMIDOR (poli-cristalino)	ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD	6	0	7	8426.94	1404
6	OFICINAS DE LA ASAMBLEA LEGISLATIVA (poli-cristalino)	SAN SALVADOR	7.92	0	4	12248.24	1546
7	ALMACENES VIDRI (poli-cristalino)	SANTA ANA	86.4	25	15	139651	1616
8	ALMACENES VIDRI (poli-cristalino)	SANTA ANA	43.2	115	15	67252	1557
9	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR (poli-cristalino)	SAN SALVADOR	2.1	0	15	3090	1471
10	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR (amorfo)	SAN SALVADOR	0.72	0	15	1009	1401
11	OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE CEL (mono-cristalino)	SAN SALVADOR	8.19	5	13	11190	1634
12	OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE CEL (poli-cristalino)	SAN SALVADOR	8.19	5	13	10990	1597
13	OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE CEL (amorfo)	SAN SALVADOR	8.19	5	13	10161	1472
14	MINSTERIO DE HACIENDA (poli-cristalino)	SAN SALVADOR	6	45	10	10134	1682

Tabla 6: Características de los SFV analizados.

7.0 RESULTADOS OBTENIDOS

Los datos medidos en un plano inclinado, según techos existentes, se refirieron a un plano horizontal y posteriormente se obtuvo un promedio los cuales se indican en la tabla siguiente.

PLANTAS	YF HORIZONTAL
1	1503
2	1604.1
3	1559.7
4	1489.3
5	1618.9
6	1524.2
7	1579.6
8	1712.9
9	1429.7
10	1361.8
11	1587.8
12	1551.7
13	1430.9
14	1610.2

Tabla 7: Índices de Producción referidos a plano horizontal, de las diferentes plantas.

TECNOLOGIA	MUNICIPIO	PLANTAS	PROMEDIOS DE YF HORIZONTAL
			PROMEDIOS
POLICRISTALINO	SAN SALVADOR	1,6,9,12,14	1523.7
POLICRISTALINO	LOURDES COLON	2,3	1581.9
POLICRISTALINO	PROMEDIO SANTA TECLA	4	1489.3
POLICRISTALINO	PROMEDIO ANTIGUO CUSCATLAN	5	1618.9
POLICRISTALINO	PROMEDIO SANTA ANA	7	1646.32
AMORFO	PROMEDIO SAN SALVADOR	10,13	1396.3
MONOCRISTALINO	PROMEDIO SAN SALVADOR	11	1587.8

Tabla 8: Índices de Producción promedio por municipio en el plano horizontal de las diferentes plantas

- Se analizara la variable KW-H/KW pico para diferentes inclinaciones y orientaciones por departamento o municipio, tomando como referencia los KW-H/KW pico horizontales calculados anualmente para el municipio de san salvador.

Ejemplo de cálculo:

Si estamos interesados en el YF de una planta a ubicarse en San salvador, con orientación sur 0 grados y una inclinación 15 grados, de la tabla #8 seleccionamos YF horizontal 1523.79KWH/KW Pico y utilizando la ecuación #6 se calcula así:

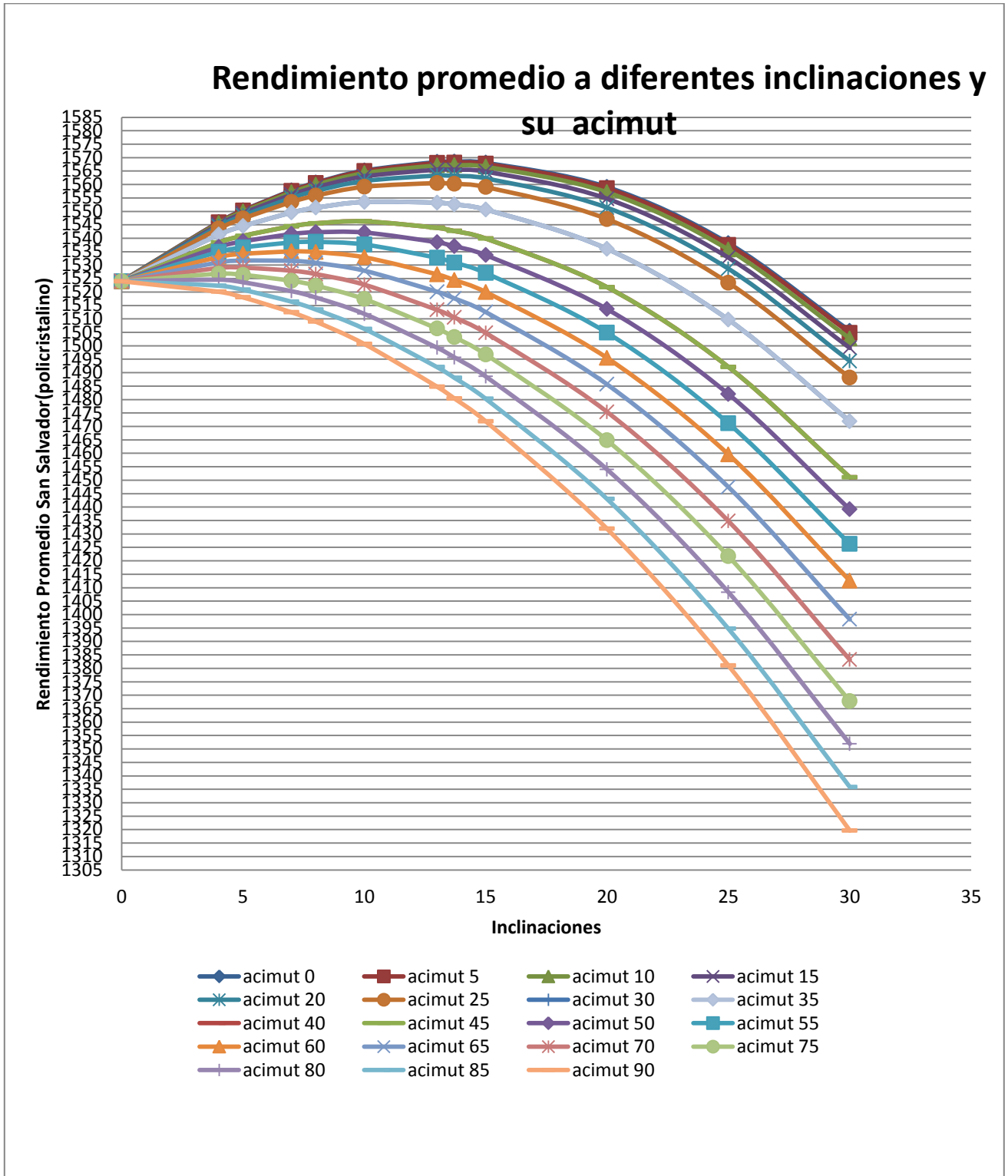
$$YF_{\beta,\gamma} = K_{\beta,\gamma} \frac{YF_H}{K_H} \quad YF_{15,0} = 1 \frac{1523.79}{0.972} = 1568$$

Los resultados para este ejemplo se muestran en la tabla 9, donde puede leerse, en la casilla correspondiente a 0 grados de orientación y 15 grados de inclinación.

1. TABLAS DE INDICES DE PRODUCCION DE ENERGIA EN SAN SALVADOR, PARA DIFERENTES INCLINACIONES Y ORIENTACIONES.

PROMEDIOS DE INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) DE PLANTAS # 1, 6, 9, 12, 14 DE SAN SALVADOR												
	POLICRISTALINO	INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	0	↑1546.01	↑1550.39	↑1557.74	↑1560.70	↑1565.19	↑1568.36	↑1568.48	↑1568.08	↑1559.04	↑1538.13	↑1505.51
	5	↑1545.91	↑1550.27	↑1557.57	↑1560.50	↑1564.95	↑1568.04	↑1568.15	↑1567.72	↑1558.56	↑1537.53	↑1504.81
	10	↑1545.62	↑1549.90	↑1557.05	↑1559.91	↑1564.21	↑1567.09	↑1567.14	↑1566.62	↑1557.11	↑1535.74	↑1502.69
	15	↑1545.13	↑1549.29	↑1556.19	↑1558.94	↑1562.99	↑1565.51	↑1565.48	↑1564.81	↑1554.71	↑1532.78	↑1499.18
	20	↑1544.45	↑1548.44	↑1555.01	↑1557.58	↑1561.30	↑1563.32	↑1563.17	↑1562.28	↑1551.37	↑1528.65	↑1494.30
	25	↑1543.58	↑1547.36	↑1553.49	↑1555.85	↑1559.15	↑1560.53	↑1560.23	↑1559.07	↑1547.13	↑1523.41	↑1488.10
	30	↑1542.54	↑1546.05	↑1551.67	↑1553.77	↑1556.55	↑1557.16	↑1556.68	↑1555.19	↑1542.01	↑1517.08	⇒1480.61
	35	↑1541.32	↑1544.53	↑1549.54	↑1551.34	↑1553.52	↑1553.24	↑1552.55	↑1550.68	↑1536.05	↑1509.72	⇒1471.90
	40	↑1539.94	↑1542.81	↑1547.14	↑1548.59	↑1550.09	↑1548.80	↑1547.87	↑1545.57	↑1529.29	↑1501.37	⇒1462.03
	45	↑1538.42	↑1540.90	↑1544.47	↑1545.55	↑1546.29	↑1543.87	↑1542.68	↑1539.90	↑1521.80	↑1492.11	⇒1451.07
	50	↑1536.75	↑1538.82	↑1541.55	↑1542.22	↑1542.14	↑1538.49	↑1537.01	↑1533.71	↑1513.62	↑1482.01	⇒1439.12
	55	↑1534.95	↑1536.58	↑1538.42	↑1538.64	↑1537.67	↑1532.70	↑1530.91	↑1527.06	↑1504.82	⇒1471.14	⇒1426.25
	60	↑1533.05	↑1534.19	↑1535.09	↑1534.83	↑1532.92	↑1526.55	↑1524.43	↑1519.98	↑1495.47	⇒1459.58	⇒1412.58
	65	↑1531.04	↑1531.69	↑1531.58	↑1530.83	↑1527.92	↑1520.08	↑1517.61	↑1512.53	⇒1485.63	⇒1447.42	↓1398.19
	70	↑1528.95	↑1529.07	↑1527.93	↑1526.66	↑1522.72	↑1513.34	↑1510.51	↑1504.78	⇒1475.38	⇒1434.76	↓1383.21
	75	↑1526.79	↑1526.38	↑1524.16	↑1522.35	↑1517.35	↑1506.38	↑1503.18	↑1496.77	⇒1464.80	⇒1421.69	↓1367.75
	80	↑1524.58	↑1523.62	↑1520.30	↑1517.95	↑1511.85	↑1499.26	↑1495.67	↑1488.58	⇒1453.97	⇒1408.31	↓1351.92
85	↑1522.34	↑1520.82	↑1516.38	↑1513.47	↑1506.27	↑1492.03	↑1488.05	⇒1480.26	⇒1442.98	↓1394.72	↓1335.84	
90	↑1520.08	↑1517.99	↑1512.43	↑1508.96	↑1500.64	⇒1484.74	⇒1480.38	⇒1471.87	⇒1431.90	↓1381.02	↓1319.64	

Tabla 9: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino), San Salvador.



Grafica 1: YF a diferentes inclinaciones y orientaciones (acimut).

La grafica 1 muestra curvas a diferentes inclinaciones y orientaciones y un acimut de referencia (0, 5, 10...90); en estas se pueden observar que el mayor rendimiento se da en inclinaciones alrededor de 10 y 15 grados y acimut cero; el índice de menor rendimiento es alrededor del acimut 85 - 90 grados e inclinaciones mayores a 15 grados.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 1,6, 9,12,14 DE SAN SALVADOR												
POLICRISTALINO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	0	↑1494.15	↑1485.59	↑1467.13	↑1457.23	↑1436.09	↑1401.11	⇒1392.27	⇒1375.66	⇒1304.75	↓1223.92	↓1133.77
	5	↑1494.25	↑1485.72	↑1467.3	↑1457.42	↑1436.34	↑1401.43	↑1392.61	⇒1376.02	⇒1305.24	↓1224.52	↓1134.48
	10	↑1494.54	↑1486.09	↑1467.82	↑1458.01	↑1437.07	↑1402.38	↑1393.61	⇒1377.12	⇒1306.68	↓1226.31	↓1136.6
	15	↑1495.03	↑1486.7	↑1468.67	↑1458.99	↑1438.29	↑1403.96	↑1395.27	⇒1378.93	⇒1309.08	↓1229.27	↓1140.1
	20	↑1495.71	↑1487.55	↑1469.86	↑1460.35	↑1439.98	↑1406.16	↑1397.58	⇒1381.46	⇒1312.42	↓1233.39	↓1144.98
	25	↑1496.58	↑1488.63	↑1471.37	↑1462.07	↑1442.14	↑1408.95	↑1400.52	⇒1384.67	⇒1316.66	↓1238.64	↓1151.19
	30	↑1497.62	↑1489.93	↑1473.2	↑1464.16	↑1444.74	↑1412.32	↑1404.07	⇒1388.55	⇒1321.79	↓1244.97	↓1158.67
	35	↑1498.84	↑1491.45	↑1475.32	↑1466.58	↑1447.76	↑1416.24	↑1408.2	↑1393.06	⇒1327.75	↓1252.33	↓1167.39
	40	↑1500.22	↑1493.17	↑1477.73	↑1469.33	↑1451.19	↑1420.68	↑1412.88	↑1398.17	⇒1334.5	↓1260.67	↓1177.26
	45	↑1501.74	↑1495.08	↑1480.4	↑1472.38	↑1455	↑1425.61	↑1418.08	↑1403.84	⇒1341.99	⇒1269.93	↓1188.21
	50	↑1503.41	↑1497.17	↑1483.31	↑1475.71	↑1459.15	↑1430.98	↑1423.74	↑1410.02	⇒1350.17	⇒1280.04	↓1200.17
	55	↑1505.21	↑1499.41	↑1486.45	↑1479.29	↑1463.62	↑1436.77	↑1429.84	↑1416.68	⇒1358.97	⇒1290.91	↓1213.03
	60	↑1507.11	↑1501.79	↑1489.78	↑1483.09	↑1468.37	↑1442.93	↑1436.32	↑1423.76	⇒1368.32	⇒1302.47	↓1226.71
	65	↑1509.12	↑1504.3	↑1493.29	↑1487.1	↑1473.36	↑1449.4	↑1443.14	↑1431.21	⇒1378.16	⇒1314.63	↓1241.09
	70	↑1511.21	↑1506.91	↑1496.94	↑1491.27	↑1478.56	↑1456.14	↑1450.24	↑1438.96	⇒1388.41	⇒1327.29	↓1256.07
	75	↑1513.37	↑1509.61	↑1500.71	↑1495.57	↑1483.93	↑1463.09	↑1457.57	↑1446.97	↑1398.99	⇒1340.36	⇒1271.54
	80	↑1515.58	↑1512.37	↑1504.57	↑1499.98	↑1489.43	↑1470.22	↑1465.08	↑1455.16	↑1409.82	⇒1353.74	⇒1287.37
	85	↑1517.82	↑1515.17	↑1508.49	↑1504.45	↑1495.02	↑1477.45	↑1472.7	↑1463.48	↑1420.81	⇒1367.33	⇒1303.44
90	↑1520.08	↑1517.99	↑1512.43	↑1508.96	↑1500.64	↑1484.74	↑1480.38	↑1471.87	↑1431.9	⇒1381.02	⇒1319.64	

Tabla 10: Para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) al norte, San Salvador

PROMEDIOS DE INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) DE PLANTAS # 10 Y 13 SAN SALVADOR												
AMORFO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	0	↑1416.75	↑1420.77	↑1427.5	↑1430.21	↑1434.33	↑1437.23	↑1437.34	↑1436.98	↑1428.69	↑1409.53	↑1379.64
	5	↑1416.66	↑1420.65	↑1427.34	↑1430.03	↑1434.1	↑1436.94	↑1437.03	↑1436.64	↑1428.25	↑1408.98	↑1378.99
	10	↑1416.39	↑1420.31	↑1426.87	↑1429.49	↑1433.43	↑1436.07	↑1436.12	↑1435.64	↑1426.92	↑1407.34	↑1377.05
	15	↑1415.94	↑1419.75	↑1426.08	↑1428.59	↑1432.31	↑1434.62	↑1434.59	↑1433.97	↑1424.72	↑1404.62	↑1373.83
	20	↑1415.32	↑1418.98	↑1424.99	↑1427.35	↑1430.76	↑1432.61	↑1432.47	↑1431.66	↑1421.66	↑1400.85	↑1369.37
	25	↑1414.52	↑1417.98	↑1423.61	↑1425.77	↑1428.79	↑1430.05	↑1429.78	↑1428.72	↑1417.77	↑1396.04	↑1363.68
	30	↑1413.57	↑1416.79	↑1421.93	↑1423.86	↑1426.4	↑1426.96	↑1426.52	↑1425.17	↑1413.08	↑1390.24	⇒1356.82
	35	↑1412.45	↑1415.4	↑1419.99	↑1421.64	↑1423.63	↑1423.37	↑1422.74	↑1421.03	↑1407.62	↑1383.49	⇒1348.83
	40	↑1411.19	↑1413.82	↑1417.78	↑1419.12	↑1420.49	↑1419.3	↑1418.45	↑1416.35	↑1401.43	↑1375.85	⇒1339.79
	45	↑1409.79	↑1412.07	↑1415.34	↑1416.32	↑1417	↑1414.79	↑1413.69	↑1411.15	↑1394.56	↑1367.36	⇒1329.75
	50	↑1408.26	↑1410.16	↑1412.67	↑1413.27	↑1413.2	↑1409.86	↑1408.5	↑1405.48	↑1387.07	⇒1358.1	⇒1318.79
	55	↑1406.62	↑1408.1	↑1409.79	↑1409.99	↑1409.1	↑1404.55	↑1402.91	↑1399.38	↑1379.01	⇒1348.14	⇒1307.01
	60	↑1404.87	↑1405.92	↑1406.74	↑1406.5	↑1404.75	↑1398.92	↑1396.97	↑1392.89	↑1370.43	⇒1337.54	⇒1294.47
	65	↑1403.03	↑1403.62	↑1403.53	↑1402.84	↑1400.17	↑1392.99	↑1390.72	↑1386.07	⇒1361.42	⇒1326.4	↓1281.29
	70	↑1401.11	↑1401.23	↑1400.18	↑1399.01	↑1395.41	↑1386.81	↑1384.22	↑1378.96	⇒1352.03	⇒1314.8	↓1267.56
	75	↑1399.14	↑1398.76	↑1396.73	↑1395.07	↑1390.48	↑1380.43	↑1377.5	↑1371.63	⇒1342.33	⇒1302.82	↓1253.39
	80	↑1397.11	↑1396.23	↑1393.19	↑1391.03	↑1385.45	↑1373.91	↑1370.62	↑1364.12	⇒1332.41	⇒1290.56	↓1238.89
	85	↑1395.06	↑1393.66	↑1389.6	↑1386.93	↑1380.33	↑1367.28	↑1363.64	⇒1356.49	⇒1322.33	↓1278.11	↓1224.15
90	↑1392.99	↑1391.08	↑1385.98	↑1382.8	↑1375.17	⇒1360.6	⇒1356.6	⇒1348.81	⇒1312.18	↓1265.56	↓1209.31	

Tabla 11: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (amorfo) sur, San Salvador.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 10,13 SAN SALVADOR												
AMORFO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	0	↑1369.22	↑1361.38	↑1344.46	↑1335.39	↑1316.02	↑1283.97	⇒1275.86	⇒1260.64	⇒1195.66	↓1121.59	↓1038.98
	5	↑1369.31	↑1361.5	↑1344.62	↑1335.57	↑1316.24	↑1284.26	↑1276.17	⇒1260.97	⇒1196.11	↓1122.14	↓1039.63
	10	↑1369.58	↑1361.84	↑1345.09	↑1336.11	↑1316.92	↑1285.13	↑1277.09	⇒1261.98	⇒1197.43	↓1123.78	↓1041.57
	15	↑1370.03	↑1362.4	↑1345.88	↑1337	↑1318.03	↑1286.58	↑1278.61	⇒1263.64	⇒1199.63	↓1126.49	↓1044.78
	20	↑1370.66	↑1363.18	↑1346.97	↑1338.25	↑1319.59	↑1288.59	↑1280.73	⇒1265.96	⇒1202.69	↓1130.27	↓1049.25
	25	↑1371.45	↑1364.17	↑1348.35	↑1339.83	↑1321.56	↑1291.15	↑1283.43	⇒1268.9	⇒1206.58	↓1135.08	↓1054.94
	30	↑1372.41	↑1365.36	↑1350.03	↑1341.74	↑1323.94	↑1294.23	↑1286.68	⇒1272.45	⇒1211.27	↓1140.88	↓1061.8
	35	↑1373.52	↑1366.75	↑1351.97	↑1343.96	↑1326.72	↑1297.83	↑1290.46	↑1276.58	⇒1216.73	↓1147.62	↓1069.78
	40	↑1374.78	↑1368.33	↑1354.18	↑1346.48	↑1329.86	↑1301.9	↑1294.75	↑1281.27	⇒1222.92	↓1155.27	↓1078.83
	45	↑1376.18	↑1370.08	↑1356.62	↑1349.27	↑1333.35	↑1306.41	↑1299.51	↑1286.46	⇒1229.79	⇒1163.76	↓1088.87
	50	↑1377.71	↑1371.99	↑1359.29	↑1352.32	↑1337.15	↑1311.34	↑1304.7	↑1292.13	⇒1237.28	⇒1173.02	↓1099.82
	55	↑1379.36	↑1374.05	↑1362.17	↑1355.61	↑1341.24	↑1316.64	↑1310.29	↑1298.24	⇒1245.35	⇒1182.98	↓1111.61
	60	↑1381.11	↑1376.23	↑1365.22	↑1359.09	↑1345.6	↑1322.28	↑1316.23	↑1304.72	⇒1253.92	⇒1193.57	↓1124.14
	65	↑1382.94	↑1378.53	↑1368.43	↑1362.76	↑1350.17	↑1328.21	↑1322.48	↑1311.55	⇒1262.94	⇒1204.71	↓1137.32
	70	↑1384.86	↑1380.92	↑1371.78	↑1366.58	↑1354.94	↑1334.39	↑1328.99	↑1318.65	⇒1272.33	⇒1216.32	↓1151.05
	75	↑1386.84	↑1383.39	↑1375.24	↑1370.53	↑1359.86	↑1340.77	↑1335.71	↑1325.99	⇒1282.02	⇒1228.3	⇒1165.22
	80	↑1388.86	↑1385.92	↑1378.77	↑1374.57	↑1364.9	↑1347.29	↑1342.58	↑1333.5	⇒1291.94	⇒1240.56	⇒1179.73
	85	↑1390.92	↑1388.49	↑1382.36	↑1378.67	↑1370.02	↑1353.92	↑1349.57	↑1341.12	⇒1302.02	⇒1253.01	⇒1194.46
90	↑1392.99	↑1391.08	↑1385.98	↑1382.8	↑1375.17	↑1360.6	↑1356.6	↑1348.81	⇒1312.18	⇒1265.56	⇒1209.31	

Tabla 12:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (amorfo) norte, San Salvador

INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) DE PLANTA # 11 SAN SALVADOR												
MONOCRISTALINO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	0	↑1611.04	↑1615.61	↑1623.26	↑1626.35	↑1631.03	↑1634.33	↑1634.46	↑1634.04	↑1624.62	↑1602.83	↑1568.84
	5	↑1610.94	↑1615.48	↑1623.08	↑1626.14	↑1630.78	↑1634	↑1634.11	↑1633.66	↑1624.11	↑1602.21	↑1568.1
	10	↑1610.63	↑1615.09	↑1622.54	↑1625.53	↑1630.01	↑1633.01	↑1633.06	↑1632.52	↑1622.6	↑1600.34	↑1565.9
	15	↑1610.12	↑1614.46	↑1621.65	↑1624.51	↑1628.74	↑1631.36	↑1631.33	↑1630.63	↑1620.1	↑1597.25	↑1562.24
	20	↑1609.41	↑1613.57	↑1620.41	↑1623.1	↑1626.98	↑1629.08	↑1628.92	↑1628	↑1616.63	↑1592.96	↑1557.16
	25	↑1608.51	↑1612.44	↑1618.84	↑1621.3	↑1624.73	↑1626.17	↑1625.86	↑1624.65	↑1612.2	↑1587.49	↑1550.69
	30	↑1607.42	↑1611.08	↑1616.94	↑1619.12	↑1622.02	↑1622.66	↑1622.16	↑1620.61	↑1606.87	↑1580.9	⇒1542.89
	35	↑1606.16	↑1609.5	↑1614.72	↑1616.6	↑1618.87	↑1618.57	↑1617.85	↑1615.91	↑1600.66	↑1573.22	⇒1533.81
	40	↑1604.72	↑1607.71	↑1612.22	↑1613.73	↑1615.29	↑1613.94	↑1612.98	↑1610.59	↑1593.62	↑1564.53	⇒1523.53
	45	↑1603.13	↑1605.72	↑1609.43	↑1610.56	↑1611.33	↑1608.81	↑1607.57	↑1604.68	↑1585.81	↑1554.88	⇒1512.11
	50	↑1601.39	↑1603.55	↑1606.4	↑1607.09	↑1607	↑1603.2	↑1601.66	↑1598.23	↑1577.29	↑1544.35	⇒1499.65
	55	↑1599.52	↑1601.21	↑1603.13	↑1603.36	↑1602.35	↑1597.17	↑1595.31	↑1591.29	↑1568.12	⇒1533.02	⇒1486.25
	60	↑1597.53	↑1598.73	↑1599.66	↑1599.39	↑1597.4	↑1590.76	↑1588.55	↑1583.91	↑1558.37	⇒1520.97	⇒1472
	65	↑1595.44	↑1596.11	↑1596	↑1595.22	↑1592.19	↑1584.02	↑1581.45	↑1576.15	⇒1548.12	⇒1508.3	↓1457.01
	70	↑1593.26	↑1593.39	↑1592.2	↑1590.87	↑1586.77	↑1576.99	↑1574.05	↑1568.07	⇒1537.44	⇒1495.11	↓1441.4
	75	↑1591.01	↑1590.58	↑1588.27	↑1586.39	↑1581.17	↑1569.74	↑1566.41	↑1559.73	⇒1526.42	⇒1481.49	↓1425.28
	80	↑1588.71	↑1587.71	↑1584.25	↑1581.8	↑1575.45	↑1562.32	↑1558.59	↑1551.19	⇒1515.13	⇒1467.54	↓1408.78
	85	↑1586.37	↑1584.79	↑1580.17	↑1577.13	↑1569.63	↑1554.79	↑1550.65	⇒1542.52	⇒1503.67	↓1453.38	↓1392.03
90	↑1584.02	↑1581.85	↑1576.05	↑1572.43	↑1563.76	⇒1547.19	⇒1542.65	⇒1533.78	⇒1492.13	↓1439.12	↓1375.15	

Tabla 13:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (monocristalino) sur, San Salvador.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 11 SAN SALVADOR											
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	MONOCRISTALINO	INCLINACION									
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25
0	↑1557	↑1548.08	↑1528.84	↑1518.52	↑1496.5	↑1460.05	⇒1450.83	⇒1433.52	⇒1359.64	↓1275.4	↓1181.46
5	↑1557.1	↑1548.21	↑1529.02	↑1518.73	↑1496.75	↑1460.38	↑1451.18	⇒1433.9	⇒1360.14	↓1276.02	↓1182.2
10	↑1557.41	↑1548.6	↑1529.56	↑1519.34	↑1497.52	↑1461.37	↑1452.23	⇒1435.04	⇒1361.65	↓1277.89	↓1184.4
15	↑1557.92	↑1549.23	↑1530.45	↑1520.36	↑1498.79	↑1463.02	↑1453.96	⇒1436.94	⇒1364.15	↓1280.98	↓1188.06
20	↑1558.63	↑1550.12	↑1531.69	↑1521.77	↑1500.55	↑1465.3	↑1456.37	⇒1439.57	⇒1367.63	↓1285.27	↓1193.14
25	↑1559.53	↑1551.25	↑1533.27	↑1523.57	↑1502.8	↑1468.21	↑1459.44	⇒1442.91	⇒1372.05	↓1290.74	↓1199.61
30	↑1560.62	↑1552.61	↑1535.17	↑1525.74	↑1505.51	↑1471.72	↑1463.13	⇒1446.95	⇒1377.39	↓1297.34	↓1207.41
35	↑1561.88	↑1554.19	↑1537.38	↑1528.27	↑1508.66	↑1475.81	↑1467.44	↑1451.65	⇒1383.6	↓1305.01	↓1216.49
40	↑1563.32	↑1555.98	↑1539.89	↑1531.14	↑1512.23	↑1480.44	↑1472.31	↑1456.98	⇒1390.63	↓1313.7	↓1226.78
45	↑1564.91	↑1557.97	↑1542.67	↑1534.31	↑1516.2	↑1485.57	↑1477.72	↑1462.89	⇒1398.44	⇒1323.35	↓1238.19
50	↑1566.65	↑1560.14	↑1545.71	↑1537.78	↑1520.53	↑1491.18	↑1483.63	↑1469.34	⇒1406.96	⇒1333.88	↓1250.65
55	↑1568.52	↑1562.48	↑1548.97	↑1541.51	↑1525.18	↑1497.21	↑1489.98	↑1476.27	⇒1416.13	⇒1345.21	↓1264.06
60	↑1570.51	↑1564.96	↑1552.45	↑1545.48	↑1530.13	↑1503.62	↑1496.74	↑1483.65	⇒1425.88	⇒1357.26	↓1278.31
65	↑1572.6	↑1567.58	↑1556.1	↑1549.65	↑1535.34	↑1510.36	↑1503.84	↑1491.41	⇒1436.13	⇒1369.93	↓1293.29
70	↑1574.78	↑1570.3	↑1559.91	↑1554	↑1540.76	↑1517.39	↑1511.24	↑1499.49	⇒1446.81	⇒1383.12	↓1308.91
75	↑1577.03	↑1573.11	↑1563.83	↑1558.48	↑1546.35	↑1524.64	↑1518.88	↑1507.83	↑1457.84	⇒1396.74	⇒1325.02
80	↑1579.33	↑1575.98	↑1567.85	↑1563.07	↑1552.08	↑1532.06	↑1526.7	↑1516.37	↑1469.12	⇒1410.69	⇒1341.52
85	↑1581.66	↑1578.9	↑1571.94	↑1567.74	↑1557.9	↑1539.6	↑1534.64	↑1525.04	↑1480.58	⇒1424.85	⇒1358.27
90	↑1584.02	↑1581.85	↑1576.05	↑1572.43	↑1563.76	↑1547.19	↑1542.65	↑1533.78	↑1492.13	⇒1439.12	⇒1375.15

Tabla 14:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (monocristalino) norte, San Salvador

2. TABLA DE INDICES DE PRODUCCION DE ENERGIA ANTIGUO CUSCATLAN

INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) DE PLANTA 5 ANTIGUO CUSCATLAN											
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	POLICRISTALINO	INCLINACION									
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25
0	↑1642.54	↑1647.2	↑1655	↑1658.15	↑1662.92	↑1666.29	↑1666.41	↑1665.99	↑1656.38	↑1634.17	↑1599.52
5	↑1642.44	↑1647.07	↑1654.82	↑1657.94	↑1662.66	↑1665.95	↑1666.06	↑1665.6	↑1655.87	↑1633.53	↑1598.76
10	↑1642.12	↑1646.67	↑1654.27	↑1657.31	↑1661.88	↑1664.94	↑1664.99	↑1664.44	↑1654.33	↑1631.63	↑1596.51
15	↑1641.6	↑1646.02	↑1653.36	↑1656.27	↑1660.59	↑1663.26	↑1663.22	↑1662.51	↑1651.78	↑1628.48	↑1592.79
20	↑1640.88	↑1645.12	↑1652.1	↑1654.83	↑1658.79	↑1660.93	↑1660.77	↑1659.83	↑1648.24	↑1624.1	↑1587.61
25	↑1639.96	↑1643.97	↑1650.49	↑1653	↑1656.5	↑1657.96	↑1657.64	↑1656.41	↑1643.73	↑1618.53	↑1581.01
30	↑1638.85	↑1642.58	↑1648.55	↑1650.78	↑1653.73	↑1654.38	↑1653.87	↑1652.3	↑1638.29	↑1611.81	⇒1573.06
35	↑1637.56	↑1640.97	↑1646.3	↑1648.21	↑1650.52	↑1650.22	↑1649.49	↑1647.51	↑1631.95	↑1603.98	⇒1563.8
40	↑1636.1	↑1639.14	↑1643.74	↑1645.29	↑1646.88	↑1645.5	↑1644.51	↑1642.08	↑1624.78	↑1595.12	⇒1553.31
45	↑1634.47	↑1637.11	↑1640.9	↑1642.05	↑1642.83	↑1640.26	↑1639	↑1636.05	↑1616.82	↑1585.28	⇒1541.68
50	↑1632.7	↑1634.9	↑1637.81	↑1638.51	↑1638.42	↑1634.55	↑1632.98	↑1629.48	↑1608.13	⇒1574.54	⇒1528.97
55	↑1630.79	↑1632.52	↑1634.48	↑1634.71	↑1633.68	↑1628.4	↑1626.5	↑1622.4	↑1598.78	⇒1562.99	⇒1515.31
60	↑1628.77	↑1629.99	↑1630.93	↑1630.66	↑1628.63	↑1621.86	↑1619.61	↑1614.88	↑1588.84	⇒1550.71	⇒1500.78
65	↑1626.63	↑1627.32	↑1627.21	↑1626.41	↑1623.32	↑1614.99	↑1612.37	↑1606.97	⇒1578.39	⇒1537.79	↓1485.5
70	↑1624.41	↑1624.55	↑1623.33	↑1621.98	↑1617.8	↑1607.83	↑1604.82	↑1598.73	⇒1567.5	⇒1524.34	↓1469.58
75	↑1622.12	↑1621.68	↑1619.32	↑1617.41	↑1612.09	↑1600.44	↑1597.03	↑1590.23	⇒1556.26	⇒1510.45	↓1453.15
80	↑1619.78	↑1618.75	↑1615.23	↑1612.72	↑1606.25	↑1592.87	↑1589.06	↑1581.52	⇒1544.76	⇒1496.24	↓1436.33
85	↑1617.39	↑1615.77	↑1611.06	↑1607.97	↑1600.32	↑1585.18	↑1580.97	⇒1572.68	⇒1533.07	↓1481.8	↓1419.25
90	↑1614.99	↑1612.77	↑1606.87	↑1603.18	↑1594.34	⇒1577.44	⇒1572.81	⇒1563.77	⇒1521.3	↓1467.25	↓1402.04

Tabla 15: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) sur, Antiguo Cuscatlán.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 5 DE ANTIGUO CUSCATLAN												
POLICRISTALINO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	0	↑1587.44	↑1578.35	↑1558.73	↑1548.21	↑1525.76	↑1488.6	⇒1479.2	⇒1461.55	⇒1386.22	↓1300.34	↓1204.56
	5	↑1587.55	↑1578.48	↑1558.92	↑1548.42	↑1526.02	↑1488.93	↑1479.56	⇒1461.94	⇒1386.73	↓1300.97	↓1205.31
	10	↑1587.86	↑1578.87	↑1559.47	↑1549.05	↑1526.8	↑1489.95	↑1480.62	⇒1463.1	⇒1388.27	↓1302.87	↓1207.56
	15	↑1588.38	↑1579.52	↑1560.37	↑1550.09	↑1528.09	↑1491.62	↑1482.39	⇒1465.03	⇒1390.82	↓1306.03	↓1211.29
	20	↑1589.1	↑1580.43	↑1561.64	↑1551.53	↑1529.89	↑1493.95	↑1484.85	⇒1467.71	⇒1394.37	↓1310.4	↓1216.47
	25	↑1590.02	↑1581.58	↑1563.24	↑1553.36	↑1532.18	↑1496.92	↑1487.97	⇒1471.13	⇒1398.88	↓1315.98	↓1223.06
	30	↑1591.13	↑1582.96	↑1565.18	↑1555.58	↑1534.94	↑1500.5	↑1491.74	⇒1475.24	⇒1404.32	↓1322.7	↓1231.02
	35	↑1592.42	↑1584.58	↑1567.44	↑1558.15	↑1538.16	↑1504.66	↑1496.13	↑1480.04	⇒1410.65	↓1330.52	↓1240.28
	40	↑1593.89	↑1586.4	↑1570	↑1561.07	↑1541.8	↑1509.38	↑1501.1	↑1485.46	⇒1417.82	↓1339.39	↓1250.76
	45	↑1595.51	↑1588.43	↑1572.83	↑1564.31	↑1545.84	↑1514.62	↑1506.62	↑1491.49	⇒1425.78	⇒1349.23	↓1262.4
	50	↑1597.28	↑1590.65	↑1575.93	↑1567.85	↑1550.26	↑1520.33	↑1512.64	↑1498.06	⇒1434.47	⇒1359.96	↓1275.1
	55	↑1599.19	↑1593.03	↑1579.26	↑1571.65	↑1555	↑1526.48	↑1519.12	↑1505.14	⇒1443.82	⇒1371.51	↓1288.77
	60	↑1601.22	↑1595.56	↑1582.8	↑1575.7	↑1560.05	↑1533.02	↑1526	↑1512.66	⇒1453.76	⇒1383.8	↓1303.3
	65	↑1603.35	↑1598.23	↑1586.53	↑1579.95	↑1565.35	↑1539.89	↑1533.25	↑1520.57	⇒1464.21	⇒1396.71	↓1318.58
	70	↑1605.57	↑1601	↑1590.4	↑1584.38	↑1570.88	↑1547.05	↑1540.79	↑1528.81	⇒1475.1	⇒1410.16	↓1334.5
	75	↑1607.86	↑1603.86	↑1594.41	↑1588.95	↑1576.59	↑1554.45	↑1548.58	↑1537.31	↑1486.34	⇒1424.05	⇒1350.93
	80	↑1610.21	↑1606.8	↑1598.51	↑1593.63	↑1582.43	↑1562.01	↑1556.55	↑1546.02	↑1497.84	⇒1438.27	⇒1367.75
	85	↑1612.59	↑1609.77	↑1602.67	↑1598.39	↑1588.36	↑1569.7	↑1564.65	↑1554.86	↑1509.53	⇒1452.71	⇒1384.83
90	↑1614.99	↑1612.77	↑1606.87	↑1603.18	↑1594.34	↑1577.44	↑1572.81	↑1563.77	↑1521.3	⇒1467.25	⇒1402.04	

Tabla 16: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) al norte, Antiguo Cuscatlán.

3. TABLA DE INDICES DE PRODUCCION DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LOURDES, COLON.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) DE PLANTAS #2 Y 3 DE LOURDES, COLON												
POLICRISTALINO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	0	↑1605.05	↑1609.6	↑1617.22	↑1620.3	↑1624.96	↑1628.25	↑1628.38	↑1627.96	↑1618.57	↑1596.87	↑1563
	5	↑1604.95	↑1609.47	↑1617.04	↑1620.09	↑1624.71	↑1627.92	↑1628.03	↑1627.58	↑1618.07	↑1596.25	↑1562.27
	10	↑1604.64	↑1609.09	↑1616.51	↑1619.48	↑1623.95	↑1626.93	↑1626.99	↑1626.45	↑1616.57	↑1594.39	↑1560.07
	15	↑1604.13	↑1608.45	↑1615.62	↑1618.47	↑1622.68	↑1625.29	↑1625.26	↑1624.56	↑1614.08	↑1591.31	↑1556.43
	20	↑1603.43	↑1607.57	↑1614.39	↑1617.06	↑1620.92	↑1623.02	↑1622.86	↑1621.94	↑1610.61	↑1587.03	↑1551.37
	25	↑1602.53	↑1606.45	↑1612.82	↑1615.27	↑1618.69	↑1620.12	↑1619.81	↑1618.61	↑1606.21	↑1581.58	↑1544.93
	30	↑1601.44	↑1605.09	↑1610.92	↑1613.1	↑1615.99	↑1616.62	↑1616.12	↑1614.58	↑1600.89	↑1575.01	⇒1537.15
	35	↑1600.18	↑1603.51	↑1608.72	↑1610.58	↑1612.84	↑1612.55	↑1611.84	↑1609.9	↑1594.7	↑1567.37	⇒1528.11
	40	↑1598.75	↑1601.73	↑1606.22	↑1607.73	↑1609.29	↑1607.94	↑1606.98	↑1604.6	↑1587.69	↑1558.71	⇒1517.86
	45	↑1597.16	↑1599.75	↑1603.45	↑1604.57	↑1605.34	↑1602.82	↑1601.59	↑1598.71	↑1579.91	↑1549.09	⇒1506.49
	50	↑1595.43	↑1597.58	↑1600.42	↑1601.11	↑1601.03	↑1597.24	↑1595.7	↑1592.28	↑1571.42	⇒1538.6	⇒1494.07
	55	↑1593.57	↑1595.25	↑1597.17	↑1597.39	↑1596.39	↑1591.23	↑1589.37	↑1585.37	↑1562.29	⇒1527.31	⇒1480.72
	60	↑1591.59	↑1592.78	↑1593.71	↑1593.44	↑1591.46	↑1584.84	↑1582.64	↑1578.02	↑1552.58	⇒1515.31	⇒1466.52
	65	↑1589.51	↑1590.18	↑1590.07	↑1589.29	↑1586.27	↑1578.13	↑1575.56	↑1570.29	⇒1542.36	⇒1502.69	↓1451.59
	70	↑1587.34	↑1587.47	↑1586.28	↑1584.96	↑1580.87	↑1571.13	↑1568.19	↑1562.24	⇒1531.72	⇒1489.55	↓1436.04
	75	↑1585.1	↑1584.67	↑1582.36	↑1580.49	↑1575.29	↑1563.91	↑1560.58	↑1553.93	⇒1520.74	⇒1475.98	↓1419.98
	80	↑1582.8	↑1581.8	↑1578.36	↑1575.91	↑1569.58	↑1556.51	↑1552.79	↑1545.42	⇒1509.5	⇒1462.08	↓1403.54
	85	↑1580.47	↑1578.89	↑1574.29	↑1571.27	↑1563.79	↑1549	↑1544.88	⇒1536.78	⇒1498.08	↓1447.98	↓1386.85
90	↑1578.13	↑1575.96	↑1570.19	↑1566.59	↑1557.95	⇒1541.44	⇒1536.91	⇒1528.08	⇒1486.58	↓1433.76	↓1370.04	

Tabla 17: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones (policristalino) sur, Lourdes, colon.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 2,3 DE LOURDES COLON											
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	POLICRISTALINO	INCLINACION									
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25
0	↑1551.21	↑1542.32	↑1523.16	↑1512.87	↑1490.93	↑1454.62	⇒1445.44	⇒1428.19	⇒1354.58	↓1270.66	↓1177.07
5	↑1551.31	↑1542.45	↑1523.33	↑1513.08	↑1491.19	↑1454.95	⇒1445.78	⇒1428.57	⇒1355.08	↓1271.28	↓1177.8
10	↑1551.61	↑1542.84	↑1523.87	↑1513.69	↑1491.95	↑1455.94	↑1446.83	⇒1429.71	⇒1356.58	↓1273.14	↓1180
15	↑1552.12	↑1543.47	↑1524.76	↑1514.7	↑1493.21	↑1457.58	↑1448.55	⇒1431.59	⇒1359.08	↓1276.22	↓1183.64
20	↑1552.83	↑1544.35	↑1525.99	↑1516.11	↑1494.97	↑1459.85	↑1450.95	⇒1434.21	⇒1362.54	↓1280.49	↓1188.7
25	↑1553.73	↑1545.48	↑1527.56	↑1517.91	↑1497.21	↑1462.75	↑1454.01	⇒1437.55	⇒1366.94	↓1285.94	↓1195.15
30	↑1554.81	↑1546.83	↑1529.46	↑1520.07	↑1499.91	↑1466.25	↑1457.69	⇒1441.57	⇒1372.26	↓1292.51	↓1202.92
35	↑1556.07	↑1548.41	↑1531.66	↑1522.59	↑1503.05	↑1470.32	↑1461.98	↑1446.25	⇒1378.45	↓1300.15	↓1211.97
40	↑1557.5	↑1550.19	↑1534.16	↑1525.44	↑1506.61	↑1474.93	↑1466.84	↑1451.56	⇒1385.46	↓1308.82	↓1222.21
45	↑1559.09	↑1552.18	↑1536.93	↑1528.61	↑1510.56	↑1480.05	↑1472.23	↑1457.45	⇒1393.24	↓1318.43	↓1233.59
50	↑1560.82	↑1554.34	↑1539.96	↑1532.06	↑1514.87	↑1485.63	↑1478.11	↑1463.87	⇒1401.73	⇒1328.92	↓1246
55	↑1562.69	↑1556.67	↑1543.21	↑1535.78	↑1519.51	↑1491.64	↑1484.44	↑1470.78	⇒1410.86	⇒1340.21	↓1259.35
60	↑1564.67	↑1559.14	↑1546.67	↑1539.73	↑1524.44	↑1498.03	↑1491.17	↑1478.13	⇒1420.58	⇒1352.21	↓1273.55
65	↑1566.75	↑1561.75	↑1550.31	↑1543.89	↑1529.62	↑1504.74	↑1498.25	↑1485.86	⇒1430.79	⇒1364.83	↓1288.48
70	↑1568.92	↑1564.46	↑1554.1	↑1548.21	↑1535.03	↑1511.74	↑1505.62	↑1493.91	⇒1441.43	⇒1377.98	↓1304.04
75	↑1571.16	↑1567.26	↑1558.02	↑1552.68	↑1540.6	↑1518.97	↑1513.23	↑1502.22	↑1452.41	⇒1391.55	⇒1320.09
80	↑1573.45	↑1570.12	↑1562.02	↑1557.26	↑1546.31	↑1526.36	↑1521.02	↑1510.73	↑1463.65	⇒1405.44	⇒1336.53
85	↑1575.78	↑1573.03	↑1566.09	↑1561.9	↑1552.11	↑1533.87	↑1528.93	↑1519.37	↑1475.07	⇒1419.55	⇒1353.22
90	↑1578.13	↑1575.96	↑1570.19	↑1566.59	↑1557.95	↑1541.44	↑1536.91	↑1528.08	↑1486.58	⇒1433.76	⇒1370.04

Tabla 18:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones al norte (policristalino) , Lourdes, colon.

4. TABLA DE INDICES DE PRODUCCION Yf PARA SANTA TECLA.

INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) DE PLANTA #4 EN SANTA TECLA											
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	POLICRISTALINO	INCLINACION									
		4	5	7	8	10	13	14	15	20	25
0	↑1511	↑1515	↑1522	↑1525	↑1530	↑1533	↑1533	↑1533	↑1524	↑1503	↑1471
5	↑1511	↑1515	↑1522	↑1525	↑1530	↑1533	↑1533	↑1532	↑1523	↑1503	↑1471
10	↑1511	↑1515	↑1522	↑1525	↑1529	↑1532	↑1532	↑1531	↑1522	↑1501	↑1469
15	↑1510	↑1514	↑1521	↑1524	↑1528	↑1530	↑1530	↑1529	↑1520	↑1498	↑1465
20	↑1510	↑1513	↑1520	↑1522	↑1526	↑1528	↑1528	↑1527	↑1516	↑1494	↑1460
25	↑1509	↑1512	↑1518	↑1521	↑1524	↑1525	↑1525	↑1524	↑1512	↑1489	↑1454
30	↑1508	↑1511	↑1517	↑1519	↑1521	↑1522	↑1521	↑1520	↑1507	↑1483	⇒1447
35	↑1506	↑1510	↑1514	↑1516	↑1518	↑1518	↑1517	↑1516	↑1501	↑1476	⇒1439
40	↑1505	↑1508	↑1512	↑1514	↑1515	↑1514	↑1513	↑1511	↑1495	↑1467	⇒1429
45	↑1504	↑1506	↑1510	↑1511	↑1511	↑1509	↑1508	↑1505	↑1487	↑1458	⇒1418
50	↑1502	↑1504	↑1507	↑1507	↑1507	↑1504	↑1502	↑1499	↑1479	⇒1448	⇒1407
55	↑1500	↑1502	↑1504	↑1504	↑1503	↑1498	↑1496	↑1493	↑1471	⇒1438	⇒1394
60	↑1498	↑1499	↑1500	↑1500	↑1498	↑1492	↑1490	↑1486	↑1462	⇒1427	⇒1381
65	↑1496	↑1497	↑1497	↑1496	↑1493	↑1486	↑1483	↑1478	⇒1452	⇒1415	↓1367
70	↑1494	↑1494	↑1493	↑1492	↑1488	↑1479	↑1476	↑1471	⇒1442	⇒1402	↓1352
75	↑1492	↑1492	↑1490	↑1488	↑1483	↑1472	↑1469	↑1463	⇒1432	⇒1390	↓1337
80	↑1490	↑1489	↑1486	↑1484	↑1478	↑1465	↑1462	↑1455	⇒1421	⇒1376	↓1321
85	↑1488	↑1486	↑1482	↑1479	↑1472	↑1458	↑1454	⇒1447	⇒1410	↓1363	↓1306
90	↑1486	↑1484	↑1478	↑1475	↑1467	⇒1451	⇒1447	⇒1439	⇒1399	↓1350	↓1290

Tabla 19: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones(policristalino) sur, Santa Tecla.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 4 DE SANTA TECLA												
POLICRISTALINO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	0	↑1460.33	↑1451.97	↑1433.93	↑1424.25	↑1403.59	↑1369.41	↑1360.76	↓1344.52	↓1275.23	↓1196.22	↓1108.11
	5	↑1460.33	↑1452.09	↑1434.10	↑1424.44	↑1403.83	↑1369.72	↑1360.76	↓1344.88	↓1275.70	↓1196.81	↓1108.80
	10	↑1460.43	↑1452.45	↑1434.60	↑1425.02	↑1404.55	↑1370.65	↑1361.09	↓1345.95	↓1277.11	↓1198.55	↓1110.87
	15	↑1460.72	↑1453.05	↑1435.44	↑1425.97	↑1405.74	↑1372.19	↑1362.07	↓1347.73	↓1279.46	↓1201.45	↓1114.30
	20	↑1461.20	↑1453.88	↑1436.60	↑1427.30	↑1407.39	↑1374.33	↑1363.70	↓1350.19	↓1282.72	↓1205.48	↓1119.07
	25	↑1461.86	↑1454.94	↑1438.08	↑1428.99	↑1409.50	↑1377.06	↑1365.95	↓1353.33	↓1286.87	↓1210.61	↓1125.13
	30	↑1462.71	↑1456.22	↑1439.86	↑1431.02	↑1412.04	↑1380.35	↑1368.83	↓1357.12	↓1291.87	↓1216.79	↓1132.45
	35	↑1463.73	↑1457.70	↑1441.94	↑1433.39	↑1415.00	↑1384.19	↑1372.30	↑1361.53	↓1297.70	↓1223.99	↓1140.97
	40	↑1464.92	↑1459.38	↑1444.29	↑1436.08	↑1418.35	↑1388.53	↑1376.33	↑1366.52	↓1304.30	↓1232.14	↓1150.61
	45	↑1466.26	↑1461.25	↑1446.90	↑1439.06	↑1422.07	↑1393.34	↑1380.91	↑1372.07	↓1311.62	↓1241.19	↓1161.32
	50	↑1467.76	↑1463.29	↑1449.74	↑1442.31	↑1426.13	↑1398.60	↑1385.98	↑1378.11	↓1319.61	↓1251.07	↓1173.01
	55	↑1469.39	↑1465.48	↑1452.81	↑1445.81	↑1430.49	↑1404.26	↑1391.52	↑1384.62	↓1328.21	↓1261.70	↓1185.58
	60	↑1471.14	↑1467.81	↑1456.07	↑1449.53	↑1435.14	↑1410.27	↑1397.48	↑1391.54	↓1337.36	↓1273.00	↓1198.95
	65	↑1473.01	↑1470.26	↑1459.49	↑1453.44	↑1440.02	↑1416.60	↑1403.82	↑1398.82	↓1346.97	↓1284.88	↓1213.00
	70	↑1474.97	↑1472.81	↑1463.06	↑1457.52	↑1445.10	↑1423.18	↑1410.48	↑1406.40	↓1356.99	↓1297.25	↓1227.64
	75	↑1477.01	↑1475.44	↑1466.75	↑1461.73	↑1450.35	↑1429.98	↑1417.42	↑1414.22	↑1367.33	↓1310.03	↓1242.76
	80	↑1479.12	↑1478.14	↑1470.52	↑1466.03	↑1455.73	↑1436.94	↑1424.59	↑1422.23	↑1377.91	↓1323.11	↓1258.23
	85	↑1481.28	↑1480.88	↑1474.35	↑1470.41	↑1461.18	↑1444.01	↑1431.92	↑1430.36	↑1388.66	↓1336.39	↓1273.94
90	↑1483.47	↑1483.64	↑1478.21	↑1474.81	↑1466.68	↑1451.14	↑1439.37	↑1438.56	↑1399.49	↓1349.77	↓1289.78	

Tabla 20:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones al norte, Santa Tecla

5. TABLA DE INDICES DE PRODUCCION DE ENERGIA DE LA PLANTA TRIFASICA FOTOVOLTAICA VIDRI SANTA ANA ORIENTACION SUR.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 7 , SANTA ANA												
POLICRISTALINO		INCLINACION										
		4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
ORIENTACION SUR, CON REFERENCIA SUR	0	↑1670.32	↑1675.06	↑1682.99	↑1686.19	↑1691.05	↑1694.47	↑1694.6	↑1694.17	↑1684.4	↑1661.81	↑1626.57
	5	↑1670.22	↑1674.93	↑1682.81	↑1685.98	↑1690.78	↑1694.13	↑1694.24	↑1693.78	↑1683.88	↑1661.16	↑1625.81
	10	↑1669.9	↑1674.53	↑1682.25	↑1685.34	↑1689.99	↑1693.1	↑1693.16	↑1692.59	↑1682.31	↑1659.23	↑1623.52
	15	↑1669.37	↑1673.87	↑1681.33	↑1684.29	↑1688.67	↑1691.39	↑1691.36	↑1690.63	↑1679.72	↑1656.03	↑1619.73
	20	↑1668.64	↑1672.95	↑1680.04	↑1682.82	↑1686.84	↑1689.02	↑1688.86	↑1687.9	↑1676.12	↑1651.57	↑1614.46
	25	↑1667.7	↑1671.78	↑1678.41	↑1680.96	↑1684.52	↑1686.01	↑1685.68	↑1684.43	↑1671.53	↑1645.91	↑1607.76
	30	↑1666.57	↑1670.37	↑1676.44	↑1678.7	↑1681.71	↑1682.37	↑1681.85	↑1680.25	↑1666	↑1639.07	↑1599.67
	35	↑1665.26	↑1668.73	↑1674.14	↑1676.08	↑1678.44	↑1678.13	↑1677.39	↑1675.37	↑1659.56	↑1631.11	↑1590.25
	40	↑1663.77	↑1666.87	↑1671.54	↑1673.12	↑1674.73	↑1673.33	↑1672.33	↑1669.85	↑1652.26	↑1622.1	↑1579.59
	45	↑1662.12	↑1664.81	↑1668.66	↑1669.82	↑1670.62	↑1668.01	↑1666.72	↑1663.73	↑1644.17	↑1612.09	↑1567.75
	50	↑1660.32	↑1662.55	↑1665.51	↑1666.23	↑1666.14	↑1662.2	↑1660.6	↑1657.04	↑1635.33	↑1601.18	↑1554.84
	55	↑1658.38	↑1660.13	↑1662.12	↑1662.36	↑1661.31	↑1655.95	↑1654.01	↑1649.85	↑1625.82	↑1589.43	↑1540.94
	60	↑1656.32	↑1657.56	↑1658.52	↑1658.25	↑1656.18	↑1649.3	↑1647.01	↑1642.2	↑1615.72	↑1576.94	↑1526.16
	65	↑1654.15	↑1654.85	↑1654.73	↑1653.92	↑1650.78	↑1642.31	↑1639.64	↑1634.15	↑1605.09	↑1563.81	↓1510.62
	70	↑1651.89	↑1652.03	↑1650.79	↑1649.41	↑1645.16	↑1635.02	↑1631.97	↑1625.77	↑1594.02	↑1550.13	↓1494.44
	75	↑1649.56	↑1649.11	↑1646.72	↑1644.76	↑1639.36	↑1627.51	↑1624.05	↑1617.13	↑1582.59	↑1536	↓1477.73
	80	↑1647.17	↑1646.13	↑1642.55	↑1640	↑1633.42	↑1619.81	↑1615.94	↑1608.27	↑1570.89	↑1521.55	↓1460.63
	85	↑1644.75	↑1643.1	↑1638.31	↑1635.17	↑1627.39	↑1612	↑1607.71	↑1599.28	↑1559.01	↓1506.87	↓1443.26
90	↑1642.31	↑1640.05	↑1634.05	↑1630.3	↑1621.31	↑1604.12	↑1599.41	↑1590.22	↑1547.03	↓1492.07	↓1425.75	

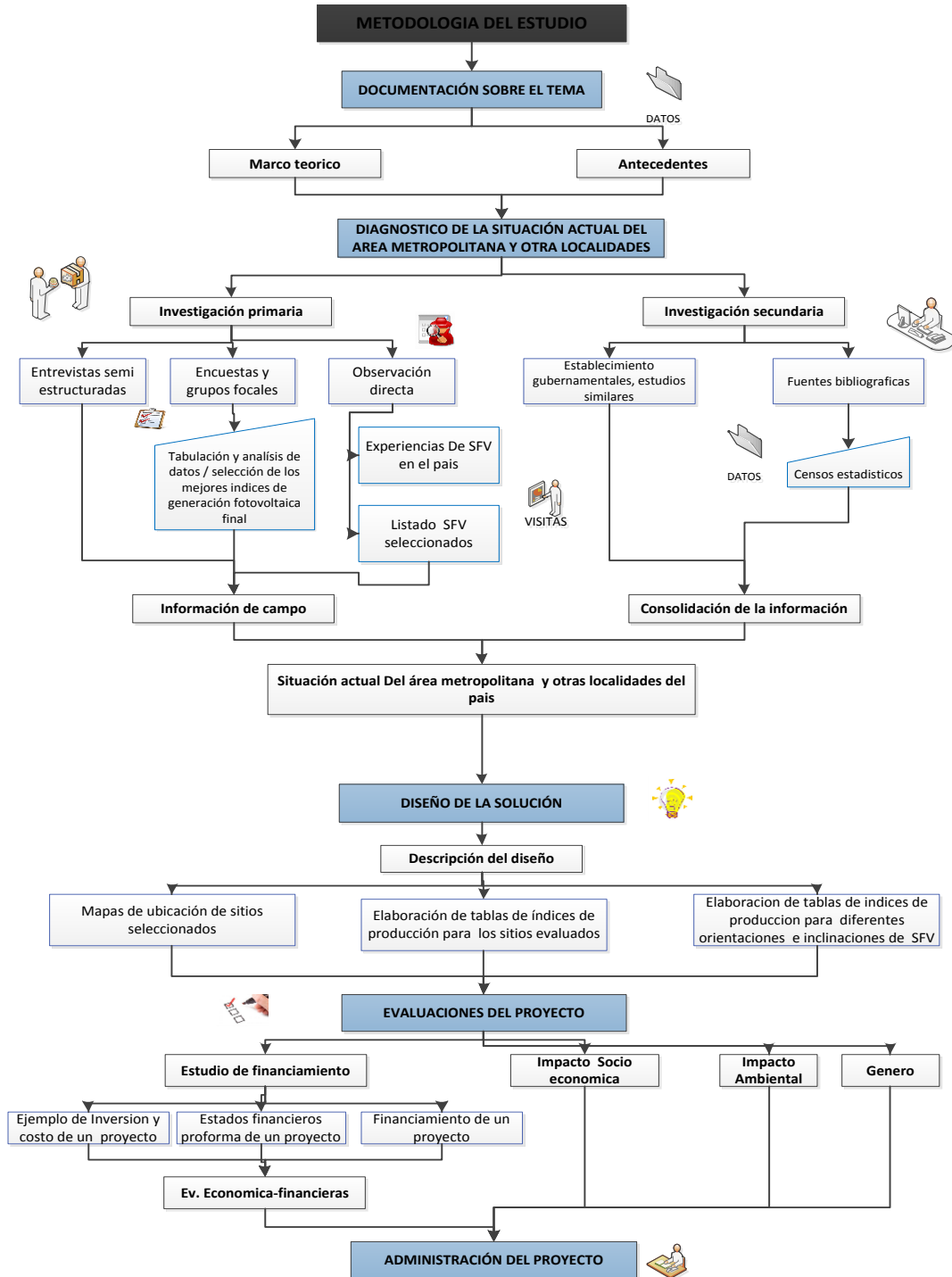
Tabla 21:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones, planta 7 Santa Ana orientación Sur.

PROMEDIO INDICES DE PRODUCCION FINAL (YF) PARA PLANTA 8 , SANTA ANA											
ORIENTACION NORTE, CON REFERENCIA NORTE	POLICRISTALINO	INCLINACION									
	4	5	7	8	10	13	13.71	15	20	25	30
0	1614.29	1605.05	1585.1	1574.4	1551.56	1513.78	1504.22	1486.27	1409.67	1322.33	1224.94
5	1614.4	1605.18	1585.29	1574.61	1551.83	1514.12	1504.58	1486.67	1410.19	1322.98	1225.7
10	1614.72	1605.58	1585.84	1575.25	1552.62	1515.15	1505.67	1487.85	1411.75	1324.91	1227.99
15	1615.25	1606.24	1586.77	1576.3	1553.94	1516.85	1507.46	1489.81	1414.35	1328.12	1231.78
20	1615.98	1607.16	1588.05	1577.77	1555.77	1519.22	1509.96	1492.54	1417.95	1332.57	1237.05
25	1616.92	1608.33	1589.69	1579.64	1558.1	1522.24	1513.14	1496.01	1422.54	1338.24	1243.75
30	1618.05	1609.74	1591.66	1581.89	1560.91	1525.88	1516.97	1500.2	1428.07	1345.07	1251.84
35	1619.36	1611.38	1593.95	1584.51	1564.18	1530.11	1521.44	1505.07	1434.51	1353.03	1261.25
40	1620.85	1613.24	1596.55	1587.48	1567.88	1534.91	1526.49	1510.59	1441.8	1362.04	1271.92
45	1622.5	1615.3	1599.44	1590.77	1571.99	1540.24	1532.1	1516.72	1449.9	1372.05	1283.75
50	1624.3	1617.55	1602.58	1594.37	1576.48	1546.05	1538.22	1523.4	1458.74	1382.97	1296.67
55	1626.24	1619.98	1605.97	1598.24	1581.3	1552.3	1544.81	1530.6	1468.24	1394.71	1310.57
60	1628.3	1622.55	1609.57	1602.35	1586.44	1558.95	1551.82	1538.25	1478.35	1407.2	1325.35
65	1630.47	1625.26	1613.36	1606.67	1591.83	1565.94	1559.18	1546.29	1488.98	1420.34	1340.88
70	1632.73	1628.08	1617.31	1611.18	1597.45	1573.22	1566.85	1554.67	1500.05	1434.02	1357.07
75	1635.06	1630.99	1621.38	1615.83	1603.26	1580.74	1574.77	1563.32	1511.48	1448.14	1373.78
80	1637.44	1633.98	1625.55	1620.59	1609.2	1588.43	1582.88	1572.17	1523.18	1462.6	1390.88
85	1639.87	1637	1629.78	1625.43	1615.23	1596.25	1591.11	1581.16	1535.06	1477.28	1408.25
90	1642.31	1640.05	1634.05	1630.3	1621.31	1604.12	1599.41	1590.22	1547.03	1492.07	1425.75

Tabla 22:KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones, planta 8 Santa Ana, orientación norte.

8.0 EJEMPLO PRACTICO DE APLICACIÓN DE INDICES DE PRODUCCION DE ENERGIA FOTOVOLTAICA (YF).

8.1 Diagrama pictórico de diseño de SFV.



El diagrama anterior nos muestra, en forma pormenorizada, los procesos para lograr con éxito el desarrollo de un proyecto fotovoltaico, como primer paso se tiene la documentación que existe relacionada con índices de producción de energía fotovoltaica, como segundo paso se obtienen para referencia, los sistemas fotovoltaicos del área metropolitana, sus respectivos índices de producción de energía fotovoltaica y sus respectivas ubicaciones geográficas.

Con los índices de producción de energía fotovoltaica anuales obtenidos en esta investigación, se calculan los valores de Y_f para diferentes techos que se tengan como alternativas viables, con sus orientaciones e inclinaciones. Otros datos servirán para diseñar el proyecto de generación FV teniendo en cuenta lo siguiente puntos: profesional encargado de diseño, ubicación del proyecto, potencia demandada, energía anual demandada, calcular KW Pico de acuerdo al Y_f de la zona, con su respectiva orientación e inclinación seleccionada, área de techos que utilizarán los paneles del sistema, calcular número de inversores a utilizar y su potencia, calcular indicadores de factibilidad económica para la inversión.

8.2 Ejemplo práctico.

Planta generadora de Globaltec, Orientación de 38.66 grados; Inclinación de 12 grados. Ubicada en Nejapa.

Seleccionando en la tabla #13, que contiene datos para Lourdes, Colón, localidad con características similares de ambiente a la ubicación del ejemplo, con una des orientación de 40 grados y una inclinación de 10 grados, obtenemos un índice de producción final de 1609.9 KW-H por KW pico. Mediante una hoja de cálculo, se determinan las variables constructivas de la planta generadora conectada a red, así como los indicadores de rentabilidad económica. En el cuadro siguiente se describe este ejemplo:

DATOS DE CONSUMOS MENSUALES Y PROYECCION DE MODULOS FV DE GLOBALTEC S.A. DE C.V.											
Presenta:	EMERGENCIAS ELECTRICAS, S.A. DE C.V.										
Fecha:	27 de Julio del 2015										
Indice Yf año	1533							Cantidad de	Cantidad de	Cantidad de	Ahorro kw-h
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Promedios	MFV	Inversores	kw-h / mes	mensual
Kw-h punta	1760	1980	1936	2332	2508	2948	2244	300w pico	SPT-20000	generados	esperado \$
18:00 - 22:59								72 por inv.	TL-US-10-KIT		
Kw-h valle	1408	1408	1540	1540	1672	1804	1562	360	5	13797	\$ 2,069.55
23:00 - 4:59											
Kw-h resto	11880	12320	13112	13024	11484	11440	12210			Costo/watt del material de importación	\$ 1.25
5:00 - 17:59											
Demanda kw	61.6	61.6	74.8	74.8	74.8	66	69			COSTO TOTAL DEL PROYECTO aprox.	
										Material de importación	\$ 135,000
										Materiales de compra local	\$ 13,500
										mano de obra y dirección	\$ 13,668
Costo kw-h en resto	\$ 2,124.23	\$ 2,202.90	\$ 2,396.90	\$ 2,380.81	\$ 2,099.30	\$ 2,099.18	\$ 2,217.22			Total \$	\$ 162,168
Factor pot.	0.889	0.874	0.876	0.882	0.884	0.89	0.88			Kw pico PFV	108
Multa FP	\$ 29.39	\$ 72.53	\$ 72.18	\$ 55.13	\$ 45.36	\$ 29.35	\$ 50.66			Capacidad de subest. Kva	500
Costo kw-h	\$ 0.1500									Voltaje sec.	480
Costo kw	\$ 6.00									Area m² pfv	720
calculo de VAN, TIR y tiempo de recuperación de la inversión.											
Años	Inversión	Ahorros en energía	Ahorros en Renta		Ahorros por demanda	SERIE				KW demanda sin MFV	69
2015	\$(162,168)	10347.75	\$ 16,217		\$ 97	\$(135,507)				distribución de potencia	
2016		24834.60	\$ 16,217		\$ 97	\$ 41,149					
2017		24834.60	\$ 16,217		\$ 97	\$ 41,149				KW demanda con MFV	52.8
2018		24834.60			\$ 97	\$ 24,932				distribución de potencia	
2019		24834.60			\$ 97	\$ 24,932					
2020		24834.60			\$ 97	\$ 24,932				Ahorro=	\$ 97
2021		24834.60			\$ 97	\$ 24,932				Diferencia \$ kw/mes	
2022		24834.60			\$ 97	\$ 24,932					
2023		24834.60			\$ 97	\$ 24,932					
2024		24834.60			\$ 97	\$ 24,932					
Tiempo recuperación inv.	4.6	Años								Se omiten ahorros en IVA y pérdidas en el transformador	
3345.79	VAN	\$22,092	a 10 años	Tasa de 12%							
	TIR	17%	a 10 años								

Tabla 23: datos económicos y técnicos de un proyecto real

A continuación se explican los pormenores del anterior cuadro resumen:

- Se detallan los consumos mensuales de las facturas de energía eléctrica, durante los meses de junio a noviembre (datos obtenidos), para calcular un promedio en cada zona horaria de facturación. La zona de interés es la denominada “resto”, con rango horario de las 5:00am a las 17:59 horas, durante las cuales, se dispone de la luz solar cada día. El promedio de consumo es de 12,210 kw-h cada mes.
- Se anota que consumen 2244 kw-h durante la zona horaria “punta”, de las 18:00 a las 22:59 horas, por las personas que acostumbran hacer horas extras, equipos acondicionadores de aire del servidor del sistema de cómputo y el alumbrado nocturno y de seguridad.
- Se anota que consumen 1562 KW-H durante la zona horaria “valle”, de las 23:00 a las 4:59 horas, por las mismas circunstancias.
- En las facturas se observa que tienen un pequeño problema con el factor de potencia, ante el cual incurrir en multa.

- e. A partir de estos datos se ha calculado la instalación de 360 paneles fotovoltaicos de 300 watts, de 5 inversores de 20,000 watts a 480vac, del tipo para conexión a red, con todos sus accesorios, para el adecuado desempeño, lográndose un ahorro estimado a través del Yf de 1533 KW-H/kW pico anuales, de 13,797 KW-H mensuales, que hacen \$2069.55 en ahorros del consumo de energía mensual, según pliegos tarifarios vigentes a la fecha de elaboración de esta investigación, agosto del 2015.
- f. Luego se calcula el costo del proyecto, mediante parámetros establecidos por los costos de los productos a emplear, tanto de importación como de compra local, más los costos de la mano de obra para el montaje, los cuales para este proyecto montan \$ 162,168 dólares (\$1.5 dólares por Watt aproximadamente).
- g. Se detallan otros pormenores del proyecto, tal como las instalaciones eléctricas existentes, que se necesita un mínimo de 720 metros cuadrados de techo existente para el montaje de paneles fotovoltaicos, anotamos la demanda promedio que es 69 KW, el costo por distribución de potencia, el costo por KW-H en zona horaria de "resto" y se apresta a efectuar los cálculos económicos de rentabilidad del proyecto, dado que el aspecto financiero ya está solventado con anticipación.
- h. La rentabilidad viene dada por los ahorros anuales siguientes:
- En el consumo de energía eléctrica, de \$24,834.60 dólares.
 - En el pago de renta, con un monto de \$16,217.00 durante tres años, por la disminución de las utilidades anuales, como resultado de aplicar la depreciación, a la inversión del proyecto, contablemente se va a gastos vía depreciación.
 - En el pago de la disminución por el cargo por distribución de potencia, como resultado de la menor demanda en KW, estimada en \$234 dólares mensuales. La demanda promedio durante los meses de análisis es de 69KW, pero solo se estiman 30 KW de reducción por el proyecto fotovoltaico, dado que las cargas principales son equipos acondicionadores de aire y se asume que durante los días nublados la potencia de generación bajará 30 KW y la carga de acondicionamiento de ambientes también disminuye.
 - Todo lo cual redundará en una recuperación del capital en 4.6 años. Una TIR de 17 % y una VAN de \$22,865 a una tasa activa de 12%.
- i. Por lo tanto, los cálculos indican que el proyecto es muy rentable, bueno para el planeta, en cuanto a paliar el recalentamiento global por efecto de gases de invernadero y para el bien común, porque proporcionará movimiento económico en el campo de las energías renovables. El proyecto se construyó.

9.0 CONCLUSIONES

El desarrollo tecnológico nos ha revelado que los índices de producción en las plantas generadoras modernas han evolucionado al incremento, debido a las eficiencias cada vez mayores de los módulos fotovoltaicos, los inversores y las técnicas de instalación. Es muy importante la apropiada selección de los componentes, no solo en el aspecto de eficiencia, si no en todos los aspectos relacionados a la confiable operación, economía en el momento de la inversión y en el momento futuro, para obtener una planta generadora que provea el mayor retorno de la inversión; para lograrlo es necesaria la participación de profesionales experimentados y que tengan el grado académico mediante estudios formales, en energías renovables, que garantice al inversionista, sus objetivos.

Al inicio de esta investigación, para la tecnología policristalina, se tenían datos discretos de la planta de la escuela de Ingeniería Eléctrica, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UES, que indicaba un índice de 1,471 KW-H por KW pico⁷ de paneles fotovoltaicos instalados; otro datos que se disponía es el de la planta de la CEL, con un valor de 1597 KW-H por KW pico⁸.

Luego de esta investigación, se tienen valores a inclinación de 15 grados y orientación al sur, de 1568 KW-H por KW pico⁹ en la zona metropolitana, datos valiosos que indican cuán grande recurso energético tenemos en nuestro país y aunque los valores de uso de planta se encuentren de 15 a 20%, las inversiones en generación fotovoltaica están destinadas a rendir indicadores económicos excelentes.

Con esta ayuda de los índices de producción final, los cálculos de indicadores económicos serán veraces.

Las variaciones por pequeñas diferentes inclinaciones y desorientaciones, disminuyen en pequeños porcentajes la producción de energía, sin embargo los indicadores económicos se mantienen aceptables.

⁷ Tabla 6: características de los SFV

⁸ Tabla 6 : características de los SFV

⁹ Tabla 9: KW-H/KWP para diferentes inclinaciones y orientaciones, San salvador(poli-cristalino)

Agregando la depreciación, se obtienen proyectos factibles, con bajos períodos de recuperación de la inversión, altas TIR y bonancibles valores de VAN. Recomendamos extender la investigación del Yf a otras localidades.

Aparte del excelente recurso solar disponible, las políticas de diversificación energética, aplicadas por el Consejo Nacional de Energía, proveen exenciones de impuestos, que aunados a la depreciación, hacen de los proyectos de generación solar, una gran oportunidad de inversión.

El logro de la simplicidad y elegancia en las ecuaciones empleadas en esta investigación, otorgan una facilidad de interpretación y aplicabilidad; la búsqueda e implementación de formas prácticas de obtención de datos, son parte fundamental para que estas investigaciones, se puedan ejecutar en plazos apropiados, para su utilización.

La inclusión de un ejemplo práctico con datos reales, proyecto que se ha construido recientemente, hace que la parte teórica trascienda en la aplicación de los conceptos, para garantía y tranquilidad de los inversionistas que utilicen estos datos.

Como valor agregado a la investigación, se desarrollaron tablas del factor K, para esta latitud, con inclinaciones al sur y al norte, a diferentes orientaciones, las cuales servirán para otros usos, tanto didácticos como prácticos.

Los factores K determinan índices de producción certeros por que fueron calculados a través del Angulo de incidencia, el cual tiene argumentos de estudio tal como el Angulo de inclinación y el de orientación en los cálculos de irradiancia.

Las personas encargadas de elaborar proyectos, deberán hacer un análisis de sombras en las locaciones, para verificar o cuantificar el impacto de ellas sobre los paneles fotovoltaicos, debidas a vallas publicitarias, árboles, edificios, cerros, montañas y volcanes. Estas sombras podrían hacerse presentes en determinadas épocas del año; para cuantificar su impacto en la producción existen procedimientos, que serán de utilidad para que los proyectos generen durante su vida útil, la plena capacidad en forma ininterrumpida.

10.0 BIBLIOGRAFIA

- (1) El camino del cambio de la matriz Energética en El Salvador, Consejo Nacional de Energía. Presidencia Funes.
- (2) Solar Engineering of thermal Processes, John A. Duffie, William A. Beckman. A Wiley Interscience Publication. John Wiley & son, Inc.
- (3) Fomentando el uso de fuentes renovables de energía en El Salvador.
Edición: Dirección de desarrollo de recursos renovables del Consejo Nacional de Energía (CNE). Marzo del 2013.