



*Maestría en*

# **ENERGÍAS RENOVABLES**

Tesis previa a la obtención del título de Magíster en Energías Renovables.

**AUTORES:**

Diego Chisaguano

Edwin Flores

Patricio Paredes

José Tapia

Luis Tugumbango

**TUTORES:** Andrea Rivadeneira P.

**Estudio comparativo solar de una comunidad en  
Quito. Valoración de la aportación solar en el mix  
energético**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros (Edison Patricio Paredes, Edwin Marcelo Flores, José Tapia, Diego Chisaguano y Luis Tugumbango) declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



.....  
José Tapia



.....  
Marcelo Flores



.....  
Patricio Paredes



.....  
Diego Chisaguano



.....  
Luis Tugumbango

## APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Andrea Carolina Rivadeneira Pérez certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo los responsables exclusivos tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Andrea Rivadeneira P.

DIRECTOR DE TESIS

## **DEDICATORIA**

Dedico el trabajo desarrollado a Dios por tenerme con vida y salud.

A mi familia mi madre por apoyo incondicional a mi padre que siempre fue mi ejemplo a seguir y que desde el cielo cuida y guía mis pasos.

A la memoria de mi hermano que partió antes de tiempo y que desde el cielo cuida mis pasos.

**Patricio**

El presente trabajo lo dedico primero a Dios, por la salud y la vida.

A mi Familia, mi esposa Estefanía, mis hijas María Paz y Emma Maite, por todo el apoyo durante este tiempo de preparación.

A mis Padres y Hermanos, que siempre están pendientes de la familia.

**Edwin Marcelo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR a la “Maestría de Energías Renovables”, a todo el cuerpo docente, quienes compartieron su conocimiento y nos brindaron el acompañamiento para cumplir nuestros objetivos.

Para Paula y Andrea Rivadeneira por su apoyo y acompañamiento en el transcurso de la maestría.

## INDICE

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA .....	2
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	3
ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD .....	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
1. Antecedentes.....	1
1.1 Ubicación del Proyecto. ....	1
1.2 Regulación en Ecuador.....	3
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	3
1.2.2 La Ley Orgánica de Eficiencia Energética.....	3
1.2.3 Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021 .....	3
1.2.4 Energías Renovables (ER) código NEC – HS -ER .....	4
1.2.5 Norma Técnica Ecuatoriana .....	4
1.2.6 Código orgánico del Ambiente .....	5
2. Descripción de las características de la energía solar en Ecuador.....	6
3. Breve descripción de los materiales fotovoltaicos que ofrece el mercado .....	8
3.1 Paneles Fotovoltaicos o solares .....	8
3.2 Regulador .....	8
3.3 Inversor o convertidor .....	8

3.4	Medidor bidireccional .....	9
3.5	Batería .....	9
3.6	Estructuras .....	9
4.	Cálculos para la selección .....	9
4.1	Datos generales del proyecto .....	9
4.2	Potencia pico de la instalación.....	12
4.3	Dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas.....	12
4.4	Energía generada promedio .....	13
4.5	Datos del Inversor .....	13
5.	Descripción del emplazamiento.....	14
6.	Inicio del proyecto.....	15
6.1	Preparación del emplazamiento .....	15
6.2	Tipo de panel fotovoltaico .....	15
6.3	Tipo de baterías .....	16
6.4	Inversor .....	16
6.5	Distribución de energía .....	16
6.6	Dimensionamiento de caseta de obra .....	16
6.7	Requerimientos para aplicar a la subvención .....	16
6.8	Cálculo de emisiones de CO2 .....	20
6.9	Presupuesto referencial de ejecución del sistema fotovoltaico .....	20

6.10	Plan de contratación en función de las características de la planta .....	21
6.10.1	Definición de número de personal .....	22
6.10.2	Anuncio y descripción del puesto de trabajo .....	22
6.10.3	Preselección .....	22
6.10.4	Entrevista.....	23
6.10.5	Fase final o de contratación .....	23
6.11	Manual y presupuesto de operaciones de mantenimiento .....	23
6.11.1	Planificación para la instalación de la planta Fotovoltaica .....	23
6.11.2	Manual de operación y mantenimiento.....	23
6.11.3	Mantenimiento preventivo .....	24
6.11.4	Mantenimiento correctivo .....	24
6.11.5	Presupuesto de mantenimiento.....	24
6.12	Estudio de Rentabilidad de la instalación solar .....	25
6.12.1	Cálculo de Tiempo de Retorno de la Inversión .....	25
6.13	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA AISLADO .....	26
6.13.1	Descripción del proyecto: .....	26
6.13.2	Datos generales del sistema: .....	27
6.13.3	Consumo Total de energía: .....	27
6.13.4	Hora Solar Pico HSP: .....	28
6.13.5	Cálculo del Número de Módulos: .....	28

6.13.6	Cálculo de número de paneles en serie y paralelo: .....	29
6.13.7	Cálculo de Capacidad del Banco de baterías: .....	30
6.13.8	Capacidad y número de baterías: .....	30
6.13.9	Corriente de entrada y salida del Regulador: .....	31
6.13.10	Cálculo de la potencia del Inversor: .....	32
6.13.11	Elección de los materiales: .....	33
6.13.12	Ubicación de la Instalación: .....	34
7.	ANTECEDENTES.....	34
7.1	Energía Solar en Ecuador.....	34
7.2	Objetivo General .....	35
7.3	Ubicación del Proyecto .....	35
7.4	Descripción del Proyecto .....	35
7.5	Radiación Solar Global. ....	36
7.6	Cálculo de la Demanda Térmica.....	36
7.7	Elección Justificada de Emplazamiento y Ubicación de Equipos .....	39
7.7.1	Las Decisiones de Localización .....	39
7.8	Descripción de la Instalación .....	41
7.9	Principio de Funcionamiento.....	41
7.10	Elementos Principales de la Instalación .....	43
7.10.1	Captadores Solares:.....	43

7.10.2	Sistema de Acumulación: .....	44
7.10.3	Caldera Convencional: .....	44
7.10.4	Bombas de Circulación:.....	45
7.10.5	Aislamiento: .....	45
7.10.6	Sistema de Control: .....	45
7.11	Características de los Equipos: .....	45
7.11.1	Captadores: .....	46
7.11.2	Tanque Acumulador: .....	46
7.11.3	Bomba: .....	47
7.12	Dimensionamiento de la Instalación .....	47
7.13	Dimensionamiento del Acumulador .....	50
7.14	Presupuesto para Ejecutar el Proyecto .....	51
7.15	Costo Central Térmica a Gas Licuado .....	53
7.16	Cálculo de Tiempo de Retorno de la Inversión .....	54
7.17	Calentamiento Solar de Piscinas .....	55
7.17.1	Cálculo de Instalaciones Solares Para Piscinas Cubiertas .....	55
7.17.2	Métodos de Cálculo Utilizables .....	57
7.17.3	Parámetros de Uso.....	58
7.17.4	Demanda de Energía. ....	59
7.17.5	Diseño y Dimensionado de Sistemas y Componentes.....	60

7.17.6	Calculo Para el Diseño de Calentamiento de Agua de la Piscina. .	61
7.18	Cálculo de la Demanda Térmica, Para Calentamiento de Agua de la Piscina.	62
7.19	Dimensionamiento de la Instalación .....	64
7.20	Dimensionamiento del Acumulador .....	65
7.21	Presupuesto Para Ejecutar el Proyecto .....	66
7.22	Cálculo de Tiempo de Retorno de la Inversión .....	68
8.	Para el cálculo de tiempo de retorno simple de la inversión, se utiliza la fórmula:	68
9.	Análisis Económico.....	69
9.1	Estimación de costos del proyecto solar fotovoltaico .....	69
9.2	CAPEX.....	69
9.2.1	Contrato EPC .....	69
9.2.2	Desgloce del presupuesto de ejecución material .....	70
9.3	DEVEX.....	71
9.3.1	Contrato de Desarrollo con Fee a Éxito, para el Proyecto Fotovoltaico	72
9.4	Wacc .....	72
9.5	Cuenta de resultados .....	74
9.5.1	Ingresos de la planta solar fotovoltaica .....	74
9.5.2	Gastos de la planta solar fotovoltaica.....	75

9.5.3	Ingresos de la planta térmica .....	76
9.5.4	Gastos de la planta térmica.....	76
9.5.5	Cálculo Tasa interno de retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) sistema solar térmico. ....	77
9.5.6	LCOE.....	78
9.5.7	TIR y VAN 100% fondos propios.....	78
9.5.8	TIR y VAN 70% financiado y 30% fondos propios .....	79
10.	BIBLIOGRAFIA.....	80

## 1. Antecedentes.

En un conjunto habitacional constituida por 100 viviendas, llamado como urbanización El Manantial, posicionada en Conocoto, parroquia rural de la ciudad de Quito, se ha planteado satisfacer su demanda de recursos térmicos por medio de energía renovables, específicamente por energía solar térmica.

Además, la urbanización El Manantial ha recibido un subsidio del gobierno de Ecuador, con la condición que ejecute un proyecto que permita un ahorro de energía eléctrica de un 60% del consumo total de energía que requieren las casas del conjunto habitacional.

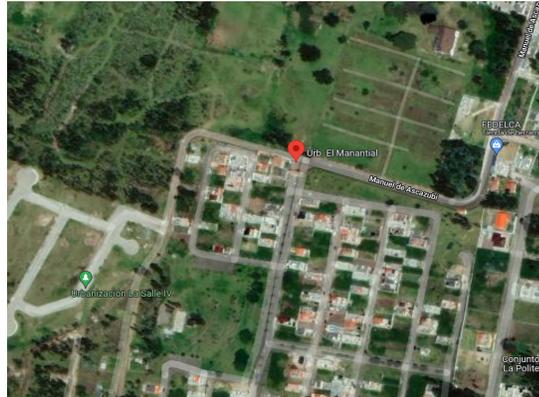
La ciudad de Quito al encontrarse a una altitud de 2,850 m.s.n.m. y al estar ubicado en la sierra del país, donde intercede una radiación solar promedio diaria de 4.796 kW/m<sup>2</sup>\*día, y una radiación solar promedio anual de 2042,1 kW/m<sup>2</sup>\*año; con una temperatura promedio diaria mínima de 9 °C y máxima de 19 °C.

Debido a las buenas condiciones de radiación solar indicadas, el presidente de la urbanización, propone obtener un subsidio, solicita el desarrollo de un sistema fotovoltaico que permita abastecer de energía eléctrica que se inyectara a la red nacional y poder ahorrar de esta forma el 60%, la instalación se la debe desarrollar sobre cubierta o tejados de una construcción existente.

### 1.1 Ubicación del Proyecto.

La urbanización “El Manantial” se encuentra ubicada en Ecuador, en la provincia de Pichincha, distrito metropolitano de Quito, al Sur-Oriente de la ciudad en las coordenadas 0.3115128°S, 78.4958804°W. Como se muestra en la Figura 2.

*Figura 1 Mapa de dirección Conjunto el Manantial*



*Fuente: Elaboración propia 2022 (maps, 2022)*

Se realizará el diseño para una instalación fotovoltaica solar centralizada, la ubicación donde se pretende seleccionar e instalar el sistema, se encontrará a un radio de 5km a la redonda, aledaño a la urbanización “El Manantial”, el cual cuenta con un área sobre techo concluyente donde se pretende instalar el sistema Fotovoltaico;

El área seleccionada deberá estar libre de sombras, sin vegetación demasiado altas y sin vallas publicitarias; permitiendo que la instalación solar Fotovoltaica reciba gran cantidad de radiación solar, y exista ausencia de sombras. Se puede observar, una vista general del área seleccionada, donde cuente con el espacio para la instalación de la cantidad determinada de paneles fotovoltaicos seleccionados.

*Figura 2 Vista frontal Urbanización el Manantial*



*Fuente: Google Earth (maps, 2022)*

## **1.2 Regulación en Ecuador.**

### **1.2.1 Constitución de la República del Ecuador**

En Ecuador las máximas disposiciones se encuentran en la constitución de la República, donde se indica que se promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (Según el artículo 15).

El artículo 313 de la Constitución de la República dispone que el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

### **1.2.2 La Ley Orgánica de Eficiencia Energética**

Tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE (Se establece el Sistema Nacional de Eficiencia Energética como el conjunto de instituciones, políticas, planes y programas de inversión estructurados para el cumplimiento de los objetivos y metas establecidos en el Plan Nacional de Eficiencia Energética), y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas.

### **1.2.3 Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021**

El directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables ARCERNNR, mediante Decreto Ejecutivo No. 593 publicado

en el Registro Oficial No. 134 de 23 de febrero de 1999, se promulgó el Reglamento para el Funcionamiento para el Mercado Eléctrico Mayorista, que en la parte pertinente de su artículo 21 dispone que el CONELEC establecerá los precios que el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) utilizará para valorar la producción de cada una de estas plantas, sobre la base de referencias internacionales, cuyo valor total será distribuido proporcionalmente a las transacciones económicas realizadas por los distribuidores y grandes consumidores en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM);

Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica, establece las disposiciones para el proceso de habilitación, conexión, instalación y operación de sistemas de generación distribuida basadas en fuentes de energía renovable para el autoabastecimiento de consumidores regulados; que están vigentes desde el 4 de mayo del 2021.

#### **1.2.4 Energías Renovables (ER) código NEC – HS -ER**

La NEC es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional y debe ser considerada en todos los procesos constructivos, como lo indica la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), publicada el 21 de enero de 2014, en el suplemento del Registro Oficial N°. 166, Art. 63.

#### **1.2.5 Norma Técnica Ecuatoriana**

Dentro de las normativas que se direccionan hacia la implementación de sistema renovables de energía fotovoltaica, instalación, seguridad, protecciones, monitorización y cualificación; podemos considerar que las normativas que se utilizan a nivel del Ecuador e Internacional, el ente encargado de normalizar es el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Para toda implementación e instalación eléctrica se utiliza el Código Eléctrico Ecuatoriano **CPE INEN 19:2001**. Este código de práctica ecuatoriano, se fundamenta en el Código Eléctrico Nacional, (NEC “National Electric Code”) de Estados Unidos.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización; INEN, en su **normativa técnica NTE INEN-IEC/TS 61836**, Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica – términos, definiciones y símbolos; plantea que los diferentes componentes implementados en el sistema fotovoltaico deben cumplir con las normas que se indican en dichos términos, previo y durante el funcionamiento del sistema FV. Esto garantizará una óptima eficiencia de los equipos y del propio sistema solar fotovoltaico en términos económicos sustentables para quien lo implemente.

La normativa NTE INEN-IEC/TS 61836, es ajustable para los sistemas fotovoltaicos residenciales autónomos de hasta 500Wp, que funcionan con paneles fotovoltaicos de silicio, y para cargas en AC y en DC.

Esta norma elaborada, contiene los requisitos técnicos que deben cumplir los componentes a implementar en los sistemas fotovoltaicos; para un funcionamiento confiable, seguro, y de fiel cumplimiento de la vida útil, así mismo contiene los estándares que deben cumplir los componentes, para garantizar la calidad de estos.

Las recomendaciones u obligaciones son parte de esta normativa al momento del dimensionamiento y la implementación del sistema. En el caso de ser recomendados, ayudarán a mejorar la calidad y seguridad del sistema; y en el caso de ser obligatorios, afectarán directamente en la confiabilidad y seguridad de los sistemas.

### **1.2.6 Código orgánico del Ambiente**

La reforma al código orgánico del ambiente, publicado en el registro oficial de la constitución, establece entre sus principales normativas los siguientes aspectos:

1. Regular los derechos, garantías y principios relacionados con el ambiente sano y la naturaleza, previstos en la Constitución.
2. Establecer, implementar e incentivar los mecanismos para la conservación, uso sostenible y restauración de los ecosistemas, biodiversidad y sus componentes, patrimonio genético, Patrimonio forestal nacional, zona marino-costera y recursos naturales.

3. Regular las actividades que generen impacto y daño ambiental, a través de normas y parámetros que promuevan el respeto a la naturaleza, a la diversidad cultural, así como a los derechos de las generaciones presentes y futuras.

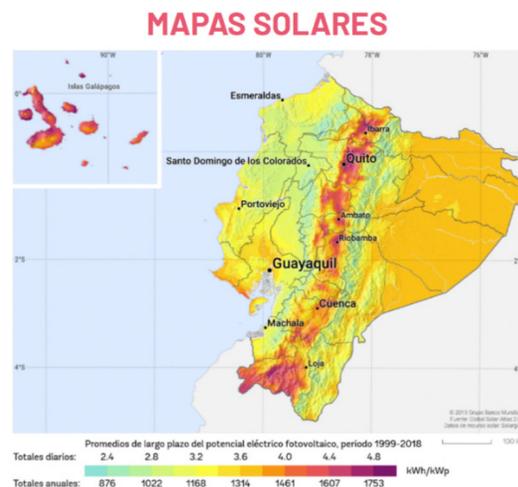
Por su parte la *Ley Orgánica de Régimen Municipal*, establece que a las municipalidades les corresponde velar por la preservación del medio ambiente.

La *ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica en sus artículos 78 y 79*; y en consecuente en los *artículos 23 y 24 numeral 5*), del Código Orgánico del Ambiente, establece y concluye que le corresponde al Ministerio del Ambiente en calidad de Autoridad Nacional del Estado.

## 2. Descripción de las características de la energía solar en Ecuador.

Aprovechando una adecuada ubicación de Ecuador, el país goza de un potencial grande para el aprovechamiento de la energía solar. El mismo que puede optar un funcionamiento de una planta generadora de energía eléctrica a través de la utilización del sol como fuente de energía limpia. El país al ubicarse en la mitad de la tierra cuenta con una ventaja en determinadas ciudades donde se puede aprovechar la implementación de sistemas de generación para determinadas ciudades, incluso aportar energía al sistema nacional interconectado.

Figura 3. Mapa Solar del Ecuador

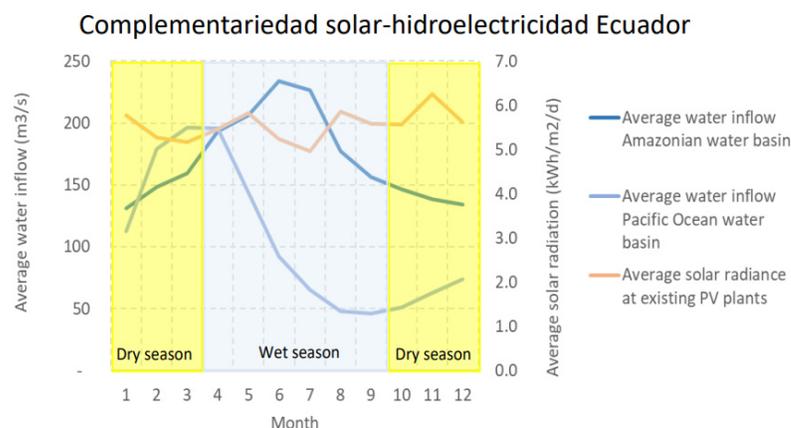


Una definición adoptada por la agencia internacional de energía señala “Energía renovable es la energía derivada de procesos naturales que son sustituidos a una velocidad mayor que la que son consumidos. La energía renovable es la energía solar.”

Según el atlas Solar del Ecuador este con fines para la generación eléctrica, señala que el valor de la insolación directa promedio en el Ecuador continental es de valor aproximado de 2543 Wh/m<sup>2</sup>/día, la insolación difusa tiene un promedio aproximado de 2032 Wh/m<sup>2</sup>/día y una insolación global promedio de alrededor de 4575 Wh/m<sup>2</sup>/día.

En el Ecuador la mayoría de energía renovable está enfocada a la Hidroeléctrica, la energía fotovoltaica tiene una alta complementariedad con la mencionada; durante la estación seca y baja variabilidad a lo largo del año.

*Figura 4 Complementariedad de Energía Solar fotovoltaica con Hidráulica*



La irradiación solar está disponible en muchos lugares, tiene bajo costo de inversión y tendencia a la baja y bajo riesgo para inversionistas.

### **3. Breve descripción de los materiales fotovoltaicos que ofrece el mercado**

#### **3.1 Paneles Fotovoltaicos o solares**

El proyecto requiere cubrir la demanda mediante paneles solares que según su característica se optado por tomar de tipo mono policristalino, modelo: JKM415M-54HL4-V, marca: Jinko Solar Tiger Pro, que tiene una eficiencia del 21,25 %, de potencia de 415 Wp y se puede adquirir en el país, a continuación se presenta el panel solar en la Figura 5, estos paneles se los instalara sobre techo, por motivos de la ubicación se recomienda tener una inclinación muy pequeña solo para auto mantenimiento de 5°.

#### **3.2 Regulador**

Para poder controlar con el flujo de energía, es decir controlar la corriente eléctrica y el voltaje producido por los paneles fotovoltaicos y lo que requiere el sistema, en función de la carga. Demás es el equipo que protege a las baterías con relación a las sobrecargas. Esten dos reguladores diferentes los MPPT y el PWM. (Renova Energía, 2022).

#### **3.3 Inversor o conversor**

Un sistema fotovoltaico inicialmente nos proporciona voltaje continuo, pero como nuestros electrodomésticos y demás equipos funcionan en corriente alterna, esto se puede solucionar mediante un inversor que transforma de corriente continua a corriente alterna.

Además, en esta instalación se requiere una conexión con la red pública, por lo tanto, debemos emplear inversores híbridos, este equipo nos permite una seleccionar en forma automática el momento correcto de recibir energía eléctrica e igualmente cuando se puede entregar energía eléctrica esto porque se encuentra en una conexión de tipo distribuida. En la siguiente figura se puede ver el inversor a emplear.

### 3.4 Medidor bidireccional

Debido a que se requiere conocer cuanta energía eléctrica es recibido por la red pública y cuando es inyectada a la misma red, se necesita registrar estos valores por ende se emplea un medidor bidireccional.

### 3.5 Batería

Se emplea baterías de tipo gel porque no requieren mantenimiento y adicionalmente son de carga profunda mejorando su vida útil en este tipo de trabajos.

### 3.6 Estructuras

La estructura para la instalación se elige según la superficie es este caso al tener que ser instalada en un techo por lo que se selecciona una estructura universal ClickFit EVO que posee ganchos para poder ser anclados al techo y que sirve para la orientación del panel solar vertical y apaisado.

## 4. Cálculos para la selección

### 4.1 Datos generales del proyecto

Se propone realizar una planta de generación eléctrica con celdas paneles solares fotovoltaicos con conexión a la red nacional, para un grupo de 100 viviendas ubicadas en la ciudad de Quito en un conjunto residencial "El Manantial". Para lo cual se requiere recibir una subvención del gobierno de Ecuador para el desarrollo del proyecto de \$ 150000.

La producción de energía generada por la planta fotovoltaica debe cubrir el 60% del consumo total lo cual se indica en la Tabla 2.

*Tabla 1 Consumo de energía conjunto residencial "El Manantial"*

Nº de hab. en la vivienda	Nº de viviendas	Consumo medio anual por vivienda (Kwh/año)	Consumo medio total (Kwh/año)	Consumo con 60% Ahorro (Kwh/año)
2	15	3500	52500	31500

3	30	4500	135000	81000
4	35	6000	21000	126000
5	20	8000	16000	96000
<b>Total</b>		<b>22000</b>	<b>557500</b>	<b>334500</b>

Fuente: Elaboración propia 2022

En el país el sector eléctrico tiene un precio de la energía de \$105 por Kw/h, por lo cual se genera un consumo energético y se pretende crear un ahorro del 60% al implementar los paneles fotovoltaicos. Los cuales se indican en la Tabla 3.

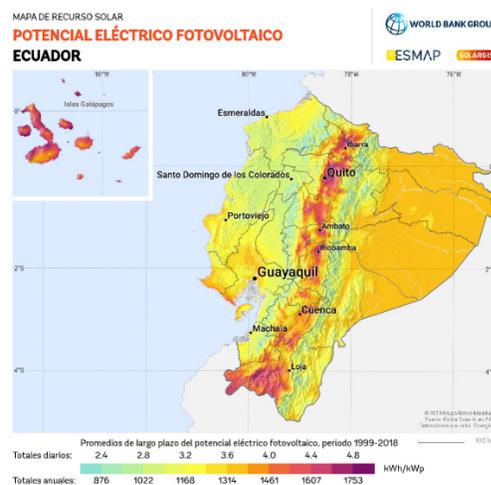
Tabla 2 Costos de energía ahorro estimado

Costo Kwh (\$)	0,15
Costo anual de energía (\$)	585375,00
Porcentaje de ahorro 60% (Kwh/año)	334500
Monto esperado de ahorro (\$)	351225,00

Fuente: Elaboración propia 2022

Para los cálculos de los paneles necesarios para el emplazamiento se toma como referencia el potencial eléctrico fotovoltaico del país del GLOBAL SOLAR ATLAS como se muestra en la figura 4, y aplicando un porcentaje de perdidas como se muestra en la Tabla 4.

Figura 5 Potencial eléctrico fotovoltaico en Ecuador



Fuente: Elaboración propia 2022 (Solar, 2018)

Tabla 3 Potencia Fotovoltaica Real

Potencia FV sin perdidas (Kwh/Kwp)	1650
Perdidas (Cableado, DC a AC, módulos, etc)	7%
Perdida (Kwh/Kwp)	115,5
Potencial FV real (Kwh/Kwp)	1534,5

Fuente: Elaboración propia 2022

Aplicando una regla de tres simple se genera el potencial que se requiere producir, se precede a calcular el número de paneles necesarios para cumplir con la energía requerida.

Tabla 4. Potencia Foto Voltaica con perdidas

Potencia FV real (Kwh/Kwp)	1534,5
Potencia Total (Wp)	216193
Potencia estimada por panel solar (Wp)	415
Numero de paneles	460
Área estimada para los paneles solares (m2)	1000

Fuente: Elaboración propia 2022

Para el cálculo teórico de la potencia se utiliza la formula siguiente:

$$Pp = \frac{Ep * Gcem}{Gd(\alpha, \beta) * PR}$$

Donde:

$Pp$  = Potencia pico de la instalación (Kwh)

$Ep$  = Energía inyectada al día para el requerimiento ( $\frac{Kwh}{día}$ )

$Gcem$  = Valor estándar de conversión ( $\frac{Kwp}{m2}$ )  $Gcem = 1$  ( $\frac{Kwp}{m2}$ )

$Gd(\alpha, \beta)$  = Valor medio de irradiancia ( $\frac{Kwp}{m2*día}$ )

$PR$  = Rendimiento estimado de la planta,  $PR = 0,93-0,88$

Datos:

$Ep: 334500(\frac{Kwh}{día}) / 365 día = 916,44$  ( $\frac{Kwh}{día}$ )

$Gcem = 1$  ( $\frac{Kwp}{m2}$ )

$Gd(\alpha, \beta): (1719,7 (\frac{Kwp}{m2*día}) / 365 día = 4,71$  ( $\frac{Kwp}{m2*día}$ )

Dato tomado del Atlas Solar Global.

PR: Se asume 0.9

#### 4.2 Potencia pico de la instalación

Requerimiento: 334.500 kWh/año

$$P_p = \frac{916,44 \frac{kWh}{día} * 1 \frac{kWp}{m^2}}{4,71 \frac{kWh}{m^2 día} * 0,9}$$

$$P_p = 216,19 kWp$$

#### 4.3 Dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas

Irradiación horizontal global (GHI): Dado tomado del Atlas Solar Global 4800 kWh/m<sup>2</sup>

$$HPS = \frac{\text{irradiación solar horizontal}}{1.000 \frac{W}{m^2}}$$

$$HPS = \frac{4.800 \frac{kW}{m^2}}{1.000 \frac{W}{m^2}}$$

$$HPS = 4.8 h \text{ al día promedio}$$

Consumo Anual medio = 557.500 kWh

Consumo diario medio = 557.500 kWh / 365 día = 1.527,4 kWh

Requerimiento del sistema = 1.527,4 kWh / 4.8 h = 318,21 kW

100% Nro de modulos (estimado) = 318,21 kW / 0,415 kW = 766,77 paneles

En conclusión, con la finalidad de cubrir el 60% de la energía requerida

tendríamos un requerimiento de potencia de 216,19 kW por medio del siguiente cálculo:

Consumo anual medio 60% = 334.500 kWh

Consumo diario medio 60% = 334.500 kWh / 365 = 916,44 kWh

Requerimiento del sistema o requerimiento PV 60% = 916,44 kWh / 4.8 h =

190,925 kW

60% *Nro de modulos (estimado)* =  $190,925 \text{ kW} / 0,415 \text{ kW} = 460 \text{ paneles}$

Dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas:

Área ocupada por los paneles ( $A_t$ )

Área paneles ( $A_p$ ):  $1,722 \text{ m} \times 1,134 \text{ m} = 1,953 \text{ m}^2$

$$A_t = N_p * A_p // A_t = 460 * 1,95 \text{ m}^2$$

$$A_t = 898,26 \text{ m}^2$$

$A_t$  = área total ocupada por los paneles

$N_p$  = Numero de paneles o módulos

$A_p$  = área del panel o modulo

#### 4.4 Energía generada promedio

Requerimiento de potencia de=  $P_{\text{max}} \text{ conjunto paneles} = 191 \text{ kW}$

E generada conjunto paneles=  $P_{\text{max}} \text{ conjunto paneles} * \text{HPS}$

E generada conjunto paneles =  $191 \text{ kW} * 4.8\text{h} = 39,79 \text{ kWh}$

$P_p$  = Potencia del panel en STD

$N_p$  = Numero de panel o módulo

$P_{\text{max}} \text{ conjunto de paneles} = P_p * N_p$

$P_{\text{max}} = 0,415 \text{ kW} * 460 = 190,9 \text{ KW}$

60% *Nro de modulos (estimado)* = 460 paneles

#### 4.5 Datos del Inversor

VDC: 270 - 480 V

Potencia de DC máx. Aprovechable: 12320 W

Potencia nominal de AC: 7680

**Numero de paneles en serie máximo**

Nro- serie máx. =  $V_{Dc} \text{ inersor max} / V_{oc} \text{ modulo}$

Nro- serie máx. =  $480 \text{ V} / 30.78 \text{ V} = 15,59$  paneles

### **Módulos en serie**

$V_{dc} \text{ inersor max} =$  Tensión máxima de entrada del inersor

$V_{oc} =$  Tensión máxima del panel solar

Numero de paneles en serie mínimo

$N_{ro- \text{ seriemin}} = V_{Dc} \text{ inersor min} / V_{mpp} \text{ modulo}$

$N_{rp \text{ serie min}} = 270 \text{ V} / 28,88 \text{ V} = 9,34 = 9$  módulos en serie

$V_{dc} \text{ inersor min} =$  Tensión mínima de entrada del inersor

$V_{oc} =$  tensión máxima potencia del panel solar

### **Numero de ramales en paralelo.**

$N_{ro \text{ paralelo max}} = I_{dc} \text{ inersor} / I_{mpp} \text{ modulo}$

$n_{ro \text{ paralelo max}} = 10 \text{ A} / 13,48 \text{ A} = 0,74$  aproximado = 1 módulos en paralelo

- $I_{dc} =$  Corriente máxima de entrada al inersor = 10 A
- $I_{mpp} =$  Corriente máxima de potencia del panel = 13,48 A

## **5. Descripción del emplazamiento**

Los paneles solares serán instalados en el techo de unas bodegas que se encuentran en las coordenadas  $-0.307874^\circ -78.5013569^\circ$ , con una altura de 2696 msnm a una distancia de 870 m aproximadamente de la urbanización el Manantial dato tomado de Google Earth como se muestra en la Figura 5.

Se escoge este emplazamiento por:

- La facilidad de vías de segundo orden que se encuentra para logística.
- Las alturas son adecuadas para los paneles, no se encuentran elementos que causen sombras.

- Se escoge la sujeción fija en el techo sin seguimiento solar, debido a que el proyecto se encuentra en la zona Ecuatorial con latitud  $0^\circ$ , minimizando los costos de instalación y mantenimiento.
- Facilidad de conexión a la red de la potencia generada.
- El arrendamiento del techo tendrá un costo de 800\$/año con un incremento anual del 1.5% para un proyecto a largo plazo. El área total para la utilización será definirá cuando este dimensionado el proyecto fotovoltaico.

Figura 6 Distancia de la bodega para paneles FV



Fuente: Elaboración propia 2022 (maps, 2022)

## 6. Inicio del proyecto

### 6.1 Preparación del emplazamiento

- Verificación y corrección del estado del techo en caso de daños
- Limpieza y preparación de la superficie del techo.
- Colocación de estructura de triángulos (Aluminio)

### 6.2 Tipo de panel fotovoltaico

Para el emplazamiento se sugiere Paneles Fotovoltaicos tipo de Silicio Monocristalino ya que son los que presentan mayor eficiencia en el mercado (18-21%), con respecto a los Policristalinos.

Para nuestro estudio se usa el MODELO: JKM415M-54HL4-V MARCA: Jinko Solar Tiger Pro, los cuales se detallan en los anexos.

### **6.3 Tipo de baterías**

- Baterías de plomo – ácido. Las baterías de plomo ácido facilitan la acumulación de energía eléctrica generada por las placas solares durante las horas de sol. De esta forma, nos ayudan a optimizar mejor nuestro consumo eléctrico y hasta cierto punto mejorar la eficiencia energética del conjunto de la instalación.

### **6.4 Inversor**

- Un inversor monofásico es aquel que transforma la energía solar procedente de los paneles solares, en electricidad corriente para su consumo en una sola fase. Es decir, toda aquella que sale a través de cualquier enchufe de nuestra casa o empresa. En este proceso, se cambia el tipo de corriente.

### **6.5 Distribución de energía**

- Dimensionamiento y selección de inversores
- Dimensionamiento y selección de transformador
- Dimensionamiento de líneas de distribución

### **6.6 Dimensionamiento de caseta de obra**

- Este se toma como un sistema independiente el cual será calculado con los mismos criterios antes mencionados.

### **6.7 Requerimientos para aplicar a la subvención**

Para poder acceder con la aprobación de la subvención de \$150000 por parte del estado, es necesario cumplir los requisitos que se detallan a continuación:

**Porcentaje de ahorro energético medio de la comunidad de viviendas = 60%.**

Utilizando los datos calculados anteriormente como se muestra en la tabla 2, se pretende conseguir el 60% del consumo anual de energía 334500 Kwh, para lo cual usamos la herramienta en línea PVGIS obteniendo una producción anual como se muestra en la figura.

*Figura 7 Producción energética del emplazamiento*

Entradas proporcionadas :	
Ubicación [Lat/Lon] :	-0.313,-78.497
horizonte :	Calculado
Base de datos utilizada :	PVGIS-NSRDB
tecnología fotovoltaica :	silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	190.1
Pérdida del sistema [%]:	7
Salidas de simulación :	
Ángulo de inclinación [°]:	15
Ángulo de acimut [°]:	0
Producción anual de energía fotovoltaica [kWh]:	284023.18
Irradiación anual en el plano [kWh/m <sup>2</sup> ]:	1848.86
Variabilidad interanual [kWh]:	11081.63
Cambios en la producción debidos a :	
Ángulo de incidencia [%]:	-3.35
Efectos espectrales [%]:	Yaya
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-10.09
Pérdida total [%]:	-19.19

*Fuente:* Herramienta en línea (PVGIS, 2022)

Donde se obtiene los datos necesarios para el emplazamiento con una producción anual de 284023.18 Kwh contrastando con lo calculado anteriormente.

**Terrenos situados en un radio de 5 km de la urbanización El Manantial de Quito.**

Como se indicó en la Figura 5, el emplazamiento está situado a 870 m de la urbanización el Manantial.

**La instalación debe de instalarse sobre cubiertas o tejados de una construcción existente.**

Los paneles FV serán instalados en los techos de las bodegas que se encuentran ubicadas como se indica en la Figura 5.

**Utilización de componentes convencionales y estructuras fijas o estructuras de seguimiento solar.**

Por encontrarse en la zona de latitud 0° se opta por estructuras fijas triangulares de aluminio.

**En la contratación de los trabajos de ejecución de la instalación fotovoltaica se tiene que contar con la contratación de un 50% de cuota femenina.**

Para la contratación se debe poner claro los términos de referencia, en los cuales se estipule que el 50% del personal debe ser ocupado por cuota femenina.

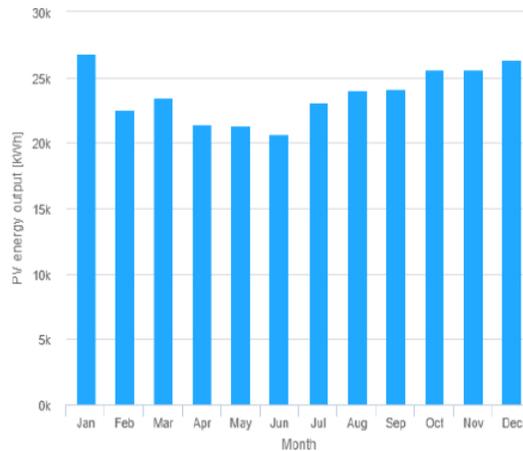
### **Producción de la Planta Fotovoltaica**

Con los datos calculados anteriormente para cubrir la demanda del 60% y usando la aplicación de PVGIS obtenemos los valores de la producción mensual como se indica en la Figura.

Con lo cual se define que el mejor mes para la producción sería en enero con una producción de 26841,71 Kwh y el mes con menos producción es el mes de junio con 20688,01 Kwh.

La producción anual que se generaría es de 285220,56 Kwh con lo cual se estaría cumpliendo el objetivo de satisfacer el 60% del proyecto los datos generados se adjuntan como Anexo.

Figura 8 Producción de la Planta Fotovoltaica



Fuente: Herramienta en línea (PVGIS, 2022)

### Disposición de la planta fotovoltaica

Para el dimensionamiento de la planta FV nos ayudamos de la herramienta que se encuentra disponible por SMA Solar Technology Ag. En la cual se ingresa las coordenadas del techo donde se ubicarán los paneles FV.

El área escogida es dos techos lizos de bodega de 23 m de ancho por 45 m de largo en los cuales se instalarán 460 paneles, los cuales serán ubicados en 10 filas de 23 paneles cada uno como se muestra en la Figura.

Figura 9 Distribución de paneles en techos



Fuente: Herramienta en línea (SMA, 2020)

Se utiliza 460 paneles FV de la marca JinkoSolar JKM415M-54HL4-V Tiger Pro datos que se encuentra en el Anexo C.

También se selecciona los 92 inversores de marca SMA SB 2.5-1VL-40 que se detallan en el Anexo D.

Con la distribución mencionada anteriormente se tiene una producción estimada de 207 Kwp con un rendimiento de 82% y un factor de aprovechamiento de la energía de 100%

### 6.8 Cálculo de emisiones de CO2

Con la instalación del sistema fotovoltaico se estima una reducción de emisiones de CO2 al medio ambiente para un periodo de 30 años de 3209 t de CO2

Para una comparación a nivel nacional se estima que una central de generación eléctrica utilizando combustible fósil emite 0,56 Kg de CO2 por cada Kwh generado por lo cual se dejaría de emitir 5485,36 T de CO2 en 30 años.

$$T CO2 * año = 3265100 \frac{kWh}{año} * 0,56 \frac{KgCO2}{Kwh} * 1 \frac{TCO2}{1000KgCO2}$$

$$T CO2 * año = 182,84 T CO2$$

$$T CO2 * 30año = 5485,36 T CO2$$

### 6.9 Presupuesto referencial de ejecución del sistema fotovoltaico

Para el sistema fotovoltaico se toma en cuenta la referencia de la potencia pico de la instalación, siendo estos 216190 watios pico del sistema a implementar, los valores tomados para el cálculo son basados a estudios realizados en otros países como España que ha implementado en varios proyectos con los valores adecuados a las diferentes potencias en distintos proyectos.

Tabla 5 Presupuesto de referencia

PRESUPUESTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO				
Ítem	Descripción	Cantidad (Wp)	Valor unitario (\$/Wp)	Total (\$)
1	Paneles Solares Modelo JKM415M-54HL4-V MARCA: Jinko Solar Tiger Pro,	216190	0,50	108.095,00
2	Inversor de red 7700W OnGrid SMA	216190	0,20	43.238,00
3	Estructura soporte de aluminio	216190	0,35	75.666,50
4	Instalación de módulos e inversores	216190	0,15	32.428,50
5	Cableado CC y CA en BT	216190	0,10	21.619,00
6	Suministro e instalación de medida, TTR y monitorización:	216190	0,05	10.809,50
7	Obra Civil	216190	0,10	21.619,00
8	Cableado de media tensión	216190	0,15	32.428,50
			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>345.904,00</b>
			<b>IVA 12%</b>	<b>41.508,48</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>387.412,48</b>

Partiendo del presupuesto referencial del proyecto para su implementación del sistema fotovoltaico desglosado en la tabla 6, el proyecto se estimada un costo aproximado de \$ 387.412,48 dólares americanos.

### 6.10 Plan de contratación en función de las características de la planta

Para el plan de contratación que está en función al diseño de implementación y ejecución del proyecto del sistema fotovoltaico se va a tomar en consideración varios procesos para las fases de reclutamiento para la contratación del personal en las diferentes áreas que se requiera, al fin de contar con una nómina fija a tiempo completo y un nomina a tiempo parcial, tratando de que no exista una rotación elevada de personal.

Para el proceso de contratación se va a seguir el siguiente proceso.

### **6.10.1 Definición de número de personal**

Para determinar el número de personas a contratar se va a determinar la cantidad de puestos de trabajo en las áreas requeridas del proyecto. Como se menciona en los requisitos de la subvención del proyecto se va a establecer un porcentaje del 50% de la nómina a ser contratado de personal femenino.

Adicionalmente se va a establecer cuáles son los requerimientos que se debe cumplir cada trabajador para ocupar determinado puesto de trabajo, con la finalidad de que la contratación pueda realizar las actividades que está en el contrato que se va a detallar sin que exista inconvenientes a futuro.

### **6.10.2 Anuncio y descripción del puesto de trabajo**

Para el proceso de llamamiento para ocupar el puesto de trabajo se debe realizar el anuncio por distintos medios de comunicación, con las características técnicas que debe tener el personal a postularse, las actividades a desarrollar, el candidato idóneo debe ser apto y presto a las obligaciones a desarrollar en la contratación para dicho proyecto.

Dentro de la descripción de la vacante de la postulación se debe definir el estimado del sueldo salarial, las condiciones de trabajo y la oferta a publicar. Además, se adjuntar el cronograma de la fase de postulación, publicación, entrevista, y resultados finales e inicio del trabajo.

### **6.10.3 Preselección**

La etapa de preselección dentro del proceso de contratación se verificará el número de postulantes que enviaron correctamente la documentación ya que puede ser elevado el número de candidatos, con lo cual se necesita realizar este proceso de manera ágil para preseleccionar los candidatos idóneos y no idóneos, todo este proceso debe ser supervisado para llevar un proceso transparente.

#### **6.10.4 Entrevista**

Con un número reducido e idóneo se llega a la etapa de entrevista que la misma puede ser de manera telemática y presencial dependiendo de la ubicación de los postulantes, en esta etapa se procederá a conocer e identificar como son los participantes, si cumplen con la experiencia, que aspiran del puesto de trabajo, cuáles son sus motivaciones y evaluar sus conocimientos.

#### **6.10.5 Fase final o de contratación**

Una vez llegado a la última etapa del proceso de contratación del nuevo personal se realiza una ponderación de los mejores candidatos que pasaron por las diferentes etapas, en el cual se puede utilizar un sistema cuantitativo para poder determinar los candidatos idóneos y los candidatos que pueden sustituir al personal si existe vacantes disponibles por diferentes motivos, lo cual evitaría todo un nuevo proceso de reclutamiento de nuevas personas para las vacantes que puedan existir dentro del proyecto.

### **6.11 Manual y presupuesto de operaciones de mantenimiento**

#### **6.11.1 Planificación para la instalación de la planta Fotovoltaica**

Se realiza un cronograma de actividades para el montaje de la planta Fotovoltaica en los cuales trabajara un grupo multidisciplinario que respeta las normas de seguridad y medioambientales para su ejecución, con mano de obra del 50% femenina.

#### **6.11.2 Manual de operación y mantenimiento**

Se tomará como premisa que la Planta FV se encuentra en funcionamiento con autonomía total y entregando la energía generada a la Red Nacional.

El mantenimiento será encargado o sub contratado a una operadora que preste ese servicio, para lo cual se generará un contrato de Operación y Mantenimiento O&M.

Toda la operación y energía aportada debe ser controlada de manera física y digital para lo cual se usará un formato de información y será tomado por el personal a cargo.

Todos los días se enviará un reporte a la empresa que está a cargo de la operación incluso si existen novedades de funcionamiento.

### **6.11.3 Mantenimiento preventivo**

Son tareas que se generan bajo una planificación en donde se detallan las actividades a realizar en los equipos y elementos, para minimizar el riesgo de fallas en el sistema y su generación, el cual va ser manejado por un software el cual se detalla las actividades y sus fechas de acción, que se puede ver en el Anexo F.

### **6.11.4 Mantenimiento correctivo**

Son tareas que se generar por fallas inesperadas en uno o varios elementos de la Planta FV, por los cual son tomados como actividades no planificadas. Las cuales son reparación y/o sustitución de partes necesarias para asegurarse que el sistema funcione correctamente durante la vida útil de su operación.

En la instalación se realizará por las personas encargadas y en los tiempos estimados como se indica en el Anexo G.

### **6.11.5 Presupuesto de mantenimiento**

Para esta instalación se considera el contrato Macro de Operación y Mantenimiento en el cual se establece las tareas para la instalación para dar soporte oportuno y correcto de la Planta FV en los puntos mencionados anteriormente.

En los cuales se va a cubrir con los técnicos antes en la tabla.

Para el que se considera un monto anual de \$ 2500; el cual se incrementara progresivamente cada año en 1.5%.

Tabla 6 Mantenimiento preventivo presupuesto

Item	Cargo	Descripción	Cantidad	Valor (\$)/Año
1	Jefe Técnico	Supervisión e inspección de las instalaciones. Informes de actividades	1	1200
2	Técnico Mantenimiento	Monitoreo de parámetros Electromecánicos en el Mantenimiento	1	800
3	Equipos, Grúa, EPP	Suministro de EPP, recursos para el Mtto Grúa, Herramientas	1	500
<b>Total</b>				2500

## 6.12 Estudio de Rentabilidad de la instalación solar

### 6.12.1 Cálculo de Tiempo de Retorno de la Inversión

Para el cálculo de tiempo de retorno simple de la inversión, se utiliza la fórmula:

$$\text{Retorno simple} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} (\text{Años})$$

Para tal efecto tomamos los valores obtenidos en:

Datos de la tabla 3, presupuesto de ejecución de la instalación fotovoltaica es de \$ 351,122.50

Coste de mantenimiento anual = 2,500 \$ /día x 2 día= \$ 5000

Arriendo anual de las instalaciones = \$ 800

Implementación de un sistema de seguridad = \$ 1.000

El valor energía utilizada por año = 335,500 kWh

*Ahorro Anual*

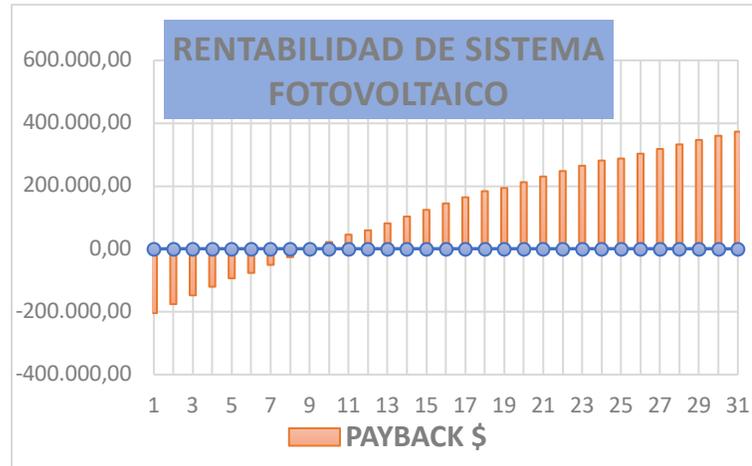
$$= (E_{\text{Mes}} * \text{Cost} (\text{USD} * \text{KwH})) - \text{Mtto Anual} - \text{Arriendo Anual} \\ - \text{sistema de seguridad} - \text{seguro}$$

*Ahorro Anual* = \$ 28.1222,50

$$\text{Tiempo retorno simple anual} = \frac{\text{Inversión Total sistema solar}}{\text{Ahorro anual}}$$

Tiempo retorno simple anual = 9,85

Figura 10 Flujo de caja del proyecto



Fuente: Elaboración propia 2022

## 6.13 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA AISLADO

### 6.13.1 Descripción del proyecto:

La implementación del sistema aislado estaría enmarcada durante el periodo de estudio, implementación y construcción del sistema solar fotovoltaico, el mismo que estaría aledaño a la urbanización el manantial.

El sistema aislado al no estar conectado a una red de distribución eléctrica, regularmente deberá estar equipado con un sistema que permita la acumulación de energía y permita la disposición de esta energía en casos de que no haya radiación solar y poca generación. El periodo de demanda le corresponderá regular a un controlador de carga. A este sistema se complementará con un inversor que permita la transformación de la CC, suministrado por el captador de energía en CA. Se detalla un breve ejemplo del dimensionamiento en la figura17.

Figura 11 Proyección de Caseta



Fuente: All solution (maps, 2022)

### 6.13.2 Datos generales del sistema:

Se plantea realizar un dimensionado de una instalación solar fotovoltaica aislado, el mismo que provea de energía eléctrica a una caseta de obra que estará aledaño a la urbanización el manantial. Para el estudio del dimensionado, se planea instalar los siguientes consumos y equipos:

- 3 puntos de luz, de consumo de 20W, que funcionará 3 horas al día de forma simultánea.
- 1 ordenador con una potencia de 100W, con un uso de 4 horas al día.

Tabla 7 Consumos en la caseta de obra.

Ítem	Equipos	Potencia de equipos (Wattios)	Número de equipos	Horas de Func.	Potencia de equipos (Wattios)	Consumo (Wh/día)	Consumo Total (Wh/día)
1	Puntos de luz	20	3	3	60	180	216
2	Ordenador	100	1	4	100	400	480
<b>TOTAL</b>					<b>160</b>	<b>580</b>	<b>696</b>

Fuente: Elaboración propia 2022

### 6.13.3 Consumo Total de energía:

La demanda total de consumo de energía sobredimensionado; para la caseta de obra debe cubrir de manera adicional, el 20% del consumo energético real por día, de

todos los equipos instalados. Se debe considerar este 20% como un factor de seguridad a la hora de dimensionar la instalación que nos permita garantizar picos de arranque y no exista falta de energía.

$$\text{Consumo Total sobredimensionado} = 580 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times 1.2 = 696 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

#### 6.13.4 Hora Solar Pico HSP:

Considerando que la radiación solar promedio en el año, en la ciudad de Quito es de aproximadamente 4800 Wh/m<sup>2</sup>, para nuestro caso particular.

$$HSP = \frac{\text{Insolación global (quito)}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = \frac{4800 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$HSP = 4,8 \text{ hr}$$

La obtención de la hora solar pico, promedio será de 4,8 hr.

Para el requerimiento del sistema, durante el periodo de la HSP, se dividirá el consumo de energía sobredimensionado por la HSP, obteniendo la potencia requerida, durante el periodo de mayor radiación diaria.

$$R. \text{ sist.} = \text{Consumo total sobredimensionado} \times HSP$$

$$R. \text{ sist.} = 696 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times 4.8 \text{ hr} = 145 \text{ W}$$

#### 6.13.5 Cálculo del Número de Módulos:

A continuación, se procede a calcular el número de paneles solares necesarios para garantizar con la energía total requerida 686 Wh/día, necesaria en la caseta de obra.

Para el dimensionamiento se seleccionará el Panel Solar JKM200M, a continuación, se detalla las especificaciones relevantes.

Tabla 8 Especificaciones Panel Solar (JKM200M).

Marca	Jinko Solar
Modelo	JKM200M
Cell Type	Módulo mono cristalino
Potencia máxima del Panel (Pmax)	200Wp
Voltaje de alimentación máxima (Vmp)	36,9V
Corriente de potencia máxima (Imp)	5,42A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	45,6V
Corriente de cortocircuito (Isc)	5,80A
Eficiencia del módulo (%)	15,67%
Dimensiones	1588x808x35mm
Junction Box	IP65 Rated

$$Nro. \text{módulos} = \frac{\text{Energía total sobredimensionado}}{\text{Factor pérdida módulo} \times \text{Potencia panel} \times \text{HSP}}$$

$$Nro. \text{módulos} = \frac{696 \text{ Wh}}{0,90 \times 200 \times 4,8h}$$

$$Nro. \text{módulos} = \frac{696 \text{ Wh}}{864 \text{ Wh}} = 0,88 \text{ módulos}$$

Al obtener un valor de 0,88; se requeriría la implementación de **1 módulo** de 200W, en el sistema solar aislado.

### 6.13.6 Cálculo de número de paneles en serie y paralelo:

Al obtener como resultado la implementación de un módulo; el cálculo de paneles en serie y paralelo, no repercutirá debido que ambos resultados se obtendrán uno.

$$Nro. serie = \frac{Voltaje}{Voltaje nominal V_{mp}} = \frac{12 V}{36,9 V} = 0,32 = 1$$

$$Nro. paralelo = \frac{1}{1} = 1$$

### 6.13.7 Cálculo de Capacidad del Banco de baterías:

El banco de baterías dimensionado deberá abastecer de la energía necesaria, durante el lapso de 2 días consecutivos, donde existe ausencia de radiación solar.

La profundidad de descarga de las baterías de plomo es del 50%.

$$C_{bb} = \frac{Energía total \times Nro. días sin radiación}{Profundidad de descarga batería de plomo}$$

$$C_{bb} = \frac{696 \frac{Wh}{día} \times 2 días}{0,5} = 2784 Wh$$

El almacenamiento de nuestro banco de baterías será de 2784Wh.

A continuación, se determinará la cantidad de corriente que puede descargar el banco de baterías en el tiempo Ah.

$$C_{ba} = \frac{2784 Wh}{12 V} = 232 Ah$$

La capacidad de descarga, dependerá de la demanda de corriente del sistema aislado, el cual influenciará en el tiempo (hrs) de abastecimiento del banco de baterías.

### 6.13.8 Capacidad y número de baterías:

$$C_b = \frac{232 Ah}{6} = 38,67 Ah$$

Para determinar el número de baterías se deberá seleccionar la capacidad de las baterías; para nuestro sistema solar se requerirá de 6 baterías de plomo, con una capacidad de descarga de 38,67 Ah.

La batería seleccionada será una batería de ciclo profundo, Victron Energy BAT412350080 12V/38Ah, el cual se alinea a nuestras necesidades.

Tabla 9 Especificaciones Batería AGM Victron Energy (12V/38Ah).

Marca	Victron Energy
Referencia	BAT412350084
Tecnología	AGM
Mantenimiento	Sin mantenimiento
Capacidad (Ah)	38A
Voltaje (V)	12V
Polaridad	Positivo derecho
Peso (kg)	15KG
Tipo de placa	Plana

### 6.13.9 Corriente de entrada y salida del Regulador:

Para determinar la corriente de entrada del regulador se calculará mediante el producto del factor de seguridad, por el número de paneles a utilizar y por la corriente de cortocircuito del panel seleccionado.

$$I_e = \text{Factor seguridad} \times \text{Nro. paneles} \times \text{Corriente de cortocircuito (Isc)}$$

$$I_e = 1,25 \times 1 \times 5,8 = 7,25 \text{ A}$$

La corriente de salida del regulador se determinará mediante la siguiente fórmula.

$$I_s = \frac{\text{Factor seguridad} \times \text{Potencia de los equipos}}{\text{Rendimiento de inversor} \times \text{Voltaje}}$$

$$I_s = \frac{1,25 \times 160 \text{ W}}{0,95 \times 12 \text{ V}} = 17,54 \text{ A}$$

Tabla 10 Especificaciones del Regulador Fotovoltaico (30A/12V-24V).

Marca	Solener RSL30
Tensión nominal	Bitensión 12/24V
Tensión máxima de entrada	50V (12V) y 60V (24V)
Intensidad máxima de entrada	30A
Intensidad máxima de salida	30A
Sobrecarga admisible	25%
Autoconsumo	< 15 mA
Perdida máxima generación/consumo	3,0/1,0 Vatios
Diodo antirretorno	Si
Desconexión por baja tensión	11V
Reconexión tras desconexión	13V
Cortocircuito	Protegido

### 6.13.10 Cálculo de la potencia del Inversor:

Se determinará la potencia del inversor, mediante el producto de un factor de seguridad que permita suplir potencias pico de arranque de equipos y por la potencia de los equipos dimensionados en la caseta de obra.

$$P_{inv.} = \text{Factor seguridad} \times \text{Potencia de equipos}$$

$$P_{inv.} = 1,20 \times 160 \text{ W} = 192 \text{ W}$$

### 6.13.11 Elección de los materiales:

Para el dimensionamiento del sistema aislado, el panel fotovoltaico seleccionado estará ubicado sobre el techo de la caseta de obra, en bases triangulares de aluminio empotradas al techo y fijados por tornillos a la estructura.

Los demás componentes del sistema como el banco de baterías, regulador de voltaje de baterías y el inversor, se los ubicará en un lugar con un ambiente seco, libre de humedad, en este caso sería dentro de la caseta. Estos componentes deberán estar lo más próximos al panel solar para evitar pérdidas por caída de voltaje por distanciamiento.

*Tabla 11 Componentes dimensionados en el Sistema Aislado.*

Ítem	Componentes	Características	Cantidad
1	Módulo Fotovoltaico	Modelo Jinko Solar JKM200M Cell Type mono cristalino Potencia máxima del Panel (Pmax) 200Wp Eficiencia del módulo (%) 15,67%	1
2	Regulador	Marca Solener RSL30 Tensión nominal Bitensión 12/24V Intensidad máxima de entrada 30 <sup>a</sup> Sobrecarga admisible 30%	1
3	Baterías	Marca Victron Energy Referencia BAT412350084 Tecnología AGM Capacidad (Ah) 38 <sup>a</sup> Voltaje (V) 12V	6
4	Elementos de Instalación	Elementos eléctricos: cableado 16 awg, cable unifilar rojo-negro, terminales, conectores, etc. Elementos para estructura: tubo de aluminio, tornillos, base triangular, etc.	varios

*Fuente: Elaboración propia 2022*

### **6.13.12 Ubicación de la Instalación:**

El dimensionamiento del sistema solar aislado en la caseta de obra, se encontrará ubicado próximo a la urbanización el Manantial, cuyas coordenadas se detallan; latitud: -0.31342S, y de longitud: -78.49575O, a 2850 msnm.

El equipamiento y establecimiento del sistema solar aislado para un consumo de equipos 160W, en la caseta de obra tendrá un costo estimado de \$1100.

## **7. ANTECEDENTES**

Una urbanización Manantial constituido por 100 viviendas que están ubicadas en Conocoto cercano a Quito, quiere reemplazar su modelo energético para cubrir su demanda de recursos eléctricos y térmicos a través de combustible fósil por energía renovables.

### **7.1 Energía Solar en Ecuador.**

La energía solar térmica es una energía renovable, considerada energía verde. La radiación solar incidente en la tierra se puede aprovechar con la implementación de sistemas que no usen energía eléctrica para la producción de ACS.

Las principales ventajas de las energías renovables son:

Respetuosas con el medio ambiente. Disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero.

Reduce la dependencia de combustibles de origen fósil y motivan la autonomía del territorio nacional en la producción de energía de tipo térmico.

A continuación, se presentan los datos de energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios la insolación total (directa y difusa) e insolación global sobre una superficie horizontal de cada una de ellas, expresados en Wh/m<sup>2</sup>/día.

## **7.2 Objetivo General**

Un grupo de 100 viviendas ubicados en la ciudad de Quito desea cambiar su modelo energético, pasando de satisfacer se demanda eléctrica y térmica de manera convencional mediante recursos fósiles a realizarlo mediante recursos renovables. De esta forma se convertirá en una comunidad con alto grado de independencia energética y con certificado renovable.

## **7.3 Ubicación del Proyecto**

La urbanización “El Manantial” es un conjunto residencial es cual nos servirá de base para el estudio, se encuentra ubicada en Ecuador, en la provincia de Pichincha, distrito metropolitano de Quito, al Sur-Oriente de la ciudad en las coordenadas 0.3115128°S, 78.4958804°W. Como se muestra en la Figura 2.

## **7.4 Descripción del Proyecto**

Se realizará el diseño para una instalación solar centralizada ubicada en un terreno cercano a la urbanización “El Manantial”, el cual cuenta con espacio concluyente donde se pretende instalar el sistema térmico; mismo que al estar situado lindante a viviendas residenciales con una estructura promedio de 2 pisos, sin vegetación alta y sin vallas publicitarias; permitiendo que la instalación solar térmica reciba gran cantidad de radiación solar, y exista ausencia de sombras. Se puede observar, una vista general de las viviendas con una superficie disponible máxima para los colectores de 200 m<sup>2</sup>. La demanda a satisfacer se calculará considerando el conjunto de las viviendas de 4 habitantes, dando prioridad a la demanda de ACS.

Para lo cual se requiere determinar la demanda diaria y anual de esta vivienda tipo, se realizará la extrapolación para las 35 viviendas de estas características.

Para establecer estos requisitos se toma como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN XX:2009; la cual se enfoca en Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar para uso Sanitario en el Ecuador. Basados en la norma mencionada anteriormente se determina que el dato de consumo aproximado es de 45 litros/persona/día a 60°C de temperatura; lo cual se usara para los cálculos para el dimensionamiento y selección del sistema solar térmico.

### 7.5 Radiación Solar Global.

Al ser la energía solar térmica, la que aprovecha totalmente la radiación solar global; el promedio de radiación solar global que recibe en Quito en los distintos meses del año se encuentra detallada a continuación en la siguiente tabla.

*Tabla 12 Promedio Radiación global en Quito -Ecuador*

Mes	Radiación Global
	$\frac{KW \cdot h}{m^2 \cdot dia}$
Enero	4,94
Febrero	4,64
Marzo	4,78
Abril	4,53
Mayo	4,83
Junio	4,69
Julio	5,53
Agosto	5,47
Septiembre	4,89
Octubre	5,25
Noviembre	5,14
Diciembre	5,14
<b>Promedio Anual</b>	<b>4,98</b>

*Fuente: Norma INEN 2009 XX (INEN, 2009)*

### 7.6 Cálculo de la Demanda Térmica

Para este cálculo usaremos el Excel, determinamos la demanda total ACS de la vivienda es de 160 litros/día con una temperatura máxima en el acumulado de 60°C.

Tabla 13 Demanda diaria anual sanitaria

Usos	Demanda diaria	Demanda anual
Baños	35 litros/persona	12775 litros/persona
Cocina	5 litros/persona	1825 litros/persona
Laboratorios	5 litros/persona	1825 litros/persona
<b>Total</b>	<b>160 litros/vivienda 4 personas</b>	<b>58400 litros/vivienda 4 personas</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Demanda de calefacción de la vivienda se estima en 30 kWh/m<sup>2</sup> y año.

Tabla 14 Demanda de Calefacción

**Datos de demanda de Calefacción**

Superficie de Vivienda	90 m <sup>2</sup>
Demanda	30 kWh/m <sup>2</sup> /año
<b>Demanda Total</b>	<b>2700 kWh/año</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Se procede al cálculo de la demanda de energía diario y anual; tomando en consideración 1 año = 365 días.

Tabla 15 Demanda de energía

Mes	Días	Demes ACS (kWh)	Demes Calef (kWh)
Enero	31	278.34	509.59
Febrero	28	250.21	460.27
Marzo	31	277.59	509.59
Abril	30	268.63	493.15
Mayo	31	277.01	509.59
Junio	30	266.96	493.15
Julio	31	277.59	509.59
Agosto	31	275.29	509.59
Septiembre	30	268.63	493.15
Octubre	31	278.74	509.59
Noviembre	30	270.31	493.15

Diciembre	31	279.32	509.59
<b>Año</b>	<b>365</b>	<b>3269.02</b>	<b>6000</b>

*Fuente:* Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Se requiere calcular la demanda necesaria para suministrar al acumulador, el cual estipule constantemente con los requerimientos, para lo cual se utilizará la fórmula extraída de la norma INEN.

Con lo cual se realiza una capacidad de 500 litros con la cual obtenemos una relación de  $V/Sc = 55$ .

Para el estudio la demanda total ACS que se requiere calcular el consumo para 35 viviendas considerando 4 habitantes por vivienda lo cual nos da un total de 140 personas con un consumo de 16.000 litros/día con una temperatura máxima en el acumulado de 60°C, para el cálculo se considera los principales usos dentro de una vivienda.

*Tabla 16 Demanda de energía para 35 Viviendas*

<b>Usos</b>	<b>Demanda diaria</b>	<b>Demanda anual</b>
Baños	35 litros/persona	12775 litros/persona
Cocina	5 litros/persona	1825 litros/persona
Laboratorios	5 litros/persona	1825 litros/persona
<b>Total</b>	<b>6300 litros/vivienda</b> <b>140 personas</b>	<b>2299500 litros/vivienda</b> <b>140 personas</b>

*Fuente:* Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

La demanda de calefacción de las 35 viviendas conformadas por 4 habitantes por vivienda lo que suma un total de 140 personas se estima el uso de 94500 KWh/m<sup>2</sup> en un año.

Tabla 17 Demanda de Calefacción para 35 Viviendas

Superficie de Vivienda	3150 m <sup>2</sup>
Demanda	30 KWh/m <sup>2</sup> /año
<b>Demanda Total</b>	<b>94500 KWh/año</b>

Tabla 18 Demanda de Calefacción para 35 Viviendas

Mes	Días	Demes ACS (KWh)	Demes Calef (KWh)
Enero	31	9755,93	8026,03
Febrero	28	8757,19	7249,32
Marzo	31	9715,62	8026,03
Abril	30	9402,21	7767,12
Mayo	31	9665,46	8026,03
Junio	30	9343,69	7767,12
Julio	31	9715,62	8026,03
Agosto	31	9634,99	8026,03
Septiembre	30	9402,21	7767,12
Octubre	31	9755,93	8026,03
Noviembre	30	9460,73	7767,12
Diciembre	31	9776,09	8026,03
<b>Año</b>	<b>365</b>	<b>114415,70</b>	<b>94500</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

## 7.7 Elección Justificada de Emplazamiento y Ubicación de Equipos

### 7.7.1 Las Decisiones de Localización

Las decisiones para escoger la mejor ubicación y emplazamiento se deben tomar en cuenta cinco características:

- Infrecuencia
- Complejidad
- Subjetividad
- Impacto
- Dinamicidad

Cada una de estas características son importantes porque permite tener un punto de vista más amplio, para toma de decisiones de aprovechamiento de la energía solar. En la figura 12 se indica las características de localización.

Figura 12 Características de la localización



Fuente: Elaboración propia 2022 (Fraiz, 2001)

La ubicación en la cual se encuentra el proyecto a realizar, con la ayuda del atlas solar se puede evidenciar el pronóstico de radiación con base a datos anuales y que permite observar cómo va a comportarse y los datos con los cuales podemos dimensionar adecuadamente el sistema y el tipo de material a utilizar para obtener el mejor rendimiento de nuestro sistema a instalar.

Para el diseño que se está proponiendo para una instalación de un sistema con captador solar, acumulador, intercambiador de calor adecuado para sistema ACS en un conjunto habitacional.

Figura 13 Esquema de la instalación solar térmica



*Fuente:* Diseño de una instalación solar para la producción de agua caliente en un bloque de viviendas  
(Materiales, 2022)

### **7.8 Descripción de la Instalación**

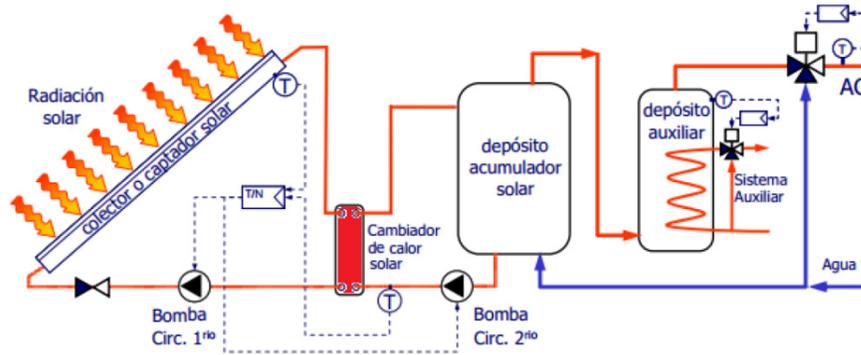
La urbanización “El Manantial” contará con una infraestructura para la instalación centralizada de producción de calor, intercambiadoras de calor, bombas de alimentación a redes, su respectiva red de distribución y tanque acumuladores por bloque o vivienda. La producción de ACS será completamente funcionales e independientes, destinado para uso de las viviendas, cocina, lavandería, aseo general y de personal, etc.

### **7.9 Principio de Funcionamiento**

Una instalación solar térmica centralizada tiene como objetivo captar la radiación solar y transformarla en energía térmica transfiriéndola a un fluido de trabajo primario que circula por dentro del captador solar, y mediante la transferencia de calor con un circuito secundario almacenarlo de manera eficiente en un depósito acumulador, posteriormente poder utilizarlo en los puntos de consumo de cada vivienda por medio de un sistema de distribución.

La instalación centralizada de producción de ACS; tiene que incorporar los siguientes sistemas:

Figura 14 Esquema de un sistema solar térmica de ACS



Fuente: Universidad Politécnica de Cataluña (Patiño, 2020)

Los circuitos que forman parte de un sistema de energía solar térmica para ACS son:

a) Circuito primario: es un circuito cerrado, compuesto principalmente por los captadores solares y un conjunto de tuberías, que tiene como objetivo transportar el calor desde el captador hasta un intercambiador de calor (enlace con el circuito secundario). Una vez enfriado, por transferencia de calor dentro del intercambiador, vuelve al colector para volver a ser calentado, y así sucesivamente.

Este circuito incluye elementos de seguridad para prevenir su deterioro, evitar la sobrepresión en los captadores, las heladas y las altas temperaturas.

b) Circuito secundario: es un circuito, compuesto por un conjunto de tuberías y uno o varios acumuladores, que tiene como objetivo transportar el calor desde el intercambiador de calor hasta el o los acumuladores solares (enlace con el circuito de distribución).

El calor es transportado mediante el fluido que circula por el circuito, el cual es calentado al circular por dentro del intercambiador. Una vez enfriado, por transferencia de calor dentro del acumulador, vuelve al intercambiador para volver a ser calentado, y así sucesivamente.

c) Circuito de distribución: este circuito es el encargado de distribuir según demanda el agua desde el acumulador, o los acumuladores solares, hacia los diferentes puntos de servicio.

Elementos que incorporan el circuito, que forma parte del sistema forzado:

d) Bombas: las bombas forman parte del sistema hidráulico de los circuitos y son necesarias para proporcionar movimiento al fluido que circula por ellos.

e) Sistema de regulación: los sistemas de regulación sería los encargados de controlar el buen funcionamiento de los circuitos activando las bombas y los elementos de seguridad cuando fueran necesarios.

## **7.10 Elementos Principales de la Instalación**

### **7.10.1 Captadores Solares:**

Un captador solar plano actúa como un intercambiador de calor que transforma energía radiante en energía térmica. En un captador actúa como un intercambiador de calor que transforma energía radiante en energía térmica (efecto invernadero), dejando pasar la radiación solar y de esta forma aumentando la energía dentro del captador. Así, se aumenta la temperatura. Dentro de los captadores hay una serie de conductos por los que circula un fluido caloportador al que se transfiere la energía captada. Se detallan las partes internas de un captador para que así entender mejor su funcionamiento.

El captador solar plano está basado en los siguientes principios:

- a) La aportación de energía solar no es regulable.
- b) La demanda y el aporte de energía solar están desfasados.
- c) La orientación e inclinación del captador influyen fuertemente en el rendimiento.

- d) El rendimiento de captación aumenta al disminuir la temperatura del fluido a la entrada.
- e) Interesa captar la energía solar a la mayor temperatura posible.
- f) Prioridad al consumo de la energía solar frente a la convencional.

### **7.10.2 Sistema de Acumulación:**

Los depósitos de acumulación son los encargados de receptor el volumen considerable del fluido circulante que viene del intercambiador de calor, en las horas punta del día debido a la gran aportación de radiación solar que reciben. Estos depósitos deben estar bien aislados para evitar pérdidas térmicas. De esta forma, podremos disponer de ACS en las horas con menos radiación solar y cubrir la demanda.

La disposición del tanque acumulador es de manera vertical, de esta forma se producirá el efecto de estratificación. Esto se logra por la diferencia de densidad entre el agua caliente y la fría, ya que el agua más caliente se encuentra en la parte alta del acumulador y es colocada la toma de salida para el consumo. En cuanto a la parte baja donde el agua tiene menor temperatura, se coloca la salida hacia el intercambiador para calentar dicha agua.

### **7.10.3 Caldera Convencional:**

Cuando no sea posible suplir la demanda de energía térmica con la instalación centralizada solar, se recurre al sistema auxiliar de apoyo, formado normalmente por una caldera convencional, de gas o combustible líquido.

La caldera se encarga de aportar la energía necesaria para calentar el agua del acumulador cuando la energía solar no es suficiente como para satisfacer toda la demanda.

#### **7.10.4 Bombas de Circulación:**

La función de las bombas será mover el fluido por los circuitos primarios y secundarios. Hay que tener en cuenta que estos dos circuitos tienen características distintas. Las bombas serán accionadas por motores eléctricos que deberán actuar a una velocidad variable para que se trabaje en distintas condiciones de operación.

#### **7.10.5 Aislamiento:**

Los equipos y sistemas de tuberías deberán contar con un aislamiento térmico adecuado, a fin de evitar pérdidas de calor y mantener las temperaturas adecuadas de operación.

#### **7.10.6 Sistema de Control:**

Es un sistema de control y protección que asegura el buen funcionamiento de la instalación. Controlará que en ningún punto del circuito se alcancen temperaturas elevadas, que puedan dañar algunos de los equipos. Además, este sistema no dejará que la temperatura del fluido caloportador baje de los 3°C, superior a la temperatura de congelación del fluido.

Actuará de tal forma que las bombas no estén funcionando cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y que no estén paradas si esta diferencia es mayor de 7°C.

Para ello, el sistema de control tendrá unos sensores de temperatura, a la salida de los captadores y a la salida del depósito acumulador. Este sistema se encargará también de activar o no el sistema auxiliar en el caso de que sea necesario.

#### **7.11 Características de los Equipos:**

En este apartado se van a especificar las características de los equipos seleccionados para nuestra instalación. A continuación, vamos a detallar las características fundamentales de cada uno de ellos a través de sus catálogos.

### 7.11.1 Captadores:

Los captadores seleccionados son del fabricante Chromagen, modelo QR-E.

En la figura se pueden ver las características fundamentales de este modelo de captador.

Figura 15 Dimensiones y características del captador Chromagen QR-E

Dimensiones y Pesos			
Largo Total	2.190 mm	Peso en vacío	35 Kg
Ancho Total	1.090 mm	Capacidad del fluido	1,3 l
Fondo	90 mm	Fluido caloportador	agua ó agua glicolada
Área Total	2,33 m <sup>2</sup>	T° de estancamiento	165 °C
Área de Apertura	2,17 m <sup>2</sup>	Flexión máxima del captador	1.000 Pa
Área del Absorbedor	2,14 m <sup>2</sup>		

Presiones de prueba y caudal recomendado	
Presión de timbre	14 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Caudal recomendado	45 l/h·m <sup>2</sup>
Caida de presión (mm.c.a.)	1,9·q <sup>2</sup> +7,3·q (l/min)

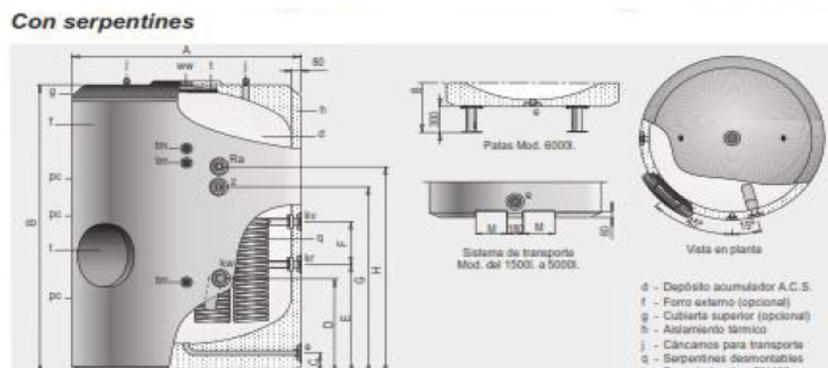


Fuente: Diseño de instalación solar térmica (Jiménez, 2020)

### 7.11.2 Tanque Acumulador:

Se ha escogido el acumulador LAPESA, modelo MVV 6000 SB. Las siguientes figuras se muestra las principales características de los depósitos de acero vitrificado que llevan serpentín en su interior, y las distintas características técnicas en función del modelo apartado.

Figura 16 Inter acumulador con serpentín



Fuente: Diseño de instalación solar térmica (Jiménez, 2020)

### 7.11.3 Bomba:

Se ha elegido la bomba Wilo-Stratos modelo 50/1-8. La figura muestra las características

técnicas de este tipo de bombas.

## 7.12 Dimensionamiento de la Instalación

Para nuestro caso se va a utilizar un dimensionamiento partiendo de las siguientes características, sacados de los cálculos anteriores:

Número de viviendas: 35

Superficie de vivienda: 3150 m<sup>2</sup>

Personas por vivienda: 4

Consumo anual de ACS: 114415,70 kWh/año

Un número de captadores = 60 Marca ViessMann Vitosol W 2.5

Del Anexo 1 se toma los datos más importantes:

*Tabla 19 Características principales colector placa plana ViessMann Vitosol 100 W 2.5*

Modelo	Vitosol 100 W 2.5
Superficie bruta	2.71m <sup>2</sup>
Superficie de apertura	2.5m <sup>2</sup>
Factor óptico	84%
Peso	50Kg
Factor de pérdidas calor K1	3.36 W/m <sup>2</sup> K

Fuente: Elaboración propia 2022 (Viessman, 2020)

La superficie bruta del colector es de 2,71 m<sup>2</sup>, como se consideró 60 elementos tendremos una superficie de cobertura total de 162.2 m<sup>2</sup>, para poder hacer un uso eficiente del área.

El captador solar tiene un rendimiento óptico de 0,84 el que nos sirve para realizar las correcciones de rendimiento por el ángulo de incidencia en la región de latitud 0° en Ecuador, tomando un factor de incidencia de 0,96 y un factor de corrección de captador-intercambiador de 0,95, datos originados y tomados del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja temperatura (INEN, 2009).

Para realizar un cálculo que se asemeje a lo más exacto posible vamos a tomar como referencia la curva de f (F-Chart), la cual permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo. Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario, lo cual nos sirve para captadores solares planos.

Aplicando el método mencionado se consigue un rendimiento óptico de 0,7883, seguimos con la secuencia de los cálculos de F-Chart y podemos obtener la cobertura solar mensual y anual como se muestra en la tabla.

*Tabla 20 Cobertura mensual y anual con colectores de placa plana*

Mes	Días	f(Teórica) %	f(real) %	EUmes (kWh)
Enero	31	66.6	66.6	11836
Febrero	28	63.6	63.6	10178
Marzo	31	66,5	66.5	11795
Abril	30	63.9	63.9	10973
Mayo	31	67.7	67.7	12003
Junio	30	67.2	67.2	11501
Julio	31	76.6	76.6	13595
Agosto	31	75.5	75.5	13330
Septiembre	30	67.8	67.8	11648
Octubre	31	70.8	70.8	12598
Noviembre	30	68.9	68.9	11870

Diciembre	31	67.7	67.7	12043
<b>Anual</b>	<b>365</b>	<b>68.57</b>	<b>69</b>	<b>143371</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Con estos cálculos realizados se está cubriendo el 68,57% de la demanda anual de ACS y calefacción, la demanda adicional debe ser cubierta con un apoyo generado por una caldera de GLP.

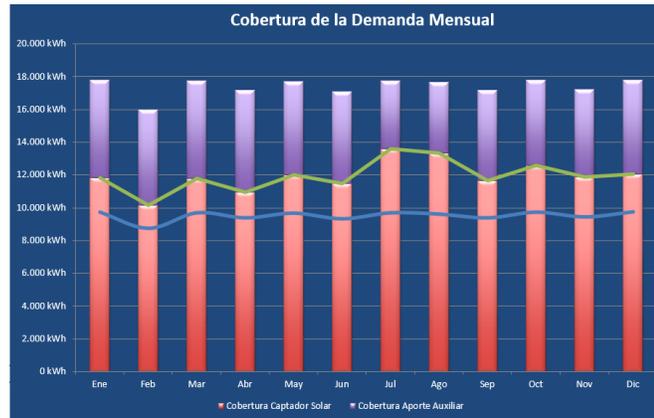
Tabla 21 Calculo de demanda cubierta

MES	N (días/mes)	Demes ACS	Demes CALEF.	$\eta$ mensual instalación %	Producción Solar Unitaria (kWh/m <sup>2</sup> )	Producción Solar Unitaria por Captador (kWh/m <sup>2</sup> )	Aporte auxiliar
Ene	31	9.755,93	8.026,03	53,1	78.9	1.3	5946
Feb	28	8.757,19	7.249,32	53.1	67.9	1.1	5828
Mar	31	9.715,62	8.026,03	53.1	78.6	1.3	5946
Abr	30	9.402,21	7.767,12	53.3	73.2	1.2	6196
May	31	9.695,46	8.026,03	52.9	80.0	1.3	5718
Jun	30	9.343,69	7.767,12	52.9	76.7	1.3	5610
Jul	31	9.715,62	8.026,03	51.8	90.6	1.5	4146
Ago	31	9.634,99	8.026,03	51.9	88.9	1.5	4331
Sep	30	9.402,21	7.767,12	52.9	77.7	1.3	5522
Oct	31	9.755,93	8.026,03	52.7	84.0	1.4	5184
Nov	30	9.460,73	7.767,12	52.9	79.1	1.3	5358
Dic	31	9.776,09	8.026,03	52.5	80.3	1.3	5759
<b>AÑO</b>	<b>365</b>	<b>114.416</b>	<b>94.500</b>	<b>56.8</b>	<b>1030</b>	<b>17.17</b>	<b>65545</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

A continuación, se muestra la cobertura de la demanda calculada.

Figura 17 Demanda Calculada



Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

### 7.13 Dimensionamiento del Acumulador

Se requiere calcular la demanda necesaria para suministrar al acumulador, el cual estipule constantemente con los requerimientos, para lo cual se utilizará la fórmula extraída de la norma INEN.

$$50 \leq \frac{V}{A} \leq 180$$

Donde:

A = Área total de captadores.

V = Volumen del acumulador.

Para cubrir las necesidades con una capacidad de 9000 litros, se realiza la relación de  $V/Sc = 55$ .

Tabla 22 Acumulador Lapesa MXV5000S2B

Modelo	MXV5000S2B
Volumen total	5000 L
Temperatura máxima	200/90 °C
Presión máxima	250/8 Bar

Peso	615Kg
Factor de perdidas estáticas	266 W

*Fuente:* Elaboración propia 2022 (Lapesa, 2021)

Para cubrir la demanda de nuestro emplazamiento se requiere de 2 acumuladores mencionados anteriormente.

*Tabla 23 Relación de volumen para selección del acumulador*

	<b>Acumulador Lapesa</b>
Volumen Diseño	9000 L
Volumen Seleccionado	5000L
Relación V/A	55
Cantidad	2

*Fuente:* Elaboración propia 2022 (Lapesa, 2021)

Con esta relación estaríamos cumpliendo con la demanda acorde al cálculo previo, se selecciona este equipo por la gran capacidad que tiene de volumen y precio en el mercado.

Adicional cumple con la función como intercambiador y acumulador, cumpliendo con el objetivo de calefacción y ACS.

El acumulador Lapesa MXV5000S2B seleccionado se representa ficha técnica

#### **7.14 Presupuesto para Ejecutar el Proyecto**

La referencia entregada para el desarrollo del proyecto es de 500 \$/m<sup>2</sup>; la superficie por cubrir es de 162,2 m<sup>2</sup>.

*Tabla 24 Presupuesto de instalación*

<b>Descripción</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Precio \$/m<sup>2</sup></b>	<b>Precio Total \$/m<sup>2</sup></b>
Planta solar térmica con colectores de placa plana	162.2	500	81100

Sub Total	81100
Iva 12%	9732
<b>Total</b>	<b>90832</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (Lapesa, 2021)

La instalación contiene 80 captadores tiene un precio unitario de 500 \$/m<sup>2</sup> en colector plano al considerarse el Captador Viess Mann Vitosol W 2.5, que tiene una superficie bruta en m<sup>2</sup> de 2,71 m<sup>2</sup>, por lo tanto, su valor unitario del captador se obtiene de 500 \$/m<sup>2</sup> X 2,71 m<sup>2</sup> = 1355 \$

El terreno donde se ubica la implantación del sistema solar térmico tiene un costo de alquiler de 1.000 \$/hectárea, si consideramos que el terreno disponible para los colectores es de 200 m<sup>2</sup>, por lo tanto, el alquiler de la hectárea de terreno= 1000 \$ /hectárea x 1 hectárea / 10000 m<sup>2</sup> = 0,1 \$ / m<sup>2</sup>

$$\text{Alquiler de terreno} = \frac{1000 \$}{\text{Hectárea}} * \frac{1 \text{ Hectárea}}{10000 \text{ m}^2} = 0,1 \frac{\$}{\text{m}^2} \times 12 = 1,2 \frac{\$}{\text{m}^2}$$

El mantenimiento de la instalación tiene un costo de 5000\$/día, como se trata de una planta centralizada que requiere 1 semana para su mantenimiento tenemos que el Coste de mantenimiento= 500\$ /día x 7 día= 3500 \$

Tabla 25 Presupuesto de ejecución de la instalación térmica solar

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Captador Viess Mann Vitosol W 2.5	und	60	1355	81300
	Otros gastos				

2	Alquiler de la hectárea de terreno	\$/m2	200	1.2	240
3	Costo de mantenimiento	\$/día	7	500	3500
Sub Total					85040
IVA 12%					10204.8
<b>Total</b>					<b>95244.8</b>

*Fuente: Elaboración propia 2022*

### 7.15 Costo Central Térmica a Gas Licuado

El cilindro de 15 Kg de GLP en el Ecuador tiene un costo subsidiado en septiembre del 2022 de \$1,60 y el cilindro de gas de uso industrial de 0,972559 \$ /Kg, entonces por 15 kg nos da \$14,59. Para determinar la cantidad de cilindros a emplear tomamos en consideración que cada familia emplea 1,4 cilindros por mes x cada vivienda, para determina la cantidad de cilindros mensuales 1,4 cilindros x 15 kg x 12 meses esto nos da 252 Kg \* año (GLP) que corresponde 16,8 cilindros aproximadamente 17 cilindros por familia por lo tanto la cantidad por 35 viviendas de cilindros es 595 cilindros.

El GLP centralizado permite contener almacenado en un solo sitio y brindar el gas para todas las edificaciones de la urbanización.

La instalación se construirá bajo normas que rigen en la localidad que regulan las instalaciones de GLP para uso residencial, en nuestro caso la INEN 2260:2010.

Tabla 26 Presupuesto de ejecución de la instalación térmica con GLP

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	Calentador de gas (GLP) Otros gastos	und	595	14,59	8681,05
2	Mantenimiento anual, revisión y limpieza de quemadores		1	80	80
3	Alquiler de la hectárea de terreno		200	0,1	20
	Sub Total				8781,05
	IVA 12%				1053,73
<b>Total</b>					<b>9834,78</b>

Fuente: Elaboración propia 2022

## 7.16 Cálculo de Tiempo de Retorno de la Inversión

Para el cálculo de tiempo de retorno simple de la inversión, se utiliza la fórmula:

$$\text{Retorno simple} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} (\text{Años})$$

Para tal efecto tomamos los valores obtenidos en:

Datos de la tabla 10, presupuesto de ejecución de la instalación térmica solar:  
95244.8

Coste de mantenimiento= 500\$ /día x 7 día= 3500 \$

El valor energía utilizada por mes (EUmes) 139299 kWh

El valor del GLP sin subvención: 097 \$ \* kWh

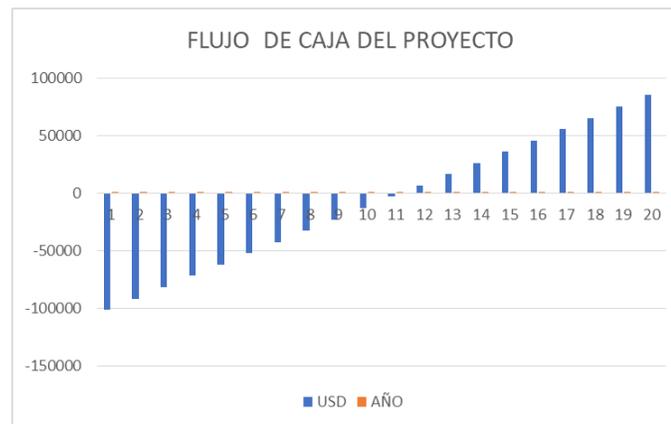
$$\text{Ahorro Anual} = (\text{EUmes} * \text{Coste GLP (uSD * Kwh)}) - \text{Mtto Anual} - \text{Arriendo Anual}$$

$$\text{Ahorro Anual} = 131.379,89$$

$$\text{Tiempo retorno simple anual} = \frac{\text{Inversión Total sistema solar}}{\text{Ahorro anual}}$$

$$\text{Tiempo retorno simple anual} = 1,38$$

Figura 18 Flujo de caja del proyecto



Fuente: Elaboración propia 2022

## 7.17 Calentamiento Solar de Piscinas

### 7.17.1 Cálculo de Instalaciones Solares Para Piscinas Cubiertas

Aplicando los mismos criterios establecidos para el cálculo de las prestaciones energéticas de las instalaciones de agua caliente sanitaria, se pueden considerar los mismos dos objetivos a la hora de utilizar los resultados del cálculo, esto es, justificar el cumplimiento de requisitos establecidos por la reglamentación incluso comparando diversas tecnologías y la optimización de distintas soluciones técnicas de instalaciones solares térmicas. En ambos casos, los datos de partida a emplear deberían ser los mismos para disponer de una única demanda de energía como referencia y los métodos de cálculo iguales o equivalentes para homogeneizar el cálculo de prestaciones de la instalación y conseguir que las soluciones sean comparables.

Tabla 27 Captador Solar

**CAPTADOR**

<b>Captador Comercial</b>	Si	
<b>Marca y Modelo</b>	VIESSMANN VITOSOL W 2.5	
<b>Su</b>		2,500 m2
<b>NÚMERO DE CAPTADORES</b>	<u>3</u>	
<b>Sc</b>		8 m2
<b>Factor Ef. Óptica</b>		0,8400
<b>Coef. Perd.</b>		3,7000
<b>Factor Ef. Óptica Corregido</b>		0,7661
<b>Coef. Perd. Corregido</b>		0,0035

Tabla 28 Acumulador

<b>ACUMULADOR</b>	
<b>Orientativo-&gt;</b>	<b>413 dm<sup>3</sup></b>
<b>VOLUMEN SELECCIONADO</b>	<b>500 dm<sup>3</sup></b>
<b>Relación V/Sc</b>	<b>67</b>

### 7.17.2 Métodos de Cálculo Utilizables

Los cálculos se utilizaron en método F-CHART y Metasol, su diferencia es que el f-Chart solo se emplea para instalación de producción de ACS de tamaño y configuración determinado y el Metasol

En ese caso, se podrá utilizar el método f-Chart aplicándolo a un consumo diario de agua caliente equivalente  $Q_{ACS}(T_U)$  a la misma temperatura  $T_U$  de uso del ACS y calculado con la expresión:

$$Q_{ACS}(T_U) = DE_{VP} / (T_U - T_{AF})$$

Los datos de partida que se proponen a continuación pretenden homogeneizar y simplificar los procesos de cálculo, aunque el proyectista pueda utilizar los parámetros de uso, climáticos y funcionales que considere oportunos para analizar las condiciones reales de funcionamiento de la piscina y estudiar la sensibilidad de los resultados con las diferentes variables que intervienen.

### 7.17.3 Parámetros de Uso.

Los valores a emplear son normalizados y son los siguientes:

- Temperatura del agua del vaso:  $24^{\circ}\text{C}$  .
- Temperatura seca del aire del local:  $26^{\circ}\text{C}$  .
- Humedad relativa: 65%

En función de lo anterior, se toma las siguientes condiciones normalizadas de cálculo:

- Las condiciones higrotérmicas interiores son únicas.
- Se establece un único criterio de ocupación y uso
- La renovación de agua se realiza diariamente por razones higiénico-sanitarias.

Las condiciones higrotérmicas interiores para el cálculo normalizado son las siguientes:

Las condiciones de ocupación y uso más habituales son 0,20 bañistas por metro cuadrado de superficie del vaso de piscina durante 12 horas al día y ningún bañista ni uso durante las 12 horas restantes. Durante el tiempo sin empleo, el vaso de la piscina dispone de una manta térmica. Si se emplea y utilizan en el año todos los días con el mismo régimen que será el siguiente:

- On de las instalaciones convencionales a las 08.00 para puesta a régimen de la piscina.
- Off de instalación a las 20:00 horas, en la noche no se mantiene el calentamiento del vaso y se deja que baje su temperatura, empleando la manta térmica.

El agua de renovación empleado por compensación por pérdida de agua por la evaporación de agua, por arrastre y salpicaduras, por limpieza de fondos y filtros, así como por la renovación higiénico-sanitaria del agua. La renovación del agua diaria de piscina se considera una restricción de 1% del volumen del vaso y se realizará durante todos los días del año.

#### 7.17.4 Demanda de Energía.

La demanda de energía necesaria para el mantenimiento de la temperatura del agua del vaso de una piscina tiene las pérdidas térmicas con el entorno (PTVP) y por la demanda de energía para el calentamiento del agua de reposición (DEREP):

- Las pérdidas por evaporación son el 70 % y el 80 % de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por radiación son el 15 % y el 20 % de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por conducción son despreciables.

En el cálculo de la potencia de las pérdidas energéticas en piscinas cubiertas se empleará:

$$P(\text{en KW}) = (130 - 3 * T_{AP} + 0.2 * T_{AP}^2) * (S_{VP}/1000)$$

Dónde  $T_{AP}$  es la temperatura del agua de la piscina ( $^{\circ}C$ ) y  $S_{VP}$  es la superficie libre del vaso de la piscina ( $m^2$ ). El cálculo de las pérdidas térmicas diarias del vaso ( $PT_{VP}$  en kWh) para las condiciones establecidas de  $T_{AP} = 24^{\circ}C$  y considerando que durante las 12 horas que se utiliza la manta térmica las pérdidas térmicas se reducen al 20% de las totales, se pueden determinar por la fórmula:

$$PT_{VP} \text{ (KWh)} = 2,40 * S_{VP} (m^2)$$

La demanda de energía térmica correspondiente al agua de reposición ( $DE_{REP}$ ) producida por las necesidades de renovación es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura desde la temperatura de entrada de agua fría ( $T_{af}$ ) hasta la temperatura de uso ( $24^{\circ}C$ ) de la masa de agua renovada que normalmente es el 1% del volumen del vaso  $V_{VP}$ , aunque en algunos casos se considera hasta el 5% según lo establezca la normativa de cada administración autonómica; las características del agua están representadas por su densidad  $\rho$  y por el calor específico  $C_p$  a presión constante y se calcula mediante la expresión:

$$DE_{REP} = 0.01 * V_{VP} * \rho * C_P * (24 - T_{af})$$

La demanda total diaria de energía térmica de la piscina sería la suma de ambas:

$$DE_{VP} = PT_{VP} + DE_{REP} = 2,40 * V_{VP} * \rho * C_P * (24 - T_{af})$$

La demanda térmica de calentamiento del agua de piscina se considerará como una instalación combinada, que calienta el agua en el vaso de piscina para compensar sus pérdidas térmicas y, también, es un sistema para producción de agua caliente para la demanda energética del agua de reposición. Si tenemos además empleo de agua caliente para duchas, vestuarios, etc. Se calculará la demanda de energía lo establecido anteriormente. Un diseño y dimensionamiento debe atender los requerimientos de ACS.

### 7.17.5 Diseño y Dimensionado de Sistemas y Componentes

#### 7.17.6 Dimensionado del Sistema de Intercambio

Los intercambiadores solares para calentamiento del vaso se dimensionarán de forma que se pueda transmitir al secundario de piscina toda la potencia térmica del campo de captadores.

Para el dimensionado se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- La potencia de diseño será la definida para el campo de captadores, y no inferior a 525 W/m<sup>2</sup>
- El caudal nominal del circuito primario viene definido por el sistema de captación. En el diseño, se considerará una temperatura de entrada de primario del intercambiador de 50°C.
- El caudal nominal del circuito secundario será siempre mayor que el del primario para mejorar el proceso de intercambio de calor; habitualmente se utilizan valores del orden del doble de caudal que el del primario. Se considerará una temperatura de entrada de 24°C.

En el diseño de la instalación se tendrá en cuenta que la temperatura de salida del fluido del circuito secundario no podrá ser superior a  $40^{\circ}\text{C}$ .

Si el esquema de funcionamiento de la instalación es con derivación del circuito de depuración, la mezcla del caudal de depuración con el de calentamiento deberá proporcionar una temperatura de impulsión que no supere en más de  $5^{\circ}\text{C}$  la temperatura de consigna del vaso para no generar grandes diferencias de temperatura en el interior del vaso.

#### **7.17.7 Calculo Para el Diseño de Calentamiento de Agua de la Piscina.**

Aplicando la fórmula del método anterior mencionado, el resultado obtenido de una Demanda Anual de 442,435 kWh; con una temperatura promedio anual ( $60^{\circ}\text{C} - 11,8^{\circ}\text{C}=48,2^{\circ}\text{C}$ ). La Demanda Mensual F-Chart; es de 9,180 kWh.

La demanda de calentamiento de la piscina descubierta es de 14,41 kW/m<sup>2</sup>, al año.

La superficie de la piscina para nuestro caso es de 70m<sup>2</sup>, por lo tanto, aplicando la fórmula de Perdidas Térmica de la piscina cubierta Anual es de 61,320 kWh.

Figura 19. Cuadro de resultado de cálculos.

Demanda calentamiento piscina descubierta (kW/m <sup>2</sup> )	Velocidad aire m/s	Demanda diaria kWh	Demanda mensual kWh	Pérdidas diarias piscina cubierta kWh	Pérdidas mensuales piscina cubierta kWh	Demanda diaria equivalente f-chart	Demanda mensual f-chart
1,1	3,9	1111,22	34447,80	168	5208	22,96	711,73
1,0	3,75	1048,62	29361,43	168	4704	21,80	610,42
1,1	3,75	1059,00	32829,15	168	5208	21,97	681,10
1,0	3,525	1012,74	30382,13	168	5040	21,01	630,33
1,1	3,9	1079,16	33454,11	168	5208	22,44	695,51
1,3	5,4	1357,17	40715,14	168	5040	28,33	850,00
1,6	6,375	1598,79	49562,45	168	5208	33,17	1028,27
1,5	6,225	1506,46	46700,14	168	5208	31,52	976,99
1,3	4,875	1290,34	38710,22	168	5040	26,77	803,12
1,1	4,05	1142,67	35422,73	168	5208	23,61	731,87
1,2	4,125	1169,53	35085,96	168	5040	24,11	723,42
1,1	4,05	1153,66	35763,34	168	5208	23,79	737,39
<b>14,41</b>	<b>54 kWh</b>	<b>14.529 kWh</b>	<b>442.435 kWh</b>	<b>2.016 kWh</b>	<b>61.320 kWh</b>	<b>301 kWh</b>	<b>9.180 kWh</b>

Fuente: Elaboración propia 2022

### 7.18 Cálculo de la Demanda Térmica, Para Calentamiento de Agua de la Piscina.

Para este cálculo usaremos el Excel, determinamos la demanda total ACS de la piscina es de 160 litros/día con una temperatura máxima en el acumulado de 60°C.

Tabla 29 Demanda diaria anual sanitaria

Usos	Demanda diaria	Demanda anual
Piscina	160 litros/persona	57600 litros/persona

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Demanda para calentamiento de la piscina se estima en 30 kWh/m<sup>2</sup> y año.

Tabla 30 Demanda de Calefacción

**Datos para el calentamiento de la piscina**

Superficie de Piscina	70 m <sup>2</sup>
Demanda	30 kWh/m <sup>2</sup> /año

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Se procede al cálculo de la demanda de energía diario y anual; tomando en consideración 1 año = 365 días.

Tabla 31 Demanda de energía

Mes	Días	Demes Mensual F chart (kWh)	Demes Calef (kWh)
Enero	31	711,73	20,38
Febrero	28	610,42	18,41
Marzo	31	681,1	20,38
Abril	30	630,33	19,73
Mayo	31	695,51	20,38
Junio	30	850	19,73
Julio	31	1028,27	20,38
Agosto	31	976,99	20,38
Septiembre	30	803,12	19,73
Octubre	31	731,87	20,38
Noviembre	30	723,42	19,73
Diciembre	31	737,39	20,38
<b>Año</b>	<b>365</b>	<b>9180</b>	<b>240</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Se requiere calcular la demanda necesaria para suministrar al acumulador, el cual estipule constantemente con los requerimientos, para lo cual se utilizará la fórmula extraída de la norma INEN.

## 7.19 Dimensionamiento de la Instalación

Para nuestro caso se va a utilizar un dimensionamiento partiendo de las siguientes características, sacados de los cálculos anteriores:

Superficie de piscina: 70 m<sup>2</sup>

Consumo anual de ACS: 9,180 kWh/año

Un número de captadores = 3 Marca ViessMann Vitosol W 2.5 (Vea el **Anexo 1**)

Del Anexo 1 se toma los datos más importantes:

*Tabla 32 Características principales colector placa plana ViessMann Vitosol 100 W 2.5*

Modelo	Vitosol 100 W 2.5
Superficie bruta	2.71m <sup>2</sup>
Superficie de apertura	2.5m <sup>2</sup>
Factor óptico	84%
Peso	50Kg
Factor de perdidas calor K1	3.36 W/m <sup>2</sup> K

*Fuente:* Elaboración propia 2022 (Viessman, 2020)

Aplicando las fórmulas descritas a partir del numeral 1.18, se obtiene los siguientes resultados.

*Tabla 33 Cobertura mensual y anual con colectores de placa plana*

Mes	Días	f(teórica) %	f(real) %	EUmes (kWh)
Enero	31	74,3	74,3	544
Febrero	28	73,3	73,3	461
Marzo	31	76,1	76,1	534
Abril	30	75,4	75,4	490
Mayo	31	76,4	76,4	547
Junio	30	64,8	64,8	563
Julio	31	66,6	66,6	699
Agosto	31	67,8	67,8	676

Septiembre	30	68,2	68,2	561
Octubre	31	77,5	77,5	583
Noviembre	30	74,4	74,4	553
Diciembre	31	74,4	74,4	564
<b>Anual</b>	<b>365</b>			<b>6,775</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

Tabla 34 Calculo de demanda cubierta

MES	N (días/mes)	Demes Mensual F chart (kWh)	Demes Calef (kWh)	$\eta$ mensual instalación %	Producción Solar Unitaria (kWh/m <sup>2</sup> )	Producción Solar Unitaria por Captador (kWh/m <sup>2</sup> )	Aporte auxiliar (kWh)
Ene	31	711,73	20,38	48,8	72,5	24,2	189
Feb	28	610,42	18,41	48,3	61,4	20,5	168
Mar	31	681,1	20,38	48,1	71,2	23,7	167
Abr	30	630,33	19,73	47,6	65,4	21,8	160
May	31	695,51	20,38	48,2	72,9	24,3	169
Jun	30	850	19,73	51,8	75,1	25,0	307
Jul	31	1028,27	20,38	53,3	93,2	31,1	350
Ago	31	976,99	20,38	52,6	90,1	30,0	322
Sep	30	803,12	19,73	51,0	74,8	24,9	262
Oct	31	731,87	20,38	48,7	77,7	25,9	170
Nov	30	723,42	19,73	49,3	73,8	24,6	190
Dic	31	737,39	20,38	49,2	75,2	25,1	194
<b>AÑO</b>	<b>365</b>	<b>9,180</b>	<b>240</b>	<b>53,7</b>	<b>973</b>	<b>324,47</b>	<b>2,645</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (INEN, 2009)

## 7.20 Dimensionamiento del Acumulador

EL dimensionamiento del acumulador es el aplicado en el numeral 1,13, debido a sus similares características.

## 7.21 Presupuesto Para Ejecutar el Proyecto

La referencia entregada para el desarrollo del proyecto es de 500 \$/m<sup>2</sup>; la superficie por cubrir es de 8,11 m<sup>2</sup>.

Tabla 35 Presupuesto de instalación

Descripción	Área m <sup>2</sup>	Precio \$/m <sup>2</sup>	Precio Total \$/m <sup>2</sup>
Planta solar térmica con colectores de placa plana	8,11	500	4055
Sub Total			4055
Iva 12%			486,6
<b>Total</b>			<b>4541,6</b>

Fuente: Elaboración propia 2022 (Lapesa, 2021)

La instalación contiene 3 captadores tiene un precio unitario de 500 \$/m<sup>2</sup> en colector plano al considerarse el Captador Viess Mann Vitosol W 2.5, que tiene una superficie bruta en m<sup>2</sup> de 2,71 m<sup>2</sup>, por lo tanto, su valor unitario del captador se obtiene de 500 \$/m<sup>2</sup> X 2,71 m<sup>2</sup> = 4541,6 \$

El mantenimiento de la instalación tiene un costo de 500\$/día, como se trata de una planta centralizada que requiere 1 semana para su mantenimiento tenemos que el Coste de mantenimiento= 500\$ /día x 1 día= 500 \$

Tabla 36 Presupuesto de ejecución de la instalación térmica solar

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Captador Viess Mann Vitosol W 2.5	und	3	1355	4065

2	Costo de mantenimiento	\$/día	1	500	500
Sub Total					4565
IVA 12%					547,8
<b>Total</b>					<b>5112,8</b>

Fuente: Elaboración propia 2022

### Extrapolación de valores para 100 viviendas del conjunto habitacional Manantial

Para obtener los valores de extrapolación de las 100 viviendas, se considera los valores de ACS y calefacción mensuales, que se obtuvieron después de los cálculos realizado

Tabla 37 Demanda de calefacción y ACS de las 100 viviendas

Mes	Días	Demes Total	Demes Total
		ACS 100 Viviendas (kWh)	Calef 100 Viviendas (kWh)
Enero	31	31.358	20.905
Febrero	28	28.148	18.882
Marzo	31	31.229	20.905
Abril	30	30.221	20.230
Mayo	31	31.164	20.905
Junio	30	30.033	20.230
Julio	31	31.229	20.905

Agosto	31	30.970	20.905
Septiembre	30	30.221	20.230
Octubre	31	31.358	20.905
Noviembre	30	30.410	20.230
Diciembre	31	31.423	20.905
<b>Año</b>	<b>365</b>	<b>367.765</b>	<b>246.135</b>

Fuente: Elaboración propia 2022

## 7.22 Cálculo de Tiempo de Retorno de la Inversión

8. Para el cálculo de tiempo de retorno simple de la inversión, se utiliza la fórmula:

$$\text{Retorno simple} = \frac{\text{Inversion}}{\text{Ahorro}} (\text{Años})$$

Para tal efecto tomamos los valores obtenidos en:

El presupuesto de ejecución de la instalación para calentamiento de la piscina:  
5112,80 USD

Coste de mantenimiento= 500\$ /día x 1 día= 500 \$

El valor energía utilizada por mes (EUmes) 6775 kWh

El valor del GLP sin subvención: 0,092 \$ / kWh

$$\text{Ahorro Anual} = (EUmes * \text{Coste GLP (uSD * kWh)}) - \text{Mtto Anual} - \text{Arriendo Anual}$$

$$\text{Ahorro Anual} = 623,3 \$$$

$$\text{Tiempo retorno simple anual} = \frac{\text{Inversión Total sistema solar}}{\text{Ahorro anual}}$$

$$\text{Tiempo retorno simple anual} = 8,2 \text{ años}$$

## **9. Análisis Económico**

### **9.1 Estimación de costos del proyecto solar fotovoltaico**

La estimación del costo que se realiza en beneficio de la urbanización ‘El Manantial’ la misma que se encuentra ubicada en la provincia de Pichicha, ciudad de Quito, Parroquia Conocoto, en el cual se ha realizado un diseño enfocado a la utilización de energías renovables, con el cual dicha urbanización quiere ser autosustentable y ser un referente de la utilización de este tipo de generación para mitigar poco a poco la utilización de energías en base a el uso de derivados de petróleo.

### **9.2 CAPEX**

Analiza la evolución de los costes instantáneos derivados de la inversión en activos fijos, por tecnologías y desglosados por países o regiones. Así podrá ejecutar comparaciones con los costes de sus propios proyectos.

Los costes instantáneos representan la inversión inicial que requiere una activo de generación. Es decir, el coste que acarrea invertir en una planta de generación sin tomar en consideraciones los costes financieros no la estructura de la financiación.

#### **9.2.1 Contrato EPC**

El representante legal de la empresa encargada celebrara un acta de constitución o en su caso un contrato de obra de construcción tomando en cuenta la normativa legal vigente en Ecuador, la parte receptora el dueño del conjunto o el representante legal del mismo aceptara la construcción del parque solar fotovoltaico, en el cual está incluido el alcance, los entregables, el cronograma de trabajo y el costo del proyecto.

El contratista o el director del proyecto es la única persona autorizada para tener contacto con los interesados del proyecto. En el mismo contrato se incluye los roles y responsabilidades del director del proyecto como del equipo de trabajo que está constituido para realizar la obra.

Dentro del plan del proyecto se especifica todas las actividades que se va a realizar tomando en cuenta los riesgos que están descritos, la calidad de los entregables que se deben presentar y como se van a entregar los avances del proyecto, como las pruebas y resultados esperados que se espera del proyecto.

Finalizado el proyecto mediante un acta entrega recepción del proyecto, los propietarios de la urbanización el manantial decidiran el buen uso del sistema, como la venta de la energía hacia el sistema eléctrico público.

### 9.2.2 Desgloce del presupuesto de ejecución material

Para la presente inversión del proyecto a realizar en la urbanización “El Manantial” se va a distribuir en 8 partidas que van a constituir el proceso de instalación de paneles solares, los mismos que estan detallados en la tabla 12.

*Tabla 38. Capex del proyecto solar fotovoltaico*

<b>Proyecto solar fotovoltaico</b>	<b>CAPEX</b>
1. Obra Civil	\$ 21.619,00
2. Paneles Solares Modelo JKM415M-54HL4-V MARCA: Jinko Solar Tiger Pro	\$ 108.095,00
3. Inversor de red 7700W OnGrid SMA	\$ 43.238,00
4. Estructura soporte de aluminio	\$ 75.666,50
5. Instalación de módulos e inversores	\$ 32.428,50
6. Cableado CC y CA en BT	\$ 21.619,00
7. Suministro e instalación de medida, TTR y monitorización	\$ 10.809,50
8. Cableado de media tensión	\$ 32.428,50

<b>Subtotal</b>	\$ 345.904,00
<b>IVA 12%</b>	\$ 41.508,48
<b>Total</b>	\$ 387.412,48

El valor total del Capex del proyecto a realizar es de \$ 387.412,48 dólares de los estados unidos de américa.

### CAPEX Solar térmica

Para cálculo del CAPEX el sistema Solar Térmico se toma con referencia la tabla 39; cálculos que es para una vivienda con capacidad para 4 personas.

*Tabla 39. Capex del proyecto solar térmico*

<b>Proyecto solar térmico</b>	<b>CAPEX</b>
1. Obra Civil	\$ 200
2. Captador Viess Mann Vitosol W 2.5	\$ 1355
3. Almacenamiento Acumulado Lapesa MXV5000S2B 900 Lt	\$ 2300
4. Sistema de distribución Tuberías, bombas, conexiones, etc	\$ 800
5. Sistema de respaldo Calefón	\$ 300
<b>Subtotal</b>	<b>\$ 4955</b>
<b>IVA 12%</b>	<b>\$ 459,6</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 5414,6</b>

El valor de \$ 5414,6 es para la instalación solar térmica con colectores de placa plana de 1 vivienda; para calcular para las 100 viviendas se realiza una extrapolación lo cual nos da un valor de \$ 541460 como inversión total del proyecto.

### 9.3 DEVEX

Es el que esta conformado por los costos de los no materiales que son necesarios para el desarrollo del proyecto, este se enfoca es los costos asociados a la

obtención de los permisos, licencias y autorizaciones para dar lugar al proyecto, ya que sin ellos el proyecto no se podrá realizar, por no cumplir las normativas legales que estable el sector público.

El DEVEX para el caso de Solar Térmica será depreciado.

### 9.3.1 Contrato de Desarrollo con Fee a Éxito, para el Proyecto Fotovoltaico

Para la realización del contrato se va a realizar con la intervención de inversionistas externos que van a aportar con el capital para el desarrollo del fee de éxito, a su vez se dará cumplimiento a las diversas garantías que tiene las distintas fases del desarrollo del proyecto, con la remuneración económica que se dará bajo el cumplimiento al 100% de cada partida.

Tabla 40. Devex con fee de éxito

Ítem	Partida	Tiempo		Cumplimiento	Costo
		(semanas)	(%)		
1	Acuerdo para la aceptación del proyecto por los interesados.	8	100		1000
2	Estudio de factibilidad financiera del proyecto	4	100		500
3	Estudio de factibilidad de conexión a la red	3	100		500
4	Licencia Ambiental	4	100		1500
5	Permisos de construcción	8	100		1000
<b>Total</b>					4500

### 9.4 Wacc

El coste promedio ponderado es utilizado para analizar cuál es la tasa del descuento que se va a obtener del proyecto antes de invertir para que se ejecute este

proceso de inversión, la sencillez del cálculo es una forma de obtener una valoración adecuada del análisis financiero del proyecto.

La forma a utilizar es:

$$WACC = \left( K_e \times \left( \frac{E}{E + D} \right) \right) + \left( (K_d \times (1 - T)) \times \left( \frac{D}{E + D} \right) \right)$$

Donde:

Ke: Coste de los fondos propios.

E: Fondos propios.

D: Endeudamiento.

Kd: Coste financiero.

T: Tasa impositiva.

$$K_e = R_f + [ E[R_m] - R_f ] \times B$$

Donde:

Rf: Rentabilidad del activo sin riesgo.

E[Rm]: Rentabilidad media del mercado.

B: Riesgo de mercado de un activo.

Para encontrar la Rf de nuestro proyecto se tomó como referencia la información tomada de la página del Banco Central, con una subvención de \$ 150.000 para el proyecto fotovoltaico y se asume el 30%, con una rentabilidad del 12 % como fondos propios de las personas que viven en la urbanización “El Manantial” y 70% de apalancamiento bancario con una tasa impositiva del 25%, coste financiero o tasa pasiva referencial del Banco Central 6,26% para la planta solar fotovoltaica.

Tabla 41. WACC Proyecto Solar Fovoltaiico/Térmico

ESTRUCTURA DE LA FINANCIACIÓN		
Préstamo:	Fotovoltaico	Termico
Porcentaje de préstamo ( $\alpha_d$ )	70,0%	70,0%
Interés del préstamo ( $C_d$ )	6,26%	6,26%
Tipo Impositivo (t)	25,0%	25,0%
Plazo del préstamo (años)	20,00	20,00
<b>Fondos Propios</b>		

Porcentaje de Fondos Propios ( $1-\alpha_d$ )	30,0%	30,0%
Coste de los Fondos Propios ( $C_p$ )	12,0%	12,0%
<b>WACC</b>	<b>6,89%</b>	<b>6,89%</b>

La principal ventaja de utilizar el cálculo del WACC es que es de muy sencillo y de fácil interpretación, aunque con los resultados obtenidos se compromete que la estructura de financiación de la empresa no va a variar en el tiempo para la financiación del proyecto.

El interés del préstamo se toma como referencia de la tabla del Banco Central del Ecuador del mes de noviembre de 2022, como se muestra en la figura.

Figura 20. Tasa de interes del Banco Central del Ecuador

4. OTRAS TASAS REFERENCIALES			
Tasa Pasiva Referencial*	6,26	Tasa Legal	8,49
Tasa Activa Referencial	8,49	Tasa Máxima Convencional	8,86

## 9.5 Cuenta de resultados

### 9.5.1 Ingresos de la planta solar fotovoltaica

Dentro del proyecto de generación de energía eléctrica a través del sistema solar fotovoltaico, se ha considerado una producción anual de 334500 kWh/año con un precio de venta al surtido al sistema de distribución local de 0.105 dólares del kWh, con una inflación anual estimada del 1,5% al tiempo de vida útil del proyecto. Se toma en consideración una degradación del 0,6% de acuerdo a lo estipulado por el fabricante. Y con una disponibilidad del sistema al 98% anual. Como ingreso adicional se tiene la venta de CVN (certificados verdes negociables) con un valor de \$50 dólares de toneladas de CO<sub>2</sub>, este precio promedio referencial del mercado actual.

Tabla 42. Ingresos por venta de sistema fotovoltaico

INGRESOS	Ud.	Hipotesis		
Producción eléctrica	kWh/año	334500,00	Degradación	0,20
Precio de venta del kWh eléctrico	\$/kWh	\$ 0,11	Disponibilidad	98,00

	\$	35.122,50	Indexado	2,00
--	----	-----------	----------	------

### 9.5.2 Gastos de la planta solar fotovoltaica

Si bien el gasto de operación, no cubrirá la totalidad del sistema a instalar. Pero cubrirá una parte de la de la demanda total del sistema de distribución local en determinadas horas del día. En este caso, no se va a contemplar el gasto de compra de energía eléctrica. El mismo no va a producir a partir de la puesta en marcha del sistema fotovoltaico en su operación. Ya que el rubro actual se va a ver afectado. Dentro de la instalación.

Para la operación y mantenimiento de la planta se estipulará un contrato o full realizado por un agente externo o un socio estratégico, tomando la contratación de la mano de obra sea del 50% personal femenino.

Entre los principales gastos para el proyecto de generación fotovoltaica se tiene los siguientes ítems:

Tabla 43. Gastos del sistema solar fotovoltaico

<b>GASTOS</b>	<b>Ud.</b>		
<b>Precio de compra del kWh eléctrico (3.1A-6.1A)</b>	\$/kWh	\$	0,11
<b>Consumo energía eléctrica Instalación</b>	kWh/año		3345,00

Tabla 44. Gastos operativos del sistema solar fotovoltaico

<b>GASTOS OPERATIVOS</b>			
Repuestos		\$	500,00
Operación y Mantenimiento		\$	5.000,00
Acondicionamiento de la planta		\$	500,00
Revisiones legales / auditorías		\$	100,00
Personal O&M		\$	850,00
Contingencias	5,0%	\$	347,50
Avales		\$	-
Gastos generales, asesorías...		\$	500,00

Alquiler de terrenos		\$	800,00
Seguro Todo Riesgo Material	0,1%	\$	393,41
Seguro Responsabilidad Civil		\$	200,00
Seguro Responsabilidad Ambiental		\$	50,00
Impuesto actividad (IAE)		\$	50,00
Impuesto por el suelo (IBICE)			0,00
Impuesto a la generación eléctrica			0%
Impuesto a la generación térmica			0%

### 9.5.3 Ingresos de la planta térmica

En el proyecto solar térmico, se considerará una generación de 209.016 kWh/anual. Para una demanda aproximada de 100 viviendas de la urbanización el Manantial, con un valor de precio base del \$ 0.97 USD de kWh. El mismo que se incrementara anualmente al 1.5% durante el funcionamiento del proyecto. Tendrá una tasa de degradación del 0.6% y con un 98% de disponibilidad para la planta.

Tabla 45. Ingresos del sistema térmico

<b>INGRESOS</b>		Ud.	<b>Hipótesis</b>	
Producción eléctrica	kWh/año	10 kWh/año	Degradación	0,60
Precio de venta del kWh eléctrico	\$/kWh	\$ 0,11	Disponibilidad	98,00
		\$ 1,05	Indexado	1,50

### 9.5.4 Gastos de la planta térmica

Los gastos operativos del Sistema Solar térmico, constan de los datos de mantenimiento, que es del rubro principal. También los valores de gastos operativos, el acondicionamiento de la planta, la remuneración del Personal. Y la revisión de trámites legales como las auditorías. Como se detalla en la tabla 19.

Para la adquisición de los seguros se realiza un análisis de las distintas coberturas y pólizas de seguro las cuales se activarán de acuerdo a las políticas como

son el tema de siniestro, robos, disponibilidad de servicio, disponibilidad de generación, defectos de fabrica o daños por agentes externos.

Para la operación y mantenimiento de la planta se estipulará un contrato o full realizado por un agente externo o un socio estratégico.

Tabla 46. Gastos operativos sistema solar térmico

GASTOS OPERATIVOS			
Repuestos		\$	500,00
Operación y Mantenimiento		\$	3.500,00
Acondicionamiento de la planta		\$	500,00
Revisiones legales / auditorías		\$	100,00
Personal O&M		\$	850,00
Contingencias	5%	\$	272,50
<b>Avales</b>			
Avales		\$	-
Gastos generales, asesorías...		\$	500,00
Alquiler de terrenos / techos		\$	240,00
<b>Seguros</b>			
Seguro Todo Riesgo Material	0,1%	\$	542,40
Seguro Responsabilidad Civil		\$	200,00
Seguro Responsabilidad Ambiental		\$	50,00
<b>Impuestos</b>			
Impuesto actividad (IAE)		\$	50,00
Impuesto por el suelo (IBICE)		\$	-
Impuesto a la generación eléctrica			0,0%
Impuesto a la generación térmica			0,0%

### 9.5.5 Cálculo Tasa interno de retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) sistema solar térmico.

Para el cálculo del TIR y VAN del sistema solar fotovoltaico, el retorno de la inversión y amortización de las instalaciones, que para este sistema se consideró de 25 años con lo cual se obtienen los resultados mostrados en la **Tabla 47**.

Tabla 47. TIR y VAN sistema solar fotovoltaico.

TIR PROYECTO (25 años)		8%
VAN	\$	26.674,70
TIR EQUITY (25 años)		12%
VAN EQUITY	\$	-2.247,09

Para el cálculo del TIR y VAN del sistema solar térmico se consideran las mismas condiciones planteadas en el sistema solar fotovoltaico, a excepción del tiempo de retorno de la inversión y amortización de las instalaciones, que para este sistema se consideró de 25 años con lo cual se obtienen los resultados mostrados en la **Tabla 48**.

Tabla 48. TIR y VAN sistema solar térmico

TIR PROYECTO (25 años)		11,69%
VAN		226.977,88 €
TIR EQUITY (25 años)		22,10%
VAN EQUITY		279.667,28 €

### 9.5.6 LCOE

Una vez obtenidos los datos antes detallados, a continuación, se presenta los resultados en la **Tabla 49** para una planta solar fotovoltaica y referencia con el sistema térmico.

Tabla 49. LCOE y LROE de los proyectos.

	Fotovoltaico	Térmico
<b>LCOE (\$/KWh) - 20 años</b>	<b>-0,12</b>	<b>-0,0404</b>
<b>LROE (\$/KWh) - 20 años</b>	<b>0,13</b>	<b>0,1327</b>
<b>LROE - LCOE (\$/KWh) - 20 años</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0923</b>

### 9.5.7 TIR y VAN 100% fondos propios

Los cálculos obtenidos del TIR y VAN con una inversión propia del 100% y una proyección a 25 años se puede observar en las tablas 23 y 24 que el proyecto es muy

viable ya que no se dependería de una entidad financiera el cual se pagaría un determinado interés por el proyecto que se va a realizar obteniendo buenos dividendos a lo largo del proyecto.

*Tabla 50. TIR y VAN sistema fotovoltaico con fondos propios*

TIR PROYECTO (25 años)		10%
VAN	\$	508.804,67
TIR EQUITY (25 años)		10%
VAN EQUITY	\$	508.804,67

*Tabla 51. TIR y VAN sistema térmico*

TIR PROYECTO (25 años)		14,62%
VAN	\$	1.422.251,99
TIR EQUITY (25 años)		14,62%
VAN EQUITY	\$	1.422.251,99

### 9.5.8 TIR y VAN 70% financiado y 30% fondos propios

Los Cálculos realizados del TIR y VAN con un financiamiento del 70% y con un aporte propio del 30% se puede notar que en el sistema fotovoltaico se obtiene una buena rentabilidad a 30 años como se observa en la tabla 52.

*Tabla 52. TIR y VAN a 30 años del sistema fotovoltaico*

TIR PROYECTO (30 años)		9%
VAN	\$	46.780,00
TIR EQUITY (30 años)		12%
VAN EQUITY	\$	2.976,71

La proyección en cambio, en el sistema térmico la rentabilidad es buena a 25 años y se puede observar en la tabla 53, los resultados obtenidos.

*Tabla 53. TIR y VAN a 25 años sistema térmico*

TIR PROYECTO (25 años)		11,69%
VAN	\$	226.977,88
TIR EQUITY (25 años)		22,10%
VAN EQUITY	\$	279.667,28

## 10. BIBLIOGRAFIA

Constitución de la Republica del Ecuador. Registro Oficial No. 449 , 20 de Octubre 2008:

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2\\_OCT\\_DIJU\\_Constitucion.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2_OCT_DIJU_Constitucion.pdf)

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021:

[https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res\\_nro\\_\\_arcernnr-013-2021.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res_nro__arcernnr-013-2021.pdf)

Consejo Nacional de Electricidad. Regulación No. CONELEC-010/99:

[https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/CONELEC-010-99-MERCADO-ELECTRICO-MAYORISTA2\\_compressed-1.pdf](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/CONELEC-010-99-MERCADO-ELECTRICO-MAYORISTA2_compressed-1.pdf)

Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD. Registro Oficial Suplemento 303 de 19 de Octubre de 2010: <https://www.igualdadgenero.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/C%C3%B3digo-Org%C3%A1nico-de-Organizaci%C3%B3n-Territorial-Autonom%C3%ADa-y-Descentralizaci%C3%B3n.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 19:2001: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CPE-19.pdf>

Normativa Técnica Ecuatoriana. NTE INEN-IEC/TS 61836. Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica – Términos, Definiciones y Símbolos (IEC/TS 61836:2007, IDT): [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iec\\_ts\\_61836extracto.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iec_ts_61836extracto.pdf)

Registro Oficial Orgánica de la República del Ecuador. Primer Suplemento No. 983. <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/suplementos/item/9074-suplemento-al-registro-oficial-no-983>

IDAE. (PET-REV enero 2009). Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura:  
[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_ST\\_Pliego\\_de\\_Condiciones\\_Tecnicas\\_Baja\\_Temperatura\\_09\\_082ee24a.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf)

Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abril-2017: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>

Ley Orgánica de Régimen Municipal: Codificación  
[http://www.lamerced.gob.ec/web/images/la\\_merced/descargas/lotaip2015/baselegal/ley\\_organicamunicipal/LEYORGANICAMUNICIPAL.pdf](http://www.lamerced.gob.ec/web/images/la_merced/descargas/lotaip2015/baselegal/ley_organicamunicipal/LEYORGANICAMUNICIPAL.pdf)

ENERGY.GOV. Obtenido de Federal Energy Management Program:  
<https://www.energy.gov/eere/femp/federal-energy-management-program>

SOLARGIS. (23-10-2022). Global Solar Atlas: <https://globalsolaratlas.info/map>

Guía Designación Bifacial LG. Paneles bifaciales.  
[https://www.lg.com/global/business/download/resources/solar/Bifacial\\_design\\_guide\\_FuII\\_ver.pdf](https://www.lg.com/global/business/download/resources/solar/Bifacial_design_guide_FuII_ver.pdf)

Líderes. (2 de agosto de 2021). Energía Solar para la Industria. Compañía Enercity, Ecuador: <https://www.revistalideres.ec/lideres/energia-solar-industria-negocios-entrevista.html>

MHEDUCATION ESPAÑA. Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaica:  
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica. OSCAR PERPIÑÁN LAMIGUEIRO.  
<https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>























## **ANEXO A: SOLAR FOTOVOLTAICO**



