



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TEMA:

**Sistema de respaldo fotovoltaico para el Centro de Cómputo UCSG
utilizando PVsyst, para eliminar outage.**

AUTOR:

Pilco Paguay, Luis Ezequiel

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

TUTOR:

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MsC.

Guayaquil, Ecuador

02 de septiembre 2026



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Pilco Paguay, Luis Ezequiel** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD**.

TUTOR

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MsC.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PH.D.

Guayaquil, 02 de septiembre del 2026



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Pilco Paguay, Luis Ezequiel

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación **“Sistema de respaldo fotovoltaico para el Centro de Cómputo UCSG utilizando PVsyst, para eliminar outage.** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 02 de septiembre del 2026

EL AUTOR

Pilco Paguay, Luis Ezequiel



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, Pilco Paguay, Luis Ezequiel

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Sistema de respaldo fotovoltaico para el Centro de Cómputo UCSG utilizando PVsyst, para eliminar outage”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 02 de septiembre del 2026

EL AUTOR

Pilco Paguay, Luis Ezequiel



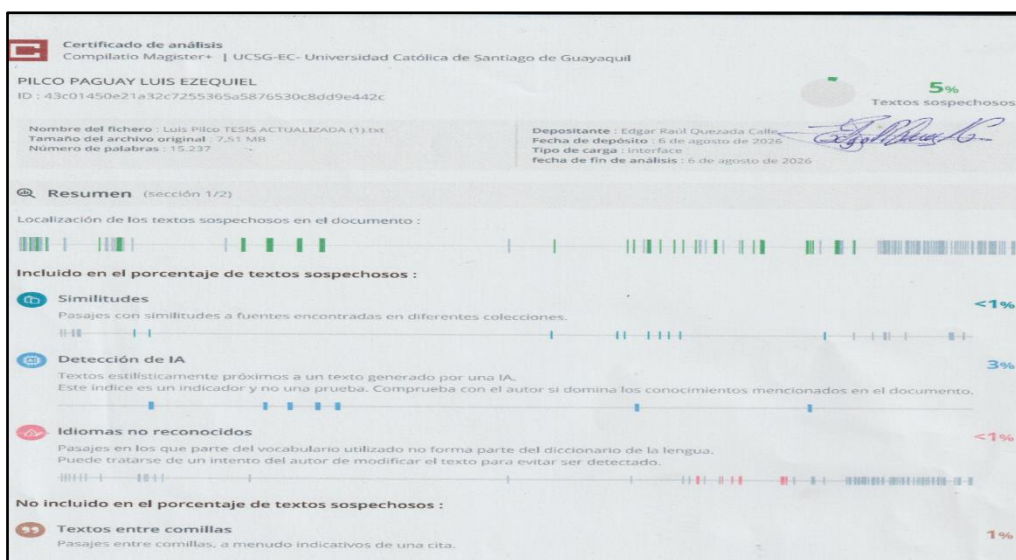
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
INFORME SOFTWARE ANTIPLAGIO

REPORTE DE COMPILATIO



Reporte Compilatio del trabajo de titulación de la Carrera Electricidad denominado:
“Sistema de respaldo fotovoltaico para el centro de cómputo UCSG utilizando PVsyst, para eliminar outage”, del estudiante Pilco Paguay, Luis Ezequiel se encuentra al NN 5% de coincidencias.

Atentamente,

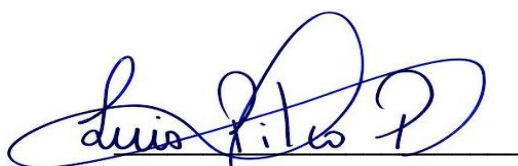
Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MsC.

DOCENTE-TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi hermosa familia, quienes han estado a mi lado de manera incondicional durante todo este proceso. A mi esposa y a mi hijo, por ser mi mayor motivación y por acompañarme en los momentos más difíciles de mi carrera académica, brindándome su amor, comprensión y apoyo constante.

Este logro es también de ustedes, porque con su presencia y aliento me dieron la fuerza necesaria para continuar y alcanzar una de mis metas más importantes.



EL AUTOR

PILCO PAGUAY, LUIS EZEQUIEL

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por concederme salud, vida y la fortaleza necesaria para alcanzar esta importante meta académica. Expreso mi más sincero agradecimiento a mi esposa, **Lady Rosero**, quien ha sido mi mayor apoyo, mi inspiración y el motor que me impulsa a seguir adelante. Junto a mi hijo, han sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome la motivación, el amor y las fuerzas necesarias para no rendirme ante las dificultades.

Mis progenitores, les envío mis gracias de todo corazón por todo el apoyo absoluto, sus comentarios de aliento y el respaldo moral que me han dado durante mis estudios y mi vida profesional.

Para finalizar, quiero agradecer a los profesores de la universidad por su entrega de conocimientos y su aporte a mi formación académica, en especial a mi tutor quien ha sido un gran guía en el transcurso de este periodo, así como también a mis colegas de equipo por su constancia, respaldo y entendimiento.



EL AUTOR

PILCO PAGUAY, LUIS EZEQUIEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  _____

Ing. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO. PH.D.
DIRECTOR DE CARRERA

f.  _____

Ing. UBILLA GONZALEZ, RICARDO XAVIER. MsC.
COORDINADOR DEL ÁREA

f.  _____

Ing. QUEZADA CALLE, EDGAR RAÚL. MsC.
DOCENTE-TUTOR

f.  _____

Ing. BONILLA SANCHEZ, RONNIE ALEXANDER. MsC.
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XI
Resumen	XIII
Abstract	XIV
Capítulo 1.: Descripción General del Trabajo de Titulación	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Planteamiento del Problema.	4
1.4. Justificación del Problema.....	5
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.	6
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Metodología de Investigación.....	7
Capítulo 2.: Fundamentación Teórica.....	9
2.1. Descripción general del sistema solar fotovoltaico.....	9
2.1.1. Componentes principales del sistema fotovoltaico	9
2.1.2. Paneles solares fotovoltaicos.....	10
2.1.3. Inversor fotovoltaico	11
2.1.4. Controladores de batería.....	11
2.1.5. Protecciones eléctricas	12
2.2. Funcionamiento de un sistema fotovoltaico	13
2.2.1. Factores que influyen en el funcionamiento del sistema fotovoltaico	14
2.2.2. Conversión de energía solar en energía eléctrica.....	14
2.2.3. Proceso de generación fotovoltaica	15
2.3. Radiación solar y rendimiento energético.....	16
2.3.1. Radiación solar en sistemas fotovoltaicos	16
2.3.2. Irradiancia solar y producción de energía.....	17
2.3.3. Orientación e inclinación de paneles solares	18
2.3.4. Interrupciones energéticas en sistemas fotovoltaicos.....	18
2.4. Sistemas de almacenamiento energético	19
2.4.1. Baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos.....	19
2.4.2. Factores que afectan el almacenamiento energético.....	20
2.5. Sistemas On-Grid, Off-Grid e híbridos	20
2.5.1. Sistemas On-Grid	21
2.5.2. Sistemas Off-Grid.....	21
2.5.3. Sistemas híbridos fotovoltaicos	22
2.5.4. Comparación entre sistemas On-Grid, Off-Grid e híbridos.....	23
2.6. Sistema de Transferencia Automática (ATS) para instalaciones fotovoltaicas.....	24
2.6.1. ATS en sistemas fotovoltaicos de respaldo.....	24
2.7. Impacto ambiental y sostenibilidad de la energía fotovoltaica....	25
2.7.1. Reducción de emisiones contaminantes.....	25
2.7.2. Beneficios ambientales de la energía solar	26
2.7.3. Desarrollo sostenible mediante sistemas fotovoltaicos ..	26
2.7.4. Perspectivas globales de crecimiento solar	26

2.8.	Propiedades del campo de la velocidad confiabilidad y continuidad de la electricidad en sistemas fotovoltaicos	27
2.8.1.	Energía disponible y confiable para instalaciones críticas	28
2.8.2.	Estrategias de continuidad operativa con sistemas fotovoltaicos de respaldo	28
Capítulo 3.: Diseño, implementación y resultados		30
3.1.	Diagnóstico del centro de cómputo de la UCSG	30
3.1.1	Ubicación	30
3.1.2.	Análisis de la irradiación solar	31
3.1.3.	Análisis de la inclinación y orientación de los paneles fotovoltaicos	32
3.2.	Potencia Instalada.....	33
3.2.1	Demanda energética diaria y horas de funcionamiento.	33
3.2.2	Consumo de energía anual	34
3.2.3	Diagrama Unifilar	35
3.3.	Cálculo de la potencia requerida.....	35
3.3.1	Cálculo de módulos fotovoltaicos	37
3.3.2	Cálculo del Inversor	39
3.3.3.	Configuración propuesta	39
3.3.4.	Cálculo de Batería	41
3.4.	Implementación del sistema mediante software PVsyst	44
3.4.1.	Resultados de la simulación	45
3.4.2.	Producción mensual de energía	46
3.4.3	Diagrama de pérdidas del sistema	47
3.4.4	Producción diaria y distribución de potencia.....	48
3.4.5	Diagrama unifilar del sistema	49
3.5	Evaluación económica	50
3.5.1	Costos de equipos	50
3.5.2	Presupuesto del sistema	51
3.5.3	Análisis comparativo del costo energético con y sin sistema fotovoltaico	54
Conclusiones.....		55
Recomendaciones.....		56
Anexos.....		57
Bibliografía.....		64

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Esquema básico de un sistema fotovoltaico.	9
Figura 2. 2: Paneles solares.	11
Figura 2. 3: Conversión de energía solar en energía eléctrica.	15
Figura 2. 4: Proceso de generación fotovoltaica.	16
Figura 2. 5: Sistemas híbridos fotovoltaicos.	23
Figura 2. 6: Configuraciones de sistemas fotovoltaicos (On-Grid, Off-Grid e Híbrido).	24
Figura 2. 7: Sistema fotovoltaico de respaldo para cargas críticas.	29

Capítulo 3

Figura 3. 1: Ubicación geográfica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.	31
Figura 3. 2: Banco de transformadores de 50 KVA.	33
Figura 3. 3: Diagrama Unifilar del centro de cómputo (UCSG).	35
Figura 3. 4: Tablero de control de centro de cómputo (UCSG).	36
Figura 3. 5: Módulo fotovoltaico monocristalino RSM120-8-590M-615M.	38
Figura 3. 6: Inversor híbrido Growatt WIT 50-100K-HU.	41
Figura 3. 7: Sistema comercial de almacenamiento con baterías Growatt APX.	43
Figura 3. 8: Grafico de un sistema Bess.	44
Figura 3. 9: Software de simulación Pvsyst.	45
Figura 3. 10: Parámetros generales del sistema fotovoltaico implementado en PVsyst.	46
Figura 3. 11: Resultados principales obtenidos mediante la simulación del sistema fotovoltaico en PVsyst.	47
Figura 3. 12: Diagrama de pérdidas energéticas del sistema fotovoltaico.	48
Figura 3. 13: Producción diaria y distribución de potencia del sistema.	49
Figura 3. 14: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico implementado en PVsyst.	50
Figura 3. 15: Payback de 3 horas.	53

Índice de Tablas

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Parámetros meteorológicos.	32
Tabla 3. 2: Características de módulos fotovoltaico.....	37
Tabla 3. 3: Listas de materiales para el sistema fotovoltaico.	51
Tabla 3. 4: Resumen Económico.....	52
Tabla 3. 5: Comparativa: horas de respaldo vs. precio.	53

Resumen

Este proyecto desarrolla un sistema fotovoltaico de respaldo para el centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. La propuesta busca mantener el servicio eléctrico cuando se presenten cortes en la red. Para dimensionarla se empleó PVsyst y se revisaron la demanda del centro, el recurso solar del sitio y los equipos necesarios para generar y almacenar energía. El diseño considera 220 módulos de 615 Wp, dos inversores híbridos de 75 kW y un banco de baterías de 372,6 kWh, suficiente para aproximadamente tres horas de respaldo. La simulación estimó una producción anual de 176,34 MWh y un rendimiento de 85,74 %, resultados que respaldan la viabilidad técnica del sistema. El análisis económico también indicó una disminución del consumo proveniente de la red y una mayor seguridad energética para el centro de cómputo.

Palabras claves: Respaldo, Fotovoltaico, PVsyst, Outage.

Abstract

This project designs a photovoltaic backup system for the computer center of the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Its purpose is to keep the facility operating during utility-grid interruptions. The system was sized in PVsyst after reviewing the center's demand, the solar resource at the site, and the required generation and storage equipment. The selected arrangement includes 220 modules rated at 615 Wp, two 75 kW hybrid inverters, and a 372.6 kWh battery bank that provides about three hours of backup. Simulation results yielded an annual production of 176.34 MWh and a performance ratio of 85.74%, supporting the technical feasibility of the proposal. The economic evaluation also showed lower grid consumption and improved energy reliability for the computer center.

Keywords: Backup, Photovoltaic, PVsyst, Outage.

Capítulo 1.:

Descripción General del Trabajo de Titulación

1.1. Introducción.

La energía eléctrica se ha convertido en un recurso imprescindible para llevar a cabo actividades académicas, industriales y tecnológicas, ya que cada vez dependemos más de los sistemas electrónicos y de las plataformas digitales. El crecimiento de la exigencia energética y la urgencia de reducir el impacto ambiental asociado a la producción convencional han impulsado la integración de fuentes renovables, entre ellas la energía solar fotovoltaica, como una alternativa sostenible para la generación eléctrica distribuida. (Agencia Internacional de Energía [IEA], 2024).

La energía solar fotovoltaica ha sido una de las tecnologías renovables que más ha crecido en el mundo, gracias a la reducción progresiva de sus costos, mejoras en la eficiencia de sus módulos y la facilidad de implementación en distintas escalas de aplicación. También, la integración de sistemas de almacenamiento con baterías permite una mejor gestión energética, el almacenamiento de la energía sobrante producida durante los períodos de radiación solar y el acceso a energía eléctrica en momentos de interrupciones del suministro (IRENA, 2023).

En instalaciones críticas como centros de cómputo, la continuidad del servicio eléctrico es fundamental para garantizar la disponibilidad de equipos, sistemas informáticos y servicios digitales. Las interrupciones no programadas de energía pueden provocar pérdidas operativas, afectación de procesos institucionales y menor confiabilidad del sistema eléctrico. Por tal motivo, los sistemas de respaldo energético basados en generación fotovoltaica y almacenamiento se proponen como una solución eficiente para mejorar la resiliencia energética de este tipo de instalaciones (Chen et al., 2024).

La integración de baterías de ion-litio, en especial aquellas con química de litio-ferrofosfato (LiFePO_4), ha permitido la construcción de sistemas de almacenamiento más seguros, eficientes y de mayor vida útil, características importantes para aplicaciones que requieren disponibilidad energética por largos periodos de tiempo.

Estos sistemas permiten complementar la generación fotovoltaica y asegurar el suministro de cargas críticas en caso de fallas en la red eléctrica (Evro et al., 2024).

Con este propósito, la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) dispone de un centro de cómputo cuyo funcionamiento necesita de un suministro eléctrico estable y confiable. Dado que es importante mantener la continuidad de sus servicios tecnológicos, se necesita analizar la implementación de una estructura de apoyo a base de energía solar fotovoltaica que posibilite disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional y incrementar la protección energética de la instalación.

Para el dimensionamiento y evaluación energética del sistema se emplea el software PVsyst V8.1.3, herramienta que permite analizar el comportamiento de sistemas fotovoltaicos teniendo en cuenta parámetros como la irradiación solar, las pérdidas energéticas, la producción anual y el rendimiento del sistema. La simulación permite determinar la viabilidad técnica de la propuesta y estimar la capacidad de generación eléctrica bajo las condiciones reales del sitio de estudio.

Por último, se hace una evaluación económica que incluye la inversión inicial, los costos asociados y los beneficios obtenidos con la generación fotovoltaica. Así, el proyecto pretende demostrar que la implantación de un sistema de respaldo fotovoltaico es una alternativa técnicamente y económicamente viable para garantizar la continuidad del suministro eléctrico del centro de cómputo universitario.

1.2. Antecedentes

El crecimiento del consumo eléctrico ha obligado a buscar fuentes capaces de complementar la red y mantener el suministro. Entre las opciones disponibles se encuentra la energía solar fotovoltaica, especialmente cuando trabaja junto con baterías. Esta combinación permite utilizar la generación local, guardar los excedentes y disponer de energía durante una interrupción, con lo cual disminuye la dependencia de la red convencional (IRENA, 2023).

La generación fotovoltaica acompañada de almacenamiento se ha estudiado como respaldo para instalaciones que no pueden detenerse, entre ellas centros de

datos y laboratorios. En estos casos suelen emplearse baterías de litio-ferrofosfato (LiFePO_4), debido a su seguridad de operación, eficiencia y duración. Estas propiedades favorecen el desempeño del respaldo frente a ciclos frecuentes de carga y descarga (Chen et al., 2024).

Guayaquil cuenta con un recurso solar aprovechable para producir electricidad mediante módulos fotovoltaicos. Esta condición resulta pertinente para la UCSG, cuyo centro de cómputo necesita conservar sus servicios aun cuando falle la alimentación principal. Por ello, el proyecto evalúa un sistema de respaldo con baterías orientado a reforzar la continuidad y confiabilidad del suministro.

1.3. Planteamiento del Problema.

La infraestructura tecnológica de la UCSG requiere un suministro eléctrico continuo para garantizar el funcionamiento de equipos como servidores, routers, sistemas de almacenamiento, computadoras y dispositivos de comunicación. Sin embargo, las variaciones de voltaje y las interrupciones del servicio eléctrico que se presentan actualmente en el Ecuador pueden ocasionar fallas operativas, pérdida de información, daños en equipos electrónicos y suspensión de servicios informáticos, afectando la continuidad de las actividades académicas y administrativas de la institución.

A pesar de que este establecimiento cuenta con sistemas de respaldo como el UPS y los generadores eléctricos, estas alternativas tienen impedimentos que están asociadas con los gastos de funcionamiento, el mantenimiento periódico, el consumo de combustible y el impacto del medio ambiente. Además, puede carecer de adecuada capacidad de autonomía para asegurar el rendimiento constante de los sistemas informáticos durante interrupciones frecuentes de la electricidad. De tal manera, ante esta situación se hace esencial el estudio de alternativas energéticas renovables que posibiliten optimizar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico. La energía solar fotovoltaica es una solución sostenible y eficiente, ya que utiliza un recurso renovable que nos brinda la naturaleza para generar electricidad y puede incorporarse como sistema de respaldo energético mediante un sistema de transferencia automática (ATS), permitiendo el cambio inmediato en menos de 10 a 15 milisegundos entre la red eléctrica convencional y el sistema de respaldo fotovoltaico.

Por este motivo, el presente proyecto tiene como objetivo analizar y dimensionar un sistema de respaldo solar fotovoltaico para el centro de cómputo de la UCSG, a través de un análisis técnico y una evaluación energética, con el fin de asegurar la continuidad del servicio eléctrico y contribuir a una gestión energética más eficiente y sostenible. Para el desarrollo técnico y simulación del sistema propuesto se utilizará la tecnología PVsyst es un software de simulación, con la que se podrá hacer el dimensionamiento, análisis de rendimiento y evaluación de la viabilidad del sistema fotovoltaico de respaldo.

1.4. Justificación del Problema.

El dilema de las interrupciones del servicio eléctrico en el centro de cómputo de la UCSG, necesita de una solución basada en métodos de ingeniería que permitan garantizar la continuidad y confiabilidad del servicio eléctrico. Dado que este tipo de instalaciones funcionan con equipos tecnológicos sensibles y de funcionamiento continuo, es necesario aplicar procedimientos técnicos que permitan analizar, diseñar y evaluar un sistema energético eficiente y sostenible.

Para resolver esta problemática se utilizarán métodos de ingeniería eléctrica y energética, como el levantamiento y análisis de carga eléctrica, cálculo de demanda energética, evaluación del consumo diario y determinación de la autonomía requerida del sistema de respaldo. Por ende, se hará el cálculo técnico para los paneles solares, banco de baterías, inversores y sistema de transferencia automática (ATS), a fin de garantizar un funcionamiento continuo ante fallas de la red eléctrica convencional. El adecuado dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos permite mejorar la confiabilidad energética y optimizar el suministro eléctrico en instalaciones críticas (Messenger & Ventre, 2017).

También se realizarán procesos de simulación y análisis técnico con el software PVsyst, herramienta especializada para el diseño y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos. Este software permite el análisis del rendimiento energético, la verificación de la capacidad de generación del sistema y la determinación de la viabilidad técnica de proyectos fotovoltaicos (PVsyst SA, 2024).

Desde el punto de vista de la ingeniería, el proyecto tiene como objetivo integrar tecnologías de energía renovable y automatización eléctrica con el fin de optimizar el suministro energético del centro de cómputo, reducir los riesgos operativos que generan la interrupción eléctrica y mejorar la eficiencia energética institucional. La utilización de sistemas solares fotovoltaicos es una opción viable para la obtención de fuentes de energía renovables y la disminución de la dependencia de los recursos energéticos convencionales (Duffie & Beckman, 2013). De tal forma, mediante la aplicación de métodos técnicos y herramientas especializadas se podrá llegar a una solución confiable, sostenible y ajustada a las necesidades energéticas de la UCSG.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Proyectar un sistema de respaldo fotovoltaico con transferencia automática para el centro de cómputo de la UCSG, utilizando PVsyst.

1.5.2. Objetivos Específicos.

1. Examinar el consumo y la demanda eléctrica del centro de cómputo de la UCSG.
2. Seleccionar los paneles, inversores, baterías y el sistema de transferencia automática (ATS) necesarios para el respaldo fotovoltaico.
3. Dimensionar el sistema y comprobar su comportamiento mediante una simulación en PVsyst.
4. Evaluar la viabilidad técnica y el desempeño energético de la propuesta frente a las necesidades de continuidad del centro de cómputo.

1.6. Hipótesis.

Las interrupciones eléctricas ocurridas en el Ecuador son un reto para el rendimiento constante de los centros de cómputo, ya que la pausa de la red puede afectar los equipos informáticos, servidores y demás recursos tecnológicos necesarios para el desarrollo de las actividades institucionales. Para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), estas demoras pueden generar la paralización de los procesos académicos y administrativos, y poner en riesgo la accesibilidad y el compromiso de la información almacenada.

Ante este problema, la presente investigación plantea el diseño de un sistema de respaldo fotovoltaico, dimensionado de acuerdo con las necesidades energéticas del centro de cómputo e integrado con un sistema de transferencia automática (ATS). Con esta solución implementada se podrá asegurar el suministro eléctrico de las cargas críticas cuando fallen las fuentes convencionales, mejorando la solidez del servicio, la continuidad operativa del centro y reduciendo la dependencia del sistema eléctrico tradicional. Los sistemas fotovoltaicos ofrecen una alternativa eficiente y sostenible para mejorar la seguridad energética y optimizar el uso de las energías renovables (IEA, 2023).

1.7. Metodología de Investigación.

La investigación se plantea con un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos relacionados con el consumo energético, la radiación solar, la potencia instalada, la producción fotovoltaica y los parámetros económicos del sistema propuesto. Este enfoque permite medir variables y analizar resultados mediante técnicas y procedimientos estadísticos para comprobar la viabilidad de una solución propuesta (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2023).

Este análisis es de investigación aplicada ya que tiene como fin utilizar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema específico que es la continuidad del suministro eléctrico. De acuerdo con Arias (2023), la investigación aplicada se enfoca en producir soluciones prácticas aplicando conocimientos existentes en situaciones reales.

También se emplea un diseño de investigación no experimental descriptivo ya que se analizan las condiciones energéticas actuales del sitio sin manipular las variables de estudio, lo cual permite caracterizar el comportamiento del sistema fotovoltaico mediante datos técnicos y simulaciones computacionales (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2023).

El proyecto se desarrolló en varias etapas: recolección de información del lugar de estudio, análisis de la demanda eléctrica, selección de los componentes del sistema fotovoltaico, cálculo del generador solar, inversores y almacenamiento

energético, simulación mediante el software PVsyst V8.1.3 y evaluación técnico-económica de los resultados obtenidos.

Los parámetros tomados en cuenta para la simulación energética fueron la irradiación solar, la orientación y la inclinación de los módulos, las características eléctricas de los equipos seleccionados y las pérdidas del sistema. Las herramientas de simulación fotovoltaica permiten estimar la producción energética y evaluar el desempeño del sistema antes de su implementación física (PVsyst, 2024).

Al final, los resultados obtenidos permiten determinar la viabilidad técnica y económica del sistema propuesto de respaldo fotovoltaico como alternativa para mejorar la continuidad del servicio eléctrico del centro de cómputo.

Capítulo 2.:

Fundamentación Teórica

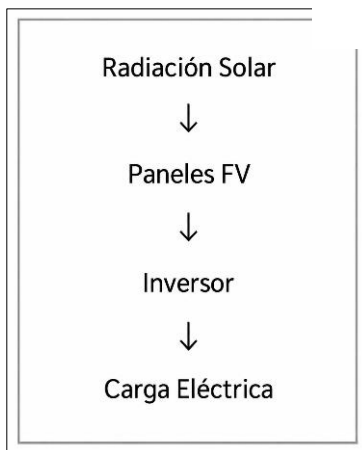
2.1. Descripción general del sistema solar fotovoltaico.

La conversión de la radiación solar en electricidad ocurre por el efecto fotovoltaico: al recibir luz, ciertos materiales semiconductores producen corriente continua. Como la mayoría de los equipos trabaja con corriente alterna, un inversor adapta la energía antes de su utilización. Esta tecnología permite generar electricidad sin recurrir directamente a combustibles durante la operación y puede instalarse tanto en viviendas como en comercios e industrias. Las mejoras recientes en módulos e inversores también han elevado la eficiencia y la confiabilidad de estas instalaciones (Dey et al., 2023).

En términos generales, un sistema fotovoltaico se compone de módulos solares, inversores, controladores de carga, baterías, sistemas de monitoreo, estructuras de soporte y dispositivos de protección eléctrica. Estos elementos desempeñan funciones específicas dentro del proceso de captación, conversión, almacenamiento y gestión de la energía, lo que permite que la instalación fotovoltaica funcione de manera eficiente y de manera segura (Sharma & Mishra, 2025).

Nota: Elaboración propia. (2026).

Figura 2. 1: Esquema básico de un sistema fotovoltaico.



2.1.1. Componentes principales del sistema fotovoltaico

Estos elementos específicos del sistema de energía renovable son partes que captan, convierten, almacenan y controlan la energía del sol para proveer electricidad de forma eficiente. La correcta integración de estos recursos permite maximizar el

rendimiento energético, mejorar la confiabilidad del sistema y garantizar su funcionamiento en diferentes condiciones operativas (Wang, 2024).

Los módulos solares, los inversores, los controladores de carga, los dispositivos de protección eléctrica y los sistemas de monitoreo son algunos de los elementos más importantes. Una adecuada integración de estos componentes permite optimizar el aprovechamiento de la energía disponible, mejorar la confiabilidad operativa y propiciar una eficiente gestión del sistema.

Varios estudios señalan que el rendimiento global de una instalación solar depende tanto de la calidad de los módulos fotovoltaicos, como del buen funcionamiento de los equipos que convierten, regulan, protegen y supervisan la energía. Además, los avances tecnológicos recientes han permitido la creación de soluciones cada vez más eficientes y confiables, lo cual ha propiciado la expansión de la energía solar en distintas aplicaciones energéticas (Kirchartz et al., 2025).

2.1.2. Paneles solares fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos convierten la energía de la radiación solar en electricidad por medio del efecto fotovoltaico. Cuando las células solares, hechas principalmente con silicio monocristalino o policristalino, absorben la luz del Sol, se produce corriente continua (CC). Se utilizan estos materiales porque tienen buenas propiedades eléctricas, resistencia y capacidad de convertir la energía solar en electricidad con un alto grado de eficiencia.

La energía entregada por un módulo no depende únicamente de sus datos de fábrica. También influyen la irradiancia, la temperatura, la inclinación, la orientación y el clima del lugar. Estas variables deben revisarse durante el dimensionamiento, pues modifican la producción que puede esperarse a lo largo del año. Una configuración acorde con el sitio reduce pérdidas y permite aprovechar mejor el generador. A ello se suman los avances en fabricación, que han dado lugar a módulos más eficientes y confiables para distintas aplicaciones (Kumar et al., 2024).

Figura 2. 2: Paneles solares.



Fuente: Iferma Energía. (2023).

2.1.3. Inversor fotovoltaico

Los módulos y las baterías operan con corriente continua (CC), mientras que las cargas convencionales requieren corriente alterna (CA). El inversor enlaza ambas partes del sistema: convierte la CC en CA y mantiene la tensión y la frecuencia dentro de los límites admitidos por los equipos. Por esta razón, su selección debe responder tanto a la potencia requerida como a las condiciones de operación de la carga.

Cuando el sistema alimenta cargas críticas, el inversor debe sostener la entrega de energía durante la pérdida de la red. Los equipos actuales incorporan medición, protecciones y control, de modo que pueden detectar condiciones anormales y ajustar su operación. Además, una baja distorsión armónica y el control de potencia activa y reactiva contribuyen a que los sistemas conectados a red o con baterías trabajen con mayor estabilidad (Kibria et al., 2025).

2.1.4. Controladores de batería

Una tarea vital para garantizar que una instalación solar funcione de manera correctamente es regular la circulación de energía a través de los paneles fotovoltaicos y el sistema de almacenamiento interno. Un dispositivo electrónico realiza este proceso, gestionando la carga y descarga de las baterías, evitando condiciones de sobrecarga, sobre descarga, sobrecalentamiento y otros fenómenos

que pueden reducir su vida útil y afectar la estabilidad del sistema. Los controladores de carga en la actualidad se dividen principalmente en dos tecnologías: PWM y MPPT.

Los controladores PWM se utilizan en aplicaciones de menor complejidad y funcionan mediante la regulación del voltaje entregado a las baterías por medio de pulsos de conmutación. Los controladores MPPT, por su parte, cuentan con sofisticados algoritmos que les permiten conocer y trabajar siempre en el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos, logrando así el mayor aprovechamiento posible de la energía disponible (Sharma et al., 2024).

2.1.5. Protecciones eléctricas

La seguridad y confiabilidad de un sistema fotovoltaico dependen en gran medida de la correcta implementación de dispositivos destinados a prevenir daños ocasionados por fallas eléctricas. Los dispositivos de protección eléctrica, tienen como misión proteger los equipos del sistema fotovoltaico frente a las fallas que se puedan producir durante su funcionamiento. Las sobrecargas, los cortocircuitos, las sobretensiones y las corrientes de falla son de las situaciones más frecuentes y pueden causar daños en los componentes o afectar la operación de la instalación si no son controladas a tiempo.

La instalación se protege mediante fusibles, interruptores termomagnéticos, descargadores de sobretensión (SPD), breakers y puesta a tierra. Cada dispositivo actúa ante una condición distinta; en conjunto, limitan daños, aíslan fallas y ayudan a conservar el suministro. Su capacidad y ubicación deben definirse según los niveles de tensión y corriente del sistema.

Estas protecciones son especialmente importantes cuando existen equipos sensibles y cargas que deben permanecer disponibles. Una coordinación correcta permite despejar una falla sin comprometer innecesariamente el resto de la instalación y mejora la seguridad del sistema fotovoltaico (Alzahrani et al., 2024).

2.1.6. Sistema de monitoreo y supervisión

Estos equipos permiten conocer como es el funcionamiento de una instalación fotovoltaica mediante el seguimiento continuo de variables como la energía generada, el nivel de carga de las baterías, el consumo eléctrico y el comportamiento de los inversores. Dicha información obtenida facilita la detección de posibles errores de sistema y ayuda a evaluar si el sistema está operando de manera adecuada.

En la actualidad, estos sistemas incorporan plataformas digitales que permiten acceder a los datos desde cualquier lugar con conexión a internet, además de almacenar el historial de funcionamiento y generar reportes sobre su rendimiento. Estas soluciones permiten acceder a la información operativa a través de dispositivos móviles o equipos informáticos conectados a internet, favoreciendo una gestión más eficiente de la instalación y contribuyendo a mejorar la disponibilidad, confiabilidad y rendimiento de los sistemas fotovoltaicos modernos (Rahman et al., 2024).

2.2. Funcionamiento de un sistema fotovoltaico

La producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar está basada en el efecto foto voltaico, fenómeno por medio del cual ciertos materiales semiconductores pueden transformar la energía de la luz en energía eléctrica. Este proceso ocurre cuando la radiación solar incide sobre las celdas fotovoltaicas, lo que provoca el desplazamiento de electrones y genera corriente continua (CC). Posteriormente, la energía producida puede ser acondicionada y transformada para su uso en diferentes aplicaciones eléctricas mediante los equipos que conforman la instalación fotovoltaica (Fraunhofer ISE, 2024).

La energía obtenida en los módulos recorre distintas etapas antes de llegar a las cargas. Según la configuración, puede consumirse en el momento, almacenarse o enviarse a otro punto del sistema. La cantidad finalmente aprovechada varía con la irradiancia, la posición de los paneles, la temperatura de trabajo y las eficiencias de conversión de cada componente (Gagliano et al., 2023).

La generación fotovoltaica ha ampliado su presencia debido a la disponibilidad del recurso solar y a la reducción de sus costos de instalación y operación. La evolución de módulos, inversores y métodos de diseño ha permitido aplicarla en

proyectos de distinta escala, desde viviendas hasta instalaciones industriales. Este crecimiento aporta a la diversificación de la matriz eléctrica y a la disminución de emisiones asociadas con fuentes convencionales (International Energy Agency, 2024).

2.2.1. Factores que influyen en el funcionamiento del sistema fotovoltaico

La eficiencia de una instalación fotovoltaica está determinada por múltiples factores ambientales y técnicos que influyen directamente sobre la generación de energía eléctrica. Los parámetros más importantes son la irradiancia solar, la temperatura ambiente, la orientación y la inclinación de los módulos fotovoltaicos, la existencia de sombras parciales, las condiciones climáticas, la calidad de los paneles solares y la eficiencia de los inversores (Parida et al., 2023).

Los factores con más relevancia es la irradiancia solar, ya que la cantidad de energía que pueden captar y transformar en electricidad los módulos fotovoltaicos. También una orientación y pendiente inadecuadas de los paneles, sombras o equipos de baja eficiencia pueden disminuir de forma importante la producción energética de la instalación. El nivel de eficiencia de una instalación fotovoltaica puede variar dependiendo de la tecnología empleada y de las condiciones operativas bajo las cuales funciona el sistema, por lo que es posible alcanzar niveles mayores de desempeño a través de una adecuada selección de componentes y un diseño técnico optimizado (Gómez, 2025).

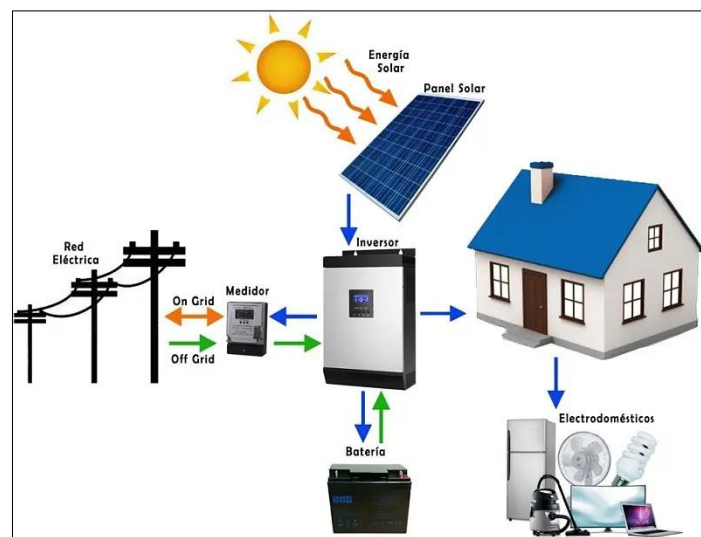
2.2.2. Conversión de energía solar en energía eléctrica

Esta acción fotovoltaica es un proceso físico que tiene lugar en materiales semiconductores y que posibilita la transformación de la energía del sol en energía eléctrica cuando se encuentra expuesta a la radiación solar. Las células solares transforman la energía luminosa en energía eléctrica de manera directa, sin necesidad de procesos mecánicos ni de combustión, lo cual ayuda a disminuir tanto las emisiones contaminantes como las pérdidas de energía. En los últimos años, la investigación científica de la energía solar se ha enfocado a mejorar la tecnología para permitir la evolución del desempeño de los sistemas fotovoltaico. Entre los nuevos

modelos más destacadas se encuentran los paneles bifaciales y las células solares fabricadas con perovskitas, ya que ofrecen una mayor capacidad para aprovechar la radiación solar y aumentar la cantidad de energía eléctrica (Hossain et al., 2024).

La energía solar impulsará el crecimiento global de las energías renovables en los próximos años por sus avances tecnológicos y sostenibilidad energética (Delfos Energy, 2025).

Figura 2. 3: Conversión de energía solar en energía eléctrica.



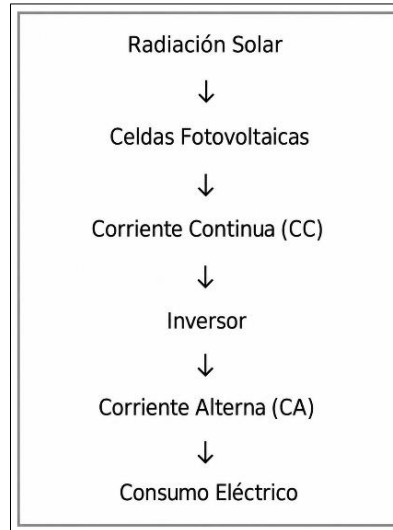
Fuente: Solar Placas. Cambios de energía solar a eléctrica. (2024).

2.2.3. Proceso de generación fotovoltaica

La operación de un sistema fotovoltaico comienza con la captación de la radiación solar por los módulos fotovoltaicos. Estos equipos están compuestos por varias celdas solares interconectadas, las cuales captan la energía lumínica proveniente del sol. Al incidir los fotones sobre las celdas fotovoltaicas, los electrones del material semiconductor se excitan generando una diferencia de potencial eléctrico que produce corriente continua (CC). La energía eléctrica producida pasa luego a un inversor fotovoltaico, que es el dispositivo que se encarga de transformar la corriente continua en corriente alterna (CA) para poder utilizarla en los equipos eléctricos convencionales. De acuerdo con la configuración de la instalación, una parte de la energía generada puede ser almacenada en sistemas de baterías para ser utilizada

durante los períodos de baja radiación solar o en la noche, lo cual asegura una mayor disponibilidad energética (Campoverde Sacoto, 2025).

Figura 2. 4: Proceso de generación fotovoltaica.



Fuente: Elaboración propia. (2026).

2.3. Radiación solar y rendimiento energético

La energía que generan un panel solar depende directamente del recurso solar disponible en el lugar donde se instala. Son varios los factores ambientales y técnicos que influyen sobre la conversión energética y, por lo tanto, determinan la cantidad de energía captada por los módulos fotovoltaicos. Por esta razón, el análisis del recurso solar es fundamental para el diseño, dimensionamiento y evaluación del desempeño de las instalaciones fotovoltaicas, ya que permite estimar la producción energética esperada y optimizar el rendimiento del sistema (Mellit & Kalogirou, 2024).

2.3.1. Radiación solar en sistemas fotovoltaicos

Los paneles solares para generar electricidad emplean principalmente la energía proveniente de la radiación solar. El Sol emite energía en forma de ondas electromagnéticas que llegan hasta la superficie terrestre, donde los módulos fotovoltaicos pueden captarlas y transformarlas en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. La cantidad de radiación que está disponible en una ubicación determinada depende de factores como la latitud, el clima, la nubosidad y la época del año, lo cual afecta directamente el potencial de generación energética de una instalación solar (Mekhilef et al., 2023).

Las regiones ubicadas en zonas cercanas a la línea ecuatorial, por lo general cuentan con elevados niveles de irradiancia solar durante gran parte del año, lo que facilita la implementación de sistemas fotovoltaicos, ya que pueden producir mayor cantidad de energía. Cuanto mayor sea el recurso solar disponible, en mayor medida podrá incrementarse la generación eléctrica y mejorará el rendimiento global de la instalación, contribuyendo así a un aprovechamiento más eficiente de la energía solar como fuente renovable (Yaulilahua-Huacho, 2025).

2.3.2. Irradiancia solar y producción de energía

La luz solar representa el flujo de energía procedente del sol que alcanza una superficie dada en un tiempo determinado, y se mide normalmente en vatios por metro cuadrado (W/m^2). Este parámetro es uno de los factores más importantes en la generación fotovoltaica, ya que influye directamente en la cantidad de energía eléctrica que pueden producir los módulos solares. En líneas generales, un incremento de la energía solar disponible favorece una mayor producción energética y mejora el desempeño global de la instalación fotovoltaica (Nespoli et al., 2024).

La evaluación del recurso solar es fundamental para el diseño y dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicas, ya que permite estimar la producción energética esperada y optimizar la configuración de los módulos solares. También factores como sombras parciales, acumulación de suciedad sobre los paneles y pérdidas térmicas, pueden afectar negativamente el desempeño del sistema, disminuyendo la eficiencia de conversión energética y la producción eléctrica total de la instalación (Abdelkareem et al., 2025).

Los sistemas fotovoltaicos funcionan mejor cuando la exposición solar es alta y las nubes escasas, ya que estas condiciones permiten una mayor captación de energía. No obstante, la existencia de obstáculos, condiciones atmosféricas desfavorables o cambios estacionales en el clima pueden disminuir la energía que llega a los módulos y afectar el rendimiento operativo del sistema. Por este motivo, el estudio de las condiciones solares locales es fundamental para maximizar la eficiencia energética de una instalación fotovoltaica (Seyedmahmoudian et al., 2024).

2.3.3. Orientación e inclinación de paneles solares

El esquema físico de los módulos fotovoltaicos es un factor determinante en el desempeño energético de una instalación solar. El ángulo de inclinación y la orientación determinan cuánta energía solar pueden entender los paneles, influyendo directamente en la producción eléctrica y en la eficiencia general del sistema. Una configuración adecuada permite maximizar la captación del recurso solar y reducir las pérdidas asociadas a una exposición insuficiente de los módulos (Rezk et al., 2024).

En naciones ubicados al territorio ecuatoriano tal como es el caso de Ecuador, los paneles solares suelen usar ángulos de inclinación menores, ya que la trayectoria solar durante el año tiene características determinadas. Los estudios más recientes apuntan a que una inclinación adecuada puede mejorar en gran medida el rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos. La innovación tecnológica también ha propiciado el desarrollo de sistemas de seguimiento solar (solar tracking), que ajustan automáticamente la posición de los paneles a lo largo del día para mantener una mayor exposición al recurso solar. Esta tecnología permite aumentar la captación energética y mejorar la producción eléctrica con respecto a los sistemas de inclinación fija, sobre todo en aplicaciones que requieren un alto aprovechamiento de la energía disponible (Abdelkader et al., 2023).

2.3.4. Interrupciones energéticas en sistemas fotovoltaicos

En la marcha de un sistema fotovoltaico pueden ocurrir pérdidas de energía relacionadas con distintos factores, entre los que se incluyen sombras parciales, acumulación de suciedad en los módulos, altas temperaturas de funcionamiento, degradación de los componentes y eficiencia de los inversores. Estas pérdidas afectan directamente a la producción eléctrica y al rendimiento global del sistema. Por eso es indispensable valorar y cuantificar estos factores en la fase de diseño. Herramientas especializadas, tales como PVsyst, permiten el análisis de la radiación solar, las pérdidas eléctricas y el comportamiento energético del sistema bajo diferentes condiciones operativas, facilitando la optimización del diseño y mejorando la eficiencia energética de la instalación fotovoltaica (Mantilla-Guerra, 2025).

2.4. Sistemas de almacenamiento energético

La inclusión de sistemas de almacenamiento es un componente imprescindible en las instalaciones fotovoltaicas modernas, posibilitando la conservación de la energía producida por los módulos solares para ser utilizada cuando el recurso solar está disponible en menor medida o incluso por la noche. Esta capacidad ayuda a mejorar la continuidad del suministro eléctrico, aumentar la autonomía energética y optimizar el aprovechamiento de la energía renovable producida por el sistema fotovoltaico. De igual manera, permite una mayor estabilidad operativa y una mejor gestión de la energía disponible (Larcher & Tarascon, 2023).

El auge de la generación solar fotovoltaica ha impulsado el desarrollo de tecnologías de almacenamiento con mayores niveles de eficiencia, seguridad y capacidad energética. Las baterías de ion-litio son una de las soluciones más utilizadas debido a su elevada densidad energética, larga vida útil y reducido mantenimiento. Estos sistemas se han expandido, lo cual ha contribuido a reforzar la confiabilidad de las instalaciones fotovoltaicas y a mejorar la estabilidad de las redes eléctricas, convirtiéndose así en una de las principales tendencias tecnológicas del sector energético en los últimos años (Zakeri & Syri, 2024).

2.4.1. Baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos

El almacenamiento de la energía generada constituye una función esencial dentro de los sistemas fotovoltaicos de respaldo. Esta tarea se realiza mediante baterías, dispositivos electroquímicos diseñados para acumular la energía producida por los módulos solares y suministrarla posteriormente cuando la generación fotovoltaica resulta insuficiente o inexistente. Su utilización permite garantizar una mayor continuidad del suministro eléctrico y mejorar la autonomía energética de la instalación (Zakeri & Syri, 2024).

Entre las tecnologías de almacenamiento disponibles, las baterías de ion-litio se han consolidado como la alternativa más utilizada en aplicaciones fotovoltaicas debido a su elevada eficiencia energética, larga vida útil, alta densidad energética y reducidos requerimientos de mantenimiento. La vida útil del sistema de almacenamiento y

mantener un funcionamiento más estable, especialmente en aplicaciones donde el suministro eléctrico debe ser continuo y confiable (Larcher & Tarascon, 2023).

2.4.2. Factores que afectan el almacenamiento energético

El funcionamiento de los sistemas de almacenamiento energético está sujeto a múltiples condicionantes, de carácter técnico y medioambiental. Los parámetros principales son:

- Potencia de almacenamiento.
- La temperatura del ambiente.
- Profundidad de descargamiento.
- Número de ciclos de carga y de descarga.
- Eficiencia energética de las baterías.
- Gestión electrónica del sistema (Wang et al., 2024).

Por ello, los sistemas modernos integran tecnologías inteligentes de monitoreo y control, capaces de supervisar de forma continua variables como el estado de carga, la temperatura o el desempeño energético de las baterías. Estas herramientas permiten optimizar la gestión de la energía almacenada, aumentar la vida útil de los equipos y mejorar la confiabilidad operativa de las instalaciones fotovoltaicas (Li et al., 2025).

2.5. Sistemas On-Grid, Off-Grid e híbridos

Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en On-Grid, Off-Grid y Híbridos, de acuerdo con su forma de conexión y operación energética. Cada configuración tiene características técnicas específicas en lo referente a la generación, al almacenamiento y a la distribución de la energía eléctrica. El tipo de sistema se elige en función de varios factores, como la disponibilidad de la red eléctrica, la demanda energética de la instalación, los requerimientos de almacenamiento y el nivel de autonomía necesario para garantizar el suministro energético (Bouzguenda et al., 2023).

El avance de las energías renovables ha impulsado la evolución de sistemas fotovoltaicos más eficientes e inteligentes, que pueden conectarse tanto a redes eléctricas tradicionales como a tecnologías avanzadas de almacenamiento energético. En este contexto, los sistemas híbridos han alcanzado una gran importancia por su capacidad de combinar distintas fuentes de energía y optimizar el aprovechamiento del recurso solar. Su flexibilidad operativa y su potencial para incrementar la confiabilidad del suministro eléctrico los convierten en una de las alternativas más prometedoras para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales (Algarni et al., 2025).

2.5.1. Sistemas On-Grid

Este sistema trabaja con mayor facilidad conectada a la red eléctrica y opera de manera sincronizada con la red convencional de energía. Con esta configuración, la energía generada por los módulos solares se consume directamente para cubrir las necesidades eléctricas de la instalación, y el excedente de generación puede inyectarse a la red pública cuando las condiciones operativas lo permitan. Una de las ventajas principales de esta modalidad es que no requiere de sistemas de almacenamiento de gran capacidad, ya que la red eléctrica puede aportar energía cuando la generación fotovoltaica es insuficiente. Esto disminuye los gastos de inversión inicial y de mantenimiento, y también hace que los proyectos solares conectados a la red sean más viables económicamente. De igual forma, permite utilizar la infraestructura eléctrica existente para asegurar la continuidad del suministro energético (Hamid et al., 2023).

2.5.2. Sistemas Off-Grid

Una forma muy utilizada de obtener energía eléctrica sin depender de nadie es a través de la tecnología fotovoltaica, en lugares donde no hay acceso a la red eléctrica convencional. Esta configuración se fundamenta en el uso de módulos solares, inversores y bancos de baterías que permiten producir, almacenar y suministrar energía de manera independiente, garantizando el abastecimiento de las cargas eléctricas durante diferentes condiciones de operación. Este tipo de instalación se utiliza principalmente en zonas rurales, comunidades aisladas, lugares sin acceso a la red pública de distribución de energía eléctrica. Por su naturaleza autónoma, es

necesario implementar sistemas de almacenamiento adecuadamente dimensionados para asegurar la continuidad del suministro y mantener la estabilidad operativa de la instalación (Kabir et al., 2024).

Los avances en tecnologías de almacenamiento, en particular las baterías de iones de litio y los sistemas de gestión energética, han posibilitado una mayor eficiencia y fiabilidad de las instalaciones autónomas actuales. Pero uno de los retos más importantes, es poder dimensionar adecuadamente la capacidad de generación fotovoltaica y del banco de baterías, ya que una capacidad insuficiente, podría dar lugar a déficits energéticos durante largos períodos cuando el recurso solar está poco disponible (Akinyele & Rayudu, 2023).

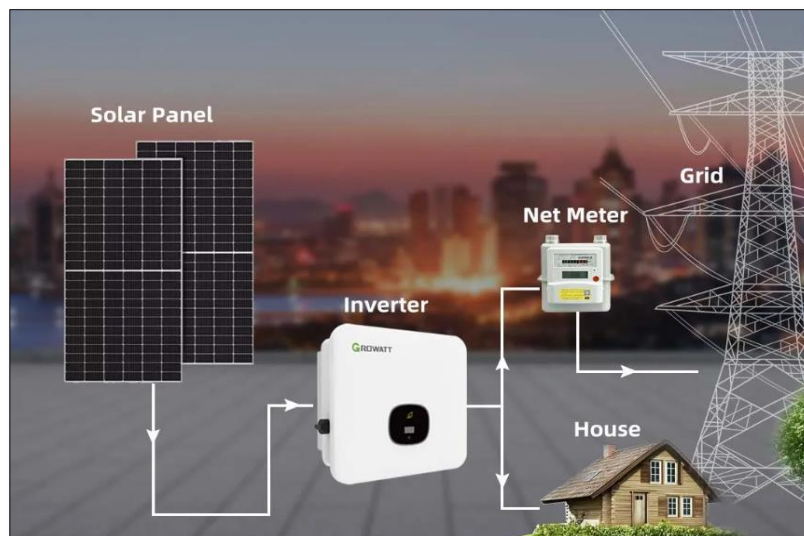
2.5.3. Sistemas híbridos fotovoltaicos

La combinación de varias fuentes de suministro energético dentro de una misma instalación, ha propiciado el desarrollo de configuraciones que integran la generación fotovoltaica, almacenamiento mediante baterías y conexión a la red eléctrica convencional. Este sistema posibilita aprovechar la energía solar disponible, acumular los excedentes de producción y utilizar la red eléctrica como apoyo cuando la generación o el almacenamiento no sean suficientes.

Esta configuración, dada su flexibilidad operativa, se ha convertido en una de las soluciones más utilizadas en aplicaciones modernas que requieren un suministro eléctrico confiable. Esta energía almacenada puede ser utilizada en los períodos nocturnos o cuando la generación fotovoltaica se reduce, lo cual ayuda a disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional y a optimizar el consumo energético de la instalación (Mahmud et al., 2024).

Las tendencias tecnológicas recientes se orientan hacia una mayor integración de herramientas de inteligencia artificial, monitoreo remoto y automatización energética para optimizar la gestión energética, minimizar las pérdidas operativas y mejorar el desempeño de los sistemas híbridos en diversas aplicaciones energéticas (Sarker et al., 2026).

Figura 2. 5: Sistemas híbridos fotovoltaicos.



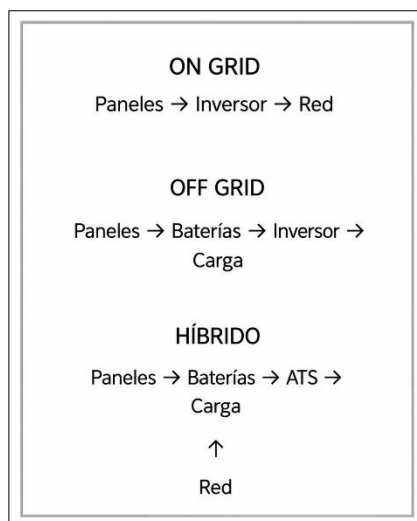
Fuente: HBOWA. (2025).

2.5.4. Comparación entre sistemas On-Grid, Off-Grid e híbridos

Cada configuración de un sistema fotovoltaico está orientada a diferentes necesidades de suministro eléctrico. Los sistemas conectados a red (On-Grid) destacan por su alta eficiencia y menores costos de inversión, ya que, en la mayoría de los casos, no requieren sistemas de almacenamiento. Los sistemas aislados (Off-Grid), por otra parte, facilitan el suministro de energía a áreas sin acceso a la red eléctrica, en tanto que los sistemas híbridos combinan generación fotovoltaica, almacenamiento en baterías y fuentes de respaldo, mejorando la confiabilidad y continuidad del suministro energético bajo distintas condiciones operativas (Jumare et al., 2024).

Los sistemas fotovoltaicos híbridos son, en la actualidad, una solución eficiente para aquellas aplicaciones que requieren de un suministro eléctrico continuo y una gestión inteligente de la energía. Al integrar módulos fotovoltaicos, sistemas de almacenamiento por baterías y la red eléctrica, se puede optimizar el aprovechamiento de la energía producida, mejorar la estabilidad operativa y aumentar la confiabilidad del suministro. Además, esta configuración reduce la dependencia de las fuentes de energía convencionales y promueve una mayor resiliencia ante interrupciones del servicio eléctrico (Samala et al., 2025).

Figura 2. 6: Configuraciones de sistemas fotovoltaicos (On-Grid, Off-Grid e Híbrido).



Fuente: Elaboración propia. (2026).

2.6. Sistema de Transferencia Automática (ATS) para instalaciones fotovoltaicas

La continuidad del suministro eléctrico es fundamental en instalaciones que alimentan cargas críticas, tales como centros de cómputo, hospitales y sistemas de telecomunicaciones. Para mantener la energía disponible de forma permanente, se utilizan dispositivos que son capaces de cambiar automáticamente la alimentación entre distintas fuentes de energía, cuando se produce una interrupción de la fuente principal. (ATS) este dispositivo supervisa el estado de la red eléctrica y regula automáticamente la fuente de energía de respaldo cuando detecta unos errores o una interrupción del suministro. Una vez restablecida la red principal, el sistema vuelve de forma automática a su funcionamiento normal. Debido a estas características, los ATS se han convertido en componentes esenciales en instalaciones que requieren una alta disponibilidad energética y continuidad del servicio (Patel et al., 2024).

2.6.1. ATS en sistemas fotovoltaicos de respaldo

La combinación de generación fotovoltaica, almacenamiento en baterías y sistemas de transferencia automática permite desarrollar soluciones energéticas que aseguran la continuidad del suministro eléctrico durante interrupciones de la red convencional. En esta configuración, el ATS es el elemento de control que se encarga de gestionar la transferencia entre las diversas fuentes de energía disponibles. Al

integrar ATS con sistemas de energía fotovoltaica y almacenamiento energético se logra minimizar los efectos de los apagones, mejorar la confiabilidad del sistema y asegurar una mayor disponibilidad del servicio en aquellas instalaciones que necesitan una operación continua. Esta solución se aplica ampliamente en hospitales, industrias, centros de datos y centros de cómputo donde la continuidad del suministro eléctrico es indispensable (Kumar & Singh, 2025).

2.7. Impacto ambiental y sostenibilidad de la energía fotovoltaica

La inquietud aumentada por los impactos ambientales que genera el uso de sustancias fósiles ha promovido la implementación de innovaciones sustentadas en fuentes de energía renovable. En este marco, la energía fotovoltaica se ha consolidado como una de las alternativas más sostenibles para la generación de electricidad, ya que utiliza la radiación solar sin generar emisiones directas de gases de efecto invernadero en su operación. Además, su implementación ayuda a reducir la dependencia de las fuentes convencionales de energía, a descarbonizar el sector eléctrico y a fomentar un modelo energético más eficiente y respetuoso con el medio ambiente. Diversos estudios señalan que el despliegue de sistemas fotovoltaicos es fundamental para cumplir los objetivos de sostenibilidad y transición energética a nivel mundial (Ellabban et al., 2024).

2.7.1. Reducción de emisiones contaminantes

Uno de los principales beneficios ambientales de la generación fotovoltaica es que reduce las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y otros contaminantes que se asocian con la producción de electricidad mediante los combustibles fósiles. Las plantas térmicas convencionales emiten gases de efecto invernadero, los cuales son un factor que contribuye al empeoramiento de la calidad del aire y al calentamiento global. A diferencia, los sistemas fotovoltaicos generan electricidad usando sólo la energía del sol y no emiten contaminantes directamente durante su operación. El aumento de la capacidad instalada de energía solar a nivel mundial contribuye significativamente a la disminución de las emisiones contaminantes y facilita la transición hacia modelos energéticos más sostenibles (Bilgili et al., 2023).

2.7.2. Beneficios ambientales de la energía solar

La utilización de la radiación solar para producir energía eléctrica tiene muchas ventajas para el medio ambiente ya que emplea una fuente energética renovable y prácticamente inagotable. Los principales beneficios son:

- Disminución de emisiones contaminantes.
- Reducción del uso de combustibles fósiles.
- Menor impacto ambiental en la generación de energía eléctrica.
- Reducción de la contaminación del aire.
- Uso de fuentes de energía renovables.
- Menor generación de desechos contaminantes.

Las plantas solares, además, necesitan menor mantenimiento y generan poco ruido comparadas con otras tecnologías tradicionales de generación eléctrica. La expansión de la energía solar ayuda a fortalecer la sostenibilidad energética y a reducir el impacto ambiental vinculado al sector eléctrico a nivel mundial (Khan et al., 2024).

2.7.3. Desarrollo sostenible mediante sistemas fotovoltaicos

La adopción de sistemas basados en energías renovables, permite acceder a fuentes de energía limpias y sostenibles, promoviendo un uso más eficiente de los recursos energéticos. Además, su adopción es fundamental para cumplir los objetivos internacionales de descarbonización, seguridad energética y desarrollo sostenible (Razmjoo, A. et al., 2024).

Los descubrimientos en el suministro energético, automatización, monitoreo inteligente y herramientas de simulación han permitido elevar el rendimiento y la confiabilidad de las instalaciones solares. Del mismo modo, la integración de la inteligencia artificial y los sistemas avanzados de gestión energética está posibilitando la creación de soluciones fotovoltaicas más eficientes, sostenibles y adaptables a las necesidades energéticas presentes y futuras (Zhou et al., 2026).

2.7.4. Perspectivas globales de crecimiento solar

El progreso de la energía solar fotovoltaica seguirá teniendo un papel crucial en la transición a sistemas energéticos más sostenibles. La necesidad de reducir y reforzar la seguridad energética ha impulsado un rápido crecimiento de esta

tecnología en varias partes del mundo. Según los últimos informes, la capacidad solar instalada a nivel mundial continúa expandiéndose a ritmos récord impulsada por la caída de precios, la innovación tecnológica y las políticas orientadas a la descarbonización, afianzando a la energía fotovoltaica como una de las principales fuentes de energía renovable para la generación eléctrica en las próximas décadas (Solar Power Europe, 2025).

En la actualidad, muchos países impulsan políticas energéticas que apuntan al desarrollo de tecnologías solares, sistemas para almacenar energía y redes eléctricas inteligentes. De igual forma, la disminución gradual del costo de los módulos fotovoltaicos y baterías ha impulsado la adopción de estas soluciones en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales, mejorando su competitividad respecto a otras fuentes de generación eléctrica (IEA, 2025).

Las proyecciones para los próximos años señalan que la energía solar seguirá a la cabeza del crecimiento del sector renovable gracias a los avances en automatización, inteligencia artificial, almacenamiento energético y herramientas avanzadas de simulación. Estas innovaciones permitirán optimizar el rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas, mejorar la gestión de la energía y aumentar la fiabilidad de los sistemas energéticos sostenibles (REN21, 2026).

2.8. Propiedades del campo de la velocidad confiabilidad y continuidad de la electricidad en sistemas fotovoltaicos

Con el creciente uso de sistemas tecnológicos y de procesamiento de información, se hace cada vez más necesario contar con fuentes de energía confiables que garanticen el funcionamiento continuo de los equipos eléctricos y electrónicos. En instalaciones donde una interrupción del suministro puede causar pérdidas económicas, daños en equipos o perjuicios en los servicios, es imprescindible implementar soluciones energéticas capaces de garantizar la disponibilidad continua de energía (Adefarati & Bansal, 2024).

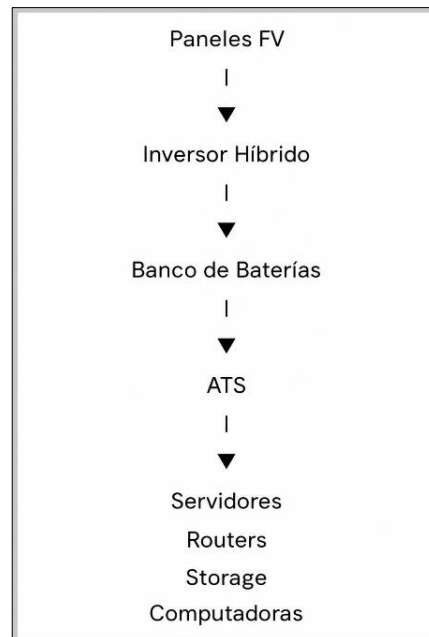
2.8.1. Energía disponible y confiable para instalaciones críticas

En estaciones donde el servicio debe estar permanentemente disponible, como centros de cómputo, hospitales, centros de datos y sistemas de telecomunicaciones, la disponibilidad y la confiabilidad del suministro eléctrico son de suma importancia. El corte de energía eléctrica puede provocar pérdidas de información, daños en equipos electrónicos y afectar los procesos operativos de estas infraestructuras. La fiabilidad energética es la capacidad que tiene un sistema de suministrar energía de forma estable y continua durante un tiempo determinado, minimizando las fallas y los tiempos de interrupción. Los sistemas fotovoltaicos de respaldo, en este contexto, son una alternativa eficiente para fortalecer la seguridad energética y mejorar la disponibilidad del servicio en instalaciones críticas. Según varios estudios, la integración de sistemas de almacenamiento energético y recursos renovables distribuidos ayuda a mejorar la estabilidad operativa, incrementar la resiliencia del sistema eléctrico y asegurar un suministro más confiable en caso de interrupciones o fallas en la red convencional (Yan et al., 2024).

2.8.2. Estrategias de continuidad operativa con sistemas fotovoltaicos de respaldo

La continuidad operativa es un requisito indispensable en instalaciones que dependen de un suministro eléctrico permanente para garantizar el funcionamiento de equipos y servicios críticos. Para lograr este objetivo se utilizan diferentes estrategias de respaldo energético para minimizar los efectos de las interrupciones eléctricas. La integración de sistemas fotovoltaicos, bancos de baterías y dispositivos de transferencia automática permite contar con una fuente alternativa de energía que mantiene en funcionamiento. Esta combinación promueve una mayor autonomía energética, mejora la estabilidad del suministro y reduce la dependencia de fuentes convencionales de respaldo. La adopción de soluciones fotovoltaicas de respaldo ha demostrado ser una estrategia eficaz para incrementar la resiliencia energética y asegurar la continuidad del servicio en instalaciones tecnológicas que requieren altos niveles de disponibilidad operativa (Liu et al., 2025).

Figura 2. 7: Sistema fotovoltaico de respaldo para cargas críticas.



Fuente: Elaboración propia. (2026).

Capítulo 3.:

Diseño, implementación y resultados

3.1. Diagnóstico del centro de cómputo de la UCSG

El análisis efectuado al centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), sirve de base para el diseño del sistema de respaldo fotovoltaico, ya que permite identificar las condiciones técnicas de la instalación eléctrica, las cargas críticas, el consumo energético y las características de la infraestructura disponible. Además, se recolectaron datos meteorológicos de la ciudad de Guayaquil tales como la radiación solar y temperatura, los cuales serán utilizados para el dimensionamiento y simulación del sistema mediante el software PVsyst. Esta información provee los parámetros necesarios para desarrollar una propuesta técnica que asegure un suministro eléctrico confiable para las cargas críticas del centro de cómputo.

3.1.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en el centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), situado en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, Ecuador. Esta instalación es una infraestructura tecnológica esencial para el funcionamiento de los servicios informáticos de la institución, pues en ella se ubican los equipos que procesan, guardan y administran la información institucional.

Geográficamente, la ciudad de Guayaquil se encuentra en la zona de la Costa Ecuatoriana, en torno a los 2,17° de latitud sur y 79,92° de longitud oeste. Esta ubicación cercana a la línea ecuatorial permite que durante la mayor parte del año reciba una gran cantidad de recurso solar, lo cual brinda condiciones adecuadas para aprovechar la energía fotovoltaica. Estas características climáticas y geográficas hacen de Guayaquil una ubicación idónea para el diseño e instalación de sistemas fotovoltaicos orientados a la generación de energía eléctrica (Chancúsig Quinatoa, 2023; Sevillano-Bendezú et al., 2023).

Figura 3. 1: Ubicación geográfica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.



Fuente: Google Earth. (2026). Ubicación de la (UCSG).

3.1.2. Análisis de la irradiación solar

Antes de dimensionar un sistema fotovoltaico es necesario conocer cuánto recurso solar recibe el sitio, porque este dato condiciona la energía captada por los módulos. El centro de cómputo se encuentra dentro de la UCSG, en la parroquia Tarqui de Guayaquil. Su ubicación cercana a la línea ecuatorial permite considerar la generación solar como una opción de respaldo para la instalación. En la región Costa, la radiación disponible se mantiene en niveles aprovechables durante buena parte del año. Para Guayaquil se reportan promedios diarios cercanos a 4,5-5,0 kWh/m², rango que permite proyectar una producción fotovoltaica estable. Con estos valores puede dimensionarse un respaldo capaz de atender cargas críticas, siempre que el cálculo también incluya pérdidas, temperatura y perfil de consumo (Sevillano-Bendezú et al., 2023; Comisión Europea, 2025).

Tabla 3. 1: Parámetros meteorológicos.

Parámetro	Valor aproximado
Irradiación Global Horizontal (GHI) diaria.	4,5 – 5,0 kWh/m ² /día
Irradiación Global Horizontal (GHI) anual.	1.650 – 1.800 kWh/m ² /año
Temperatura media anual	26–27 °C

Fuente:

Elaboracion propia.(2026).

3.1.3. Análisis de la inclinación y orientación de los paneles fotovoltaicos

La inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos son aspectos fundamentales durante el diseño de un sistema solar, ya que influyen directamente en la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie de los paneles y por lo tanto en la producción de energía eléctrica. Para el presente proyecto se estudiaron las condiciones geográficas del centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), ubicado en la parroquia Tarqui, con el fin de seleccionar la configuración que permita aprovechar al máximo el recurso solar.

Guayaquil está cerca de la línea ecuatorial, y por eso tiene un comportamiento solar diferente de las regiones que están en latitudes medias. Con este objetivo, los módulos fotovoltaicos deben instalarse en ángulos de inclinación reducidos para que reciban una mayor cantidad de radiación solar durante el transcurso de todo el año. De igual forma, la orientación de los paneles debe ser establecida en función a la ubicación geográfica del sitio, teniendo en cuenta el recorrido aparente del Sol y las condiciones propias de la instalación. De acuerdo con las características geográficas del sitio de estudio, y a partir de la simulación realizada con el software PVsyst, se seleccionó una orientación hacia el norte geográfico (azimut de 0°) e inclinación de 20° para los módulos fotovoltaicos. Esta configuración permite optimizar la captación de la radiación solar, aumentar la producción anual de energía y disminuir las pérdidas asociadas a una orientación o inclinación inadecuadas, constituyendo una alternativa técnicamente adecuada para el sistema de respaldo fotovoltaico propuesto para el centro de cómputo de la UCSG (Luque et al., 2023; Bouras et al., 2023).

3.2. Potencia Instalada

En el diagnóstico del centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) se identificó una potencia instalada de 150 kVA, la misma que se destina para alimentar servidores, equipos de almacenamiento, dispositivos de comunicación, sistemas de climatización y demás cargas críticas. Para el diseño del sistema de respaldo fotovoltaico se tomó como demanda de diseño 120 kVA, equivalente al 80 % de la capacidad instalada, teniendo en cuenta que el sistema estará orientado a garantizar el suministro eléctrico de las cargas esenciales durante interrupciones del servicio. Este valor será usado como referencia para el cálculo de los módulos fotovoltaicos, el banco de baterías, el inversor y los demás componentes del sistema, cuya evaluación se hará con el software PVsyst.

Figura 3. 2: Banco de transformadores de 50 kVA.



Fuente: Elaboracion propia.(2026).

3.2.1 Demanda energética diaria y horas de funcionamiento.

Como parte del diagnóstico preliminar, se calculó la demanda energética para el centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) tomando como referencia una demanda de diseño de 120 KVA. Para el cálculo se asumió un factor de potencia de 0.9, con lo que se obtiene una potencia activa aproximada de 108 kW. El centro de cómputo trabaja 10 horas al día de lunes a

viernes, por lo que el consumo energético diario estimado es de 1.080 kWh/día y semanalmente se consume aproximadamente 5.400 kWh.

Demanda energética diaria:

$$108 \text{ kW} \times 10 \text{ h} = 1.080 \text{ kWh/día}$$

Demanda energética semanal (lunes a viernes):

$$1.080 \text{ kWh/día} \times 5 \text{ días} = 5.400 \text{ kWh/semana}$$

3.2.2 Consumo de energía anual

Con una demanda de diseño de 120 KVA, un factor de potencia de 0,9 y horas diarias de operación de lunes a viernes, se calcula que el consumo energético del centro de cómputo (UCSG) es de aproximadamente 280.800 kWh/año. Este valor servirá como referencia para evaluar la capacidad de generación del sistema de respaldo fotovoltaico y analizar su desempeño mediante la simulación realizada en el software PVsyst.

- Potencia activa = $120 \times 0,9 = 108 \text{ kW}$
- Demanda energética diaria = $108 \text{ kW} \times 10 \text{ h} = 1.080 \text{ kWh/día}$

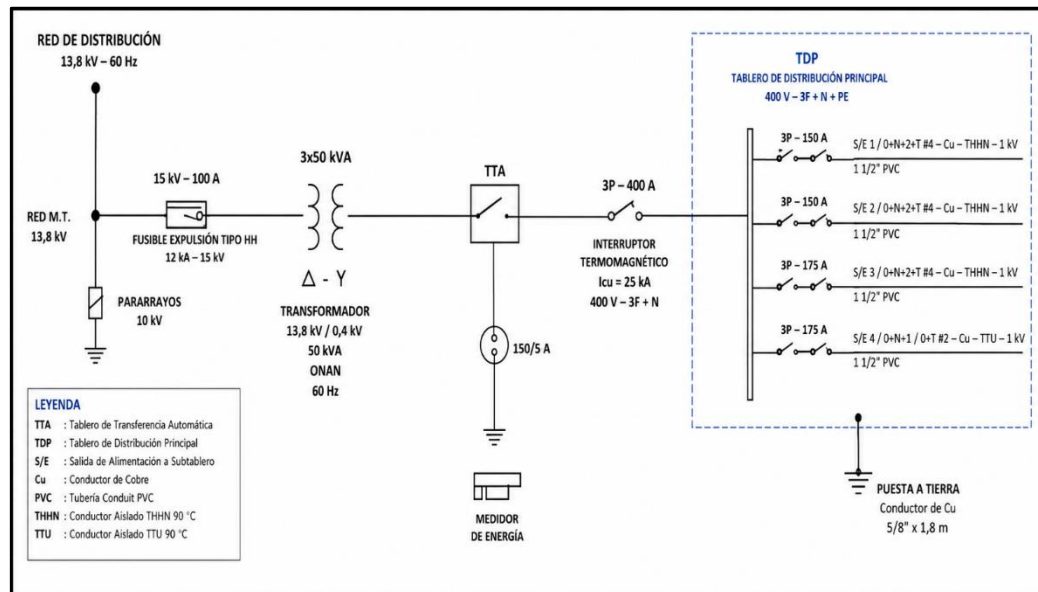
Suponiendo una operación de 5 días por semana durante 52 semanas al año (260 días laborables):

$$1.080 \text{ kWh/día} \times 260 \text{ días} = 280.800 \text{ kWh/año}$$

3.2.3 Diagrama Unifilar

El esquema unifilar muestra la configuración eléctrica propuesta para el sistema fotovoltaico de respaldo del centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG). En éste se observan los principales componentes del sistema e incluyendo la red eléctrica.

Figura 3. 3: Diagrama Unifilar del centro de cómputo (UCSG).



Nota: Diagrama unifilar del sistema de respaldo fotovoltaico propuesto para el centro de cómputo de la UCSG. Fuente: Elaboración propia (2026).

3.3. Cálculo de la potencia requerida.

Se calculó la potencia requerida con una demanda de diseño de 120 kVA y un factor de potencia de 0,90, arribando a una potencia activa aproximada de 108 kW. Este valor es el mínimo que hay que tener para que puedan estar encendidas al mismo tiempo las cargas críticas escogidas. Con un margen de seguridad del 20 % para cubrir variaciones operativas, pérdidas eléctricas y posibles incrementos momentáneos de carga, la potencia recomendada resultó ser 129,6 kW. Por ello, para el diseño preliminar se propone usar un inversor híbrido trifásico con una capacidad comercial aproximada de 130 kW o superior.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = S \times FP$$

Donde:

- P : potencia activa requerida, en kW.
- S : potencia aparente de diseño, en kVA.
- FP : factor de potencia.

Sustituyendo los valores:

$$P = 120 \text{ kVA} \times 0,90$$

$$P = 108 \text{ kW}$$

Puede considerarse un factor de seguridad del 20 %:

$$P_{\text{inversor}} = 108 \text{ kW} \times 1,20$$

$$P_{\text{inversor}} = 129,6 \text{ kW}$$

Figura 3. 4:Tablero de control de centro de cómputo (UCSG).



Fuente: Elaboracion propia.(2026).

3.3.1 Cálculo de módulos fotovoltaicos

Para el campo fotovoltaico se seleccionó el módulo monocristalino PERC Risen Energy RSM120-8-615M, con una potencia nominal de 615 Wp y una eficiencia de 21,7 %. El proyecto contempla la instalación de 220 módulos fotovoltaicos.

La potencia total del campo fotovoltaico se calcula mediante:

$$P_{FV} = N \times P_m$$

Donde:

- P_{FV} : potencia instalada del campo fotovoltaico, en kWp.
- N : número de módulos.
- P_m : potencia nominal de cada módulo, en kWp.

Sustituyendo:

$$P_{FV} = 220 \times 0,615 \text{ kWp}$$

$$P_{FV} = 135,3 \text{ kWp}$$

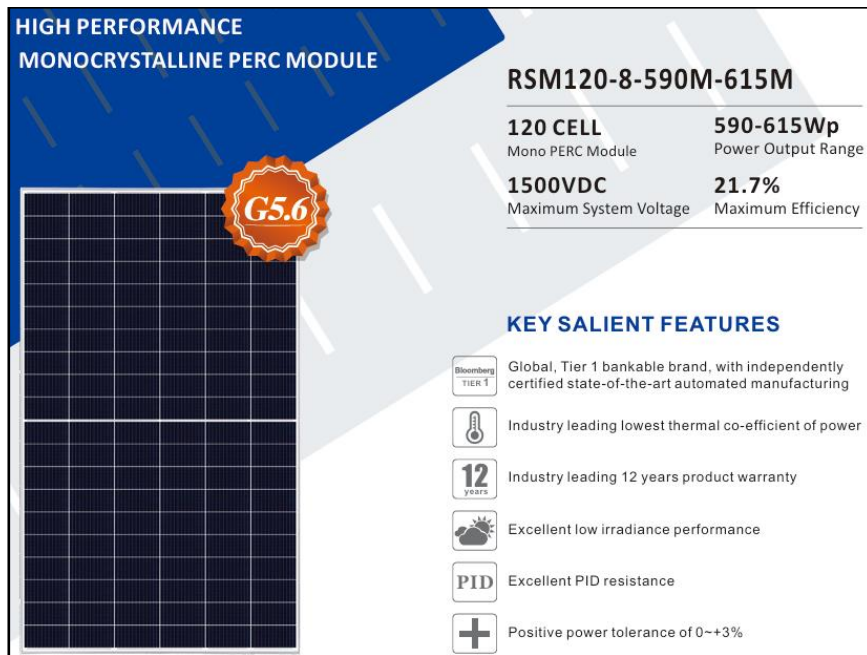
Por tanto, el campo fotovoltaico presenta una potencia instalada de 135,3 kWp en corriente continua.

Tabla 3. 2: Características de módulos fotovoltaico.

Las principales características de modulo fotovoltaico	
Parámetro	Valor
Modelo	Risen RSM120-8-615M
Potencia nominal	615 Wp
Tensión de circuito abierto V_{oc}	42,20 V
Corriente de cortocircuito I_{sc}	18,47 A
Tensión de máxima potencia V_{mpp}	35,26 V
Corriente de máxima potencia I_{mpp}	17,45 A
Eficiencia	21,7 %
Voltaje máximo del sistema	1.500 VDC
Fusible máximo en serie	30 A
Dimensiones	2.172 × 1.303 × 35 mm
Peso	30 kg

Nota: Elaboración propia. (2026).

Figura 3. 5: Módulo fotovoltaico monocristalino RSM120-8-590M-615M.



Fuente: Risen Energy Co., Ltd. (2023).

Cálculo del área requerida

De acuerdo con las dimensiones indicadas en la ficha técnica, el área aproximada de cada módulo es:

$$A_m = 2,172 \text{ m} \times 1,303 \text{ m}$$

$$A_m = 2,83 \text{ m}^2$$

El área neta ocupada por 220 módulos será:

$$A_{FV} = 220 \times 2,83 \text{ m}^2$$

$$A_{FV} = 622,6 \text{ m}^2$$

Al incorporar entre 15 % y 20 % adicional para separaciones, estructuras y circulación de mantenimiento:

$$A_{total} = 622,6 \times 1,15 = 716,0 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = 622,6 \times 1,20 = 747,1 \text{ m}^2$$

Por tanto, se recomienda disponer de una superficie aproximada de entre 716 y 747 m².

3.3.2 Cálculo del Inversor

Para el sistema se seleccionaron dos inversores híbridos trifásicos Growatt WIT 75K-HU, cada uno con una potencia nominal de salida de 75 kW.

La potencia total de conversión es:

$$P_{inv,total} = 2 \times 75 \text{ kW}$$

$$P_{inv,total} = 150 \text{ kW}$$

La relación entre la potencia instalada del campo fotovoltaico y la potencia nominal de los inversores es:

$$R_{DC/AC} = \frac{P_{FV}}{P_{inv,total}}$$

$$R_{DC/AC} = \frac{135,3 \text{ kWp}}{150 \text{ kW}}$$

$$R_{DC/AC} = 0,902$$

Por tanto, la relación DC/AC del sistema es 0,90. La potencia del campo fotovoltaico es menor que la potencia nominal conjunta de los inversores; sin embargo, esta configuración es técnicamente admisible porque cada Growatt WIT 75K-HU acepta hasta 156 kW de potencia fotovoltaica recomendada para este proyecto del centro de computo.

3.3.3. Configuración propuesta

Los 220 módulos se distribuirán equitativamente entre los dos inversores:

$$\frac{220}{2} = 110 \text{ módulos por inversor}$$

Cada inversor dispone de 10 seguidores MPPT. Por tanto, se propone conectar una cadena de 11 módulos a cada MPPT:

$$10 \text{ cadenas} \times 11 \text{ módulos} = 110 \text{ módulos/inversor}$$

Para los dos inversores:

$$20 \text{ cadenas} \times 11 \text{ módulos} = 220 \text{ módulos}$$

Verificación de tensión por cadena

La tensión de máxima potencia de una cadena será:

$$V_{mpp,cadena} = 11 \times 35,26 \text{ V}$$

$$V_{mpp,cadena} = 387,86 \text{ V}$$

Este valor se encuentra dentro del rango MPPT del inversor, establecido entre 180 y 800 V.

La tensión de circuito abierto será:

$$V_{oc,cadena} = 11 \times 42,20 \text{ V}$$

$$V_{oc,cadena} = 464,20 \text{ V}$$

Este resultado es inferior al límite de 1.000 V de circuito abierto establecido por el inversor.

Verificación de corriente

Al conectar una sola cadena por MPPT:

$$I_{mpp,cadena} = 17,45 \text{ A}$$

$$I_{sc,cadena} = 18,47 \text{ A}$$

Los dos valores cumplen con los límites del inversor:

$$17,45 \text{ A} < 32 \text{ A}$$

$$18,47 \text{ A} < 40 \text{ A}$$

Aunque el inversor admite físicamente dos cadenas por MPPT, no se recomienda conectar dos cadenas de estos módulos en paralelo porque la corriente resultante sería:

$$I_{mpp,paralelo} = 2 \times 17,45 = 34,90 \text{ A}$$

Este resultado supera el límite de 32 A por MPPT. Por esta razón, la configuración adecuada es utilizar una cadena por cada MPPT.

Potencia conectada a cada inversor

$$P_{FV/inversor} = 110 \times 615 \text{ Wp}$$
$$P_{FV/inversor} = 67,65 \text{ kWp}$$

Figura 3. 6: Inversor híbrido Growatt WIT 50–100K-HU.



Fuente: Shenzhen Growatt New Energy Co., Ltd. (2025).

3.3.4. Cálculo de Batería

Para el almacenamiento energético se seleccionaron dos sistemas Growatt APX 186.3H-S1 con tecnología de litio-ferrofosfato. Cada sistema está compuesto por 13 módulos APX 14.3P-B1 y un módulo de control HVC 1000200-C1.

La capacidad nominal de cada sistema es de 186,36 kWh:

$$E_{nominal,total} = 2 \times 186,36 \text{ kWh}$$

$$E_{nominal,total} = 372,72 \text{ kWh}$$

La ficha técnica establece una energía útil de 167,72 kWh por sistema:

$$E_{\text{útil},total} = 2 \times 167,72 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{útil},total} = 335,44 \text{ kWh}$$

Por tanto, el banco presenta una capacidad nominal de 372,72 kWh y una capacidad útil de 335,44 kWh, correspondiente a una profundidad de descarga del 90 %.

Cantidad de módulos de batería

Cada gabinete contiene 13 módulos:

$$N_{módulos} = 2 \times 13$$

$$N_{módulos} = 26 \text{ módulos}$$

Cada módulo APX 14.3P-B1 tiene una capacidad nominal de 14,33 kWh y una tensión nominal de 80 V.

Autonomía para una carga de 108 kW

El tiempo estimado de autonomía se determina utilizando la energía útil:

$$t = \frac{E_{\text{útil}}}{P_{\text{carga}}}$$

$$t = \frac{335,44 \text{ kWh}}{108 \text{ kW}}$$

$$t = 3,11 \text{ horas}$$

Por tanto, el banco seleccionado puede proporcionar aproximadamente 3,1 horas de autonomía para una carga activa de 108 kW.

Si la carga alcanza 120 kW:

$$t = \frac{335,44 \text{ kWh}}{120 \text{ kW}}$$

$$t = 2,80 \text{ horas}$$

En consecuencia, la autonomía real se encontrará aproximadamente entre 2,8 y 3,1 horas, dependiendo del nivel de carga del centro de cómputo.

Verificación de potencia

Cada batería APX 186.3H-S1 presenta una potencia máxima de salida de 93 kW:

$$P_{\text{baterías}} = 2 \times 93 \text{ kW}$$

$$P_{\text{baterías}} = 186 \text{ kW}$$

Sin embargo, cada inversor WIT 75K-HU admite una potencia continua de carga y descarga de batería de 85,1 kW:

$$P_{\text{inversores, batería}} = 2 \times 85,1 \text{ kW}$$

$$P_{\text{inversores, batería}} = 170,2 \text{ kW}$$

Por tanto, la potencia continua efectiva del sistema estará limitada a 170,2 kW por los inversores. Este valor es suficiente para alimentar la carga activa estimada de 108 kW. La configuración técnica definitiva queda en 20 cadenas de 11 módulos, distribuidas en 10 cadenas por cada inversor y una cadena por MPPT. Esta configuración sí cumple los límites de tensión y corriente de las fichas técnicas.

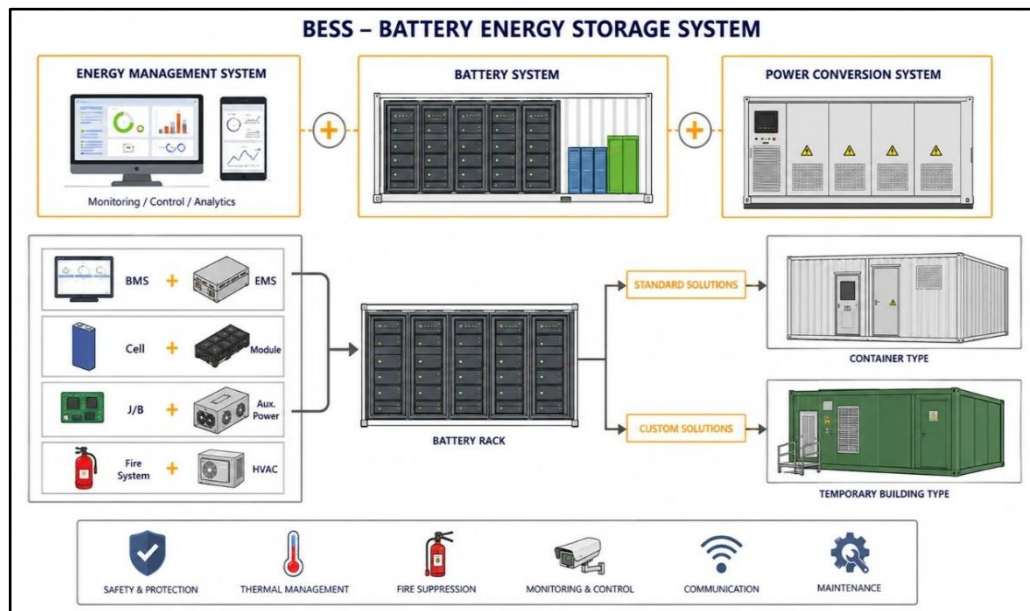
Se escogió para el sistema de almacenamiento la tecnología de baterías de ion-litio con química de litio-ferrofosfato (LiFePO_4), por su alta estabilidad térmica, larga vida útil, alta eficiencia energética y bajo mantenimiento, lo que la hace adecuada para aplicaciones de respaldo en instalaciones con cargas críticas. Lo suficiente para dotar de una autonomía estimada de 3 horas al centro de cómputo (Chen et al., 2024; Evro et al., 2024).

Figura 3. 7: Sistema comercial de almacenamiento con baterías Growatt APX.



Fuente: Shenzhen Growatt New Energy Co., Ltd. (2022).

Figura 3. 8:Grafico de un sistema Bess.

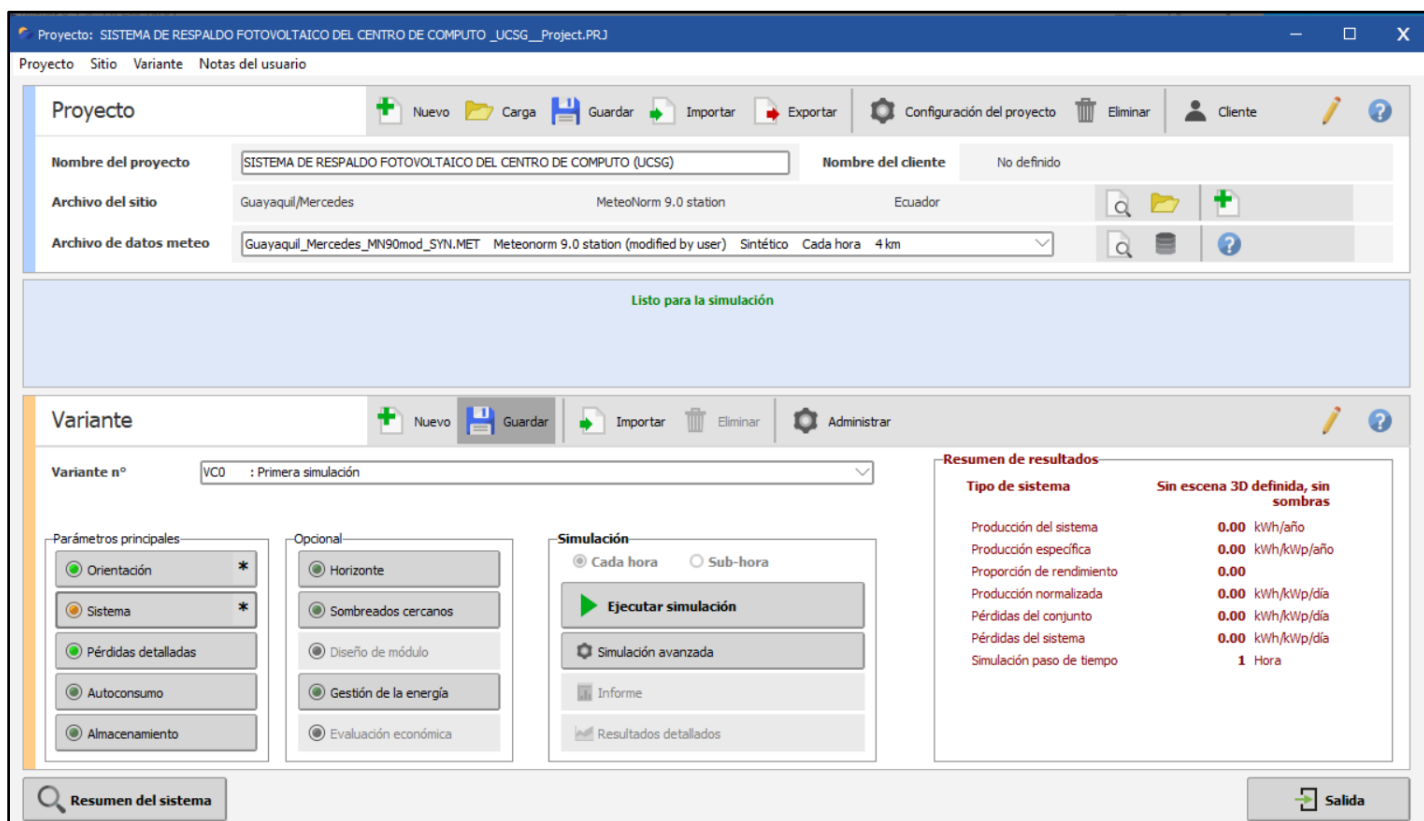


Fuente: Elaboración propia. (2026).

3.4. Implementación del sistema mediante software PVsyst

Una vez definidos los equipos, el sistema se modeló en PVsyst con las condiciones climáticas de Guayaquil. La simulación incluyó las coordenadas del proyecto, la información meteorológica, el arreglo de módulos, los inversores, las baterías y la demanda horaria del centro de cómputo. También se incorporaron pérdidas por temperatura, suciedad, conductores y conversión. De esta manera fue posible estimar la energía producida y contrastar el diseño con las necesidades de la carga (Mermoud & Wittmer, 2024).

Figura 3. 9: Software de simulación Pvsyst.



Fuente: Elaboración propia. (2026).

3.4.1. Resultados de la simulación

En la Figura 3.10, se muestran los parámetros principales del sistema fotovoltaico simulado en PVsyst V8.1.3 para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El sistema está formado por 220 módulos de 615 Wp y dos inversores de 75 kW, con una potencia instalada de 135,3 kWp. Con una inclinación de 20° y un azimut de 0°, la producción anual es de 176.338 kWh, la producción específica es de 1.303 kWh/kWp·año y el rendimiento es del 85,74 %.

Figura 3. 10: Parámetros generales del sistema fotovoltaico implementado en PVsyst.

Grid-Connected System

Simulation step

Hourly

Orientation #1

Fixed plane

Tilt/Azimuth

20 / 0 °

Models used

Transposition

Diffuse

Circumsolar

Perez

Perez, Meteonorm

separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

no Shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

Model

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

Number of PV modules

Nominal (STC)

Modules

At operating cond. (50°C)

Pmpp

U mpp

I mpp

Total PV power

Nominal (STC)

Total

Module area

Cell area

Risen Solar

RSM120-8-615M

615 Wp

220 units

135 kWp

10 units x 22 In series

124 kWp

704 V

176 A

135 kWp

220 modules

623 m²

582 m²

Inverter

Manufacturer

Model

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

Number of inverters

Total power

Operating voltage

Pnom ratio (DC:AC)

Power sharing within this inverter

Total inverter power

Total power

Number of inverters

Pnom ratio

Growatt New Energy

MAX 75KTL3 LV

75.0 kWac

2 units

150 kWac

200-1000 V

0.90

150 kWac

2 units

0.90

Array losses

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

Uv (wind)

Module mismatch losses

Loss Fraction

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

DC wiring losses

Global array res.

Loss Fraction

66 mΩ

1.50 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.75 %

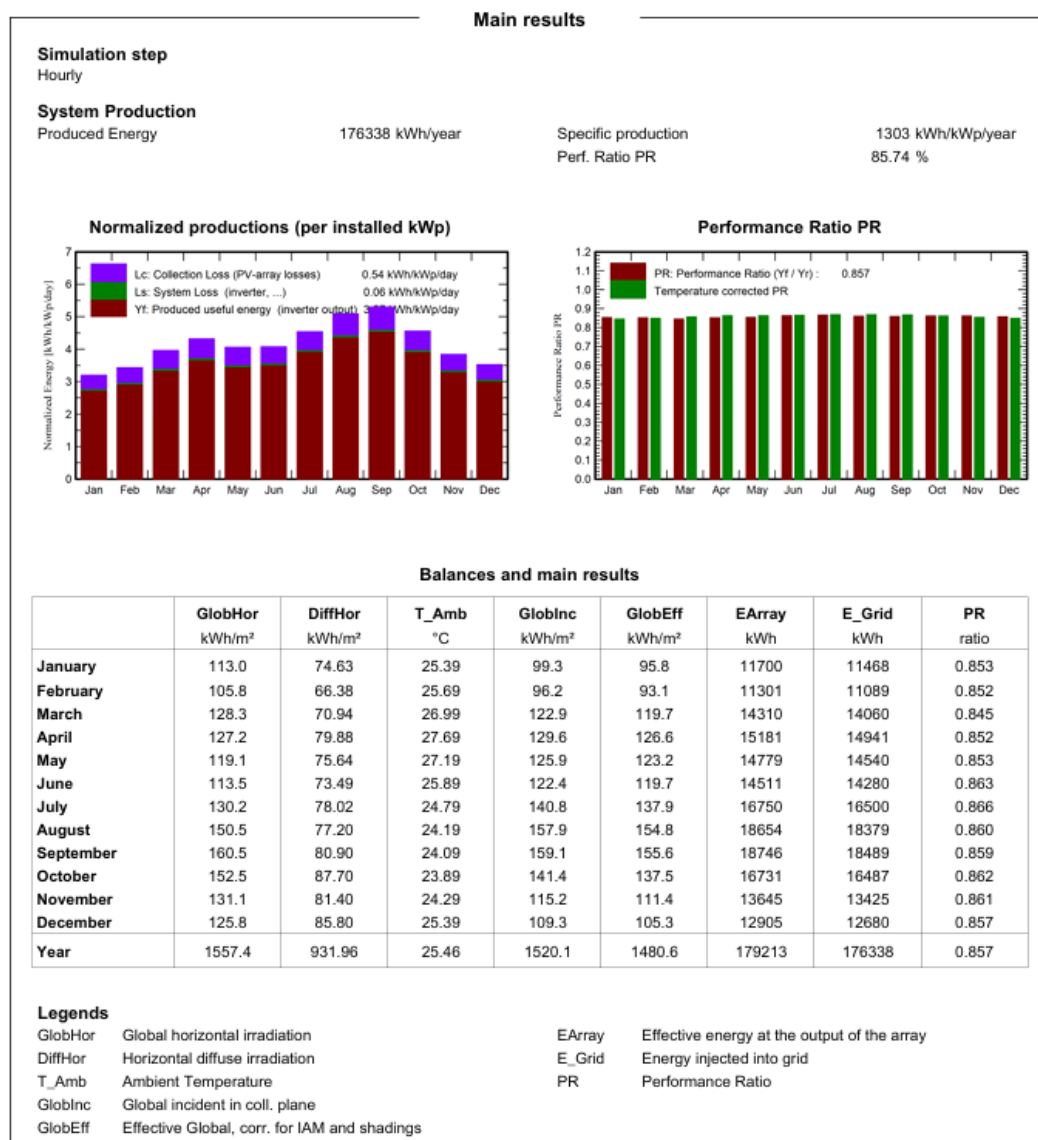
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.963	0.892	0.814	0.679	0.438	0.000

Fuente: Elaboración propia mediante PVsyst V8.1.3. (2026).

3.4.2. Producción mensual de energía

En la Figura 3.11 se puede observar que el sistema fotovoltaico produce 176.338 kWh al año, con una producción específica de 1.303 kWh/kWp·año y un rendimiento del 85,74 %. La producción más elevada se da en los meses de septiembre y agosto y la más baja, en los de febrero y enero. Los 176.338 kWh disponibles, tras las pérdidas de conversión, se inyectan a la red eléctrica.

Figura 3. 11: Resultados principales obtenidos mediante la simulación del sistema fotovoltaico en PVsyst.

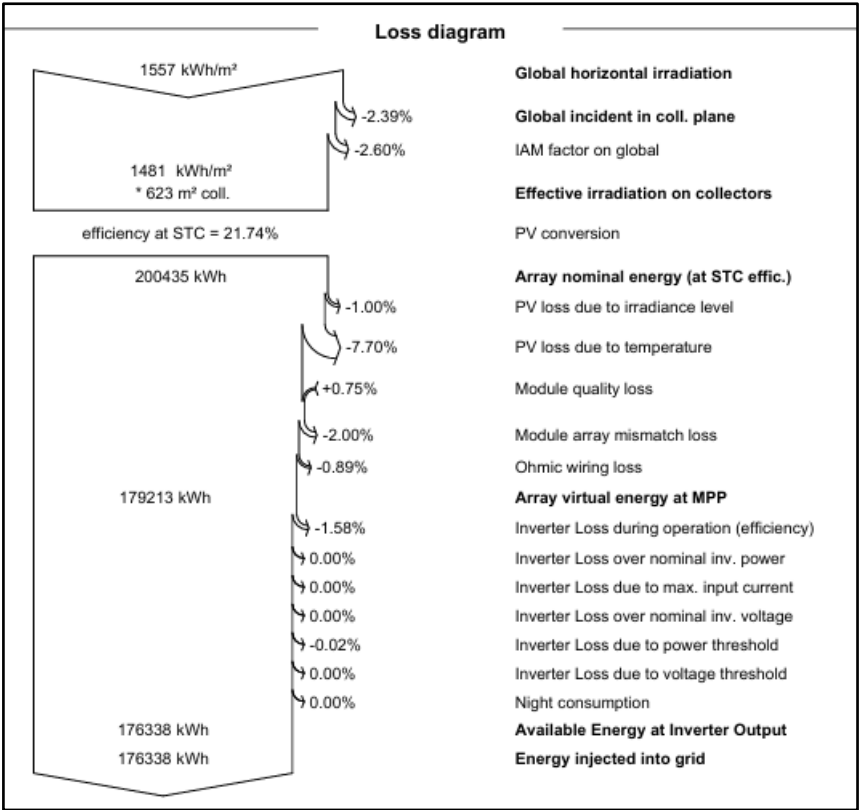


Fuente: Elaboración propia mediante PVsyst V8.1.3. (2026).

3.4.3 Diagrama de pérdidas del sistema

En la Figura 3.12 se puede apreciar que el sistema parte de una irradiación anual de 1.557 kWh/m² y una energía nominal de 200.435 kWh. Las pérdidas principales son: temperatura de los módulos (7,70%), ángulo de incidencia (2,60%), desajuste eléctrico (2,00%) e inversores (1,58%). Por último, el sistema aporta a la red eléctrica 176.338 kWh por año.

Figura 3. 12: Diagrama de pérdidas energéticas del sistema fotovoltaico.

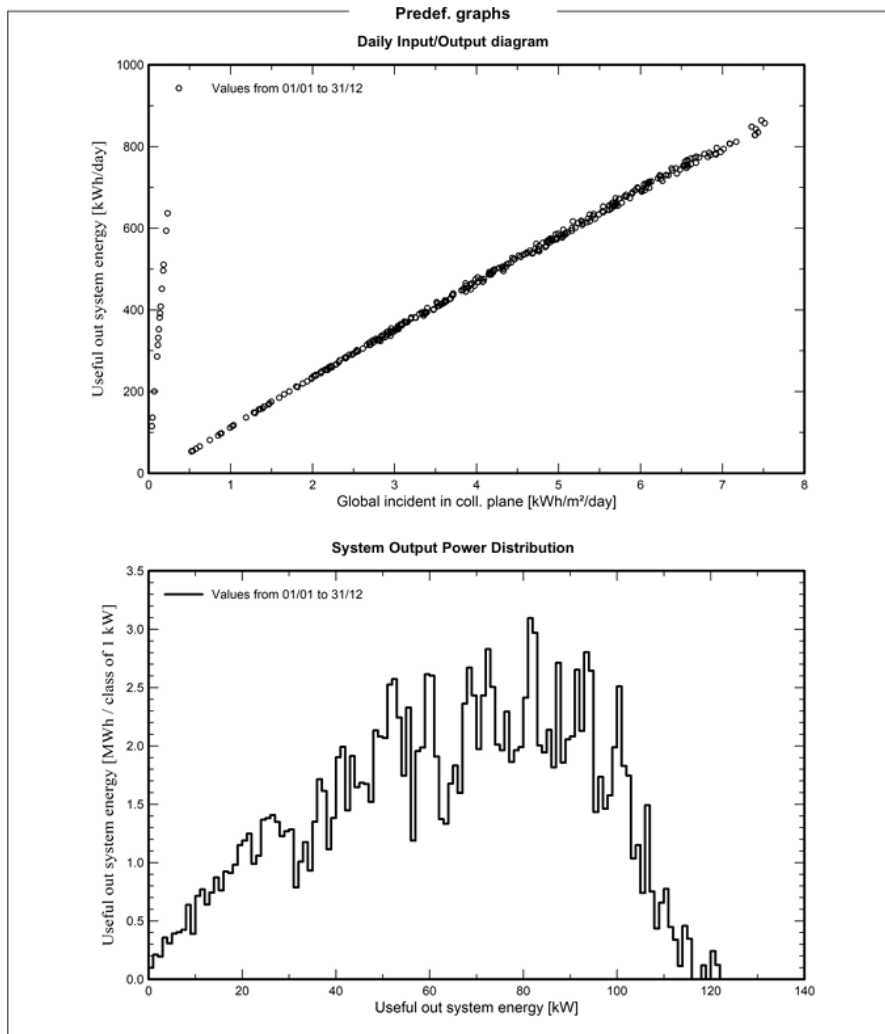


Fuente: Elaboración propia mediante PVsyst V8.1.3. (2026).

3.4.4 Producción diaria y distribución de potencia

En la Figura 3.13 se puede apreciar que la energía diaria generada aumenta en función directa de la radiación solar incidente, alcanzando valores superiores a los 800 kWh/día cuando la radiación se acerca a los 7 kWh/m²/día. Además, el sistema funciona principalmente entre 40 y 100 kW, con valores máximos cercanos a 125 kW, mostrando un comportamiento estable bajo las condiciones climáticas de Guayaquil.

Figura 3. 13: Producción diaria y distribución de potencia del sistema.

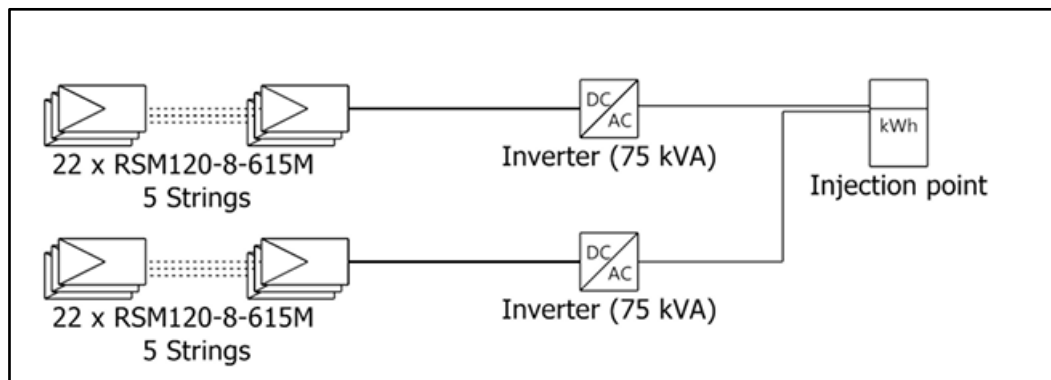


Fuente: Elaboración propia mediante PVsyst V8.1.3. (2026).

3.4.5 Diagrama unifilar del sistema

En la Figura 3.14 se presenta el diagrama unifilar del sistema fotovoltaico simulado en PVsyst. El sistema está compuesto por 220 módulos Risen Solar RSM120-8-615M, distribuidos en 10 cadenas de 22 módulos y conectados a dos inversores de 75 kVA. La energía generada se convierte de corriente continua a corriente alterna y posteriormente se entrega al punto de inyección de la red eléctrica.

Figura 3. 14: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico implementado en PVsyst.



Fuente: Elaboración propia mediante PVsyst V8.1.3. (2026).

3.5 Evaluación económica

En este punto se estudia la viabilidad económica del sistema fotovoltaico propuesto, teniendo en cuenta la inversión inicial en módulos, inversores, baterías, estructuras, protecciones e instalación. También se calcula el ahorro anual de energía, así como el periodo de recuperación de la inversión, con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto.

3.5.1 Costos de equipos

En la Tabla se muestra el estimado económico de los equipos y componentes principales, requeridos para la implementación del sistema fotovoltaico con almacenamiento energético. La inversión comprende la compra de 220 módulos fotovoltaicos de 615 Wp, dos inversores híbridos Growatt WIT 75K-HU, un banco de baterías Growatt APX con una capacidad aproximada de 372,6 kWh, así como los elementos complementarios como estructuras de soporte, sistema BESS, protecciones eléctricas, cableado, tableros y la mano de obra para la instalación y puesta en marcha.

Tabla 3. 3: Listas de materiales para el sistema fotovoltaico.

Equipo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Módulos fotovoltaicos 615 W	220	\$100.00	\$22,000.00
Inversor híbrido Growatt WIT 75K-HU	2	\$12,000.00	\$24,000.00
Banco de baterías Growatt APX Commercial (372.6 kWh)	2 gabinetes	\$31,500.00	\$63,000.00
Estructura de soporte FV	1 lote	\$6,000.00	\$6,000.00
Sistema BESS (contenedor, climatización y protección contra incendios)	1 lote	\$10,000.00	\$10,000.00
Balance de sistema eléctrico (cableado, protecciones DC/AC, tableros, puesta a tierra, medidor bidireccional y canalizaciones)	1 lote	\$13,195.00	\$13,195.00
Mano de obra (instalación, configuración, pruebas y puesta en marcha)	1 lote	\$12,000.00	\$12,000.00
TOTAL			\$150,195.00

Fuente: Elaboración propia. (2026).

El costo total estimado del proyecto es de 150.195,00 USD, donde el mayor aporte económico es para el sistema de almacenamiento mediante baterías (63.000 USD) y los inversores híbridos (24.000 USD), debido a su importancia para garantizar la continuidad del suministro eléctrico del centro de cómputo. La inversión que se requiere representa el capital inicial para la implementación del sistema de respaldo fotovoltaico propuesto.

3.5.2 Presupuesto del sistema

Sistema de 150 kW con banco de baterías de 372.6 kWh (2 gabinetes Growatt APX 186.3H-S1), dimensionado para cubrir el requerimiento aproximado de 360 kWh útiles del proyecto.

Tabla 3. 4: Resumen Económico.

Concepto	Valor
Potencia instalada	150 Kw
Planta (equipos FV + BOS)	\$87,195.00
Baterías (372.6 kWh)	\$63,000.00
Total	\$150,195.00

Fuente: Elaboración propia. (2026).

El sistema fotovoltaico propuesto tendrá una potencia instalada de 150 kW, con dos inversores híbridos Growatt WIT 75K-HU de 75 kW cada uno. El banco de baterías está formado por dos gabinetes Growatt APX 186.3H-S1 con 13 módulos cada uno, entregando una capacidad total de 372,6 kWh con un respaldo aproximado de 3 horas. En la lógica de funcionamiento, lo primero que se prioriza es la carga del banco de baterías, una vez que éste está completamente cargado, el excedente de generación fotovoltaica cubre la carga del sistema y lo desconecta de la red de CNEL. Este esquema cumple dos objetivos: (1) garantizar un respaldo de energía por aproximadamente 3 horas en caso de cortes del suministro eléctrico y, (2) lograr un ahorro en la factura por consumo de red, al sustituir el suministro de CNEL por generación fotovoltaica una vez que las baterías están completamente cargadas.

Con el CAPEX desarrollado el proyecto —incluyendo el banco de baterías dimensionado para 3 horas de respaldo— tiene un payback de 7.54 años, después del cual genera retorno neto para la Universidad Católica. Es importante resaltar que el mayor costo del proyecto se debe al banco de baterías, ya que se dimensionó para un respaldo de 3 horas.

En los escenarios comparados se conserva el mismo ahorro anual (aproximadamente USD 19.926.19), porque la producción depende del campo fotovoltaico y de los inversores de 150 kW. Cambiar las horas de autonomía modifica principalmente la capacidad y el costo de las baterías. Por ello, una autonomía menor reduce la inversión inicial y acorta el periodo de recuperación.

Para los 220 módulos se obtuvo la siguiente estimación de superficie:

Superficie ocupada únicamente por los paneles: $220 \times 2,58 \text{ m}^2 = 568,3 \text{ m}^2$.

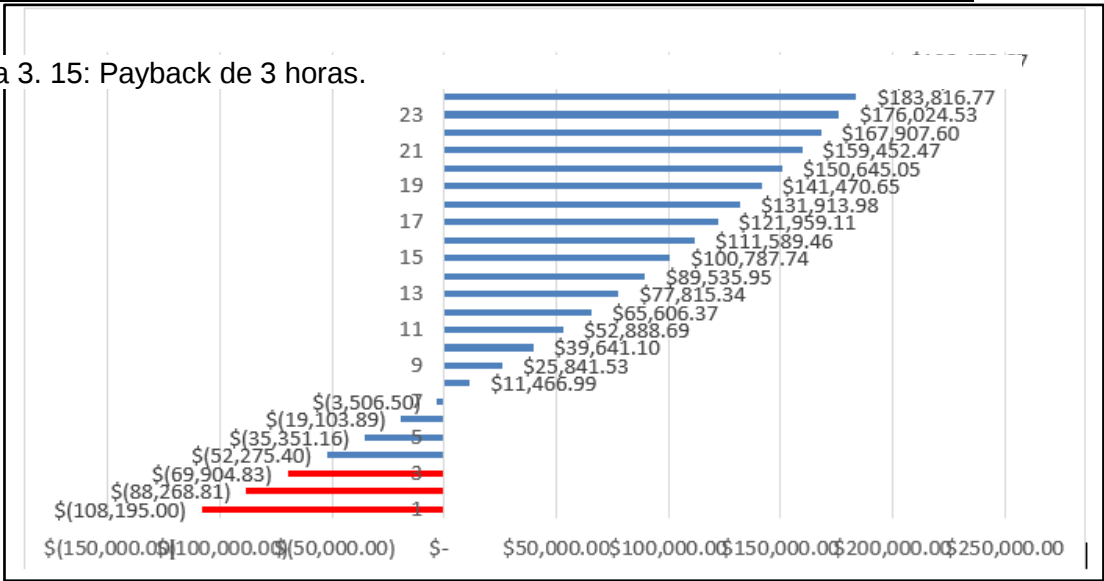
Superficie con una holgura de 8-10 % para uniones, rieles y separación entre módulos: 614-625 m2.

Superficie recomendada al añadir pasillos de acceso y mantenimiento (15-20 %): 654-682 m2.

Tabla 3. 5: Comparativa: horas de respaldo vs. precio.

Respaldo	Capacidad de baterías	Costo de baterías (USD)	CAPEX (USD)	total
1 hora	124.2 kWh	\$21,000.00	\$108,195.00	Fuente: Elaboración propio. (2026).
2 horas	248.4 kWh	\$42,000.00	\$129,195.00	
3 horas (actual)	372.6 kWh	\$63,000.00	\$150,195.00	

Figura 3. 15: Payback de 3 horas.



Fuente: Elaboracion propia. (2026).

3.5.3 Análisis comparativo del costo energético con y sin sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico está formado por 220 módulos de 615 W, lo que da una potencia total de 135 kWp en corriente continua. La conversión de energía se lleva a cabo mediante dos inversores híbridos Growatt WIT 75K-HU (150 kW en total), cuya potencia es superior a la del arreglo FV, como consecuencia tanto de las limitaciones en los modelos de inversores disponibles en el mercado como por la decisión de priorizar una potencia con holgura, pensando en una futura ampliación del arreglo fotovoltaico.

Se estimó mediante simulación en PVsyst una generación anual de 176,338 kWh/año. Con una tarifa energética de \$0.113/kWh, el ahorro anual estimado al sustituir el consumo de la red asciende a \$ \$19.926,19/año ($\approx$ \$1.660,51/mes). Con esto, y teniendo en cuenta la inversión total del proyecto (\$150,195.00), el periodo de recuperación de la inversión (payback) es de 7.54 años.

Conclusiones.

El diseño del sistema de respaldo fotovoltaico para el centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, permitió determinar la viabilidad técnica y económica de una solución basada en energía solar para mejorar la continuidad del servicio eléctrico. El análisis de la demanda energética, la elección de los componentes y las simulaciones realizadas en PVsyst V8.1.3 permitieron definir una configuración de 220 módulos fotovoltaicos de 615 Wp cada uno, con una potencia instalada de 135,3 kWp, y dos inversores Growatt de 75 kW.

La simulación ha arrojado resultados de una producción anual de 176.338 kWh, una producción específica de 1.303 kWh/kWp·año y un rendimiento del sistema (Performance Ratio) del 85,74 %, lo que pone de manifiesto un adecuado aprovechamiento del recurso solar disponible en la ubicación del proyecto. El análisis de pérdidas, por otra parte, permitió conocer los principales factores que afectan el desempeño energético, tales como temperatura de los módulos, desajustes eléctricos, cableado y eficiencia de conversión de los inversores.

Los resultados económicos muestran una inversión aproximada de USD 150.195, un ahorro anual de USD 19.926,19 y una recuperación estimada en 7,54 años. Bajo estas condiciones, la propuesta disminuye el consumo tomado de la red y genera beneficios durante la vida útil de los equipos. En el aspecto técnico, la combinación del generador fotovoltaico con el banco de baterías puede reforzar el suministro del centro de cómputo ante interrupciones. Por tanto, el diseño responde al objetivo de mejorar la continuidad eléctrica de la UCSG mediante una fuente renovable y almacenamiento.

Recomendaciones.

Medir periódicamente la demanda del centro de cómputo y actualizar su perfil de consumo, de manera que el dimensionamiento siga correspondiendo con las cargas reales de la instalación.

Comprobar en PVsyst la configuración definitiva antes de adquirir los equipos, revisando límites eléctricos, compatibilidad entre componentes y producción esperada.

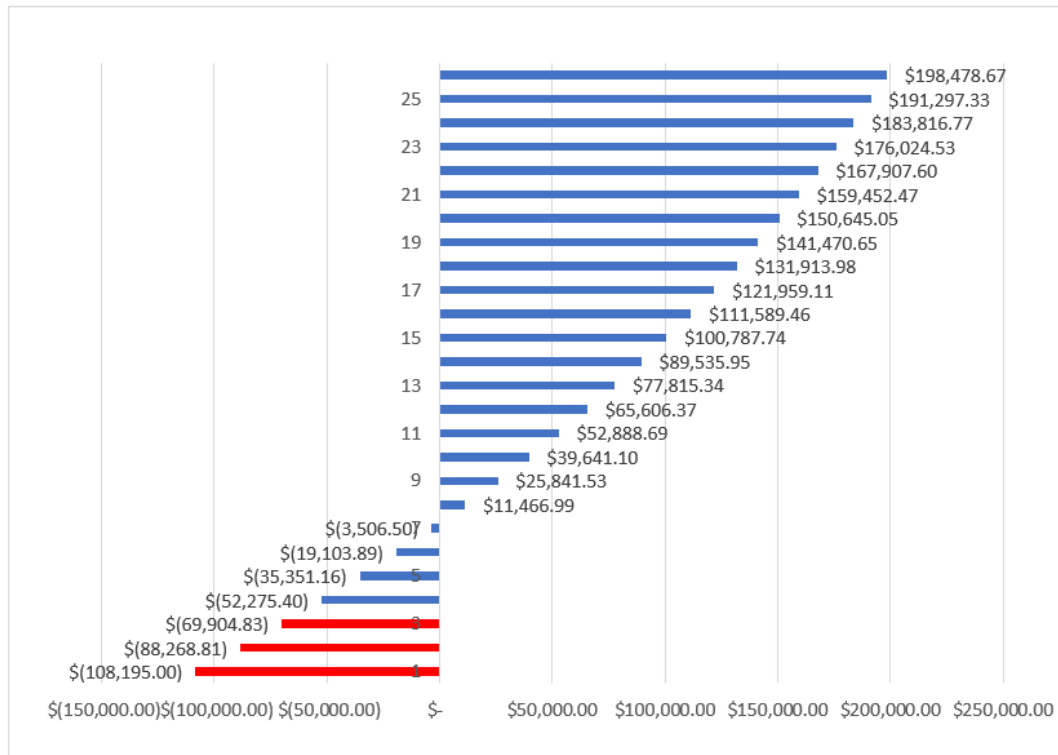
Establecer un mantenimiento preventivo que contemple limpieza de módulos, revisión de conexiones, pruebas de los inversores y seguimiento del estado de las baterías.

Instalar medición en tiempo real para registrar la generación, el estado de carga de las baterías y el consumo de las cargas críticas; estos datos facilitarán la identificación de fallas y la operación del respaldo.

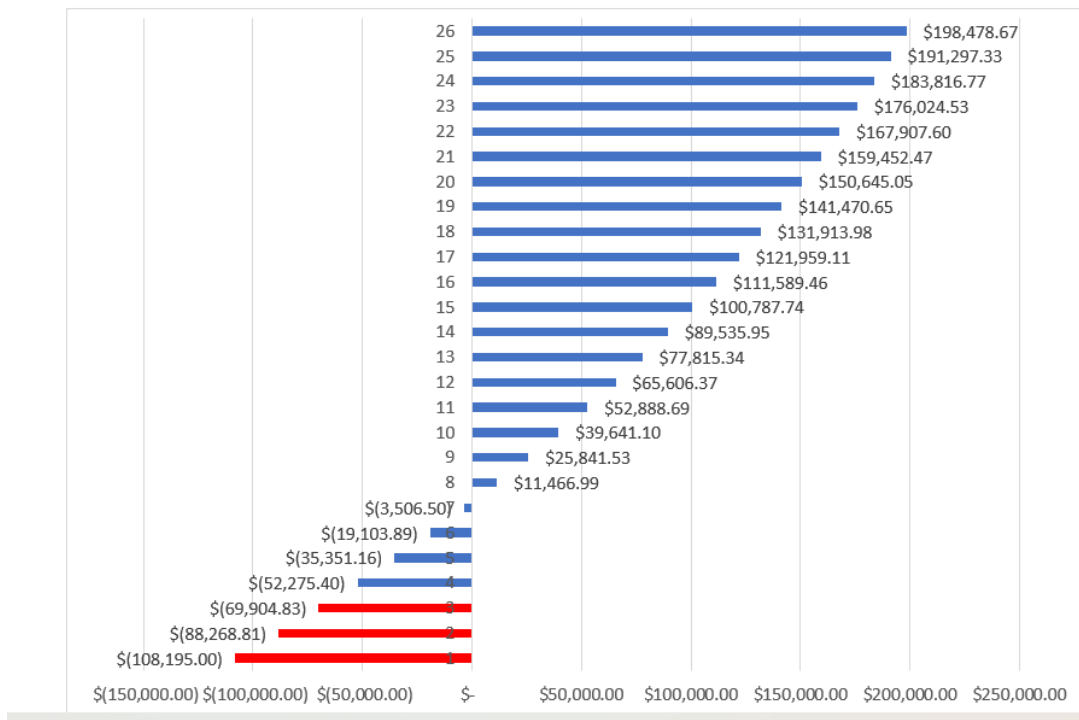
Recalcular el análisis económico antes de ejecutar el proyecto, empleando precios actualizados de equipos, tarifa eléctrica vigente e incentivos disponibles para generación renovable.

Anexos

PAYBACK DE 2 HORAS



PAYBACK DE 1 HORA



WIT 50-100kW Hybrid Inverter

(WIT 50-100K-H, WIT 50-100K-HU)

- Scalable system configuration, extend to 300kW
- Support UPS function and black start
- 100% unbalanced load when backup
- 110% continuous AC overloading capacity
- Support remote control of DG
- Multiple MPPTs input
- Grid-support functions



Preliminary Version

GROWATT

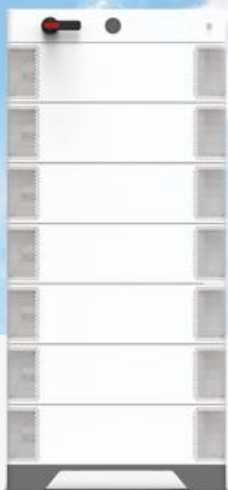
en.growatt.com

P O W E R
- I N G
T O M O R R O W

Datasheet	WIT 50K-H WIT 50K-HU	WIT 63K-H WIT 63K-HU	WIT 75K-H WIT 75K-HU	WIT 100K-H WIT 100K-HU
Input Data (PV)				
Max. recommended PV power(for module STC)	109.2kW	124.8kW	156kW	156kW
Start voltage			195V	
Max. input voltage			1100V	
Max. open circuit voltage of PV ¹			1000V	
MPPT nominal voltage/range			550V/180V~800V	
Max. input current per MPP tracker			32A	
Max. short-circuit current per MPP tracker			40A	
No. of PV strings per MPP tracker			2	
No. of MPP trackers	7	8	10	10
Output Data (AC)				
AC nominal power	50kW	63kW	75kW	100kW
Max. AC apparent power	55kVA	69.3kVA	82.5kVA	110kVA
Nominal AC voltage/range			380/400/415V/-15%~+10%	
Nominal AC grid frequency/range			50/60Hz/45~55Hz/55~65Hz	
Max. output current	83.3A	105A	125A	166.7A
Adjustable power factor			-1...+1	
THDi			<3% (@100% load)	
AC grid connection type			3P3W+PE/3P4W+PE	
Input Data (AC)				
AC nominal power	50kW/100kW	63kW/126kW	75kW/150kW	100kW/200kW
Max. AC apparent power	55kVA/100kVA	69.3kVA/126kVA	82.5kVA/150kVA	110kVA/200kVA
Nominal AC voltage/range			380/400/415V/-15%~+10%	
Nominal AC grid frequency/range			50/60Hz/45~55Hz/55~65Hz	
Max. input current	83.3A/151.5A	105A/190.9A	125A/227.3A	166.7A/303A
Battery Data (DC)				
Continuous charging and discharging power	56.7kW	71.4kW	85.1kW	113.5kW
Battery voltage range		600~1000V (for 3P3W) / 680~1000V (for 3P4W) (>850V derating)		
Recommended battery voltage			768V	
Max. charging and discharging current	83.3A	105A	125A	167A
BMS communication			RS485/CAN	
Backup Power (AC)*²				
Rated AC output power	50kW	63kW	75kW	100kW
Max. AC apparent power	60kVA	75.6kVA	90kVA	120kVA
Rated AC output voltage			220V/230V/240V(L-N), 380V/400V/415V(L-L)	
Nominal AC output frequency			50/60 Hz	
Load connection			3P3W+PE/3P4W+PE	
Max. output current	90.9A	114.5A	136.4A	181.8A
THDv			<3% (Linear load)	
Load unbalance			100% three-phase unbalanced	
Overload capacity			≤110% Continues; 110%~120% <10min; >120% 200ms	
On/off grid transfer time			≤10ms	
Efficiency				
Max. efficiency			98.2%	
Protection Devices				
PV reverse polarity protection			Yes	
Battery reverse protection			Yes	
AC/DC surge protection			Type II	
Insulation resistance monitoring			Yes	
Ground fault monitoring			Yes	
Grid monitoring			Yes	
Residual-current monitoring unit			Yes	
AC short-circuit protection			Yes	
Strings monitoring			Yes	
Anti-islanding protection			Yes	
PID protection			Yes	
AFCI function			Opt	
General				
Dimensions (W/H/D)		820/1350/510mm		
Weight	153kg	153kg	160kg	160kg
Operating temperature range		-30 °C~60 °C (> 50°C, derating)		
Relative humidity		0~100%		
Altitude		4000m		
Topology		Transformerless		
Cooling		Smart air cooling		
IP degree		IP66		
Display		OLED+LED/WIFI+APP		
Interfaces: RS485/CAN/USB		Yes		
Interfaces: WIFILAN		Opt		
Warranty (5/10 years)		Yes/Opt		
EN 62920-2017, IEC/EN 62477-1, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, IEC 62116, IEC 61727, G99-2020, EN 50549-1, VDE 4105, NRS 097-2-1				

Batería Comercial APX

- Opciones de capacidad flexibles, de 120kWh a 200kWh
- 100% de profundidad de descarga
- Optimización energética a nivel de módulo
- Soporte para mezclar módulos de batería nuevos y viejos de baterías nuevas y viejas en un mismo sistema
- Fácil instalación con diseño modular y diseño modular y apilado
- Larga vida útil, 10 años de garantía



GROWATT

www.ginverter.com

P O W E R
- I N G O
T O M O -
R R O W O

Hoja de datos	APX 129.0H+S1	APX 143.3H+S1	APX 157.6H+S1	APX 172.0H+S1	APX 186.3H+S1	APX 200.7H+S1
Demostración del sistema						
Módulo de control	HVC 1000200-C1					
Número de módulos de potencia	1					
Módulo de batería	APX 14.3P-B1					
Energía por módulo de batería	14.33kWh					
Número de módulos de batería	9	10	11	12	13	14
Capacidad de energía nominal	129.02kWh	143.36kWh	157.69kWh	172.03kWh	186.36kWh	200.70kWh
Capacidad de energía útil	116.11kWh	129.02kWh	141.92kWh	154.82kWh	167.72kWh	180.63kWh
Potencia máxima de salida*	64kW	71kW	78kW	86kW	93kW	100kW
Potencia máxima de salida	103.21kW/60s	114.68kW/60s	126.15kW/60s	137.62kW/60s	149.08kW/60s	160.56kW/60s
Dimensión (A/DI) *2	900/510/1335mm *2 35.4"/20.0/52.5inch *2	900/510/1490mm *2 35.4"/20.0/58.8inch *2	900/510/1580mm *2 35.4"/20.0/62.2inch *2	900/510/1735mm *2 35.4"/20.0/68.3inch *2	900/510/1825mm *2 35.4"/20.0/71.8inch *2	900/510/1980mm *2 35.4"/20.0/77.9inch *2
Peso	1195kg/2634lb	1320kg/2910lb	1445kg/3185lb	1570kg/3461lb	1695kg/3736lb	1820kg/4012lb
Voltaje nominal	820V					
Rango de voltaje de operación	650V~945V					
Rango de voltaje para carga completa	720V~855V					
Capacidad nominal	280AH(@25°C)					
Capacidad esperada	252AH(@25°C)					
Tipo de batería	Fosfato de litio y hierro sin cobalto (LFP)					
Protección de la entrada	IP66					
Instalación	Instalación en el suelo					
DOD	90%					
Temperatura de operación en ambiente	-10°C~50°C					
Humedad relativa	5%~95%					
Ventilación	Natural					
Altura	≤4000m					
Garantía	10 años					
Módulo de control	HVC 1000200-C1					
Dimensiones	900/640/160mm					
Peso	30kg					
Puerto de comunicación	CAN/RS485					
Rango de voltaje de operación	600V~950V					
Corriente Máxima	200A					
Corriente pico	224A/60s					
Parámetros de control	SOC, tensión del sistema, corriente, tensión de la célula, temperatura de la célula, temperatura del PCB					
Módulos de baterías	APX 14.3P-B1					
Energía nominal	14.33kWh					
Voltaje nominal	80V					
Rango de voltaje de operación	0~105V					
Dimensiones	900/510/245 mm 35.4/20.0/9.6 inch					
Peso	125kg/275.5lb					
Certificación y licencia	IEC62119/Cel&Pac/IEC60730/VDE2510-50/CE/CEC/RCM/UN38.3/UL1973/UL9540A/FCC					



HIGH PERFORMANCE MONOCRYSTALLINE PERC MODULE



RSM120-8-590M-615M

120 CELL

Mono PERC Module

590-615Wp

Power Output Range

1500VDC

Maximum System Voltage

21.7%

Maximum Efficiency

KEY SALIENT FEATURES



Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing



Industry leading lowest thermal co-efficient of power



Industry leading 12 years product warranty



Excellent low irradiance performance



Excellent PID resistance



Positive power tolerance of 0~+3%



Dual stage 100% EL Inspection warranting defect-free product



Module Imp binning radically reduces string mismatch losses



Excellent wind load 2400Pa & snow load 5400Pa under certain installation method



Comprehensive product and system certification

- IEC61215:2016; IEC61730-1/-2:2016;
- ISO 9001:2015 Quality Management System
- ISO 14001:2015 Environmental Management System
- ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management System



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Risen Energy sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

RISEN ENERGY CO., LTD.

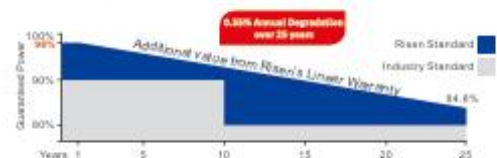
Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, competes value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, encircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

Tashan Industry Zone, Melin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC
Tel: +86-574-59953239 Fax: +86-574-59953599
E-mail: marketing@risenenenergy.com Website: www.risenenergy.com



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

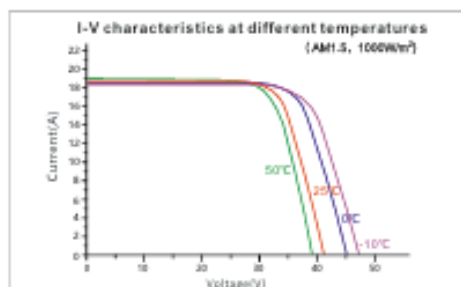
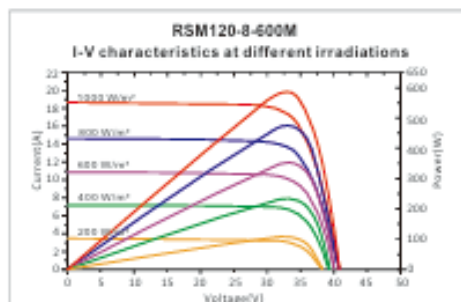
12 year Product Warranty / 25 year Linear Power Warranty



* Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd.

THE POWER OF RISING VALUE

Dimensions of PV Module



Our Partners:

ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM120-8-590M	RSM120-8-595M	RSM120-8-600M	RSM120-8-605M	RSM120-8-610M	RSM120-8-615M
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	590	595	600	605	610	615
Open Circuit Voltage-Voc(V)	41.20	41.40	41.60	41.80	42.00	42.20
Short Circuit Current-Isc(A)	18.21	18.26	18.32	18.37	18.42	18.47
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	34.32	34.50	34.70	34.88	35.08	35.26
Maximum Power Current-Imp(A)	17.20	17.25	17.30	17.35	17.40	17.45
Module Efficiency (%) *	20.8	21.0	21.2	21.4	21.6	21.7

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

* Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM120-8-590M	RSM120-8-595M	RSM120-8-600M	RSM120-8-605M	RSM120-8-610M	RSM120-8-615M
Maximum Power-Pmax (Wp)	447.0	450.7	454.6	458.3	462.2	466.1
Open Circuit Voltage-Voc (V)	38.32	38.50	38.69	38.87	39.06	39.25
Short Circuit Current-Isc (A)	14.93	14.97	15.02	15.06	15.10	15.14
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	31.85	32.02	32.20	32.37	32.55	32.73
Maximum Power Current-Imp (A)	14.04	14.08	14.12	14.16	14.20	14.24

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	120 cells (6×10+6×10)
Module dimensions	2172×1303×35mm
Weight	30kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminium Alloy, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm², Positive(+)350mm, Negative(-)230mm (Connector Included)
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.34%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	30A
Limiting Reverse Current	30A

PACKAGING CONFIGURATION

	40ft(HQ)
Number of modules per container	558
Number of modules per pallet	31
Number of pallets per container	18
Packaging box dimensions (LxWxH) in mm	1320×1120×2310
Box gross weight[kg]	971

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

©2022 Risen Energy. All rights reserved. Contents included in this datasheet are subject to change without notice. No special undertaking or warranty for the suitability of special purpose or being installed in extraordinary surroundings is granted unless as otherwise specifically committed by manufacturer in contract document.

THE POWER OF RISING VALUE

Bibliografía

Abdelkader, M., El-Sherif, H., Hassan, M., & Zobaa, A. F. (2023). Solar tracking systems: Technologies and performance evaluation for photovoltaic applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 180, 113291.

Abdelkareem, M. A., Rezk, H., Olabi, A. G., & Wilberforce, T. (2025). Recent advances in photovoltaic system performance and energy yield optimization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 198, 114589.

Adefarati, T., & Bansal, R. C. (2024). Reliability assessment and enhancement of renewable energy-based power systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 65, 103845.

Akinyele, D., & Rayudu, R. (2023). Review of energy storage technologies for sustainable off-grid renewable energy systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 58, 103362.

Algarni, S., Alqahtani, F., Almutairi, K., & Khan, M. A. (2025). Hybrid photovoltaic systems with energy storage: Recent developments, challenges and future opportunities. *Journal of Energy Storage*, 92, 112184.

Alzahrani, A., Alshammari, M., Alqahtani, F., & Khan, M. A. (2024). Protection and safety challenges in photovoltaic systems: A review of fault detection and mitigation techniques. *Solar Energy*, 275, 112640.

Bilgili, M., Ozbek, A., Sahin, B., & Kahraman, A. (2023). Environmental impacts and sustainability assessment of photovoltaic energy systems: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 181, 113321.

Bouras, A., Jurasz, J., Colas, F., & Vechiu, I. (2023). Optimization of photovoltaic panel tilt angle for short periods of time or multiple reorientations. *Energy Conversion and Management*, 275, 100417.

Bouzguenda, M., Haddad, S., Jemli, M., & Chéour, R. (2023). Comparative analysis of grid-connected, stand-alone and hybrid photovoltaic systems: Technical and economic perspectives. *Renewable Energy*, 214, 118832–118847.

Bouzguenda, M., Haddad, S., Jemli, M., & Chéour, R. (2025). Energy management and optimization strategies in hybrid photovoltaic-battery systems. *Journal of Energy Storage*, 89, 111845.

Campoverde Sacoto, V. E. (2025). Diseño de un sistema de energía fotovoltaico híbrido. Universidad Politécnica Salesiana.

Chancúsig Quinatoa, A. B. (2023). Análisis y predicción de la capacidad de irradiación solar mediante técnicas de aprendizaje automático [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional ESPOL.

Chen, T., Jin, Y., Lv, H., Yang, A., Liu, M., Chen, B., Xie, Y., & Chen, Q. (2024). Recent advances in lithium iron phosphate battery technology: A comprehensive review. *Batteries*, 10(12), 424.

Delfos Energy. (2025). 7 ideas para la energía solar en 2025.

Dey, S., Bhattacharya, A., & Roy, S. (2023). Renewable energy integration and photovoltaic system performance: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 181, 113364.

Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (4th ed.). Wiley.

Dunn, B., Kamath, H., & Tarascon, J. M. (2025). Electrical energy storage for renewable energy systems: Emerging technologies and future perspectives. *Science*, 387(6735), 845–852.

Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F., & Frede, B. (2024). Photovoltaic systems for sustainable energy transition: Recent advances, challenges, and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 194, 114363.

Fathy, A., Rezk, H., Abdelkareem, M. A., & Olabi, A. G. (2025). Recent advances in photovoltaic system modeling, simulation and optimization techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 198, 114642.

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). (2024). Photovoltaics Report.

Gagliano, A., Tina, G. M., Nocera, F., & Patania, F. (2023). Performance assessment and energy analysis of photovoltaic systems under different operating conditions. *Renewable Energy*, 205, 1185–1198.

Gilabert-Torres, C., Rus-Casas, C., Jiménez-Castillo, G., & Muñoz-Rodríguez, F. J. (2025). Photovoltaic systems with battery storage: A novel and comprehensive scheduling method for high-consumption facilities. *Journal of Energy Storage*.

Gómez, M. C. (2025). Análisis de los costos de generación de energía solar fotovoltaica. *Revista Espacios*.

Hamid, A. K., Mbungu, N. T., Elnady, A., Bansal, R. C., Ismail, A. A., & AlShabi, M. A. (2023). A systematic review of grid-connected photovoltaic and photovoltaic/thermal systems: Benefits, challenges and mitigation. *Energy & Environment*, 34(7), 2775–2814.

Hossain, M. I., Chelvanathan, P., Khandakar, A., Thomas, K., Rahman, A., & Mansour, S. (2024). Enhanced efficiency of bifacial perovskite solar cells using computational study. *Scientific Reports*, 14, 12984.

IEA. (2025). World Energy Outlook 2025. International Energy Agency.

International Energy Agency. (2023). Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028.

International Energy Agency. (2024). Solar PV.

IRENA. (2024). Renewable Energy Statistics 2024.

Jumare, I. A., et al. (2024). Standalone and Grid-connected Renewable Power System Configurations: A Comprehensive Review. *Journal of Renewable Energy and Environment*.

Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2024). Solar energy: Potential, current status and future prospects in off-grid energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 194, 114351.

Khan, M. I., Almutairi, K., Ahmed, S., & Rehman, S. (2024). Photovoltaic systems and sustainable development goals: Opportunities and challenges for clean energy transition. *Energy Reports*, 11, 2458–2473.

Kibria, M. F., Mekhilef, S., Mubin, M., Soon, T. K., Elsanabary, A., Seyedmahmoudian, M., & Jerbi, H. (2025). A hybrid single-phase transformerless solar photovoltaic grid-connected inverter with reactive power capability and reduced leakage current. *IEEE Access*, 13, 39235–39247.

Kumar, S., & Singh, A. (2025). Integration of photovoltaic systems, battery storage and automatic transfer switches for reliable backup power applications. *Journal of Energy Storage*, 86, 111276.

Larcher, D., & Tarascon, J. M. (2023). Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage. *Nature Energy*, 8(2), 109–122.

Liu, Y., Zhang, H., Wang, J., & Chen, X. (2025). Photovoltaic-battery backup systems for improving power supply continuity in critical facilities. *Journal of Energy Storage*, 84, 110927.

Mahmud, M. A., Hossain, M. J., Town, G. E., & Oo, A. M. T. (2024). Hybrid photovoltaic energy systems: Operational strategies and performance assessment. *Renewable Energy*, 226, 120145–120159.

Mantilla-Guerra, A. R. (2025). Diseño de un sistema de generación solar fotovoltaico utilizando PVsyst. *Revista FIGEMPA*.

Mashaly, A., Elmadawy, M., Elgohary, M., & Shahin, A. (2025). Novel and cost-efficient design of stand-alone PV system with simulation using PVsyst and experimental validation. *Scientific Reports*.

Mekhilef, S., Seyedmahmoudian, M., Horan, B., Stojcevski, A., & Mekhilef, A. (2023). Solar energy forecasting and resource assessment for photovoltaic applications: Recent developments and future trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 180, 113280.

Mellit, A., & Kalogirou, S. A. (2024). Artificial intelligence and photovoltaic systems: A review of performance analysis, forecasting and optimization techniques. *Progress in Energy and Combustion Science*, 101, 101245.

Mermoud, A., & Wittmer, B. (2024). PVsyst 8 Help: PVsyst Photovoltaic Software Documentation. PVsyst SA.

Messenger, R., & Ventre, J. (2017). *Photovoltaic Systems Engineering* (4th ed.). CRC Press.

Nespoli, A., Niccolai, A., & Bignami, F. (2024). Solar irradiance assessment and photovoltaic energy production under variable climatic conditions. *Solar Energy*, 271, 112345.

Parida, B., Iniyar, S., & Goic, R. (2023). A review of solar photovoltaic technologies and their performance under varying environmental conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182, 113402.

Patel, R., Sharma, V., & Gupta, P. (2024). Automatic transfer switch technologies for critical power systems: Performance and reliability assessment. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 158, 109845.

PVsyst SA. (2024). PVsyst Photovoltaic Software.

Rahman, M. M., Islam, M. S., Hossain, M. A., & Karim, M. R. (2024). Smart monitoring and performance evaluation of photovoltaic systems using IoT technologies: A review. *Renewable Energy*, 223, 119856.

Ramírez-Villegas, R., Paredes-Parra, J. M., González-Castaño, C., & Silvente-Niñirola, G. (2023). Optimization of tilt angle and orientation in photovoltaic systems for maximum energy production under different climatic conditions. *Solar Energy*, 258, 112–124.

Razmjoo, A., Sumper, A., Davarpanah, A., & Denai, M. (2024). Energy sustainability and the transition toward low-carbon power systems: Challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 194, 114295.

REN21. (2026). Renewables 2026 Global Status Report.

Rezk, H., Fathy, A., Abdelkareem, M. A., & Olabi, A. G. (2024). Optimization of photovoltaic systems under varying environmental conditions. *Renewable Energy*, 228, 120522.

Risen Energy Co., Ltd. (2023). High Performance Monocrystalline PERC Module: RSM120-8-590M–615M [Ficha técnica].

Sarker, M. R., Rahman, M. M., Islam, M. S., & Alam, M. S. (2026). Artificial intelligence applications for energy management in hybrid renewable energy systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 72, 103781.

Seyedmahmoudian, M., Horan, B., Stojcevski, A., & Mekhilef, S. (2024). Impact of environmental conditions on photovoltaic system efficiency and performance. *Energy Conversion and Management*, 315, 118902.

Sharma, P., & Mishra, R. K. (2025). Comprehensive study on photovoltaic cell generation and factors affecting its performance: A review. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, 14(21).

Sharma, R., Gupta, A., Kumar, P., & Singh, V. (2024). Performance analysis and optimization of MPPT techniques for photovoltaic energy systems: A comprehensive review. *Renewable Energy*, 225, 1201–1218.

Shenzhen Growatt New Energy Co., Ltd. (2025). WIT 50–100 kW Hybrid Inverter: WIT 50–100K-H, WIT 50–100K-HU [Ficha técnica].

SolarPower Europe. (2025). Global Market Outlook for Solar Power 2025–2029.

Takci, M. T. (2025). Data Centres as a Source of Flexibility for Power Systems.

Walichnowska, K. (2025). Integration of photovoltaic systems with battery energy storage: Performance, reliability and energy management strategies. *Journal of Energy Storage*, 94, 113587.

Wood Mackenzie. (2026). Cinco tendencias para el almacenamiento de energía a medida que el mercado global supera los 100 GW.

Yang, Y., Zhang, H., Li, X., & Wang, J. (2025). Advances in photovoltaic battery energy storage systems for reliable and sustainable power supply. *Journal of Energy Storage*, 92, 112345.

Yaulilahua-Huacho, J. A. (2025). Energía solar fotovoltaica y su contribución al desarrollo sostenible. *Revista Alfa*, 9(25), 145–160.

Zakeri, B., & Syri, S. (2024). Electrical energy storage systems: A review of technologies, applications, and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114214.

Zhou, Y., Wang, J., Li, X., & Zhang, H. (2026). Artificial intelligence and smart energy management in photovoltaic systems: Future perspectives and applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 74, 104012.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Pilco Paguay, Luis Ezequiel** con C.C: # 095852843-2 autor del Trabajo de Titulación: **Sistema de respaldo fotovoltaico para el Centro de Cómputo UCSG utilizando PVsyst, para eliminar outage** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 02 de septiembre del 2026

f. 

Nombre: Pilco Paguay, Luis Ezequiel

C.C: 095852843-2

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Sistema de respaldo fotovoltaico para el Centro de Cómputo UCSG utilizando PVsyst, para eliminar outage.		
AUTOR(ES)	Pilco Paguay, Luis Ezequiel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl. MsC.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Guayaquil, 02 de septiembre del 2026	No. DE PÁGINAS:	90
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistema fotovoltaico, Almacenamiento de energía		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Respaldo, Fotovoltaico, PVsyst, Outage.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
Este proyecto desarrolla un sistema fotovoltaico de respaldo para el centro de cómputo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. La propuesta busca mantener el servicio eléctrico cuando se presenten cortes en la red. Para dimensionarla se empleó PVsyst y se revisaron la demanda del centro, el recurso solar del sitio y los equipos necesarios para generar y almacenar energía. El diseño considera 220 módulos de 615 Wp, dos inversores híbridos de 75 kW y un banco de baterías de 372,6 kWh, suficiente para aproximadamente tres horas de respaldo. La simulación estimó una producción anual de 176,34 MWh y un rendimiento de 85,74 %, resultados que respaldan la viabilidad técnica del sistema. El análisis económico también indicó una disminución del consumo proveniente de la red y una mayor seguridad energética para el centro de cómputo.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 981055960	E-mail: luis.pilco@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ubilla González, Ricardo Xavier.		
	Teléfono: +593 99 952 8515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			