



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA NETA ZERO PARA  
NUEVAS EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE CUENCA**

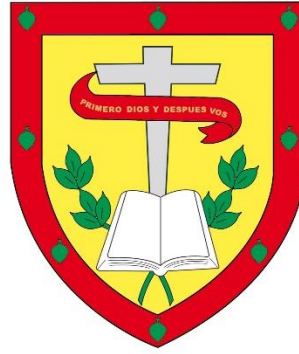
TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

**AUTOR: JOSÉ JAIR DÍAZ QUEZADA  
YORDY JENNER DÍAZ SANDOYA**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ALVAREZ, MGS.  
CUENCA - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad al servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA NETA ZERO PARA NUEVAS  
EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE CUENCA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTORES: JOSÉ JAIR DÍAZ QUEZADA**

**YORDY JENNER DÍAZ SANDOYA**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ÁLVAREZ, MGS**

**CUENCA - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

José Jair Díaz Quezada y Yordy Jenner Diaz Sandoya, portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0705331114 y 0706611175. Declaramos ser autores de la obra: **“Propuesta de un sistema de energía neta zero para nuevas edificaciones en la ciudad de Cuenca”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 18 de julio de 2022

F:   
José Jair Díaz Quezada  
0705331114

F:   
Yordy Jenner Diaz Sandoya  
0706611175

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Jair Díaz Quezada y Yordy Jenner Díaz Sandoya, bajo mi supervisión.



-----  
Ing. Daniel Orlando Icaza Álvarez

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA JOSÉ JAIR DÍAZ QUEZADA**

Mi trabajo de titulación lo dedico con mucho amor a mi Dios, y a las personas que creyeron en mí, especialmente a mi madre la Lic. Raquel Quezada B. pues sin ella no lo había logrado, tu bendición a diario, por apoyarme en mis estudios, confiar en mi en ir a estudiar en otra ciudad, darme consejos y nunca dejarme sentir solo cuando más lo necesitaba, también agradezco a mi padre que en paz descansa al Sgto. Antonio Diaz C. que desde el cielo me ha cuidado y a mi hermano el Ing. Luis Diaz Q. por confiar en mí y darme consejos a lo largo de mi vida.

Así mismo a mis demás familiares, y amigos por escucharme y aconsejándome que siga adelante y las metas que me he propuesto las puedo lograr cumplir.

José Jair Díaz Quezada

## **DEDICATORIA YORDY JENNER DÍAZ SANDOYA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, que desde el cielo me cuida y me dio las fuerzas para estar y llegar a mi meta. Así mismo a mi padre, que ha sido el pilar fundamental durante mi proceso y que este momento es y será el más especial para el como lo es para mí. A mi tía María, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Así mismo a mi familia, A mi novia Joselin por apoyarme y ser un gran equipo a mi lado, sin todos Uds. no habiéramos logrado esta meta.

Yordy Jenner Díaz Sandoya

## **AGRADECIMIENTOS DE JOSÉ JAIR DÍAZ QUEZADA**

Agradezco en primer lugar a mi Dios, por brindarme salud, guiarme a lo largo de mi vida, de igual manera agradezco a la Universidad Católica de Cuenca, por haberme permitido formar parte de sus estudiantes en la facultad de Ingeniería Eléctrica, así como también a los diferentes docentes de calidad que nos brindaron sus conocimientos en diferentes materias a lo largo de la carrera.

Agradezco también a mi tutor de tesis al Ing. Daniel Icaza A. por haberme brindado su apoyo y sus conocimientos en la Ingeniería Eléctrica, así como también haberme tenido paciencia para guiarme en todo el desarrollo de la tesis.

Y para culminar, agradezco a mis compañeros de clases de la universidad y a la vez futuros colegas, gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral que nos dimos durante todos los niveles de estudios que hemos pasado y al final cumplir una de nuestras metas que nos hemos propuesto en lo largo de nuestra vida.

José Jair Díaz Quezada

## **AGRADECIMIENTOS DE YORDY JENNER DÍAZ SANDOYA**

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudo a culminar mi carrera universitaria y me dio el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Así mismo, agradezco infinitamente a mis Tías/o que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar. Ojalá algún día yo me convierta en su fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

De igual forma, agradezco a mi director de Tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Ingenieros que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

Yordy Jenner Díaz Sandoya

## RESUMEN

El presente trabajo abarca una propuesta con enfoque eléctrico del uso de energía neta cero para nuevas edificaciones en la ciudad de Cuenca, por lo que es necesario definir previamente conceptos orientados al consumo energético junto a los vehículos eléctricos, también conocer el significado de lo que representa los edificios de energía neta cero y sistemas de energías renovables como el fotovoltaico, eólico y geotérmico. Actualmente, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca distribuye a Azuay Ecuador en varios tipos de suelo, entre ellos se toman como referencia a los suelos consolidados y no consolidados para el uso de viviendas V1 al V8, de los cuales se escogen edificios V7 por dos razones, la primera es que poseen una mayor concentración de infraestructuras con relación a la edificación V8, y como segundo punto, se debe al alto crecimiento poblacional. Partiendo con el diseño eléctrico, primero se define un consumo de energía eléctrica base habitable para 2 personas máximo por piso y que posean 4 estaciones de carga lenta vehicular; como segundo punto, se diseña un sistema híbrido (fotovoltaico, eólico y almacenamiento) con el uso del software Matlab que ayuda a visualizar el comportamiento de la demanda. No obstante, el sistema geotérmico se establece para la refrigeración y calefacción del agua que circula en el edificio. En segunda instancia, cuenta con un consumo eléctrico promedio diario de 60 kWh aproximadamente; por lo tanto, el edificio V7 precisa de las generaciones fotovoltaica, eólica y almacenamiento para abastecer energía eléctrica en todo momento.

*Palabras clave:* energía neta cero, generación fotovoltaica, generación eólica, geotermia, vehículos eléctricos.

## ABSTRACT

This work covers a proposal focused on the use of zero net energy for new buildings in the city of Cuenca. To do so it is necessary to define concepts related to energy consumption and electric vehicles previously, as well as to know the meaning of what represents zero net energy buildings and renewable energy systems such as photovoltaic, wind, and geothermal energy. Currently, the Autonomous Decentralized Municipal Government of Cuenca distributes Azuay Ecuador in several soil types, among them consolidated and unconsolidated soils are used as a reference for the use of V1 to V8 housing, of which V7 buildings are selected for two reasons; the first is that they have a higher infrastructure concentration concerning the V8 building, and as a second reason, it is due to the high population growth. Starting with the electrical design, the first step is to define a basic electric energy consumption for a maximum of 2 people per floor and 4 slow vehicle charging stations; as a second step, a hybrid system (photovoltaic, wind and storage) is designed with the use of Matlab software that helps to visualize the behavior of the demand. However, the geothermal system is set up for cooling and heating the water flowing in the building. Secondly, it has daily average electricity consumption of about 60 kWh; therefore, the V7 building requires photovoltaic, wind, and storage generation to supply electricity at any time.

*Keywords:* zero net energy, photovoltaic generation, wind generation, geothermal energy, electric vehicles.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA JOSÉ JAIR DÍAZ QUEZADA .....	v
AGRADECIMIENTOS DE JOSÉ JAIR DÍAZ QUEZADA .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
CAPÍTULO 1 .....	1
1 generalidades.....	1
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	5
CAPÍTULO 2 .....	7
2 marco teórico .....	7
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	7
2.2 BASES TEÓRICAS.....	9
2.2.1 Consumos energéticos .....	9
2.2.2 Vehículos eléctricos .....	10
2.2.3 Edificios de energía neta cero nZEB .....	14
2.2.4 Sistema fotovoltaico autónomo SFA .....	16
2.2.4.1 Radiación solar .....	17
2.2.4.2 Panel fotovoltaico .....	18
2.2.4.3 Acumulador eléctrico o batería .....	21
2.2.4.4 Regulador de carga .....	22
2.2.4.5 Inversor estático .....	23

2.2.4.6	Cables .....	24
2.2.4.7	Protecciones de corriente continua .....	24
2.2.5	Sistema geotérmico .....	24
2.2.6	Sistema eólico .....	26
2.2.6.1	Viento .....	26
2.2.6.2	Tipos de aerogeneradores .....	27
2.2.6.3	Potencia del sistema eólico.....	29
2.3	NORMATIVA TÉCNICA.....	30
2.3.1	IEEE 1013 – 2000 .....	30
2.3.2	NTE INEN 3098.....	31
2.3.3	Estaciones de carga.....	32
CAPÍTULO 3.....		33
3	desarrollo.....	33
3.1	VIVIENDAS .....	33
3.2	CONSUMOS ENERGÉTICOS .....	35
3.3	SITUACIÓN ACTUAL EN LA CIUDAD DE CUENCA .....	39
3.3.1	Radiación solar.....	39
3.3.2	Velocidad del viento .....	40
3.3.3	Geotermia .....	41
3.4	ENERGÍAS RENOVABLES.....	42
3.5	DISEÑO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.....	45
3.5.1	Irradiancia solar .....	45
3.5.2	Cálculo de la potencia solar .....	45
3.6	DISEÑO DEL SISTEMA EÓLICO .....	47
3.6.1	Parámetros de prueba para la velocidad del viento .....	47
3.6.2	Cálculo de la potencia eólica .....	47
3.7	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO .....	48
CAPÍTULO 4.....		50

4	pruebas y resultados .....	50
4.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO .....	50
4.1.1	Generación fotovoltaica .....	50
4.1.2	Generación eólica .....	51
4.1.3	Sistema de almacenamiento .....	51
4.1.4	Red eléctrica.....	52
4.1.5	Vivienda V7 .....	52
4.2	FORMAS DE ONDA DEL SISTEMA HÍBRIDO .....	53
4.2.1	Resultados del sistema fotovoltaico .....	53
4.2.2	Resultados de la generación eólica.....	55
4.2.3	Resultados de la carga eléctrica total en la vivienda V7 .....	56
4.3	ESCENARIOS.....	58
4.3.1	Energías solar, eólica y almacenamiento activas .....	58
4.3.2	Resultados ante disminuciones de energía eléctrica .....	59
4.4	BENEFICIO COSTO .....	62
4.4.1	Inversión .....	62
4.4.2	Ingresos y egresos .....	63
4.4.3	Análisis beneficio - costo .....	64
5	conclusiones .....	66
6	recomendaciones.....	68
	bibliografía .....	69
	anexos.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de la Ciudad de Cuenca .....	4
Figura 1.2. Tipo de viviendas .....	4
Figura 2.1. Componentes generales de un vehículo EV .....	11
Figura 2.2. Puntos de carga para vehículos EV .....	11
Figura 2.3. Modo de carga 1 .....	12
Figura 2.4. Modo de carga 2 .....	13
Figura 2.5. Modo de carga 3 .....	13
Figura 2.6. Modo de carga 4 .....	14
Figura 2.7. Balance de energía para un edificio nZEB .....	15
Figura 2.8. Sistema fotovoltaico autónomo .....	16
Figura 2.9. Posición del sol en el plano .....	18
Figura 2.10. Tipos de radiación solar .....	18
Figura 2.11. Tipos de paneles fotovoltaicos .....	19
Figura 2.12. Instalación fotovoltaica en a) cubierta y b) fachada .....	20
Figura 2.13. Reguladores a) paralelo y b) serie .....	23
Figura 2.14. Intercambiadores de calor .....	25
Figura 2.15. Perfil del viento .....	27
Figura 2.16. Ubicación del aerogenerador .....	27
Figura 2.17. Aerogenerador a) horizontal y b) vertical .....	28
Figura 3.1. Suelo urbano y rural de la provincia de Azuay .....	33
Figura 3.2. Clasificación de los suelos en la ciudad de Cuenca .....	34
Figura 3.3. Viviendas V1-V8 en la ciudad de Cuenca.....	35
Figura 3.4. Consumo de energía eléctrica en la vivienda V7 .....	38
Figura 3.5. Demanda de carga diaria .....	38
Figura 3.6. Parámetros de radiación solar anuales .....	39
Figura 3.7. Parámetros del viento en el año 2021 .....	40
Figura 3.8. Velocidad promedio del viento del día 07/04/2022.....	41
Figura 3.9. Estudio geotérmico .....	41
Figura 3.10. Sondajes verticales en el sistema geotérmico .....	42
Figura 3.11. Diseño de los sistemas de energías renovables .....	43
Figura 3.12. Sistemas a) fotovoltaico – eólico y b) geotérmico para la vivienda V7 .....	44

Figura 3.13. Irradiancia solar diaria en la ciudad de Cuenca .....	45
Figura 3.14. Velocidad del viento en la ciudad de Cuenca.....	47
Figura 4.1. Generación fotovoltaica .....	50
Figura 4.2. Sistema de generación eólica .....	51
Figura 4.3. Sistema de almacenamiento .....	51
Figura 4.4. Batería a) control y b) estado de carga.....	52
Figura 4.5. Red eléctrica conectada hacia la vivienda V7 .....	52
Figura 4.6. Visualización de la vivienda V7 .....	53
Figura 4.7. Irradiancia promedio del sistema fotovoltaico.....	54
Figura 4.8. Potencia promedio del sistema fotovoltaico .....	54
Figura 4.9. Caída de potencia del sistema fotovoltaico .....	55
Figura 4.10. Velocidad del viento promedio del sistema eólico.....	55
Figura 4.11. Potencia promedio del sistema eólico .....	56
Figura 4.12. Caída de potencia del sistema eólico .....	56
Figura 4.13. Consumo eléctrico por piso .....	57
Figura 4.14. Consumo eléctrico del edificio V7 .....	57
Figura 4.15. Caída de potencia en el consumo energético de la vivienda V7 .....	58
Figura 4.16. Potencias generadas para viviendas V7.....	58
Figura 4.17. Resultados de la escena #1 .....	60
Figura 4.18. Resultados de la escena #2 .....	61
Figura 4.19. Resultados de la escena #3 .....	62
Figura 4.20. Flujo efectivo neto.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tipo de viviendas .....	5
Tabla 2.1. Tipos de vehículos EV .....	12
Tabla 2.2. Valores referenciales para edificios residenciales nZEB .....	16
Tabla 2.3. Características de los paneles fotovoltaicos .....	19
Tabla 2.4. Tipos de acumuladores eléctricos .....	21
Tabla 2.5. Aerogeneradores HAWT y VAWT .....	28
Tabla 2.6. Voltajes nominales de los sistemas de energía alterna AC .....	31
Tabla 2.7. Clasificación de estaciones de carga .....	32
Tabla 3.1. Potencia estimada de cada piso.....	36
Tabla 3.2. Potencia total en el parqueadero.....	37
Tabla 3.3. Potencia total en el edificio V7 .....	37
Tabla 3.4. Radiación solar anual en la ciudad de Cuenca - año 2021 .....	39
Tabla 3.5. Velocidad media del viento a diferentes alturas sobre el suelo ...	40
Tabla 3.6. Potencia máxima del sistema fotovoltaico .....	46
Tabla 3.7. Potencia promedio máxima del sistema eólico .....	48
Tabla 4.1. Funcionamiento del sistema híbrido (solar, eólico y baterías) .....	59
Tabla 4.2. Inversión presupuestaria.....	63
Tabla 4.3. Ingresos anuales .....	63
Tabla 4.4. Egresos anuales .....	64
Tabla 4.5. Flujo efectivo neto .....	64
Tabla 4.6. Análisis de viabilidad de los sistemas híbridos .....	64

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La energía representa un factor esencial para el ser humano ya que permite realizar diversas actividades humanas en los diferentes sectores productivos, de entretenimiento y otros campos de acción. Bajo este contexto, el consumo energético nacional total para el año 2020 presenta un valor de 83 millones de barriles equivalentes de petróleo BEP, donde la mayoría se concentra en el sector de transporte (45.4%), mientras que los sectores industriales abarcan el 17.4%, residenciales 15.7%, comerciales 6.4% y demás sectores con el 15.1%, Además, la oferta de generación eléctrica para ese mismo año tuvo aportes del 77.3%, 20.1% y 2.6% empleando fuentes hidroeléctricas, térmicas y otras energías renovables tales como solar, eólica, biogás y biomasa; respectivamente (MERNNR, 2020).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos, para el año 2020 existieron 24763 establecimientos, de las cuales se reparte un 73% en las edificaciones de una vivienda de 24764 edificaciones, luego le siguen las que poseen de dos a más viviendas con el 13.2% y el resto se distribuye en las zonas comerciales, industriales, administrativas, educación, complejos, hospitales, entre otros (INEC, 2021).

Dentro del ámbito residencial suele encontrarse algunos equipos, aparatos y herramientas que utilizan energía proveniente de las redes áreas o subterráneas de distribución eléctrica. Ante ello, se plantea la necesidad de realizar proyectos de energía neta cero en edificios, a fin de obtener un ahorro de energía, incremento de la eficiencia energética y disminución de los gases contaminantes como el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. En consecuencia, estas propuestas tendrán un efecto atractivo y positivo en la población para las nuevas edificaciones, ya que abastecerá todo equipo que utilice energía mediante el uso de energías renovables.

La propuesta del presente trabajo consiste en realizar un diseño en los edificios residenciales de la ciudad de Cuenca junto con la implantación de los

sistemas fotovoltaicos y geotérmicos a fin de generar un sistema de energía neta cero. Además, el sistema de energía fotovoltaica autónomo comprende el uso del estándar internacional IEEE1013 que establece el adecuado dimensionamiento de baterías de plomo – ácido, mientras que las energías geotérmica y eólica son de diseño libre. Por último, se pretende con los diseños propuestos, evaluar las diferentes rutas de viabilidad técnica y económica del diseño a implementarse.

## **1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

Los edificios de energía neta cero NZEB se consideran altamente tecnológicos ya que contienen una alta producción de energía limpia en el sitio con un consumo de energía nulo proveniente de la red de distribución externa. Además, presenta un balance energético neutro entre generación y demanda de energía anual y provee un alto rendimiento de eficiencia energética (D'amanzo, Mercado, y Karlen, 2020).

En el presente proyecto abarca una investigación profunda sobre los sistemas híbridos (fotovoltaica, eólica y geotérmica) para edificaciones residenciales de la ciudad de Cuenca Ecuador. Por consiguiente, se realiza un análisis técnico económico para observar la viabilidad de la propuesta en las nuevas edificaciones V7 de la ciudad.

Al evaluar el impacto de resultados mediante diseños cálculos pruebas, se podrá describir algunos aspectos positivos del sistema eléctrico de la edificación, identificando las características de la red indicados en la propuesta. Además, se realizarán planos para reconocimiento de todos los elementos que conforman el sistema híbrido y simulaciones de este funcionamiento, con la finalidad de brindar conocimiento a la comunidad en lo que respecta a los sistemas de energía neta cero y de esta manera proponer una mejora del servicio de la comunidad.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar el sistema eléctrico y profundizar mejoras con un sistema híbrido, para edificaciones V7, basado en edificios de energía neta cero para la ciudad de Cuenca.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar la distribución del consumo de la energía neta cero en la edificación.
- Realizar un diagnóstico de su eficiencia, su relación de beneficio para las edificaciones y aquellos parámetros susceptibles.
- Analizar los sistemas híbridos, de tal manera que se plantee una relación de beneficio - costo anual de nuestro sistema.
- Evaluar el potencial del sistema híbrido de acuerdo con los resultados obtenidos.
- Mediante los cálculos obtenidos establecer el sistema de uso eficiente para las nuevas edificaciones neta cero.
- Simulaciones de la distribución y dimensionamiento de los sistemas híbridos.

### **1.4 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Cuenca capital de la provincia del Azuay forma parte de la tercera ciudad más grande del Ecuador con varios aspectos como una altitud de 2583 metros sobre el nivel del mar y población aproximada de 640 mil habitantes en el año 2020. En la Figura 1.1 se visualiza las zonas urbanas y rurales o de expansión que posee la ciudad cuya dimensión cubre los 122 km<sup>2</sup> (Cobo Torres y Neira Orellana, 2018).

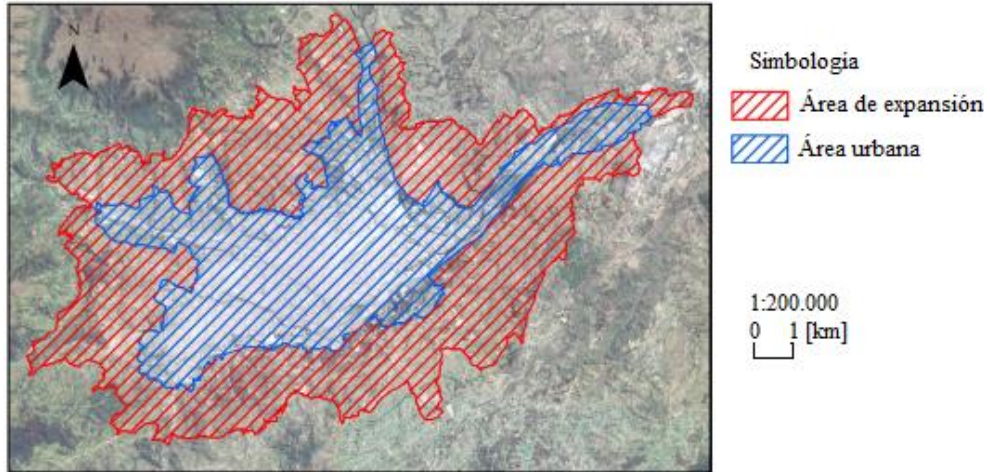


Figura 1.1. Ubicación de la Ciudad de Cuenca

Fuente: (Cobo Torres y Neira Orellana, 2018)

Dentro de cada área existen 17 y 9 diversos tejidos en las zonas urbanas y rurales; respectivamente, que son representadas por vías, urbanizaciones, aeropuerto, centros comerciales, damero, villas, campus, cementerios, edificios de departamentos, entre otros; de los cuales, los edificios con departamentos conforman no más del 0,5% de la superficie total. Se seleccionaron ocho casas representativas en base a algunos criterios como el tipo, dispersión geográfica, sistema constructivo, perfil socioeconómico de la familia y disposición de las personas a colaborar. En cuanto se refiere a la tipología y materiales, se escogieron casas y departamentos construidos con estructuras de hormigón y paredes de ladrillo ya que representan ser de material predominante, visto en la Tabla 1.1 y Figura 1.2.



Figura 1.2. Tipo de viviendas

Fuente: (Cobo Torres y Neira Orellana, 2018)

Tabla 1.1. *Tipo de viviendas*

Vivienda	Tipología	Material	Terreno	Construcción	Pisos	Habitantes
V1	Casa adosada de 2 lados	Ladrillo enlucido	200 m <sup>2</sup>	169.20 m <sup>2</sup>	2 - 3	≥ 4
V2	Casa adosada a un lado	Ladrillo enlucido	600 m <sup>2</sup>	438.19 m <sup>2</sup>	1	≥ 4
V3	Casa adosada a un lado	Ladrillo enlucido	300 m <sup>2</sup>	255.96 m <sup>2</sup>	2	≥ 4
V4	Casa adosada a 2 lados	Ladrillo	400 m <sup>2</sup>	298.29 m <sup>2</sup>	2 – 3	≥ 4
V5	Casa adosada de 2 lados	Ladrillo	120 m <sup>2</sup>	100.10 m <sup>2</sup>	2 – 3	≥ 3
V6	Casa adosada de 2 lados	Ladrillo enlucido	250 m <sup>2</sup>	171.21 m <sup>2</sup>	2	≥ 4
V7	Apartamento	Ladrillo	300 m <sup>2</sup>	778.00 m <sup>2</sup>	4	≥ 8
V8	Apartamento	Hormigón	500 m <sup>2</sup>	1291.00 m <sup>2</sup>	6	≥ 12

Fuente: Elaboración propia

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

El uso de energías renovables ha estado en constante crecimiento a nivel mundial, sin embargo, en Ecuador apenas abarca el 2.6% de sistemas fotovoltaicos, eólicos, biogás y biomasa. Por tanto, se prevé varios estudios que involucren el uso de estas energías con el propósito de reducir los gases contaminantes al medio ambiente y evitar la extracción de combustibles fósiles. Además, se reduce la dependencia energética, que en última instancia ayuda a que los países y regiones dispongan de un mayor control sobre su propio suministro energético, así como también a crear empleo y estimular el crecimiento económico. Por consiguiente, un diseño energéticamente eficiente puede significar un ahorro de hasta el 80% de los costes de funcionamiento de un edificio.

Del diseño a la parte constructiva siempre tendrá cambios ya que la estructura civil de los edificios es variada, además que se debe prever los cambios climáticos (radiación, viento) sobre la ciudad de Cuenca y se realiza una investigación del grado de efectividad con el uso del sistema geotérmico. El tener una alta eficiencia energética implica más inversión en el diseño y construcción de esta. Sin embargo, se puede proponer medidas sencillas de ahorro con la demanda energética de calefacción e iluminación.

El sistema de energía neta cero tiene como propósito disminuir el consumo energético y la emisión de gases CO<sub>2</sub>, por lo que la propuesta contiene un análisis técnico y económico.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El desarrollo sobre la integración de la energía geotérmica en la cimentación de edificios para su posterior climatización conlleva varios objetivos que se centran en la importancia y desarrollo del sistema de energía geotérmico, empleando intercambiadores de calor. La disposición del serpentín puede ser de circuito abierto, otras de tipo vertical, horizontal y tipo estanque como circuito cerrado y también como cimentaciones termo activadas que se aplican en bajas temperaturas con el terreno, donde posee un costo promedio de 30000 euros para una vivienda unifamiliar. El sistema geotérmico consiste en la instalación de un conjunto de serpentines a fin de lograr circular agua en el interior para que se produzca un cambio de la temperatura, esta se instala a 100 metros de profundidad con diámetros del tubo de 2.5 cm y que abastece aproximadamente 52500 kWh de energía calorífica (Ramón Cortés, 2017).

Existe otro trabajo investigativo que propone como tema los retos para una definición de Edificios de consumo energético casi nulo, cuyo trabajo consiste en el análisis de diseño de las edificaciones, balance energético e indicadores de energía renovable. Al término del año, la energía renovable debe suministrar a la consumida por el edificio, lo cual se convierte en kWh/m<sup>2</sup>/año; países internacionales como Estonia tienen un consumo máximo entre 50 a 100 kWh/m<sup>2</sup> incluido electrodomésticos, en cambio Rumania presenta un rango entre 93 a 217 kWh/m<sup>2</sup> sin el uso de electrodomésticos. Por ello, cada país posee regulaciones sobre el consumo de energía primario. En segundo lugar, los diseños energéticos deben ser capaces de reducir el consumo por lo que se utiliza sistemas de automatización. Además, la eficiencia energética debe ser regulada mediante normativas para alcanzar la meta de los nZEB, entre ellos están los indicadores del comportamiento de la envolvente EPBD para Europa, Norma Cubana NC 220, Organización Internacional de Normalización ISO, etc. Las fuentes de energía renovable FRE pueden o no estar situados en el edificio como es el caso de los paneles fotovoltaicos en los techos, calderas de biomasa y/o aerogeneradores insertados en la región.

Por lo general, el equilibrio energético se presenta entre la cantidad inyectada a través de la generación FRE y el consumo de energía proveniente de la red eléctrica por lo que las nZEB no requieren un almacenamiento de energía; aunque existen sistemas autónomos de mediana y pequeña potencia para abastecer comunidades rurales. Por último, hay que tener en cuenta que un buen diseño nZEB implica menor consumo que las edificaciones convencionales, brindando confort y calidad (Collado, Himpe, González, & Rueda, 2019).

El diseño y estudio energético de un edificio nZEB (near zero energy building) tiene como metas a alcanzar la disminución de emisiones CO<sub>2</sub> y consumo de energía a través de tácticas combinadas de eficiencia y energías renovables locales a fin de obtener beneficios viables para los edificios y profundizar su sostenibilidad. La demanda de energía que existe en un edificio puede contener sistemas de calefacción, agua caliente, iluminación, electrodomésticos, toma corrientes, movilidad eléctrica, entre otros, junto con un periodo de tiempo anual o de funcionamiento en el balance energético. Se toma como ejemplo el centro de investigación aplicada de la Universidad de Valladolid denominado edificio Lucía, donde se realiza una descripción específica de la infraestructura, ubicación y temperatura media. Dentro de la infraestructura se considera que se debe tener parqueaderos abiertos para evitar la ventilación forzada, iluminación artificial y equipos de seguridad a fin de reducir las cargas energéticas. Además, utiliza vegetación tipo sedum (cubierta vegetal extensiva) en la terraza del edificio con el propósito de obtener ahorros en costos de refrigeración y calefacción, filtrar los contaminantes de la lluvia y aire a fin de formar un microclima próspero. En el edificio se utilizan lucernarios automáticos sobre las escaleras para aprovechar luz natural y disminuir la iluminación de 146.19 a 74.79 kWh. Por último, se emplean tres sistemas de energías renovables, fotovoltaica orientada al consumo eléctrico general, geotermia para la calefacción y agua caliente sanitaria; aunque actualmente se utiliza la biomasa para el uso de agua caliente a través de una máquina de absorción (Valbuena García, 2021).

Otro trabajo investigativo se centra en la optimización de una instalación fotovoltaica para autoconsumo en edificio residencial cuyas metas abarcan el estudio de normativas que permitan el desarrollo de este tipo de sistemas de energía, estudio de viabilidad técnica, dimensionamiento de componentes, evaluación de costes económicos y energético para el edificio. Para el diseño del sistema fotovoltaico aislado se utilizan dos programas denominados PVGIS que permite obtener datos meteorológicos, radiación y temperatura, en cambio PVSyst es una herramienta de simulación técnica y realiza un estudio económico. Por consiguiente, se determina los datos de irradiación horizontal y temperatura promedio en el año 2014 al 2016, para luego determinar el ángulo de inclinación de los paneles solares. El sistema fotovoltaico está formado por 14 paneles de 450 W 2 inversores de 3.5 kW para el autoabastecimiento de 2 viviendas en el edificio de 97.5 m<sup>2</sup>. Sin embargo, este sistema solo se utiliza cuando hay la presencia del Sol, caso contrario debe abastecerse de la red eléctrica de la Empresa Distribuidora. Por último, el coste de consumo eléctrico se evalúa a 6 años transcurridos teniendo una reducción de 14,099.00 sin el uso del sistema fotovoltaico a 5,229.00 euros cuando se aplica este diseño (Martínez Romero, 2021).

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Consumos energéticos**

En una vivienda residencial se encuentran diferentes consumos de agua, aparatos eléctricos/electrónicos y cualquier otro adicional proveniente de la electricidad o gas, los cuales implican una creciente demanda de energía; entre ellos se indican diversos consumos, tales como (Cantos Serrano, 2016):

- Agua caliente sanitaria donde el consumo promedio es aproximadamente de 40 litros por persona en el día.
- Calefacción.
- Cocina.
- Electrodomésticos como aspiradora, cafetera, horno, lavadora, microondas, nevera, plancha, secadora y televisor; siendo la nevera el de mayor demanda puesto que funciona todo el día.

- La iluminación que proviene de las lámparas incandescentes, leds, etc.

### **2.2.2 Vehículos eléctricos**

Los motores de combustión interna en movimiento ayudan al desplazamiento de cualquier tipo de vehículo. Esta combustión se lleva a cabo, gracias a la reacción química entre el combustible (gasolina o diésel) y el comburente (oxígeno) disponible en el aire. A su vez, la clave de un combustible contiene compuestos base como el carbono e hidrógeno que al ser mezclados con el oxígeno generan un alto desprendimiento de calor, los cuales generan vapor de agua y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, este último emane una gran cantidad de residuo tóxico por lo que provoca un aumento de efecto invernadero y temperatura media del planeta (Cuevas Chana, 2020).

Por lo que obliga el uso de normativas a fabricantes de los automóviles como Toyota, Honda, Tesla, Mercedes, etc.; para que adopten fuentes de energía menos contaminantes, tales como: motores eléctricos, recuperadores de energía, placas fotovoltaicas, baterías o pilas de alto voltaje, entre otros a fin de generar la propulsión y movimiento del vehículo. La aparición de los vehículos eléctricos EV han surgido desde hace unos 60 años aproximadamente y durante décadas tuvo competencia con los vehículos de motores térmicos, a tal punto que algunos fabricantes comercializan actualmente modelos de vehículos eléctricos cuyas características se destacan a continuación (Ros Marín y Barrera Doblado, 2017):

- Posee tracción eléctrica, el cual contiene un motor eléctrico generador MEG (ver Figura 2.1) que se alimenta con una corriente alterna trifásica. La parte generadora sirve para la recuperación de la energía denominada freno regenerativo KERS.

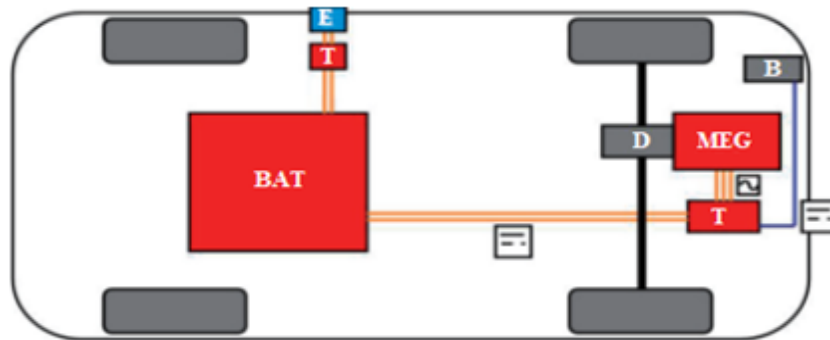


Figura 2.1. Componentes generales de un vehículo EV

Fuente: (Ros Marín y Barrera Doblado, 2017)

- Tiene una batería de alta tensión BAT que brinda energía al vehículo EV, esta se recarga en el enchufe E y se conecta al punto exterior de carga (ver Figura 2.2), aproximadamente 8 horas.



Figura 2.2. Puntos de carga para vehículos EV

Fuente: (Trashorras Montecelos, 2019)

- Existe un sistema T que realiza la conversión de energía continua DC (BAT) a alterna AC para el motor. Además, realiza una transformación DC/DC de bajo voltaje para cargar a la batería B de accesorios dentro del vehículo.
- Presentan autonomía entre 100 a 200 km de recorrido.

Actualmente, existen diversos tipos de vehículos EV ya sean 100 % eléctricos BEV, híbridos no/si enchufable HEV/PHEV, eléctrico de autonomía extendida EREV o con pila de combustible de hidrógeno FCEV que presentan características indicadas en la Tabla 2.1. Entre los 5 tipos mencionados, 3 pueden ser enchufables a la red eléctrica para la carga de la batería. En adición, el vehículo EREV dispone de un motor de combustión que actúa como generador para evitar que la energía de la batería se descargue, por lo que es un vehículo no contaminante (Trashorras Montecelos, 2019).

Tabla 2.1. Tipos de vehículos EV

Características	BEV	HEV	PHEV	EREV	FCEV
Motor eléctrico	X	X	X	X	X
Motor de combustión		X	X	X	
Enchufable a la red eléctrica	X		X	X	
No enchufable a la red eléctrica		X		X	
Baterías	X	X	X	X	
Pilas de combustible de hidrógeno					X

Fuente: (Trashorras Montecelos, 2019)

Los puntos de recarga para los vehículos EV dependen generalmente de la velocidad de recarga, tipo de conector y modo de conexión, este último se constituye de 3 maneras, detalladas a continuación (Trashorras Montecelos, 2019):

- Modo de carga 1 (ver Figura 2.3).

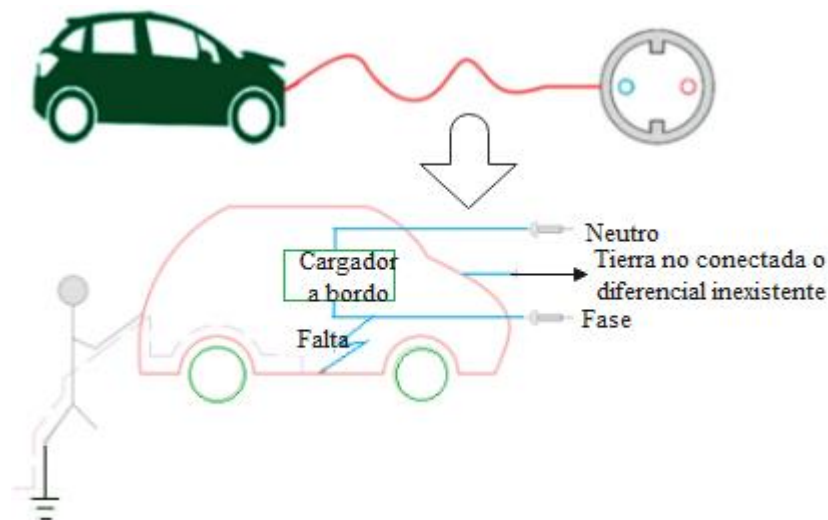


Figura 2.3. Modo de carga 1

Fuente: (Trashorras Montecelos, 2019)

- Cable de conexión simple.
- Sin comunicación.
- Recarga de la batería en motocicletas y vehículos pequeños.
- Potencia de carga limitada a 10 A.
- Voltaje alterno no superior a los 250 V y 480 V en monofásico y trifásico, respectivamente.

- Requiere el uso de protecciones diferenciales y magnetotérmicas.
- Puesto que no posee comprobación de la conexión a tierra no es muy recomendado en algunos países.
- Modo de carga 2 (ver Figura 2.4).



Figura 2.4. Modo de carga 2

Fuente: (Trashorras Montecelos, 2019)

- No posee un conector específico para el vehículo EV.
- Es de carga lenta.
- Soporta una corriente máxima de 32 A por fase.
- Voltaje similar al modo de carga 1 y empleando conductores activos y de protección.
- Utiliza un conector del lado del EV de tipo Mennekes o SAE J1772.
- Modo de carga 3 (ver Figura 2.5).

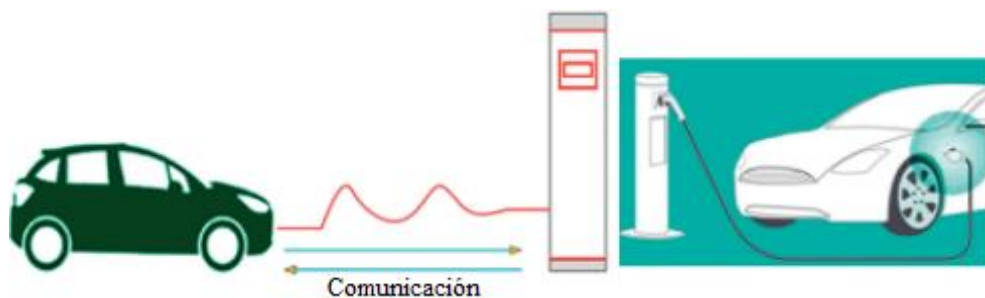


Figura 2.5. Modo de carga 3

Fuente: (Trashorras Montecelos, 2019)

- Dispone de un enchufe dedicado.
- Posee protecciones.
- Contiene un control piloto.

- Puede ser de carga lenta o semi rápida.
  - Soporta una corriente máxima de 64 A por fase.
  - Voltaje similar al modo de carga 1.
  - Puede ubicarse los puntos de recarga en instalaciones públicas, en entornos industriales.
  - Permite la recarga inteligente.
  - Proporciona una opción SAVE para verificar una conexión adecuada entre el vehículo EV y el punto de carga, comprobación de la puesta a tierra, selección de la velocidad de carga, entre otros.
- Por último, se tiene el modo de carga 4 que contiene características similares al anterior (modo 3), salvo que utiliza un convertor de energía alterna a continua, visto en la Figura 2.6 (EPM, 2019).

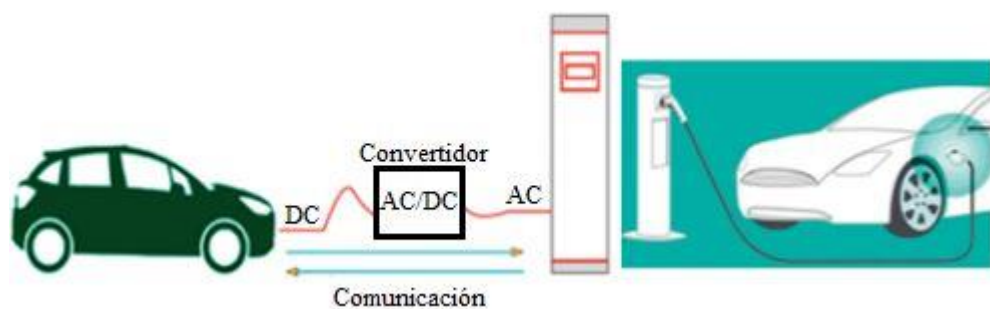


Figura 2.6. Modo de carga 4

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.3 Edificios de energía neta cero nZEB

Dependiendo del continente, nZEB representa el edificio de energía casi nulo en la Unión Europea; mientras en el continente americano, en vez del término “casi nulo” lo define como “neta cero”, este último se refiere a que la energía consumida real es menor o igual a la energía renovable, en el periodo anual. Por consiguiente, debe realizar las siguientes actividades ya sea en nuevos o rehabilitados edificios (Rey Martínez, y otros, 2020):

- Mejorar la calidad de los materiales e infraestructura a fin de reducir la demanda energética.

- Aumentar el rendimiento y disminuir el consumo de los sistemas de iluminación, calefacción, agua caliente sanitaria ACS, aire acondicionado, equipos auxiliares, climatización y ventilación.
- Uso de las energías renovables.
- Integrar las TICs (tecnologías inteligentes de la información y comunicación).
- Aparte de los aspectos energéticos, en los edificios conviene también mejorar el medio ambiente por lo que se debe tener en cuenta los consumos de agua, uso de suelo, emisiones atmosféricas, entre otros.
- Disminuir los gases de efecto invernadero.
- Aumentar la calidad del aire.

Como se ha mencionado anteriormente, las necesidades energéticas corresponde a la demanda de energía eléctrica y térmica, por lo tanto, el balance de energía nZEB puede ser determinado a través de la Figura 2.7 ya que se analiza las cargas entrantes y salientes del edificio (Rey Martínez, y otros, 2020).

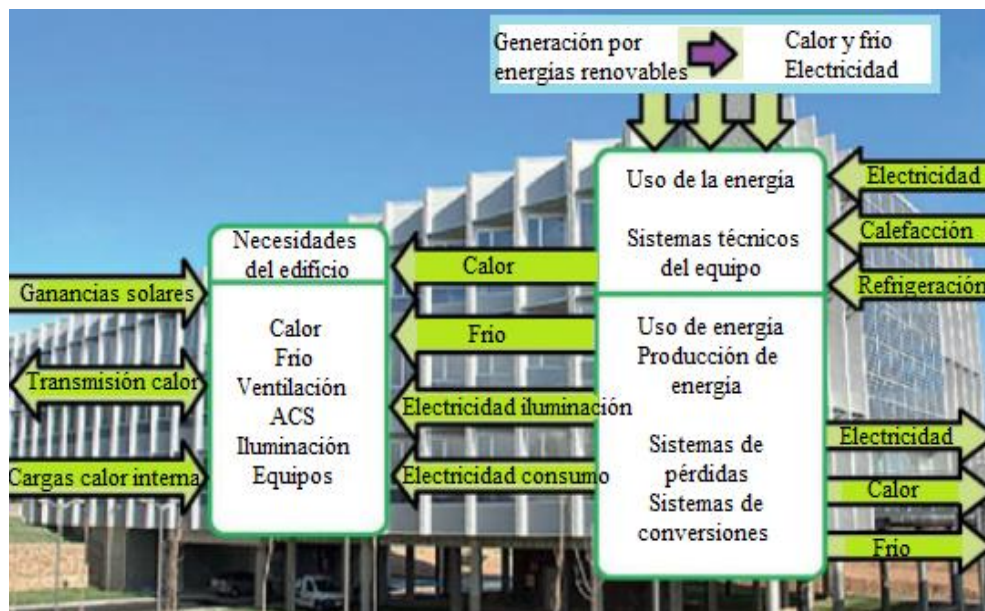


Figura 2.7. Balance de energía para un edificio nZEB

Fuente: Elaboración Propia

Cada país y/o zona presenta valores referenciales de las energías primarias anuales para edificios nZEB, tal como se observa en el ejemplo de la Tabla 2.2 para la Unión Europea UE (Rey Martínez, y otros, 2020).

Tabla 2.2. Valores referenciales para edificios residenciales nZEB

Zona UE	Energía primaria [kWh/m <sup>2</sup> /año]		
	No renovable	Renovable	Neta
Mediterránea	50 – 66	50	0 – 15
Oceánica	50 – 65	35	15 – 30
Continental	50 – 70	30	20 – 40
Nórdica	65 – 90	25	40 – 65

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.4 Sistema fotovoltaico autónomo SFA

En la Figura 2.8 se observa que un sistema SFA está compuesto de paneles solares, acumulador o batería, regulador de carga, inversor, elementos para el conexionado y consumo eléctrico que puede ser utilizado para carga de corriente alterna AC y/o continua DC (Tobajas, 2018).

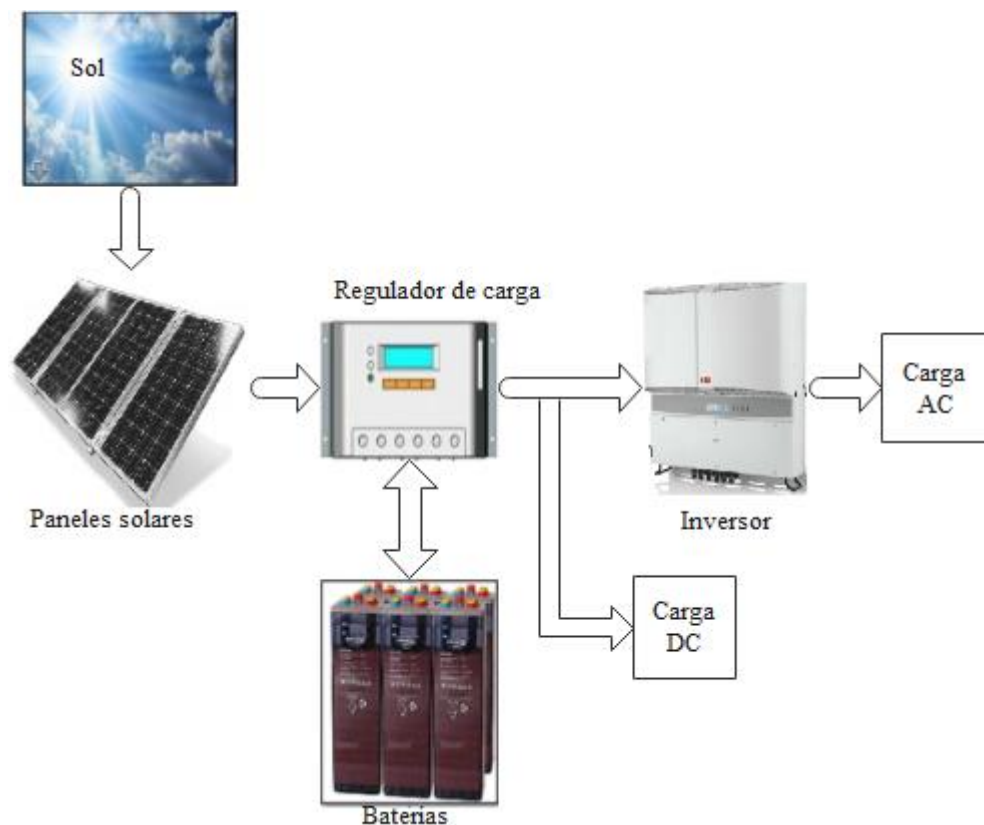


Figura 2.8. Sistema fotovoltaico autónomo

Fuente: Elaboración Propia

El sistema fotovoltaico aprovecha la energía del Sol, el cual es un recurso natural capaz de reducir la dependencia de los combustibles fósiles como el

carbón y petróleo. Por tanto, se destaca algunos aspectos positivos y negativos siguientes (Marulanda Rendón, 2020):

- No afecta ni contamina al medio ambiente.
- No utiliza procesos complejos para la extracción de energía solar.
- Es un modelo totalmente renovable e inagotable.
- La producción de energía no es constante debido a que depende del clima, estaciones y otros fenómenos climáticos.
- Puesto que la radiación solar es un recurso gratuito, no requiere la compra de materia prima. Sin embargo, los costos de instalación y mantenimiento son elevados.
- Otro inconveniente, es que requiere áreas grandes para obtener un alto rendimiento energético solar.

En instalaciones pequeñas o medianas, la potencia de un sistema fotovoltaico suele estar en el rango entre 5 a 100 kW ubicadas en los propios edificios a fin de brindar una red de baja tensión. Sin embargo, existen sistemas que ocupan una potencia mayor a los 100 kW, en este caso se utiliza energía en medio o alta tensión (Cantos Serrano, 2016).

#### 2.2.4.1 Radiación solar

La radiación solar es una energía que llega del Sol a través de ondas electromagnéticas, las cuales se mueven para todas las direcciones y al impactarse en un objeto, este la absorbe y se convierte en electricidad. En segunda instancia, se tiene un eje de rotación denominado declinación solar  $\beta$  que oscila entre  $\pm 23.45^\circ$  durante los 365 del año, tal como se indica en la Figura 2.9.a. Existen otros ángulos que se relacionan con la posición del Sol como la altura solar  $\alpha$  y cenital  $\theta$  mostrados en la Figura 2.9.b. Por último, se deben tener en cuenta la latitud y el ángulo acimut (orientación sobre la superficie de una esfera)  $\varphi$  que se mide entre la proyección del rayo del Sol y la orientación Sur (Marcial Alarcón, 2020).

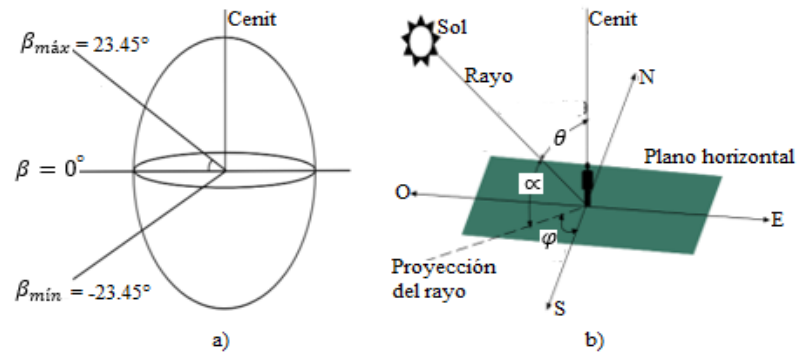


Figura 2.9. Posición del sol en el plano

Fuente: (Marcial Alarcón, 2020)

La radiación o irradiancia solar se mide en función de su potencia por unidad de superficie expresada en  $W/m^2$ . Además, se divide en una componente de albedo que emana de la superficie terrestre u otros objetos, lo cual provee de forma de radiación en forma indirecta; luego está la radiación directa proveniente del Sol y, por último, está la componente difusa originada en las interacciones atmosféricas y de radiación. En un día soleado la componente directa es mayor que las demás, obteniendo una radiación máxima de  $1000 W/m^2$ ; mientras que en días nublados predominan las radiaciones difusa y de albedo, tal como se observa en la Figura 2.10 (Cantos Serrano, 2016).

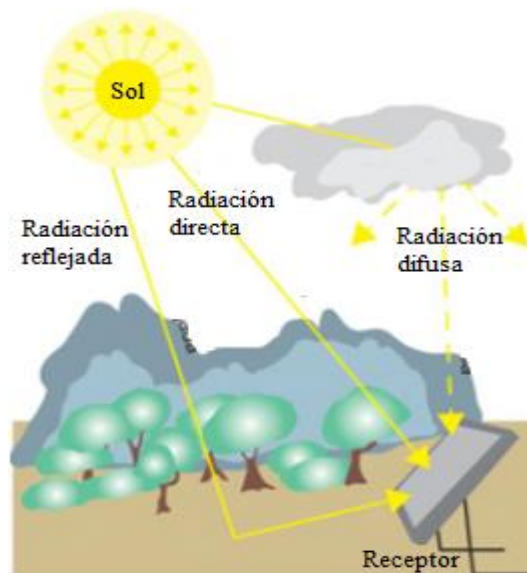


Figura 2.10. Tipos de radiación solar

Fuente: (Cantos Serrano, 2016)

#### 2.2.4.2 Panel fotovoltaico

El panel fotovoltaico tiene como función recibir la irradiancia solar y transformarla en energía eléctrica. Por lo general, se compone de varias

células solares fabricados de silicio amorfo, policristalina, monocristalino, silicio amorfo semitransparente y monocristalino de alta eficiencia, visto en la Figura 2.11 (Tobajas, 2018).

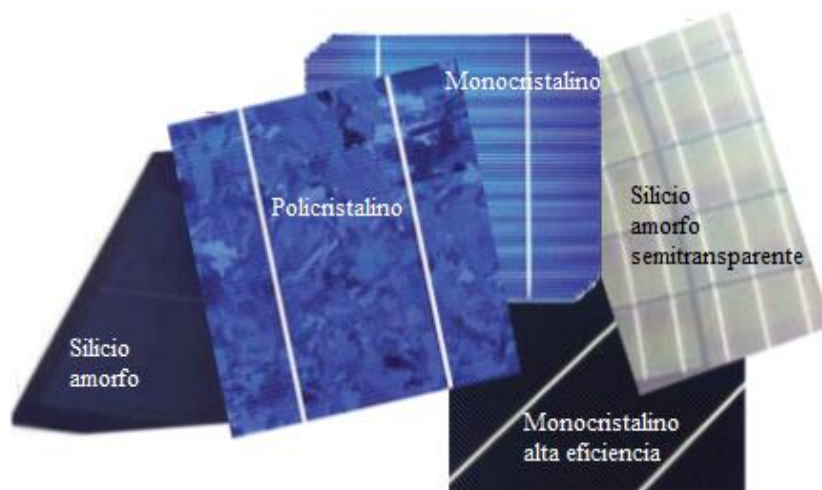


Figura 2.11. Tipos de paneles fotovoltaicos

Fuente: (Tobajas, 2018)

En el mercado comercial e industrial existe una variedad de paneles solares ya sea de sulfuro de cadmio o cobre, arsénico de galio y otras ya mencionadas cuyas características se indican en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Características de los paneles fotovoltaicos

Tipos de paneles	Rendimiento comercial	Beneficios	Desventajas
Monocristalinos	20 %	Presenta una buena rentabilidad energética	Precio elevado cuando la compra se realiza a corto plazo
Policristalinos	12 – 14 %	Aprovecha mejor espacio entre las células debido a su forma cuadrada	Rendimiento menor al monocristalino
Amorfos	< 10 %	Maleable y usado en techos que sean adecuados a su adaptabilidad	Rendimiento menor al monocristalino
Sulfuro de cadmio y cobre	< 5 %	Fácil proceso de fabricación	Bajo rendimiento y degradados en el transcurso del tiempo
Arsénico de galio	27 – 28 %	Alto rendimiento en su versión monocristalina	Escasez de material

Fuente: Elaboración Propia

Los paneles solares se conectan entre sí ya sea en serie, paralelo o mixto dependiendo del voltaje de salida deseado. Además, deben ser de iguales características y un mismo fabricante. Por lo general, los módulos se sitúan en las cubiertas (ver Figura 2.12.a) con la finalidad de aprovechar al máximo la radiación solar. Sin embargo, existen edificios modernos donde se han implementado los módulos sobre las fachadas, tal como se observa en la Figura 2.12.b (Cantos Serrano, 2016).



Figura 2.12. Instalación fotovoltaica en a) cubierta y b) fachada

Fuente: (Cantos Serrano, 2016)

Habiendo mencionado las cubiertas y fachadas, la configuración de los paneles fotovoltaicos están limitados por la superficie disponible. En general, todos los paneles fotovoltaicos poseen una placa donde se especifica las características físicas y eléctricas, tales como (Tobajas, 2018):

- Una cubierta de protección (vidro templado) contra los impactos; además, se utiliza etil vinilo acetileno para obtener una adecuada transmisión de la radiación solar y proteger las conexiones eléctricas y células solares. También existen otros tipos de materiales que ayudan a mejorar el rendimiento y protege de la humedad del panel.
- Presentan características eléctricas como la potencia máxima  $P$ , eficiencia  $\eta$ , corriente  $I_{mp}$  y voltaje  $V_{mp}$  de punto máximo de potencia, corriente de cortocircuito  $I_{sc}$ , voltaje en circuito abierto  $V_{oc}$ , entre otros; donde se puede determinar ecuaciones de diseño como el valor del punto máximo de potencia  $P_{mp}$ , radiación global en el ángulo óptimo  $R_G$  y número total de paneles  $N_T$ . El parámetro  $P_G$  representa un factor de pérdidas del módulo cuyo valor está en el rango entre 0.65 a 0.9,  $E_{ed}$  es la

energía consumida,  $A$  es la superficie donde se colocan los paneles solares,  $P_{m\acute{a}x}$  potencia máxima del sistema fotovoltaico y  $P_{panel}$  potencia de un panel.

$$\begin{cases} P_{mp} = V_{mp} * I_{mp} [W] \\ \eta = \frac{P_{mp}}{R_G * A} [\%] \\ N_T = \frac{P_{m\acute{a}x}}{P_{panel}} \end{cases} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

- Por otro lado, especifica características físicas como el peso y las dimensiones que posee.

#### 2.2.4.3 Acumulador eléctrico o batería

Las baterías son equipos tienen como propósito el almacenamiento de energía eléctrica, en este caso proveniente del panel solar. Además, en función del uso pueden permanecer en un solo lugar, por lo que la corriente es permanente denominados estacionarios y otros de tipo arranque, similar al del automóvil donde suministra una alta energía en un periodo corto de tiempo. Con relación al sistema solar fotovoltaico, se utilizan baterías estacionarias que según su composición se clasifican en plomo-ácido, plomo-antimonio Pb-Sb, plomo-calcio Pb-Ca, gel, y herméticas, cuyas características se indican a través de la Tabla 2.4 (Tobajas, 2018).

Tabla 2.4. *Tipos de acumuladores eléctricos*

Baterías	Instalaciones	Profundidad de descarga %	Voltaje V		Vida útil
			Mínimo	Máximo	
Pb-acido	Pequeñas	60	2	12 o 24	800 ciclos
Pb-Sb	Medianas o grandes	30	2	12 o 24	10 – 15 años
Pb-Ca	Pequeñas	≤ 40		12	-
Gel	Pequeñas	60	2	6, 12 o 24	1200 ciclos
Herméticas	Similar Pb-ácido y Pb-Sb	30		2, 4, 6, 12	15 años

Fuente: Elaboración Propia

A través de la Ecuación 2.2 se establece la capacidad de las baterías  $C_n$  ya sea en vatios-hora o en amperio-hora (AutoSolar, 2019)

$$C_n[\text{Wh}] = \frac{E_T \times N}{P_d} = V_{\text{bat}} \times C_n[\text{Ah}] \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Y el número de baterías conectados en paralelo  $B_p$  se calcula bajo la Ecuación 2.3 (AutoSolar, 2019).

$$B_p = \frac{C_n[\text{Ah}]}{C_{\text{bat}}} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Donde  $E_T$  es el consumo eléctrico total,  $N$  representa la autonomía de la batería en días,  $P_d$  es la profundidad o capacidad de descarga,  $V_{\text{bat}}$  es el voltaje nominal de la batería y  $C_{\text{bat}}$  representa la capacidad de la batería del fabricante.

#### 2.2.4.4 Regulador de carga

La función principal de los reguladores de carga es evitar las descargas excesivas y sobrecargas en las baterías a fin de que el sistema SFA opere con alta eficacia. Además, son equipos que internamente contienen una alarma por bajo voltaje, voltímetro, amperímetro, sensor de temperatura que sirve para regular de forma autónoma el voltaje máximo de carga y un diodo de bloqueo (regulador shunt) que evita el retorno de corriente cuando el voltaje de la batería es superior al del panel solar (Tobajas, 2018).

Existen dos tipos de reguladores (ver Figura 2.13) cuya función es la misma salvo que el regulador en serie se utiliza para instalaciones de alta corriente, mientras que la configuración en paralelo o shunt se aplica en instalaciones pequeñas (Tobajas, 2018).

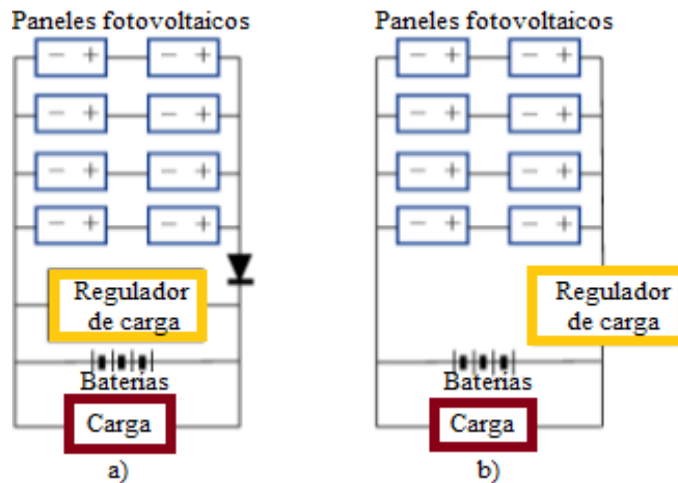


Figura 2.13. Reguladores a) paralelo y b) serie

Fuente: (Tobajas, 2018)

Debido a las mejoras de los sistemas SFA, han aparecido nuevos reguladores como los de doble circuito, dos niveles de carga a diferentes voltajes, multietapas y de estado sólido (Tobajas, 2018).

#### 2.2.4.5 Inversor estático

El inversor estático es un equipo capaz de convertir la corriente continua en alterna y tiene como funciones el mantener una salida estable de voltaje y frecuencia, sincronización entre otros inversores en paralelo y limitar la corriente de salida cuando existe alguna sobrecarga. En instalaciones fotovoltaicas es necesario que el convertidor presente las siguientes cualidades (Tobajas, 2018):

- Alta eficiencia.
- Estabilidad de voltaje.
- Buen funcionamiento ante variaciones de temperatura.
- Arranque automático.
- Alta seguridad.
- Señalización adecuada.
- Capaz de resistir picos de potencia.
- Si la potencia es inferior a 6 kW su salida es monofásica, caso contrario es trifásica.

#### 2.2.4.6 Cables

Los cables conductores se utilizan en la interconexión de equipos del sistema fotovoltaico autónomo, ya sea para corrientes continuas y alternas. Para lo cual, se requiere una caída de voltaje no superior a 1.5 % entre equipos incluida la carga eléctrica (Cantos Serrano, 2016).

#### 2.2.4.7 Protecciones de corriente continua

A continuación, se describen algunas protecciones utilizadas en los equipos de corriente continua del sistema fotovoltaico autónomo (Cantos Serrano, 2016):

- Normalmente, vienen incluidos en los paneles solares diodos de bypass, cuya función es evitar que la corriente circule por las células dañadas.
- Los diodos de bloqueo mencionados en los reguladores en paralelo del Apartado 2.2.4.4.
- Se colocan fusibles en los terminales positivos y negativos del panel solar y acumulador.
- Se optan por varistores a fin de proteger las sobretensiones debido a las descargas atmosféricas y proteger al inversor.
- Cuando se realiza actividades en el mantenimiento, se recomienda utilizar un interruptor entre el panel fotovoltaico e inversor, por lo general, ubicado previo al convertidor DC/AC.

#### 2.2.5 Sistema geotérmico

El sistema geotérmico es una energía renovable capaz de utilizar del interior de la corteza terrestre el calor almacenado, este viene en forma de agua caliente, vapor de agua o roca seca caliente y se lo puede encontrar en las aguas termales, géiseres y volcanes. Además, es capaz de reducir un 50% en el consumo de energía eléctrica y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> al 50%. Previo a la explotación de un yacimiento geotérmico se deben conocer los siguientes factores (Marulanda Rendón, 2020):

- Calidad, caudal y temperatura del fluido.

- Espesor y profundidad del acuífero (conjunto de rocas).
- Porosidad y permeabilidad de las rocas.

Por consiguiente, el sistema geotérmico se compone básicamente de una bomba de calor, un conjunto de tuberías enterradas en el suelo (ver Figura 2.14), una bomba hidráulica y un pozo, este último mientras más profundo sea mayor será el alto grado de temperatura; por tanto, como mínimo debe tener una profundidad de 12 metros. Sin embargo, si se desea altos rendimientos del sistema geotérmico se realiza a una profundidad entre 50 a 100 metros (circuito vertical) y si en la perforación se tiene una capa freática, es decir, un contenido elevado de agua (Marulanda Rendón, 2020).

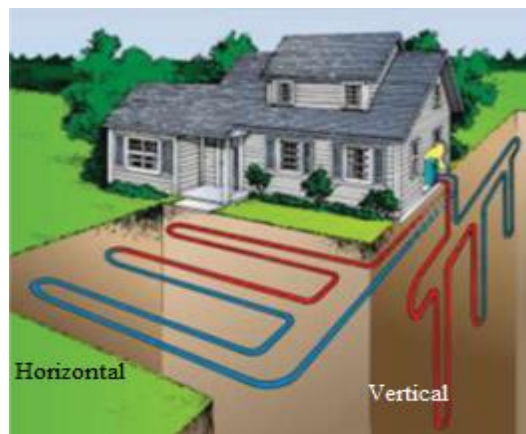


Figura 2.14. Intercambiadores de calor

Fuente: (Marulanda Rendón, 2020)

En cambio, si se tratase de un intercambiador puesto en posición horizontal a una profundidad de 1.5 metros, la cubierta de la superficie de perforación debe ser de tipo vegetal baja o arena y a su vez recibir la radiación solar para transmitir de manera más eficiente el calor hacia el sistema geotérmico. Además, el terreno tiene que estar libre de sombras en un área entre 140 a 200 metros cuadrados. El uso de la geotermia depende del grado de temperatura de fluido, donde los yacimientos de baja, media y alta temperatura o entalpía poseen las siguientes aplicaciones (Arnabat, 2016; Marulanda Rendón, 2020):

- Baja entalpía con una temperatura menor a los 30°C empleado a la calefacción, refrigeración, agua caliente a edificaciones.

- Entalpía media con una temperatura entre 30 y 150°C capaz de brindar calefacción y agua caliente en ciudades, balnearios, invernaderos, energía eléctrica.
- Alta entalpía con temperaturas mayores a los 150°C que normalmente se emplean para generar energía eléctrica.

### **2.2.6 Sistema eólico**

La energía eólica es un recurso energético que se obtiene directamente del viento, el cual gracias al movimiento de las palas en el aerogenerador genera energía eléctrica. Al igual que las anteriores energías renovables mencionadas, esta no emite sustancias contaminantes ni tóxicas al ambiente, por lo que disminuye el uso de combustibles fósiles e importaciones energéticas y es un producto inagotable que genera riqueza y empleo local (Marulanda Rendón, 2020).

#### **2.2.6.1 Viento**

El viento se debe al movimiento antihorario (visto desde el polo norte) de las masas de aire debido a la fuerza de Coriolis de rotación de la Tierra sobre su eje y a las diferencias de presión atmosférica por el desigual calentamiento global. En meteorología, la atmósfera se clasifica macro, meso y microescala, siendo esta última utilizada en zonas entre 5 y 10 km hasta unos 200 m de altura. Además, el viento está influido por los obstáculos del terreno, el rozamiento con el suelo; por tanto, la velocidad varía con relación a la altura sobre el suelo dando como resultado las siguientes explicaciones (Cucó Pardillos, 2017):

- A medida que aumenta la altura, se incrementa dos variables, tales como la velocidad del viento y la potencia extraída por el aerogenerador, por lo que explica el hecho de la construcción de turbinas altas en tamaño. En la Figura 2.15, se observa una capa límite superficial donde presenta una característica peculiar y es que para entornos pequeños la velocidad límite es la misma, es decir, no presenta cambios de una posición a otra.

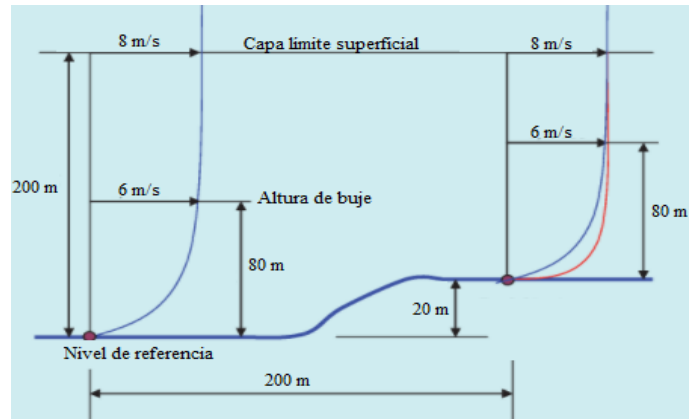


Figura 2.15. Perfil del viento

Fuente: (Cucó Pardillos, 2017)

- Existen cargas variables debido a las diferentes velocidades que se tienen en cada pala del sistema eólico.
- La obtención de datos de la velocidad del tiempo con relación a la altura es imprescindible, por lo que se suelen colocar anemómetros u otros instrumentos que permitan captar la velocidad del viento en tiempo real.

#### 2.2.6.2 Tipos de aerogeneradores

Aparte del rozamiento del suelo, existen otros parámetros que pueden afectar a la velocidad del viento como las colinas, rocas y la creación de burbujas de turbulencias para el caso de las edificaciones. Por lo que se hace necesario colocar el aerogenerador a dos veces la altura del obstáculo, tal como se indica en la Figura 2.16 (Cucó Pardillos, 2017).

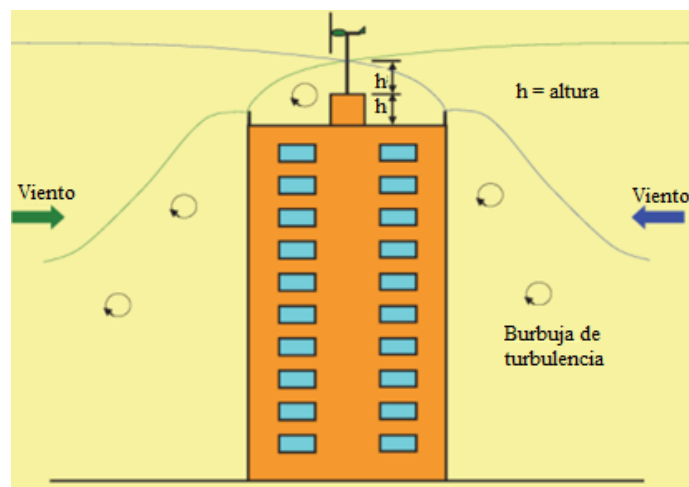


Figura 2.16. Ubicación del aerogenerador

Fuente: (Cucó Pardillos, 2017)

Los aerogeneradores eólicos se clasifican de la siguiente manera (Cucó Pardillos, 2017):

- La mayoría de los aerogeneradores poseen el rotor en una posición horizontal HAWT. Sin embargo, también existen rotores que están en posición vertical VAWT, tal como se muestra en la Figura 2.17.

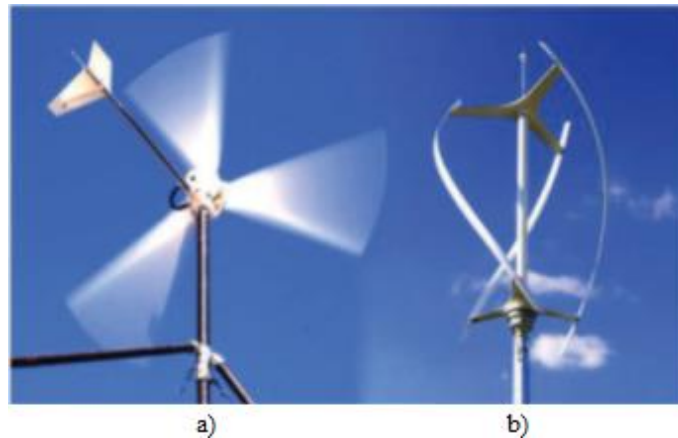


Figura 2.17. Aerogenerador a) horizontal y b) vertical

Fuente: (Marulanda Rendón, 2020)

Por medio de la Tabla 2.5, se indican las ventajas y desventajas de los aerogeneradores mencionados.

Tabla 2.5. Aerogeneradores HAWT y VAWT

	HAWT	VAWT
<b>Ventajas</b>	La turbina accede a fuertes corrientes de viento gracias a la altura de la torre.	No requiere de algún mecanismo de orientación de las palas contra el viento.
	Las palas reciben potencia del viento en cualquier posición.	Todo el conjunto VAWT es instalado a nivel del suelo.
	Alta eficiencia.	La captación del viento supera al del sistema HAWT.
<b>Desventajas</b>	Requiere una construcción sólida para soportar el peso del aerogenerador.	Es de baja potencia debido a que las velocidades del viento a nivel del suelo son pequeñas.
	Necesita de un control que ayude a orientar las palas hacia el viento.	Puede provocar perturbaciones si existen objetos enormes y cercanos al suelo.

Fuente: (González Velasco, 2012)

- Número de palas:
  - Mono o bipalas.
  - La mayoría de las aplicaciones de producción eléctrica contienen tripalas.
  - En bombes de agua se utilizan entre 16 a 24 palas.
- La velocidad del rotor de la turbina puede ser constante, variable, semivariable o poseer dos velocidades.
- El control puede ser por pérdida aerodinámica, variación del ángulo de paso de la pala o por pérdida activa aerodinámica.
- Existen generadores síncronos multi polo, asíncronos con rotor de jaula de ardilla o bobinado.
- Los sistemas eólicos pueden ser aislados sin/con energía auxiliar o interconectados a la red eléctrica.
- Por último, las turbinas se dividen acorde a la potencia:
  - Microturbinas menores a 1 kW con un radio del rotor menor a 1 m. Además, se utiliza en embarcaciones, iluminación, sistemas de comunicación, etc.
  - Mini turbinas con potencias entre 1 a 10 kW (radio del rotor entre 1 a 3 m), habitualmente usado en granjas, viviendas aisladas, sistemas híbridos de energías renovables, tratamiento de agua, etc.
  - Turbinas de pequeña, mediana y alta potencia comprendidos entre 10 a 100 kW, 100 a 1000 kW y 1 a 10 MW; respectivamente. Cada uno presenta un radio del rotor entre 3-9, 9-27 y 27-81 metros.
  - Turbinas multimegavat con potencias superiores a los 10 MW.

### 2.2.6.3 Potencia del sistema eólico

La potencia disponible en el viento  $P_v$  se calcula bajo la expresión de la Ecuación 2.4, donde (Cucó Pardillos, 2017):

$$P_v = \frac{E_c}{t} = \frac{\rho A v^3}{2} [W] \quad \text{Ec. (2.4)}$$

- $E_c$  es la energía cinética.

- $t$  tiempo expresado en segundos.
- Densidad del aire  $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ .
- Superficie del volumen de control necesario  $A$  expresado en metros cuadrados. En sistemas HAWT, es el área barrida por las palas.
- Velocidad del viento  $v$  dado en m/s.

El aerogenerador no es capaz de extraer toda la energía del viento por lo que se reduce el valor de la potencia (ver Ecuación 2.5) en función de la eficiencia del rotor  $C_p$ , este último parámetro suele tener un valor aproximado de 0.5 unidades (Cucó Pardillos, 2017).

$$P_e = \frac{\rho A v^3 C_p}{2} [W] \quad \text{Ec. (2.5)}$$

## 2.3 NORMATIVA TÉCNICA

### 2.3.1 IEEE 1013 – 2000

Se opta por la norma IEEE 1013 que ayuda al dimensionamiento de baterías de plomo ácido aplicado en el almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos. La batería actúa cuando la carga del sistema supera el suministrado por el panel solar; ante ello, se deben considerar algunos aspectos, tales como (IEEE1013, 2000):

- Tener un número de días de reserva de la batería es primordial ante días nublosos y/o una ocurrencia no anticipada.
- La carga real de la batería se determina con todos los elementos de corriente continua y alterna, este último implica también sumado las pérdidas del inversor.
- La capacidad de la batería es la resultante entre los días de reserva y la carga diaria promedio. Además, se selecciona una batería en base al rendimiento, profundidad de descarga y ciclo de vida.
- Una celda de plomo ácido posee un voltaje nominal de 2 V, por lo que se realiza un ajuste a fin de obtener 12 o 24 V celdas conectadas en serie. El equipo del sistema trabaja con una ventana de voltaje, es decir posee límites bajo y alto para que el sistema opere con normalidad. A

medida que la ventana sea más estrecha, mayor es la capacidad de la celda. En la Ecuación 2.6, se determina el número máximo de celdas conectadas en serie  $C_{BATserie}$ , donde  $V_{m\acute{a}x}$  es el voltaje máximo más bajo y  $V_{Crec}$  representa el voltaje de recarga de la celda.

$$C_{BATserie} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{V_{Crec}} \quad \text{Ec. (2.6)}$$

Además, se calcula el voltaje mínimo de celda EOD, el cual no debe ser inferior al límite indicado por el fabricante, tal como se indica en la Ecuación 2.7, donde  $V_{m\acute{i}n}$  es el valor mínimo de voltaje más alto.

$$EOD = \frac{V_{m\acute{i}n}}{C_{BATserie}} \quad \text{Ec. (2.7)}$$

- Si con la conexión en serie no es suficiente para la capacidad de la batería, se puede realizar conexiones en paralelo y obteniendo su valor entre la capacidad total y la conectada en serie.

### 2.3.2 NTE INEN 3098

En base a la Norma Técnica Ecuatoriana 3098 se especifica valores estándares orientados al voltaje nominal de diseño en equipos, sistemas y suministro eléctrico, este último mostrado en la Tabla 2.6 (INEN, 2016).

Tabla 2.6. Voltajes nominales de los sistemas de energía alterna AC

Sistema monofásico	Sistemas trifásicos	
3 hilos	3 hilos	4 hilos
Voltaje V	Voltaje V	Voltaje V
120/240	208	120/208
-	240	120/240
-	-	277/480
-	-	347/600
-	480	-
-	600	-

Fuente: (INEN, 2016)

### 2.3.3 Estaciones de carga

Acorde a lo establecido por la norma técnica EPM RA8-031 se establece los parámetros eléctricos de los modos de carga 1, 2, 3 y 4 para los vehículos eléctricos con su respectiva aplicación indicado en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Clasificación de estaciones de carga

Características	Modos de carga				
	Lenta (1)		Semi rápida (2)	Rápida (3)	Rápida (4)
Potencia kW	3.3 – 3.6	6.6 – 7.6	22	43	50
Corriente A	16	32	32	-	-
Voltaje V	208 - 240		400	400	400/500
Tipo de alimentación	Bifásico		Trifásico	Trifásico	Trifásico AC Conversión AC/DC
Tiempo de recarga en horas	6 – 8	4 – 6	2	1	0.5
Aplicación	Carga residencial, privada o pública		Carga pública	Carga pública (estaciones de servicio)	

Fuente: (EPM, 2019)

## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO

#### 3.1 VIVIENDAS

En Azuay Ecuador posee dos clases de suelos tal como se presenta en la Figura 3.1, donde el 3% corresponde a la zona urbana definida por las condiciones de ocupación, servicios y densidad poblacional; mientras lo restante (97%) está destinado a la conservación de ecosistemas y producción agrícola (GADCuenca, 2021).

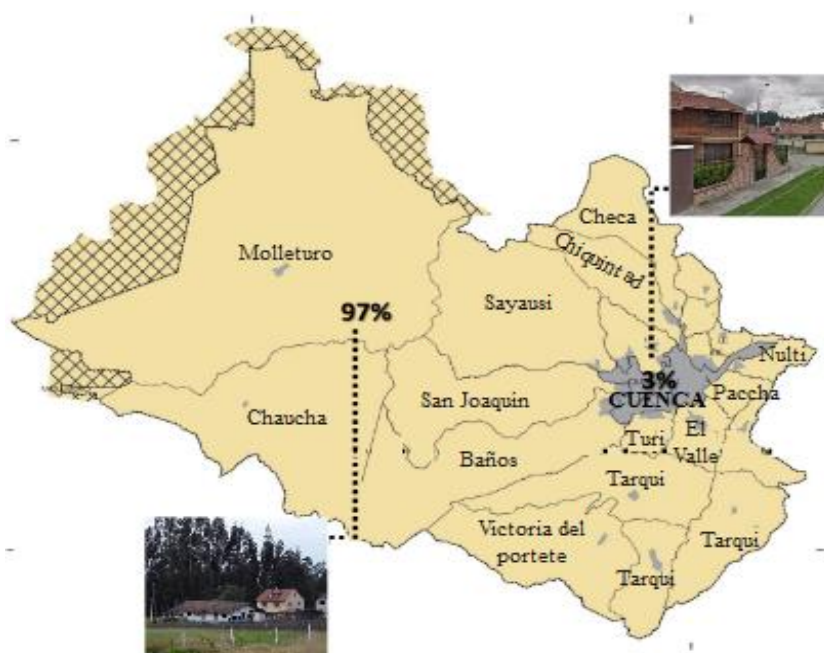


Figura 3.1. Suelo urbano y rural de la provincia de Azuay

Fuente: Elaboración Propia

Como se requiere analizar el tipo de viviendas en la ciudad de Cuenca, por medio de la Figura 3.2 se observa la siguiente clasificación (GADCuenca, 2021):

- El suelo urbano consolidado es aquel que posee todos los servicios básicos, infraestructura y equipamientos necesarios por lo que se encuentra ocupado en gran parte por la edificación. En cambio, cuando se considera de protección implica ser un factor de riesgo debido a los asentamientos humanos.

- El suelo urbano no consolidado no posee algunos servicios básicos, equipamientos e infraestructuras por lo que necesita algún proceso para obtener un mejoramiento de la urbanización o edificación.
- El suelo rural de expansión urbana está dedicada a las agricultura y actividades de conservación.

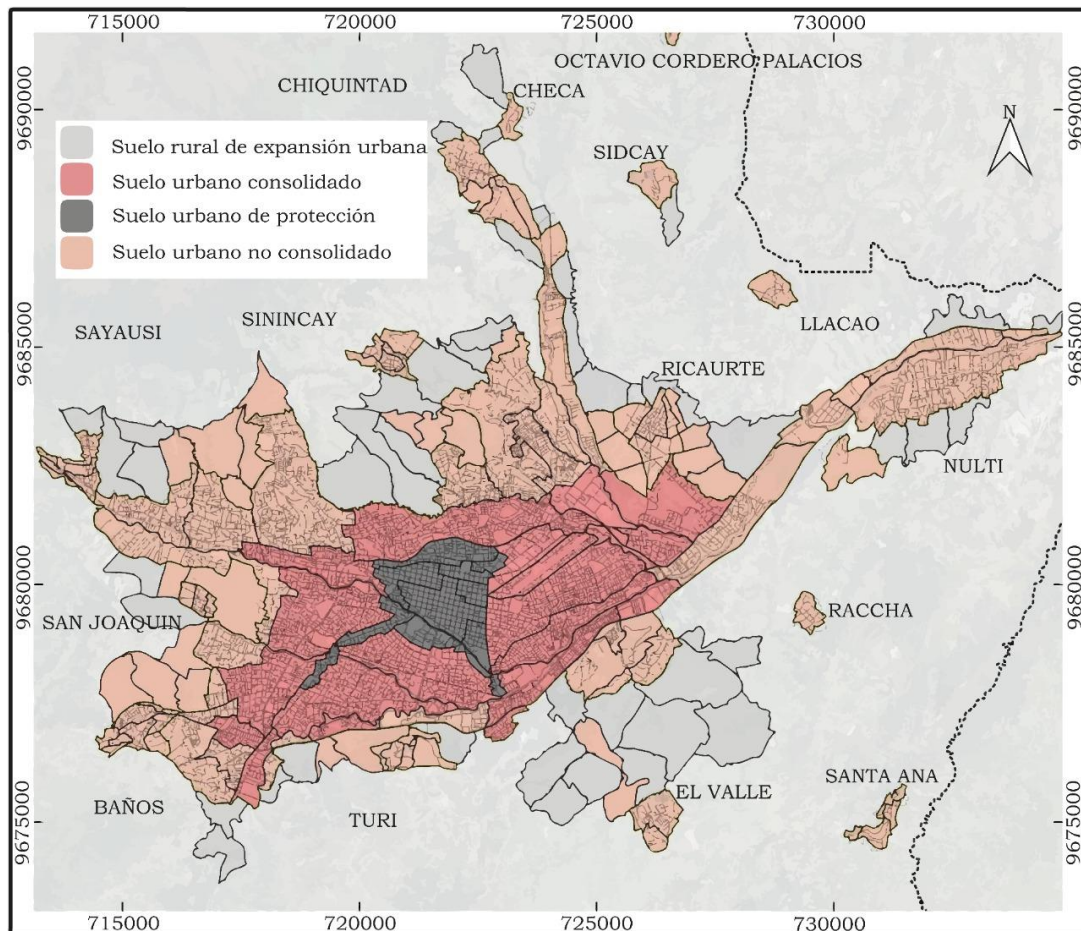


Figura 3.2. Clasificación de los suelos en la ciudad de Cuenca

Fuente: Elaboración Propia

El suelo urbano no consolidado posee cerca del 42% de casas tipo V1, V3 y V4 de 2 pisos ubicados en el barrio la Victoria, San Sebastián, Av. Don Bosco, entre otros. En cambio, la vivienda V2 localizada cerca del aeropuerto (suelo consolidado), tal como se indica en la Figura 3.3. Por otro lado, se tiene el suelo urbano consolidado donde gran parte de las viviendas son de 2 y 3 pisos para domicilios tipo V5; mientras que en los suelos urbanos no consolidados presentan un 32% de casas V6, 18% en edificios residenciales V7 y 12% de apartamentos V8 (GADCuenca, 2021).

Como se ha mencionado en el Apartado 2.2.3, el nZEB está orientado al uso de energía neta cero en edificios ya sea tipo V7 y V8. Entre estas dos viviendas, se escoge la V7 debido a que en la ciudad de Cuenca existen más infraestructuras de 4 pisos de 300 m<sup>2</sup> en comparación a la vivienda V8 que posee 6 pisos de 500 m<sup>2</sup>. Como segundo factor, tuvo un alto crecimiento poblacional del 69.91, 51.42, 37.79, 36.55, 29.10, 26.79 y 7% de las parroquias urbanas como el Machángara, Yanuncay, Monay, San Sebastián, Hermano Miguel, El Batán y Huayna Cápac; respectivamente.

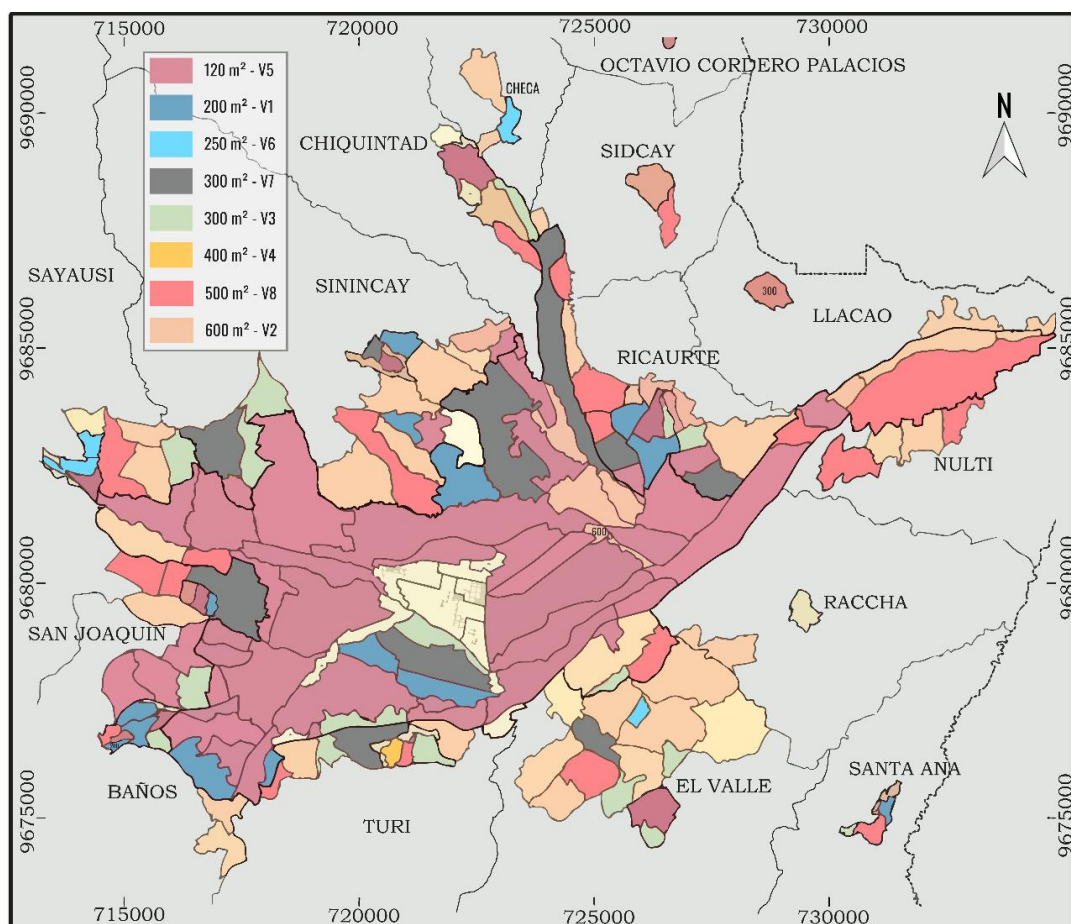


Figura 3.3. Viviendas V1-V8 en la ciudad de Cuenca

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 CONSUMOS ENERGÉTICOS

Se ha tomado como referencia distintos electrodomésticos y otros aparatos eléctricos y electrónicos básicos e inclusión de los puntos de recarga de vehículos EV en los apartamentos tipo V7, donde las divisiones del edificio se realizan de cada piso de la siguiente manera, visto en la Tabla 3.1:

- La potencia total en la cocina es alrededor de 10.809 kW.
- La potencia total del resto de cuartos, es decir, habitación, estudio, baño, sala, comedor, e iluminación en el interior del piso representa un valor de 1.753 kW.

Tabla 3.1. *Potencia estimada de cada piso*

#	Descripción	Cantidad	Potencia kW	Total, kW
1	Nevera	1	0,059	0,059
2	Lavadora	1	0,800	0,800
3	Microondas	1	0,800	0,800
4	Cocina Tostadora	1	0,850	0,850
5	Licuadora	1	0,300	0,300
6	Plancha	1	1,000	1,000
7	Cocina de inducción	1	7,000	7,000
8	Televisor	1	0,100	0,100
9	Computador	1	0,200	0,200
10	Habitación y Impresora laser	1	0,100	0,100
11	estudio Teléfono inalámbrico	1	0,003	0,003
12	Equipo de sonido	1	0,450	0,450
13	Videojuegos	1	0,150	0,150
14	Baño Secador de pelo	1	0,500	0,500
15	Plancha de pelo	1	0,150	0,150
16	Iluminación Bombillos LED	5	0,020	0,100
<b>Subtotal 1</b>				<b>12,562</b>

Fuente: Anexo 1

- En cada piso se considera una potencia calculada de 12.562 kW, por lo que se estima una potencia de 50.25 kW de los 4 pisos.
- Por consiguiente, se obtiene que la potencia en el parqueadero es 14.300 kW, tal como se muestra en la Tabla 3.2, donde se establece un modo de carga tipo 1 (valor promedio del Apartado 2.3.3), ya que se orienta al uso de carga residencial.

Tabla 3.2. *Potencia total en el parqueadero*

#	Descripción	Cantidad	Potencia kW	Potencia total kW
1	Motor de la puerta eléctrica	1	0,300	0,300
2	Bombillos LED	10	0,020	0,200
3	Punto de recarga Modo 1	4	3,450	13,800
			<b>Subtotal 2</b>	<b>14,300</b>

Fuente: Anexo 1

En el edificio se estima que la potencia total de diseño (+20%) presenta un valor de 77.46 kW, tal como se detalla en la Tabla 3.3; donde se estima un valor adicional de 12.91 kW, el cual puede ser empleado para el uso de la bomba de calor perteneciente al sistema geotérmico, entre otros.

Tabla 3.3. *Potencia total en el edificio V7*

#	Descripción	Cantidad	Potencia kW	Potencia total kW
1	Potencia por piso	4	12,562	50,25
2	Parqueadero	1	14,30	14,30
			<b>Subtotal</b>	<b>64,55</b>
			<b>Diseño (+ 20 %)</b>	<b>12,91</b>
			<b>Total</b>	<b>77,46</b>

Fuente: Elaboración Propia

Por medio de la Figura 3.4 se observa el consumo total proveniente de diversas cargas ya sea de iluminación, puntos de recarga, electrodomésticos, vehículos eléctricos y otros aparatos indicados de la Tabla 3.1. Además, se indica el consumo para otros usos como la bomba de calor y motor eléctrico del parqueadero.

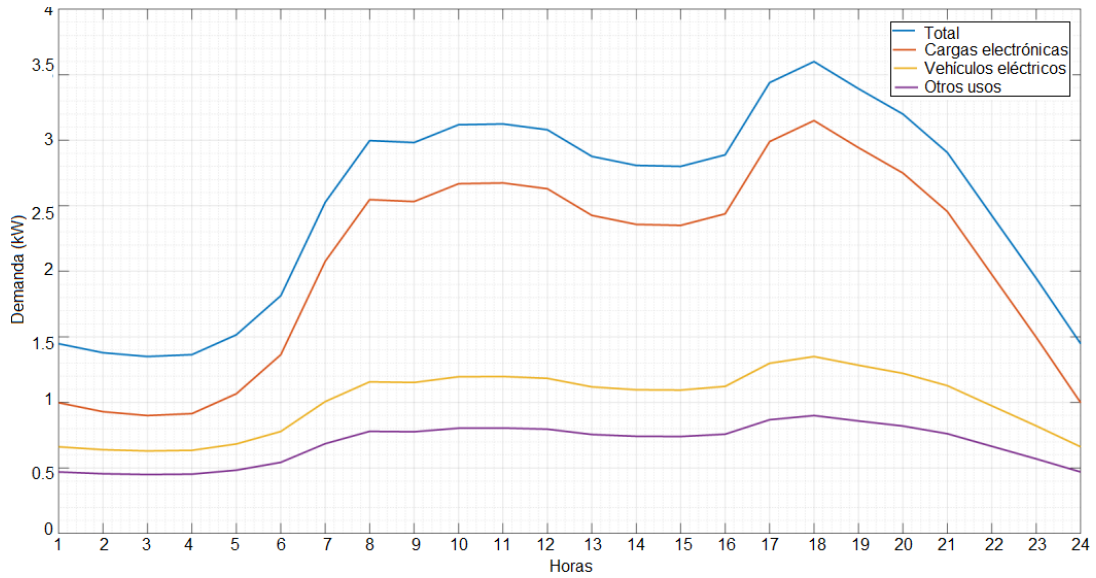


Figura 3.4. Consumo de energía eléctrica en la vivienda V7

Fuente: Elaboración Propia

Además, se conoce que el consumo de energía eléctrica diaria no es constante en el tiempo, debido a los tiempos de encendido/apagado de la carga mencionada. Por tanto, en la Figura 3.5 se observa la demanda de carga consumida por día de una semana.

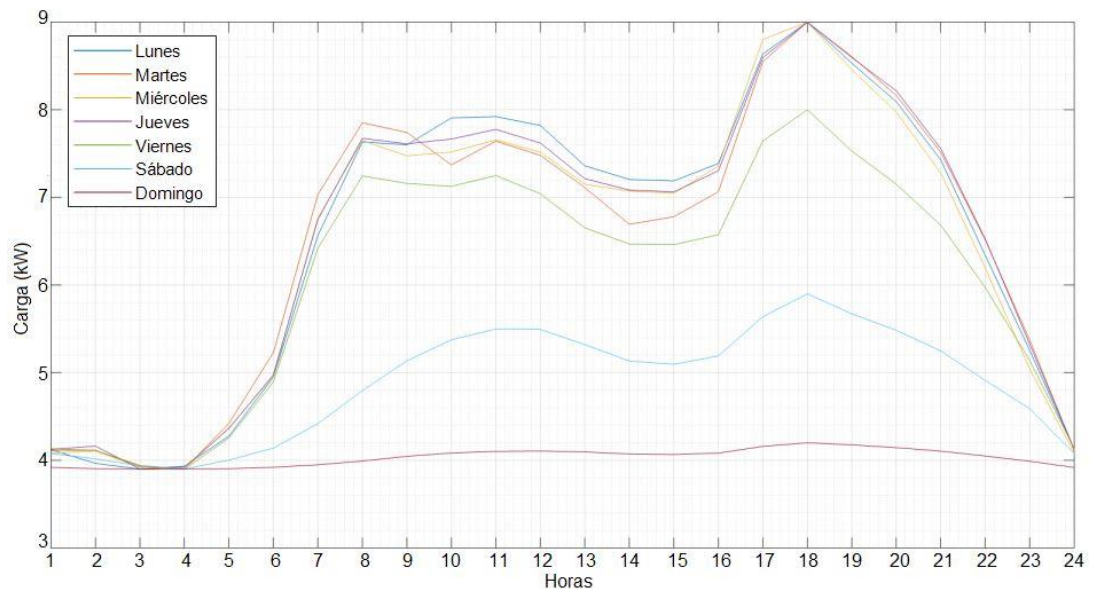


Figura 3.5. Demanda de carga diaria

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 SITUACIÓN ACTUAL EN LA CIUDAD DE CUENCA

#### 3.3.1 Radiación solar

En la Tabla 3.4 y Figura 3.6 se indican algunos sitios que muestran los valores medios mensuales y anuales de energía fotovoltaica normalizados a 1 [kWp] de capacidad instalada  $PV_{out}$ , radiación normal directa  $DNI$ , difusa horizontal  $DIF$ , inclinación óptima de paneles fotovoltaicos  $OPTA$  y radiación global en el ángulo óptimo  $GTI_{opta}$ .

Tabla 3.4. Radiación solar anual en la ciudad de Cuenca - año 2021

Descripción	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Medida
Latitud	-02.913382	-02.976642	-02.90181	°
Longitud	-78.997879	-79.011612	-79.041781	°
$PV_{out}$	1468.9	1503.3	1446.1	[kWh/kWp]
$DNI$	1313.2	1371.6	1293.3	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$DIF$	883.5	875.4	873.9	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$OPTA$	3/0	3/0	3/0	°
$GTI_{opta}$	1798.8	1842.2	1778.2	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$GTI_{opta\_promedio}$		1806.4		[kWh/m <sup>2</sup> ]

Fuente: (Globalsolaratlas, 2021)

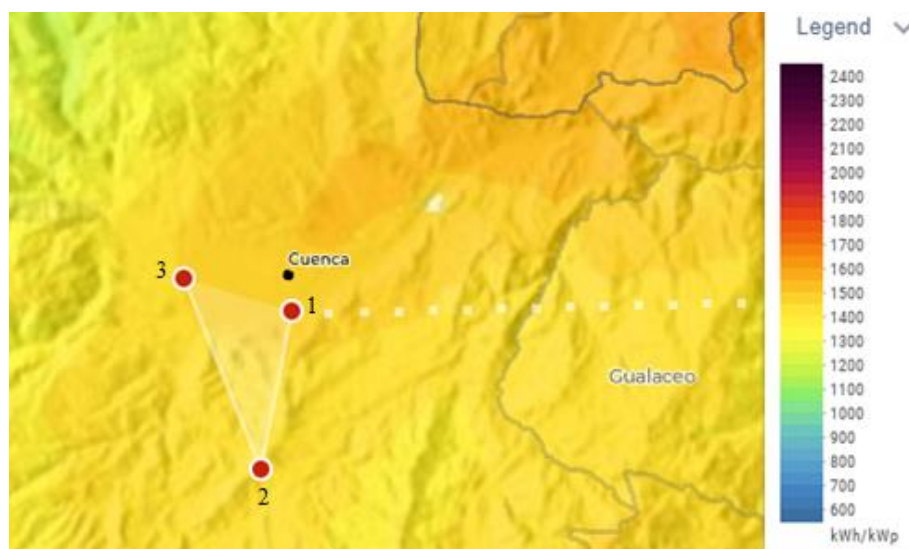


Figura 3.6. Parámetros de radiación solar anuales

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2 Velocidad del viento

La velocidad del viento en la ciudad de Cuenca – Ecuador posee variaciones estacionales durante el año 2021. Por ejemplo, la parte más ventosa fue el 31 de julio con una velocidad promedio de 14.2 km/h a 10 m sobre el suelo. Sin embargo, el día 3 de diciembre muestra una velocidad baja de 5.1 km/h, tal como se indica en la Figura 3.7.

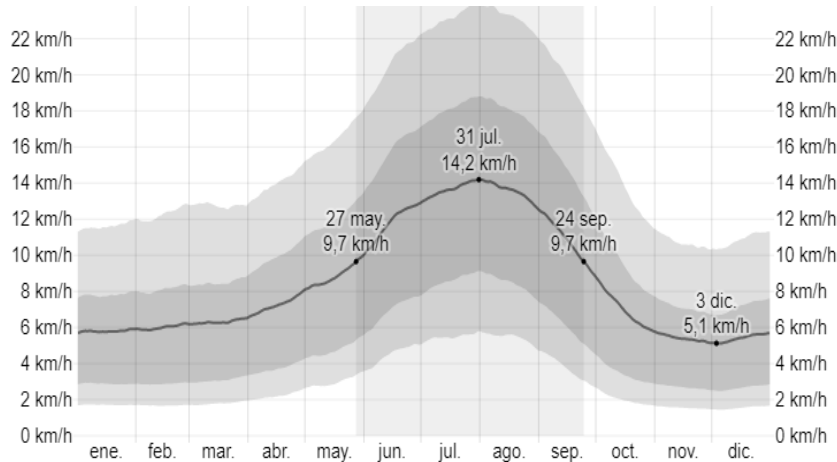


Figura 3.7. Parámetros del viento en el año 2021

Fuente: (WeatherSpark, 2022)

En la Tabla 3.5 se visualiza los valores de la velocidad media del viento a 10, 50 y 100 metros sobre el suelo del domingo 19 de diciembre de 2021.

Tabla 3.5. Velocidad media del viento a diferentes alturas sobre el suelo

Descripción	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Medida
Latitud	-02.913382	-02.976642	-02.90181	°
Longitud	-78.997879	-79.011612	-79.041781	°
A 10 metros	1.03	3.09	0.91	m/s
	3.71	11.12	3.28	km/h
A 50 metros	2.39	4.15	1.83	m/s
	8.60	14.94	6.59	km/h
A 100 metros	3.04	5.00	2.45	m/s
	10.94	18.00	8.82	km/h

Fuente: (GlobalWindAtlas, 2021)

Sin embargo, se puede observar en la Figura 3.8 y Anexo 2 como la velocidad presenta valores mínimos de 4.2 km/h (1.17 m/s) y máximo de 10.9 km/h (3.03 m/s).



En general, el sistema geotérmico en la ciudad de Cuenca se utiliza como sistemas de calefacción ya sea para calentar agua y/o aire; tal como sucede en el Edificio Polivalente de la Facultad de Periodismo de la Universidad de Cuenca, que corroboran que el subsuelo es un punto factible para el uso de la geotermia. Estos procesos se llevaron a cabo tras realizar pruebas de respuesta térmica con el propósito de instalar 18 sondas verticales Raugoe PE-Xa de Rehau dobles de diámetro a una profundidad de 100 metros, tal como se presenta en la Figura 3.10 (Construible, 2011).

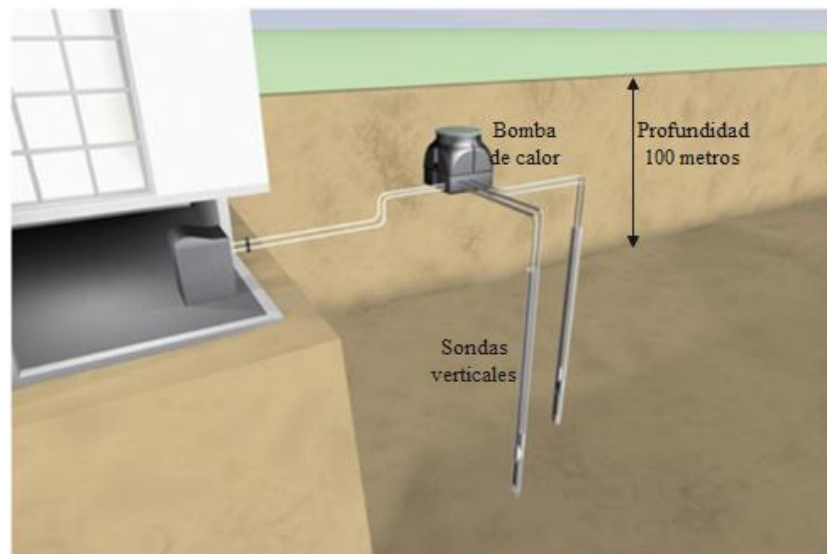


Figura 3.10. Sondas verticales en el sistema geotérmico

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 ENERGÍAS RENOVABLES

En la Figura 3.11 se observa como la vivienda V7 puede ofrecer energía eléctrica a través de cuatro sistemas, tales como: fotovoltaico, eólico, almacenamiento (baterías) y de la red eléctrica, este último proveniente del sistema de distribución. Además, se ha designado que el sistema geotérmico se aplica para sistemas de calefacción, como es el caso del calentamiento de agua.

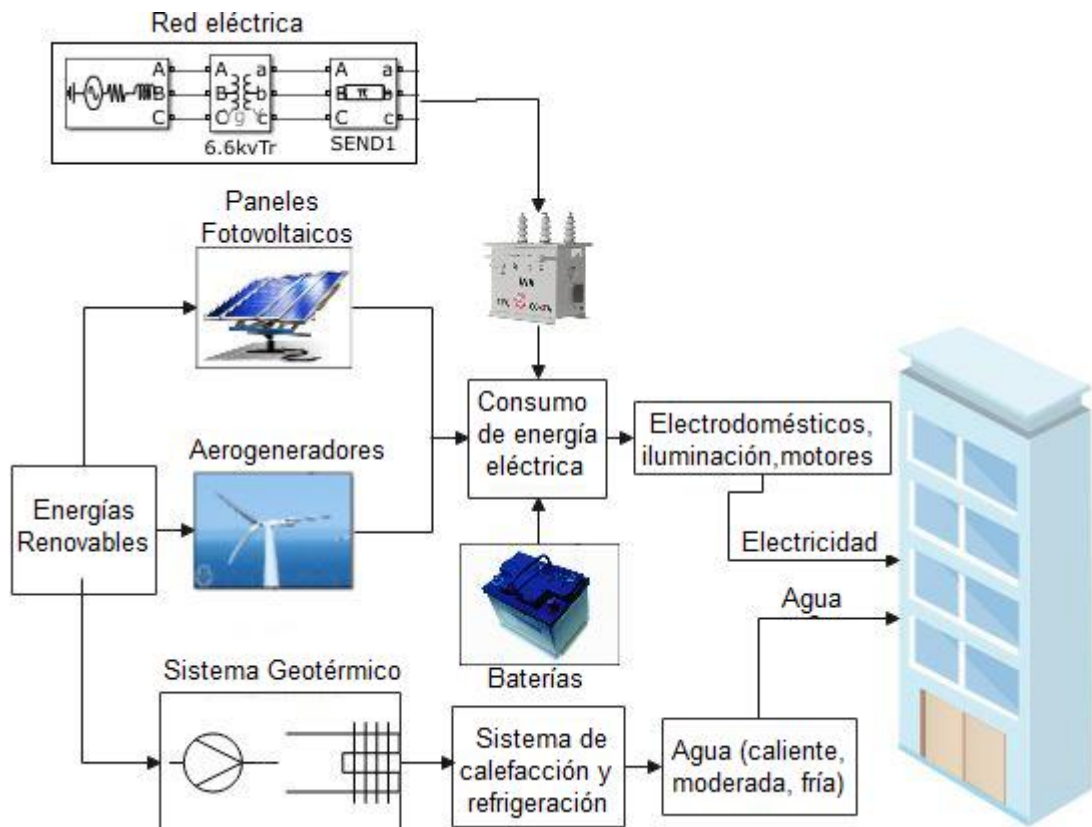
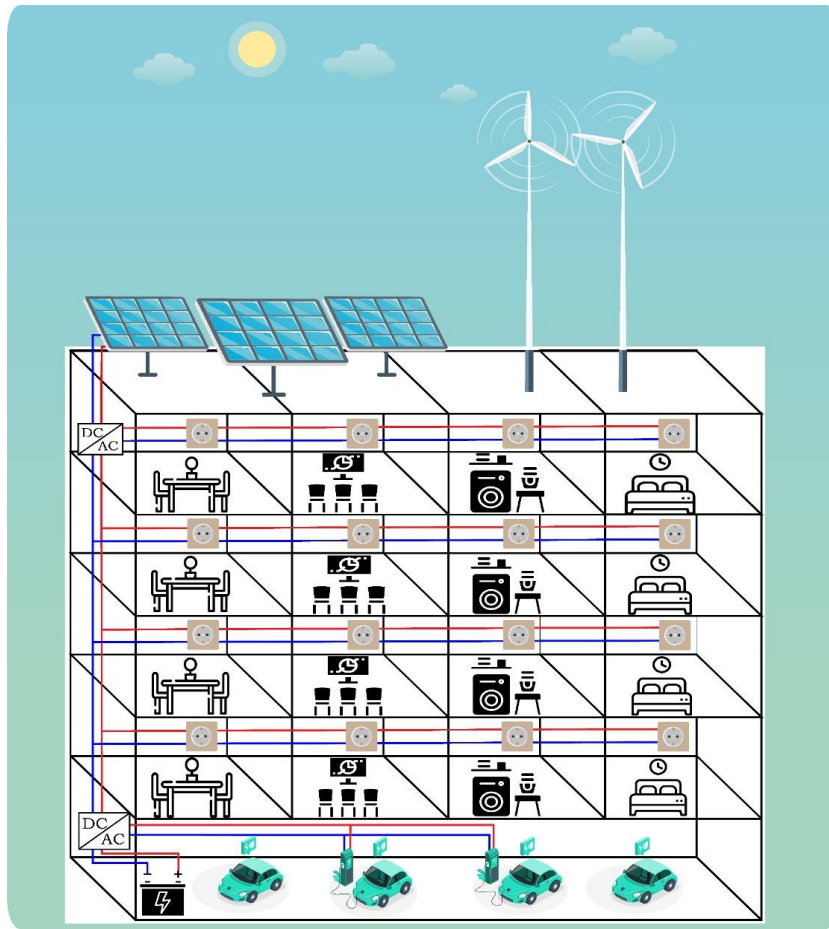


Figura 3.11. Diseño de los sistemas de energías renovables

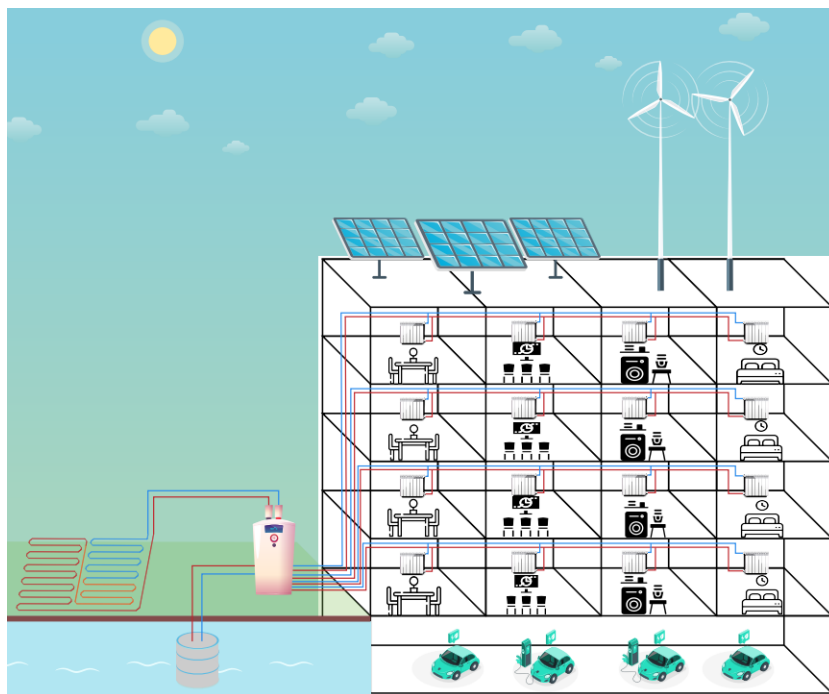
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 3.12.a) se observa un esquema básico compuesto de un conjunto de paneles fotovoltaicos que reciben directamente la irradiancia solar. Además, se predispone del sistema eólico compuesto de aerogeneradores tipo HAWT que reciben el viento con sus palas, los cuales deben estar a cierta altura alejadas de los demás elementos que conforman el sistema híbrido. Por consiguiente, se tiene el sistema de almacenamiento y demás conexiones presentes en la Figura que abastecerá de energía eléctrica a las viviendas V7.

En cambio, a lo que se refiere a la climatización del agua se utiliza un sistema geotérmico, tal como se muestra en la Figura 3.12.b).



a)



b)

Figura 3.12. Sistemas a) fotovoltaico – eólico y b) geotérmico para la vivienda V7

Fuente: Elaboración Propia

## 3.5 DISEÑO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

### 3.5.1 Irradiancia solar

A través de la Tabla 3.4 (ver Apartado 3.3.1) se extrae el valor de la radiación global en el ángulo óptimo por un valor de 1806,4 kWh/m<sup>2</sup>. Por tanto, se obtiene un valor diario de 4.95 kWh/m<sup>2</sup>, este parámetro se distribuye en las 24 horas del día. De modo que los valores de irradiancia máximos tendrán valores entre 700 a 850 W/m<sup>2</sup> desde las 11:00 hasta 13:00, tal como se presenta en la Figura 3.12.

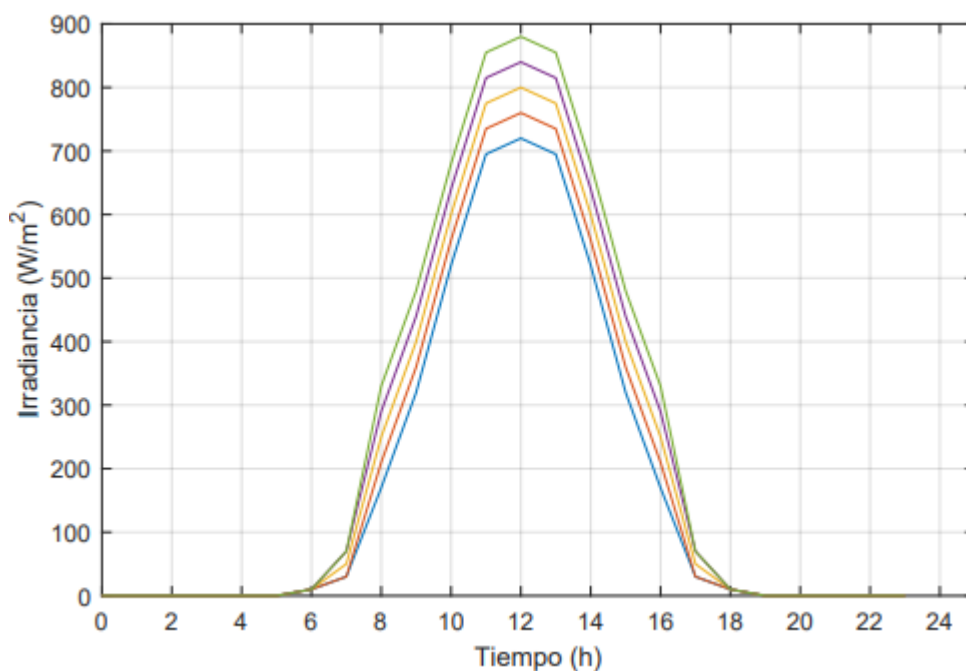


Figura 3.13. Irradiancia solar diaria en la ciudad de Cuenca

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.2 Cálculo de la potencia solar

Una vez obtenida la irradiancia solar promedio diaria se determina la potencia, tal como se indica la Ecuación 2.1. A continuación, se detallan los parámetros de cálculo:

$$\eta = \frac{P_{mp}}{R_G * A} \rightarrow P_{mp} = \eta * R_G * A$$

- Se dispone de un techo en V, cuya área 155 m<sup>2</sup>; sin embargo, se selecciona un área  $A = 40 \text{ m}^2$  (criterio de diseño).

- Se escoge un grupo de paneles fotovoltaicos monocristalino de la serie ESPSC, se escoge el modelo 400 M, el cual presenta una eficiencia  $\eta$  del 20,17% (ver Anexo 3).

Por tanto, se determina la potencia (ver Tabla 3.6) a cada valor de irradiancia máxima definido en la Figura 3.12; como ejemplo se tiene que a las 12:00 pm, posee una potencia de 6,45 kW.

$$P_{mp} = 0,2017 * 0,8 * 155 = 6,45 \text{ kW}$$

Tabla 3.6. Potencia máxima del sistema fotovoltaico

Hora	Irradiancia	Potencia	Hora	Irradiancia	Potencia
01:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW	13:00	750 W/m <sup>2</sup>	6,05 kW
02:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW	14:00	600 W/m <sup>2</sup>	4,84 kW
03:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW	15:00	400 W/m <sup>2</sup>	3,23 kW
04:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW	16:00	250 W/m <sup>2</sup>	2,02 kW
05:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW	17:00	50 W/m <sup>2</sup>	0,40 kW
06:00	20 W/m <sup>2</sup>	0,16 kW	18:00	20 W/m <sup>2</sup>	0,16 kW
07:00	50 W/m <sup>2</sup>	0,40 kW	19:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW
08:00	250 W/m <sup>2</sup>	2,02 kW	20:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW
09:00	400 W/m <sup>2</sup>	3,23 kW	21:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW
10:00	600 W/m <sup>2</sup>	4,84 kW	22:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW
11:00	750 W/m <sup>2</sup>	6,05 kW	23:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW
12:00	800 W/m <sup>2</sup>	6,45 kW	00:00	0 W/m <sup>2</sup>	0 kW

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se determina el número de paneles fotovoltaicos que se necesitan para el sistema propuesto. Para ello, se utiliza la Ecuación 2.1 y el diseño indica que se requiere 16 paneles, las potencias del panel de 400 W (ver Anexo 3) y de las curvas de irradiancia máxima.

$$N_T = \frac{P_{m\acute{a}x}}{P_{panel}} = \frac{6,45 \text{ kW}}{400 \text{ W}} = 16,14 \approx 16 \text{ paneles}$$

### 3.6 DISEÑO DEL SISTEMA EÓLICO

#### 3.6.1 Parámetros de prueba para la velocidad del viento

En base a las velocidades tomadas a 50 metros sobre el nivel del suelo que varían entre 1.83 a 4.15 m/s (Tabla 3.6) y los datos obtenidos del año 2021 (Figura 3.9) se establecen distintas velocidades del viento que oscilan entre 1.2 a 3.8 m/s, tal como se muestra en la Figura 3.14.

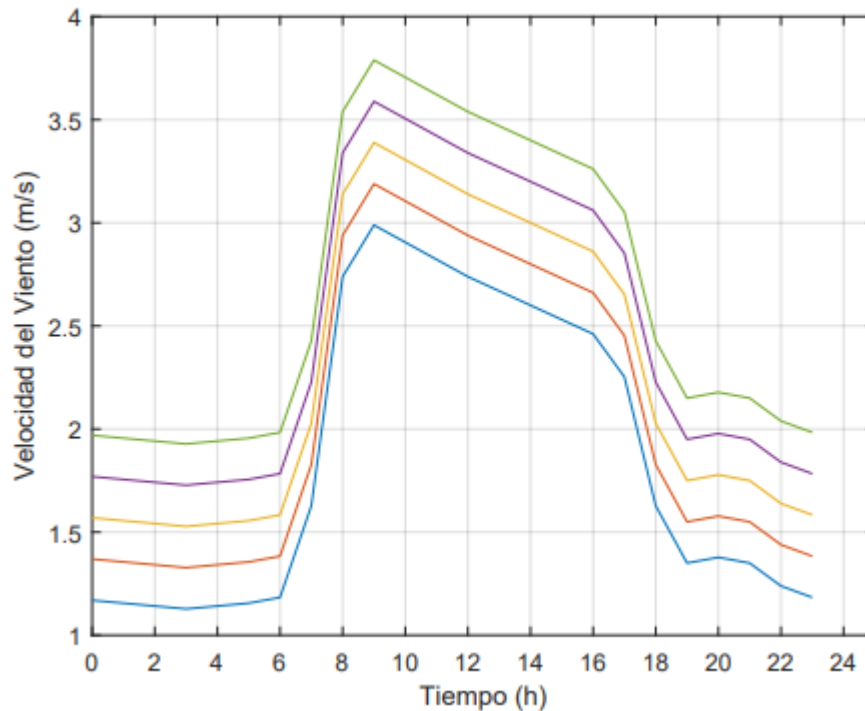


Figura 3.14. Velocidad del viento en la ciudad de Cuenca

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.6.2 Cálculo de la potencia eólica

Una vez obtenida la velocidad promedio del viento se determina la potencia adquirida por el sistema eólico. A través de la Ecuación 2.4 (ver Apartado 2.2.6.3), se calcula la potencia para un aerogenerador, en caso de necesitar más unidades se realiza el producto por el número de módulos requeridos.

$$P_e = \frac{\rho A v^3 C_p}{2} = \frac{1,225 A v^3 C_p}{2} [W]$$

- Se diseña un diámetro del rotor (aerogenerador) de 2,5 metros por lo que se tiene un área  $A = 4,9 \text{ m}^2$ .

$$A = \pi r^2 = 1,25^2 \pi = 4,9 \text{ m}^2$$

- Se establece que la eficiencia del rotor  $C_p = 0.5$  (ver Apartado 2.2.6.3).
- Se colocan 10 aerogeneradores.

Como ya se conoce la velocidad del viento, se determina la potencia (ver Tabla 3.7) Además, se realiza un cálculo de ejemplo: a las 9:00 am se tiene una potencia de 0,59 kW cuando la velocidad es de 3,39 m/s.

$$P_e = \frac{1,225(4,9)(3,39)^3(0,5)}{2} * 10 = 0,59 \text{ kW}$$

Tabla 3.7. Potencia promedio máxima del sistema eólico

Hora	Viento	Potencia	Hora	Viento	Potencia
01:00	1,56 m/s	0,06 kW	13:00	3,07 m/s	0,43 kW
02:00	1,54 m/s	0,06 kW	14:00	3,00 m/s	0,41 kW
03:00	1,53 m/s	0,05 kW	15:00	2,93 m/s	0,38 kW
04:00	1,54 m/s	0,06 kW	16:00	2,86 m/s	0,35 kW
05:00	1,56 m/s	0,06 kW	17:00	2,65 m/s	0,28 kW
06:00	1,58 m/s	0,06 kW	18:00	2,03 m/s	0,13 kW
07:00	2,03 m/s	0,13 kW	19:00	1,75 m/s	0,08 kW
08:00	3,14 m/s	0,46 kW	20:00	1,78 m/s	0,08 kW
09:00	3,39 m/s	0,59 kW	21:00	1,75 m/s	0,08 kW
10:00	3,31 m/s	0,54 kW	22:00	1,64 m/s	0,07 kW
11:00	3,22 m/s	0,50 kW	23:00	1,58 m/s	0,06 kW
12:00	3,14 m/s	0,46 kW	00:00	1,57 m/s	0,06 kW

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Empleando la Ecuación 2.2 (ver Apartado 2.2.4.3), se determina la capacidad de las baterías  $C_n$ . Ante ello, se realiza el siguiente procedimiento:

- Normalmente, el consumo eléctrico  $E_T$  se establece por un valor de 60,42 kWh/día en la vivienda V7, tal como se muestra en la Figura 3.4 (Apartado 3.3). Sin embargo, cabe mencionar que el sistema de almacenamiento opera con las demás energías eléctricas renovables, por lo que su consumo diario es menor, visto en la Figura 4.16 (Apartado 4.3.1).

- Se escoge la batería estacionaria BAE (Anexo 5), el cual posee un voltaje de  $V_{\text{bat}} = 24 \text{ V}$ , una capacidad  $C_{\text{bat}} = 3750 \text{ Ah}$  y una profundidad de descarga  $P_d = 0,6$ .
- Cabe mencionar que las batería BAE 24V 3750Ah recomienda que no debe descargarse más del 50% de una capacidad de 90 kWh/día (AutoSolar, 2019).
- Se diseña con una autonomía de la batería de 3 días y se obtiene una capacidad de 302,1 kWh o 12,59 kWh.

$$C_n = \frac{E_T \times N}{P_d} = \frac{60,42 \text{ kWh} \times 4}{0,6} = 302,1 \text{ kWh} \rightarrow 12,59 \text{ kWh}$$

- La red de corriente continua opera a 24 V (ver Apartado 2.3.1), por tanto, requiere de una batería bajo la conexión serie.
- Luego, se calcula el número de baterías en paralelo  $B_p$  aplicando la Ecuación 2.3 (ver Apartado 2.2.4.3) obteniendo un total de 4 unidades.

$$B_p = \frac{12,59 \times 1000}{3750} = 3,4 \rightarrow 4$$

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO

De la Figura 3.11 (ver Apartado 3.4) se desarrolla en Matlab el diseño eléctrico para los sistemas fotovoltaico, eólico, almacenamiento y red eléctrica que abastecerán todos los consumos eléctricos propuestos (ver Apartado 3.2).

Cabe recalcar que los sistemas fotovoltaicos y de almacenamiento son fuentes de corriente continua; por lo que en la simulación se toma en consideración como si ya fuesen convertidos a corriente alterna para el suministro de energía eléctrica, tal como se refleja en el Anexo 8. Además, se colocan diversos interruptores (breakers) para simular diversas situaciones ante ausencia de energía eléctrica, perturbaciones, entre otros.

##### 4.1.1 Generación fotovoltaica

En la Figura 4.1.a) se presenta un esquema principal del sistema fotovoltaico, el cual se desarrolla en base a la potencia generada PV\_I de la Figura 4.1.b) proveniente de la irradiancia solar, eficiencia y área del conjunto de paneles solares. La potencia solar fotovoltaica se representa como una fuente de corriente, tal como se indica en la Figura 4.1.c).

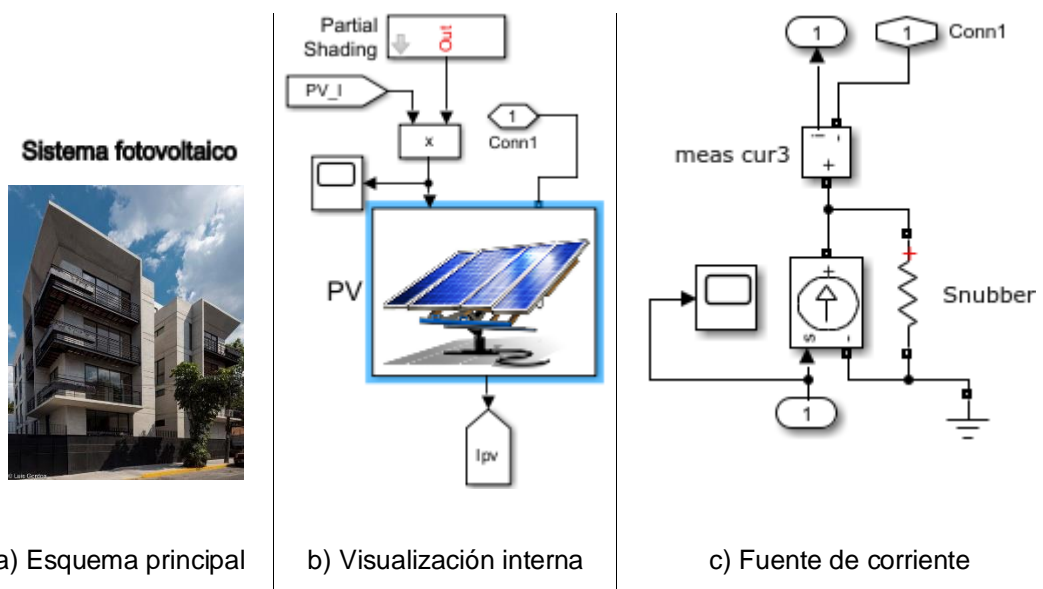


Figura 4.1. Generación fotovoltaica

Fuente: Elaboración Propia

### 4.1.2 Generación eólica

En la Figura 4.2.a) se presenta un esquema principal del sistema de generación eólica, el cual se desarrolla en base a la potencia generada proveniente de la velocidad del viento, densidad del aire, superficie barrida por las palas y eficiencia del rotor. Además, se representa como una fuente de corriente, visto en la Figura 4.2.b).

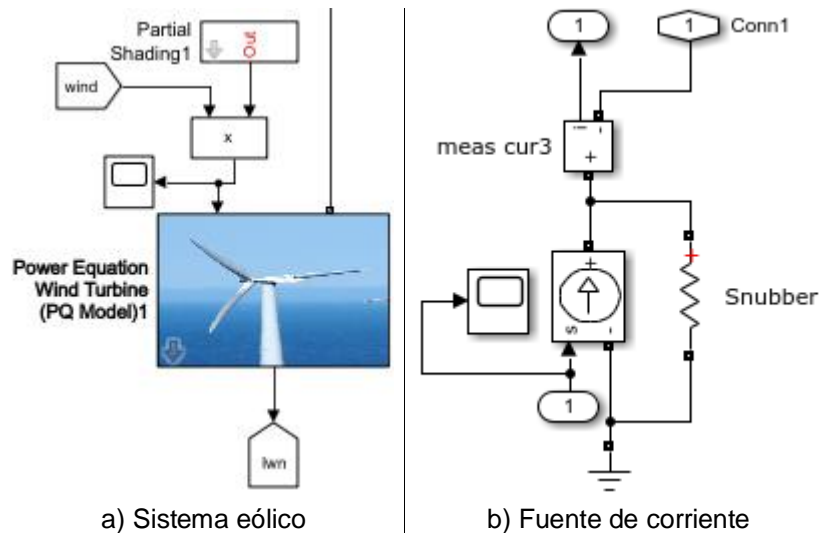


Figura 4.2. Sistema de generación eólica

Fuente: Elaboración Propia

### 4.1.3 Sistema de almacenamiento

En la Figura 4.3.a) se observa un esquema general del sistema de almacenamiento o baterías, donde la energía almacenada se representa como una fuente de corriente indicado en la Figura 4.3.b).

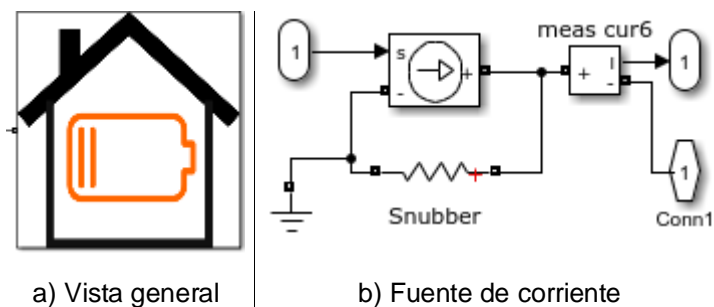


Figura 4.3. Sistema de almacenamiento

Fuente: Elaboración Propia

El sistema de baterías (ver Figura 4.4.a) se encarga de abastecer de energía a la vivienda V7 cuando las generaciones fotovoltaica y eólica son

insuficientes; caso contrario absorbe la energía excedente. Por lo tanto, esta distribución se realiza a través de un controlador (ver Figura 4.4.b), donde hace un seguimiento de la corriente para que la potencia activa en el secundario del transformador se establezca en cero.

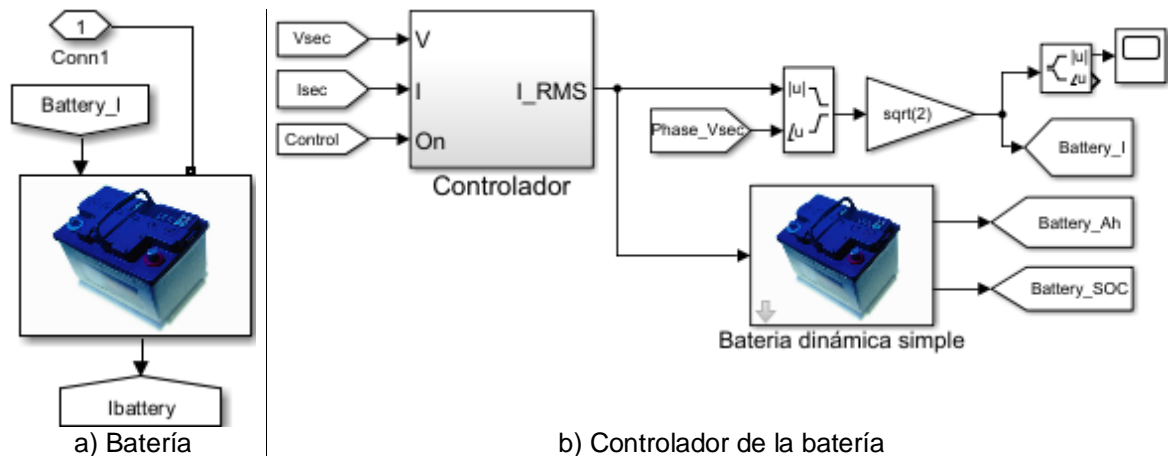


Figura 4.4. Batería a) control y b) estado de carga

Fuente: (Mathworks, 2022)

#### 4.1.4 Red eléctrica

En las Figuras 4.5 se observa un esquema de la red eléctrica compuesta de una red de distribución trifásica que posee un transformador de configuración estrella – estrella y uno lineal de tres devanados cuyos valores son de 66/6 kV y 6.6/0.2 kV; respectivamente.

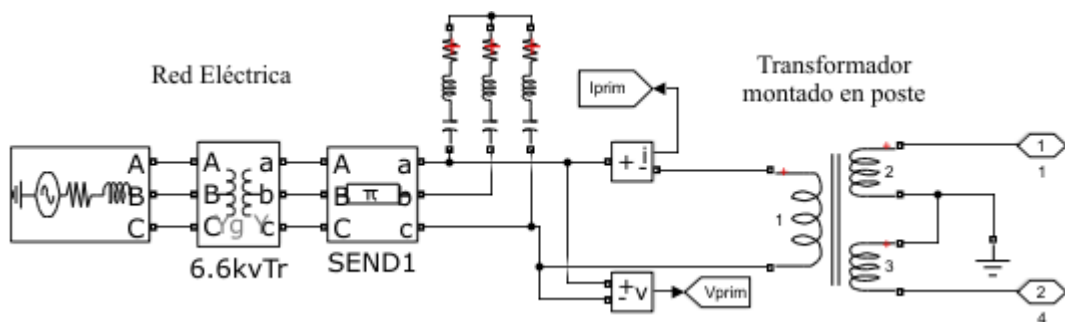


Figura 4.5. Red eléctrica conectada hacia la vivienda V7

Fuente: (Mathworks, 2022)

#### 4.1.5 Vivienda V7

Se considera una vivienda tipo V7 de 4 pisos, donde cada carga individual representa piso a piso, tal como se indica en la Figura 4.6.a). Además, se representa como una fuente de corriente (Figura 4.6.b). Luego, para efectos

de simulación se ha colocado un interruptor principal sobre el piso 3 para simular un apagón denominado “Trip Signal”, visto en la Figura 4.6.c).

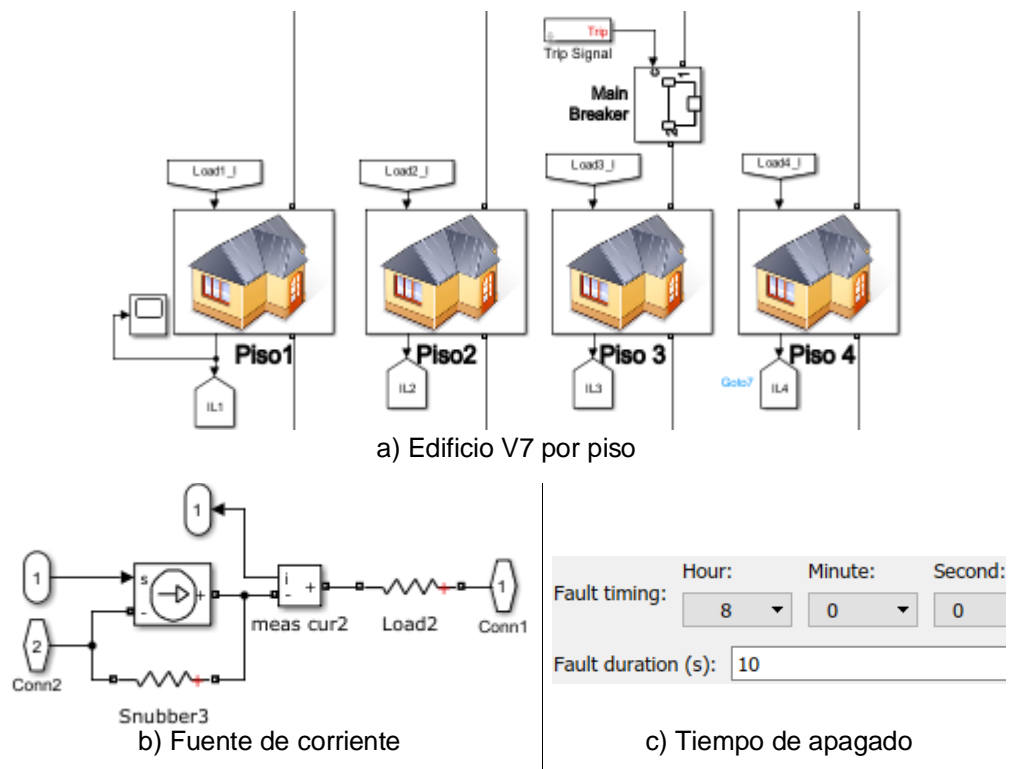


Figura 4.6. Visualización de la vivienda V7

Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 FORMAS DE ONDA DEL SISTEMA HÍBRIDO

### 4.2.1 Resultados del sistema fotovoltaico

Mediante el uso del Script Matlab se cargan los datos de irradiancia, similar a lo descrito en la Tabla 3.6 (ver Apartado 3.5.2), salvo que se adicionan datos cada 60 segundos hasta completar un día entero de 24 horas y conseguir una mejor representación de los datos, tal como se visualiza en la Figura 4.7.

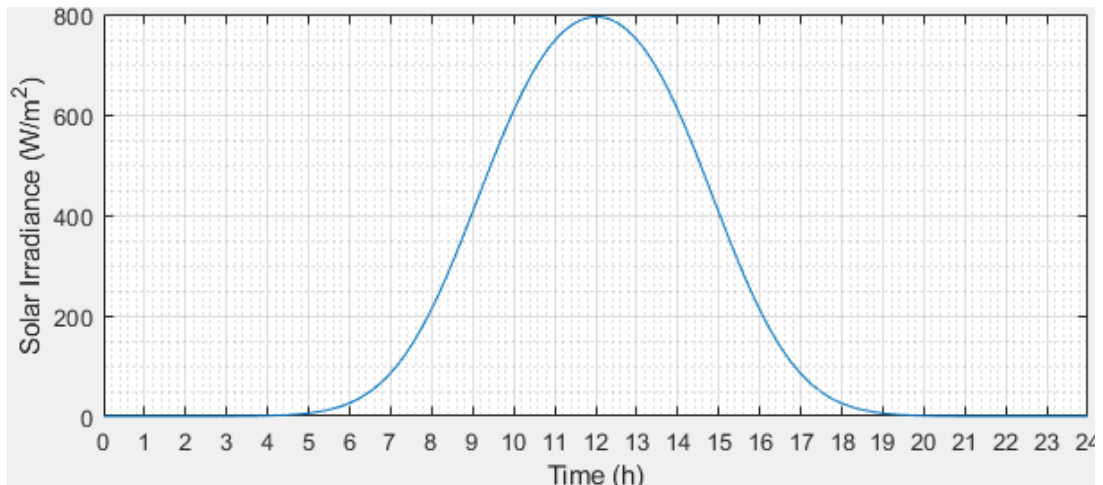


Figura 4.7. Irradiancia promedio del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración Propia

Luego, los datos de irradiancia son acondicionados al Simulink para obtener la potencia total del sistema fotovoltaico diseñado, donde se estima una potencia máxima de 6,45 kW a las 12h00 pm, equivalente a  $4,32 \times 10^4$  segundos, tal como se presenta en la Figura 4.8.

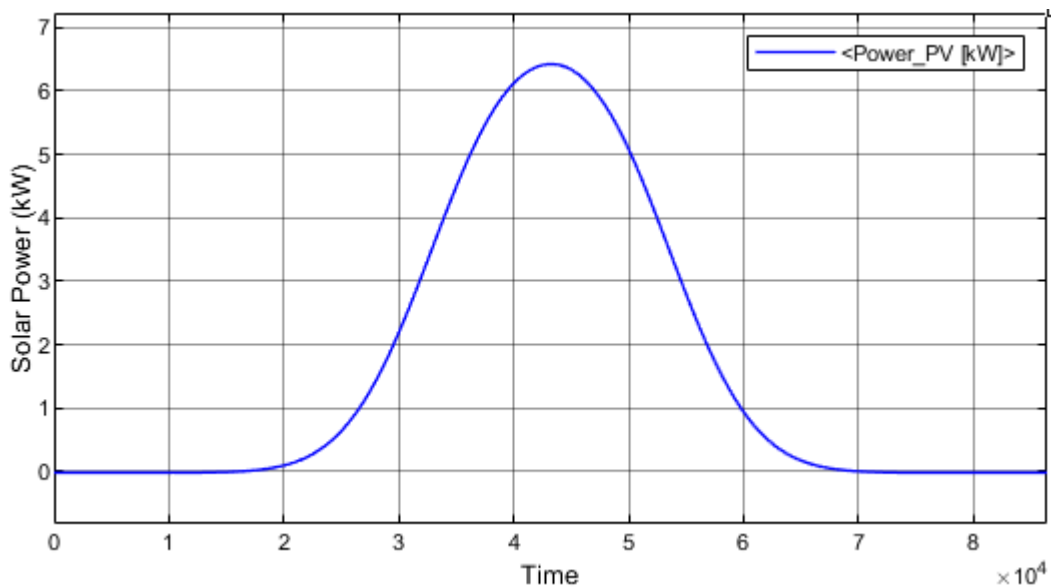


Figura 4.8. Potencia promedio del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración Propia

Por último, a través de la Figura 4.9 se observa como la forma de onda cambia cuando existe algún apagón o falla de dicho sistema durante 30 segundos; como por ejemplo a las 11h00 am, equivalente a  $3,96 \times 10^4$  segundos se refleja como una caída de potencia.

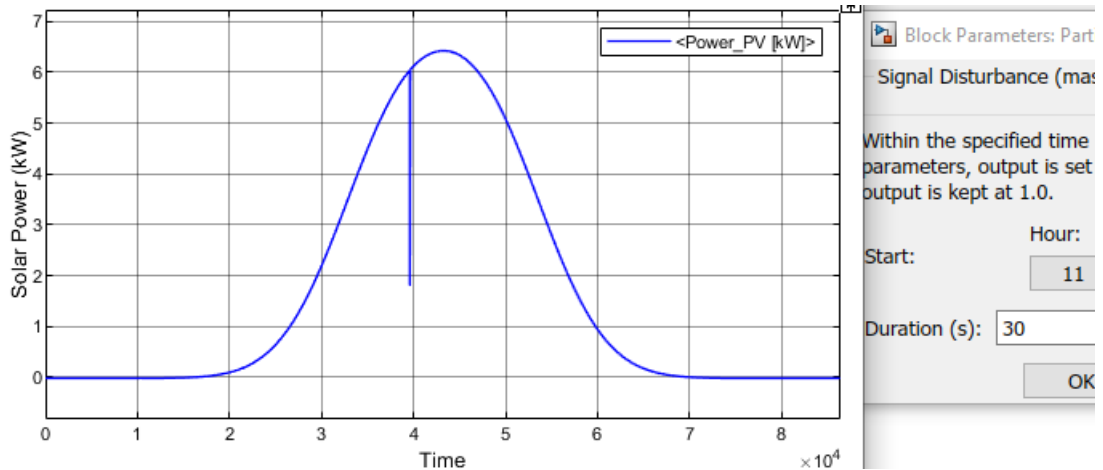


Figura 4.9. Caída de potencia del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2 Resultados de la generación eólica

De manera similar al Apartado anterior, se cargan los datos para un periodo de 24 horas y se obtienen los valores promedios de la velocidad del viento indicados en la Figura 4.10.

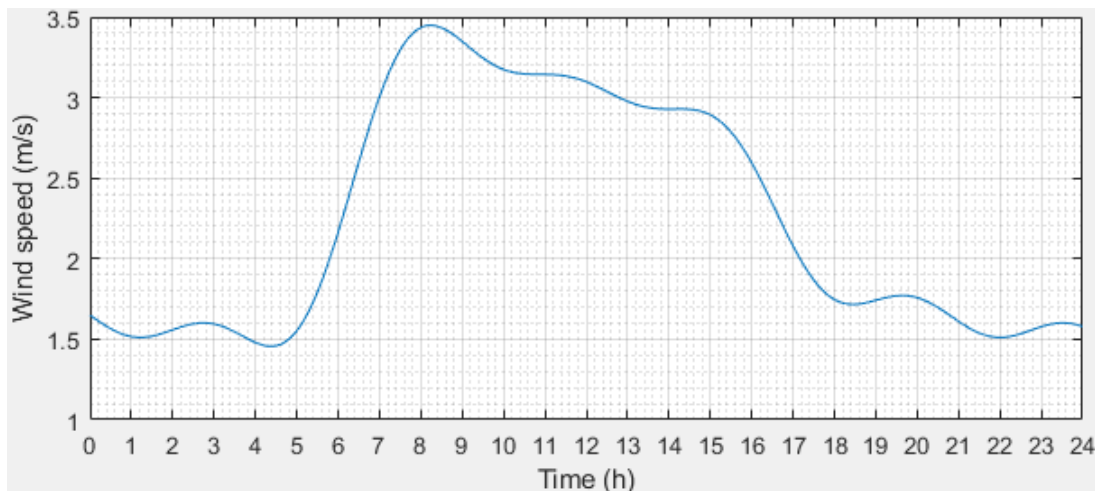


Figura 4.10. Velocidad del viento promedio del sistema eólico

Fuente: Elaboración Propia

Por consiguiente, se determina la potencia del sistema eólico (ver Figura 4.11) conformado por 10 aerogeneradores cuya potencia máxima llega a 2,79 kW.

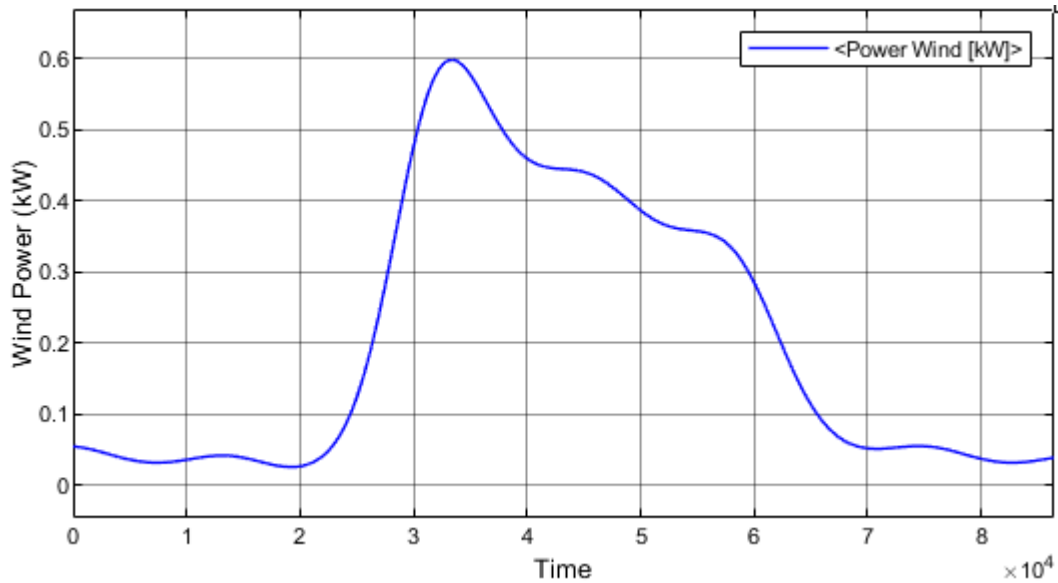


Figura 4.11. Potencia promedio del sistema eólico

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se considera por medio de la Figura 4.12 como existe una caída de potencia ante una falla del sistema aerogenerador. Por ejemplo, a las 8:00am ( $2,88 \times 10^4$  segundos) se considera una ausencia de energía eólica durante 30 segundos.

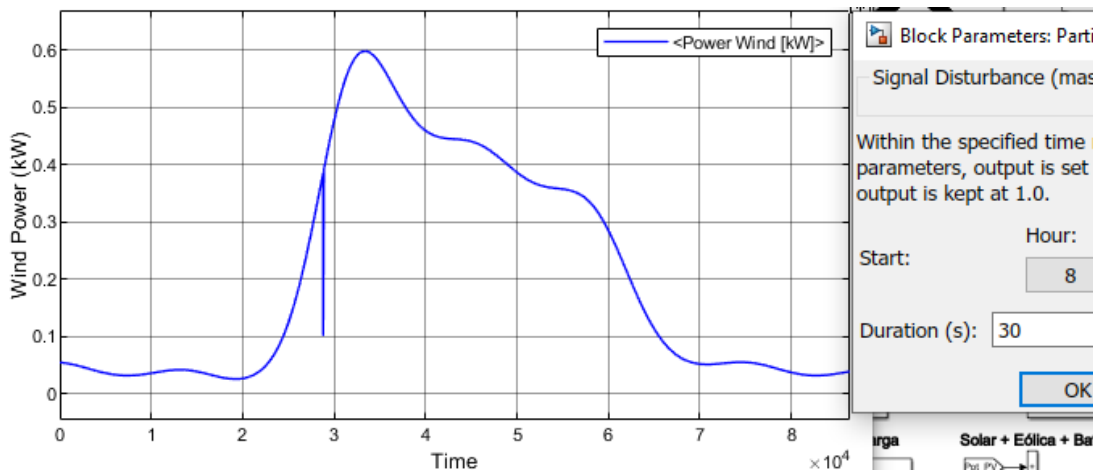


Figura 4.12. Caída de potencia del sistema eólico

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.3 Resultados de la carga eléctrica total en la vivienda V7

Con la ayuda del script de Matlab se cargan los datos promedios de la carga por cada piso indicado en la Figura 4.13, donde se tiene una potencia máxima de 0,9 kW a las 6:00 pm. Cabe mencionar que, para efectos de simulación, se adaptó la misma gráfica en los 4 pisos.

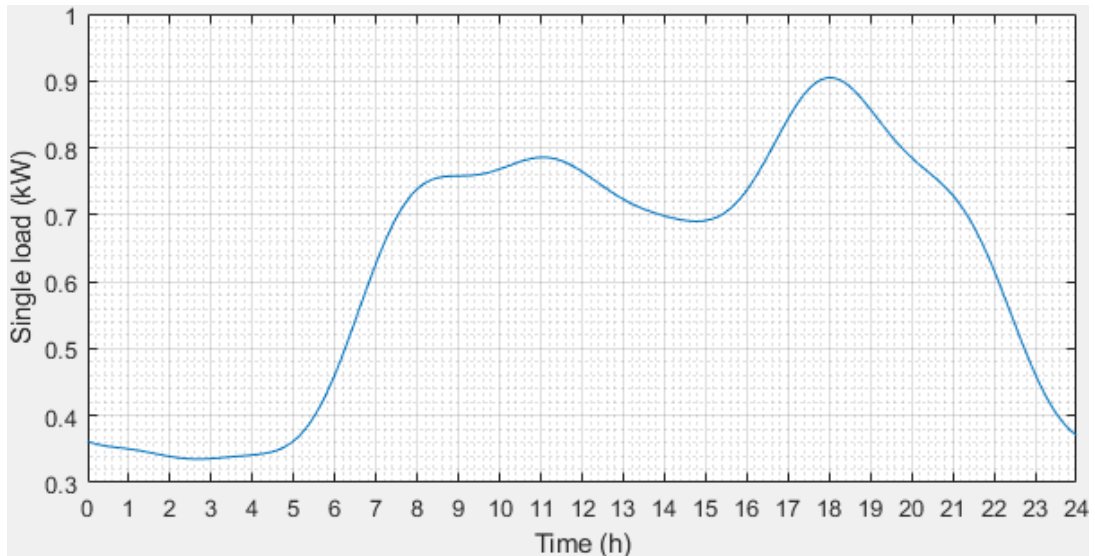


Figura 4.13. Consumo eléctrico por piso

Fuente: Elaboración Propia

La carga eléctrica total (Figura 4.14) de los cuatro pisos da como resultado una potencia máxima de 3,6 kW a las 6:00 pm aproximadamente, equivalente a  $6,48 \times 10^4$  segundos.

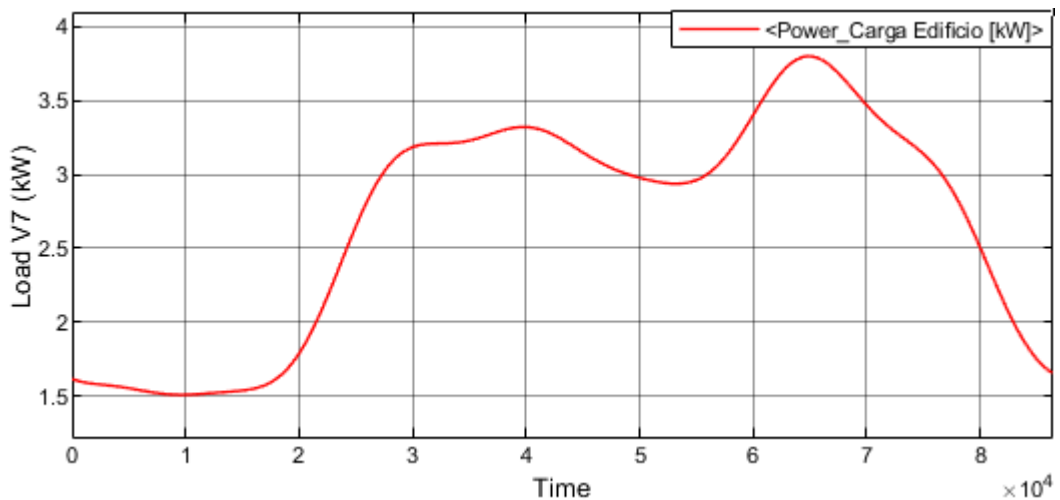


Figura 4.14. Consumo eléctrico del edificio V7

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se considera observa en la Figura 4.15 una caída de potencia del piso 3 del edificio V7 ante una falla energía, el cual se ve reflejado en la carga total. Por ejemplo, a las 10:00 am ( $3,6 \times 10^4$  segundos) se considera una ausencia de electricidad durante 30 segundos.

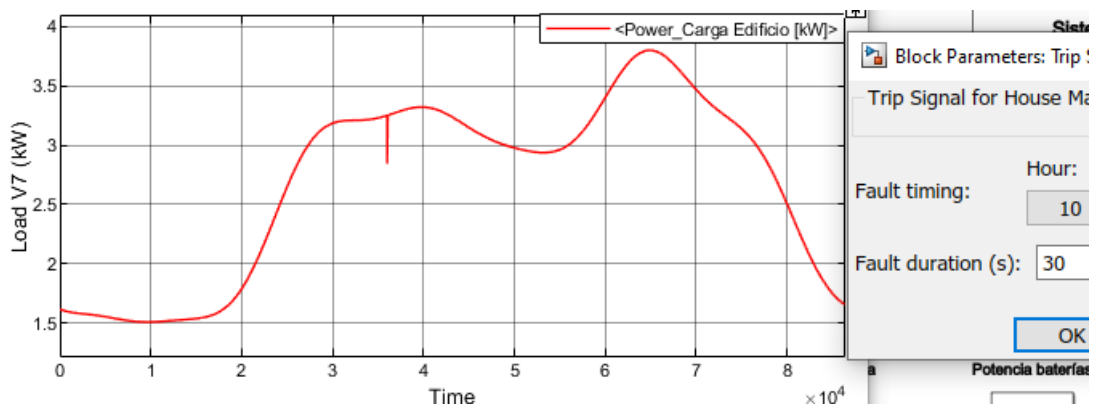


Figura 4.15. Caída de potencia en el consumo energético de la vivienda V7

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 ESCENARIOS

#### 4.3.1 Energías solar, eólica y almacenamiento activas

Cuando las tres fuentes de energía (fotovoltaica, eólica, almacenamiento) están operativas son capaces de abastecer a toda la carga eléctrica del edificio V7. A continuación, se detallan las siguientes observaciones durante cierto periodo de tiempo (ver Anexo 9) e indicados en la Figura 4.16 y Tabla 4.1:

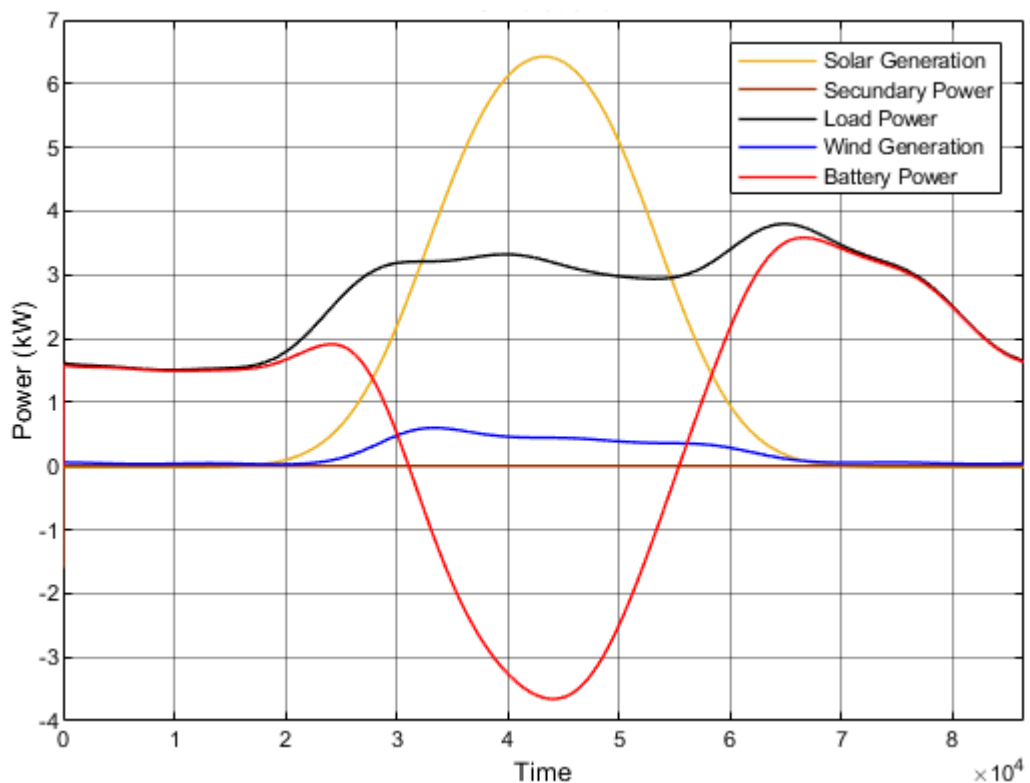


Figura 4.16. Potencias generadas para viviendas V7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.1. *Funcionamiento del sistema híbrido (solar, eólico y baterías)*

Periodo de Tiempo		Abastece energía al edificio V7		
Inicio	Fin	Fotovoltaico	Eólico	Almacenamiento
00:00 am	04:44 am	No	No	Sí
04:44 am	05:21 am	No	Sí	Sí
05:21 am	08:39 am	Sí	Sí	Sí
08:39 am	08:59 am	Sí	Sí	No necesita su uso
08:59 am	03:14 pm	Sí	Sí (No necesario)	No necesita su uso
03:14 pm	03:24 pm	Sí	Sí	No necesita su uso
03:24 pm	06:26 pm	Sí	Sí	Sí
06:26 pm	07:26 pm	No	Sí	Sí
07:26 pm	00:00 am	No	No	Sí

Fuente: Elaboración Propia

- El sistema de almacenamiento opera durante 6 horas 45 minutos y lo restante del día completo se dedica a la recarga de este, gracias al uso de las energías fotovoltaica y eólica.
- Entre las 05h21 a 18:26 se utiliza los sistemas fotovoltaico y eólico. Sin embargo, en un periodo de tiempo como, por ejemplo, entre las 08h59 a 15h14 no es necesario el uso de la generación eólica ya que el sistema fotovoltaico es más que suficiente para alimentar la carga del edificio y recargar al sistema de almacenamiento.
- Si se tomase en cuenta únicamente a la energía eólica, se observa claramente que no abastece a la demanda de energía eléctrica del edificio V7 durante las 24 horas.

#### 4.3.2 Resultados ante disminuciones de energía eléctrica

Se toma como escenarios algunas situaciones que podrían darse ante un día nublado, baja velocidad del viento o reducción de un consumo eléctrico. A continuación, se detallan las siguientes escenas:

- Escena 1: se tiene un sistema fotovoltaico que opera con normalidad; sin embargo, a las 11h00 existe un decremento en la irradiación durante 4 horas (ver Figura 4.17.a) debido a que en ese periodo de tiempo el cielo se encuentra nublado. En la Figura 4.17.b) se observa

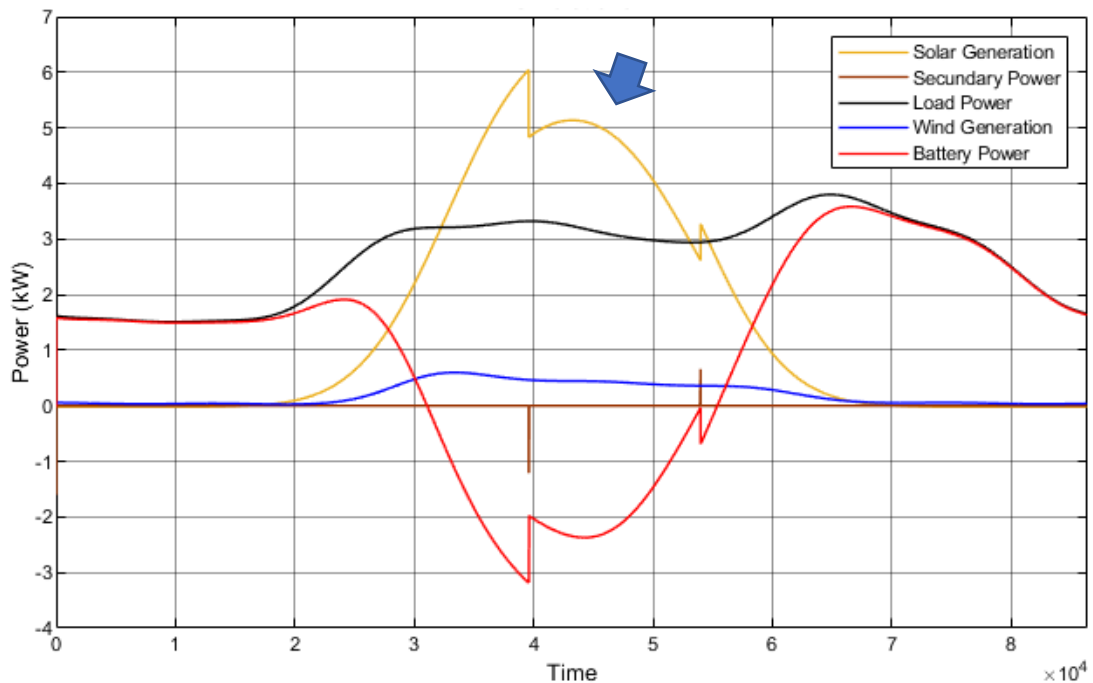
que existe una caída de energía en el sistema fotovoltaico, pero no presenta problemas de abastecimiento al edificio V7. Lo único que cambia en el sistema es la disminución de recarga en las baterías.

Start: Hour: 11 Minute: 0 Second: 0

Duration (s): 3600\*4

Factor 0.8

a) Disminución de energía fotovoltaica



b) Comportamiento del sistema híbrido

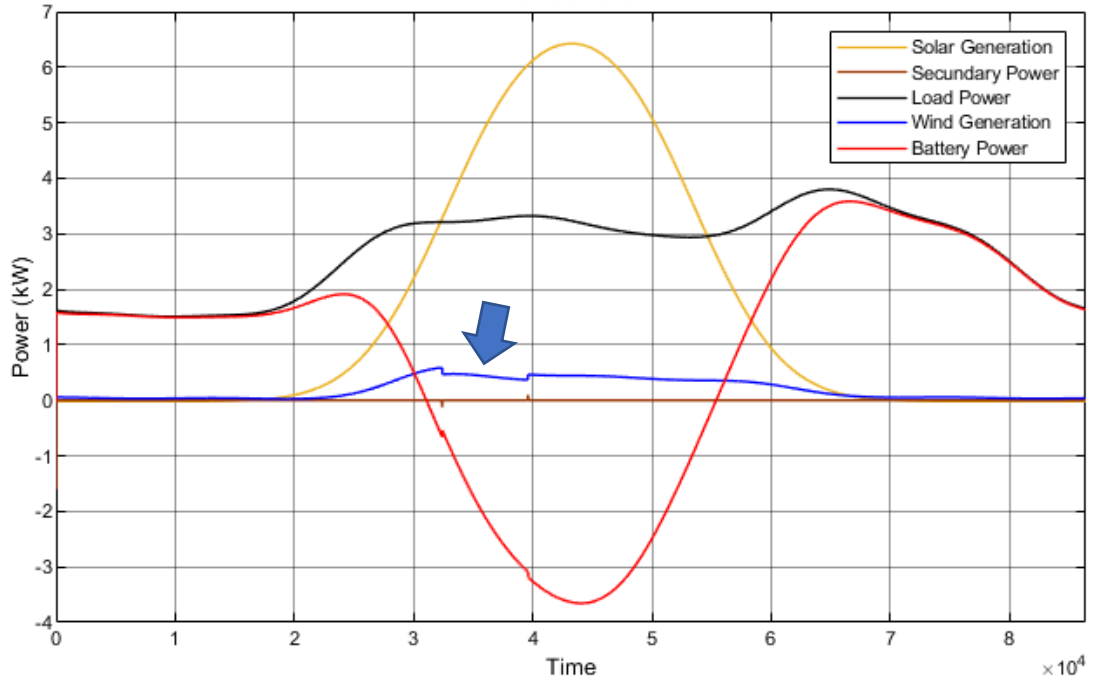
Figura 4.17. Resultados de la escena #1

Fuente: Elaboración Propia

- Escena 2: se tiene un sistema eólico que opera con normalidad; sin embargo, a las 9h00 se produce una disminución en la velocidad del viento durante 2 horas (ver Figura 4.18.a). Por tanto, se llega a la conclusión que, aunque exista una baja velocidad del viento, el sistema completo tiene la capacidad de abastecer energía eléctrica al edificio V7, tal como se muestra en la Figura 4.18.b).

Start:	Hour:	Minute:	Second:
	9	0	0
Duration (s):	3600*2		
Factor	0.8		

a) Disminución de energía eólica



b) Comportamiento del sistema híbrido

Figura 4.18. Resultados de la escena #2

Fuente: Elaboración Propia

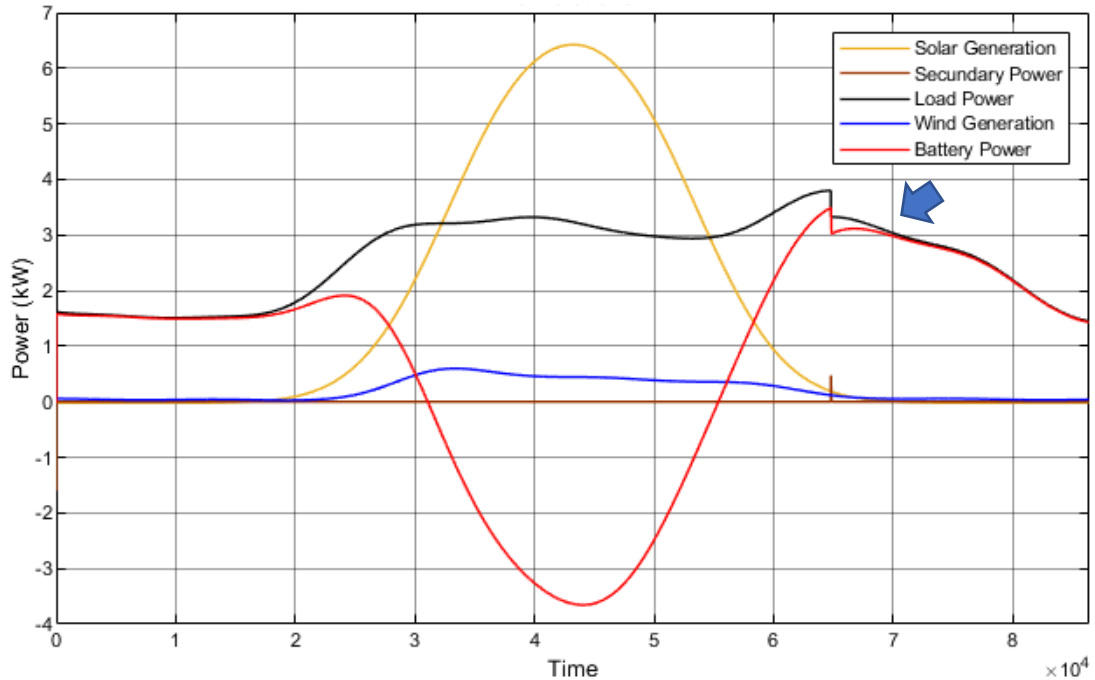
- Escena 3: la carga del tercer piso de la vivienda V7 a las 18:00 (ver Figura 4.19.a) no considera la recarga del vehículo eléctrico, por ende, existe una disminución de energía en la carga total demandada. Como se observa en la Figura 4.19.b), el sistema híbrido no presenta problemas a la hora de suministrar energía, ya que en su mayoría depende del sistema de almacenamiento.

Fault timing: Hour: 18 Minute: 0 Second: 0

Fault duration (s): 3600\*8

OK Cancel Help Apply

a) Disminución en el consumo eléctrico del piso 3



b) Comportamiento del sistema híbrido

Figura 4.19. Resultados de la escena #3

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4 BENEFICIO COSTO

Para llevar a cabo el análisis de relación beneficio y costo se deben incluir ciertos factores como los ingresos, egresos e inversión.

##### 4.4.1 Inversión

En la Tabla 4.2 se utiliza una inversión que corresponde a los precios de los materiales de los sistemas fotovoltaico (ver Anexos 3, 5 y 6), eólico (ver Anexo 4) y geotérmico, este último no forma parte del diseño eléctrico. Sin embargo, se va a tomar en consideración con respecto al presupuesto e incluyéndolo en el sistema de captación geotérmica horizontal, tal como se indica en el Anexo 7 y el precio de una estación de carga lenta (Anexo 6).

Tabla 4.2. *Inversión presupuestaria*

#	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1	Paneles fotovoltaicos	16,00	\$ 365,27	\$ 5.844,25
2	Baterías	4,00	\$ 21.707,85	\$ 86.831,41
3	Inversores	1	\$ 2.431,47	\$ 2.431,47
4	Regulador	1	\$ 1.300,09	\$ 1.300,09
5	Aerogeneradores HAWT	10	\$ 540,00	\$ 5.400,00
6	Captador geotérmico horizontal	100	\$ 21,78	\$ 2.177,74
7	Estación de recarga vehicular	4	\$ 384,00	\$ 1.536,00
8	Accesorios	1	\$ 1.318,32	\$ 1.318,32
9	Mano de obra (20%)	1	\$ 5.536,96	\$ 5.536,96
10	Administración (5%)	1	\$ 1.384,24	\$ 1.384,24
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 113.760,47</b>

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que en los precios ya está incluido el cambio de moneda euro a dólar y un 20% (criterio de diseño) por importación de materiales.

#### 4.4.2 Ingresos y egresos

Se establece los ingresos por piso definidos por el sueldo laboral, tal como se menciona en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. *Ingresos anuales*

Descripción	Base 1		Base 2	
Sueldo (por piso)	\$ 400,00	\$ 500,00	\$ 600,00	\$ 700,00
Ingreso mensual en el edificio V7	\$ 1600,00	\$ 2000,00	\$ 2400,00	\$ 2800,00
<b>Ingresos anuales</b>	<b>\$ 19.200,00</b>	<b>\$ 24.000,00</b>	<b>\$ 28.800,00</b>	<b>\$ 33.600,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4.4 se determina los egresos anuales, donde se utiliza \$0,09 como el costo del consumo de energía eléctrica por kilovatio hora. Además, se emplea el consumo diario de 60,42 kWh mencionados en los Apartados 3.7 y 4.2.3.

Tabla 4.4. *Egresos anuales*

Descripción	Unidades	P. Total
Consumo eléctrico mensual	1.812,60 kWh	\$ 163,13
Operación y mantenimiento del sistema híbrido		\$ 200,00
Egresos mensuales		\$ 363,13
	<b>Egresos anuales</b>	<b>\$4.357,61</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.3 Análisis beneficio - costo

Se define el flujo efectivo neto como la diferencia entre los ingresos y egresos para un periodo de 10 años y una tasa de descuento del 12%, tal como se observa en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. *Flujo efectivo neto*

Años	Ejemplo A	Ejemplo B	Años	Ejemplo A	Ejemplo B
0	\$ -113.760,47	\$ -113.760,47	6	\$ 16.665,00	\$ 26.231,00
1	\$ 20.251,00	\$ 29.788,00	7	\$ 20.060,00	\$ 26.466,00
2	\$ 20.204,00	\$ 28.337,00	8	\$ 18.448,00	\$ 30.004,00
3	\$ 18.843,00	\$ 26.329,00	9	\$ 17.165,00	\$ 26.139,00
4	\$ 18.253,00	\$ 28.710,00	10	\$ 16.492,00	\$ 29.696,00
5	\$ 18.939,00	\$ 29.637,00			

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4.6 se colocan varios factores como el beneficio / costo, valor actual neto VAN y la tasa interna de retorno (rentabilidad de la inversión).

Tabla 4.6. *Análisis de viabilidad de los sistemas híbridos*

Descripción	Ejemplo A	Ejemplo B
Sueldo por piso	\$400 - \$500	\$600 - \$700
Tasa de descuento	12 %	12 %
VAN Ingresos	\$ 124.283,29	\$ 177.227,84
VAN Egresos	\$ 17.869,02	\$ 17.871,58
VAN (Egresos + Inversión)	\$ 131.629,50	\$ 131.632,05
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>0,94</b>	<b>1,35</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ -7.346,21</b>	<b>\$ 45.595,78</b>
<b>TIR</b>	<b>10,35 %</b>	<b>21,23 %</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se concluye que si el ingreso laboral por edificio está en el rango de \$400 a \$500 por piso, no alcanzaría a la compra del sistema híbrido y la estación de carga vehicular ya que el TIR es inversión a la tasa de descuento. En cambio, si el suelo laboral por piso oscila entre \$600 a \$700 el proyecto se considera viable ya que el TIR (21.23%) es superior a la tasa de descuento (12%). Finalmente, en la Figura 4.20 se observa el flujo efectivo neto cuando el proyecto del sistema híbrido es viable.

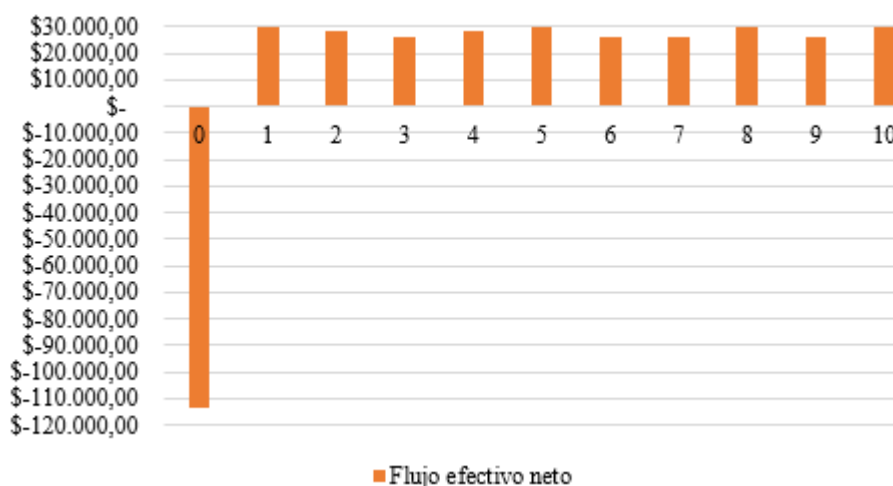


Figura 4.20. Flujo efectivo neto

Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

- Se define una vivienda V7 distribuida en 4 pisos con un máximo de 2 habitantes por piso, cuyo consumo energético dentro del edificio residencial contiene electrodomésticos, motores, luminarias LED, puntos de recarga vehicular modo 1 y otros aparatos hasta obtener una potencia máxima total de 77,46 kW. Además, dispone de parqueadero donde se ubica el sistema de almacenamiento y los puntos de carga; también cuenta con un área de terreno de 300 m<sup>2</sup> para colocar el sistema geotérmico. Por último, en la terraza del edificio deben estar instalados los sistemas fotovoltaicos y eólicos.
- En nuevas edificaciones es importante contar con el área de terreno y construcción para ubicar adecuadamente los sistemas de energía renovable previamente mencionados. Ante ello, se consideran ciertos sectores estratégicos, tales como el Machángara, Yanuncay, Monay, San Sebastián, Hermano Miguel, El Batán y Huayna Cápac; donde las personas contarían con un buen uso de energía renovables tomados del sol, viento y suelo.
- Tomando como puntos de partida un sueldo mensual entre \$600 a \$700, equivalente a \$2.400 y \$2.800 al año, de igual manera se presente un egreso anual de \$4.357,61 y una inversión de \$113.760,47 que abarca el costo de los sistemas fotovoltaicos, aerogeneradores HAWT, captosres geotérmicos horizontales y demás accesorios. Dichos valores determinan el flujo efectivo neto, dando como resultado una relación beneficio/costo igual a 1,35; eso quiere decir que el proyecto es viable. Dicho de otra manera, como el TIR (21,23%) es superior a la tasa de descuento del 12%, se define una buena rentabilidad del proyecto en nuevas edificaciones V7 en un periodo de 10 años.
- Cada sistema eléctrico presenta diversos valores de potencial que depende de la irradiación y velocidad del viento; tal es el caso de los sistemas de generación fotovoltaica y eólica que poseen una potencia máxima de 6,45 kW (12:00 pm) y 0,59 kW (9:00 am); respectivamente. Cabe destacar que el conjunto de baterías abastece la energía faltante

del consumo de energía propuesto, por lo que puede variar entre 15 a 60 kWh/diarios.

- Los edificios de energía neta cero V7 se pueden considerar de bajo consumo si se aprovecha la luz natural para la iluminación. Otro aspecto que considerar es la independencia del sistema de distribución eléctrica. Y, por último, se puede considerar el uso de vegetación tipo sedum en la terraza del edificio a fin de disminuir costos de refrigeración y calefacción.
- Las simulaciones de los sistemas de generación fotovoltaica, eólica y de almacenamiento se realizan a través de Matlab, el cual conlleva un algoritmo en el lenguaje M que contiene la toma de lecturas de irradiancia, velocidad del viento, carga por piso y definidos en función de la potencia. Por consiguiente, se establece el sistema híbrido en Simulink con el propósito de observar el abastecimiento de energía eléctrica a la carga demandante por el edificio V7. Finalmente, las nuevas edificaciones conllevan tres sistemas de energía renovable, comenzando por 16 paneles monocristalinos, 4 baterías, 10 aerogeneradores HAWT, motores, entre otros.

## RECOMENDACIONES

- Los diseños de simulación propuestos en el software Matlab contienen dos partes, la primera posee un algoritmo desarrollado en el lenguaje M y la segunda se realiza en Simulink. Para que las simulaciones operen con normalidad, primero se coloca en funcionamiento el script y luego el archivo elaborado en Simulink con la finalidad de que se carguen los parámetros de irradiancia, velocidad del viento, carga individual del edificio, potencias del sistema fotovoltaico y eólico.
- El estudio de un edificio de energía neta cero comprende generalmente el uso de las ramas eléctricas, electrónicas, ambientales, arquitectónicas y estructurales para lograr una disminución de la emisión de gases CO<sub>2</sub>. Por lo que se recomienda a trabajos futuros, el empleo adicional de las ramas mencionadas anteriormente; a excepción de la rama eléctrica que ya se detalla en el presente trabajo.
- En caso de que se desee incrementar el consumo de energía eléctrica y no cuente con el espacio suficiente en la terraza de la vivienda V7 para adicionar paneles solares fotovoltaicos, se recomienda, colocarlos en las fachadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J., & Hontoria, L. (2011). "DIMENSIONADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS". Jaén, España.
- Arnabat, I. (2016). *Usos de la energía geotérmica en función de su temperatura*. Recuperado el 19 de diciembre de 2021, de <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/geotermia/usos-energia-geotermica-en-funcion-temperatura.html>
- AutoSolar. (2019). *Energía solar*. Obtenido de <https://autosolar.es/>
- Cantos Serrano, J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. Paraninfo S.A.
- Cobo Torres, A., & Neira Orellana, A. (2018). *Identificación de tejidos urbanos en la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Collado, N., Himpe, E., González, D., & Rueda, L. (2019). Retos para una definición de "Edificios de consumo energético casi nulo". *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 34(3), 321-329.
- Construible. (04 de agosto de 2011). *Geotermia en la Universidad de Cuenca*. Recuperado el 9 de enero de 2022, de <https://www.construible.es/2011/08/04/geotermia-en-la-universidad-de-cuenca#:~:text=La%20Universidad%20de%20Cuenca%20ha,de%20la%20Facultad%20de%20Periodismo.&text=Para%20conseguir%20este%20objetivo%2C%20se,energ%C3%ADa%20de%20los%20recursos%20naturales>.
- Cucó Pardillos, S. (2017). *Manual de Energía Eólica Desarrollo de Proyectos e Instalaciones*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Cuevas Chana, D. (2020). *El motor de combustión interna y su impacto ambiental*. Universitas.
- D'amanzo, M., Mercado, M., & Karlen, C. (2020). 10 Preguntas de los edificios Energía Cero: Revisión del estado del arte. *Scielo Analytics*, 10(2), 24-41. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2020.10.02.02>
- EPM. (2019). *Norma Técnica RA8-031 Instalación de Estaciones de Carga para Vehículos Eléctricos*. Colombia: Centros de Excelencia Técnica.

- GADCuenca. (2021). *Plan de Uso y Gestión del Suelo*. Recuperado el 07 de enero de 2021, de <https://planificacion.cuenca.gob.ec/bc-tipo/documento-tecnico>
- Globalsolaratlas. (2021). *Global Solar Atlas*. Obtenido de <https://globalsolaratlas.info/>
- GlobalWindAtlas. (2021). *Atlas mundial de viento*. Obtenido de <https://globalwindatlas.info/>
- González Velasco, J. (2012). *Energías renovables*. Reverté.
- IEEE1013. (2000). *IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- INEC. (2021). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- INEN. (2016). *NTE INEN 3098*. Quito: INEN.
- INER. (2021). *Instituto de Investigación Geológico y Energético*. Recuperado el 20 de diciembre de 2021, de <https://www.geoenergia.gob.ec>
- Marcial Alarcón, A. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. Elearning S.L.
- Martínez Romero, L. (2021). Optimización de una instalación fotovoltaica para autoconsumo en edificio residencial. Cartagena, Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Marulanda Rendón, J. (2020). *Sistemas alternativos de energía*. El Cid Editor.
- MERNNR. (2020). *Balance Energético Nacional 2020*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
- Ramón Cortés, G. (2017). Integración de la energía geotérmica en la cimentación de edificios para su posterior climatización. España: UPC Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.
- Rey Martínez, F., Velasco Gómez, E., Rey Hernández, J., Alonso, J., Tejero González, A., & Esquivias Fernández, P. (2020). *Diseño y Gestión de Edificios de Consumo de Energía casi nulo*. Paraninfo.
- Ros Marín, J., & Barrera Doblado, Ó. (2017). *Vehículos Eléctricos e Híbridos*. Paraninfo.
- Tobajas, C. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. Cano Pina.
- Trashorras Montecelos, J. (2019). *Vehículos eléctricos*. Paraninfo.

Valbuena García, F. (2021). Diseño y estudio energético de un Edificio NZEB (near zero energy building). Planteamientos de sostenibilidad. Universidad de Valladolid.


WeatherSpark. (2021). *Chispa meteorológica*. Recuperado el 19 de diciembre de 2021, de WeatherSpark.com

## ANEXOS

Anexo 1. Perfiles de carga .....	73
Anexo 2. Velocidades promedios en la ciudad de Cuenca .....	82
Anexo 3. Panel fotovoltaico.....	84
Anexo 4. Generador eólico.....	85
Anexo 5. Baterías .....	86
Anexo 6. Inversor, regulador y estación de carga vehículos eléctricos .....	87
Anexo 7. Presupuesto para el captador geotérmico horizontal .....	89
Anexo 8. Sistema híbrido de energía para viviendas tipo V7 .....	90
Anexo 9. Simulaciones del sistema híbrido.....	91

## Anexo 1. Perfiles de carga

- Nevera



Premium **Cálculos & Diseño** Instalación

Aparato	Watts
<b>Cocina</b>	
Licuadora	500 W
Abrelatas	150W
Maquina de cafe	1000W
Lavavajillas	1200-1500W
Máquina de espresso	800W
Congelador – Vertical – 15 pies cúbicos pie	1240 Wh / Día **
Congelador – Cofre – 15 pies cúbicos pie	1080 Wh / Día **
Nevera – 20 pies cúbicos ft. (AC)	1411 Wh / día **
Nevera -16 cu. ft. (AC)	1200 Wh / día **

$$\text{Potencia} = \frac{1411 \text{ Wh}}{\text{día}} \left| \frac{1\text{día}}{24\text{h}} \right. = 58.79 \text{ W} = 0.059 \text{ kW}$$

- Lavadora



Premium **Cálculos & Diseño** Instalación Mantenimiento

Q

Aparato	Watts
<b>Lavandería</b>	
Secadora de ropa – Eléctrica	3000W
Secadora de ropa – Gas	1800W
Lavadora de ropa	800W

- Microondas




Inicio Copelco Servicios Noticias Oficina Virtual Información de interés

### Hogar

Artefacto	Potencia	Consumo por hora
Lavarropas automático	520 watt	Wh: 182 - kWh: 0,182
Lavarropas autom. con calentamiento de agua	2520 watt	Wh: 882 - kWh: 0,882
Lavarropas semiautomático	200 watt	Wh: 80 - kWh: 0,080
Secarropas centrifugo	240 watt	Wh: 240 - kWh: 0,192
Termotanque	3000 watt	Wh: 900 - kWh: 0,900
Freezer	180 watt	Wh: 90 - kWh: 0,090
Heladera	150 watt	Wh: 63 - kWh: 0,063
Heladera con freezer	195 watt	Wh: 98 - kWh: 0,098
Horno microondas	800 watt	Wh: 640 - kWh: 0,640
Horno eléctrico	1300 watt	Wh: 1300 - kWh: 0,090

- Tostadora

 Tecnología	Premium	Cálculos & Diseño	Instalación
Horno – Eléctrico			1200W
Tostadora			850W
Horno tostador			1200W
Mezclador de pie			300W

- Licuadora, plancha y secador de pelo

**Pequeños electrodomésticos**

Artefacto	Potencia	Consumo por hora
Licuadora	300 watt	Wh: 300 - kWh: 0,300
Lustraspiradora	750 watt	Wh: 675 - kWh: 0,675
Máquina de coser	90 watt	Wh: 90 - kWh: 0,090
Multiprocesadora	500 watt	Wh: 400 - kWh: 0,400
Plancha	1000 watt	Wh: 600 - kWh: 0,600
Purificador de aire	110 watt	Wh: 110 - kWh: 0,110
Secador de pelo	500 watt	Wh: 400 - kWh: 0,400
Aspiradora	750 watt	Wh: 675 - kWh: 0,675

- Cocina de inducción 7k

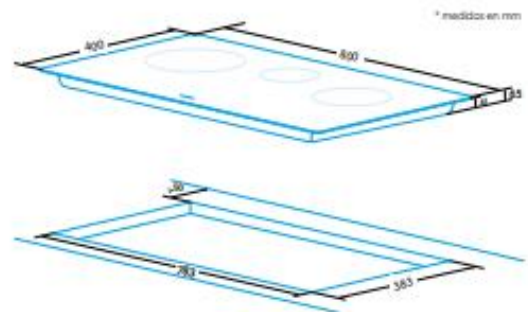


## INDUCCIÓN 3 FOCOS PANORAMA.

**EIR-8330 B - Biselado completo**

Ean-13: 8435436112591 - Cód.: 922272005

- ✓ Placa de inducción con biselado completo
- ✓ 3 Focos: Uno de 30 cm, otro de 22 cm y otro de 16 cm de diámetro
- ✓ Panel de control tipo **Round Slider Touch**
- ✓ Selector de potencia centralizado, con 9 niveles y Booster
- ✓ Selector de temporizador
- ✓ Funciones de cocción preestablecidas (keep warm)
- ✓ Función Stop&Go
- ✓ Bloqueo de seguridad
- ✓ Indicador calor residual
- ✓ Potencia máxima 7 kW
- ✓ Dimensiones (ancho x fondo x alto): 800 x 400 x 65 mm



FOCO XXL



PROGRAMA BOOSTER



TIMER



CONTROL RESIDUAL



FUNCIONES DE COCCIÓN



BLOQUEO DE SEGURIDAD



INDICADOR CALOR RESIDUAL



BLOQUEO DE SEGURIDAD



STOP&amp;GO

- Televisor.



Inicio Copelco Servicios Noticias Oficina Virtual Información de interés

### TV y Video

Artefacto	Potencia	Consumo por hora
Reproductor de video	100 watt	Wh: 100 - kWh: 0,100
Televisor color 14"	50 watt	Wh: 50 - kWh: 0,050
Televisor color 20"	70 watt	Wh: 70 - kWh: 0,070
Televisor color 27"	100 watt	Wh: 100 - kWh: 0,100
Televisor color 29"	140 watt	Wh: 140 - kWh: 0,140

- Computador e impresora láser



Premium

Cálculos & Diseño

Instalación

Aparato	Watts
<b>Oficina</b>	
Computadora de escritorio (estándar)	200W
Computadora de escritorio (juegos)	500W
Ordenador portátil	100W
Monitor LCD	100W
Módem	7W
Trituradora de papel	150W
Impresora	100W

- Teléfono inalámbrico 0.003k

**PCEL**®

Búsqueda

Síguenos en: [f](#) [t](#)


Computadoras Hardware Accesorios Almacenamiento Electrónica Redes Software Servidores Impresión Especiales Outlet

Laptops Smartphones Tarjetas de Video Unidades SSD Procesadores Memorias DDR Tarjetas Madre Monitores

**Categorías**  
 Electrónica (4015)  
 - Telefonía (407)  
 - Smartphones  
 - Teléfonos Inalámbricos  
 - Teléfonos Alámbricos  
 - Voz sobre IP (VoIP)

[Inicio](#) » [Electrónica](#) » [Telefonía](#) » [Teléfonos Inalámbricos](#) » [Panasonic \[KX-TG1712\]](#)

**Teléfono Inalámbrico Panasonic con Identificador de Llamadas, Tecnología DECT 6.0 y 50 números en memoria.**



**Panasonic**

Sku: 86243  
 Modelo:  
 KX-TG1712  
**Producto Agotado**

Precio con IVA:  
**Producto Agotado**

Cantidad:

[Ver Productos Similares](#)  
[Mis Favoritos](#) [Ver Existencias](#)  
[Selecciona para comparar](#)

[¿Tienes alguna duda acerca de este producto?](#)

★★★★★ [0 opiniones](#) | [Escribir Opinión](#)

## Especificaciones


Especificaciones del Teléfono	
Estándar	DECT 6.0
Rango de Frecuencias	1.92 GHz a 1.93 GHz
Potencia de Transmisión RF	10 mW aproximadamente
Contestador Automático	-
Identificador de Llamadas	SI
Pantalla Retroiluminada	SI
Teclado Retroiluminado	-
Altavoz	-
Números en Memoria	50 números telefónicos
Alimentación	120 V CA, 60Hz
Consumo de Energía	3.3W
Baterías Recargables	(AAA (R03) NI-MH). Incluidas.
Contenido	• 2 x Auriculares • 2 x Unidad Base • 2 x Cargador • 4 x Baterías "AAA" • 1 x Cable Telefónico

- Receptor estéreo y consola de videojuegos

 Premium **Cálculos & Diseño** Instalación

Aparato	Watts
<b>Sala</b>	
Reproductor Blu-ray	15W
Equipo de TV por cable	35W
Reproductor de DVD	15W
TV – LCD	150W
TV – Plasma	200
Antena parabólica	25W
Receptor estéreo	450W
Consola de videojuegos	150W

- Plancha de pelo

 Premium **Cálculos & Diseño** Instalación

Aparato	Watts
<b>Electrodomesticos</b>	
Radio despertador	7W
Plancha de pelo	150W
Deshumidificador	280W
Afeitadora eléctrica	15W
Manta eléctrica	200W

- Bombillos LED 0.02k



[Inicio](#) [Copelco](#) [Servicios](#) [Noticias](#) [Oficina Virtual](#) [Información de interés](#) [Co](#)

### Iluminación

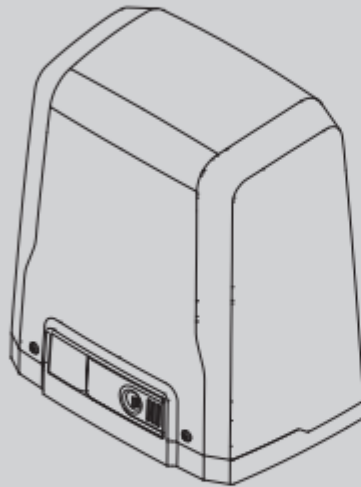
Artefacto	Potencia	Consumo por hora
Dicroica de 20 W	23 watt	Wh: 23 - kWh: 0,023
Lámpara fluorescente compacta de 7 W	7 watt	Wh: 7 - kWh: 0,007
Lámpara fluorescente compacta de 11 W	11 watt	Wh: 11 - kWh: 0,011
Lámpara fluorescente compacta de 15 W	15 watt	Wh: 15 - kWh: 0,015
Lámpara fluorescente compacta de 20 W	20 watt	Wh: 20 - kWh: 0,020
Lámpara fluorescente compacta de 23 W	23 watt	Wh: 23 - kWh: 0,023

- Motor para el parqueadero



DNI 2089/00100 02 16-06-16

ATTUATORE PER CANCELLI SCORREVOLI A CREMAGLIERA  
 ACTUATOR FOR RACK SLIDING GATES  
 ACTIONNEUR POUR PORTAILS COULISSANTS A CREMAILLIERE  
 ANTRIEB FÜR ZAHNSTANGEN-SCHIEBETORE  
 SERVOMOTOR PARA CANCELAS CORREDERAS DE CREMALLERA  
 ACTUATOR VOOR SCHUIFHEKKEN MET TANDHEUGEL



ISTRUZIONI D'USO E DI INSTALLAZIONE  
 INSTALLATION AND USER'S MANUAL  
 INSTRUCTIONS D'UTILISATION ET D'INSTALLATION  
 INSTALLATIONS-UND GEBRAUCHSANLEITUNG  
 INSTRUCCIONES DE USO Y DE INSTALACION  
 INSTALLATIEVOORSCHRIFTEN

**DEIMOS AC A 800**



AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
 INTEGRATO CERTIFICATO DA DNV  
 = UNI EN ISO 9001:2008 =  
 UNI EN ISO 14001:2004

**Attenzione!** Leggere attentamente le "Avvertenze" all'interno! **Caution!** Read "Warnings" inside carefully! **Attention!** Veuillez lire attentivement les Avertissements qui se trouvent à l'intérieur! **Achtung!** Bitte lesen Sie aufmerksam die "Hinweise" im Inneren! **Atención!** Leer atentamente las "Advertencias" en el interior! **Let op!** Lees de "Waarschuwingen" aan de binnenkant zorgvuldig!

**1) GENERALITÀ**

L'attuatore **DEIMOS AC A 800** offre un'ampia versatilità d'installazione, grazie alla posizione estremamente bassa del pignone, alla compattezza dell'attuatore e alla regolazione dell'altezza e profondità di cui dispone. La manovra manuale d'emergenza si effettua con estrema facilità tramite una leva di sblocco. L'arresto a fine corsa è controllato da microinterruttori elettromeccanici.

**2) DATI TECNICI**

Alimentazione	110 - 120V 60Hz 220-230V 50/60 Hz(*)
Giri motore	1400 min <sup>-1</sup>
Potenza assorbita	300 W
Condensatore	10 µF (220-230V) 40 µF (120V)
Protezione termica	110° C
Classe d'isolamento	F
Modulo pignone (standard)	4mm (14 denti)
Velocità anta (standard)	9 m/min
Peso anta max-standard**	800kg (=8000N)
Modulo pignone (veloce)	4mm (18 denti)
Velocità anta (veloce)	11m/min
Peso anta max-veloce**	500kg (=5000N)
Coppia max	20Nm
Rapporto di riduzione	1/30
Reazione all'urto	Vedi par. "APPLICAZIONE DI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE ATTIVI"
Lubrificazione	Grasso permanente
Manovra manuale	Sblocco meccanico a leva
Tipo di utilizzo	residenziale
Unità di controllo	SHYRA AC F
Condizioni ambientali	da -20°C a + 55°C
Grado di protezione	IP24
Rumorosità	<70dBA
Peso operatore	9,4 kg (=94N)
Dimensioni	Vedi <b>Fig. G</b>
Ciclo massimo	10 cicli/h con manovra di 50s

(\*) Tensioni speciali di alimentazione a richiesta.  
(\*\*) Non sono previste dimensioni minime o massime per la parte guidata che può essere utilizzata.

**3) PREDISPOSIZIONE TUBI FIG.A**

Predisporre l'impianto elettrico facendo riferimento alle norme vigenti per gli impianti elettrici CEI 64-8, IEC364, armonizzazione HD384 ed altre norme nazionali.

**4) PREDISPOSIZIONE FISSAGGIO MOTORE FIG.B**

• Predisporre uno scavo dove eseguire la piazzola di cemento dove andranno posizionati i tasselli ad espansione rispettando le quote riportate in **(FIG.B)**.

**5) RIMOZIONE CARTER DI COPERTURA FIG.C**

- Svitare le due apposite viti frontali (FIG. C - rif.1).
- Spingere come indicato in figura (FIG.C - rif.2 - rif.3) per sganciare il carter dai due blocchetti posteriori (FIG.C - rif.3A e FIG.C - rif.3B).
- Sollevare il carter (FIG.C - rif.4).

**6) MONTAGGIO MOTORE FIG.D**

18 - DEIMOS AC A 800

**7) MONTAGGIO ACCESSORI TRASMISSIONE FIG.E-E1**

Tipi di cremagliera consigliati (fig.H)

**8) CENTRAGGIO CREMAGLIERA RISPETTO AL PIGNONE FIG.I-J1-K**

**PERICOLO** - L'operazione di saldatura va eseguita da persona capace e dotata di tutti i dispositivi di protezione individuali previsti dalle norme di sicurezza vigenti FIG.L.

**9) FISSAGGIO STAFFE FINECORSO FIG.F**

**10) FERMI D'ARRESTO FIG.L**

**PERICOLO** - Il cancello deve essere dotato dei fermi d'arresto meccanici sia in apertura che sia in chiusura, in modo da impedire la fuoriuscita del cancello dalla guida superiore. E devono essere solidamente fissati a terra, qualche centimetro oltre il punto d'arresto elettrico.  
Nota: la costa attiva (Fig. L rif. 1) deve essere installata in modo da non essere attivata dai fermi d'arresto meccanici.

**11) SBLOCCO MANUALE (Vedi MANUALE D'USO -FIG.3).**

**Attenzione Non spingere VIOLENTEMENTE l'anta del cancello, ma ACCOMPAGNARLA per tutta la sua corsa.**

**12) COLLEGAMENTO MOSETTIERA FIG. M**

Rimuovere la copertura scheda sganciandola come da indicazioni (Fig. M1-M2-M3).

Passati gli adeguati cavi elettrici nelle canalette e fissati i vari componenti dell'automazione nei punti prescelti, si passa al loro collegamento secondo le indicazioni e gli schemi riportati nei relativi manuali istruzioni. Effettuare la connessione della fase, del neutro e della terra (obbligatoria). Il cavo di rete va bloccato nell'apposito pressacavo (FIG.M-rif.X) e il conduttore di protezione (terra) con guaina isolante di colore giallo/verde, deve essere collegato nell'apposito serrafilo (FIG.M-rif.Y).

**AVVERTENZE** - Nelle operazioni di cablaggio ed installazione riferirsi alle norme vigenti e comunque ai principi di buona tecnica. I conduttori alimentati con tensioni diverse, devono essere fisicamente separati, oppure devono essere adeguatamente isolati con isolamento supplementare di almeno 1mm.

I conduttori devono essere vincolati da un fissaggio supplementare in prossimità dei morsetti, per esempio mediante fascette. Tutti i cavi di collegamento devono essere mantenuti adeguatamente lontani dai dissipatori.

**13) PER IL SETTAGGIO DEI PARAMETRI DEL MOTORE FARE RIFERIMENTO AL MANUALE DELLA CENTRALE**

**14) REGOLAZIONE COPPIA MOTRICE**

Per il settaggio dei parametri della coppia motrice fare riferimento al manuale della centrale.

**PERICOLO** - Il regolatore di coppia, deve essere tarato prima di rendere operativa l'automazione.

**15) APPLICAZIONE DI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE ATTIVI**

Se il funzionamento del motore non è a uomo presente, installare dispositivi di sicurezza di tipo "C" oppure di tipo "E" secondo la EN12453 e conformi alla EN12978. Se si proteggono i bordi pericolosi dell'anta mediante coste attive, verificare che i dati dichiarati siano compatibili con l'unità di motorizzazione. In particolare verificare che:

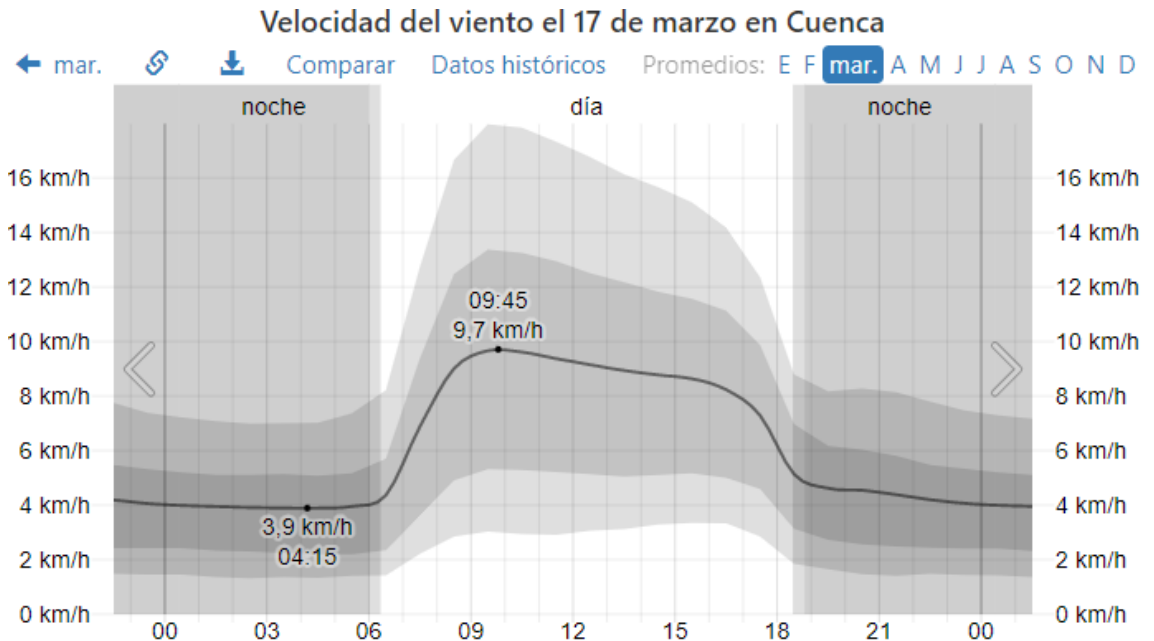
- l'extra corsa sia superiore a 30 mm;
- la velocità massima sia maggiore di 9m/min, (11m/min versione veloce);
- il range di temperatura sia almeno -20°C+55°C;
- il tempo di risposta sia compatibile con il motore;
- la costa sia adatta al tipo di bordo da proteggere;

**ATTENZIONE:** Verificare che il valore della forza d'impatto misurato nei punti previsti dalla norma EN12445, sia inferiore a quanto indicato nella norma EN 12453.

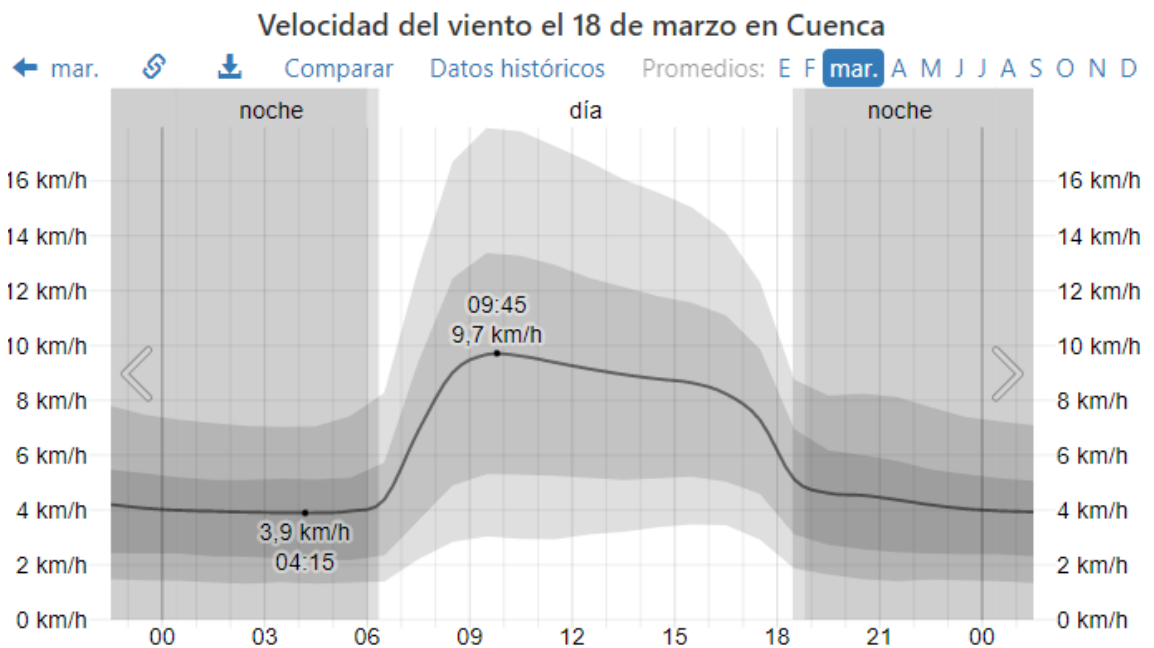
**ATTENZIONE!** Un'errata impostazione può creare danni a persone, animali o cose.

**Anexo 2.** Velocidades promedios en la ciudad de Cuenca

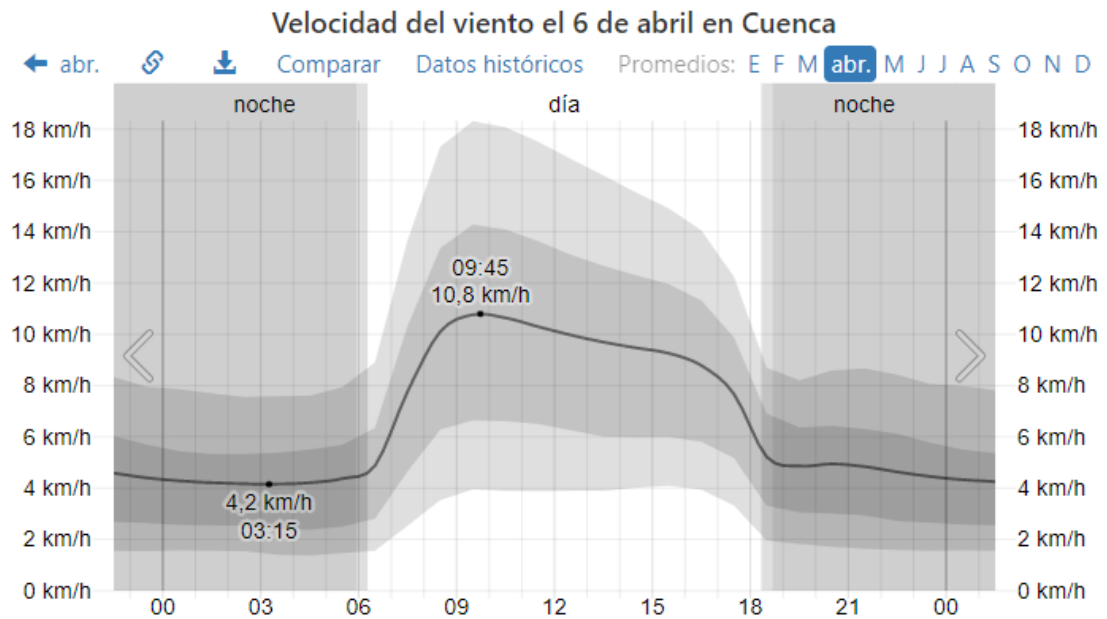
- Día: 17 marzo 2022.



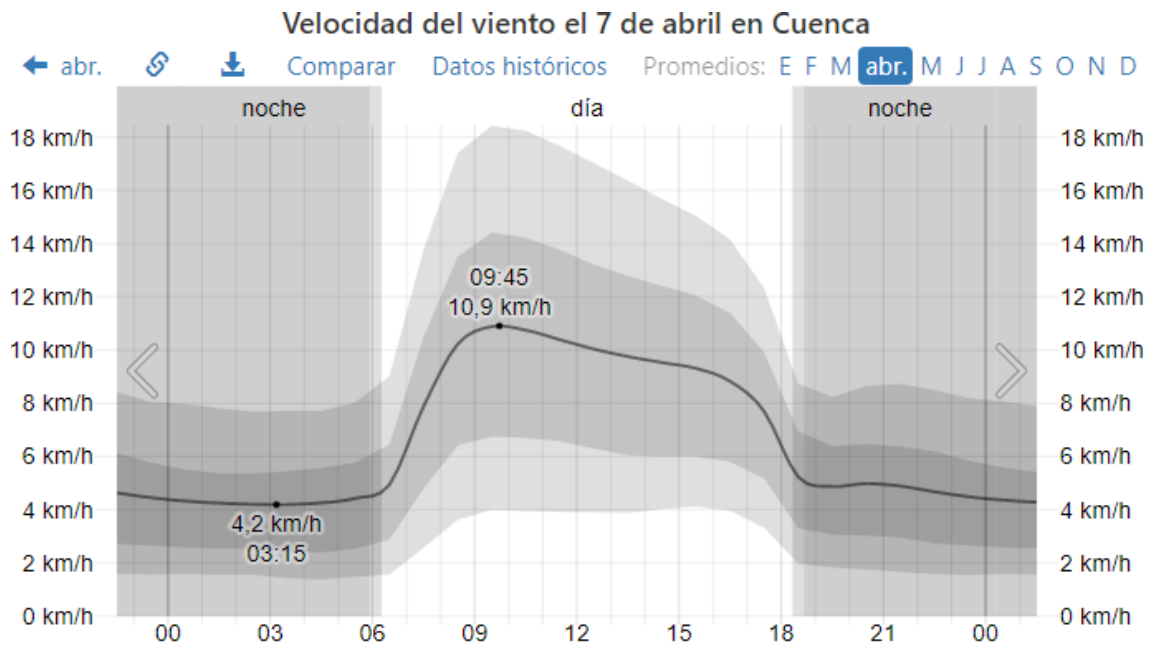
- Día: 18 marzo 2022.



- Día: 6 abril 2022.



- Día: 7 abril 2022.



### Anexo 3. Panel fotovoltaico

- Panel solar ESPSC 400 M

CHARACTERISTICS	
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient $I_{sc}$	+0.02973%/°K
Temperature-Coefficient $V_{oc}$	-0.38038%/°K
Temperature-Coefficient $P_{max}$	-0.57402%/°K
NOCT***	45°C

CERTIFICATES	
IEC 61215 edition 2 (TUV Nord ) (TUV Rheinland )	
IEC 61730 MCS INMETRO	
CE CEC SALT-MIST	
UL1703 CSA	
PID Resistant	

ESPSC TYPE	380M	385M	390M	395M	400M
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage ( $V_{mp}$ ) <sup>*</sup> at STC**	40.5V	40.8V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current ( $I_{mp}$ ) at STC	9.39A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) at STC	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.8V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) at STC	9.75A	9.92A	10.12A	10.23A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

\* MPP: Maximum Power Point  
 \*\* STC (Standard Test Conditions): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5  
 \*\*\* Normal Operating Cell Temperature



- Precio

https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-400w-perc-monocristalino-era

**Panel Solar 400W PERC Monocristalino ERA**

269,37€ SIN IVA 222,62 € ★★★★★ 216 Opiniones

Envío: Entrega gratuita en España  
 Entrega: Recibido el martes 14 de junio  
 Fabricante: ERA | Cod. Artículo: 1002119  
 Cantidad: 1  
 Financiación: Calcular cuota

**AÑADIR AL CARRITO** **COMPRAR**

**Panel Solar 400W PERC Monocristalino ERA opiniones** [Ver más opiniones](#)

Aquilino F ★★★★★ 24.05.2022  
 Llegada a tiempo

25 años de garantía | 14 días de devolución | 100% pago seguro | Secured by GeoTrust

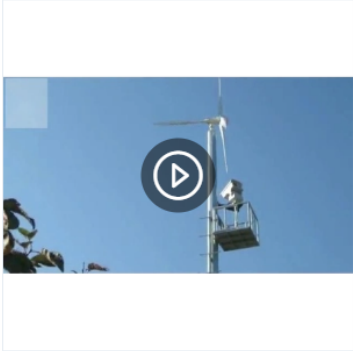
El Panel Solar 400W PERC Monocristalino ERA ofrece la mejor opción para instalar la máxima potencia en el menor espacio. Gracias a sus células monocristalinas PERC de elevado rendimiento, tendremos casi un 25% más de producción respecto a un panel de 330W y con el mismo tamaño físico. Es perfecto para aisladas, conexiones a red y en definitiva cualquier tipo de sistema gracias a su elevada eficiencia. Tendremos mayor producción ocupando el mismo espacio. Es un panel solar de 72 células, lo que nos indica que es de 24V aunque siempre se recomienda utilizar un regulador MPPT para sacar el máximo partido a su producción.







## Anexo 4. Generador eólico






← → ↻ 🔒 <https://uintltrade.en.made-in-china.com/product/DZvEgNJPXmhy/China-600W-1kw-2kw-3kw-5kw-10kw-15kw-20kw-30kw-50k...>

Products ▾ Enter a keyword to search products

Home > Industrial Equipment & Components > Power & Generating Sets > Wind Generator



< ▶       >

♡ Favorites [Share](#)     

### 600W 1kw 2kw 3kw 5kw 10kw 15kw 20kw 30kw 50kw 100kw 200kw Home Use Horizontal Wind Turbine, Wind Power Geneator, Wind Generation System

Reference FOB Price ⓘ [Get Latest Price >](#)

**US \$450-11,700** / Piece | 1 Piece (Min. Order)

---

Warranty: 3 Years

Output Type: AC Three Phase

Number of Blade: Three Blade

Rotating Shaft: Horizontal

Stress Way of Blade: Resistance

Power: < 10kW

---

Customization: Available | [Customized Request](#)

← → ↻ 🔒 <https://uintltrade.en.made-in-china.com/product/DZvEgNJPXmhy/China-600W-1kw-2kw-3kw-5kw>

Products ▾ Enter a keyword to search products

Product Description
Company Info.
Customer Question & Answer

### UHWT SERIES HORIZONTAL WIND TURBINE

#### PRODUCTION DESCRIPTION

Rated power--(W)	600	1000	2000	3000
Max power--(W)	720	1200	3000	4500
Blade diameter--(m)	2.5	2.8	3.8	4.5
Material of blades	FRP			
Quantity of blades	3			
Rated rotor speed--(RPM)	400	360	320	240
Rated wind speed--(m/s)	8	8	8	9
Start wind speed--(m/s)	2	2	2	2
Working wind speed--(m/s)	3-25	3-25	3-25	3-25
Safe working speed--(m/s)	50	50	50	50
Output voltage--(V)	12,24,48	12,24,48	24-300	48-300
Generator type	3 phase AC			
top weight(kg)	45	60	90	120

## Anexo 5. Baterías

https://autosolar.es/baterias-estacionarias-opzs-24v/bateria-estacionaria-bae-24v-3750ah


**SECCIÓN ENERGÍA SOLAR**

- Kits Solares ▶
- Paneles Solares ▶
- Estructura Paneles Solares ▶
- Baterías ▶**
  - Baterías de Plomo Abierto ▶
  - Baterías AGM ▶
  - Baterías de GEL ▶
  - Baterías Estacionarias ▶**
    - Baterías Estacionarias OPzS ▶
    - Baterías Estacionarias OPzS 2V ▶
    - Baterías Estacionarias OPzS 12V ▶
    - Baterías Estacionarias OPzS 24V ▶**
    - Baterías Estacionarias OPzS 48V ▶
  - Baterías Estacionarias OPzV ▶
  - Baterías Estacionarias TOPz ▶
- Baterías de Litio ▶
- Accesorios Baterías ▶
- Inversores ▶
- Reguladores de Carga ▶
- Cargador de Baterías ▶
- Cargador coche eléctrico ▶
- Aerogeneradores ▶
- Iluminación 12V ▶
- Generadores ▶
- Bombas Agua ▶
- Material Eléctrico ▶

30 113

(18750 Opiniones)

### Batería Estacionaria BAE 24V 3750Ah



16.008,74€

BNI IVA 13.230,38 €

Envío: **Entrega gratuita en España!**

Entrega: **Recibelo el jueves 16 de junio**


Fabricante: BAE | Cod. Artículo: 1761033

Cantidad:


Financiación: Calcular cuota

AÑADIR AL CARRITO
COMPRAR

2 años de garantía
14 años de devolución
100% pago seguro




La imagen puede no adaptarse a tu dispositivo en concreto




Batería estacionaria BAE 3750Ah 24V, utilizada en aplicaciones solares y sistemas híbridos. Las baterías estacionarias BAE están caracterizadas por una alta capacidad cíclica además de tener un comportamiento de recarga excelente.

#### MÁS VENDIDOS




356,95 EUR

Batería AGM 12V 250Ah Tensite




373,45 EUR

Batería Frontal Tensite AGM 250Ah 12V



375,43 EUR

Batería AGM 12V 300Ah Tensite



213,46 EUR

Batería AGM 12V 138Ah Ultracell UC-138-12

Descripción	Ficha Técnica	Opiniones (0)	Preguntas (0)
<p>Las baterías ofertadas disponen de una capacidad de 90,00 kWh de acumulación total. Dado que no se recomienda que las baterías se descarguen más de un 30% de su capacidad total por una cuestión de durabilidad y cuidado de la misma, la energía útil acumulada en la batería es de 45,00 kWh.</p>			

ENVÍO GRATIS

PARA PEDIDOS SUPERIORES A 150 €  
RESTO DE ENVÍOS 7,5 €

## Anexo 6. Inversor, regulador y estación de carga vehículos eléctricos

- Inversor


https://autosolar.es/inversores-24v/inversor-phoenix-smart-24v-5000va-victron-en...

961 430 113  
NUESTRAS SEDES ▶

SECCIÓN ENERGÍA SOLAR

- Kits Solares ▶
- Paneles Solares ▶
- Estructura Paneles Solares ▶
- Baterías ▶
- Inversores ▶**
  - Inversores 12V -
  - Inversores 24V -**
  - Inversores 48V -
  - Inversores Cargadores ▶
  - Inversores Híbridos -
  - Inversor de Conexión a Red ▶
  - Micro Inversores -
  - Convertidores de Corriente ▶
  - Vatímetro -

**Inversor Phoenix Smart 24V 5000VA Victron Energy**



**1.793,12€** SIN IVA 1.481,92 €

Envío: Entrega gratuita en España!

Entrega: **Recíbelo el martes 14 de junio**

Fabricante: Victron | Cod. Artículo: 3005121

Cantidad:

Financiación: Calcular cuota

**AÑADIR AL CARRITO** **COMPRAR**

5 años de garantía 14 días de devolución 100% pago seguro

Secured by GeoTrust

Comprar Inversor Solar Phoenix Smart 24V/230V 5000VA Victron. Perfectos para instalaciones solares que extraen la corriente de las baterías y convierten la energía en 230V corriente alterna para utilizar en aparatos convencionales de viviendas.

- Regulador


https://autosolar.es/reguladores-de-carga-mppt/regulador-mppt-250v-100a-victron...

961 430 113  
NUESTRAS SEDES ▶

SECCIÓN ENERGÍA SOLAR

- Kits Solares ▶
- Paneles Solares ▶
- Estructura Paneles Solares ▶
- Baterías ▶
- Inversores ▶
- Reguladores de Carga ▶**
  - Reguladores de Carga PWM -
  - Reguladores de Carga MPPT -**
  - Reguladores de Carga 2 Baterías ▶
  - Accesorios Reg. Carga -
- Cargador de Baterías ▶
- Cargador coche eléctrico ▶
- Aerogeneradores ▶
- Iluminación 12V ▶
- Generadores ▶
- Bombas Agua ▶
- Material Eléctrico ▶

**Regulador MPPT 250V 100A Victron Smart Solar**



**958,77€** SIN IVA 792,37 €

Envío: Entrega gratuita en España!

Entrega: **Recíbelo el martes 14 de junio**

Fabricante: Victron | Cod. Artículo: 2008110

Cantidad:

Financiación: Calcular cuota

**AÑADIR AL CARRITO** **COMPRAR**

Regulador MPPT 250V 100A Victron Smart Solar [Ver más opiniones](#)

**Herbert H** ★★★★★ 07.10.2020  
todo bien

2 años de garantía 14 días de devolución 100% pago seguro

Secured by GeoTrust

El Regulador MPPT 250V 100A Victron Smart Solar es un regulador de carga solar maximizador que nos proporciona el máximo rendimiento de cualquier tipo de panel para nuestra instalación de energía solar. Todos los modelos Smart incorporan Bluetooth interno para poder conectarnos a configurar y monitorizar nuestro regulador desde nuestro teléfono, tablet o pc con la aplicación de Victron. Este modelo Regulador MPPT 250V 100A Victron Smart Solar trabaja con baterías de 12V y 24V y soporta un máximo de 250V en la entrada de paneles y puede cargar la batería a una intensidad máxima de 100A. Este Regulador MPPT 250V 100A Victron Smart Solar con batería de 12V admite un máximo de 1450W desde paneles, a 24V de batería son 2900W y a 48V aprovecharemos de paneles hasta 5800W.

- Estación de carga residencial

← → ↻ <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Waterproof-1600097367796.html?spm=a2700.7735675.norma>  
Categorías ▾ Ayuda ▾

Casa / Todas las industrias / Partes y accesorios para vehículos / Partes y accesorios para coches / Aparatos electrónicos del auto



🔍 Ver imagen más grande



🔍 Añadir para comparar ⬆️ Compartir



Estación de carga EV para coche eléctrico, equipo c impermeable IP65, 1 fase, APP certificada UL, nivel

Productos en rebajas imperdibles

📄 Informe de prueba disponible **Análisis de composición**

★★★★★ 5.0 2 Reseñas 13 compradores

2 - 49 Unidades	50 - 199 Unidades	200 - 499 Unid
<b>320,00 US\$</b>	<b>305,00 US\$</b>	<b>291,00 US\$</b>

**\$20.00 OFF** Order more than \$700.00 [Obtener el cupón ▾](#)

Beneficios: Regalo de cupón de 3 días: hasta US \$80 descuento

De carga rápida  3.5kw  7kw  10kw

Color

Muestras:

320,00 US\$/Unidad | 2 Unidad (Pedido m

## Anexo 7. Presupuesto para el captador geotérmico horizontal

← → ↻ No es seguro | http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/calculaprecio.asp?Valor=20|0\_0\_1\_0\_0\_0|2||ICUO

**Generador de Precios.Rehabilitación. España** © CYPE Ingenieros, S.A. Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

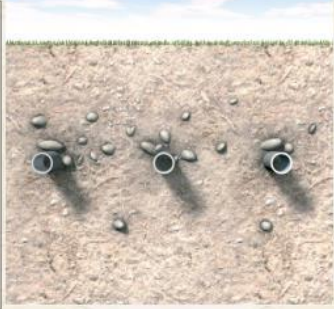
MEJORADO

Precios descompuestos


- Obra nueva
- » **Rehabilitación**
- Espacios urbanos
- 0 Actuaciones previas
- D Demoliciones
- A Acondicionamiento del terreno
- C Cimentaciones
- E Estructuras
- F Fachadas y particiones
- L Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares
- H Remates y ayudas
- I Instalaciones**
- IL Infraestructura de telecomunicaciones
- IA Audiovisuales
- IC Calefacción, climatización y A.C.S.**
- ICA Agua caliente
- ICH Chimeneas, hogares, cocinas, cassettes insertables y estufas
- ICM Emisores eléctricos para calefacción
- ICD Combustible líquido
- ICC Calderas a gasóleo
- ICG Calderas a gas
- ICI Calderas eléctricas
- ICQ Calderas de biomasa
- ICJ Calderas a carbón o leña
- ICO Sistemas de evacuación de los productos de la combustión
- ICS Sistemas de conducción de agua
- ICE Emisores por agua para climatización
- ICB Captación solar
- ICX Dispositivos de control centralizado
- ICR Sistemas de conducción de...

Separación de los tubos (cm)

Polietileno reticulado (PE-Xa)  
 Polietileno de alta densidad (PE 80)  
 Polietileno de alta densidad (PE 100)



Presión nominal (atm)



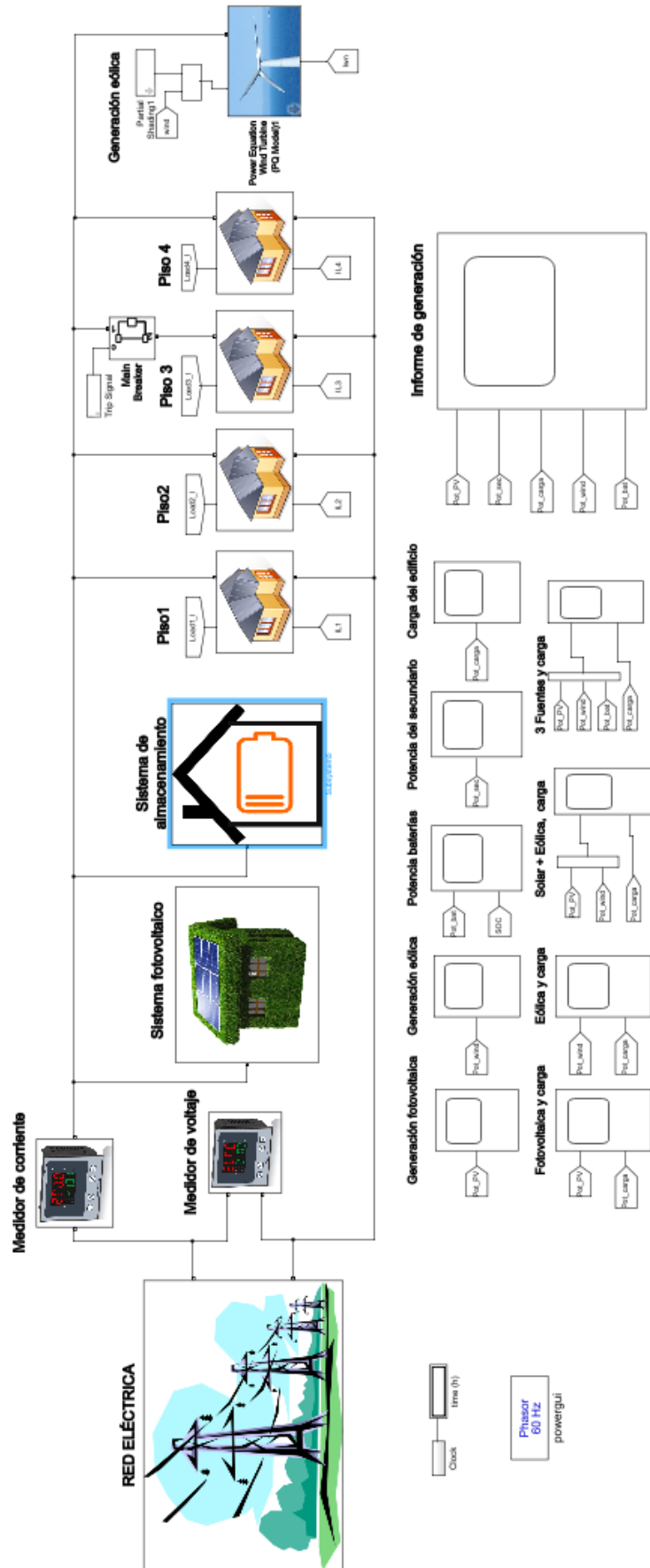
on. España © CYPE Ingenieros, S.A. Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

MEJORADO POR Google

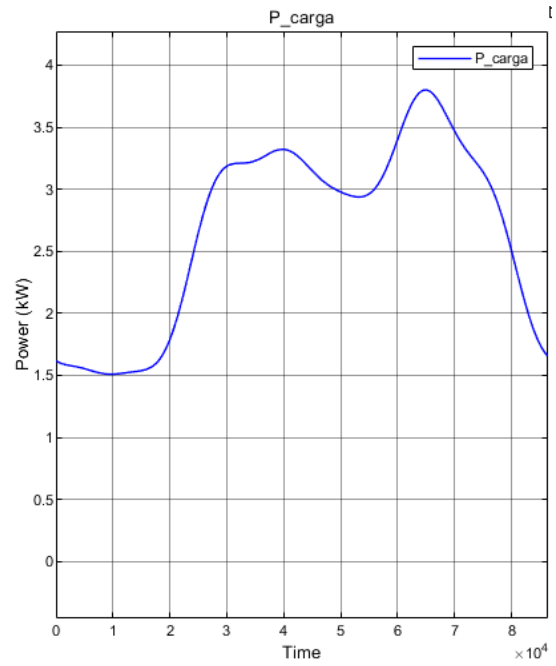
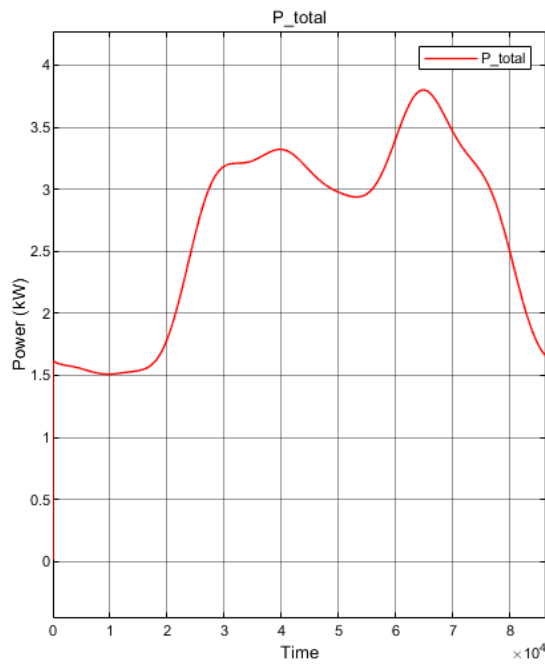
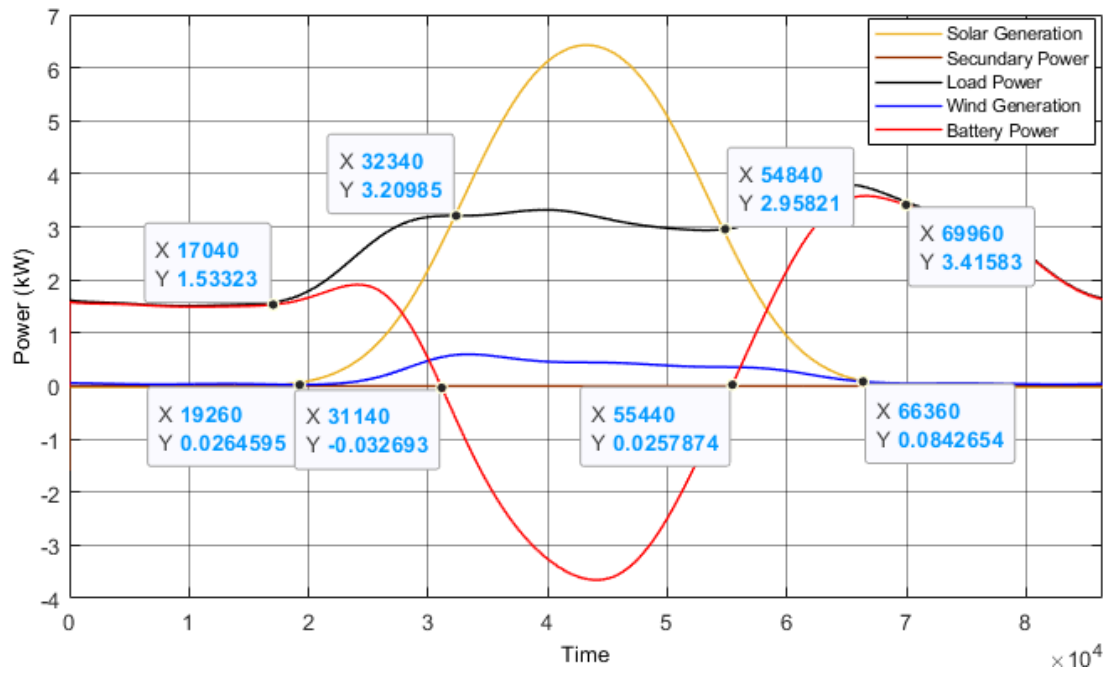
Captador geotérmico horizontal, formado por tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, SDR11, PN=15 atm.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1</b>		<b>Materiales</b>			
mt37tpx010ae	m	Tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, SDR11, PN=15 atm, según UNE-EN ISO 15875-2, con el precio incrementado el 20% en concepto de accesorios y piezas especiales.	2,000	8,03	16,06
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>16,06</b>
<b>2</b>		<b>Mano de obra</b>			
mo004	h	Oficial 1º calefactor.	0,150	20,48	3,07
mo103	h	Ayudante calefactor.	0,150	18,88	2,83
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>5,90</b>
<b>3</b>		<b>Costes directos complementarios</b>			
%		Costes directos complementarios	2,000	21,96	0,44
Coste de mantenimiento decenal: 6,72€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>22,40</b>

## Anexo 8. Sistema híbrido de energía para viviendas tipo V7



### Anexo 9. Simulaciones del sistema híbrido



Segundos	Horas	Segundos	Horas
17040	04:44 am	54840	03:14 pm
19260	05:21 am	55440	03:24 pm
31140	08:39 am	66360	06:26 pm
32340	08:59 am	69960	07:26 pm

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, Yordy Jenner Díaz Sandoya y José Jair Díaz Quezada, portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0706611175 y 0705331114 En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Propuesta de un sistema de energía neta zero para nuevas edificaciones en la Ciudad de Cuenca” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18 de julio de 2022



F: .....

Yordy Jenner Díaz Sandoya  
0706611175



F: .....

José Jair Díaz Quezada  
0705331114