



Maestría en

ENERGÍAS RENOVABLES

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

AUTORES: Cabrera Gabriela.
López Santiago.
Miño Andrés.
Sánchez Héctor.
Ulco Edwin.

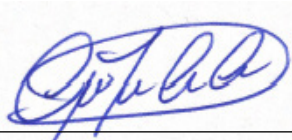
TUTOR: Andrea Rivadeneira P.

Estudio Comparativo Solar de una Comunidad en Quito. Valoración de la Aportación Solar en el Mix Energético

Certificación de Autoría

Nosotros, Gabriela Cabrera, Santiago López, Felipe Miño, Héctor Sánchez y Edwin Ulco, 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.




Gabriela Cabrera



Santiago López



Felipe Miño



Héctor Sánchez



Edwin Ulco

Aprobación del Tutor

Yo, Andrea Rivadeneira P. 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

Agradecimiento

Agradecemos de manera especial a la Universidad Internacional del Ecuador a EIG, a todo el personal docente y administrativo que hicieron posible la primera cohorte de la Maestría en Energías Renovables, sus aportes y acompañamiento permanente permitieron que culminemos con éxito esta etapa.

A todas las personas que de manera directa o indirecta nos apoyaron durante todo el trayecto en el que comprendimos que el conocimiento puede aportar a desarrollar herramientas que ayuden a tener un planeta más sostenible si comenzamos ahora desde el lugar en el que nos desempeñemos.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a nuestras familias, por su apoyo, su paciencia y por creer en nosotros. A nuestros hijos porque son la motivación para no detenernos a cumplir nuestras metas y a aportar para contar con un planeta más sano en donde ellos y las futuras generaciones puedan vivir mejor.

Índice de Contenido

Resumen	1
Abstract	1
Palabras Clave	2
Descripción de las Características de la Energía Solar en Ecuador	3
Valoración de la Energía Fotovoltaica en el Ecuador	5
Diseño de una Planta Solar Fotovoltaica	8
Comunidad Objeto de Estudio	8
Datos Generales del Proyecto	8
Descripción del Emplazamiento	9
Características de Irradiación Solar en el Emplazamiento Seleccionado	11
Ingeniería Básica del Proyecto	14
Preparación del emplazamiento	14
Estructura de soporte para los paneles	14
Tipo de panel fotovoltaico	14
Inversor	14
Tipo de baterías	15
Distribución de la energía	15
Dimensionado de caseta de obra	15
Condiciones Establecidas en el Paquete de Subvenciones	15
Porcentaje de Ahorro Energético Medio de la Comunidad de Viviendas = 30%	15
Terrenos Situados en un Radio de 5 km de la Urbanización el Manantial de Quito	16

La Instalación Debe Colocarse Sobre Suelo y no se Pueden Utilizar Construcciones Existentes.....	17
Utilización de Componentes Convencionales y Estructuras Fijas con Lastre y No Pueden Estar Ancladas	17
En la Contratación de los Trabajos de Ejecución de la Instalación Fotovoltaica se Tiene que Contar con la Contratación de un 30% de Cuota Femenina	17
Cálculo de Producción y Dimensionamiento de la Planta Fotovoltaica.....	17
Descripción del Sistema	18
Cálculos de Producción y Disposición de la Instalación.....	20
Cálculo de la Reducción de Emisiones de CO2.....	20
Elaboración de un Presupuesto de Ejecución.....	21
Plan de Contratación en Función de las Características de la Planta	22
Manuales, Presupuesto de Operación y Mantenimiento y Estudio de Rentabilidad de la Planta Fotovoltaica	22
Manual de Operación y Mantenimiento	23
Actividades de Gestión de Activos en O&M de Sistemas FV	23
Actividades de Mantenimiento Preventivo	23
Actividades de Mantenimiento Correctivo.....	23
Presupuesto de Mantenimiento	23
Estudio de rentabilidad de la Instalación Solar	25
Planos de Situación.....	27
Dimensionamiento de un Sistema Aislado Para la Operación de la Planta Solar Fotovoltaica ..	27
Cálculos de la Instalación.....	27
Cálculo de número de módulos fotovoltaicos	28

Dimensionamiento de las baterías	29
Dimensionamiento del regulador.....	31
Dimensionamiento del inversor	31
Dimensionamiento de los conductores.....	32
Dimensionamiento de las protecciones.....	32
Elementos de la instalación, su ubicación y montaje.....	33
Detalle de componentes del sistema aislado	33
Elección de Materiales	34
Localización y Descripción de la Caseta.....	34
Elaboración de un Proyecto Para un Sistema Solar Térmico	35
Cálculo de la Demanda Térmica Para el Escenario de Estudio: Perfil Diario y Anual de la Demanda.....	36
Definición de Criterio de Cálculo del Acumulador en Base al Perfil Diario de la Demanda	37
Extrapolación al conjunto de las 100 viviendas de la comunidad objeto del estudio con los criterios de proporcionalidad descritos en el apartado	38
Elección Justificada de Emplazamiento y Ubicación de Equipos	39
Esquema de Principio de la Instalación Tipo Estudiada.....	39
Dimensionamiento de la Instalación Solar Térmica.....	40
Planta Solar Térmica: Potencia Instalada y Cálculos de Producción	40
Dimensionamiento de los Colectores.....	41
Colectores de placa plana.....	41
Colectores de tubos de vacío.....	45
Dimensionamiento del Acumulador	48

Presupuesto de Ejecución de la Instalación	50
Presupuesto para Planta Solar Térmica con Captador de Placa Plana	50
Presupuesto para Planta Solar Térmica con Captador de Tubos de Vacío	51
Diagrama Final de la Instalación.....	51
Cálculo del Retorno Simple de la Inversión.....	53
Consideraciones para el Cálculo	53
Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores de Placa Plana	
Considerando Subvención de Combustible	54
Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores De Placa Plana	
sin Subvención de Combustible.....	54
Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores de Tubos de	
Vacío considerando Subvención de Combustible	55
Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores de Tubos de	
Vacío sin Subvención de Combustible.....	56
Cálculo de Retorno de Inversión Simple de la Planta Solar Térmica	57
Extrapolación del Costo de Inversión para 100 Viviendas de la Urbanización	58
Estudio Comparativo de la Planta Fotovoltaica y una Planta de Generación Solar	
Termoeléctrica Cilindro-Parabólica	58
Cálculo del Campo Solar	59
Cálculo de la producción	60
Esquema de Principio de la Instalación	61
Cálculo del Precio de Venta de la Energía Para Obtener el Mismo Período de Retorno	
que para la Instalación Fotovoltaica	62

Comparación Final de las Plantas Fotovoltaica y Solar Termoeléctrica de Cilindro	
Parabólico	63
Análisis Detallado de la Rentabilidad de los Proyectos: Fotovoltaica y Solar Térmica	64
Modelo de Ejecución de los Proyectos Mediante un Contrato EPC	64
Desglose del Presupuesto de Ejecución Material de la Planta Fotovoltaica	65
Desglose del Presupuesto de Ejecución Material de la Planta Solar Térmica Placa Plana	67
Desglose del Presupuesto de Ejecución Material de la Planta Solar Térmica con Tubos de Vacío	68
DEVEX del Proyecto Fotovoltaico	68
Contrato de Desarrollo con Fee a Éxito, para el Proyecto Fotovoltaico	70
Determinar la Wacc Exigida para este Proyecto, Justificando El Criterio por el Cual se Elige Dicho Valor	71
Cuenta de Resultados	72
Cuenta de Resultados del Proyecto Fotovoltaico	72
Cuenta de Resultados del Proyecto Solar Térmico	74
Tipo de Contrato de Operación y Mantenimiento O&M	75
Garantías del Contrato de O&M	76
Contratos de Seguros Durante la Fase de Explotación	77
Seguro Todo Riesgo Material	77
Seguro Responsabilidad Civil	77
Seguro Responsabilidad Ambiental	78
TIR, VAN, LCOE y LROE de los Proyectos Fotovoltaico y Solar Térmico Sin CAPEX de Mantenimiento	78

TIR y VAN del Proyecto Fotovoltaico con 100% de Fondos Propios	79
TIR y VAN del Proyecto Solar Térmico con 100% de Fondos Propios.....	79
Cálculo del LCOE y LROE de los Proyectos.....	80
Cálculo Del TIR Y VAN de los Proyectos Fotovoltaico y Solar Térmico con Project Finance	80
TIR y VAN del Proyecto Fotovoltaico con Project Finance.....	81
TIR y VAN del Proyecto Solar Térmico de Placa Plana con Project Finance	82
Resumen de Resultados Económicos	82
Referencias.....	84
Apéndices	88

Índice de Tablas

Tabla 1 Consumo de energía de la urbanización "El Manantial".	9
Tabla 2 Costos de energía y ahorro programado.	9
Tabla 3 Datos de irradiación solar en el emplazamiento	11
Tabla 4 Promedio mensual de irradiación directa normal en el emplazamiento	12
Tabla 5 Perfil horario de irradiación directa normal en el emplazamiento	12
Tabla 6 Presupuesto referencial del proyecto	21
Tabla 7 Presupuesto referencial para contrato de mantenimiento.	24
Tabla 8 Costes del proyecto al año 1	25
Tabla 9 Ingresos del proyecto al año 1	25
Tabla 10 Cálculo de consumo de energía de la instalación aislada.	27
Tabla 11 Descripción de componentes de la instalación aislada.	33
Tabla 12 Demanda de ACS según Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN XX:2009	36
Tabla 13 Demanda Calefacción	36
Tabla 14 Perfil diario y anual de energía.	37
Tabla 15 Demanda anual de energía ACS 100 viviendas	38
Tabla 16 Demanda anual de energía calefacción 100 viviendas	38
Tabla 17 Características principales colector placa plana Vitosol 200-FM SV2F	42
Tabla 18 Cobertura mensual y anual con captadores de placa plana Vitosol 200-FM SV2F	43
Tabla 19 Cálculo de la demanda cubierta con captadores de placa plana	43
Tabla 20 Características principales colector de tubos de vacío Vitosol 300-TM SP3C	45
Tabla 21 Cobertura mensual y anual con captadores de tubos de vacío Vitosol 300-TM SP3C	46
Tabla 22 Cálculo de la demanda cubierta con captadores de tubos de vacío	47
Tabla 23 Volúmenes y relaciones del acumulador	49

Tabla 24 Presupuesto de instalación con captadores de placa plana	51
Tabla 25 Presupuesto de instalación con captadores de tubos de vacío	51
Tabla 26 Cálculo de retorno simple de inversión de las plantas solares térmicas	57
Tabla 27 Extrapolación de costo de inversión para 100 viviendas.....	58
Tabla 28 Campo solar eléctrico obtenible	59
Tabla 29 Cálculo de producción mensual de la planta	60
Tabla 30 Costos de operación y mantenimiento planta solar térmica.....	62
Tabla 31 CAPEX del proyecto fotovoltaico.....	65
Tabla 32 CAPEX del proyecto solar térmico de placa plana	67
Tabla 33 CAPEX del proyecto solar térmico con tubos de vacío.....	68
Tabla 34 DEVEX del proyecto fotovoltaico.....	69
Tabla 35 DEVEX con fee de éxito.....	70
Tabla 36 Cuenta de pérdidas y ganancias del proyecto fotovoltaico	72
Tabla 37 Cuenta de pérdidas y ganancias del proyecto solar térmico.....	74
Tabla 38 Tiempos de detección y respuesta para fallas en planta FV.....	76
Tabla 39 Variables de hipótesis de los proyectos.....	78
Tabla 40 TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento para proyecto fotovoltaico	79
Tabla 41 TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento para proyecto solar térmico.....	79
Tabla 42 LCOE y LROE de los proyectos	80
Tabla 43 TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 70% de financiamiento.....	81
Tabla 44 TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 60% de financiamiento.....	81
Tabla 45 TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 70% de financiamiento.....	82

Tabla 46 TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 50% de financiamiento.....	82
Tabla 47 Resumen de resultados económicos.....	83

Índice de Figuras

Figura 1 Potencial eléctrico fotovoltaico del Ecuador	6
Figura 2 Ubicación geográfica de la urbanización "El Manantial"	8
Figura 3 Ubicación geográfica del emplazamiento seleccionado para el proyecto FV.....	10
Figura 4 Resumen de simulación de producción energética en el emplazamiento.....	15
Figura 5 Producción mensual de la planta fotovoltaica.....	17
Figura 6 Disposición y distribución de los paneles solares.....	19
Figura 7 Cronograma de ejecución del proyecto	22
Figura 8 Flujo de caja acumulado del proyecto.	26
Figura 9 Esquema de principio de la instalación	40
Figura 10 Cobertura de demanda mensual con captador de placa plana.....	44
Figura 11 Cobertura de demanda mensual con captador de tubos de vacío	47
Figura 12 Esquema acumulador Vitocell 100-B CVBA 500 litros.....	49
Figura 13 Diagrama planta solar térmica con colectores de placa plana	52
Figura 14 Diagrama planta solar térmica con colectores de tubos de vacío	52
Figura 15 Escenario de amortización con captadores placa plana y subvención de combustible	54
Figura 16 Escenario de amortización con captadores placa plana sin subvención de combustible	55
Figura 17 Escenario de amortización con captadores de tubos de vacío con subvención de combustible.....	55
Figura 18 Escenario de amortización con captadores de tubos de vacío sin subvención de combustible.....	56
Figura 19 Esquema de instalación planta solar termoeléctrica cilindro-parabólico sin almacenamiento.....	61
Figura 20 Tasa de interés pasiva mayo 2022 Banco Central del Ecuador.....	71

Apéndice

Apéndice A: Datos obtenidos de GLOBAL SOLAR ATLAS	88
Apéndice B: Resultados de producción anual obtenidos del software PVGIS	90
Apéndice C: Ficha técnica del panel TRINA SOLAR modelo TSM-505DE18M(II).....	92
Apéndice D: Ficha técnica de soportes tipo triangulo para paneles FV	96
Apéndice E: Ficha técnica del inversor SMA modelo SUNNY TRIPOWER CORE 2 STP 110-60	99
Apéndice F: Diseño de planta FV con herramienta Sunny Design	102
Apéndice G: Actividades de Gestión de Activos de O&M de Sistemas FV	114
Apéndice H: Actividades de Mantenimiento Preventivo.....	115
Apéndice I: Descripción de Actividades de Mantenimiento Correctivo	121
Apéndice J: Estudio de rentabilidad del proyecto a 30 años	124
Apéndice K: Vista de planta del proyecto.....	127
Apéndice L: Plano caseta de obra.....	128
Apéndice M: Ficha técnica del módulo FV del sistema aislado	129
Apéndice N: Ficha técnica regulador del sistema aislado.....	133
Apéndice O: Ficha técnica inversor del sistema aislado.....	134
Apéndice P: Ficha técnica baterías del sistema aislado	136
Apéndice Q: Ficha técnica del colector de placa plana Viessmann	139
Apéndice R: Ficha técnica del colector de tubos de vacío Viessmann	143
Apéndice S: Ficha técnica del acumulador Vitocell 100-B CVBA 500 litros	148

Resumen

El presente trabajo hace referencia al desarrollo de dos proyectos que promueven el uso de energía solar como fuente primaria para generación de electricidad y calor en una urbanización ubicada al suroriente de la ciudad de Quito - Ecuador.

El primer proyecto es una planta fotovoltaica que se diseña con el fin de cubrir 167.250 KWh que representan el 30% del consumo eléctrico anual de la urbanización, generando un ahorro económico y una considerable reducción de emisiones de CO₂ durante 30 años.

Por otro lado, el segundo proyecto es un sistema solar térmico cuyo objetivo es reemplazar el consumo anual de gas licuado de petróleo en los sistemas de agua caliente sanitaria y calefacción. Los kilovatios equivalentes de energía eléctrica a reemplazar son 330.660 KWh y 243.000 KWh, respectivamente.

Este trabajo se desarrolla con base en el modelo de negocio de la energía en España y muestra el estudio comparativo de la rentabilidad de cada proyecto.

Abstract

This masters case study refers to the development of two projects that promote the use of solar energy as a primary source to generate electricity and heat for a neighborhood located in the southeast of Quito – Ecuador.

The first project is a photovoltaic plant that is designed to cover 167,250 KWh, which represents 30% of the annual electricity consumption of the neighborhood. Simultaneously, it generates economic savings and a considerable reduction in CO₂ emissions for the next 30 years.

On the other hand, the second project is a solar thermal system which its main objective is to replace the annual liquefied petroleum gas consumption in the domestic hot water and heating systems. The equivalent kilowatts of electrical energy to be replaced are 330,660 kWh and 243,000 kWh, respectively.

This plan is developed based on the Spanish energy business model and it also shows a comparative study of profitability for each project.

Palabras Clave

ACS, calefacción, CO₂, energías renovables, LCOE, LROE, potencial fotovoltaico, radiación solar directa, rentabilidad, solar térmica, subvención, TIR, VAN.

Descripción de las Características de la Energía Solar en Ecuador

No existe duda sobre el cambio climático que se está evidenciando a nivel global, con ello se están planteando soluciones mundiales que van de la mano con seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental.

El uso de energía es esencial para satisfacer las necesidades energéticas que tiene la sociedad, a menor y gran escala. Pero el uso irracional de los recursos naturales conlleva a tomar un cambio de conciencia, adquirir nuevos conocimientos y responsabilidad para emplear y planificar sistemas energéticos renovables.

Los recursos naturales como lo son: el viento, el agua y el sol no poseen costo y estos pueden ser utilizados como fuentes de combustibles, con ello va de la mano diferentes puntos de análisis entre los cuales se puede mencionar: costos, mercados, regulaciones y parámetros políticos, donde se fomente cubrir esa necesidad energética con responsabilidad social y medio ambiental encontrando un equilibrio seguro, asequible y confiable como idea de potenciar las energías renovables. (Echeverria Llumipanta , 2021)

Existe un alto nivel de preocupación por los impactos generados a nivel mundial, por ello todos los países se encuentran trabajando en lograr las mejores estrategias, metodologías, diseño de políticas, con el fin de incentivar el uso de energías limpias, que promuevan el desarrollo en los diferentes sectores como son la industria, el transporte, residencial, comercial entre otros, donde contribuya con el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible en el área energética.

La Agenda 2030 tiene planeados sus objetivos en el ámbito de desarrollo sostenible estableciendo 17 de ellos, comprendiendo el objetivo 7 una garantía al acceso a energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Ecuador es participe de este plan donde busca la responsabilidad social y a nivel de empresa, llevando a un camino de progreso

sostenible en tres ejes fundamentales como lo son sociales, económicos y ambiental. Donde no solo involucra compromisos a nivel de Estado, sino que también hace participe a la comunidad, la academia y empresas tanto públicas como privadas. Permitiendo así potenciar el desarrollo del país. (Ormaza Andrade, Ochoa Crespo , Ramírez Valarezo , & Quevedo Vázquez , 2020)

Ecuador avanza con sus proyectos en la transformación de la matriz energética con el apoyo del BID para reducir el uso de combustibles fósiles, con la promoción al acceso a la electricidad con fuentes renovables, modernización, innovación y sostenibilidad en la provisión del servicio de electricidad, así como el intercambio de energías con los países vecinos que cooperaran a asegurar el suministro nacional en posibles condiciones adversas. (BID, 2020)

En la actualidad gozamos de un bienestar energético cubriendo las necesidades que se presentan día a día, pero en aquella época donde el COVID-19 tomo fuerza en Ecuador, se vivió una crisis económica no solo a nivel de nuestro país, sino también a nivel global con grandes afectaciones en diferentes ámbitos y uno de ellos fue reducir el precio del petróleo, dejando claro el cambio que debería emplearse al modelo energético.

Ecuador se encuentra trabajando en un desarrollar e impulsar la industria energética, con el objetivo de aprovechar los recursos naturales de manera sostenida, con responsabilidad ambiental y social todo ello acompañadas de políticas energéticas, brindando oportunidades de desarrollo en cada uno de los proyectos, tomando como referencia en Plan Maestro de Electricidad (PME) (Ministerio de Energía y Recursos No Renovables , s.f.)

Actualmente se cuenta con 39 proyectos de los cuales 21 son de energías renovables no convencionales. Se puede citar dos imponentes proyectos como el Eólico- Villonaco II y III y el proyecto fotovoltaico El Aromo, contando con el apoyo de empresas extranjeras y nacionales, brindando como resultado un gran interés en continuar invirtiendo en este campo de electricidad renovable.

Estar al tanto en el marco normativo e institucional del sistema eléctrico nacional, contribuye a obtener una sociedad consciente del potencial de cada uno de los recursos naturales, en el aprovechamiento de fuentes de energías renovables. Respaldo con el artículo 413 de la Agencia de Regulación y Control de Energía Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR) de la constitución del Ecuador, complementando con la Ley Orgánica del Servicio de Energía Eléctrica (LOSPEE) el artículo 25, 26 y el Código Orgánico del Ambiente con el artículo 5. Poniendo en marcha la responsabilidad de una legislación del sistema eléctrico, para garantizar el cumplimiento de los requerimientos nacionales. (El Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía , s.f.)

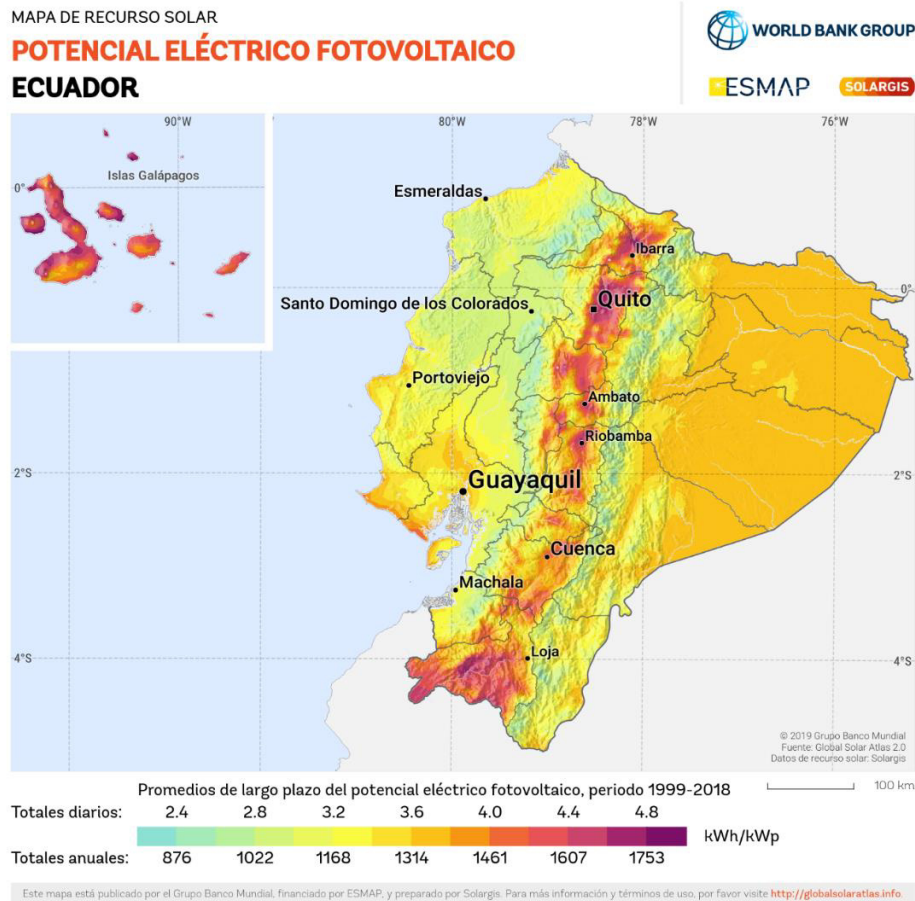
Valoración de la Energía Fotovoltaica en el Ecuador

La ubicación del Ecuador permite que nuestro país pueda aprovechar el recurso solar durante todo el año con un nivel de radiación promedio de 4.574,99 Wh/m² /día, según el ATLAS SOLAR DEL ECUADOR elaborado por el Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC. Esta oportunidad de fuente primaria de energía establece el desafío de planificar la matriz energética que considere incrementar la capacidad fotovoltaica instalada ya desde centrales de generación, sistemas conectados a red y/o sistemas aislados.

La información del ATLAS SOLAR, de la Figura 1, nos muestra que las provincias más favorecidas con el recurso solar son Pichincha, Azuay y Loja ya que presentan más de 5.000 Wh/m²/día de radiación, de la misma manera, la zona oriente del país también presenta un nivel de radiación que está sobre la media anual.

Figura 1

Potencial eléctrico fotovoltaico del Ecuador



Nota. Este mapa está publicado por el Grupo Banco Mundial. (<http://globalsolaratlas.info>)

El Ecuador enfrenta dificultades para acceder a zonas mediante sistemas convencionales de líneas y redes eléctricas que se conecten al sistema principal nacional; un claro ejemplo son las islas Galápagos que por su situación geográfica mantiene una distancia importante con el continente, es por lo que como reto se debe implementar soluciones a las demandas existentes con los recursos propios de la zona. Existe una realidad semejante, en aquellas comunidades con distancias importantes y sin accesos de vías a las redes principales del sistema nacional interconectado.

Entre el 2012 y 2013, el aquel entonces denominado Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) lideró la firma de 15 contratos para proyectos fotovoltaicos de gran magnitud con conexión al sistema, tanto en el territorio insular como en el continental ecuatoriano. La decisión se enmarcaba en las regulaciones CONELEC 004/11 para despacho preferente y CONELEC 009/08 para precios especiales. El instrumento legal estableció un precio de 0,40 \$/kWh que motivó a las empresas especializadas en energía fotovoltaica.

Inicialmente se presentaron 17 proyectos por una capacidad total instalada de 284 MW, con lo cual se llenó el cupo de incentivos del CONELEC. De esa potencia, hasta 200 MW se entregarían a empresas que ofertaron siete proyectos de más de 20 MW y el resto a firmas con iniciativas de pequeña generación. Todo ello representaba una inversión de USD 700 millones hasta el 2015. (Líderes, 2013)

La primera central fotovoltaica en entrar en funcionamiento, con un aporte de 1 MW, fue la central de Paragachi en la provincia de Imbabura; su diseño involucró 4.160 paneles con una producción individual de 240Wp. Oficialmente su servicio inició en enero del 2013.

Según se menciona:

Sin embargo, y a pesar del auspicioso inicio, para finales del año 2014 apenas 25 MW de potencia solar fotovoltaica se encontraban instalados en el Ecuador. Esta potencia se cubrió con 23 proyectos de 1MW y uno de 2MW, ubicados principalmente en las provincias de Loja, El Oro e Imbabura. Alrededor de 60 proyectos, con un total de 222 MW de potencia, fueron cancelados por parte del CONELEC, por diferentes causas: contratos revocados, terminación de mutuo acuerdo, o registros revocados (CONELEC, 2014). (Peláez & Espinoza , 2015, pág. 362)

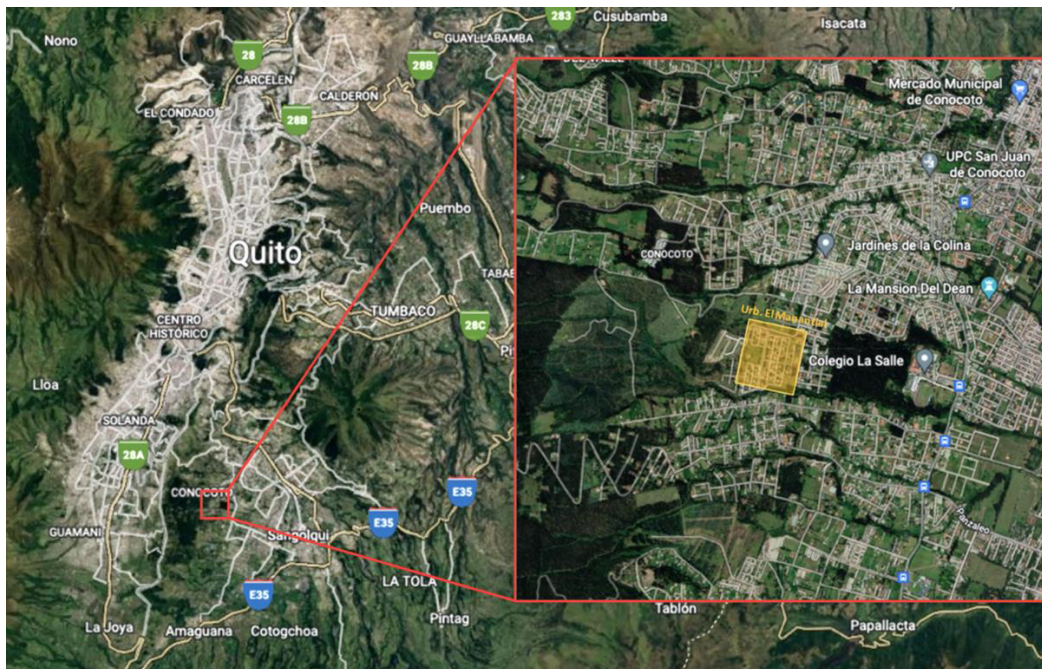
Diseño de una Planta Solar Fotovoltaica

Comunidad Objeto de Estudio

La urbanización de 100 viviendas El Manantial a la que hará referencia este caso de estudio, se encuentra ubicada en un barrio residencial 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 muestra la Figura 2.

Figura 2

Ubicación geográfica de la urbanización "El Manantial"



Nota. El mapa fue tomado de Google Earth 2022 y adaptado a la ubicación de la urbanización.

Datos Generales del Proyecto

Mediante el diseño de una planta de generación eléctrica con celdas fotovoltaicas y vertido directo a la red, se propone la instalación de un modelo eficiente para abastecer a un grupo de 100 viviendas que se encuentran ubicadas en la urbanización "El Manantial". En este proyecto se plantea recibir una subvención por parte del Estado Ecuatoriano de \$75.000,00

como financiamiento. La producción de energía generada por la planta fotovoltaica debe cubrir el 30% del consumo total de energía de la mencionada urbanización que se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Consumo de energía de la urbanización "El Manantial".

N° de habitantes de la vivienda	N° de viviendas	Consumo medio anual (Kwh/año)	Consumo medio total (Kwh/año)
2	15	3.500	52.500
3	30	4.500	135.000
4	35	6.000	210.000
5	20	8.000	160.000
TOTAL			557.500

Nota. Elaboración propia

Actualmente el mercado del sector de la energía establece un valor medio de \$105,00 por MW/h, por lo que el costo anual del consumo energético se aprecia en la Tabla 2, al igual que el ahorro del 30% que se obtendrá con la implementación final del proyecto.

Tabla 2

Costos de energía y ahorro programado.

Costo/KWh (\$)	0,105
Costo anual de energía (\$)	58.537,50
Porcentaje de ahorro 30% (KWh/año)	167.250
Monto esperado de ahorro (\$)	17.561,25

Nota. Elaboración propia.

Descripción del Emplazamiento

El emplazamiento seleccionado para la implementación del proyecto fotovoltaico se encuentra a 1,17 Km en línea recta de la urbanización en las coordenadas 0,309982°S, 78,50633°W como se muestra en la Figura 3. Es un terreno ligeramente escarpado, situado a

2.737 msnm, tiene acceso por vías carrozables de segundo orden, no es un emplazamiento de uso agrícola ni productivo y no se observa que haya proyectos urbanísticos en el área cercana.

Según datos recopilados en la web de páginas de bienes raíces en Ecuador, observamos que los precios de venta de los terrenos en el área del emplazamiento y sus alrededores oscila entre los 38 \$/m² y 60 \$/m², mientras que, el precio de arrendamiento varía desde 0,42 \$/m² a 0,92 \$/m².

Para el desarrollo y factibilidad de nuestro caso, consideraremos un valor promedio del precio de arrendamiento del terreno de 0,10 \$/m², con un incremento anual del 1,5% por tratarse de un proyecto a largo plazo. El área total del emplazamiento, así como el costo total de arrendamiento del terreno lo tendremos cuando ya dimensionemos el espacio necesario para nuestros paneles fotovoltaicos.

Figura 3

Ubicación geográfica del emplazamiento seleccionado para el proyecto FV



Nota. El mapa fue tomado de Google Earth 2022 y adaptado a la ubicación de la urbanización.

Características de Irradiación Solar en el Emplazamiento Seleccionado

Según datos obtenidos de GLOBAL SOLAR ATLAS (Solargis, 2022) que se encuentran en el Apéndice A, el emplazamiento presenta las siguientes características de irradiación solar que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Datos de irradiación solar en el emplazamiento

Specific photovoltaic power output	PVOUT_specific	1.639,4	kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	1.694	kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	2.010,9	kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	818,9	kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI_opta	2.013,7	kWh/m ²
Air temperature	TEMP	15	°C
Optimum tilt of PV modules	OPTA	4	°
Terrain elevation	ELE	2.719	m

Nota. Resumen de los datos obtenidos con base en Global Solar Atlas 2022.

En la Tabla 4 se muestran que los meses con mayor cantidad de horas/día de radiación directa son junio, julio, agosto y septiembre.

Tabla 4

Promedio mensual de irradiación directa normal en el emplazamiento

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Yearly
DNI kWh/m ²	145,7	106,1	116,4	115,8	136	150,5	176,1	179,1	153,8	146,4	141	142,7	1.709,5

Nota. Resumen de los datos obtenidos con base en Global Solar Atlas 2022.

Mientras tanto en la Tabla 5 se puede observar que las horas de mayor incidencia solar sobre el emplazamiento son entre las 8 de la mañana y las 12 del mediodía.

Tabla 5

Perfil horario de irradiación directa normal en el emplazamiento

Perfiles horarios promedio de irradiación directa normal [Wh/m ²]												
Horas	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 - 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 - 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 - 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Perfiles horarios promedio de irradiación directa normal [Wh/m ²]												
6 - 7	104	41	77	116	159	151	154	162	206	227	200	148
7 - 8	402	298	310	394	439	502	542	561	532	481	435	413
8 - 9	505	407	415	486	519	585	657	689	651	589	552	534
9 - 10	568	470	476	524	549	612	682	724	680	647	626	598
10 - 11	590	504	504	533	545	589	652	684	650	644	654	633
11 - 12	584	484	461	465	502	530	574	602	542	567	588	585
12 - 13	500	391	409	377	425	457	508	519	475	453	458	465
13 - 14	408	328	352	274	341	406	449	475	410	350	361	352
14 - 15	331	263	238	213	293	376	435	443	325	274	304	300
15 - 16	304	240	214	202	275	362	423	424	301	229	244	270
16 - 17	273	214	200	220	271	357	405	398	284	210	224	245
17 - 18	130	150	100	57	69	89	198	97	70	49	52	60
18 - 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 - 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 - 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 - 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 - 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23 - 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	4.699	3.790	3.756	3.861	4.387	5.016	5.679	5.778	5.126	4.720	4.698	4.603

Nota. Extracto de los datos obtenidos con base en Global Solar Atlas 2022.

Ingeniería Básica del Proyecto

Preparación del emplazamiento

- Preparación de la superficie de terreno dimensionada para la instalación de la planta.
- Limpieza de maleza y retiro de escombros.
- Nivelación y compactación del área a utilizar.
- Cercado perimetral del emplazamiento.
- Adecentamiento del emplazamiento, instalación de drenajes y preparación con grava.

Estructura de soporte para los paneles

- Estructura de triángulo inclinado construida en tubo cuadrado de aluminio.

Tipo de panel fotovoltaico

- Se opta por paneles de Silicio Monocristalino debido a que en el mercado nos ofrecen mayor eficiencia (18 - 21%) con respecto a los paneles de Silicio Policristalino (16 - 18%).
- El mejor rendimiento de estos paneles también se obtiene en condiciones de poca radiación, están fabricados con silicio de alta pureza y además nos garantizan una mayor vida útil por lo que varios fabricantes brindan garantías de hasta 25 años.

Inversor

- Para poder conectarnos a la red de energía eléctrica determinamos que el inversor debe ser trifásico y debido a que los paneles son implantados en el piso lo más recomendable es instalar un solo inversor.

Tipo de baterías

- Baterías de plomo – ácido.

Distribución de la energía

- Dimensionamiento y selección de inversores.
- Dimensionamiento y selección de transformador.
- Diseño e implementación de líneas de distribución.

Dimensionado de caseta de obra

- Al ser un sistema independiente deberá contar con todos los arreglos que posee la planta, es decir, se usará el mismo criterio de selección de materiales.

Condiciones Establecidas en el Paquete de Subvenciones

Para poder beneficiarse de la subvención preaprobada de \$75.000, es necesario cumplir con una serie de condiciones, que se detallan a continuación.

Porcentaje de Ahorro Energético Medio de la Comunidad de Viviendas = 30%

Como se mencionó en la Tabla 2, y de acuerdo con la subvención que se pretende alcanzar, el 30% del consumo de energía anual es 167.250 KWh. En el emplazamiento elegido y mediante el uso de la herramienta online PVGIS (Commission, 2022) obtenemos una producción anual aproximada de energía del emplazamiento de 1.600 KWh/KWp como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Resumen de simulación de producción energética en el emplazamiento

Provided inputs:

Location [Lat/Lon]:	-0.303,-78.512
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-NSRDB
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	7

Simulation outputs:

Slope angle [°]:	0 (opt)
Azimuth angle [°]:	0
Yearly PV energy production [kWh]:	1601.26
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	1880.81
Year-to-year variability [kWh]:	60.91
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-2.95
Spectral effects [%]:	NaN
Temperature and low irradiance [%]:	-5.68
Total loss [%]:	-14.86

Nota. Datos obtenidos con la herramienta web PVGIS 2022.

El cociente entre el consumo anual a cubrir y la energía producida en el emplazamiento por cada KWp instalado nos indica la potencia a suministrar por la planta fotovoltaica en KWp que corresponde a un valor de 104,47 KWp.

Terrenos Situados en un Radio de 5 km de la Urbanización el Manantial de Quito

Como se mencionó en la Figura 3, el emplazamiento está situado a un radio de 1.173,63 m de la urbanización el Manantial.

La Instalación Debe Colocarse Sobre Suelo y no se Pueden Utilizar

Construcciones Existentes

El emplazamiento seleccionado es un terreno sin construcciones existentes que cumple con los parámetros requeridos para la instalación en suelo de los paneles fotovoltaicos.

Utilización de Componentes Convencionales y Estructuras Fijas con Lastre y No Pueden Estar Ancladas

Para la instalación de los paneles FV se utilizará estructuras de triángulo inclinado fabricadas en aluminio.

En la Contratación de los Trabajos de Ejecución de la Instalación Fotovoltaica se Tiene que Contar con la Contratación de un 30% de Cuota Femenina

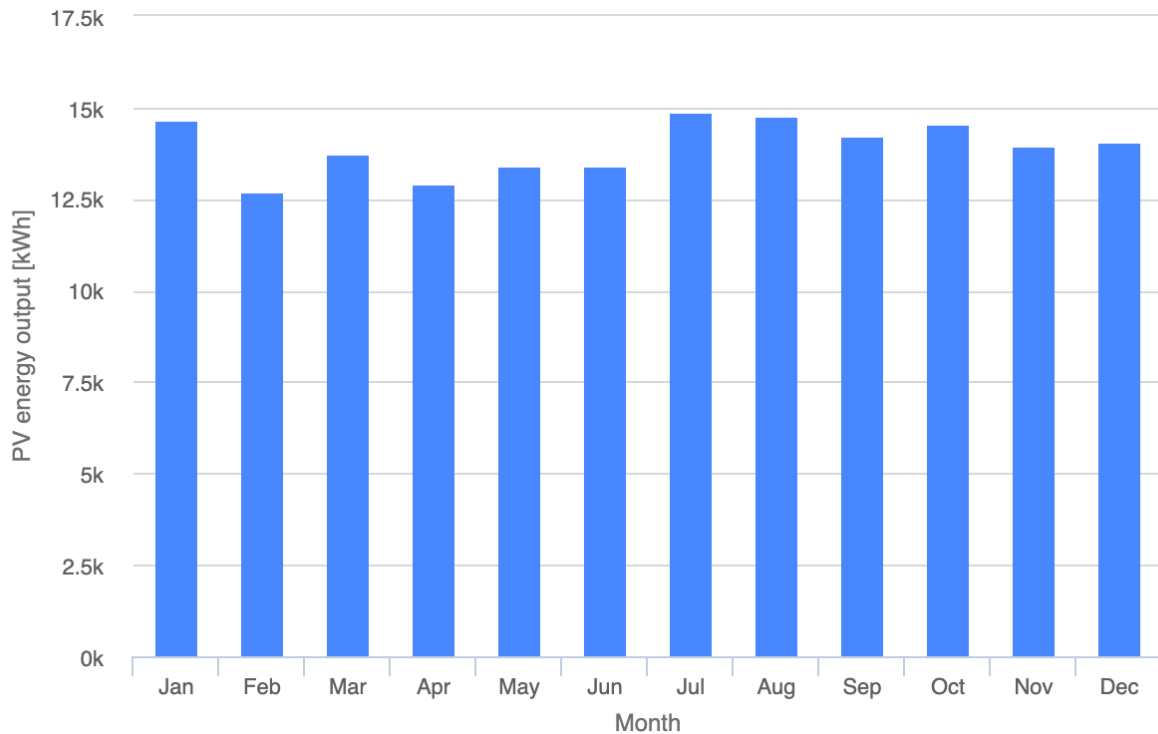
Los términos de referencia para la contratación serán elaborados indispensablemente con una cláusula donde indique que el 30% del personal deberá ser cubierto con cuota femenina.

Cálculo de Producción y Dimensionamiento de la Planta Fotovoltaica

Una vez obtenido el valor para poder acceder la subvención, y que nos permita cubrir la demanda del 30%; utilizando nuevamente la herramienta PVGIS obtenemos los valores de producción mensual de la planta fotovoltaica a instalar como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Producción mensual de la planta fotovoltaica



Nota. Datos obtenidos con la herramienta web PVGIS 2022.

De la información obtenida se desprende que el mes de julio sería el de mayor producción con un valor de 14.865,8 KWh; mientras que, el mes con menor productividad sería febrero con 12.722,43 KWh.

La producción total anual sería de 167.283,22 KWh, con lo que podríamos satisfacer y cumplir el 30% establecido para este proyecto con fuentes de energía totalmente renovable. El detalle de todos los resultados que emite el software PVGIS se encuentran en el Apéndice B.

Descripción del Sistema

Para el dimensionamiento de la planta FV se utilizó el software de libre acceso SUNNY DESING (SMA Solar Technology AG, 2022), en el cual se ingresó las coordenadas de ubicación del emplazamiento.

Se escogió dos series para la ubicación y distribución de los paneles FV, con una dimensión de 21 m de longitud y 15 m de ancho, en donde se ubicaron 104 paneles por cada serie. La ilustración se muestra en la Figura 6.

La distribución de los 104 paneles en cada superficie consiste en 2 filas de 18 paneles y 4 de 17; conectados en serie.

Figura 6

Disposición y distribución de los paneles solares



Nota. La figura muestra el dimensionado de las series de paneles fotovoltaicos con SUNNY DESIGN 2022.

En el proyecto FV utilizamos 208 módulos solares del fabricante TRINA SOLAR con el modelo TSM-505DE18M(II) cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el Apéndice C.

Los paneles solares estarán montados sobre los soportes tipo triangulo indicados en el Apéndice D.

Con la distribución de los paneles FV se eligió un inversor de marca SMA con el modelo SUNNY TRIPOWER CORE2 STP 110-60, cuyas especificaciones técnicas se detallan en el Apéndice E.

Cálculos de Producción y Disposición de la Instalación

La distribución de los paneles FV están constituidos en dos bloques de 104 módulos cada uno que representa un total de 208 unidades; obteniéndose una producción estimada de 105,04 KWp, con un coeficiente de rendimiento del 88,6%, así como también un factor de aprovechamiento de energía del 99,8%.

Datos relevantes la estimación de un rendimiento energético anual de 182 MWh.

Cálculo de la Reducción de Emisiones de CO2

Con la implementación de esta planta FV, se proyecta una reducción de 1.791 t de CO2 que dejara de emitir al medio ambiente en un lapso de 30 años de producción.

El sistema nacional interconectado de distribución eléctrica del Ecuador cuenta con centrales de generación que utilizan combustibles de origen fósiles; se estima que por cada KWh producido se emiten a la atmósfera 0,56 kg de dióxido de carbono.

Si con nuestro proyecto pudiéramos reemplazar la producción energética de estas centrales dejaríamos de emitir a la atmósfera aproximadamente 2.809 tn de CO2 en 30 años.

Finalmente, el diseño completo con la herramienta SUNNY DESIGN se encuentra en el Apéndice F.

Elaboración de un Presupuesto de Ejecución

Tabla 6

Presupuesto referencial del proyecto

Capítulo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Obra Civil	Acondicionamiento del terreno, Vallado Perimetral, Zanjas para el cableado en BT y MT, zanja y preparación para CT	m ²	650	30	19.500
Suministro de Módulos	Módulos Solares con Paneles de Silicio Monocristalino	UE	217	269	58.373
Suministro de Inversor planta FV	Inversor SMA modelo SUNNY TRIPOWER CORE2 STP 110-60	UE	1	6.208	6.208
Suministro de Inversor caseta	Inversor SMA del modelo SB 5000TL-21	UE	1	1.302	1.302
Suministro de Estructura	Estructura fija tipo triángulo	cent/W	110.000	0,05	5.500
Suministro e instalación de Inversores y Cuadros con interruptor automático	Suministro e instalación de Inversores Tipo trifásico, Interruptores en CC, Protección contra sobretensiones en CC y CA, Dispositivo de corriente residual, Filtro de Salida y Filtro EMI, Relé de Salida. Cumplimiento de los Códigos de Red del País. Suministro e instalación de Cajas IP65 con interruptor automático 1000 VAC/125 A (una por inversor)	UE	1	15.000	15.000
Cableado CC y CA en BT	Cableado en CC con conductor de cobre en diferentes secciones.	UE	1	2.500	2.500
Suministro e instalación de CT	Suministro de 1 CT incluida caseta modular tipo inversor, seccionador y fusibles de protección transformadores en aceite de 250 KVAS cada uno incluido conexionado.	UE	1	5.000	5.000

Capítulo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Suministro e instalación de Medida TTR y Monitorización	Suministro e instalación de un sistema de monitorización de planta, así como la medida reglamentaria y el sistema de telemida exigido por el centro de control.	UE	1	5.000	5.000
Línea Aérea de Media Tensión (LAMT)	Línea aérea de media tensión de 400 V de simple circuito con conductor	UE	1	5.500	5.500
TOTAL					123.883

Nota. Fuente de elaboración propia.

Plan de Contratación en Función de las Características de la Planta

Se ha elaborado un cronograma de actividades bajo el cual se realizará la contratación de los diferentes servicios, siempre respetando y tomando en cuenta como mínimo el 30% de cuota femenino.

Figura 7

Cronograma de ejecución del proyecto



Manuales, Presupuesto de Operación y Mantenimiento y Estudio de Rentabilidad de la Planta Fotovoltaica

Manual de Operación y Mantenimiento

Para la operación de la Planta FV se considerará el principio de autonomía, es decir una vez puesta en servicio aportando a la red no se requiere de acciones relevantes a excepción de los registros de los totalizadores, y parámetros de funcionamiento.

Todo esto debe ser debidamente registrado en una bitácora física y digital que permita registrar los reportes y cruces de información necesaria y será responsabilidad del personal de turno.

Las novedades que se presenten durante la jornada, producto de las rondas, deben ser notificadas inmediatamente a la empresa mantenedora.

Actividades de Gestión de Activos en O&M de Sistemas FV

Las actividades de gestión de activos, así como los planes de mantenimiento han sido adaptados de “O&M Best practice for small-scale photovoltaic systems” Federal Energy Management Program, U.S Department of Energy (Energy, 2022). Las mencionadas actividades de gestión de activos se adjuntan en el Apéndice G.

Actividades de Mantenimiento Preventivo

Con base en “O&M Best practice for small-scale photovoltaic systems” mencionadas anteriormente, las actividades de mantenimiento preventivo se indican en el Apéndice H.

Actividades de Mantenimiento Correctivo

Estas son tareas que requieren corrección por una falla inesperada de cualquiera de los elementos, por lo tanto, son actividades no planificadas, se puede observar en el Apéndice I.

Presupuesto de Mantenimiento

Para elaborar el presupuesto de mantenimiento de nuestras instalaciones hemos considerado celebrar contrato tipo marco; donde, se establezcan todas las cláusulas de soporte

a nuestras instalaciones con base en el plan de mantenimiento desarrollado en los puntos anteriores.

En la Tabla 7 se muestra las condiciones a considerar para los términos de referencia del contrato de mantenimiento:

Tabla 7

Presupuesto referencial para contrato de mantenimiento

Ítem	Puesto tipo	Descripción	Cantidad	Presupuesto referencial unitario anual (\$)
1	Asistente Administrativo	Funciones de inspección diaria de las instalaciones de la planta FV. Registro de información y levantamiento de informes.	2	1.000,00
2	Técnico Electricista	Tareas de monitoreo de parámetros eléctricos, mantenimientos preventivo y correctivo.	1	1.500,00
3	Técnico Mecánico	Inspección de elementos mecánicos de la planta FV, mantenimientos preventivo y correctivo.	1	1.500,00
4	Suministro e inventario de repuestos	Suministro de los recursos, repuestos, consumibles para las tareas de mantenimiento.	1	150,00
TOTAL				4.150,00

Nota. Fuente de elaboración propia.

El contrato tendrá un monto referencial anual de \$4.150,00; el mismo tendrá un incremento anual del 1%.

Estudio de rentabilidad de la Instalación Solar

La planta de generación fotovoltaica tendrá un periodo de concesión de 30 años, éste es el primer parámetro que se tomó en cuenta para nuestros cálculos.

Dentro de los costes del proyecto podemos señalar en la Tabla 8 los siguientes a continuación:

Tabla 8

Costes del proyecto al año 1

Costes		
Costo de la instalación \$	123.883	Únicamente en el primer año
IVA 12% \$	14.865,96	
Costo de caseta de obra \$	10.300	Únicamente en el primer año
IVA 12% \$	1.236	
Mantenimiento \$	200	Incremento anual de 1,5%
Contrato de Mantenimiento \$	4.150	Incremento anual de 1%
IVA 12% \$	498,00	
Alquiler terreno \$	150	Incremento anual del 1,5%
Flujo negativo \$	-155.282,96	Primer año

Nota. Fuente de elaboración propia.

Los valores por ingresos para el proyecto se encuentran descritos en la Tabla 9, con sus respectivas aclaraciones:

Tabla 9

Ingresos del proyecto al año 1

Ingresos		
Subvención \$	75.000	Únicamente en el primer año
Ahorro energía \$	17.561,25	Incremento anual del 1,5% por MWh
Flujo positivo \$	92.561,25	Primer año
Flujo de caja \$	-62.721,71	Primer año

Nota. Fuente de elaboración propia.

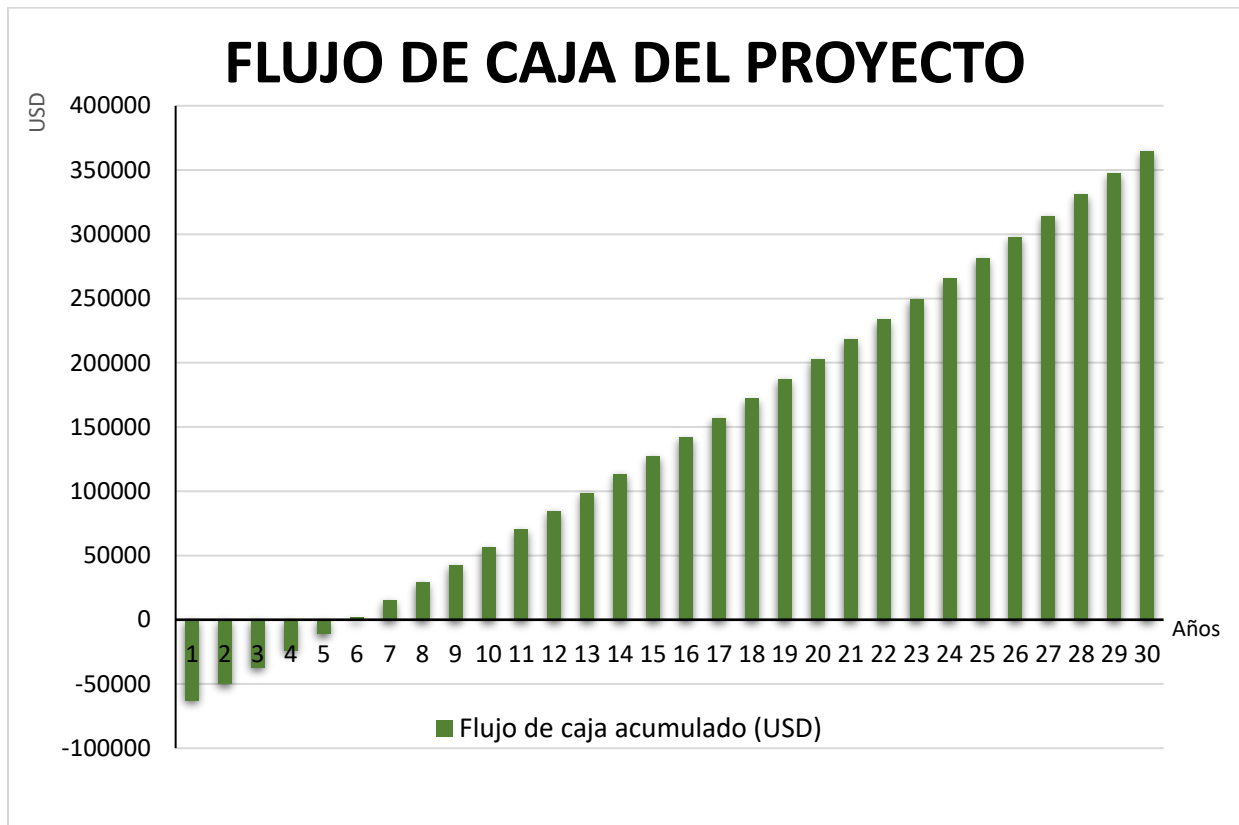
En el análisis de rentabilidad se consideró tanto los costes como ingresos descritos anteriormente para cada uno de los años de duración del proyecto, producto de la revisión se logró determinar que en el sexto año de vida del proyecto se presenta flujo de caja positiva; es decir, que la propuesta alcanza su punto de amortización finalizado el quinto año de puesta en marcha.

A los 30 años de operación se tendría un flujo de caja acumulado de \$364.766,56. La descripción de la evolución de la rentabilidad se aprecia en la Figura 8.

El detalle del estudio de rentabilidad del proyecto a 30 años se presenta en el Apéndice J.

Figura 8

Flujo de caja acumulado del proyecto.



Planos de Situación

En el Apéndice K se muestra una vista de planta de la central fotovoltaica en el emplazamiento previamente seleccionado.

Adicionalmente, el plano para la caseta de obra donde también funcionara el sistema aislado se encuentra en el Apéndice L.

Dimensionamiento de un Sistema Aislado Para la Operación de la Planta Solar Fotovoltaica

Cálculos de la Instalación

Para dar cumplimiento con uno de los requisitos de la subvención se realizó también el diseño del sistema aislado para una caseta de obra que tiene los siguientes consumos:

3 puntos de luz de bajo consumo de 20 W que funcionarán todos los días durante aproximadamente 3 horas de forma simultánea.

1 ordenador con una potencia de 100 W con un uso de 4 horas al día.

El cálculo del consumo de la instalación aislada se presenta en la Tabla 10 a continuación:

Tabla 10

Cálculo de consumo de energía de la instalación aislada.

Equipos	Voltaje (V)	Potencia (W)	Unidades	Horas (h/d)	Energía (Wh/d)	Total de energía (Wh/d)
Focos	120	20	3	3	180	216
Ordenador	120	100	1	4	400	480
TOTAL						696

Nota. Fuente de elaboración propia.

Se ha considerado para el cálculo total de energía consumido en Wh/d por cada uno de los equipos, un factor de seguridad del 20%. Finalmente, para el diseño se incrementa el valor total a 700 Wh/d.

Cálculo de número de módulos fotovoltaicos

En el diseño de un sistema aislado, como es el caso de la caseta de obra que se debe implementar también en la planta fotovoltaica, se utilizó el dato de radiación solar anual que se obtuvo de la aplicación web PVGIS para todo el emplazamiento, con un valor 1.600 KWh.

Para el cálculo de número de módulos (N_t) se utilizó la siguiente ecuación:

$$N_t = \frac{L_{mdcrit}}{P_{mpp} \times H_{PScrit}}$$

Donde:

L_{mdcrit} : Consumo medio mensual en el mes más crítico (Wh/día)

P_{mpp} : Potencia pico del módulo en condiciones estándar STC (W)

H_{PScrit} : Son las horas del sol pico de mes crítico (irradiación del mes crítico/1.000

W/m²) = xxx HPS

PR: Usaremos el rendimiento medio para los paneles del 85%.

Para este caso práctico hemos seleccionado un panel de silicio monocristalino de una potencia nominal de 90 W, cuya descripción se encuentra en el Apéndice M.

Aplicando la ecuación con nuestras características, tenemos:

$$N_t = \frac{700}{90 \times 3,756} = 2,0589$$

El resultado del cálculo anterior nos indica un número de 2,06; por la tanto, el número de paneles sería de 2.

Seguidamente procedemos al cálculo del número de paneles en serie utilizando la siguiente ecuación:

$$N_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{mod, mpp}}$$

Donde:

V_{bat} : Tensión de batería (V)

V_{mod}, m_{pp}: Tensión módulo en m_{pp} (V)

Importante para señalar que seleccionamos una batería de 12 Voltios.

$$N_{serie} = \frac{12}{17,21} = 0,697$$

Con el número de módulos en serie procedemos al cálculo de los módulos en paralelo;
de la siguiente forma:

$$N_{paralelo} = \frac{N_t}{N_{serie}}$$
$$N_{paralelo} = \frac{2}{0,697} = 2,87$$

Es decir, nuestra instalación requiere de 3 módulos fotovoltaicos conectados en paralelo.

Dimensionamiento de las baterías

Para el dimensionado de la batería hay que dar una serie de pasos que se detallan a continuación:

Primero calcularíamos la capacidad de la batería con base en la descarga máxima al día (C_{nd}) Para ello lo calcularemos de la siguiente forma:

$$C_{nd} (Wh) = \frac{L_{md}}{P_{dmax, d} * \eta_B} = Wh$$

Donde:

L_{md}: Promedio de consumo de energía al día (Wh/día)

P_{dmax, d}: Descarga máxima diaria

η_B: rendimiento batería

Para nuestra instalación:

$$C_{nd} (Wh) = \frac{700}{0,15 * 1} = 4.666,67 Wh$$

Con el dato obtenido previamente, realizamos el cálculo de C_{nd} en (Ah), así:

$$Cnd (Ah) = \frac{Cnd (Wh)}{Vbat} = Ah$$

Desarrollando:

$$Cnd (Ah) = \frac{4.666,67 (Wh)}{12 (V)} = 388,88 Ah$$

Otro concepto importante es la capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (Cne)

$$Cne (Wh) = \frac{Lmd * N}{Pdmax, e * \eta B} = Wh$$

Donde:

Lmd: Promedio de consumo de energía al día (Wh/día)

Pdmax, e: Descarga máxima estacional

ηB : rendimiento batería

N: número de módulos en paralelo

Así:

$$Cne (Wh) = \frac{700 * 3}{0,7 * 1} = 3.000 Wh$$

Con el dato obtenido previamente, realizamos el cálculo de Cne en (Ah), así:

$$Cne (Ah) = \frac{Cne (Wh)}{Vbat} = Ah$$

$$Cne (Ah) = \frac{3.000 (Wh)}{12 (V)} = 250 Ah$$

De los valores anteriormente calculados seleccionamos los mayores tanto para potencia como para intensidad de corriente. Es decir, nuestra batería sería de 4.666,67 Wh (Cnd) y 388,88 Ah (Cnd).

Dimensionamiento del regulador

El dimensionamiento del regulador inicia con el cálculo de la corriente máxima que puede soportar a la entrada y a la salida.

Corriente de entrada:

$$I_{entrada} = 1,25 * NP * I_{mod,sc} = A$$

$I_{mod,sc}$: Corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito (A)

NP: Numero paneles en paralelo

1,25 (factor de seguridad para evitar daños en el regulador)

$$I_{entrada} = 1,25 * 3 * 5,62 A = 21,075 A$$

Corriente de salida:

$$I_{salida} = \frac{1,25 * \left(P_{dc} + \frac{P_{ac}}{\eta_{inv}} \right)}{V_{bat}} = A$$

Donde:

P_{dc} : Potencia de las cargas en continua de los equipos existentes (W)

P_{ac} : Potencia de las cargas en alterna de los equipos existentes (W)

η_{inv} : rendimiento del inversor que será entorno 90-95%

V_{bat} : Tensión de la batería (V)

$$I_{salida} = \frac{1,25 * \left(0 + \frac{700}{0,9} \right)}{12} = 81,01 A$$

Dimensionamiento del inversor

Para calcular el inversor que la instalación necesita, primeramente debemos calcular la potencia del inversor:

$$P_{inv} = S_{inv} * P_{ac} = W$$

Donde:

Sinv: margen de seguridad del inversor (20%)

Pac: Potencia de las cargas en alterna de los equipos (W)

$$P_{inv} = 1,20 * 700 = 840W$$

Dimensionamiento de los conductores

Para el dimensionamiento del conductor se ha considerado calcular la corriente máxima de las cargas totales para el voltaje de línea de 120 V; es decir tenemos una $I_{max} = 5,83A$.

Utilizaremos un cable sólido de cobre de tipo 14 AWG TW con un amperaje soportado de 15A.

Dimensionamiento de las protecciones

Para dimensionar las protecciones tomaremos como referencia la máxima corriente que deberán soportar los equipos de la instalación.

Corriente máxima del conductor.

$$I_c = 125\% \times I_n(A)$$

$$I_c = 1,25 \times 15 A = 18,75 A$$

I_n : Corriente nominal del conductor (A)

Corriente máxima del fusible.

$$I_f = 125\% \times I_c (A)$$

$$I_f = 1,25 \times 18,75 = 23,43 (A)$$

I_c : Corriente máxima del conductor (A)

Corriente máxima del magnetotérmico.

$$I_b = 150\% \times I_c (A)$$

$$I_b = 1,5 \times 18,75 = 28,13 (A)$$

I_c : Corriente máxima del conductor (A)

Elementos de la instalación, su ubicación y montaje

Los módulos fotovoltaicos estarán colocados sobre el suelo, en bases triangulares fijadas con lastre. Además, la estructura estará construida en tubo de aluminio y los paneles se fijarán a la misma por medio de tornillos.

Los módulos tendrán una inclinación de 10° para facilitar las tareas de mantenimiento, básicamente limpieza y en caso de lluvia permitan el desplazamiento de polvo en la superficie.

El grupo de elementos como son las baterías, regulador e inversor serán instaladas en el interior de la caseta de obra, manteniendo las recomendaciones y los estándares por parte de los fabricantes de cada uno de ellos.

Detalle de componentes del sistema aislado

Tabla 11

Descripción de componentes de la instalación aislada

Ítem	Descripción	Detalle	Cantidad
1	Módulo fotovoltaico	Células de silicio monocristalino (sc-Si) Fabricante SOLAR INNOVA. Potencia máxima (Wp) 90 W. Tensión a máxima potencia (Vmp) 17,20 V. Eficiencia 13,24%. Apéndice M	3
2	Regulador	Regulador MPPT 150V 85A LCD 12/24/48V. Tensión máxima: 150V Carga máxima: 85A. Apéndice N.	1
3	Inversor	Inversor marca BELTTT Modelo BEP500SA de onda sinusoidal pura de 500 W: proporciona 500 W de corriente continua de onda sinusoidal pura de CC a CA y hasta 1000 W de potencia máxima, con 2 salidas de CA y 1 puerto USB para carga multiusos Soporte de control remoto: controla el inversor de encendido/apagado con mando a distancia; baja interferencia: no interrumpe la recepción de tu televisor, radio o equipo de audio. Más seguro con conexión a tierra en la parte inferior. Apéndice O.	1

Ítem	Descripción	Detalle	Cantidad
4	Baterías	Batería monoblock de 12V que tiene una capacidad de 200Ah y una energía almacenada de 2.560Wh. Se trata de una batería de litio que no requiere de ningún mantenimiento gracias a su diseño sellado. Cuenta con una gran durabilidad y rendimiento debido a sus más de 2.000 ciclos de vida útil con una profundidad de descarga del 100%. Dimensiones de 522 x 238 x 218mm y un peso de 27kg Marca Tensite LITHIUM 12.8-200 Apéndice P.	2
5	Kit de instalación	Es un conjunto de todos los dispositivos y accesorios necesarios para la correcta instalación de un kit solar fotovoltaico	1

Nota. Fuente de elaboración propia.

Elección de Materiales

Para el presente proyecto, se utilizarán los siguientes materiales:

- Cable Unifilar 6 mm² SOLAR PV ZZ-F Rojo.
- Cable Unifilar 6 mm² SOLAR PV ZZ-F Negro.
- Cable Unifilar 16 mm² SOLAR PV ZZ-F Rojo.
- Cable Unifilar 16 mm² SOLAR PV ZZ-F Negro.
- Cable unifilar 35 mm² POWERFLEX RV-K Verde.
- Cable unifilar 35 mm² POWERFLEX RV-K Negro.
- Caja Estanca 153x110x65 mm.
- Conectores WEIDMULLER PVStick.
- Terminal de Ojo Cable 35 mm - Ojo 8 mm.

Localización y Descripción de la Caseta

La caseta de obra estará instalada dentro del mismo emplazamiento de la Planta FV a 1.173 metros de la urbanización El Manantial cuyas coordenadas son: 0,309982°S,

78,50633°W a 2.850 msnm. Como ya se mencionó, el plano de situación de la caseta de obra se encuentra en el Apéndice L.

Dado que la caseta servirá para la posterior gestión de la planta FV, esta va a ser construida con materiales de Steel Frame, cuyas bases pueden ser de un material removible, y las paredes de estructura de acero liviano y recubiertas con planchas de fibrocemento, la misma estará emplazada en un área de 4 x 3 metros y una altura de 2,40 metros.

La implantación de la caseta con todo su equipamiento tendrá un costo estimado de \$10.300.

Elaboración de un Proyecto Para un Sistema Solar Térmico

Para el presente estudio comparativo, se nos plantea satisfacer la máxima demanda de agua caliente sanitaria (ACS) posible y que también sirva de apoyo para el sistema de calefacción de una vivienda de la urbanización “El Manantial”, con una superficie de 90 m² y que es habitada por 4 ocupantes; contará también, como sistema de apoyo auxiliar para cubrir la demanda total, con una caldera que utiliza como fuente de combustible gas licuado de petróleo (GLP).

Una vez determinada la demanda diaria y anual de esta vivienda tipo, se realizará la extrapolación para las 35 viviendas de estas características. Finalmente, se aplicará el mismo método para el cálculo de las 65 viviendas restantes acorde a su proporcionalidad.

Nuestro país cuenta con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN XX:2009 (Cuenca, Montoya, Ordóñez, Sánchez, & Suárez, 2019); que hace referencia a Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar para uso Sanitario en el Ecuador. Con base en la norma determinamos que el dato de consumo aproximado es de 45 litros/persona/día a 60°C de temperatura; con lo que, realizaremos los cálculos para el dimensionamiento del sistema solar térmico.

Cálculo de la Demanda Térmica Para el Escenario de Estudio: Perfil Diario y Anual de la Demanda

Con un fichero de Excel, determinamos la demanda total ACS de la vivienda que corresponde a 180 litros/día para una temperatura final en el acumulador de 60°C. En la Tabla 12 se muestra tanto la demanda diaria como la demanda anual de ACS.

Tabla 12

Demanda de ACS según Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN XX:2009

Usos	Demanda diaria	Demanda anual
Baños	35 litros/persona	12.775 litros/persona
Cocina	5 litros/persona	1.825 litros/persona
Lavatorios	5 litros/persona	1.825 litros/persona
Total	180 litros/vivienda 4 personas	65700 litros/vivienda 4 personas

Nota. Fuente de elaboración propia con base en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN XX:2009.

Se nos plantea una demanda de calefacción de la vivienda en 30 kWh/m²/año; los datos se presentan en la Tabla 13, para la superficie a cubrir de la vivienda.

Tabla 13

Demanda Calefacción

Datos demanda calefacción	
Superficie Vivienda	90,00 m ²
Demanda	30,0 kWh/m ² /año
Demanda Total	2.700,0 kWh/año

Nota. Fuente de elaboración propia.

Con los datos obtenidos en los apartados anteriores, ACS y calefacción, procedemos al cálculo de perfil diario y anual de la demanda de energía, como se muestra en la Tabla 14 a continuación:

Tabla 14

Perfil diario y anual de energía.

Mes	N (días/mes)	Demes ACS	Demes CALEF.
Ene	31	313 kWh	229 kWh
Feb	28	281 kWh	207 kWh
Mar	31	312 kWh	229 kWh
Abr	30	302 kWh	222 kWh
May	31	311 kWh	229 kWh
Jun	30	300 kWh	222 kWh
Jul	31	312 kWh	229 kWh
Ago	31	309 kWh	229 kWh
Sep	30	302 kWh	222 kWh
Oct	31	313 kWh	229 kWh
Nov	30	304 kWh	222 kWh
Dic	31	314 kWh	229 kWh
AÑO	365	3.674 kWh	2.700 kWh
DIARIO	1	10,06 kWh	7,4 kWh

Nota. Fuente de elaboración propia

Definición de Criterio de Cálculo del Acumulador en Base al Perfil Diario de la Demanda

Para poder satisfacer la demanda diaria es necesario suministrar un acumulador que garantice en todo momento cumplir con el requerimiento; es así como se debería cumplir la siguiente relación:

$$50 < \frac{V}{Sc} < 180$$

Donde:

V = Volumen del acumulador.

Sc = Superficie de captación.

Hemos empleado orientativamente un acumulador con una capacidad de 500 litros y que cubre una relación de $V/Sc = 55$, cubriendo una superficie de captación de 9 m^2 .

Extrapolación al conjunto de las 100 viviendas de la comunidad objeto del estudio con los criterios de proporcionalidad descritos en el apartado

Utilizando el criterio de proporcionalidad, la demanda por persona de ACS al año sería de $918,5 \text{ kWh}$ y de calefacción 675 kWh . Por lo que, en las Tablas 15 y 16 se muestra los valores correspondientes calculados para las 100 viviendas.

Tabla 15

Demanda anual de energía ACS 100 viviendas

Nº personas/vivienda	Demanda ACS/persona (kWh)	Demanda ACS/Vivienda (kWh)	Nº Viviendas	Demanda Total (kWh)
2	918,5	1.837	15	27.555
3	918,5	2.755,5	30	82.665
4	918,5	3.674	35	128.590
5	918,5	4.592,5	20	91.850
TOTAL				330.660

Nota. Fuente de elaboración propia.

Tabla 16

Demanda anual de energía calefacción 100 viviendas

Nº personas/vivienda	Demanda calefacción/persona (kWh)	Demanda calefacción /Vivienda (kWh)	Nº Viviendas	Demanda Total (kWh)
2	675	1.350	15	20.250
3	675	2.025	30	60.750
4	675	2.700	35	94.500
5	675	3.375	20	67.500
TOTAL				243.000

Nota. Fuente de elaboración propia.

Elección Justificada de Emplazamiento y Ubicación de Equipos

La superficie disponible en la cubierta de cada una de las viviendas de 4 habitantes es de 9 m², en donde se colocará los captadores y acumulador de ACS, no se dispone de un espacio adicional en donde se pueda colocar cada uno de los sistemas.

Podemos describir a nuestro sistema como uno de tipo directo y configuración partida (acumulador separado del captador) con circulación forzada que permita combinar tanto el ACS y el suministro de calefacción.

La ubicación del captador se dispondrá en la cubierta de la vivienda, estará orientado hacia el sur y tendrá una inclinación de 5°, principalmente con el objetivo de facilitar la limpieza y evitar la acumulación de polvo.

El acumulador se colocará cercano al captador, aislado térmicamente con el fin de reducir el efecto de enfriamiento del ACS.

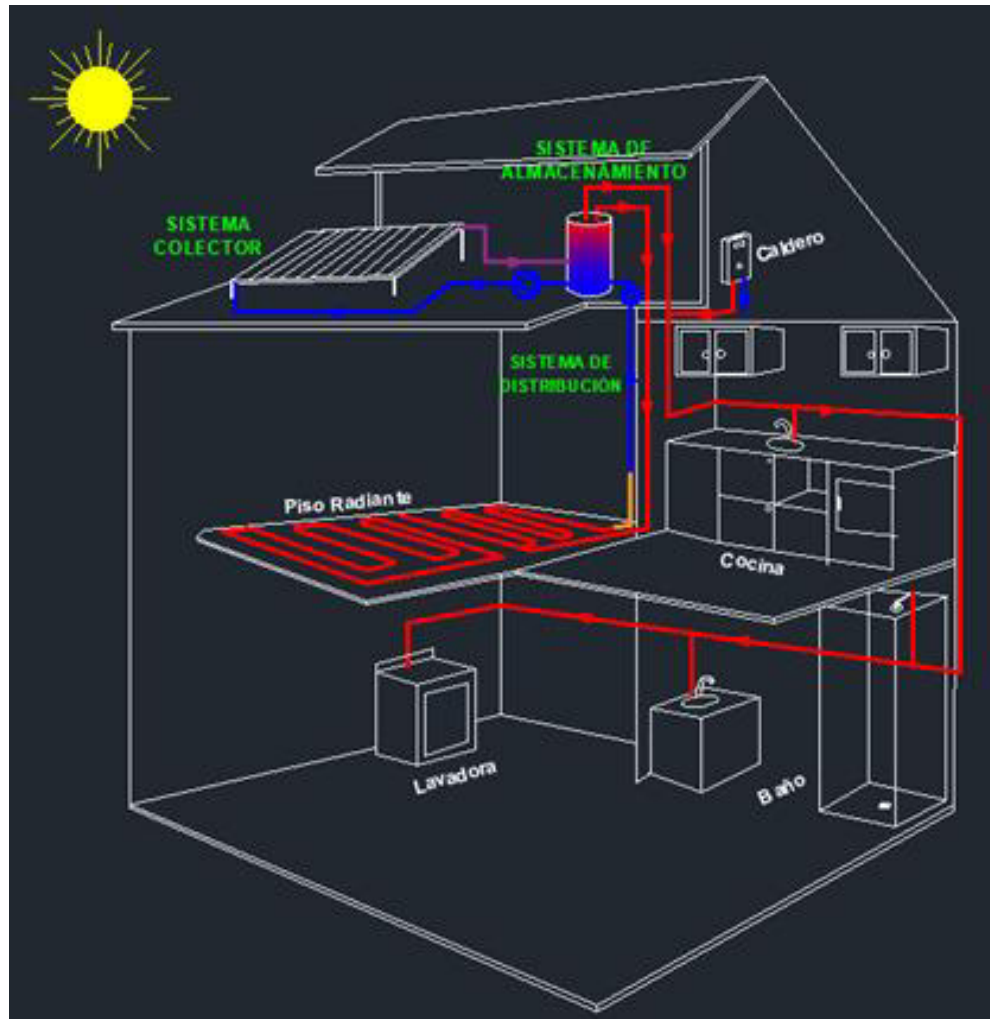
La distribución para el uso final se realizará en el circuito hidráulico propio de las viviendas.

Esquema de Principio de la Instalación Tipo Estudiada

Con lo descrito en el apartado anterior, el esquema fundamental de la instalación se muestra a continuación en la Figura 9.

Figura 9

Esquema de principio de la instalación



Dimensionamiento de la Instalación Solar Térmica

Planta Solar Térmica: Potencia Instalada y Cálculos de Producción

Uno de los métodos de cálculo más utilizado y simplificado, y que ha sido desarrollado en este proyecto, es el de las curvas f (F-Chart). Nos permite efectuar los cálculos de la cobertura de un sistema solar térmico, es decir, el porcentaje de aportación de calor total necesario para cubrir las demandas térmicas, y también el rendimiento medio en un largo período de tiempo.

La ecuación fundamental utilizada en este método es:

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS y calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro D_1 .
4. Cálculo del parámetro D_2 .
5. Determinación de la gráfica f .
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas. (González, 2017)

Para el escenario planteado, de satisfacer la demanda de ACS y calefacción, de las viviendas de 4 habitantes y con los datos de demanda previamente obtenidos, se modelan dos sistemas de plantas solares térmicas. El primero considerando como captadores a elementos de placa plana y para el segundo colectores de tipo tubos de vacío.

Dimensionamiento de los Colectores

Colectores de placa plana

Se seleccionó tres colectores de placa plana del fabricante Viessmann, con el modelo Vitosol 200-FM SV2F, cuya ficha técnica se adjunta en el Apéndice Q.

De la ficha técnica se ha extraído los datos de mayor importancia y relevancia (Tabla 17) para el dimensionamiento de la sala de intercambiadores.

Tabla 17

Características principales colector placa plana Vitosol 200-FM SV2F

Modelo:	SV2F
Superficie bruta:	2,51 m ²
Superficie de apertura:	2,33 m ²
Rendimiento óptico:	81%
Coeficiente de pérdida de calor K1:	3,416 W/(m ² *K)

Nota. Fuente de elaboración propia con los datos de la ficha técnica del panel.

La superficie disponible para la instalación de los equipos que serán parte de la planta solar térmica es de 9 m², debemos considerar el área en mención para poder seleccionar adecuadamente los diferentes elementos y poder satisfacer en la mayor proporción posible las demandas diarias y anuales de ACS y calefacción con el recurso natural.

La superficie bruta del colector selecciona tiene 2,51 m², por lo que, para poder aprovechar de manera eficiente el área disponible se seleccionó 3 colectores, que cubren una superficie total de 7,53 m².

El captador seleccionado tiene un rendimiento óptico de 0,81; para efectuar las correcciones de rendimiento por el modificador del ángulo de incidencia se toma un factor de 0,96 y también un factor de corrección del conjunto captador-intercambiador se toma un valor de 0,95. Esto se desprende de la información que se encuentra en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura (IDAE, 2009).

Una vez efectuado el cálculo descrito en el párrafo anterior, se obtiene un rendimiento óptico corregido de 0,73872; con esto podremos continuar con la secuencia de cálculos de las curvas F- Chart. De aquí, que podemos obtener la valoración de cobertura solar mensual y anual del sistema, se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18

Cobertura mensual y anual con captadores de placa plana Vitosol 200-FM SV2F

Mes	N (días/mes)	f (teórica)	f (real)	EUmes
Ene	31	90,6%	91%	492 kWh
Feb	28	85,9%	86%	420 kWh
Mar	31	87,2%	87%	472 kWh
Abr	30	82,4%	82%	431 kWh
May	31	85,9%	86%	465 kWh
Jun	30	83,4%	83%	435 kWh
Jul	31	94,8%	95%	513 kWh
Ago	31	94,9%	95%	511 kWh
Sep	30	88,7%	89%	465 kWh
Oct	31	94,0%	94%	510 kWh
Nov	30	93,2%	93%	490 kWh
Dic	31	93,2%	93%	506 kWh
AÑO	365			5.710 kWh

Nota. Fuente de elaboración propia.

En la Tabla 19 encontramos el rendimiento mensual de la instalación, la producción solar unitaria, por captador y el aporte auxiliar requerido.

Con esta configuración (captadores placa plana) estaríamos cubriendo el 89,58% de la demanda anual de ACS y calefacción; el resto, deberá ser cubierta por el aporte auxiliar de la caldera de GLP.

Tabla 19

Cálculo de la demanda cubierta con captadores de placa plana

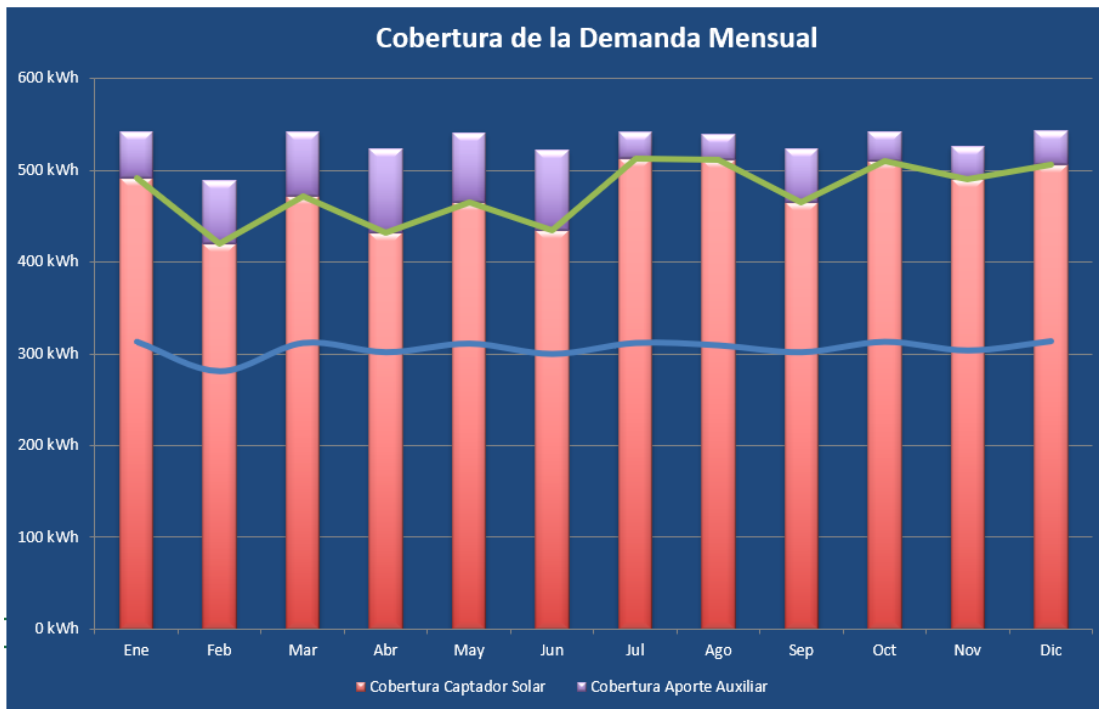
Mes	N (días/mes)	Demes ACS	Demes CALEF.	η mensual instalación	Producción Solar Unitaria (kWh/m ²)	Producción Solar Unitaria por Captador (kWh/m ²)	Aporte Auxiliar
Ene	31	313 kWh	229 kWh	45,0%	70,3	23,4	51 kWh
Feb	28	281 kWh	207 kWh	45,8%	60,0	20,0	69 kWh
Mar	31	312 kWh	229 kWh	45,6%	67,5	22,5	69 kWh
Abr	30	302 kWh	222 kWh	46,3%	61,7	20,6	92 kWh
May	31	311 kWh	229 kWh	45,8%	66,5	22,2	76 kWh
Jun	30	300 kWh	222 kWh	46,1%	62,3	20,8	87 kWh
Jul	31	312 kWh	229 kWh	44,1%	73,4	24,5	28 kWh
Ago	31	309 kWh	229 kWh	44,0%	73,1	24,4	28 kWh
Sep	30	302 kWh	222 kWh	45,3%	66,5	22,2	59 kWh
Oct	31	313 kWh	229 kWh	44,4%	72,9	24,3	33 kWh
Nov	30	304 kWh	222 kWh	44,6%	70,1	23,4	36 kWh
Dic	31	314 kWh	229 kWh	44,6%	72,4	24,1	37 kWh
AÑO	365	3.674 kWh	2.700 kWh	45,1%	817	272,28	664 kWh

Nota. Fuente de elaboración propia.

En la Figura 10 se muestra la cobertura de la demanda mensual con la cobertura del captador solar de placa plana y la cobertura con el aporte auxiliar.

Figura 10

Cobertura de demanda mensual con captador de placa plana



Colectores de tubos de vacío

Se seleccionó cuatro colectores de tubos de vacío del fabricante Viessmann, con el modelo Vitosol 300-TM SP3C 1,25 m² constituido por 10 tubos de vacío, cuya ficha técnica se adjunta en el Apéndice R.

De la ficha técnica se ha extraído los datos de mayor importancia y relevancia (Tabla 20) para el dimensionamiento de la sala de intercambiadores.

Tabla 20

Características principales colector de tubos de vacío Vitosol 300-TM SP3C

Modelo:	SP3C 1,25 m ²
Superficie bruta:	1,98 m ²
Superficie de apertura:	1,33 m ²
Rendimiento óptico:	75%
Coefficiente de pérdida de calor K1:	1,432 W/(m ² *K)

Nota. Fuente de elaboración propia con base en ficha técnica del colector de tubos de vacío

Vitosol 300-TM SP3C.

Se utilizó el mismo procedimiento de cálculo que para el caso del captador de placa plana, con lo que se obtiene un rendimiento óptico corregido de 0,684.

La superficie bruta del colector selecciona tiene 1,98 m², por lo que, para poder aprovechar de manera eficiente el área disponible se seleccionó 4 colectores, que cubren una superficie total de 7,92 m².

De igual forma, podemos obtener la valoración de cobertura solar mensual y anual del sistema como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21

Cobertura mensual y anual con captadores de tubos de vacío Vitosol 300-TM SP3C

Mes	N (días/mes)	f (teórica)	f (real)	EUmes
Ene	31	78,6%	79%	426 kWh
Feb	28	74,4%	74%	363 kWh
Mar	31	75,5%	75%	409 kWh
Abr	30	71,1%	71%	372 kWh
May	31	74,3%	74%	402 kWh
Jun	30	72,1%	72%	376 kWh
Jul	31	82,6%	83%	447 kWh
Ago	31	82,8%	83%	446 kWh
Sep	30	76,9%	77%	403 kWh
Oct	31	81,7%	82%	444 kWh
Nov	30	81,0%	81%	426 kWh
Dic	31	81,0%	81%	440 kWh
AÑO	365			4.954 kWh

Nota. Fuente de elaboración propia.

En la Tabla 22 encontramos el rendimiento mensual de la instalación, la producción solar unitaria, por captador y el aporte auxiliar requerido.

Con esta configuración (captadores de tubos de vacío) estaríamos cubriendo el 77,72% de la demanda anual de ACS y calefacción; el resto, deberá ser cubierta por el aporte auxiliar de la caldera de GLP.

Tabla 22

Cálculo de la demanda cubierta con captadores de tubos de vacío

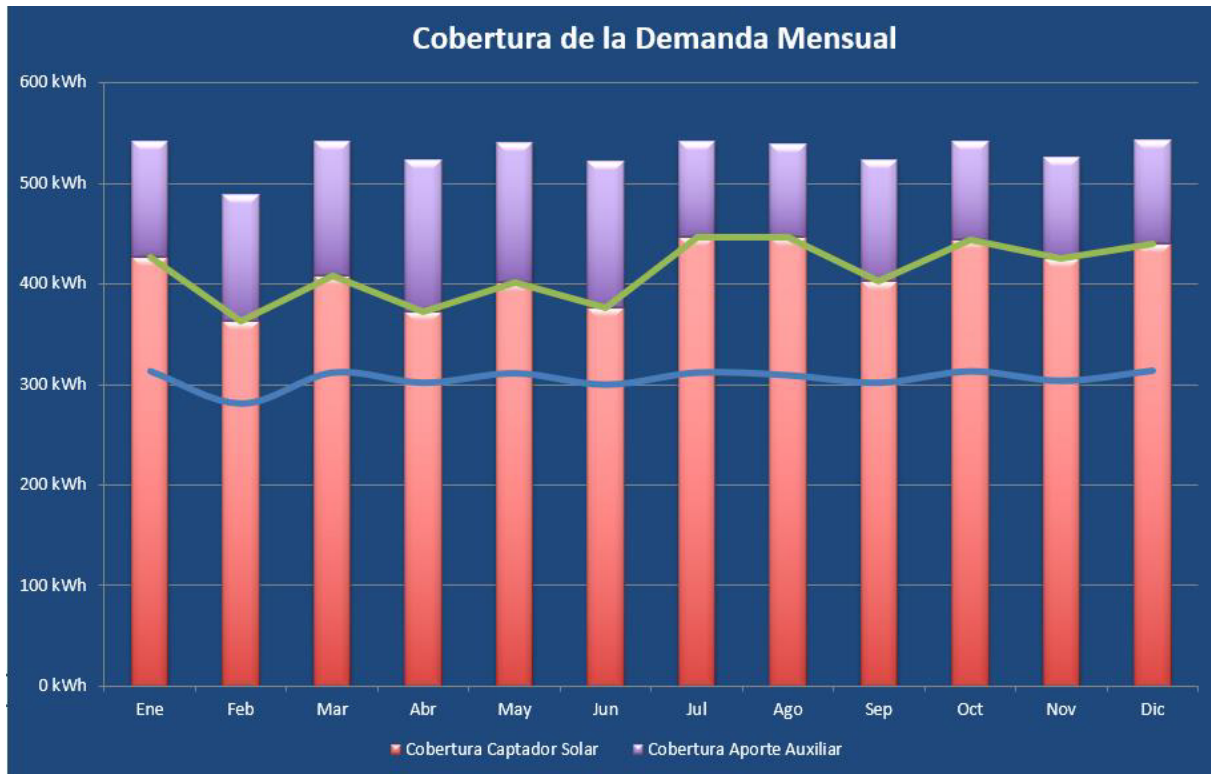
Mes	N (días/mes)	Demes ACS	Demes CALEF.	η mensual instalación	Producción Solar Unitaria (kWh/m ²)	Producción Solar Unitaria por Captador (kWh/m ²)	Aporte Auxiliar
Ene	31	313 kWh	229 kWh	51,3%	80,2	20,0	116 kWh
Feb	28	281 kWh	207 kWh	52,0%	68,3	17,1	125 kWh
Mar	31	312 kWh	229 kWh	51,8%	76,8	19,2	133 kWh
Abr	30	302 kWh	222 kWh	52,6%	70,0	17,5	151 kWh
May	31	311 kWh	229 kWh	52,0%	75,6	18,9	139 kWh
Jun	30	300 kWh	222 kWh	52,4%	70,7	17,7	146 kWh
Jul	31	312 kWh	229 kWh	50,5%	84,0	21,0	94 kWh
Ago	31	309 kWh	229 kWh	50,5%	83,8	21,0	93 kWh
Sep	30	302 kWh	222 kWh	51,6%	75,7	18,9	121 kWh
Oct	31	313 kWh	229 kWh	50,7%	83,4	20,8	99 kWh
Nov	30	304 kWh	222 kWh	50,9%	80,0	20,0	100 kWh
Dic	31	314 kWh	229 kWh	50,9%	82,7	20,7	103 kWh
AÑO	365	3.674 kWh	2.700 kWh	51,4%	931	232,80	1.420 kWh

Nota. Fuente de elaboración propia.

En la Figura 11 se muestra la cobertura de la demanda mensual con la cobertura del captador solar de tubos de vacío y la cobertura con el aporte auxiliar.

Figura 11

Cobertura de demanda mensual con captador de tubos de vacío



Dimensionamiento del Acumulador

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, en su sección HE4 (Ministerio De Fomento De España., 2019) el sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto, se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.

Para cumplir con la condición expuesta en el párrafo anterior, debe:

$$50 < V/A < 180$$

Donde:

A = Área total captadores [m²]

V = Volumen acumulación solar [L]

El factor orientativo de V/A considerado para el proyecto corresponde a un valor de 75. En la Tabla 23 encontramos los volúmenes orientativos y seleccionados para cada uno de los captadores.

Tabla 23

Volúmenes y relaciones del acumulador

	Acumulador (tubos de vacío)	Acumulador (placa plana)
Volumen Orientativo	399 litros	524 litros
Volumen Seleccionado	500 litros	500 litros
Relación V/A	94	72

Nota. Fuente de elaboración propia.

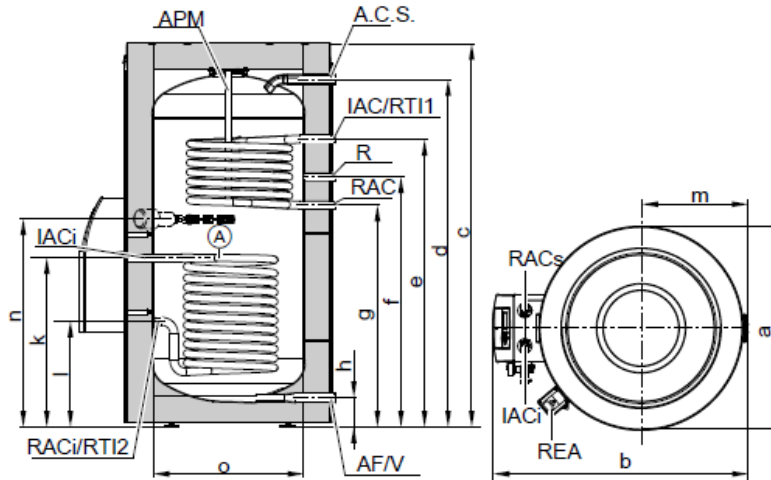
En cualquiera de los dos casos, se cumple con la relación que nos permite prever la acumulación acorde a la demanda. También, desde el punto de vista comercial es mejor la selección de un acumulador de la capacidad descrita ya que se puede tener una amplia variedad de opciones en el mercado.

El acumulador deberá cumplir con la función de acumulador e intercambiador, para lo cual tendrá un circuito de circulación del fluido caloportador, un circuito para calefacción y otro para ACS.

Para los dos casos el acumulador seleccionado es del mismo fabricante de los captadores, Vissmann, el modelo específico es Vitocell 100-B CVBA 500 litros, cuyo esquema se presenta en la Figura 12 y la ficha técnica completa en el Apéndice S.

Figura 12

Esquema acumulador Vitocell 100-B CVBA 500 litros



Con módulo de regulación de energía solar, modelo SM1

(A)	Serpentines inferiores para la conexión de los colectores de energía solar	AF	Agua fría
E	Vaciado	RT11	Sonda de temperatura del interacumulador de la regulación de la temperatura del interacumulador
REA	Resistencia eléctrica de apoyo	RT12	Sonda de temperatura del interacumulador de la instalación de energía solar
RAC	Retorno del agua de calefacción	APM	Ánodo de magnesio
RACs	Retorno del agua de calefacción de la instalación de energía solar (en la Solar-Divicon)	A.C.S.	Agua caliente sanitaria
IAC	Impulsión del agua de calefacción	R	Recirculación
IACs	Impulsión del agua de calefacción de la instalación de energía solar (en la Solar-Divicon)		

Tabla de dimensiones

Capacidad del acumulador			250	300	400	500
Longitud (∅) con aislamiento térmico	a	mm	631	631	866	866
Anchura	b	mm	860	860	1086	1086
Altura	c	mm	1485	1704	1612	1942
	d	mm	1384	1603	1457	1783
	e	mm	1200	1358	1203	1443
	f	mm	960	1118	1043	1229
	g	mm	840	998	923	1043
	h	mm	79	79	106	106
	k	mm	811	811	893	893
	l	mm	217	217	300	300
	m	mm	343	343	455	455
	n	mm	779	937	863	983
Longitud (∅) sin aislamiento térmico	o	mm	—	—	650	650

Nota. Esta imagen es un extracto de la ficha técnica del acumulador.

Presupuesto de Ejecución de la Instalación

Presupuesto para Planta Solar Térmica con Captador de Placa Plana

La referencia entregada para el desarrollo del presupuesto bajo esta configuración es de 650 \$/m²; la superficie por cubrir es de 7,53 m².

En la Tabla 24, el resumen del presupuesto por cada vivienda de 4 ocupantes.

Tabla 24

Presupuesto de instalación con captadores de placa plana

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Planta solar térmica con colectores de placa plana	7,53	m ²	650,00	4.894,50
	SUB-TOTAL				4.894,50
	IVA 12%				5.87,34
	TOTAL				5.481,84

Nota. Fuente de elaboración propia.

Presupuesto para Planta Solar Térmica con Captador de Tubos de Vacío

La referencia entregada para el desarrollo del presupuesto bajo esta configuración es de 1.000 \$/m²; la superficie por cubrir es de 7,92 m². En la Tabla 25, el resumen del presupuesto por cada vivienda de 4 ocupantes.

Tabla 25

Presupuesto de instalación con captadores de tubos de vacío

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Planta solar térmica con colectores de tubos de vacío	7,92	m ²	1.000,00	7.920,00
	SUB-TOTAL				7.920,00
	IVA 12%				950,40
	TOTAL				8.870,40

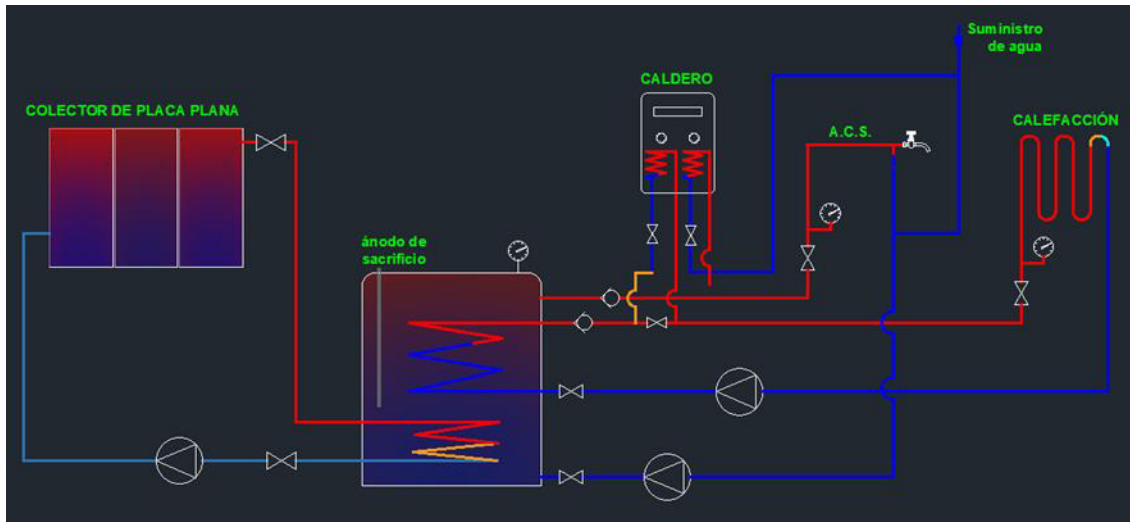
Nota. Fuente de elaboración propia.

Diagrama Final de la Instalación

Para el diseño con captadores de placa plana se ha determinado el diagrama que se muestra en la Figura 13 a continuación.

Figura 13

Diagrama planta solar térmica con colectores de placa plana

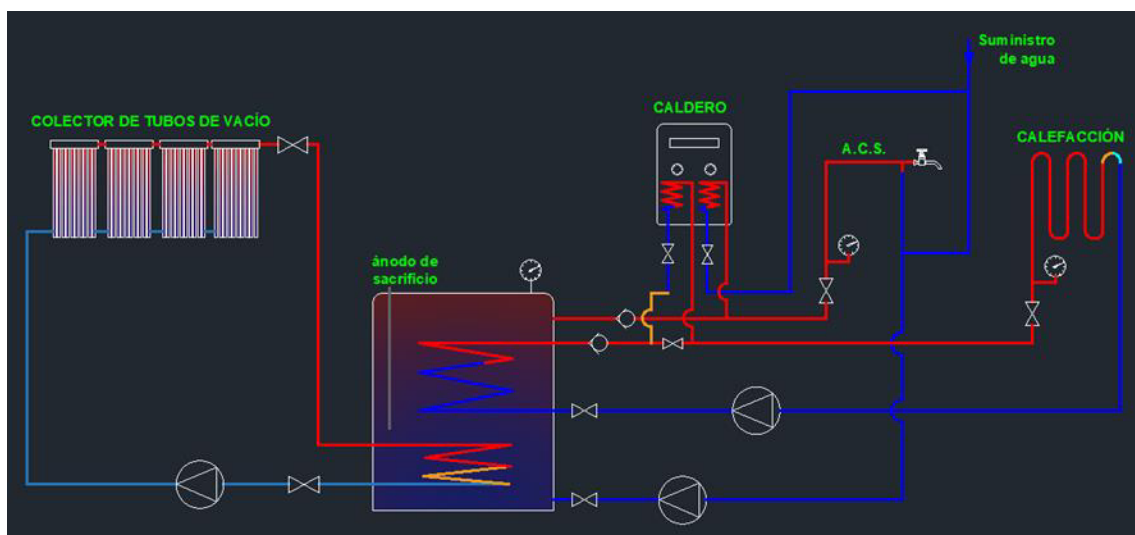


Nota. Fuente de elaboración propia.

En el caso del sistema diseñado con captadores de tubo de vacío el diagrama correspondiente se adjunta en la Figura 14.

Figura 14

Diagrama planta solar térmica con colectores de tubos de vacío



Nota. Fuente de elaboración propia.

Cálculo del Retorno Simple de la Inversión

Consideraciones para el Cálculo

Se considera un periodo de 30 años para el cálculo de retorno de inversión, siguiendo la línea de la concesión de la planta fotovoltaica que servirá para cubrir la demanda eléctrica de la urbanización.

Para cada vivienda del tipo de 4 habitantes, con un consumo de 180 litros/día, se plantean los escenarios de uso de GLP, con y sin subsidio, como fuente de combustible para ACS y calefacción. Por lo tanto, los costos referenciados para el ahorro serían:

- Tarifa subvencionada: 8,79 \$/MWh.
- Tarifa sin subvencionar: 103,4 \$/MWh.

Se debe considerar que para la tarifa sin subvencionar se dispondrá de un incremento anual de 1,5%.

El costo de mantenimiento de las instalaciones se referencia como 1 visita al año con un coste de 500 \$/año, pudiendo revisar en un día un máximo de 10 instalaciones. Es decir, el valor por vivienda sería de 50 \$/año, teniendo un incremento anual del 1,5%.

En los escenarios particulares, se tomará en cuenta los presupuestos propuestos para cada tipo de instalación desarrollados en las Tablas 24 y 25; que consideran los siguientes valores:

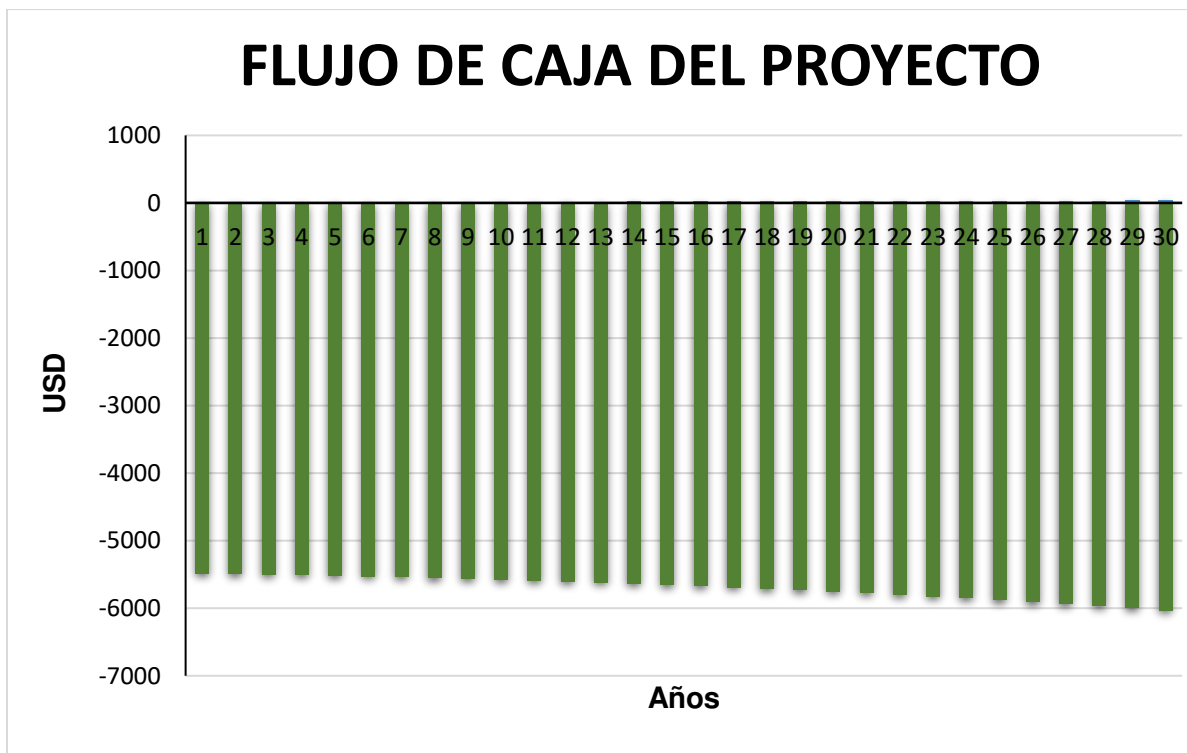
- Costo de instalación térmica para colector de placa plana pequeña escala (sobre tejado de vivienda): 650 \$/m².
- Costo de instalación térmica para colector de tubos de vacío pequeña escala (sobre tejado de vivienda): 1.000 \$/m².

Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores de Placa Plana Considerando Subvención de Combustible

Con todos los costos asociados a la instalación de la planta, mantenimiento y ahorros por subvención el resultado no llega a amortizarse en el periodo propuesto del sistema de ACS y calefacción. Se refleja en la Figura 15.

Figura 15

Escenario de amortización con captadores placa plana y subvención de combustible

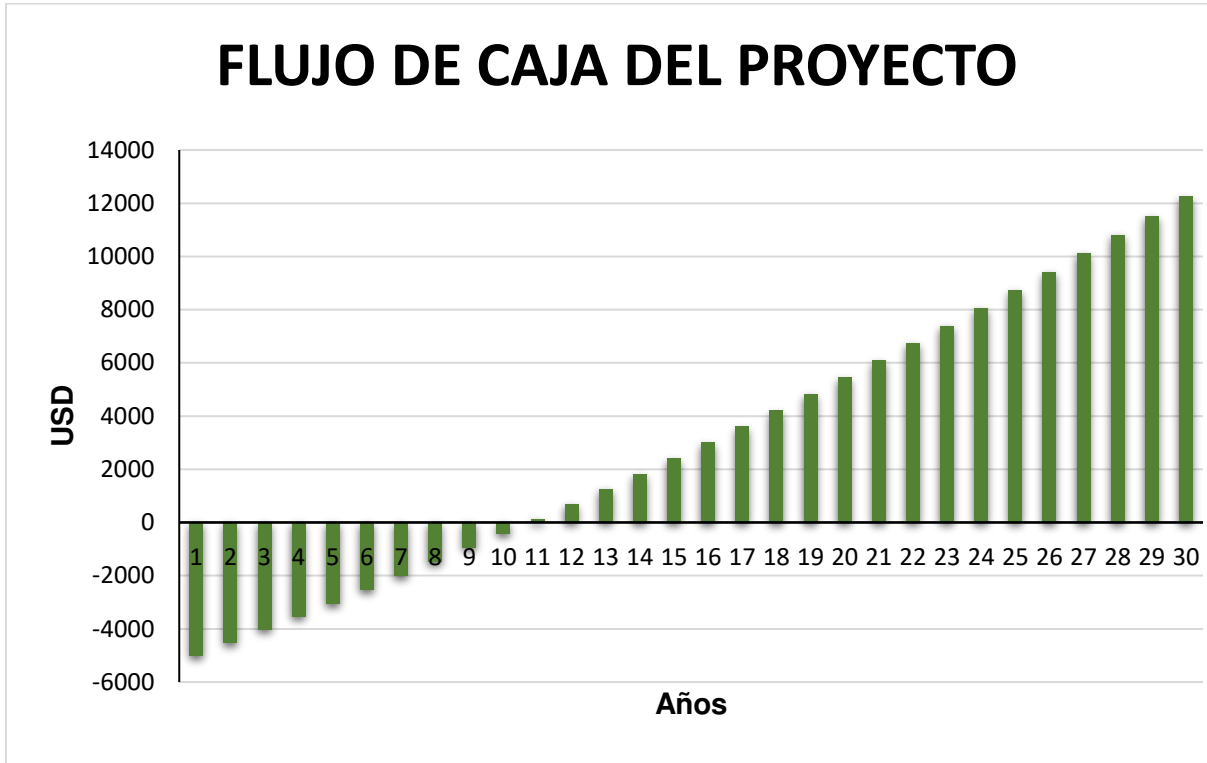


Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores De Placa Plana sin Subvención de Combustible

Para el escenario de la planta con captadores de placa plana y sin subvención de combustible tenemos flujo de caja positiva a partir del año 11, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Escenario de amortización con captadores placa plana sin subvención de combustible

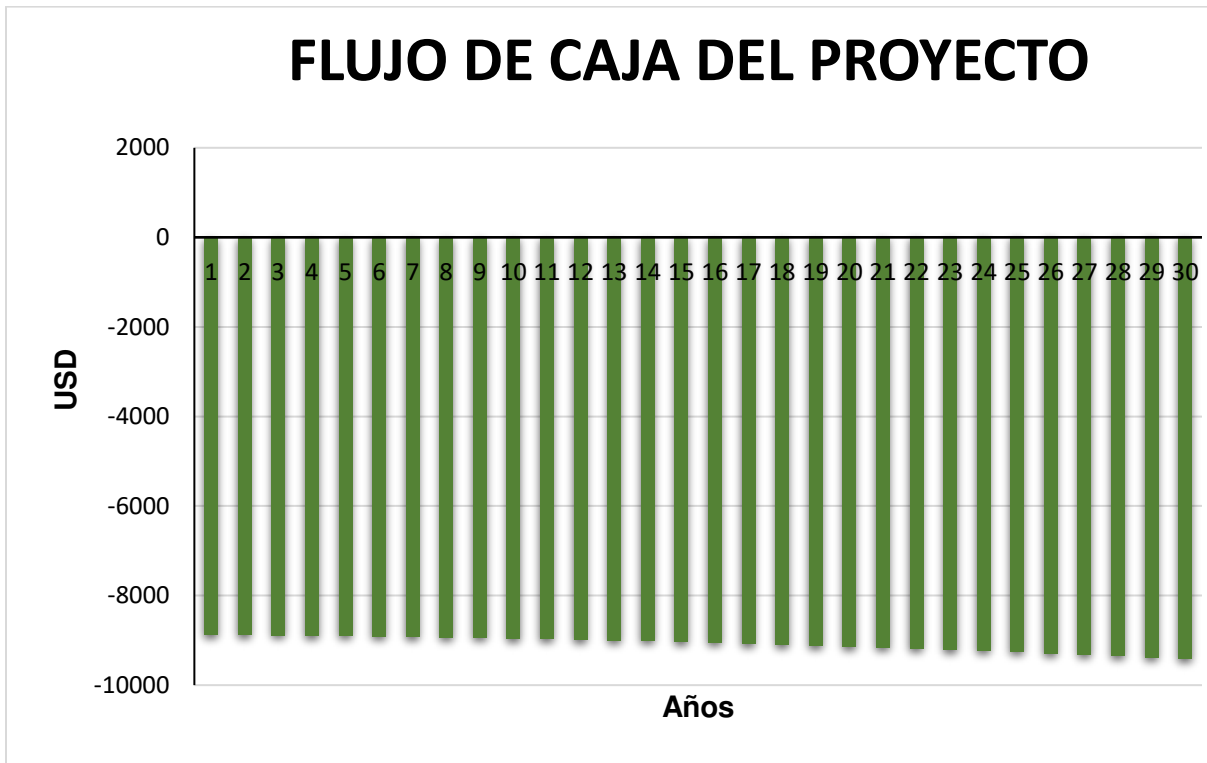


Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores de Tubos de Vacío considerando Subvención de Combustible

Al igual que en el caso de los colectores de placa plana con subvención de combustible el proyecto no alcanza un punto de equilibrio en el tiempo propuesto para el análisis; además, al tener un mayor costo de inversión la caja negativa es más alta como se aprecia en la Figura 17.

Figura 17

Escenario de amortización con captadores de tubos de vacío con subvención de combustible

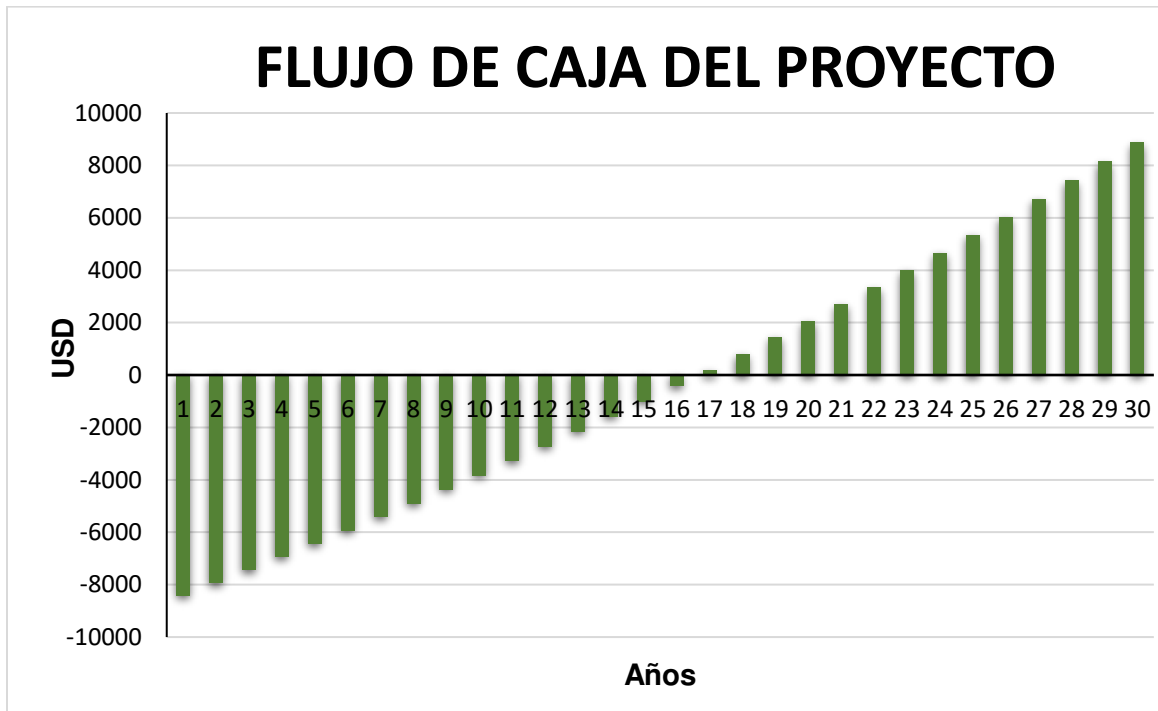


Cálculo de Retorno de Inversión Planta Solar Térmica con Captadores de Tubos de Vacío sin Subvención de Combustible

Finalmente, el escenario para la planta solar térmica con colectores de tubos de vacío y sin subvención de combustible plantea una amortización con flujo de caja positiva a partir del año 17 como se aprecia en la Figura 18.

Figura 18

Escenario de amortización con captadores de tubos de vacío sin subvención de combustible



Cálculo de Retorno de Inversión Simple de la Planta Solar Térmica

Para el cálculo de este apartado se utiliza la fórmula:

$$\text{Retorno simple} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} [\text{Años}]$$

En la Tabla 26 se muestran los resultados para los proyectos sin subvención de combustible.

Tabla 26

Cálculo de retorno simple de inversión de las plantas solares térmicas

	Inversión (\$)	Ahorro (\$)	Retorno simple (Años)
Planta solar térmica con colectores de placa plana	5.481,84	590,41	9,284
Planta solar térmica con colectores de tubos de vacío	8.870,40	590,41	15,024

Nota. Fuente de elaboración propia.

Extrapolación del Costo de Inversión para 100 Viviendas de la Urbanización

De acuerdo con lo obtenido en la Tabla 24, se determina que el costo de inversión para una persona tiene un valor de \$1.370,46 con captadores de placa plana. Mientras que, de acuerdo con la Tabla 25 para captadores de tubos de vacío un valor de \$2.217,60.

Con los valores mencionados en el párrafo anterior, se realiza la extrapolación para la totalidad de las viviendas, la información se muestra a continuación en la Tabla 27.

Tabla 27

Extrapolación de costo de inversión para 100 viviendas

Nº personas/vivienda	Costo planta con captadores de placa plana (\$)	Costo planta con captadores de tubos de vacío (\$)	Nº Viviendas	Costo Total con captadores placa plana (\$)	Costo Total con captadores de tubo de vacío (\$)
2	2.740,92	4.435,20	15	41.113,80	66.528,00
3	4.111,38	6.652,80	30	123.341,40	199.584,00
4	5.481,84	8.870,40	35	191.864,40	310.464,00
5	6.852,30	11.088,00	20	137.046,00	221.760,00
TOTAL				493.365,60	798.336,00

Nota. Fuente de elaboración propia.

Estudio Comparativo de la Planta Fotovoltaica y una Planta de Generación Solar Termoelectrica Cilindro-Parabólica

Se quiere realizar un estudio comparativo de una planta de generación de energía eléctrica con tecnología solar termoelectrica cilindro-parabólica sin almacenamiento y la planta fotovoltaica parte del presente proyecto. Para ello se va a considerar que se dispone de un terreno de superficie 10 Ha, plano y con disponibilidad de agua.

Cálculo del Campo Solar

Para el cálculo del campo solar máximo que se podría llegar a instalar, consideramos la misma ubicación geográfica donde se pretendería instalar la planta fotovoltaica; cuyas coordenadas son $-0,309982^\circ$, $-78,50633^\circ$.

Con el uso del programa de libre acceso en la web NSRDB Data Viewer (Laboratory, 2020), e ingresando la ubicación mencionada se obtuvo la información más relevante, en esencia los datos del año 2020 de DNI, para poder obtener la data de horas equivalentes y de producción.

Una consideración adicional que nos servirá para poder determinar la potencia eléctrica de la turbina de vapor es que se indica que para una potencia de 50 MW se requiere una superficie de aproximadamente 150 Ha; realizando la extrapolación para el área del presente estudio podemos determinar que la potencia máxima a instalar es de 3 MW.

El máximo campo solar eléctrico que podríamos obtener, de acuerdo con los datos obtenidos del sitio web y posterior corrección con un 30% de rendimiento es igual a 436,51 MWh/m² al año. En la Tabla 28 se muestra los valores obtenidos mes a mes para la superficie indicada y el factor de rendimiento.

Tabla 28

Campo solar eléctrico obtenible

Mes	DNI-E (Wh/m ²)
Enero	44.443,8
Febrero	33.946,2
Marzo	31.525,5
Abril	24.682,2
Mayo	34.125,3
Junio	35.120,7
Julio	32.301,9
Agosto	54.229,2

Mes	DNI-E (Wh/m ²)
Septiembre	34.921,2
Octubre	41.121
Noviembre	41.485,8
Diciembre	28.609,8
Total, anual	436.512,6

Nota. Fuente de elaboración propia.

Cálculo de la producción

Si bien se nos propone una superficie de 10 Ha para la instalación, solamente es aprovechable el 25% de esta superficie; por lo que, para poder realizar los cálculos de producción, tomaremos como consideración fundamental lo señalado.

En la Tabla 29 podemos encontrar la producción bruta y la producción final limitada a la capacidad de generación de 3 MW mensual y anual.

Tabla 29

Cálculo de producción mensual de la planta

Mes	Producción bruta (KW)	Producción final (KW)
Enero	1.111.095	636.885
Febrero	848.655	504.720
Marzo	788.138	521.580
Abril	617.055	418.785
Mayo	853.133	544.928
Junio	878.018	572.993
Julio	807.548	545.558
Agosto	1.355.730	765.953
Septiembre	873.030	557.070
Octubre	1.028.025	644.970
Noviembre	1.037.145	608.033
Diciembre	715.245	467.078
Total, anual	10.912.815	6.788.550

Nota. Fuente de elaboración propia.

Para el cálculo de las horas equivalentes tomamos como referencia el valor total anual de la producción final que es 6.788.550 kW y lo dividimos para 3.000, obteniéndose una cantidad de 2.262,85 horas equivalentes.

Es fundamental indicar que el aprovechamiento para la venta de energía al sistema nacional es del 85% del total de la capacidad de generación, esto debido a que el 15% restante está destinado para el autoconsumo de la planta, factor que nos servirá para calcular más adelante los valores de ingresos del proyecto.

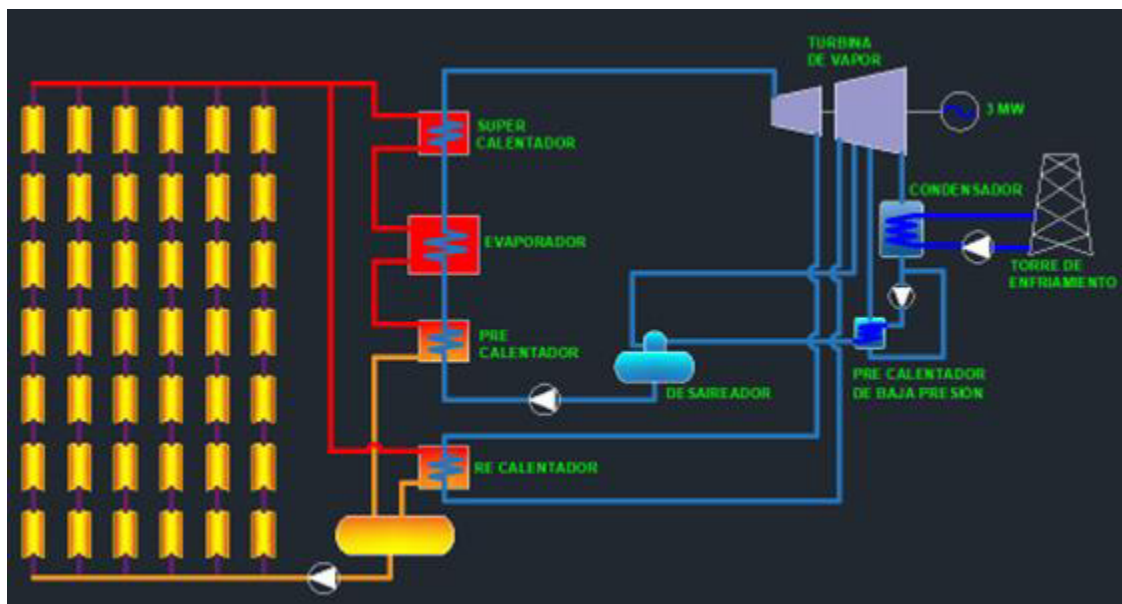
Esquema de Principio de la Instalación

Se fundamenta en el esquema básico de una instalación de tipo solar termoeléctrica de cilindros-parabólico, pero sin incluir un sistema de almacenamiento que podría ser de sales fundidas.

En la Figura 19, se presenta el esquema en mención.

Figura 19

Esquema de instalación planta solar termoeléctrica cilindro-parabólico sin almacenamiento



Cálculo del Precio de Venta de la Energía Para Obtener el Mismo Período de Retorno que para la Instalación Fotovoltaica

El primer parámetro que debemos establecer es cuál es la energía que estamos en capacidad de vender a la red, y para eso tomamos en cuenta la capacidad de generación de la turbina que es de 3.000 kW, el número de horas equivalentes obtenidas que es de 2.262,85 y el factor de aprovechamiento del 85%. Es decir, de la siguiente forma:

$$\text{kWh} = 3.000\text{kW} * 2.262,85\text{h} * 0,85$$

$$\text{kWh} = 5.770.267,5$$

Como segundo parámetro para tener en cuenta vamos a considerar el mismo tiempo de retorno de la inversión que se obtuvo en la planta fotovoltaica, mismo que fue de 5 años.

La inversión es el siguiente factor necesario para el cálculo final, el mismo lo obtendremos de la siguiente forma:

$$\text{Inversión} = 2.500\$/\text{kW} * 3.000\text{kW}$$

$$\text{Inversión} = \$7.500.000$$

Los costos asociados a la planta solar térmica se muestran en la Tabla 30 que presentamos a continuación.

Tabla 30

Costos de operación y mantenimiento planta solar térmica

Ítem	Descripción	Valor Unitario anual (\$)	Valor Total anual (\$)
1	Coste de alquiler de la hectárea de terreno.	1.000,00	10.000,00
2	Coste de operación: 5 personas a turnos en sala de control.	8.400,00	42.000,00
3	Coste de mantenimiento: 3 personas en campo a dos turnos.	8.400,00	25.200,00
4	Insumos y repuestos	8.400,00	33.600,00
TOTAL			110.800,00

Nota. Fuente de elaboración propia.

Partiendo de la ecuación para calcular el periodo de retorno, procederemos a calcular el precio del kWh. Así:

$$PR = \text{Inversión} / \text{Margen bruto} \quad (1)$$

Donde, PR = 5 años.

$$\text{Margen Bruto} = \text{Ingresos} - \text{Costos} \quad (2)$$

Donde, costos = \$110.800,00

Reemplazando (2) en (1) tenemos:

$$PR = \text{Inversión} / (\text{Ingresos} - \text{Costos}) \quad (3)$$

De (3) despejamos Ingresos

$$\text{Ingresos} = (\text{Inversión} / PR) + \text{Costos} \quad (4)$$

Reemplazando en (4)

$$\text{Ingresos} = (\$7.500.000 / 5) + \$110.800$$

$$\text{Ingresos} = \$1.610.800$$

Para obtener el precio del kWh:

$$\text{Ingresos} = \text{kWh} * \text{precio } \$/\text{kWh} \quad (5)$$

Despejando:

$$\text{Precio } \$/\text{kWh} = \text{Ingresos} / \text{kWh}$$

$$\text{Precio } \$/\text{kWh} = \$ 1.610.800 / 5.770.267,5 \text{ kWh}$$

$$\text{Precio } \$/\text{kWh} = 0,279$$

Comparación Final de las Plantas Fotovoltaica y Solar Termoeléctrica de Cilindro Parabólico

Cuando consideramos el mismo tiempo para el periodo de retorno, en los dos casos 5 años, tenemos una marcada diferencia en las tarifas por kWh. Con la solar termoeléctrica,

tenemos un incremento de un 165,71% con respecto a la planta fotovoltaica; que en el periodo de retorno se estableció un valor de 0,105 \$/kWh.

Importante mencionar, que aún sin poseer un sistema de almacenamiento, existe un margen considerable en el precio de la energía; esto nos sugiere que, si implementamos el sistema en mención, si bien podríamos gestionar la energía, a la par la tarifa obviamente también se incrementará.

De todo lo anterior se desprende que los proyectos fotovoltaicos tienen un Capex más atractivo para el inversionista, sumado a que es una tecnología que tiene mayor aplicación en el mercado ecuatoriano. En España se encuentra implantada de manera adecuada la solar termoeléctrica, apalancada en el modelo de negocio de la energía, que le permite competir con las tarifas que se manejan.

Análisis Detallado de la Rentabilidad de los Proyectos: Fotovoltaica y Solar Térmica

Modelo de Ejecución de los Proyectos Mediante un Contrato EPC

Para los proyectos de energía fotovoltaica y solar térmica, se considera establecer un contrato Engineering Procurement and Construction (EPC), llave en mano, que engloba de manera íntegra la ejecución de ingeniería, suministro, instalación y puesta en marcha de las distintas fases del proyecto, considerando de manera mandatoria los siguientes aspectos:

- Ingeniería detallada de la planta.
- Suministro de todo el equipo para ser instalado en la planta.
- Ejecución de las obras civiles.
- Supervisión y gestión de seguridad y salud.
- Ejecución de los trabajos mecánicos.
- Instalación y puesta en servicio de los equipos suministrados para la planta.

- Protocolo de entrega.
- Todas las pruebas de aceptación.
- La garantía de Periodo de Retorno.

Las responsabilidades del Contratista incluirán, entre otras, las siguientes:

- Todas las actividades necesarias para la finalización del proyecto.
- Cumplimiento de todas las leyes aplicables.
- Ingeniería de detalle y especificaciones.
- Control de calidad de equipos y asegurando que estén instalados de acuerdo con el manual de instalación y recomendaciones del fabricante.
- Asegurar todos los equipos y materiales, incluido el transporte y el almacenamiento.

El Contratista es responsable de obtener y mantener vigente:

- Permisos requeridos para realizar las obras.
- Licencias de importación de materiales y equipos.
- Permisos para el transporte de materiales, y equipo al sitio y descarga.
- Mano de obra necesaria para el montaje e instalación de todos los equipos, accesorios y materiales provistos.

Desglose del Presupuesto de Ejecución Material de la Planta Fotovoltaica

En el estudio de CAPEX para la ejecución del proyecto de la planta fotovoltaica, se determinó las partidas necesarias que se detallan en la Tabla 31.

Dentro del valor de la instalación están prorrateados los costes de ingeniería de detalle, mano de obra y seguros laborales del personal.

Tabla 31

CAPEX del proyecto fotovoltaico

Ítem	Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	Obra Civil	Acondicionamiento del terreno, Vallado Perimetral, Zanjas para el cableado en BT y MT, zanja y preparación para CT	m ²	650	30	19.500
2	Módulos Solares	Suministro e Instalación de Módulos Solares con Paneles de Silicio Monocristalino	UE	217	269	58.373
3	Inversor planta FV	Suministro e Instalación del Inversor SMA modelo SUNNY TRIPOWER CORE2 STP 110-60	UE	1	6.208	6.208
4	Inversor caseta	Suministro e Instalación del Inversor SMA del modelo SB 5000TL-21	UE	1	1.302	1.302
5	Estructura	Suministro e Instalación de la Estructura fija tipo triángulo	cent/W	110.000	0,05	5.500
6	Inversores y Cuadros con interruptor automático	Suministro e instalación de Inversores Tipo trifásico, Interruptores en CC, Protección contra sobretensiones en CC y CA, Dispositivo de corriente residual, Filtro de Salida y Filtro EMI, Relé de Salida. Cumplimiento de los Códigos de Red del País. Suministro e instalación de Cajas IP65 con interruptor automático 1.000 VAC/125 A (una por inversor)	UE	1	15.000	15.000
7	Cableado CC y CA en BT	Suministro e instalación del Cableado en CC con conductor de cobre en diferentes secciones.	UE	1	2.500	2.500
8	CT	Suministro e instalación de 1 CT incluida caseta modular tipo inversor, seccionador y fusibles de protección transformadores en aceite de 250 KVAS cada uno incluido conexionado.	UE	1	5.000	5.000
9	Medida TTR y Monitorización	Suministro e instalación de un sistema de monitorización de planta, así como la medida reglamentaria y el sistema de telemedida exigido por el centro de control.	UE	1	5.000	5.000

Ítem	Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
10	Línea Aérea de Media Tensión (LAMT)	Suministro e instalación de la Línea aérea de media tensión de 400 V de simple circuito con conductor	UE	1	5.500	5.500
TOTAL						123.883

Nota. Fuente de elaboración propia.

En el CAPEX de la planta fotovoltaica definimos aquellos costes de los materiales, equipos y mano de obra, necesarios para la construcción y puesta en marcha del proyecto con un total de \$123.883 sin incluir impuestos.

Desglose del Presupuesto de Ejecución Material de la Planta Solar Térmica Placa Plana

Tabla 32

CAPEX del proyecto solar térmico de placa plana

Ítem	Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	Obra Civil	Adecuación de la cubierta para los módulos solares.	UE	1	200	200
2	Sistema colector (Placa plana)	Suministro e instalación de colectores de placa plana Vitosol 200-FM SV2F	UE	3	860	2.580
3	Sistema de almacenamiento	Suministro e instalación del acumulador Vitocell 100-B CVBA de 500 litros	UE	1	1.064,50	1.064,50
4	Sistema de distribución	Suministro e Instalación de tuberías, bombas, válvulas y demás elementos de control	UE	1	700	700
5	Sistema de respaldo	Suministro e Instalación de calefón para 30 litros de capacidad	UE	1	350	350
TOTAL						4.894,50

Nota. Fuente de elaboración propia.

En la planta solar térmica con colectores de placa plana obtenemos un precio total de \$4.894,50, sin incluir impuestos, para la vivienda habitada por 4 ocupantes.

Realizando la extrapolación para las 100 viviendas de la urbanización, con base en los valores obtenidos en el apartado anterior, el presupuesto de ejecución total es de \$493.365,60.

Desglose del Presupuesto de Ejecución Material de la Planta Solar Térmica con Tubos de Vacío

Tabla 33

CAPEX del proyecto solar térmico con tubos de vacío

Ítem	Partida	Descripción	Unidad	Cant idad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	Obra Civil	Adecuación de la cubierta para los módulos solares, para la instalación	UE	1	200	200
2	Sistema colector (Tubo de Vacío)	Suministro e instalación de colectores de Tubo de Vacío Vitosol 300-TM SP3C 1,25 m ²	UE	4	1.401,38	5.605,52
3	Sistema de almacenamiento	Suministro e instalación del acumulador VitoCell 100-B CVBA de 500 litros	UE	1	1.064,50	1.064,50
4	Sistema de distribución	Suministro e Instalación de tuberías, bombas, válvulas y demás elementos de control	UE	1	700	700
5	Sistema de respaldo	Suministro e Instalación de calefón para 30 litros de capacidad	UE	1	350	350
TOTAL						7.920,02

Nota. Fuente de elaboración propia.

En la planta solar térmica con colectores de tubos de vacío obtenemos un presupuesto de ejecución total de \$7.920,02, sin incluir impuestos.

DEVEX del Proyecto Fotovoltaico

En la Tabla 34 consideramos algunas de las partidas que tienen relación con el desarrollo de los proyectos; es decir, el DEVEX.

Tabla 34

DEVEX del proyecto fotovoltaico

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	Ingeniería básica, estudio de factibilidad técnica del proyecto (recurso renovable aprovechable).	UE	1	500	500
2	Socialización del Proyecto con los beneficiarios (aquí estarían incluidos los gastos de reuniones, encuestas, sondeos, comidas de negocios, etc.)	UE	1	900	900
3	Estudio de factibilidad financiera del proyecto.	UE	1	500	500
4	Estudio de factibilidad de conexión a la red (solo para el caso de energía Fotovoltaica)	UE	1	500	500
5	Tramitación y obtención de Licencia ambiental.	UE	1	1.000	1.000
6	Trabajos de campo, para la medición de irradiación solar	UE	1	400	400
7	Permiso de construcción (municipal, tramite del uso y gestión del suelo cambio del uso de suelo si es necesario).	UE	1	700	700
8	Contrato de arrendamiento del área para la instalación del proyecto fotovoltaica	UE	1	200	200
9	Trámites legales para el adecuado funcionamiento del proyecto con sus socios (gastos legales, jurídicos, notariales, escrituras, registro de la propiedad, etc)	UE	1	1.000	1.000

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
10	Contratos municipales para posibles colaboraciones para el desarrollo del proyecto	UE	1	500	500
11	Estudios técnicos e informes necesarios para la finalización del proyecto.	UE	1	500	500
TOTAL					6.700

Nota. Fuente de elaboración propia.

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

Para el desarrollo del fee de éxito tenemos la contratación de un promotor externo, quien cuenta con los recursos financieros, a su vez cumpliendo las garantías en las distintas fases del desarrollo del proyecto, con la remuneración económica que se dará bajo el cumplimiento al 100% de cada partida de la Tabla 35, en un tiempo establecido de ejecución. Se considera tener un margen de utilidad del 40%.

Tabla 35

DEVEX con fee de éxito

Ítem	Partida	Tiempo (semanas)	Cumplimiento (%)	Costo (\$)
1	Entrega de ingeniería básica, estudio de factibilidad técnica del proyecto (recurso renovable aprovechable).	4	100	625
2	Entrega de acuerdo firmado para la aceptación del Proyecto por parte de los beneficiarios.	8	100	1.125
3	Entrega de estudio de factibilidad financiera del proyecto.	4	100	625
4	Entrega de estudio de factibilidad de conexión a la red.	2	100	625
5	Entrega de licencia ambiental.	8	100	1.250
6	Obtención de permiso de construcción.	8	100	875
7	Firma de arrendamiento del área para la instalación del proyecto fotovoltaica.	3	1	250

Ítem	Partida	Tiempo (semanas)	Cumplimiento (%)	Costo (\$)
8	Servicios de consultoría legal y creación de la normativa de funcionamiento del proyecto.	8	1	1.250
9	Firma de contratos municipales para posibles colaboraciones para el desarrollo del proyecto	4	1	625
10	Entrega de informe Ready to build	4	1	625
TOTAL				8.500

Nota. Fuente de elaboración propia.

Determinar la Wacc Exigida para este Proyecto, Justificando El Criterio por el Cual se Elige Dicho Valor

De acuerdo con el Banco Central del Ecuador, con su boletín a mayo del 2022 (Banco Central Del Ecuador, 2022) como se muestra en la Figura 19 se fija las tasas de interés pasivas efectivas referenciales para un plazo de 361 y más días en 7.98%. La WACC que se exige para este proyecto, tomado como referencia lo expuesto anteriormente es de 10%.

Figura 20

Tasa de interés pasiva mayo 2022 Banco Central del Ecuador

Tasas de Interés			
Mayo 2022			
3. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES POR PLAZO			
Tasas Referenciales	% anual	Tasas Referenciales	% anual
Plazo 30-60	3,88	Plazo 121-180	4,90
Plazo 61-90	4,28	Plazo 181-360	6,05
Plazo 91-120	4,97	Plazo 361 y más	7,98
4. OTRAS TASAS REFERENCIALES			
Tasa Pasiva Referencial	5,54	Tasa Legal	6,74
Tasa Activa Referencial	6,74	Tasa Máxima Convencional	8,86

Nota. Esta figura es un extracto de la tasa de interés del Banco Central del Ecuador a mayo del 2022.

Cuenta de Resultados

Cuenta de Resultados del Proyecto Fotovoltaico

El principal ingreso del proyecto fotovoltaico radica en la venta de la producción anual de energía, que corresponde en nuestro caso 167.283 kWh/año. La tarifa estipulada para el ejercicio es de 105 \$/MWh.

Tomando el modelo europeo para certificados de origen de energía eléctrica, hemos considerado como ingreso adicional un valor de 0,005 \$/kWh.

Con relación a los gastos consideramos en suministros un consumo de energía eléctrica en la instalación de 300 kWh/año y de acuerdo con el pliego tarifario vigente para el 2022 (Agencia De Regulación Y Control De Energía Y Recursos Naturales No Renovables, 2022) en la categoría bajo voltaje general un valor de 0,108 \$/kWh. La referencia de potencia instalada para nuestro proyecto es de 10 kW; considerando únicamente instalaciones funcionales y eventuales, recordando que tenemos una instalación de auto consumo.

Dentro de los gastos operativos hemos considerado todas las partidas para la operación de este tipo de proyecto; como son la operación, mantenimiento, asesorías legales, contratación de seguros y aspectos tributarios entre otros. El detalle de ingresos y gastos se encuentra en la Tabla 36 de cuenta de pérdidas y ganancias.

Tabla 36

Cuenta de pérdidas y ganancias del proyecto fotovoltaico

Cuenta de Pérdidas y Ganancias		
INGRESOS	Ud.	%
Producción eléctrica	kWh/año	167.283 kWh/año
Precio de venta del kWh eléctrico	\$/kWh	0,105 \$/kWh
Producción térmica	kWh/año	0 kWh/año
Precio de venta del kWh térmico	\$/kWh	0,0000 \$/kWh
Certificados Origen - Energía eléctrica	kWh/año	0,0050 \$/kWh
Certificados Origen - Energía eléctrica	\$/Tn CO2	50,000 \$/Tn CO2
	Tn CO2/kWh	0,001 Tn CO2/kWh
TOTAL, INGRESOS		\$18728,53
GASTOS	Ud.	
SUMINISTROS		
Precio de compra del kWh eléctrico (3.1A-6.1A)	\$/kWh	0,1080 \$/kWh
Consumo energía eléctrica Instalación	kWh/año	300 kWh/año
Precio término potencia eléctrico	(\$/kW día)	0,3123 \$/kW
Potencia instalada de la Instalación	kW	10,00 kW
Precio de compra del kWh térmico	\$/kWh	0,1250 \$/kWh
Consumo energía térmica comunidad	kWh/año	0 kWh/año
Precio término potencia eléctrico	(\$/kW día)	0,2300 \$/kW
GASTOS OPERATIVOS		
Repuestos		\$250,00
Operación y Mantenimiento		\$2.000,00
Acondicionamiento de la planta		\$200,00
Revisiones legales / auditorías		\$150,00
Personal O&M		\$1.000,00
Contingencias	5%	\$180,00
Avales		\$250,00
Gastos generales, asesorías...		\$250,00
Alquiler de terrenos		\$150,00
Seguro Todo Riesgo Material	0,2 %	\$315,04
Seguro Responsabilidad Civil		\$500,00
Seguro Responsabilidad Ambiental		\$500,00
Impuesto actividad (IAE)		\$250,00
Impuesto por el suelo (IBICE)		\$250,00
TOTAL, GASTOS		\$6.631,87

Nota. Fuente de elaboración propia.

Es importante señalar, que tanto los ingresos como los gastos tendrán variaciones anuales relacionadas con la degradación de las instalaciones y el porcentaje indexado por

ingresos por venta de electricidad. La disponibilidad para el cálculo se ha considerado un 98% de la capacidad instalada.

Cuenta de Resultados del Proyecto Solar Térmico

Los ingresos para el proyecto solar térmico están directamente relacionados con el ahorro en el uso de gas licuado de petróleo para los sistemas de ACS y calefacción. La producción térmica para las 100 viviendas de la urbanización sería de 513.900 kWh/año, el costo calculado es de 0,1034 \$/kWh.

Como ingreso adicional se estima, acorde a la tendencia actual, un valor para certificado de origen de 50 \$Tn/CO₂.

Dentro de los gastos, en los suministros consideramos el consumo de energía térmica para satisfacer la totalidad de la demanda en la comunidad que deberá ser cubierta con la caldera de GLP que corresponde a 59.760 kWh/año a un valor de 0,1034 \$/kWh. Adicional, para la alimentación del sistema de bombeo del ACS, consideramos un consumo eléctrico de 26.856 kWh/año, con un costo de acuerdo con el pliego tarifario residencial de 0,105 \$/kWh.

Como gastos operativos consideramos principalmente repuestos, mantenimiento y seguros. En la Tabla 37 se presenta el detalle de cuenta de pérdidas y ganancias para el proyecto solar térmico.

Tabla 37

Cuenta de pérdidas y ganancias del proyecto solar térmico

Cuenta de Pérdidas y Ganancias		
INGRESOS	Ud.	%
Producción térmica	kWh/año	513.900 kWh/año
Precio de venta del kWh térmico	\$/kWh	0,1034 \$/kWh
Certificados Origen - Energía eléctrica	\$/Tn CO2	50,000 \$/Tn CO2
	Tn CO2/kWh	0,001 Tn CO2/kWh
TOTAL, INGRESOS		\$68272,19
GASTOS	Ud.	
SUMINISTROS		
Precio de compra del kWh eléctrico (3.1A-6.1A)	\$/kWh	0,1050 \$/kWh
Consumo energía eléctrica Instalación	kWh/año	26.856 kWh/año
Precio término potencia eléctrico	(\$/kW día)	0,3123 \$/kW
Potencia instalada de la Instalación	kW	0,00 kW
Precio de compra del kWh térmico	\$/kWh	0,1034 \$/kWh
Consumo energía térmica comunidad	kWh/año	59.760 kWh/año
Precio término potencia eléctrico	(\$/kW día)	0,2300 \$/kW
Potencia térmica instalada de la comunidad	kW	0,00 kW
GASTOS OPERATIVOS		
Repuestos		\$5.000,00
Operación y Mantenimiento		\$5.000,00
Contingencias	5%	\$500,00
Seguro Todo Riesgo Material	0,20%	\$1.172,01
Seguro Responsabilidad Civil		\$200,00
Seguro Responsabilidad Ambiental		\$50,00
TOTAL, GASTOS		\$22.010, 69

Nota. Fuente de elaboración propia.

Al igual que con el proyecto fotovoltaico, se considera una degradación y un incremento indexado anual para los dos parámetros.

Tipo de Contrato de Operación y Mantenimiento O&M

El tipo de contrato de mantenimiento seleccionado corresponde a uno de tipo mantenimiento preventivo y mano de obra de correctivo. Esto nos permitiría cubrir la mano de obra necesaria para realizar los mantenimientos correctivos y preventivos; y a su vez, en estos últimos incluir la reposición de fungibles y materiales pequeños que puedan ser necesarios en base al libro de mantenimiento.

En caso de originarse algún daño mayor, que evidentemente no se encuentra estipulado en la modalidad de contrato, procederemos a financiar los elementos de recambio con la partida de repuestos contemplada en el OPEX. Sí, los montos superan lo presupuestado, y el daño es altamente representativo recurriremos a los seguros contratados para el efecto.

Se aplicará la misma modalidad para las dos instalaciones y se incluirá garantías de disponibilidad con bonificaciones y penalizaciones de ser el caso.

Garantías del Contrato de O&M

Un contratista debe garantizar un promedio de disponibilidad del 98% de la instalación; que se medirá con la relación entre el tiempo real de operación y el tiempo teórico previsto de funcionamiento. En el caso de existir incumplimientos se fijarán penalidades calculados en bandas porcentuales de común acuerdo; el mismo método se aplicará en caso de existir una disponibilidad superior a la pactada.

El contratista se compromete igualmente a respetar los siguientes tiempos de detección y respuesta para incidencias cubiertas dentro del plan de Mantenimiento Correctivo con base en el documento Contrato de Mantenimiento Tipo de Sistemas Fotovoltaicos (Soto et al, 2018) detallados en la Tabla 38.

Tabla 38

Tiempos de detección y respuesta para fallas en planta FV

Descripción	Tiempo de detección	Tiempo de respuesta
Fallas que impliquen la desconexión del 100% de la planta durante horas de producción, o fallas que inutilicen el sistema de monitoreo durante horas de producción.	2h	12h
Fallos que impliquen graves riesgos de seguridad de la planta (fuego, impacto de rayos, pérdida de aislamiento) independientemente de las pérdidas de producción asociadas.		
Fallas que impliquen la desconexión de al menos un inversor FV durante horas de producción, o fallas que inutilicen una parte del sistema de monitoreo durante horas de producción.	4h	24h
Fallas que impliquen la desconexión de uno o varios strings de módulos sin que esto implique la desconexión de un inversor FV. Otros fallos menores.	8h	36h

Nota. Esta tabla es un extracto del documento contrato de mantenimiento tipo de sistemas fotovoltaicos (Soto et al, 2018)

Contratos de Seguros Durante la Fase de Explotación

Para los proyectos Fotovoltaico y Solar térmico con colectores de placa plana se ha optado por contratar los siguientes tipos de seguros: Seguro Todo Riesgo Material, Seguro Responsabilidad Civil, Seguro Ambiental que se detalla en las Tabla 36 y Tabla 37 en sección de seguros con las siguientes consideraciones.

Seguro Todo Riesgo Material

Este seguro debe cubrir los activos de generación, así como también la infraestructura del proyecto, para los casos se ha considerado el 0,2% del valor del CAPEX de cada proyecto.

En caso de existir daños en los activos por fuerza mayor o a causa de un tercero, el pago de las primas del seguro correrá a cuenta de los propietarios del proyecto.

Seguro Responsabilidad Civil

Este seguro responde por los propietarios de las planta fotovoltaica y solar térmica ante daños a un tercero por daños susceptibles en operación y mantenimiento de las plantas.

Seguro Responsabilidad Ambiental

Este seguro responde por los propietarios de las plantas ante impactos ambientales negativos que se puedan generar en el proceso de operación y vida útil de los mismos, los cuales en la mayoría se pueden presentar de carácter moderado.

TIR, VAN, LCOE y LROE de los Proyectos Fotovoltaico y Solar Térmico Sin CAPEX de Mantenimiento

Para el cálculo del TIR y el VAN se ha estimado un tiempo de vida útil de 30 años para los dos proyectos, con un modelo de tipo de construcción EPC y considerando las variables como son: degradación y disponibilidad de la planta, CAPEX de mantenimiento, índices para venta de energía eléctrica y térmica, índice de compra de energía e índice de compra de materiales y mano de obra. En la Tabla 39 se muestran los porcentajes considerados para las variables mencionadas previamente.

Tabla 39

Variables de hipótesis de los proyectos

HIPÓTESIS PROYECTO	FOTOVOLTAICO	SOLAR TÉRMICO
Tipo de Construcción	EPC	EPC
Degradación de la planta	0,20%	0,20%
Disponibilidad de la planta (aplica sobre generación)	98,00%	98,00%
Capex Mantenimiento año 7	10,00%	8,00%
Capex Mantenimiento año 14	15,00%	13,00%
Capex Mantenimiento año 21	15,00%	13,00%
Índice Venta energía eléctrica	2,00%	2,00%
Índice Venta energía térmica	2,00%	2,00%
Índice Compra - IPC energía	2,00%	2,00%
Índice Compra - IPC materiales y mano obra	1,50%	1,50%

Nota. Fuente de elaboración propia.

TIR y VAN del Proyecto Fotovoltaico con 100% de Fondos Propios

Con base a las hipótesis de la Tabla 39 se generó el flujo de caja libre para el tiempo de duración del proyecto que nos permite determinar el TIR y el VAN correspondientes que se muestran en la Tabla 40 a continuación.

Tabla 40

TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento para proyecto fotovoltaico

TIR EQUITY (20) años	7,91%
TIR EQUITY (30 años)	9,84%
VAN (30 años)	\$111.643,21

Nota. Fuente de elaboración propia.

Comparado con la WACC esperada de 10%, el TIR tiene una ligera desviación a la baja de 0,16%. Lo que nos permite determinar que el proyecto es rentable.

TIR y VAN del Proyecto Solar Térmico con 100% de Fondos Propios

Con base a las hipótesis de la Tabla 39 se generó el flujo de caja libre para el tiempo de duración del proyecto que nos permite determinar el TIR y el VAN correspondientes que se muestran en la Tabla 41 a continuación.

Tabla 41

TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento para proyecto solar térmico

TIR EQUITY (20) años	5,62%
TIR EQUITY (30 años)	7,88%
VAN (30 años)	\$500.791,99

Nota. Fuente de elaboración propia.

Comparado con la WACC esperada de 10%, el TIR tiene una considerable desviación a la baja de 2,12%. Incluso, si comparamos el TIR obtenido con la tasa de interés referencial a plazo fijo de 7,98% es inferior, lo que lo convierte en un proyecto no viable económicamente.

Cálculo del LCOE y LROE de los Proyectos

Para los dos proyectos se consideró unas tasas de proyección de las partidas de gasto como son: operación y mantenimiento (O/M) 2% y seguros 1,5%, basados esencialmente en la proyección de la inflación para el Ecuador, que tendería a estabilizarse en alrededor del 1% a partir del año 2025. (STATISTA, 2022)

Con estas partidas se ha realizado el cálculo de los “K” y “fΣ” de O/M y seguros, estos valores finalmente son utilizados para la obtención del LCOE y LROE de los proyectos y se muestran en la Tabla 42.

Tabla 42

LCOE y LROE de los proyectos

	Fotovoltaico	Solar térmica
LCOE (\$/KWh)	0,109	0,162
LROE (\$/KWh)	0,127	0,125

Nota. Fuente de elaboración propia.

De la Tabla 42 concluimos que $LROE > LCOE$ para el proyecto fotovoltaico, por lo que es económicamente viable. Esto no ocurre para el proyecto solar térmico en donde $LROE < LCOE$.

Cálculo Del TIR Y VAN de los Proyectos Fotovoltaico y Solar Térmico con Project

Finance

Para los cálculos se ha considerado un financiamiento bancario del 70% de la inversión total, a una tasa de interés anual del 8,4% que corresponde a la tasa referencial para inversión pública de acuerdo con el Banco Central del Ecuador a junio del 2022 (Banco Central Del

Ecuador, 2022); el crédito se planteó a un plazo máximo de 15 años. El 30% restante corresponde a fondos propios de la sociedad formada en la urbanización.

TIR y VAN del Proyecto Fotovoltaico con Project Finance

Los valores obtenidos de TIR y VAN con financiamiento se presentan a continuación.

Tabla 43

TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 70% de financiamiento

TIR EQUITY (20) años	9,50%
TIR EQUITY (30 años)	12,21%
VAN (30 años)	\$72.251,40

Nota. Fuente de elaboración propia.

Bajo estas condiciones no se satisface el ratio de cobertura de la deuda de 1,2, normalmente exigido por las entidades bancarias, durante los tres primeros años de operación; por lo que, respetando el tiempo de financiamiento de 15 años, se satisface el ratio a lo largo del proyecto optando solo por un 60% de financiamiento bancario. Con esta consideración los valores finales se muestran en la Tabla 44 a continuación.

Tabla 44

TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 60% de financiamiento

TIR EQUITY (20) años	9,10%
TIR EQUITY (30 años)	11,65%
VAN (30 años)	\$78.231,30

Nota. Fuente de elaboración propia.

Si nuevamente comparamos el escenario de la Tabla 44 con la WACC del 10% considerada, determinamos que el proyecto es económicamente viable.

TIR y VAN del Proyecto Solar Térmico de Placa Plana con Project Finance

En la Tabla 45 se detallan los valores obtenidos de TIR y VAN con financiamiento del 70%.

Tabla 45

TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 70% de financiamiento

TIR EQUITY (20) años	4,83%
TIR EQUITY (30 años)	8,56%
VAN (30 años)	\$232.886,53

Nota. Fuente de elaboración propia.

Bajo estas condiciones de financiamiento, se presenta el mismo escenario que en el proyecto fotovoltaico, donde no se satisface el ratio de cobertura del servicio de la deuda de 1,2 en los seis primeros años de operación; por lo que para los cálculos se opta por reducir el financiamiento bancario al 50%. Con esta consideración los valores finales se muestran en la Tabla 46 a continuación.

Tabla 46

TIR y VAN de la inversión EQUITY sobre el flujo de caja libre con CAPEX de mantenimiento, y 50% de financiamiento

TIR EQUITY (20) años	5,26%
TIR EQUITY (30 años)	8,33%
VAN (30 años)	\$318.249,43

Nota. Fuente de elaboración propia.

Con un TIR a 30 años de 8,33%, concluimos que el proyecto no es viable.

Resumen de Resultados Económicos

Para finalizar el análisis económico y financiero, en la Tabla 47 se incluye un resumen de los indicadores obtenidos de los proyectos estudiados. Se aprecia que el proyecto

fotovoltaico es rentable y podría ser objeto de inversión; mientras que, el proyecto solar térmico no se ve muy atractivo por su baja rentabilidad.

Tabla 47

Resumen de resultados económicos

Tipo de proyecto	TIR %	VAN (\$)	LCOE (\$/KWh)	LROE (\$/KWh)
Solar fotovoltaico con 100% fondos propios	9,84	111.643,21	0,109	0,127
Solar fotovoltaico con 60% de financiamiento.	11,65	78.231,30	-	-
Solar térmico con 100% de fondos propios	7,88	500.791,99	0,162	0,125
Solar térmico con 50% de financiamiento	8,33	318.249,43	-	-

Nota. Fuente de elaboración propia.

Referencias

Agencia De Regulación Y Control De Energía Y Recursos Naturales No Renovables.

(2022). *Control Recursos Y Energía*. Obtenido de

https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/05/Pliego-Tarifario-Servicio-Publico-de-Energia-Electrica_-Ano-2022.pdf

Banco Central Del Ecuador. (Junio de 2022). *Página Web Del Banco Central Del*

Ecuador. Obtenido de

<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>

Banco Central Del Ecuador. (Mayo de 2022). *Página Web Del Banco Central Del*

Ecuador. Obtenido de

<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/TasasVigentes052022.htm>

BID. (5 de Junio de 2020). *Ecuador avanza en la transformacion de la matriz energética*

con apoyo del BID . Obtenido de Ecuador avanza en la transformacion de la

matriz energética con apoyo del BID : [https://www.iadb.org/es/noticias/ecuador-](https://www.iadb.org/es/noticias/ecuador-avanza-en-la-transformacion-de-la-matriz-energetica-con-apoyo-del-bid)

[avanza-en-la-transformacion-de-la-matriz-energetica-con-apoyo-del-bid](https://www.iadb.org/es/noticias/ecuador-avanza-en-la-transformacion-de-la-matriz-energetica-con-apoyo-del-bid)

Commission, T. E. (2022). *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION*

SYSTEM. Obtenido de <https://re.jrc.ec.europa.eu/>

Cuenca, I. F., Montoya, I., Ordóñez, I., Sánchez, I., & Suárez, I. (1 de Junio de 2019).

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN XX:2009. Obtenido de NORMA

TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN XX:2009: <http://enerpro.com.ec/wp-content/uploads/2019/04/Norma-Solar-Termica-CEC.pdf>

Echeverria Llumipanta , N. A. (2021). *Contexto energético e integración de las energías de fuentes renovables* .

El Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía . (s.f.). Obtenido de El Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía :
<https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2021/05/Resolucion-Nro.-ARCERNNR-014-2021-signed-signed.pdf>

Energy, O. o. (09 de 04 de 2022). Obtenido de FEDERAL ENERGY MANAGEMENT PROGRAM: <https://www.energy.gov/eere/femp/federal-energy-management-program>

González, V. L. (2017). *Replanteo de instalaciones solares térmicas. ENAE0208*. Málaga: IC Editorial.

IDAE. (Enero de 2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*. Obtenido de 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

Laboratory, N. R. (2020). *The NSRDB Data Viewer*. Obtenido de The NSRDB Data Viewer: https://maps.nrel.gov/nsrdb-viewer/?aL=x8Cl3i%255Bv%255D%3Dt%26Jea8x6%255Bv%255D%3Dt%26Jea8x6%255Bd%255D%3D1%26VRLt_G%255Bv%255D%3Dt%26VRLt_G%255Bd

%255D%3D2%26mcQtmw%255Bv%255D%3Dt%26mcQtmw%255Bd%255D%3D3&bL=clight&cE=0&IR=0&mC=0.010484754980711851%2C-78.

Líderes. (14 de Octubre de 2013). 17 proyectos para instalar 284 megavatios. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/17-proyectos-instalar-284-megavatios.html>

Ministerio de Energía y Recursos No Renovables . (s.f.). Obtenido de Ministerio de Energía y Recursos No Renovables : <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/Plan-Maestro-de-Electricidad-2018-2027.pdf>

Ministerio De Fomento De España. (2019). *Código Técnico de la Edificación*. Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DccHE.pdf>

Ormaza Andrade, J., Ochoa Crespo , J., Ramíírez Valarezo , F., & Quevedo Vázquez , J. (Julio de 2020). *Revista de Ciencias Sociales* . Obtenido de Revista de Ciencias Sociales: <file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-ResponsabilidadSocialEmpresarialEnElEcuador-7565475.pdf>

Peláez , M., & Espinoza , J. (2015). *Energías Renovables en el Ecuador, situación actual, tendencias y perspectivas* . Cuenca .

SMA Solar Technology AG. (2022). *SUNNY DESIGN*. Obtenido de <https://www.sunnydesignweb.com/>

Solargis. (10 de 06 de 2022). *Global Solar Atlas*. Obtenido de <https://api.globalsolaratlas.info/>

Soto et al, G. (Noviembre de 2018). Obtenido de <https://4echile-datastore.s3.eu-central-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/10/05150508/Contrato-de-Mantenimiento-Tipo-de-Sistemas-Fotovoltaicos.pdf>

STATISTA. (Abril de 2022). *es.statista.com*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1190037/tasa-de-inflacion-ecuador/>

Apéndices

Apéndice A: Datos obtenidos de GLOBAL SOLAR ATLAS

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

Conocoto

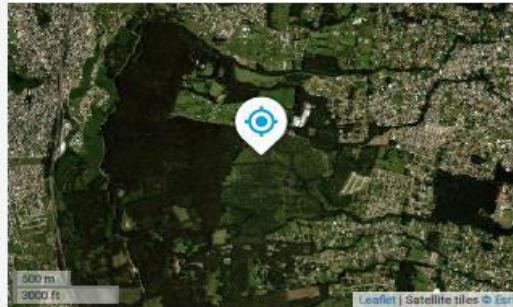
-00.310153°,-078.50571°
Isidro Ayora, Conocoto, Pichincha, Ecuador
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

Report generated: 21 Mar 2022

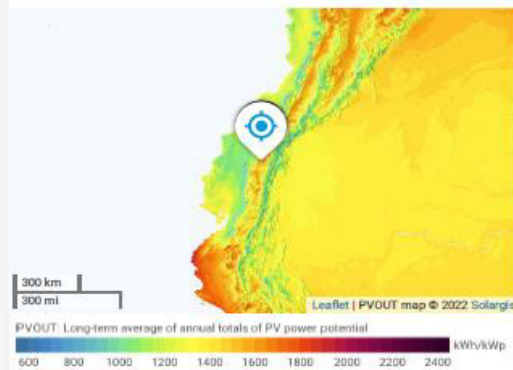
SITE INFO

Map data		Per year
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1639.4 kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	1694.0 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	2010.9 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	818.9 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opt.a	2013.7 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	4 / 0 °
Air temperature	TEMP	15.0 °C
Terrain elevation	ELE	2719 m

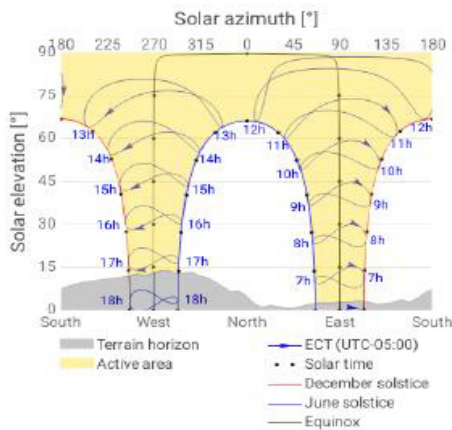
Map



PVOUT map



Horizon and sunpath



GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

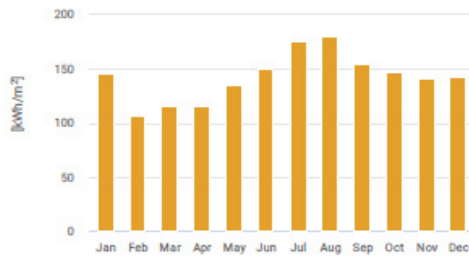
Direct normal irradiation

1709.5

kWh/m² per year

Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]



UTC-05

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7	104	41	77	116	159	151	154	162	206	227	200	148
7 - 8	402	298	310	394	439	502	542	561	532	481	435	413
8 - 9	505	407	415	485	519	585	657	699	651	589	552	534
9 - 10	558	470	476	524	549	612	682	724	680	647	626	598
10 - 11	590	504	504	533	545	589	652	684	650	644	634	633
11 - 12	584	484	461	465	502	530	574	602	542	567	588	585
12 - 13	500	391	409	377	425	457	508	519	475	453	458	465
13 - 14	408	328	352	274	341	406	449	475	410	350	361	352
14 - 15	331	263	238	213	293	376	435	443	325	274	304	300
15 - 16	304	240	214	202	275	362	423	424	301	229	244	270
16 - 17	273	214	200	220	271	357	405	398	284	210	224	245
17 - 18	130	150	100	57	69	89	198	97	70	49	52	60
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	4700	3790	3756	3861	4386	5015	5680	5778	5126	4722	4699	4603

GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTMv4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CIS)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GTL _{opta}	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT _{total}	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT _{specific}	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (<https://globalsolaratlas.info/>), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

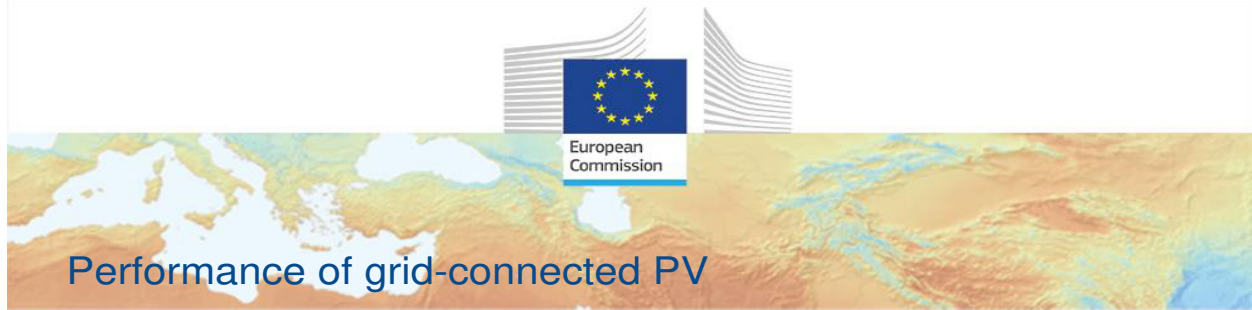
The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGO) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use <https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use>).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis

Apéndice B: Resultados de producción anual obtenidos del software PVGIS



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

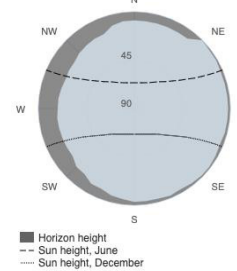
Provided inputs:

Latitude/Longitude: -0.303,-78.512
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-NSRDB
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 104.47 kWp
System loss: 7 %

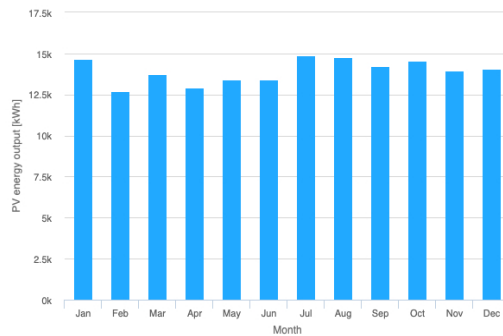
Simulation outputs

Slope angle: 0 (opt) °
Azimuth angle: 0 °
Yearly PV energy production: 167283.22 kWh
Yearly in-plane irradiation: 1880.81 kWh/m²
Year-to-year variability: 6363.21 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -2.95 %
Spectral effects: NaN %
Temperature and low irradiance: -5.68 %
Total loss: -14.86 %

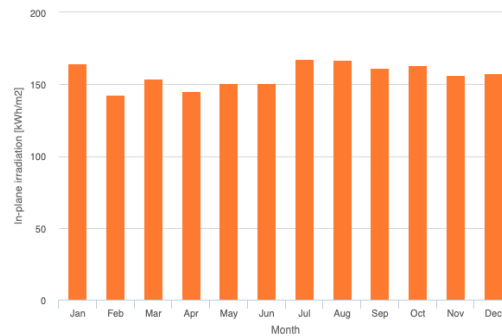
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	14638.7164.6	1293.0	
February	12722.4142.9	1474.0	
March	13716.2154.0	865.0	
April	12912.8144.9	1000.7	
May	13422.5150.6	833.4	
June	13416.4150.8	882.2	
July	14865.8167.6	861.4	
August	14771.8166.9	711.0	
September	14238.7161.3	1767.3	
October	14542.3163.4	769.6	
November	13952.4156.1	945.4	
December	14083.1157.7	1345.8	

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimise disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

For more information, please visit https://ec.europa.eu/info/legal/notice_en

Apéndice C: Ficha técnica del panel TRINA SOLAR modelo TSM-505DE18M(II)



Bifacial Module	485W	490W	495W	500W	505W
V _{oc} (V)	50.9	51.1	51.3	51.5	51.7
I _{sc} (A)	12.01	12.05	12.09	12.13	12.17
V _{mp} (V)	42.5	42.8	43.1	43.4	43.7
I _{mp} (A)	11.42	11.45	11.49	11.53	11.56
Module dimension	2187 × 1102 × 30 mm				

Back Sheet Module	485W	490W	495W	500W	505W
V _{oc} (V)	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
I _{sc} (A)	12.01	12.05	12.09	12.13	12.17
V _{mp} (V)	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
I _{mp} (A)	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Module dimension	2176 × 1098 × 35 mm				



500W+ Ultra-High Power with 21% High Efficiency
Vertex Multi-busbar Module



Subject to change.
© Trinasolar Vertex Brochure 2020_03_Rev03_EN
<https://www.trinasolar.com/>

Vertex

OPENING THE NEW ERA OF 500W+ OUTPUT

The 500W+ Vertex series modules, with a module conversion efficiency reaching 21%, boast a power output over 500W. Incorporating 210mm cells, the 500W+ Vertex series modules come in two versions - the bifacial double-glass modules and back sheet modules, delivering high customer value.



Utility & C&I Designed for utility and C&I projects

500W+ 21% 500W+ ultra-high power with 21% high efficiency

1/3 CUT Best system compatibility from 1/3-cut cells and innovative 5*30 string cell layout

12 yr 30 12-year product warranty, 30-year power warranty

-0.35% Better temperature coefficient (-0.35%), lower working temperature result in more generated power

options Monofacial and bifacial options

+30% Up to 30% additional power gain from rear side in different installation environments

IAM Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low light performance, validated by 3rd party certifications

5400 Pa Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load

TECHNOLOGY

CUTTING-EDGE TECHNOLOGIES BRING HIGHER POWER AND EFFICIENCY



Trina Solar has initiated the development of modules based on 210mm-size cells and has started the mass production of the 500W+ Vertex modules as of March, 2020.

Based on Trina Solar's superior multi-busbar technology, the 500W+ Vertex modules incorporate an innovative design that integrates advanced three-piece, non-destructive cutting and high-density encapsulation technologies, eliminating the potential risks associated with ultra-high power modules: voltage, current and thermal overload as well as micro cracks.

The 500W+ Vertex modules are designed to be compatible with virtually any mainstream solar system design.

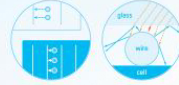
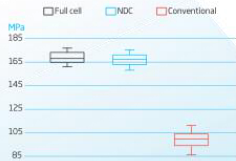
210mm silicon wafer

The 500W+ Vertex module employs cells based on 210mm silicon wafers, which is the largest possible wafer size provided by the semiconductor industry and brings the highest power output.



Non-destructive cutting technology

Non-destructive cutting technology is adopted to achieve the best cell bending strength and section appearance, resulting in the best performance for the minimum cell unit.



Multi-busbar technology

Multi-busbar, with the capability to increase light absorption, perfectly matches the large-area cell. Technology integration enables the 500W+ Vertex modules to achieve higher power and power generation capacity per watt.

Parameter	Full cell	Half cell	1/3 cell
P_{max}	473W	495W	500W
mono-facial I_{sc}	18.2A	18.2A	12.1A
V_{oc}	34.3V	34.3V	51.5V
Process risk	Low	Low	Normal

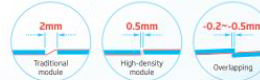
1/3-cut technology

1/3-cut replaces the traditional half-cut technology and solves the issues resulting from high system current while reducing power loss. And 1/3-cut plus multi-busbar will outperform all other module solutions for 210mm modules, which will help to achieve higher power while minimizing manufacturing and hotspot issues, maximizing junction box safety, and eliminating power loss associated with inverter current limitation.



5*30 layout design

The 500W+ Vertex modules feature the innovative 5*30 layout, which enable module dimensions that make installation easy and avoid increasing logistics cost.



High density encapsulation technology

By flattening cell connection areas of welding tape, the cell spacing is reduced to 0.5mm to optimize power output and efficiency, which will leave certain gap to reduce yield risk, micro-cracks and damage to the modules.

BOS SAVINGS

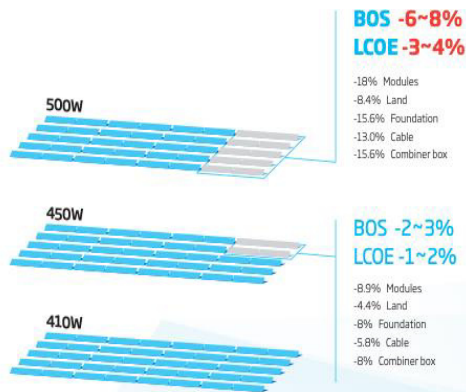
500W+ VERTEX MODULES BRING MORE BOS SAVINGS

100MW
410W VS. 450W VS. 500W

Source:
Trina Solar Key Lab

Project location:
Heilongjiang Qiqihar, China

Project volume:
100MW



TRINAPRO 2.0 SOLUTION

CUSTOMIZED SOLUTION FOR 500W+ VERTEX MODULES INCREASE YOUR RETURNS

Before starting the design process, the Trina Solar R&D team fully studied the impact of changes in module dimension, weight and technical specifications. The 500W+ Vertex modules are verified and confirmed to be compatible with mainstream inverters and tracking systems.

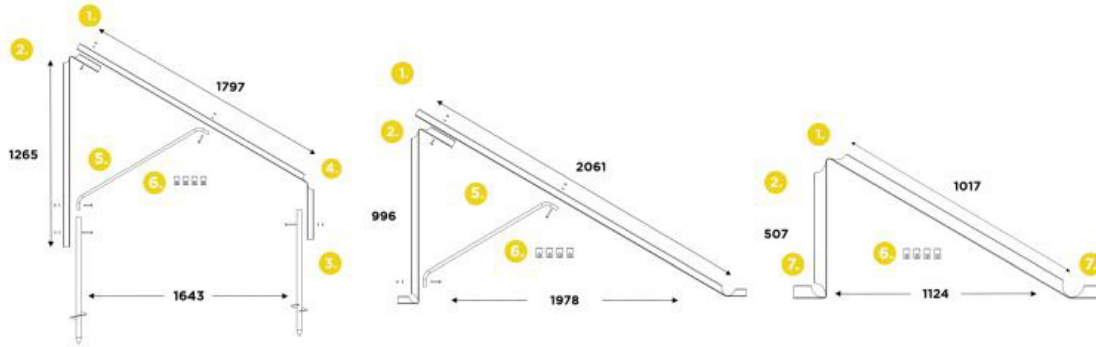
The TrinaPro 2.0 solution integrates 500W+ vertex modules and customized Nclave trackers with especially designed driver unit, which will give full play to the Vertex modules and ensure the safety and reliability of the system.

And the tracking algorithm that TrinaPro R&D team developed will also be adaptive to the Vertex modules, which will bring an extra performance gain of 1-2%.



Apéndice D: Ficha técnica de soportes tipo triangulo para paneles FV





FIJACIÓN VERTICAL

Peso de estructura 17 Kg

1. **Diagonal soporte paneles:** Adaptable a cualquier modelo de panel (policristalino y monocristalino) desde 100Wp a 330 x 395.

2. **Pata vertical:** Regulable a pedido de acuerdo al grado de latitud y altura para despeje.

3. **Estacas de fijación:** Apta para suelos compactos y sueltos. Puede clavarse con máquina o manualmente en pocos minutos.

4. **Rodilla:** Su diseño permite optimizar calles y su limpieza.

FIJACIÓN PLANA

Peso de estructura 9,8 Kg

5. **Rienda:** Accesorio opcional para zonas con fuerte carga de vientos.

6. **Morcetas fijación de paneles fotovoltaicos:** La manera más rápida y simple de fijar los paneles a la estructura.

7. **Fijación plana:** Permite instalación en plateas y azoteas o sobre bases de concreto abulonadas.

MONOPANEL

Peso de estructura 4,5 Kg



Tonka Solar
Uruguay 3701, Victoria, Buenos Aires

ventas@tonkasolar.com.ar
+54 11 4725-1566 / 1422 / 0244
Cel. / Whats App: +54 9 11 3170-4067
www.tonkasolar.com.ar



Apéndice E: Ficha técnica del inversor SMA modelo SUNNY TRIPOWER CORE 2 STP 110-60

SUNNY TRIPOWER CORE2
STP 110-60



More flexibility

- For large rooftop and ground-mounted systems up to the MW range
- 12 MPP trackers
- 24 strings with 1100 VDC Sunclix connector

More power

- 110 kW for standard 400 VAC
- Fast commissioning without additional DC combiners
- Peak efficiency of 98.6%

More yield

- Premium monitoring service for reliable system performance
- Maximum yields thanks to the integrated software solution SMA ShadeFix

More system integration

- Flexible and future-proof expansion in the SMA Energy System Business
- Holistic energy management with ennexOS
- High IT security

SUNNY TRIPOWER CORE2

Flexible system design and highest yields thanks to integrated features

Flexible system design for larger commercial PV systems: The Sunny Tripower CORE2 is the ideal inverter for decentralized system structures up to the megawatt range. With 110 kilowatts, 24 strings and 12 MPP trackers, the Sunny Tripower CORE2 allows for a particularly high solar coverage in ground-mounted PV systems as well as at different roof pitches during the day. The integrated SMA ShadeFix software solution automatically optimizes system performance anytime, even with partially shaded modules. The automatic monitoring service SMA Smart Connected also ensures maximum PV system yields by detecting failures as fast as possible.

With the Sunny Tripower CORE2 as a central component of the SMA Energy System Business, installers and PV system operators will benefit from the high-quality components from a single source and future-proof options to expand their systems by SMA storage solutions.

SUNNY TRIPOWER CORE2
STP 110-60



More flexibility

- For large rooftop and ground-mounted systems up to the MW range
- 12 MPP trackers
- 24 strings with 1100 VDC Sunclix connector

More power

- 110 kW for standard 400 VAC
- Fast commissioning without additional DC combiners
- Peak efficiency of 98.6%

More yield

- Premium monitoring service for reliable system performance
- Maximum yields thanks to the integrated software solution SMA ShadeFix

More system integration

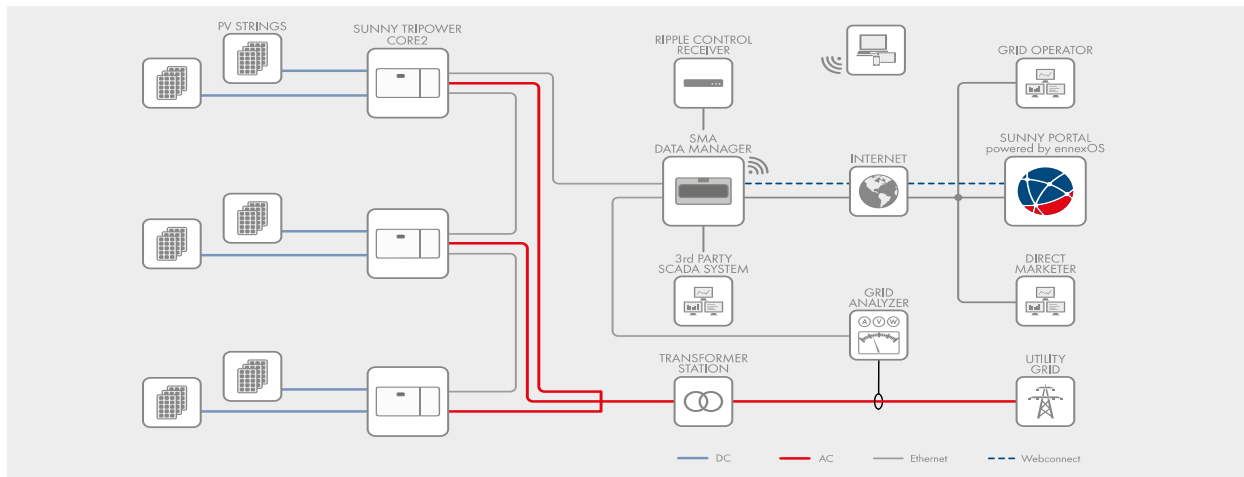
- Flexible and future-proof expansion in the SMA Energy System Business
- Holistic energy management with ennexOS
- High IT security

SUNNY TRIPOWER CORE2

Flexible system design and highest yields thanks to integrated features

Flexible system design for larger commercial PV systems: The Sunny Tripower CORE2 is the ideal inverter for decentralized system structures up to the megawatt range. With 110 kilowatts, 24 strings and 12 MPP trackers, the Sunny Tripower CORE2 allows for a particularly high solar coverage in ground-mounted PV systems as well as at different roof pitches during the day. The integrated SMA ShadeFix software solution automatically optimizes system performance anytime, even with partially shaded modules. The automatic monitoring service SMA Smart Connected also ensures maximum PV system yields by detecting failures as fast as possible.

With the Sunny Tripower CORE2 as a central component of the SMA Energy System Business, installers and PV system operators will benefit from the high-quality components from a single source and future-proof options to expand their systems by SMA storage solutions.



Technical data	Sunny Tripower CORE2
Input (DC)	
Max. PV array power	165000 Wp STC
Max. input voltage	1100 V
MPP voltage range	500 V to 800 V
Rated input voltage	585 V
Min. input voltage / Start input voltage	200 V / 250 V
Max. input current per MPP tracker / Max. short-circuit current per MPP tracker	26 A / 40 A
Number of independent MPP trackers / Strings per MPP tracker	12 / 2
Output (AC)	
Rated power at nominal voltage	110000 W
Max. apparent AC power	110000 VA
Nominal AC voltage	400 V
AC voltage range	320 V to 460 V
AC grid frequency / range	50 Hz / 45 Hz to 55 Hz 60 Hz / 55 Hz to 65 Hz
Rated grid frequency	50 Hz
Max. output current	159 A
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited
Harmonic (THD)	< 3%
Feed-in phases / AC connection	3 / 3-PE
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	98.6% / 98.4%
Protective devices	
Input-side disconnection device	•
Ground fault monitoring / grid monitoring / DC reverse polarity protection	• / • / •
AC short-circuit current capability / galvanically isolated	• / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	•
Monitored surge arrester (type II) AC / DC	• / •
Protection class (according to IEC 62109-1) / surge category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
General data	
Dimensions (W / H / D)	1117 mm / 682 mm / 363 mm (44.0 in / 26.9 in / 14.3 in)
Weight	93.5 kg (206.1 lbs)
Operating temperature range	-30 °C to +60 °C (-22 °F to +140 °F)
Noise emission, typical	< 65 db(A)
Self-consumption (at night)	< 5 W
Topology / cooling concept	Transformerless / active cooling
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP66
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%
Features / functions / accessories	
DC connection / AC connection	Sunclix / terminal lug (up to 240 mm ²)
LED display (Status / Fault / Communication)	•
Ethernet interface	• (2 ports)
Data interface	Web Interface / Modbus SunSpec
Mounting type	Wall mounting / rack mounting
Warranty: 5 / 10 / 15 / 20 years	• / ○ / ○ / ○
Certificates and approvals (selection)	IEC 62109-1/-2, EN50549-1/-2:2018, VDE-AR-N 4105/4110/4120:2018, IEC 62116, IEC 61727, C10/C11 LV2/MV1:2018, CEI 0-16:2019, AS/NZS 4777.2, SI 4777, TOR Generator Typ A/B
• Standard features ○ Optional features - not available Data at nominal conditions Status 03/2020	
Type designation	STP 110-60

Apéndice F: Diseño de planta FV con herramienta Sunny Design

Electricidad Pérez • C/ Mayor nº 21 • n28051 Madrid

Urbanización El Manantial El Manantial
Quito
Ecuador

Electricidad Pérez
C/ Mayor nº 21
n28051 Madrid

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

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Emplazamiento: Ecuador / Quito

Número del proyecto: ---

Tensión de red: 400V (3~)

Vista general del sistema

104 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021) (Edificio 2: Superficie 1 (Sur))

Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 52,52 kWp

104 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021) (Edificio 1: Superficie 2 (Sur))

Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 52,52 kWp

 **1 x SMA STP110-60 (CORE2)**

Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	208	Factor de aprovecham. de energía:	99,8 %
Potencia pico:	105,04 kWp	Coefficiente de rendimiento*:	88,6 %
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Rendimiento energético específico*:	1735 kWh/kWp
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	110,00 kW	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia activa de CA:	110,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Relación de la potencia activa:	104,7 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 30 año(s):	1.791 t
Rendimiento energético anual*:	182,26 MWh		

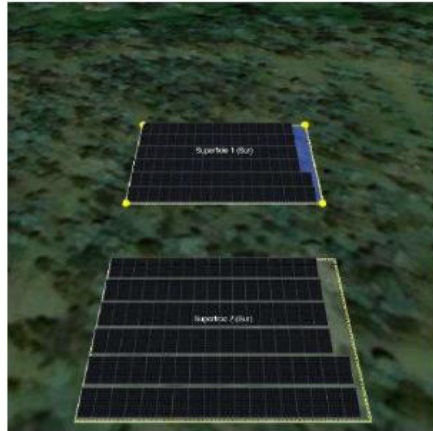
Firma

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

Su sistema energético de un vistazo



Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial



Electricidad Pérez
C/ Mayor nº 21
n28051 Madrid

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

Número del proyecto: ---
Emplazamiento: Ecuador / Quito
Fecha: 10/04/2022

Creada con Sunny Design 5.22.4.R © SMA Solar Technology AG 2022

Sistema energético

Planta FV	Inversor fotovoltaico 1 x SMA STP110-60 (CORE2)	Generadores FV 208 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex)
Componentes adicionales	Gestión de la energía 1 x SMA Data Manager M	
Tamaño del sistema	Planta FV 105,04 kWp	

Ventajas



0,042 USD

Costes de producción de electricidad en 30 año(s)



11,60 %

Rentabilidad anual (TIR)



8,0 a

Tiempo de amortización estimado



1.791 t

Reducción de CO₂ al cabo de 30 año(s)

Remuneración al cabo de 30 año(s)

508.919 USD

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

Diseños de los inversores

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Número del proyecto:

Emplazamiento: Ecuador / Quito

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: 6 °C

Temperatura de diseño: 17 °C

Temperatura máxima: 26 °C

Subproyecto Subproyecto 1

1 x SMA STP110-60 (CORE2) (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	105,04 kWp
Cantidad total de módulos:	208
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potencia de CC (cos ϕ = 1) máx.:	111,80 kW
Potencia activa máx. de CA (cos ϕ = 1):	110,00 kW
Tensión de red:	400V (3~)
Ratio de potencia nominal:	106 %
Factor de dimensionamiento:	95,5 %
Factor de desfase cos ϕ :	1
Horas de carga completa:	1656,9 h



SMA STP110-60 (CORE2)

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Edificio 1: Superficie 2 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada B: Edificio 1: Superficie 2 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada C: Edificio 1: Superficie 2 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada D: Edificio 1: Superficie 2 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada E: Edificio 1: Superficie 2 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada F: Edificio 1: Superficie 2 (Sur)

19 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada G: Edificio 2: Superficie 1 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada H: Edificio 2: Superficie 1 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada I: Edificio 2: Superficie 1 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada J: Edificio 2: Superficie 1 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada K: Edificio 2: Superficie 1 (Sur)

17 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada L: Edificio 2: Superficie 1 (Sur)

19 x Trina Solar Energy TSM-505DE18M(II) (Vertex) (05/2021), Acimut: 0 °, Inclinación: 10 °, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:	Entrada B:	Entrada C:
Número de strings:	1	1	1
Módulos fotovoltaicos:	17	17	17
Potencia pico (de entrada):	8,59 kWp	8,59 kWp	8,59 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 400 V):	200 V	200 V	200 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 696 V	✓ 696 V	✓ 696 V
Tensión mín.:	663 V	663 V	663 V
Tensión de CC (Inversor): máx.	1100 V	1100 V	1100 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 925 V	✓ 925 V	✓ 925 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	26 A	26 A	26 A
Corriente máx. del generador:	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	40 A	40 A	40 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A
	Entrada D:	Entrada E:	Entrada F:
Número de strings:	1	1	1
Módulos fotovoltaicos:	17	17	19
Potencia pico (de entrada):	8,59 kWp	8,59 kWp	9,60 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 400 V):	200 V	200 V	200 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 696 V	✓ 696 V	✓ 778 V
Tensión mín.:	663 V	663 V	741 V
Tensión de CC (Inversor): máx.	1100 V	1100 V	1100 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 925 V	✓ 925 V	✓ 1033 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	26 A	26 A	26 A
Corriente máx. del generador:	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	40 A	40 A	40 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A

	Entrada G:	Entrada H:	Entrada I:
Número de strings:	1	1	1
Módulos fotovoltaicos:	17	17	17
Potencia pico (de entrada):	8,59 kWp	8,59 kWp	8,59 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 400 V):	200 V	200 V	200 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 696 V	✓ 696 V	✓ 696 V
Tensión mín.:	663 V	663 V	663 V
Tensión de CC (Inversor): máx.	1100 V	1100 V	1100 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 925 V	✓ 925 V	✓ 925 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	26 A	26 A	26 A
Corriente máx. del generador:	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	40 A	40 A	40 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A
	Entrada J:	Entrada K:	Entrada L:
Número de strings:	1	1	1
Módulos fotovoltaicos:	17	17	19
Potencia pico (de entrada):	8,59 kWp	8,59 kWp	9,60 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 400 V):	200 V	200 V	200 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 696 V	✓ 696 V	✓ 778 V
Tensión mín.:	663 V	663 V	741 V
Tensión de CC (Inversor): máx.	1100 V	1100 V	1100 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 925 V	✓ 925 V	✓ 1033 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	26 A	26 A	26 A
Corriente máx. del generador:	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A	✓ 11,8 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	40 A	40 A	40 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A	✓ 12,4 A

Compatible con FV/inversor

Este inversor incluye SMA ShadeFix. SMA ShadeFix es un software para inversores patentado que optimiza de forma automática el rendimiento de las plantas fotovoltaicas en cualquier situación. También con sombra.

Indicaciones

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial
Número del proyecto:

Emplazamiento: Ecuador / Quito

✔ Proyecto Urbanización El Manantial

✔ Subproyecto 1

✔ 1 x SMA STP110-60 (CORE2) (Parte de la planta 1)

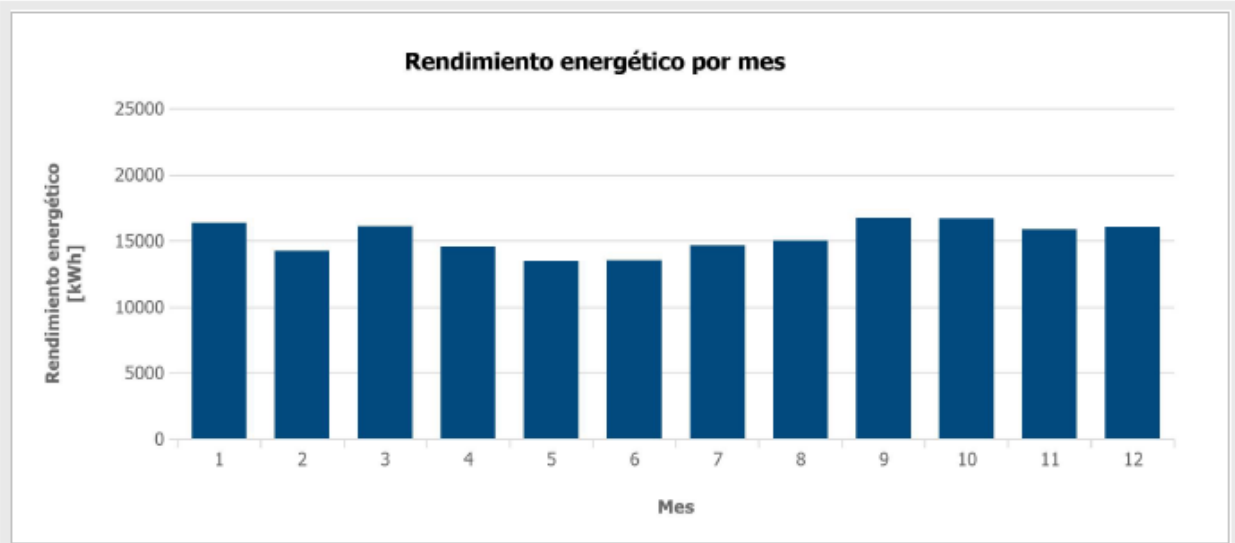
ℹ Este inversor incluye SMA ShadeFix. SMA ShadeFix es un software para inversores patentado que optimiza de forma automática el rendimiento de las plantas fotovoltaicas en cualquier situación. También con sombra.

Valores mensuales

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial
Número del proyecto:

Emplazamiento: Ecuador / Quito

Diagrama



Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Coefficiente de rendimiento
1	16243 (8,9 %)	88 %
2	14175 (7,8 %)	88 %
3	16000 (8,8 %)	89 %
4	14500 (8,0 %)	89 %
5	13401 (7,4 %)	89 %
6	13431 (7,4 %)	89 %
7	14565 (8,0 %)	89 %
8	14931 (8,2 %)	89 %
9	16675 (9,1 %)	89 %
10	16609 (9,1 %)	89 %
11	15766 (8,7 %)	88 %
12	15961 (8,8 %)	88 %

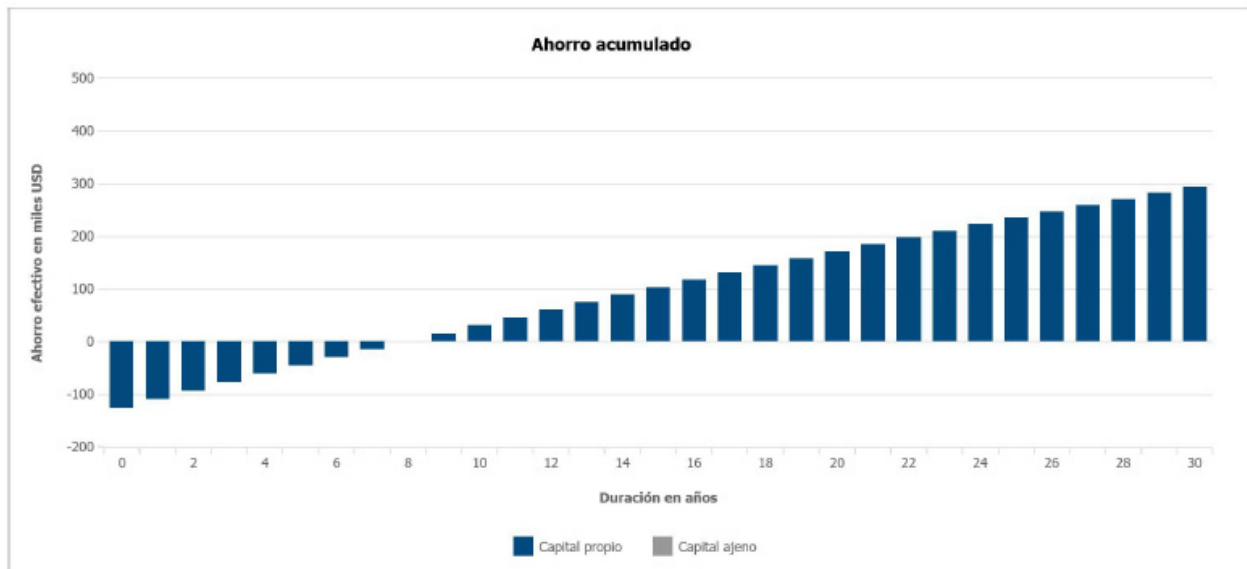
Análisis de la rentabilidad

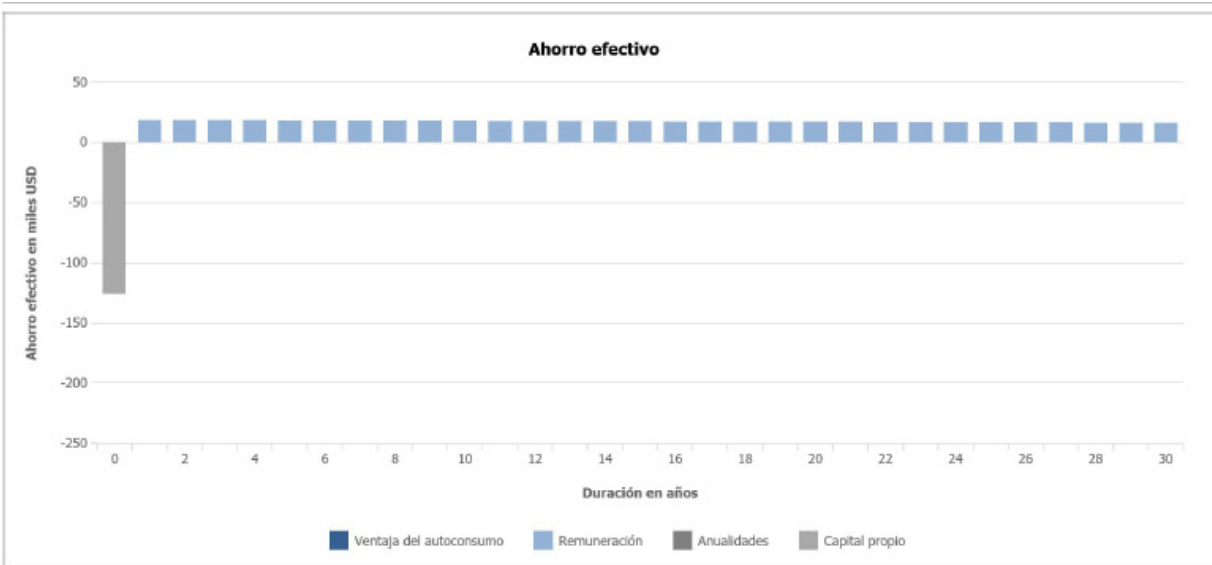
Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Número del proyecto:

Detalles

Remuneración al cabo de 30 año(s)	508.919 USD
Tiempo de amortización estimado	8,0 a
Inversión total	126.048,00 USD
Rentabilidad anual (TIR)	11,60 %





Análisis de la rentabilidad

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Número del proyecto:

Financiación

La moneda es **USD**

La cuota de capital propio es del **100 %**

La cuota de capital ajeno es del **0 %**

La subvención asciende a **0,00 USD**

La tasa de inflación es del **3,00 %**

El periodo de análisis de la rentabilidad es de **30 año(s)**

Costes de consumo eléctrico y remuneración

El precio del consumo eléctrico asciende a **0,28000 USD/kWh**

El precio básico es **0,00 USD/Mes.**

No se tienen en cuenta las tarifas especiales

La inflación eléctrica anual es del **3,0 %**

La remuneración asciende a **0,10000 USD/kWh**

La remuneración tiene una duración de **30 año(s)**

La deducción o remuneración durante la autoalimentación es de **0,00000 USD/kWh**

El precio de compraventa una vez transcurrido el periodo de remuneración asciende a **0,05000 USD/kWh.**

Estimación de costes no vinculante

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Emplazamiento: Ecuador / Quito

Número del proyecto:

Costes de proyecto

Planta FV	1.200,00 USD/kWp x 105,04 kWp	126.048,00 USD
Otros costes		---
Inversión total		126.048,00 USD

Costes fijos

Costes fijos anuales (en % de los costes de inversión)	1,50 % de las CAPEX	1.890,72 USD
--	---------------------	--------------

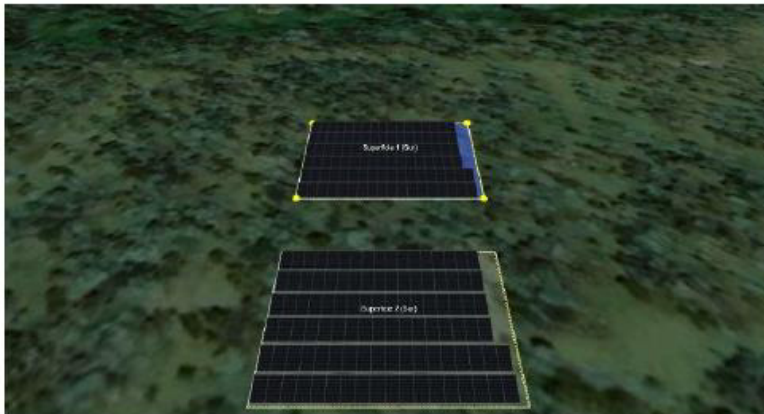
Imágenes del proyecto

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Emplazamiento: Ecuador / Quito

Número del proyecto:

Plano del tejado 1



Plano del tejado - Subproyecto 1 - Edificio 2

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Emplazamiento: Ecuador / Quito

Número del proyecto:



21,0 m
Superficie 1 (Sur)

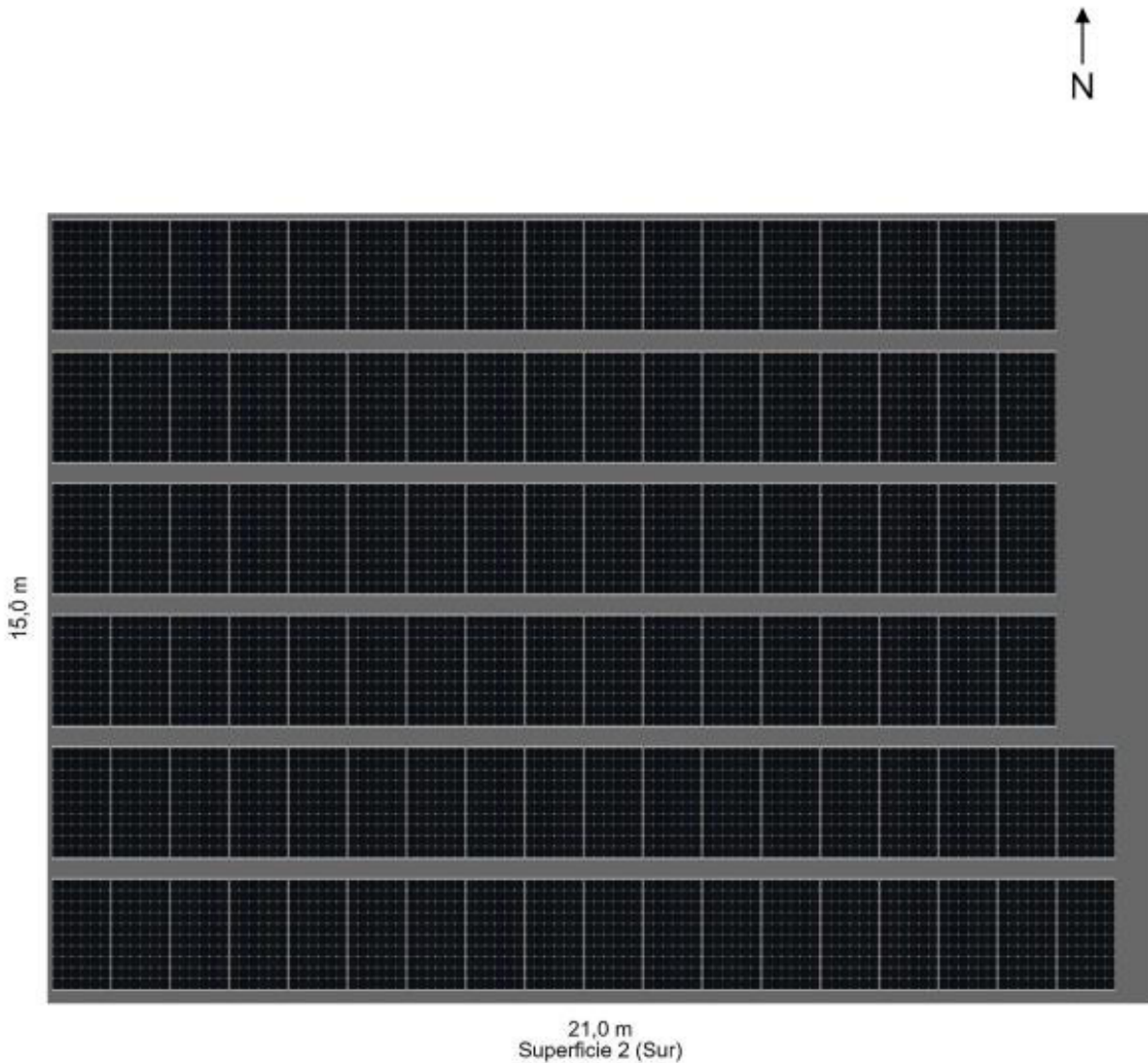


Plano del tejado - Subproyecto 1 - Edificio 1

Proyecto: Proyecto Urbanización El Manantial

Emplazamiento: Ecuador / Quito

Número del proyecto:



Apéndice G: Actividades de Gestión de Activos de O&M de Sistemas FV

Área de Actividad	Componente	Descripción	Frecuencia	Proveedor de Servicios
Administración	Gestión de activos	Operaciones diarias y monitoreo del rendimiento	Continuo	Asistente Administrativo
Administración	Gestión de activos	Alarmas de monitoreo y parámetros específicos de alerta del sitio	Según necesidad	Electricista
Administración	Gestión de activos	Gestionar el inventario de piezas de repuesto	Según necesidad	Electricista
Administración	Documentos	Documentar todas las actividades de O&M en una carpeta para todo el personal de servicio	Continuo	Asistente Administrativo
Administración	Documentos	Confirmar disponibilidad y tomar medidas para garantizar las instrucciones de operación, garantías, garantías de rendimiento y otra documentación del proyecto	Según necesidad	Asistente Administrativo
Administración	Documentos	Revisar contratos O&M y asegurar que realmente se proveen los servicios	Según necesidad	Asistente Administrativo
Administración	Documentos	Actualizar el registro con las actividades de mantenimiento preventivo y seguimiento de los problemas o cuestiones de garantía y asegurar el registro en terreno	Continuo	Asistente Administrativo
Administración	Documentos	Reunirse con el personal clave en terreno para generar conciencia, preguntar por problemas e informar resultados	Anual	Inspección
Administración	Medidor/Inversor	Mantener un registro de entrega de potencia acumulativa (KWh hasta la fecha) y graficar este valor contra la fecha, comparar este valor con otras fuentes. Explicar la variación por temporada o por tiempo	Semestral	Asistente Administrativo

Apéndice H: Actividades de Mantenimiento Preventivo

Área de actividad	Componente	Descripción	Frecuencia	Proveedor de servicios
Limpieza	Módulo FV	Limpiar los módulos FV según las instrucciones del fabricante	Dependiendo del sitio hasta mensual	Limpieza del módulo
Respuesta en caso de emergencia	Sistema FV	Contratista disponible por email y teléfono (Ej. 24h x 7d x 365d)	Permanente	Electricista especialista en FV
Inspección	Sistema FV	Escanear con cámara termográfica para identificar conexiones flojas. Incluyendo todas las cajas de conexión	Cada dos años	Electricista especialista en FV con capacitación en uso de cámara termográfica
Inspección	Cajas de conexión CC	Inspeccionar las cajas eléctricas por corrosión o intrusión de agua o insectos. Limpiar o secar y sellar si es necesario.	Semestral	Electricista
Inspección	Cajas de conexión CA	Inspeccionar las cajas eléctricas por corrosión o intrusión de agua o insectos. Limpiar o secar y sellar si es necesario.	Semestral	Electricista
Inspección	Cajas de conexión CC	Comprobar fusibles y que todas las conexiones eléctricas estén apretadas	Semestral	Electricista especialista en FV
Inspección	Cajas de conexión CA	Comprobar fusibles y que todas las conexiones eléctricas estén apretadas	Semestral	Electricista
Inspección	Protecciones CC	Verificar el funcionamiento de los interruptores y	Anual	Electricista especialista en FV

		dispositivos de protección.		
Inspección	Protecciones CA	Verificar el funcionamiento de los interruptores y dispositivos de protección.	Anual	Electricista
Inspección	Dispositivos contra sobretensión	Verificar el funcionamiento, si aplica.	Anual	Electricista
Medición	Toma de tierra	Probar la toma de tierra de sistema con medidor	Anual	Electricista especialista en FV
Inspección	Cableado CC	Inspeccionar el cableado para detectar signos de grietas, defectos, desconexiones, sobrecalentamiento, cortos circuitos, fallas a tierra y plagas.	Anual	Electricista especialista en FV
Inspección	Cableado CA	Inspeccionar el cableado para detectar signos de grietas, defectos, desconexiones, sobrecalentamiento, cortos circuitos, fallas a tierra y plagas.	Anual	Electricista
Inspección	Sistema FV	En caso de infestación por insectos o plagas. Retire cualquier nido de las cajas eléctricas o alrededor de arreglo FV	Anual	Experto en control de plagas bajo la supervisión de un Electricista especialista en FV.

Inspección	Inversor	Observar indicadores operacionales en la pantalla del inversor o en el monitoreo para garantizar que la cantidad de energía que se genera es la adecuada bajo las condiciones ambientales. Comparar las lecturas con diagnóstico de referencia.	Diario/ semanal	Inspección
Inspección	Monitoreo	Inspección de sensores de monitoreo para asegurar que están operativos y dentro de las especificaciones.	Anual	Electricista especialista en FV
Inspección	Arreglo FV	Prueba de voltaje de circuito abierto de strings.	Cada tres/ cuatro años	Electricista especialista en FV
Inspección	Arreglo FV	Revisar todos los componentes por corrosión, eliminarlo volver a pintar si es necesario	Anual	Mecánico
Inspección	Arreglo FV	Revisar la firmeza de la fijación de los módulos, Re-apretar los tornillos que se encuentren sueltos. Revisar si los módulos no tienen tensión mecánica por cambios de estructura o techo	Anual	Mecánico

Inspección	Arreglo FV	Recoger cada fila de arreglo FV y verificar los módulos FV. Notificar cualquier daño y particularidades para tomar las medidas adecuadas (Ej. Reemplazo de garantía). Notar la ubicación y número de serie de los módulos cuestionables	Anual	Electricista especialista en FV
Inspección	Estructura de montaje	Inspeccione el sistema de montaje si es con lastre, por movimientos anormales	Anual	Mecánico
Inspección	Estructura de montaje	Inspeccionar las perforaciones en el techo, si están sellados perfectamente.	Anual	Mecánico
Inspección	Arreglo FV	Determinar si hay objetos nuevos, como el crecimiento de la vegetación (árboles), están causando sombra en el arreglo FV y moverlos si es posible. Retirar cualquier residuo detrás de colectores y de canales	Anual	Podadores de árboles
Inspección	Módulo FV	Utilizar cámara de termográfica para inspeccionar por puntos calientes; falla de diodo de bypass	En caso de sospecha	Electricista especialista en FV, con capacitación en uso de cámara termográfica
Inspección	Módulo FV	Control de torque de módulo FV e inspección visual	5 años	Electricista

Inspección	Estructura de montaje	Inspección y verificación de torque de la estructura	5 años	Mecánico
Inspección	Módulo FV	Inspección: corrosión y laminado o amarillamientos	Anual	Electricista especialista en FV
Servicio	Instrumentos	Cambiar o volver a calibrar los instrumentos	Según el fabricante	Laboratorio certificado
Servicio	Inversor	Revisar dispositivos de sobretensión, en caso de defecto sustituirlos	Según el fabricante o anual	Electricista especialista en inversor
Servicio	Inversor	Instalar las actualizaciones recientes de software para adquisición de datos o programación de inversor y sistema de monitoreo	Según el fabricante	Especialista en inversor
Servicio	Inversor	Limpiar el polvo (aspirar) de las aletas disipadoras de calor	Depende del sitio como mínimo anual	Electricista
Servicio	Inversor	Limpiar o reemplazar, según sea el caso los filtros de aire	Según fabricante	Electricista
Servicio	Arreglo FV	Retire nidos de aves del área del arreglo FV o de su estructura	Anual	Control de plagas bajo la supervisión de un electricista especialista en FV
Prueba	Medición	Realizar prueba de funcionamiento. Medir la curva característica V-C (voltaje -corriente). Comparar las lecturas con diagnóstico de referencia (eficiencia original del sistema)	En caso de sospecha o cada tres/cuatro años	Electricista especialista en FV

Prueba	Inversor	Si no tiene indicador, prueba de pararrayos en inversor	Según fabricante o anual	Especialista en inversor
Servicio / Prueba	Módulo FV	Reemplazar módulos que exhiben quebraduras del vidrio, falla del diodo bypass, puntos de temperaturas altas. Probar módulos con formación de burbuja, delaminación u otras especularidades	Según necesidad, como mínimo anual	Electricista especialista en FV
Servicio	Módulo FV	Reemplazar módulos que muestran corrosión de los conductores eléctricos a la caja de conexión	Según necesidad, como mínimo anual	Electricista especialista en FV

Apéndice I: Descripción de Actividades de Mantenimiento Correctivo

Actividad	Componente	Descripción del servicio	Proveedor de servicios
Respuesta de emergencia	Sistema	Envío de contratista en respuesta a las alarmas, alertas	Electricista
Reparación	Cableado CA	Reemplazar fusible/protección CA fuera del inversor	Electricista
Reparación	Cableado CA	Reemplazar los dispositivos de protección (interruptores) en el tablero eléctrico	Electricista
Reparación	Cableado CA	Sustituir canalizaciones CA rotas o dañadas	Electricista
Reparación	Cableado CA	Reparación de fallas entre fases	Electricista
Reparación	Cableado CA	Localización de fallas entre fases CA	Electricista
Reparación	Cableado CC	Reemplazar fusible en la caja de conexión CC	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Sustituir los conectores entre módulos	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Reemplazar cable de conexión a la caja de la conexión CC	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Redirigir canalizaciones	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Sustituir canalizaciones CC rotas o dañadas	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Reparación de falla a tierra	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Localización de falla a tierra	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Reemplazar fusible en la caja de conexión CC hacia el inversor	Electricista especialista en FV
Reparación	Cableado CC	Sellar cajas de conexiones con filtración	Electricista especialista en FV
Reparación	Inversor	Reemplazar fusibles	Electricista especialista en FV
Reparación	Inversor	Encender/Parar Inversor (reiniciar para borrar error arreglado)	Electricista especialista en FV

Reparación	Inversor	Reemplazar el motor del ventilador del inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar tarjeta de adquisición de datos del inversor; diagnosticar con el código de falla	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar tarjeta de control del inversor (señal PWM, tensión, fase, frecuencia, apagado); diagnosticar con el código de falla	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar el software; diagnosticar con el código de falla	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar tarjeta de rastreo punto de máxima potencia (RPMP); diagnosticar con el código de falla	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Sustituir el contactor CA en inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar componentes eléctricos en inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar contactores CC en inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Sustituir la protección contra sobretensiones en inversor.	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar componentes en inversor (Indicador de Falla a Tierra)	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Sustituir condensadores en inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar los inductores (bobinas) en inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar fusibles internos de inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reemplazar interruptor/relé en inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Reinstalar el software de control del inversor	Especialista en inversor
Reparación	Inversor	Encender manualmente el disparo por falla de arco	Especialista en inversor

Reparación	Monitoreo	Reestablecer la conexión por pérdida de internet	Técnico TI
Reparación	Estructura de soporte	Reparar o sustituir piezas de la estructura de soporte por corrosión o daños físicos.	Mecánico
Reparación	Módulo	Reemplazar módulos con daños al marco	Electricista especialista en FV
Reparación	Techo	Reparación de techo, filtraciones con respecto a problemas de perforaciones provocadas por la estructura de FV	Especialista en techos
Reparación	Techo	Reemplazar el techo (cubierta nueva) en relación con problemas de perforaciones provocadas por la estructura FV	Especialista en techos
Reparación	Techo	Reparación de material de la cubierta, problemas relacionados con perforaciones provocadas por la estructura FV	Especialista en techos
Reparación	Inversor	Cambiar el bloque de terminales/bornes	Electricista especialista en FV
Reparación	Cajas de conexión CC	Reparación/reemplazo de cajas (CC, CA)	Electricista especialista en FV
Reparación	Inversor	Reemplazar inversor	Especialista en inversor

Apéndice J: Estudio de rentabilidad del proyecto a 30 años

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO AÑO 1-10

Año		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costes	Costo de la instalación \$	123883	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IVA 12% \$	14865,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Costo de caseta de obra \$	10300	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IVA 12% \$	1236	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento \$	200	203,00	206,05	209,14	212,27	215,46	218,69	221,97	225,30	228,68
	Contrato de Mantenimiento \$	4150	4191,50	4233,42	4275,75	4318,51	4361,69	4405,31	4449,36	4493,86	4538,79
	IVA 12% \$	498,00	502,98	508,01	513,09	518,22	523,40	528,64	533,92	539,26	544,66
	Alquiler terreno \$	150	152,25	154,53	156,85	159,20	161,59	164,02	166,48	168,97	171,51
	Flujo negativo \$	-155282,96	-5049,73	-5102,00	-5154,83	-5208,20	-5262,14	-5316,65	-5371,73	-5427,39	-5483,64
	Ingresos	Subvención \$	75000	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahorro energía \$		17561,25	17744,46	17929,58	18116,63	18305,63	18496,60	18689,57	18884,55	19081,56	19280,63
Flujo positivo \$		92561,25	17744,46	17929,58	18116,63	18305,63	18496,60	18689,57	18884,55	19081,56	19280,63
Flujo de caja acumulado (\$)		-62721,71	-50026,98	-37199,41	-24237,61	-11140,18	2094,27	15467,19	28980,01	42634,18	56431,17

ENERGIA

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Energía KWh/año	167250	166497,38	165748,14	165002,27	164259,76	163520,59	162784,75	162052,22	161322,98	160597,03
Precio tarifa \$/KWh	0,105	0,107	0,108	0,110	0,111	0,113	0,115	0,117	0,118	0,120

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO AÑO 11-20

Año		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costes	Costo de la instalación \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IVA 12% \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Costo de caseta de obra \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IVA 12% \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento \$	232,11	235,59	239,12	242,71	246,35	250,05	253,80	257,60	261,47	265,39
	Contrato de Mantenimiento \$	4584,18	4630,02	4676,32	4723,09	4770,32	4818,02	4866,20	4914,86	4964,01	5013,65
	IVA 12% \$	550,10	555,60	561,16	566,77	572,44	578,16	583,94	589,78	595,68	601,64
	Alquiler terreno \$	174,08	176,69	179,34	182,03	184,76	187,53	190,35	193,20	196,10	199,04
	Flujo negativo \$	-5540,47	-5597,91	-5655,95	-5714,60	-5773,87	-5833,76	-5894,29	-5955,45	-6017,26	-6079,72
	Ingresos	Subvención \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahorro energía \$		19481,77	19685,02	19890,38	20097,89	20307,56	20519,42	20733,49	20949,79	21168,35	21389,19
Flujo positivo \$		19481,77	19685,02	19890,38	20097,89	20307,56	20519,42	20733,49	20949,79	21168,35	21389,19
Flujo de caja acumulado (\$)		70372,47	84459,58	98694,01	113077,30	127610,99	142296,64	157135,83	172130,17	187281,25	202590,71

ENERGIA

Año	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Energía KWh/año	159874,34	159154,91	158438,71	157725,74	157015,97	156309,40	155606,01	154905,78	154208,70	153514,76
Precio tarifa \$/KWh	0,122	0,124	0,126	0,127	0,129	0,131	0,133	0,135	0,137	0,139

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO AÑO 21-30

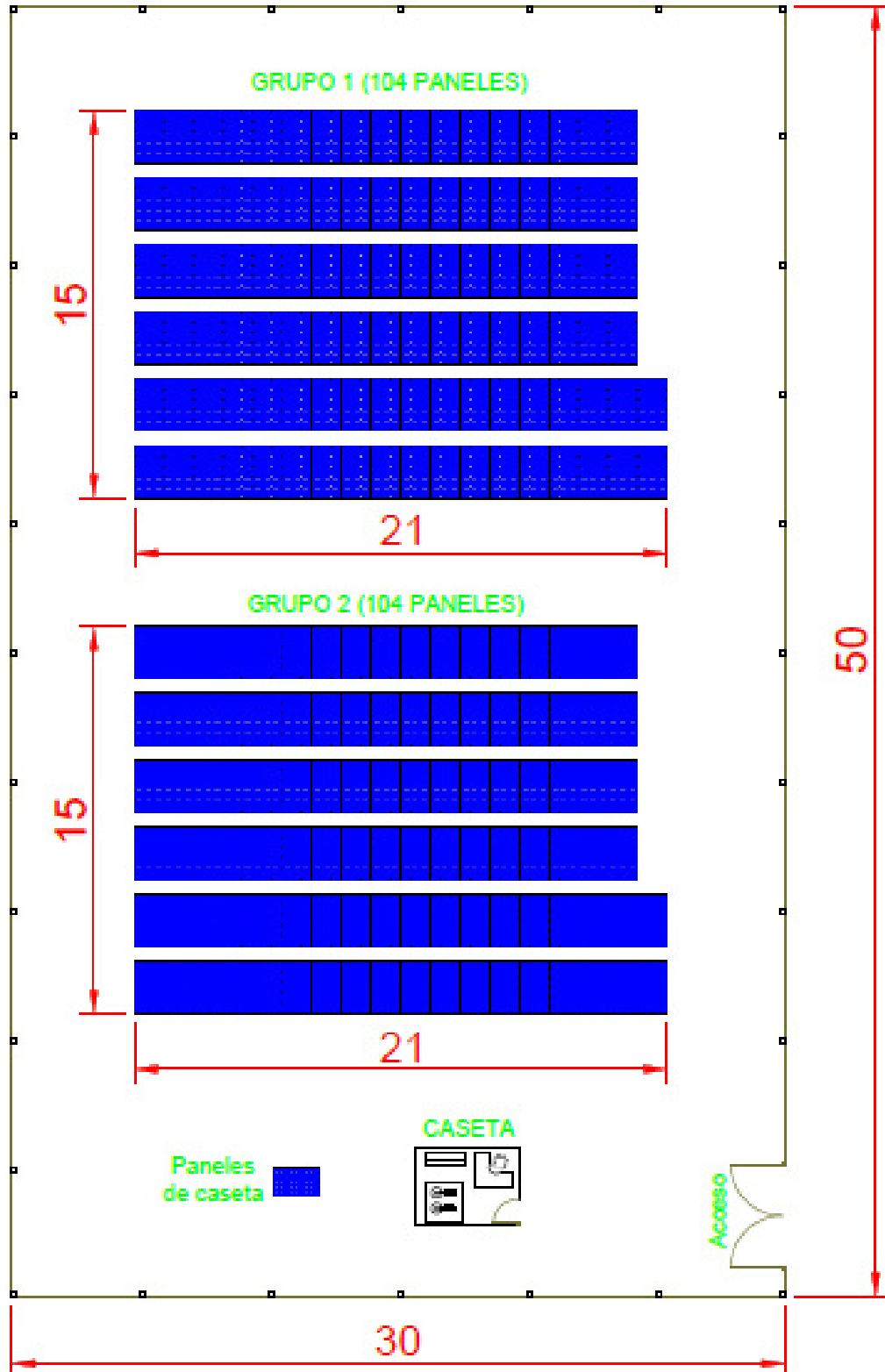
Año		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Costes	Costo de la instalación \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IVA 12% \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Costo de caseta de obra \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IVA 12% \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento \$	269,37	273,41	277,51	281,68	285,90	290,19	294,54	298,96	303,44	308,00
	Contrato de Mantenimiento \$	5063,79	5114,43	5165,57	5217,23	5269,40	5322,09	5375,31	5429,07	5483,36	5538,19
	IVA 12% \$	607,65	613,73	619,87	626,07	632,33	638,65	645,04	651,49	658,00	664,58
	Alquiler terreno \$	202,03	205,06	208,13	211,26	214,43	217,64	220,91	224,22	227,58	231,00
	Flujo negativo \$	-6142,84	-6206,63	-6271,09	-6336,23	-6402,05	-6468,57	-6535,80	-6603,73	-6672,39	-6741,77
	Ingresos	Subvención \$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahorro energía \$		21612,33	21837,80	22065,62	22295,82	22528,42	22763,45	23000,93	23240,89	23483,35	23728,34
Flujo positivo \$		21612,33	21837,80	22065,62	22295,82	22528,42	22763,45	23000,93	23240,89	23483,35	23728,34
Flujo de caja acumulado (\$)		218060,20	233691,37	249485,91	265445,50	281571,87	297866,75	314331,88	330969,03	347779,99	364766,56

ENERGIA

Año	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Energía KWh/año	152823,95	152136,24	151451,63	150770,09	150091,63	149416,22	148743,84	148074,50	147408,16	146744,82
Precio tarifa \$/KWh	0,141	0,144	0,146	0,148	0,150	0,152	0,155	0,157	0,159	0,162

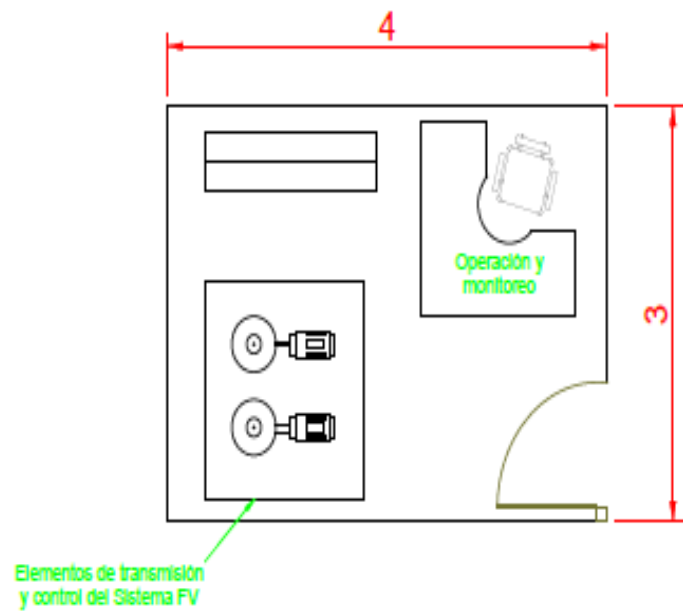
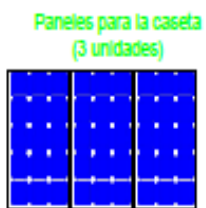
Apéndice K: Vista de planta del proyecto

EMPLAZAMIENTO GENERAL



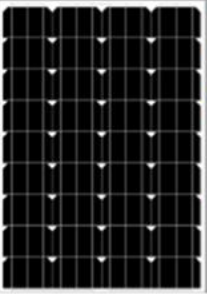





Apéndice L: Plano caseta de obra



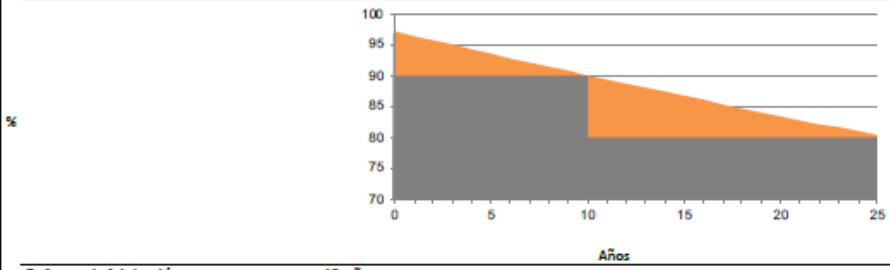

DETALLE DE LA CASETA


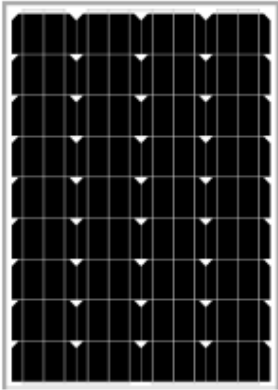

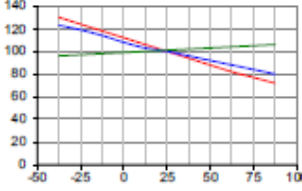
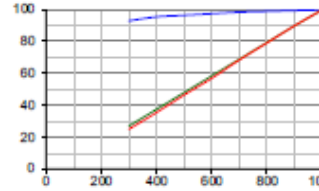
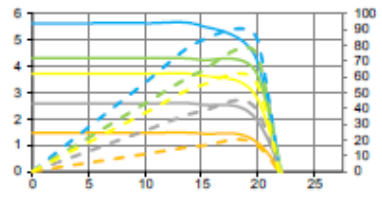
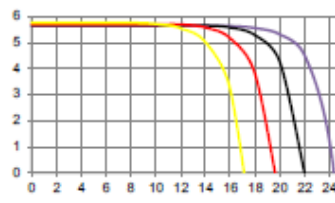


Apéndice M: Ficha técnica del módulo FV del sistema aislado

# 8892916			
		SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, S.L. N.I.F.: ESB-34.627.278 Paseo de los Molinos, 12 03660 - NOVELDA (Alicante) SPAIN	T/F: +34963075767 E: info@solarinnova.net W: www.solarinnova.net
MÓDULO FOTOVOLTAICO			
Serie	NO ESTÁNDAR	Referencia	SI-ESF-M-NE-M-90W
Tipo			
MONOCRISTALINO			
INTRODUCCIÓN			
			
	MATERIALES	Solar Innova utiliza materiales de última generación para fabricar sus módulos fotovoltaicos.	
	USO	Nuestros módulos son ideales para cualquier tipo de aplicación que utilice el efecto fotoeléctrico como fuente de energía limpia, debido a su mínima polución química y nula contaminación acústica.	
	PARTE FRONTAL	La parte frontal del módulo contiene un vidrio solar templado con: <ul style="list-style-type: none"> ☛ Alta transmisividad. ☛ Baja reflectividad. ☛ Bajo contenido en hierro. 	
	CÉLULAS FV	Estos módulos fotovoltaicos utilizan células de silicio monocristalino de alta eficiencia (las células están hechas de un solo cristal de silicio de muy alta pureza) para transformar la energía de la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua. <p>Cada célula es clasificada eléctricamente para optimizar el comportamiento del módulo.</p> <p>Su rendimiento es excelente en todo el rango del espectro de luz, con rendimientos particularmente altos en situaciones de poca luz o nubosidad e la luz solar directa (radiación difusa).</p>	
	ENCAPSULANTE	El circuito de células se lamina utilizando: <ul style="list-style-type: none"> ☛ EVA (Acetato de Etilén-Vinilo). 	
	PARTE TRASERA	La parte posterior contiene un polímero plástico (Tedlar) que proporciona una completa protección y sellado frente a los agentes ambientales y aislamiento eléctrico.	
	CAJA DE CONEXIONES	La caja de conexiones con IP67, está fabricada con plásticos resistentes a altas temperaturas y contienen terminales, terminales de conexión y diodos de by-pass. <p>Estos módulos se suministran con cables simétricos en longitud, con un diámetro con sección de cobre de 4 mm y una resistencia de contacto muy baja, diseñados para lograr las mínimas pérdidas por caída de tensión.</p>	
	RENDIMIENTO	Nuestros módulos cumplen con todos los requerimientos de seguridad, tanto de flexibilidad, como de doble aislamiento, o alta resistencia a los rayos UV, por todo ello son idóneos para su uso en aplicaciones de intemperie.	
	CONTROLES DE CALIDAD	Contamos con un control de calidad dividido en tres elementos: <ul style="list-style-type: none"> ☛ Inspecciones periódicas que nos permiten garantizar la calidad de la materia prima. ☛ Control de calidad dentro del proceso sobre nuestros procedimientos de fabricación. ☛ Control de calidad de los productos terminados, que realizamos mediante inspecciones y test de fiabilidad y de rendimiento. 	
	FABRICACION	Nuestras plantas de producción han sido preparadas de acuerdo con lo dispuesto por las Normas: <ul style="list-style-type: none"> ☛ ISO 9001, en cuanto a Sistemas de Calidad y Gestiones. ☛ ISO 14001, en cuanto a Sistemas de Gestión Ambiental. ☛ ISO 43001, en cuanto a Sistemas de Gestión de Salud y Seguridad Laboral. 	
	CERTIFICADOS	Nuestros módulos fotovoltaicos han sido certificados por Laboratorios de reconocido prestigio internacional y son prueba de nuestra estricta observancia de las normas internacionales de seguridad, rendimiento a largo plazo y calidad general de los productos.	
			

FABRICANTE					
		SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, S.L. N.I.F.: E58-54.627.278 Paseo de los Molinos, 12 03660 - NOVELDA (Alicante) SPAIN		T/F: +34965075767 E: info@solarinnova.net W: www.solarinnova.net	
					
MÓDULO FOTOVOLTAICO					
Serie	NO ESTÁNDAR	Referencia	SI-ESF-M-NE-M-90W	Tipo	MONOCRISTALINO
CÉLULAS FV					
Tipo	Monofacial	sc-Si			
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS			COEFICIENTES DE TEMPERATURA		
Tamaño	mm	156,75 x 104 ±0,5	Tk Tensión	%/K	-0,36
Grosor	µm	210 ±20	Tk Corriente	%/K	0,07
Frontal	[-]	Revestimiento antirreflectante Si3N4	Tk Potencia	%/K	-0,38
Trasera	[+]	Aluminio (Al-BSF)			
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS					
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
CONDICIONES STC					
Potencia máxima	[Pmpp]	Wp	90	±3% (*)	
Selección de potencia	[Pmpp]	Wp	0/+2,70		
Tensión de máxima potencia	[Vmpp]	V	17,21	IEC 60904-1	
Corriente de máxima potencia	[Impp]	A	5,23	IEC 60904-3	
Tensión de circuito abierto	[Voc]	V	22,40	±3% (*)	
Corriente de cortocircuito	[Isc]	A	5,62	±4% (*)	
Tensión máxima del sistema	[V Syst]	V	715	IEC / UL	
Fusible máximo en serie	[Icf]	A	10		
Eficiencia	[ηm]	%	13,25		
Factor de Forma	[FF]	%	71,50		
STC (Condiciones de Ensayo Estándar): Irradiancia: 1000 W/m ² + Temperatura de la célula: 25 ^o C + Masa del aire: 1,5					
* (Considerando LID, el rango de potencia de la autoridad de certificación)					
CONDICIONES NMOT					
Potencia máxima	[Pmpp]	Wp	66	IEC 61215	
Tensión de máxima potencia	[Vmpp]	V	15,67		
Corriente de máxima potencia	[Impp]	A	4,25		
Tensión de circuito abierto	[Voc]	V	20,47		
Corriente de cortocircuito	[Isc]	A	4,56		
NMOT (Temperatura de Operación Nominal del Módulo): Irradiancia: 800 W/m ² + Temperatura ambiente: 20 ^o C + Masa del aire: 1,5 + Velocidad del aire: 1 m/s					
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS					
PANEL	ANCHURA (X)	ALTIMETRA (Y)	ÁREA	POTENCIA/ÁREA	
Tamaño	676	x 1005	0,68 m ²	132 Wp/m ²	
CÉLULAS					
Cantidad	4	x 9	= 36 unidades	0,59 m ²	
COMPONENTES					
MATERIAL	CANTIDAD	GROSOR (Z)	DESCRIPCIÓN	DENSIDAD	PESO TOTAL
Marco	1 uds	35 mm	Al 6065-T5	1,23 kg/m ²	0,83 kg
Vidrio	1 uds	3,2 mm	Templado	8,10 kg/m ²	5,50 kg
Encapsulante	1 uds	0,38 mm	EVA	0,40 kg/m ²	0,27 kg
Busbars	5 uds	0,2 mm	CuSn6	0,10 kg/m ²	0,06 kg
Células FV	36 uds	0,21 mm	sc-Si	0,20 kg/m ²	0,12 kg
Encapsulante	1 uds	0,38 mm	EVA	0,40 kg/m ²	0,27 kg
Lámina	1 uds	0,5 mm	TPT	0,47 kg/m ²	0,32 kg
Caja de Conexiones	1 uds	10 mm	Monopolar	0,10 kg/m ²	0,10 kg
Diodos (By-pass)	2 uds			0,01 kg/m ²	0,02 kg
Cables (+/-)	2 uds	4 mm ²	900 mm	0,10 kg/m ²	0,20 kg
Conectores	2 uds	MC4-T4 type	PVC-IP67	0,05 kg/m ²	0,10 kg
TOTAL		35 mm		11,16 kg/m ²	7,80 kg
CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS					
COEFICIENTES DE TEMPERATURA			MONOCRISTALINOS		
Coefficiente de temperatura corriente de corto circuito	α	[Isc]	0,0814	% / °C	
Coefficiente de temperatura tensión de circuito abierto	β	[Voc]	-0,3910	% / °C	
Coefficiente de temperatura de máxima potencia	γ	[Pmpp]	-0,5141	% / °C	
Coefficiente de temperatura corriente de máxima potencia		[Impp]	0,1000	% / °C	
Coefficiente de temperatura tensión de máxima potencia		[Vmpp]	-0,3900	% / °C	
Temperatura de Operación Nominal del Módulo		[NMOT]	+ 47 ± 2	° C	
TOLERANCIAS					
Temperatura de trabajo	- 40 / + 85 °C	Dimensiones del vidrio		< ± 2,5 mm	EN 12543-5
Tensión aislamiento dieléctrico	3000 V	Simetría del vidrio		< ± 3 mm	EN 12543-5
Humedad relativa	0 / 100 %	Distorsión en cadena de células		< ± 1 mm	EN 12543-6
Carga máxima al viento	2400 Pa	245 kg/m ²	Resistencia máxima al granizo		IEC 61215
Carga máxima a nieve	5400 Pa	551 kg/m ²	φ 28	23 m/s	IEC 61215
Conductividad a tierra	≤ 0,1 Ω	Resistencia		≥ 100 Ω	
CLASIFICACIÓN					
Aplicación	A Clase	IEC 61730	Contaminación	Grado 1	IEC 61730
Seguridad eléctrica	II Clase	IEC 61140 IEC 61730	Materiales	Grupo I	IEC 61730
Resistencia al fuego	C Clase	ANSI/UL 790 IEC 61730	Seguridad	Factor 1,5	IEC 61730

FABRICANTE						
		SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, S.L. N.I.F.: ESB-54.627.278 Paseo de los Molinos, 12 03660 - NOVELDA (Alicante) SPAIN		T/F: +34965075767 E: info@solarinnova.net W: www.solarinnova.net		
						
MÓDULO FOTOVOLTAICO						
Serie	NO ESTÁNDAR	Referencia	SI-ESF-M-NE-M-90W	Tipo	MONOCRISTALINO	
GARANTÍAS ESTÁNDAR						
GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL						
						
Defectos de fabricación	12 años.					
Rendimiento	90 %	de su potencia nominal, después de 12 años de funcionamiento,				
	80 %	de su potencia nominal, después de 25 años de funcionamiento.				
Vida útil	> 30 años.					
INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL						
Horas Solares Pico	6 día		kWh	Carbón	Petroleo/Gas	Combinado
Irradiación media	1000	W/ m ²	1	0,961	0,828	0,372 kg/CO2
Energía generada	0,54	kWh/ día	Emisiones de		CO2	
	16	kWh/ mes	evitadas		año	
	197	kWh/ año	15,57	13,41	6,03 kg/CO2	
			189,43	163,21	73,33 kg/CO2	
CERTIFICADOS						
ISO 9001	Sistemas de gestión de la calidad.					
ISO 14001	Sistemas de gestión ambiental.					
ISO 45001	Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.					
CE	Directiva de Baja Tensión 2014/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.					
UNE-EN IEC 61215	Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.					
UNE-EN IEC 61730-1	Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 1: Requisitos de construcción.					
UNE-EN IEC 61730-2	Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 2: Requisitos para ensayos.					
UNE-EN IEC 61701	Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (FV).					
UNE-EN IEC 62716	Módulos fotovoltaicos (FV). Ensayo de corrosión por amoníaco.					
UNE-EN IEC 62804-1	Módulos fotovoltaicos (FV) - Métodos de prueba para detección de degradación inducida por el potencial - Parte 1: Silicio cristalino.					
UNE-EN IEC 62790	Cajas de conexión para módulos fotovoltaicos. Requisitos de seguridad y ensayos.					
UNE-EN IEC 62852	Conectores para aplicaciones de corriente continua en sistemas fotovoltaicos - Requisitos de seguridad y ensayos.					
UL 1703	Estándar para paneles y módulos fotovoltaicos de placa plana.					
						
EMPAQUETADO						
CONTAINER 20'			CONTAINER 40'HQ			
PANELS X PALLET	PALLETS	TOTAL	PANELS X PALLET	PALLETS	TOTAL	
-	-	-	26	22	572	
IEC 62759-1 Ensayo de transporte de módulos fotovoltaicos (FV). Parte 1: Transporte y envío de pilas de módulos fotovoltaicos.						
EXPORTACIÓN						
Código HS	85414020	Código TARIC	8541409021			
REGISTRO DE PRODUCTORES DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS						
RII-AEEE	7378	Entidad	ECOASIMELEC			
DESCRIPCIÓN						
<p>Módulo solar fotovoltaico de células de silicio mc-Si del fabricante SOLAR INNOVA, serie No Estándar, potencia máxima (Wp) 90 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 17,21 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 5,23 A, tensión en circuito abierto (Voc) 22,40 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 5,62 A, eficiencia 13,25 %, compuesto de 36 células, capa exterior de vidrio templado de espesor 3,2 mm, capas encapsulantes de las células de EVA, capa posterior de TPT, marco de aluminio anodizado Al 6065-T5, caja de conexiones (diodos, cables 4 mm², 900 mm y conectores MCA-T4), temperatura de trabajo - 40 / + 85 °C, dimensiones 676 x 1005 x 35 mm, resistencia a la carga del viento 2400 Pa, resistencia a la carga de nieve 5400 Pa, peso 7,80 kg.</p>						
OBSERVACIONES						
INFORMACIÓN						
<p>Las especificaciones y datos técnicos pueden estar sujetos a posibles modificaciones sin previo aviso. Esta ficha técnica cumple con los requerimientos exigidos en la Norma UNE-EN 50380.</p>						
Página					4/4	

FABRICANTE					
		SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, S.L. N.I.F.: E58-34.627.278 Paseo de los Molinos, 12 03660 - NOVELDA (Alicante) SPAIN		T/F: +34963075767 E: info@solarinnova.net W: www.solarinnova.net	
MÓDULO FOTOVOLTAICO					
Serie	NO ESTÁNDAR	Referencia	SI-ESF-M-NE-M-90W	Tipo	MONOCRISTALINO
ESQUEMAS					
CAJA DE CONEXIONES					
Posición	Frontal	-	Trasera	Borde	-
				Eje (X)	-
				Eje (Y)	-
DELANTE			DETRÁS		
					
			ALTURA (Y) 1005 mm		
			ANCHURA (X) 676 mm		
RENDIMIENTO					
CÉLULAS					
TEMPERATURA		IRRADIANCIA			
Temperatura dependiendo de Isc, Voc y Pmax		Irradiancia dependiendo de Isc, Voc y Pmax (temperatura de la célula: 25°C)			
					
Isc, Voc, Pmax normalizado (%)	Temperatura de la célula (°C)	Irradiancia (W/m ²)			
--- Pmax --- Voc --- Isc		--- Voc --- Isc --- Pmax			
PANELES					
TEMPERATURA		IV-IRRADIANCIA			
Rendimiento eléctrico (temperatura de la célula: 25°C)		IV-IRRADIANCIA			
					
Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)			
--- I-V 1000 W/m ² --- P-I 1000 W/m ²		I-V (-25°C) I-V (0°C) I-V (+25°C) I-V (+50°C) I-V (+75°C)			
--- I-V 800 W/m ² --- P-I 800 W/m ²					
--- I-V 600 W/m ² --- P-I 600 W/m ²					
--- I-V 400 W/m ² --- P-I 400 W/m ²					
--- I-V 200 W/m ² --- P-I 200 W/m ²					
SIMULADOR SOLAR					
Clase	AAA	IEC 60904-9	Incertidumbre de medición de potencia	± 3 %	
MEDICIÓN ELÉCTRICA					
CONDICIONES STC (Condiciones de Ensayo Estándar)		CONDICIONES NMOT (Temperatura de Operación Nominal del Módulo)			
Irradiación	1000 W/m ²	IEC 60904-1	Irradiación	800 W/m ² IEC 61213	
Temperatura de la célula	25 °C	IEC 60904-3	Temperatura ambiente	20 °C	
Masa del aire	1,5	ASTM G173	Masa del aire	1,5 ASTM G173-03	
		ASTM 1036	Velocidad del viento	1 m/s	
				Página 3/4	

Apéndice N: Ficha técnica regulador del sistema aislado



POWER WATCHER
MPPT TECHNOLOGY

MPPT Solar Charge Controller










MC4885N15/MC48100N15/MC4885N25/MC48100N25

Product Accessories

RM-7 display, USB to TTL cable, BTS temperature sensor.



Product Characteristics

-  30% higher than PWM mode.
-  PV short-circuit protection, charge over-current protection.
-  RS485 Modbus protocol
Built-in bluetooth module.
-  12/24 V36/48 identification.
-  Historical data storage.
-  MPPT tracking efficiency is up to 99.9%.
-  Built-in temperature detection.
-  Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries,
lithium batteries.
-  Current-limiting charging mode.

Product Parameters

Model	SR-MC4885N15	SR-MC48100N15	SR-MC4885N25	SR-MC48100N25
System voltage	12V/24/36/48V			
Static power consumption	0.54W			
Maximum input voltage of solar energy (25°C)	150V		250V	
Voltage Range at MPP (Maximum Power Point)	Battery voltage +2~ 120V		Battery voltage +2~ 180V	
Charging current	85A	100A	85A	100A
Solar panel power (12V battery)	1100W	1300W	1100W	1300W
Solar panel power (24V battery)	2200W	2600W	2200W	2600W
Solar panel power (48V battery)	4400W	5200W	4400W	5200W
Support battery type	Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries			
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V			
Operating temperature range	-35°C ~60°C			
Humidity	95%, no condensation			
Protection grade	IP32			
Weight	5.7kg			
Communication mode	TTL(3.3V)/RS485/Bluetooth Module			
Product Dimensions	314*227*121 (mm.)			
Terminal blocks	35mm ² 2AWG			

Apéndice O: Ficha técnica inversor del sistema aislado

BELTTT[®]

Power Inverter

Solar Power Generation System

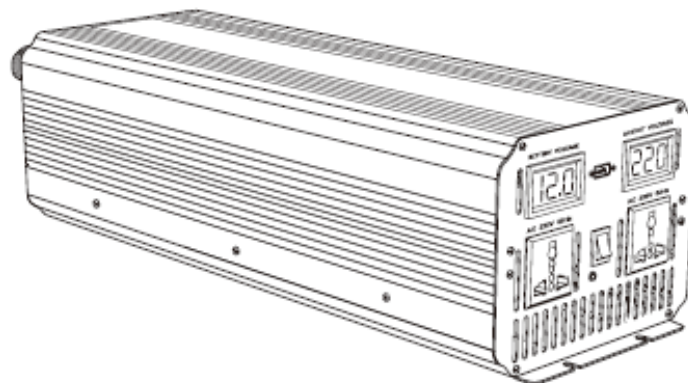
BEP150S / BEP300A / BEP500SA

BEP600S / BEP800S / BEP1000S

BEP1500S / BEP2000S

BEP3000S / BEP5000S

**Pure Sine Wave
Inverter Manual**



To ensure reliable service, the inverter must be used properly. Please read the instruction manual before use. Particular attention should be paid to the warning and attention of this brochure. Caution for certain conditions and practices that may cause damage to the inverter. Make clear warning statements about certain conditions and practices that may cause bodily harm. Please read all instructions before using the inverter.

Please read this instruction manual carefully so that it can be used correctly. Remember to read the "safety precautions" section before you use it to make sure it's safe to use. After reading the instructions, please complete the warranty card for safekeeping, to keep on for reference.

Product detail parameters

MODEL		BEP150S	BEP300A	BEP500SA	BEP600S	BEP800S
Output	Rated Power	150W	300W	500W	600W	800W
	Peak Power	300W	600W	1000W	1200W	1600W
	Frequency					
	WaveForm					
Input	Battery Voltage	12V/24V (Optional)	12V / 24V / 48V(Optional)			
	Voltage Range	10-15V(12V) / 20-30V(24V) / 40-60V(48V)				
	No load Current	0.6A(12V) 0.3A(24V)	0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V)	0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V)	0.6A(12V) 0.3A(24V)	0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V)
	Efficiency	≥90%				
Battery input protection	Low Voltage Alarm	11(12V) / 21V(24V) / 42V(48V)				
	Battery low voltage protection	10V±0.5V(12V) / 20V±0.5V(24V) / 40V±0.5V(48V)				
	Battery high voltage protection	15V±0.5V(12V) / 30V±0.5V(24V) / 60V±0.5V(48V)				
	Battery reverse polarity protection	NO	YES	YES	YES	NO
Other protection	High temperature protection, Shortcircuit Protection, Overload Protection					
USB	5V / 500mA					
FAN	Smart fan, Automatic startup of high temperature and load					
Operating environment	Temperature 0°C~40°C@100%load, Humidity 20%-90%RH, No refrigeration					
Size(mm)	160*95*55	172*150*58	260*150*78	262*150*76	309*180*172	
Weight(g)	530	910	1700	1800	3050	

MODEL		BEP1000S	BEP1500S	BEP2000S	BEP3000S	BEP5000S
Output	Rated Power	1000W	1500W	2000W	3000W	5000W
	Peak Power	2000W	3000W	4000W	6000W	10000W
	Frequency	50Hz / 60Hz(Optional)				
	WaveForm	Pure Sine Wave				
Input	Battery Voltage	12V / 24V / 48V(Optional)				12V/24V (Optional)
	Voltage Range	10-15V(12V) / 20-30V(24V) / 40-60V(48V)				
	No load Current	0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V)	1.8A(12V) 1.0A(24V) 0.5A(48V)	3.0A(12V) 1.5A(24V) 0.8A(48V)	3.8A(12V) 2.0A(24V) 1.2A(48V)	2.5A(24V) 1.4A(48V)
	Efficiency	≥90%				
Battery input protection	Low Voltage Alarm	11(12V) / 21V(24V) / 42V(48V)				
	Battery low voltage protection	10V±0.5V(12V) / 20V±0.5V(24V) / 40V±0.5V(48V)				
	Battery high voltage protection	15V±0.5V(12V) / 30V±0.5V(24V) / 60V±0.5V(48V)				
	Battery reverse polarity protection	NO				
Other protection	High temperature protection, Shortcircuit Protection, Overload Protection					
USB	5V / 500mA					
FAN	Smart fan, Automatic startup of high temperature and load					
Operating environment	Temperature 0°C~40°C@100%load, Humidity 20%-90%RH, No refrigeration					
Size(mm)	367*150*76	452*150*142	454*180*142	529*180*142	585*180*167	
Weight(g)	2750	4000	4900	6020	8000	
Remarks : Please select the corresponding parameters according to the						

This series of pure sine wave inverter is suitable for:

Household appliances: TV, refrigerator, freezer, washing machine, air conditioner, power amplifier, induction cooker, electric fan, electric cooker Lamps and lanterns, AV equipment.....

Power tools: electric drills, pumps, cutting machines, motors, hand mills.....




Office equipment: computers, printers, copiers, fax machines, network equipment.....

On-board equipment : inverter can be connected to the car capacitor, suitable for all kinds of on-board appliances.

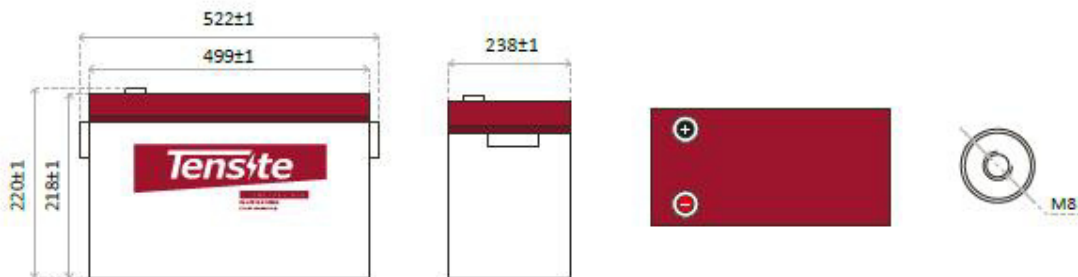
Apéndice P: Ficha técnica baterías del sistema aislado



CHARACTERISTICS

-  Compact size ideal for any type of use.
-  Great performance due to lithium iron phosphate cell.
-  Perfect to use as accumulator in photovoltaic installations.

DIMENSIONS





LITHIUM 12.8-200

LITHIUM IRON PHOSPHATE LFP 12.8V 200Ah

LITHIUM SERIES BATTERY

Tensite series lithium batteries are superior design with iron phosphate cells with superior safety. With thousands of cycles and 100% DOD under normal conditions.

Built-in automatic protection for over-charge, over discharge, over current and over temperature.

Free of maintenance and internal cell balancing.



APPLICATION

- Emergency Power System
- Communication equipment
- Telecommunication systems
- Uninterruptible power supplies
- Power tools
- Marine equipment
- Medical equipment
- Solar and wind power system

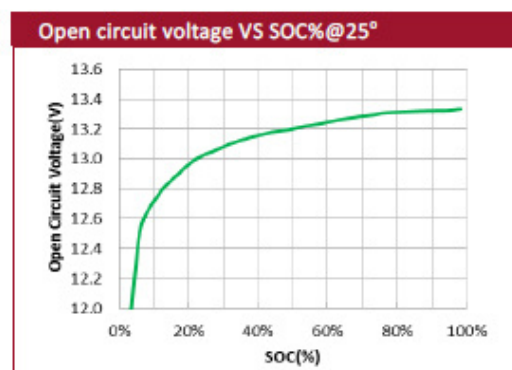
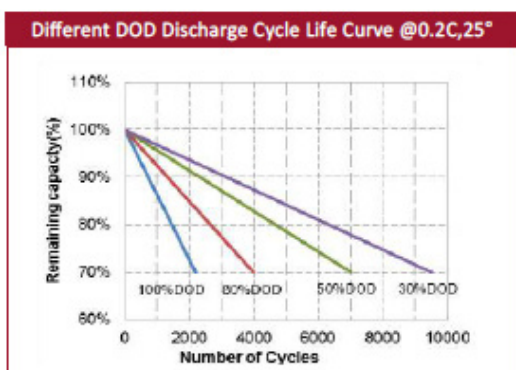
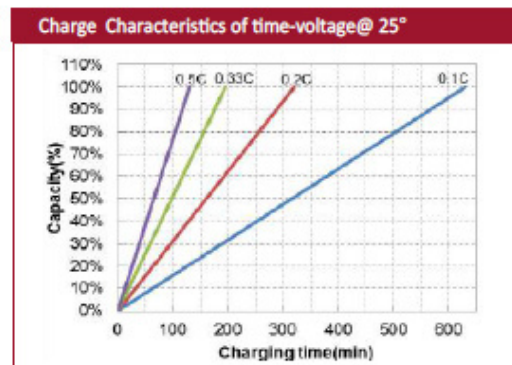
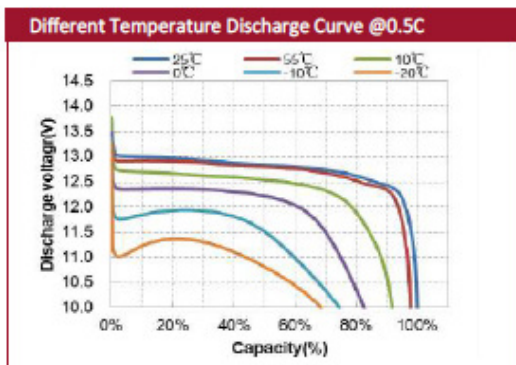
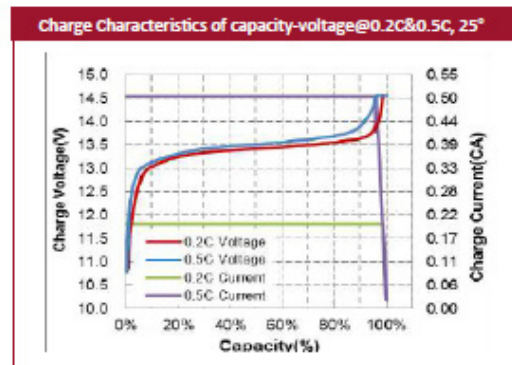
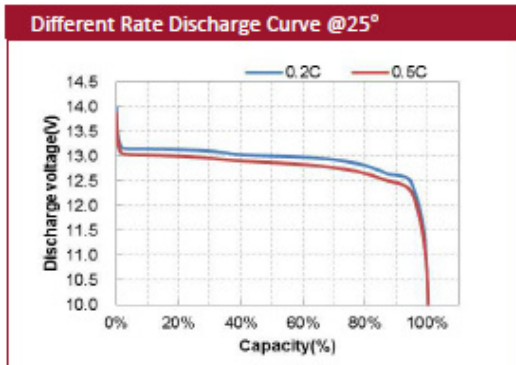
GENERAL FEATURES

- Safety Sealing
- Non-spillable construction
- High power density
- Thick plates and high active materials
- Longer life and low self-discharge design

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	Nominal voltage		12.8V	
	Nominal capacity		200Ah@0.2C	
	Energy		2560Wh	
	Internal resistance		15mΩ	
CYCLE LIFE	2000 Cycles @ 40A Charging/Discharging, Until 70% Capacity			
DIMENSION	Length	Width	Height	Total Height
	522 mm	238 mm	218 mm	220 mm
APPROX. WEIGHT	27.0 kg ± 3%			
STANDARD CHARGING	Max. Charging Voltage		Max. Charging Current	
	14.0~14.4V		100A	
CHARGING MODE	At 0°C~45°C temperature, charged to 14.4V at a constant current of 40A, and then, changed continuously with constant voltage of 14.4V until the current was not more than 4A			
STANDARD DISCHARGING	Discharging current	Max. Continuous Current	Max. Pulse Current	Discharging Cut-off Voltage
	40A	100A	200A (<3S)	10.0V
OPERATING CONDITION @60±25% RELATIVE HUMIDITY SELF DISCHARGE @25°C	Charge Temperature	Discharge Temperature	Storage Temperature	Water Dust Resistance
	0°C to 45°C	-20°C to 60°C	0°C to 45	IP55
	3.5% per month			

CHARACTERISTIC CURVES



Apéndice Q: Ficha técnica del colector de placa plana Viessmann

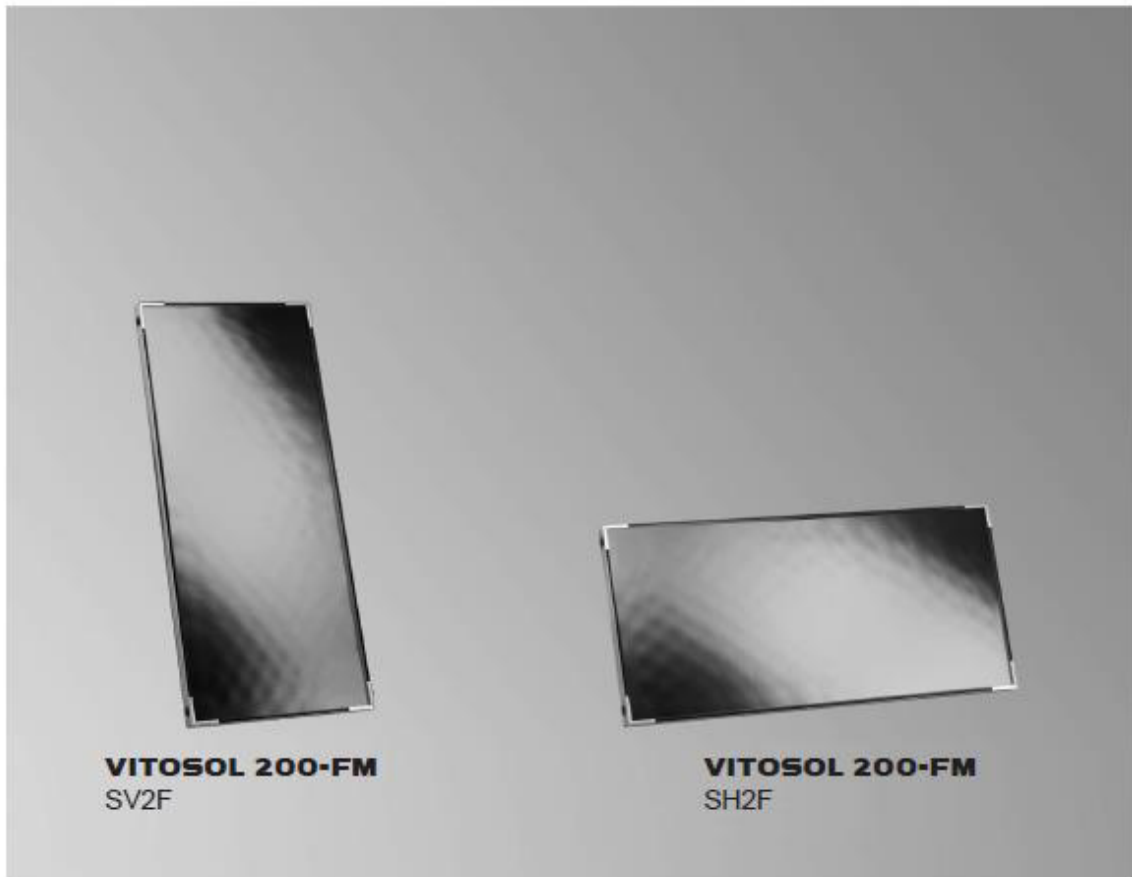
VISSMANN

VITOSOL 200-FM

Colector plano para el aprovechamiento de la energía solar

Datos técnicos

Nº de pedido y precios: véase [Lista de precios](#)



VITOSOL 200-FM
SV2F

VITOSOL 200-FM
SH2F

VITOSOL 200-FM Modelo SV2F/SH2F

Colector plano para montaje vertical u horizontal, para montaje sobre cubiertas planas e inclinadas, así como para montaje sobre estructura de apoyo. Modelo SH2F también en fachadas. Para calentamiento de A.C.S. y de agua de piscinas mediante un intercambiador de calor.

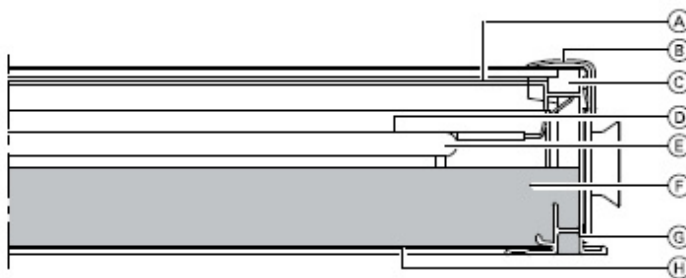
ThermProtect

Vitosol 200-FM SV2F/SH2F

1.1 Descripción del producto

El absorbedor con recubrimiento selectivo de Vitosol 200-FM, modelo SV2F/SH2F garantiza una alta absorción de la radiación solar y mejora el aporte de energía gracias a la autolimitación de la temperatura de forma intrínseca al propio recubrimiento. El tubo de cobre en forma de serpiente hace posible una evacuación uniforme del calor en el absorbedor. La caja de colector es aislante y resistente a temperaturas elevadas, y dispone de un recubrimiento de vidrio solar de bajo contenido en hierro. Los tubos de unión flexibles hermetizados con juntas tóricas hacen posible la conexión segura en paralelo de hasta 12 colectores.

Un juego de conexión con uniones por anillos de presión permite conectar de forma sencilla la batería de colectores a las tuberías del circuito de energía solar. En la impulsión del circuito de energía solar se instala, con ayuda de un juego de vainas de inmersión, la sonda de temperatura del colector.



A Cubierta de vidrio solar, de 3,2 mm
B Codo de recubrimiento de aluminio
C Junta continua de la plancha de vidrio
D Absorbedor

E Tubo de cobre en forma de serpiente
F Aislamiento térmico de fibra mineral
G Perfil de marco de aluminio
H Chapa de fondo de acero con recubrimiento de aluminio-zinc

Ventajas

- Colector plano de elevada potencia y atractivo precio.
- Absorbedor en forma de serpiente con colectores integrados. Se pueden conectar en paralelo hasta 12 colectores (impulsión y retorno por lados opuestos) o hasta 10 colectores (impulsión y retorno por el mismo lado).
- Diseño universal apto para montaje sobre cubierta y montaje sobre estructura de apoyo, en vertical o en horizontal. El modelo SH también se puede montar en fachadas.
- Elevado rendimiento gracias al absorbedor con recubrimiento selectivo ThermProtect y al recubrimiento de vidrio solar de bajo contenido en hierro.
- El marco de aluminio moldeado en una pieza y la junta continua del vidrio solar proporcionan una hermeticidad permanente y una gran estabilidad.
- Pared posterior resistente a los golpes y a la corrosión.
- Sistema de fijación de Viessmann de fácil montaje con piezas de acero inoxidable y aluminio comprobadas estáticamente y resistentes a la corrosión: estándar para todos los colectores Viessmann.
- Conexión rápida y segura de los colectores mediante un conector flexible de tubos ondulados de acero inoxidable.



Volumen de suministro

El Vitosol 200-FM se suministra montado y listo para ser conectado.

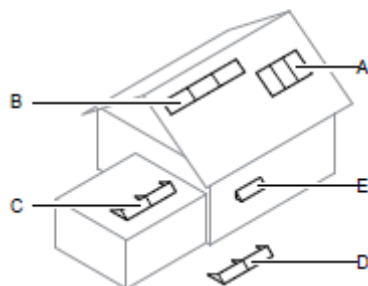
Vitosol 200-FM SV2F/SH2F (continuación)

1.2 Datos técnicos

Indicación

Viessmann no asumirá ninguna responsabilidad si se utiliza el modelo SV2F/SH2F en zonas costeras. Para dichas zonas (hasta 1000 m de distancia respecto de la costa), consultar 'Datos Técnicos' del modelo Vitosol 200-F SV2D.

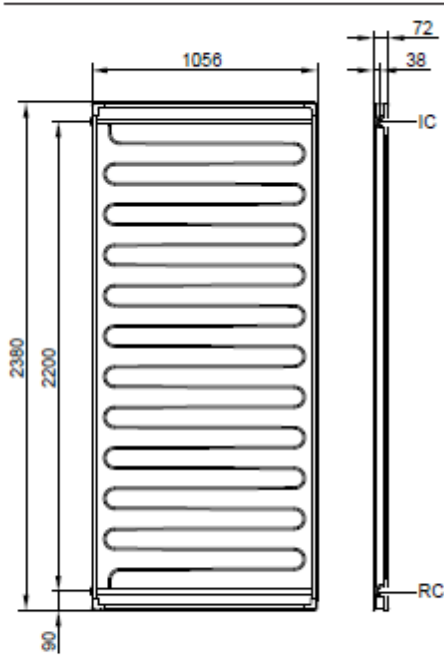
Modelo		SV2F ¹⁾	SH2F ¹⁾
Superficie bruta	m ²	2,51	
Superficie de absorción	m ²	2,324	
Superficie de apertura	m ²	2,330	
Posición de montaje (consultar la siguiente Fig.)		Ⓐ.Ⓒ.Ⓓ	Ⓑ.Ⓒ.Ⓓ.Ⓔ
Distancia entre colectores	mm	21	
Dimensiones			
Anchura:	mm	1056	2380
Altura:	mm	2380	1056
Profundidad	mm	72	72
Los valores siguientes se refieren a diferentes superficies de referencia:			
- Rendimiento óptico (área apertura)	%	0,81	0,81
- Coeficiente de pérdida de calor k ₁	W/(m ² · K)	3,416	3,416
- Coeficiente de pérdida de calor k ₂	W/(m ² · K ²)	0,002	0,002
Capacidad térmica	kJ/(m ² · K)	4,89	
Peso	kg	41,5	40,2
Volumen de fluido (medio portador de calor)	litros	1,48	2,33
Presión de servicio adm.: (consultar el capítulo "Depósito de expansión solar")	bar	6	
Temperatura máx. de inactividad	°C	154	
Capacidad de producción de vapor			
- Posición de montaje favorable	W/m ²	0 ²⁾	
- Posición de montaje desfavorable	W/m ²	0 ²⁾	
Conexión	Ø en mm	22	



¹⁾ Valores estimados en fábrica. Certificación en curso.

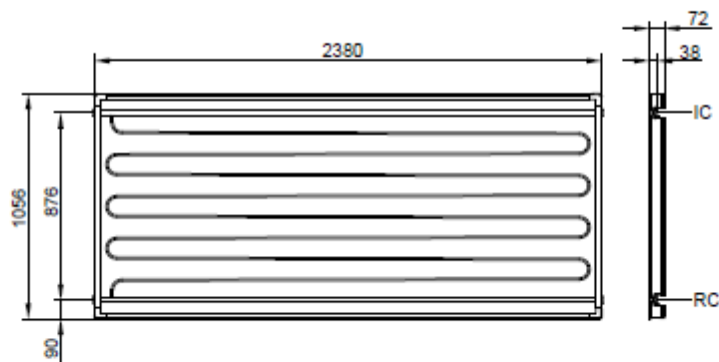
²⁾ A condiciones de trabajo de presión marcadas en las instrucciones de servicio.

Vitosol 200-FM SV2F/SH2F (continuación)



Modelo SV2F

RC Retorno del colector (entrada)
 IC Impulsión del colector (salida)




Modelo SH2F

RC Retorno del colector (entrada)
 IC Impulsión del colector (salida)

1.3 Calidad probada

Los colectores cumplen los requisitos de la insignia de protección del medio ambiente "Ángel Azul" según RAL UZ 73. Comprobado según Solar-KEYMARK y EN 12975.

 Homologación CE conforme a las Directivas de la CE vigentes.

Apéndice R: Ficha técnica del colector de tubos de vacío Viessmann

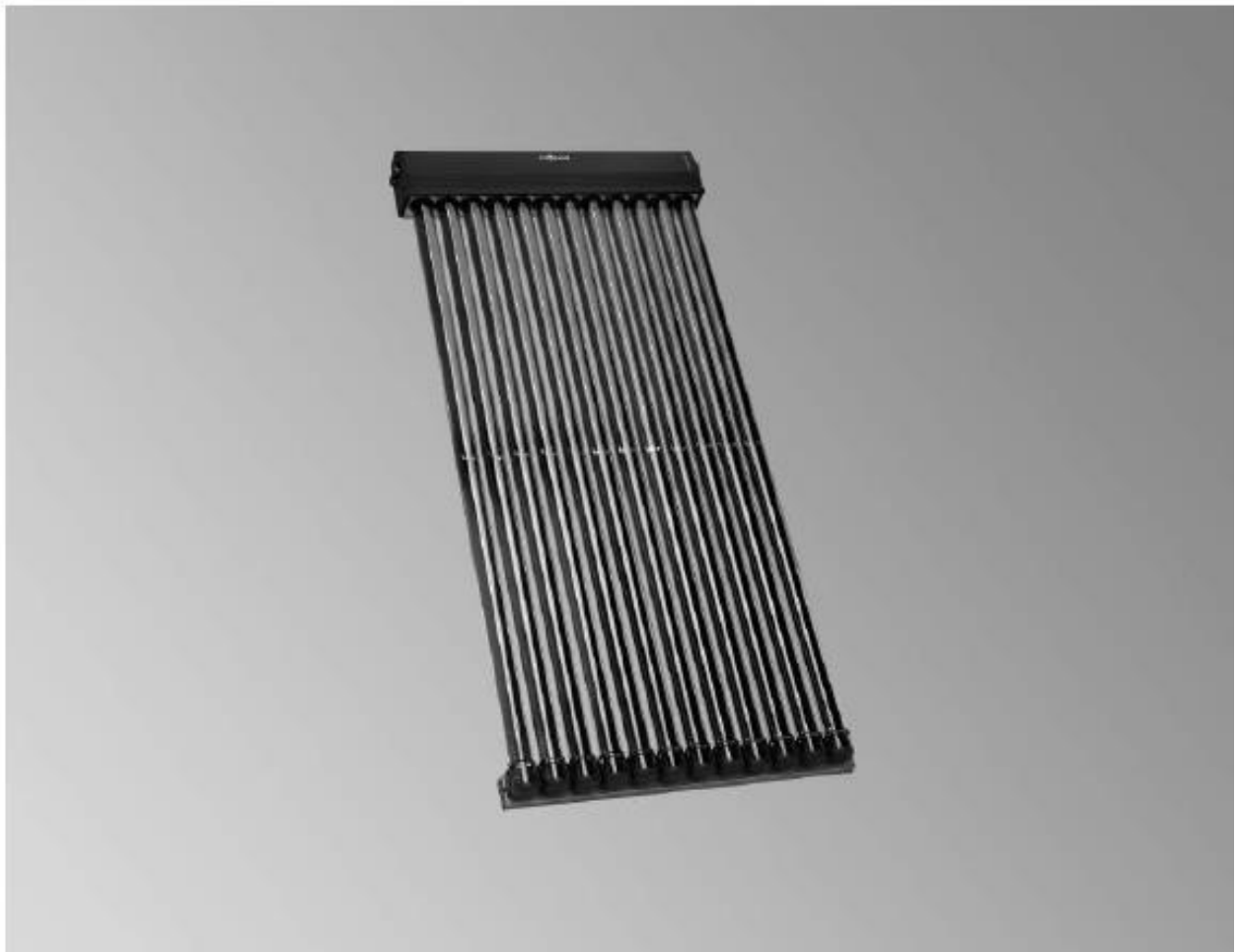
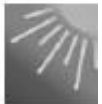
VIESSMANN

VITOSOL 300-TM

Colector de tubos de vacío según el principio Heatpipe
para el uso de la energía solar

Datos técnicos

N. de pedido y precios: consultar la lista de precios

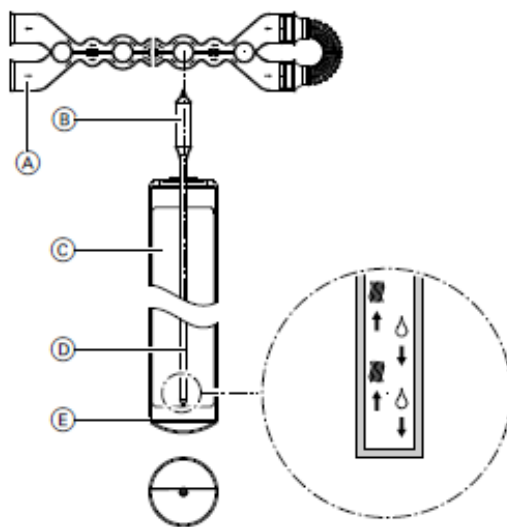


VITOSOL 300-TM Modelo SP3C

Colector de tubos de vacío

Para calentamiento de agua sanitaria, de agua de calefacción y de piscinas mediante un intercambiador de calor y para suministro de calor a procesos industriales. Para montaje sobre cubiertas planas e inclinadas, así como para montaje sobre estructura de apoyo. Tecnología ThermProtect para la autolimitación de temperatura.

Descripción del producto



- (A) Intercambiador de calor de doble tubo de cobre
- (B) Condensador
- (C) Absorbedor
- (D) Tubo de calor (Heatpipe)
- (E) Tubos de vidrio al vacío

Existen las siguientes versiones de colectores de tubos de vacío Vitosol 300-TM, modelo SP3C:

- 1,25 m² con 10 tubos de vacío
- 1,51 m² con 12 tubos de vacío
- 3,03 m² con 24 tubos de vacío

El Vitosol 300-TM, modelo SP3C se puede montar en cubiertas planas e inclinadas, en fachadas o sobre estructuras de apoyo.

Sobre cubiertas inclinadas, los colectores se pueden montar tanto longitudinalmente (con los tubos de vacío perpendiculares al remate de la cubierta) como transversalmente (con los tubos de vacío paralelos al remate de la cubierta).

En cada tubo de vacío se encuentra integrado un absorbedor con recubrimiento altamente selectivo. El absorbedor garantiza una elevada absorción de la radiación solar y una baja emisión de radiación térmica.

En el absorbedor se ha instalado un tubo de calor lleno de líquido de evaporación. El tubo de calor está conectado al condensador. Este se introduce en el intercambiador de calor de doble tubo de cobre Duotec.

Se trata de la denominada "unión seca", es decir, que permite girar o sustituir tubos de vacío incluso cuando la instalación esté llena y bajo presión.

El absorbedor transmite el calor al tubo de calor y de este modo, el líquido se evapora. El vapor asciende al condensador, que a través del intercambiador de calor de doble tubo, transmite el calor al fluido portador de calor. Esto provoca la condensación del vapor en el tubo de calor y los condensados vuelven a bajar al tubo de calor y el proceso se repite.

Para garantizar la circulación del líquido condensado en el tubo de calor, el ángulo de inclinación en horizontal (entre el condensador y el final del tubo de calor) debe ser superior a cero, el cual, es proporcionado por el sistema de montaje (3° mínimo).

Adicionalmente, girando axialmente los tubos de vacío, los absorbedores se pueden orientar de forma óptima hacia el sol. Los tubos de vacío se pueden girar 25 sin proyectar ninguna sombra sobre las superficies de absorción.

Se pueden unir hasta 15 m² de superficie de absorción en una batería de colectores. Para este fin se suministran tubos de unión flexibles hermetizados con juntas tóricas. Los tubos de unión se aíslan con una cubierta de aislamiento térmico.

Un juego de conexión con uniones por anillos de presión permite conectar de forma sencilla la batería de colectores a las tuberías del circuito de energía solar. La sonda de temperatura del colector se monta en un alojamiento que se encuentra en la tubería de impulsión de la caja de conexiones del colector.

Los colectores también pueden utilizarse en zonas cercanas a la costa.

Capacidad de producción de vapor CPV

La capacidad de producción de vapor en W/m es la potencia máxima con la que un colector produce vapor y lo transfiere al sistema durante la expulsión de vapor provocada por la suspensión de la conducción térmica.

Los colectores 300-TM con autolimitación de temperatura, en las instalaciones de energía solar con una presión del sistema suficientemente alta, dejan de producir vapor. Por ello, en estos colectores la CPV es de 0 W/m, lo que supone una garantía intrínseca de durabilidad de las instalaciones.

La radiación solar hace que el fluido caloportador encerrado en cada tubo de calor dentro del tubo de vacío se evapore.

Para volver a su estado líquido dentro del condensador, el calor absorbido es transferido al sistema solar térmico y el medio fluye de nuevo a la zona de incidencia de la radiación solar del tubo de vacío. Una vez que se alcanza la temperatura límite, el fluido ya no puede condensar.

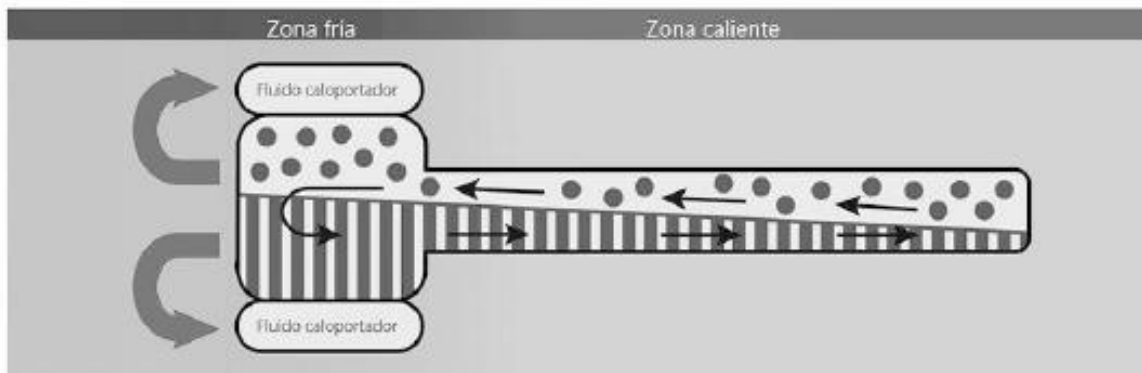
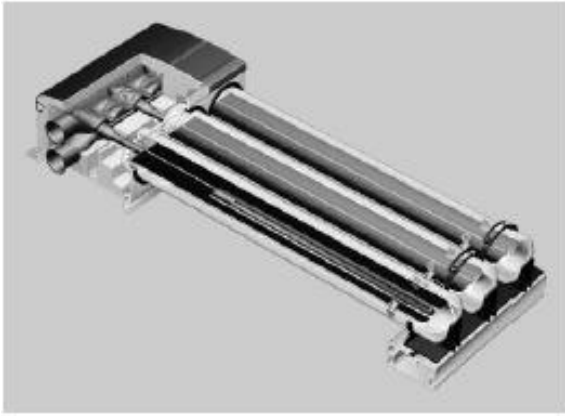
Gracias a este límite de temperatura de cambio de fase, la transferencia de calor se interrumpe y el sistema queda así protegido contra temperaturas de estancamiento excesivamente altas.

La circulación de energía en el tubo de calor sólo se reinicia a temperaturas más bajas del colector, de modo que el calor solar puede transferirse de nuevo al sistema.

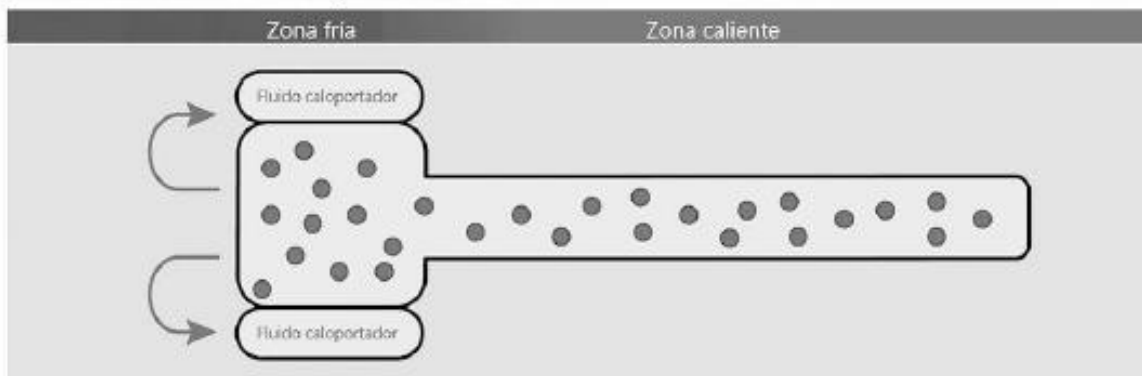
Ventajas

- Colector de tubos de vacío según el principio Heatpipe altamente eficaz con autolimitación de temperatura ThermProtect para una gran seguridad de funcionamiento
- Utilizable universalmente, se puede montar en cualquier posición, tanto vertical como horizontal, en cubiertas, en fachadas o sobre una estructura de apoyo.
- Módulo de balcón estrecho (1,25 m² de superficie de absorción) para montar en barandillas de balcón o fachadas
- Superficie de absorción integrada en los tubos de vacío provista de un recubrimiento altamente selectivo y resistente a la suciedad
- Eficaz transmisión de calor gracias a los condensadores completamente rodeados por el intercambiador de calor de doble tubo de cobre Duotec
- Orientación óptima de los tubos de vacío giratorios hacia el sol para aprovechar al máximo la energía
- Unión seca, que permite montar o sustituir tubos de vacío incluso cuando la instalación está llena
- El aislamiento térmico altamente eficaz de la caja de conexiones reduce al mínimo las pérdidas de calor
- Montaje sencillo gracias a los sistemas de montaje y de conexión de Viessmann

Ventajas (continuación)



Colector en funcionamiento - efecto Thermprotect inactivo



Colector apagado - efecto Thermprotect activo

Datos técnicos

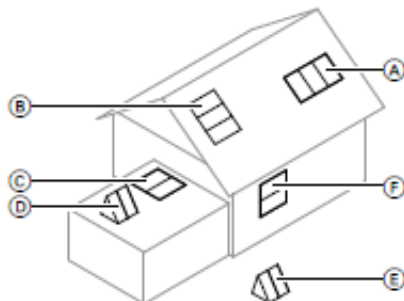
Datos técnicos

Modelo SP3C		1,25 m ² HW	1,51 m ²	3,03 m ²
Número de total:		10	12	24
Superficie bruta	m ²	1,98	2,36	4,61
Superficie de absorción	m ²	1,25	1,51	3,03
Superficie de apertura	m ²	1,33	1,60	3,19
Dimensiones				
Anchura a	mm	885	1052	2060
Altura b	mm	2244	2244	2244
Profundidad c	mm	150	150	150
Los siguientes valores hacen referencia a la superficie de apertura:				
- Rendimiento óptico	%	75,0	75,2	74,0
- Coeficiente de pérdida de calor k ₁	W/(m ² · K)	1,432	1,908	1,888
- Coeficiente de pérdida de calor k ₂	W/(m ² · K ²)	0,025	0,006	0,007
Los siguientes valores hacen referencia a la superficie total:				
- Rendimiento óptico	%	50,4	51,0	51,4
- Coeficiente de pérdida de calor k ₁	W/(m ² · K)	0,962	1,292	1,158
- Coeficiente de pérdida de calor k ₂	W/(m ² · K ²)	0,017	0,004	0,005
Capacidad térmica	kJ/(m ² · K)	4,20	3,98	6,34
Peso	kg	33	39	79
Volumen de líquido (medio portador de calor)	Litros	0,75	0,87	1,55
Presión de servicio admisible	bar/MPa	6/0,6	6/0,6	6/0,6
Durante la instalación de una válvula de seguridad de 8 bar (accesorio)	bar/MPa	8/0,8	8/0,8	8/0,8
Temperatura máx. de inactividad	°C	155	155	155
Capacidad de producción de vapor	W/m ²	0	0	0
Conexión	Ø mm	22	22	22

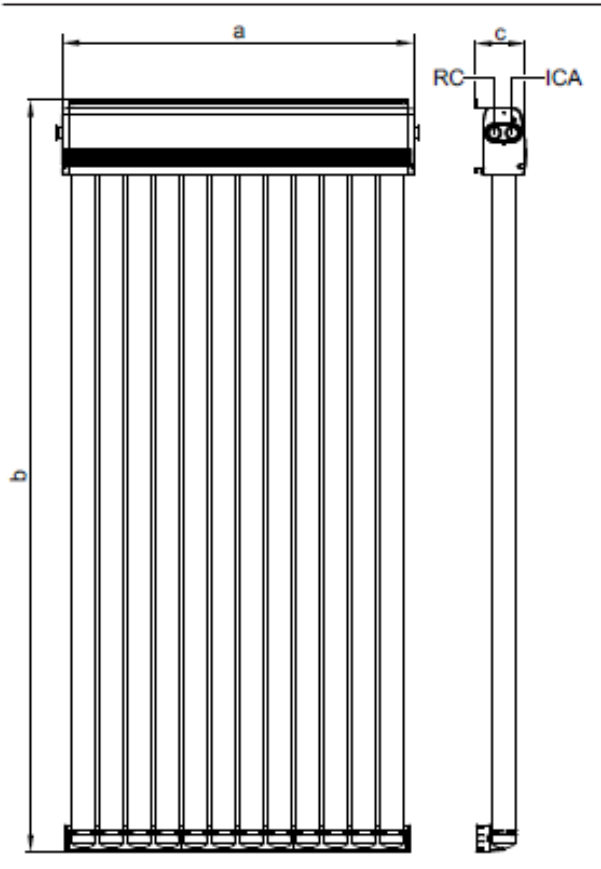
Datos técnicos para determinar la clase de eficiencia energética (etiqueta ErP)

Modelo SP3C		1,25 m ² HW	1,51 m ²	3,03 m ²
Superficie total:	m ²	1,33	2,36	4,61
Los siguientes valores hacen referencia a la superficie de apertura:				
- Rendimiento del colector η _{coll.} con una diferencia de temperatura de 40 K	%	43	45	48
Rendimiento óptico	%	49,9	50,4	51,3
- Coeficiente de pérdida de calor k ₁	W/(m ² · K)	0,96	1,29	1,16
- Coeficiente de pérdida de calor k ₂	W/(m ² · K ²)	0,017	0,004	0,005
Factor de corrección de ángulo IAM		1,02	1,02	1,03

Posición de montaje (consultar la siguiente figura)



Datos técnicos (continuación)



RC Retorno del colector (entrada)
ICA Impulsión del colector (salida)

Calidad comprobada

Calidad probada

Los colectores cumplen los requisitos de la insignia de protección del medio ambiente "Ángel Azul" según RAL UZ 73.
Comprobado de acuerdo con Solar-KEYMARK según EN 12975 o ISO 9806.

CE Homologación CE conforme a las Directivas de la CE vigentes.

Apéndice S: Ficha técnica del acumulador Vitocell 100-B CVBA 500 litros

Interacumulador de A.C.S. (continuación)

7.2 Vitocell 100-B, modelo CVB

Para la producción de A.C.S. en combinación con calderas y colectores de energía solar.

Adecuado para las siguientes instalaciones:

- Temperatura de A.C.S. hasta 95 °C
- Temperatura de impulsión del agua de calefacción hasta 160 °C.
- Temperatura de impulsión solar hasta 110 °C.
- Presión de servicio del circuito primario de caldera hasta 10 bar (1,0 MPa)
- Presión de servicio del circuito solar hasta 10 bar (1,0 MPa)
- Presión de servicio del circuito secundario de A.C.S. hasta 10 bar (1,0 MPa)

Modelo			CVBA				
Capacidad del acumulador			190	250	300	400	500
N.º registro DIN			9W271/12-13MC				
Rendimiento continuo de los serpentines superiores con una producción de A.C.S. de 10 a 45 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican abajo	90 °C	kW	24	31	31	42	47
		l/h	592	761	761	1032	1154
	80 °C	kW	20	26	26	33	40
		l/h	496	638	638	811	982
	70 °C	kW	16	20	20	25	30
		l/h	382	491	491	614	737
60 °C	kW	12	15	15	17	22	
	l/h	286	368	368	418	540	
50 °C	kW	9	11	11	10	16	
	l/h	210	270	270	246	393	
Rendimiento continuo de los serpentines superiores con una producción de A.C.S. de 10 a 60 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican abajo	90 °C	kW	18	23	23	36	36
		l/h	307	395	395	619	619
	80 °C	kW	16	20	20	27	30
		l/h	268	344	344	464	516
	70 °C	kW	12	15	15	18	22
		l/h	201	258	258	310	378
Caudal volumétrico de agua de calefacción para los valores de producción continua indicados			3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Consumo por disposición según EN 12 897: 2006 Q_{ST} con una diferencia de temperatura de 45 K			1,48	1,81	1,79	1,80	1,95
Volumen: parte de disposición de servicio V_{serv}			76	100	116	167	231
Volumen: circuito solar V_{sol}			114	150	184	233	269
Dimensiones							
Longitud (∅)							
- Con aislamiento térmico	a	mm	631	631	631	866	866
		mm	—	—	—	650	650
Anchura total con Solar-Divicon							
- Con aislamiento térmico	b	mm	860	860	860	1086	1086
		mm	—	—	—	866	866
Altura							
- Con aislamiento térmico	c	mm	1193	1485	1704	1612	1942
		mm	—	—	—	1521	1843
Medida de inclinación							
- Con aislamiento térmico		mm	1324	1590	1788	—	—
		mm	—	—	—	1550	1860
Peso (con aislamiento térmico y Solar-Divicon)			120	124	134	185	220
Peso total de servicio			310	374	434	585	720
Volumen de agua de calefacción							
- Serpentines superiores			4,6	6,0	6,0	6,5	9,0
- Serpentines inferiores			5,5	6,5	6,5	10,0	10,0
Superficie de transmisión							
- Serpentines superiores			0,7	0,9	0,9	1,0	1,4
- Serpentines inferiores			0,85	1,0	1,0	1,5	1,5
Conexiones							
Impulsión y retorno del agua de calefacción			R	1	1	1	1
Agua fría, agua caliente			R	1	1	1½	1½
Recirculación			R	1	1	1	1
Solar-Divicon (unión por anillos de presión) junta tórica doble			mm	22	22	22	22
Clase de eficiencia energética			C	C	C	B	B

5928 440 ES

Interacumulador de A.C.S. (continuación)

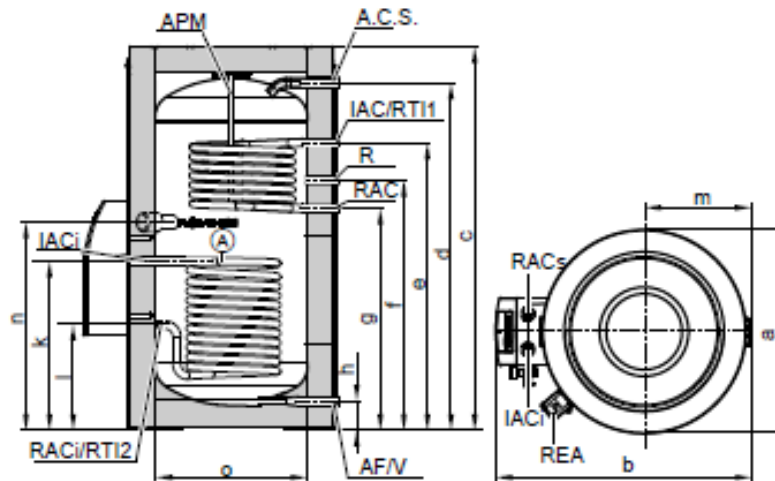
Indicación sobre la producción continua de los serpentines superiores

En la planificación con la producción continua indicada o calculada debe incluirse la bomba de circulación correspondiente. La producción continua indicada solo se alcanzará si la potencia térmica nominal de la caldera es \geq que la de la producción continua.

Indicación

DE: Vitocell 100-B, modelo CVBA con 250 l de capacidad solo disponible en el "pack de energía solar para ACS".

Dimensiones



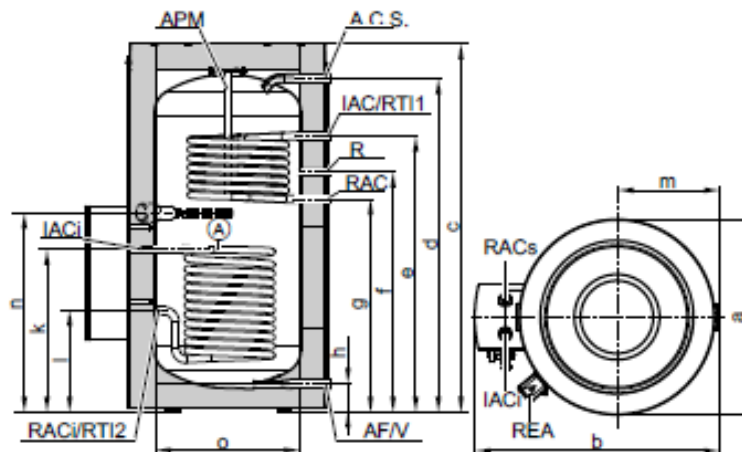
Con módulo de regulación de energía solar, modelo SM1

Ⓐ	Serpentines inferiores para la conexión de los colectores de energía solar	AF	Agua fría
E	Vaciado	RT11	Sonda de temperatura del Interacumulador de la regulación de la temperatura del Interacumulador
REA	Resistencia eléctrica de apoyo	RT12	Sonda de temperatura del Interacumulador de la Instalación de energía solar
RAC	Retorno del agua de calefacción	APM	Anodo de magnesio
RACs	Retorno del agua de calefacción de la Instalación de energía solar (en la Solar-Divicon)	A.C.S.	Agua caliente sanitaria
IAC	Impulsión del agua de calefacción	R	Recirculación
IACs	Impulsión del agua de calefacción de la Instalación de energía solar (en la Solar-Divicon)		

Tabla de dimensiones

Capacidad del acumulador			250	300	400	500
Longitud (∅) con aislamiento térmico	a	mm	631	631	866	866
Anchura	b	mm	860	860	1086	1086
Altura	c	mm	1485	1704	1612	1942
	d	mm	1384	1603	1457	1783
	e	mm	1200	1358	1203	1443
	f	mm	960	1118	1043	1229
	g	mm	840	998	923	1043
	h	mm	79	79	106	106
	k	mm	811	811	893	893
	l	mm	217	217	300	300
	m	mm	343	343	455	455
	n	mm	779	937	863	983
Longitud (∅) sin aislamiento térmico	o	mm	—	—	650	650

Interacumulador de A.C.S. (continuación)



Con Vitosolic 100, modelo SD1

(A)	Serpentines inferiores para la conexión de los colectores de energía solar	AF	Agua fría
E	Vaciado	RT11	Sonda de temperatura del Interacumulador de la regulación de la temperatura del Interacumulador
REA	Solo a partir de 250 litros de capacidad: Resistencia eléctrica de apoyo	RT12	Sonda de temperatura del Interacumulador de la instalación de energía solar
RAC	Retorno del agua de calefacción	APM	Ánodo de magnesio
RACs	Retorno del agua de calefacción de la instalación de energía solar (en la Solar-Divicon)	A.C.S.	Agua caliente sanitaria
IAC	Impulsión del agua de calefacción	R	Recirculación
IACs	Impulsión del agua de calefacción de la instalación de energía solar (en la Solar-Divicon)		

Tabla de dimensiones

Capacidad del acumulador		l	190	250	300	400	500
Longitud (∅) con aislamiento térmico	a	mm	631	631	631	866	866
Anchura	b	mm	860	860	860	1086	1086
Altura	c	mm	1193	1485	1704	1612	1942
	d	mm	1093	1384	1603	1457	1783
	e	mm	909	1200	1358	1203	1443
	f	mm	749	960	1118	1043	1229
	g	mm	629	840	998	923	1043
	h	mm	79	79	79	106	106
	k	mm	793	873	873	956	956
	l	mm	221	301	301	383	383
	m	mm	343	343	343	455	455
	n	mm	—	779	937	863	983
Longitud (∅) sin aislamiento térmico	o	mm	—	—	—	650	650

Índice de rendimiento N_L

- Según DIN 4708
- Serpentines superiores
- Temperatura de acumulación T_{ac} = temperatura de entrada del agua fría +50 K ± 5 K ± 0 K

Volumen del Interacumulador en l	190	250	300	400	500
Índice de rendimiento N_L con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de					
90 °C	1,2	1,6	1,6	3,0	6,0
80 °C	1,2	1,5	1,5	3,0	6,0
70 °C	1,1	1,4	1,4	2,5	5,0

Interacumulador de A.C.S. (continuación)
Indicación sobre el Índice de rendimiento N_L

El índice de rendimiento N_L varía en función de la temperatura de acumulación T_{ac} .

Valores orientativos

- $T_{ac} = 60\text{ °C} \rightarrow 1,0 \times N_L$
- $T_{ac} = 55\text{ °C} \rightarrow 0,75 \times N_L$
- $T_{ac} = 50\text{ °C} \rightarrow 0,55 \times N_L$
- $T_{ac} = 45\text{ °C} \rightarrow 0,3 \times N_L$

Rendimiento instantáneo (durante 10 minutos)

Referido al índice de rendimiento N_L .

Producción de A.C.S. de 10 a 45 °C.

Volumen del Interacumulador en l	190	250	300	400	500
Rendimiento instantáneo (l/10 min) con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de					
90 °C	134	172	173	230	319
80 °C	130	168	168	230	319
70 °C	127	164	164	210	299

Caudal máx. de consumo (durante 10 minutos)

- Referido al índice de rendimiento N_L .
- Con calentamiento posterior.
- Producción de A.C.S. de 10 a 45 °C

Volumen del Interacumulador en l	190	250	300	400	500
Caudal máx. de consumo (l/min) con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de					
90 °C	13	17	17	23	32
80 °C	13	17	17	23	32
70 °C	12	16	16	21	30

Volumen de agua consumible

- Volumen del Interacumulador calentado a 60 °C
- Sin calentamiento posterior

Volumen del Interacumulador en l	190	250	300	400	500
Consumo por unidad de tiempo en l/min	15	15	15	15	15
Caudal de agua consumible en l	95	110	110	120	120
Agua a 60 °C (constante)					

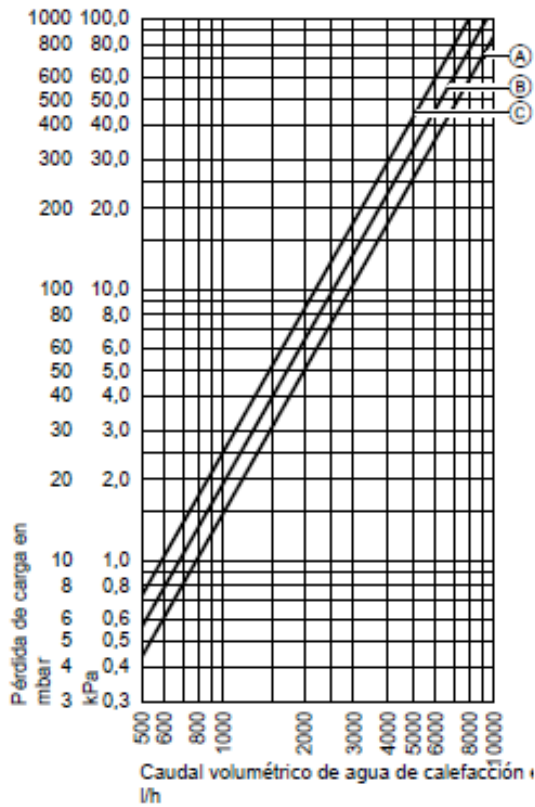
Tiempo de calentamiento

Los tiempos de calentamiento indicados se alcanzan cuando se dispone de la potencia constante máxima del Interacumulador de A.C.S. a la temperatura de impulsión correspondiente del agua de calefacción y de un calentamiento de A.C.S. de 10 a 60 °C.

Volumen del Interacumulador en l	190	250	300	400	500
Tiempo de calentamiento (min) con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de					
90 °C	13	16	16	17	19
80 °C	16	22	22	23	24
70 °C	23	30	30	36	37

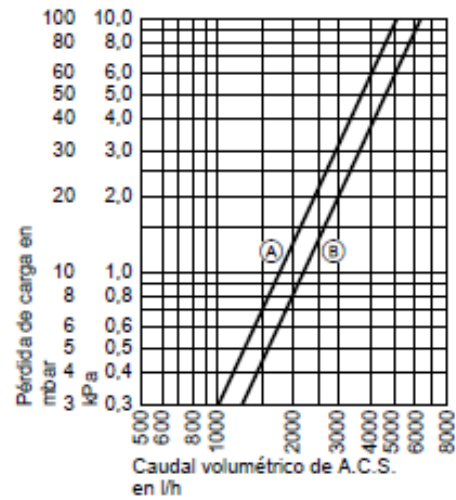
Interacumulador de A.C.S. (continuación)

Pérdidas de carga



Pérdida de carga del circuito primario de caldera de los serpentines superiores

- (A) Capacidad del Interacumulador de 190 l
- (B) Capacidad del Interacumulador de 250, 300 y 400 l
- (C) Capacidad del Interacumulador de 500 l



Pérdida de carga del circuito secundario de A.C.S.

- (A) Capacidad del Interacumulador de 190, 250 y 300 l
- (B) Capacidad del Interacumulador de 400 y 500 l