



# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de Electrificación Rural en Nyumbani Village  
(Kitui, Kenia): Planificación del Almacenamiento de la  
Energía

Autor: Jaime Sáenz de Tejada Mateo

Director: Miguel Ríaza Moreno

Madrid, agosto 2022



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Proyecto de Electrificación Rural en Nyumbani Village (Kitui, Kenia): Planificación del  
Almacenamiento de la Energía

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2021/22 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Jaime Sáenz de Tejada Mateo

Fecha: 29 / 8 / 2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Miguel Ríaza Moreno

Fecha: 29 / 8 / 2022





# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de Electrificación Rural en Nyumbani Village  
(Kitui, Kenia): Planificación del Almacenamiento de la  
Energía

Autor: Jaime Sáenz de Tejada Mateo

Director: Miguel Rianza Moreno

Madrid, agosto 2022



## Agradecimientos

*A mis compañeros Joaquín Benjumeda, Clara De Soto y Jesús López-Varela por el apoyo y ayuda constante a lo largo del proyecto, haciendo el trabajo más ameno y divertido. A Marta y toda mi familia, por estar siempre ahí y hacer todos los esfuerzos por hacer esto posible. Por último, a Miguel Riaza (y Susana Ortiz), por acompañarnos durante todo el proceso con extrema paciencia, y hacer de nuestra estancia en Kenia una experiencia inolvidable.*



# **PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN NYUMBANI VILLAGE (KITUI, KENIA): PLANIFICACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA**

**Autor: Sáenz de Tejada Mateo, Jaime.**

Director: Riaza Moreno, Miguel.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

Este trabajo trata del dimensionamiento del sistema de almacenamiento de la energía de una instalación fotovoltaica, analizando la situación contextual y económica de este. Este proyecto se realizará en una aldea situada en la provincia de Kitui, en Kenia.

**Palabras clave:** Batería, Sistema de Almacenamiento, Sistema Fotovoltaico Aislado

### **1. Introducción**

“A lo largo de espacio hay energía, y es una mera cuestión de tiempo hasta que los hombres tengan éxito en sus mecanismos vinculados al aprovechamiento de esa energía” – Nikola Tesla. Con esta cita de Nikola Tesla, se hace referencia a los avances tecnológicos para el aprovechamiento de la energía. Este es el caso de la energía fotovoltaica, una tecnología en constante avance y mejora, y que puede marcar el futuro de la producción energética.

Este aprovechamiento de la energía solar debe llegar a todas las partes del mundo, evitando llegar a situaciones como la actual, donde países como Kenia sufre de escasez entre otras cosas, de energía. Solo en África, más de 620 millones de personas viven sin electricidad, imposibilitándoles cubrir necesidades básicas vitales (XL Semanal, 2022).

### **2. Definición del proyecto**

Este proyecto busca solucionar el problema energético presente en una aldea. La misión de esta aldea es cuidar de niños que han perdido a sus padres por el virus del VIH, propiciándoles una educación desde su nacimiento hasta la incorporación al mundo laboral. Esta crucial misión, ayuda cada año a miles de niños que, de otra manera, no saldrían adelante.

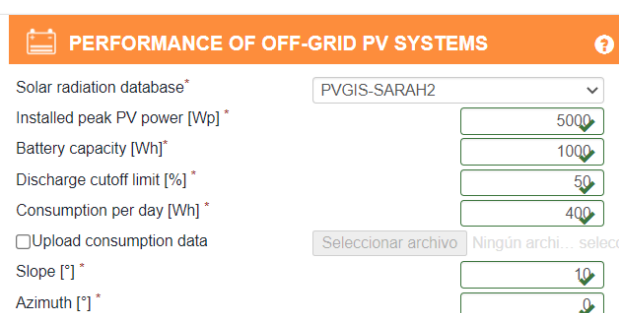
Entre sus carencias, se encuentra una falta de recursos vitales como es el agua corriente o la disponibilidad de electricidad suficiente. Actualmente cuentan con pequeños equipos aislados para la producción de un mínimo de energía. Muchos de estos equipos están obsoletos, sin aportar nada a la aldea.

Mi misión consiste en dimensionar y seleccionar un sistema de almacenamiento unificado que permita un mayor desarrollo y crecimiento de la aldea. Para ello se analizarán los equipos existentes, y se acoplarán a los equipos que se seleccionen para añadir.

### **3. Descripción del modelo/sistema/herramienta**

Para la realización del proyecto, se apoyó en varios programas sobre instalaciones fotovoltaicas. Destaca el PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), el Sunny Design de la empresa SMA, Victron Connect y el uso de Excel para los cálculos.

El PVGIS es un programa impulsado por la Unión Europea que contiene los datos de irradiancia de todo el planeta. Para hacer uso de él, se selecciona en el mapa el lugar geográfico donde estará la instalación, y se elige la opción que se quiera analizar. En nuestro caso, seleccionamos la opción de “*performance of off-grid PV systems*”. Con este programa se puede seleccionar la producción de panel que habrá, y junto con los datos de el mismo, simular el estado de las baterías, pudiendo obtener la capacidad de estas iterando. El programa se utilizó para comprobar los resultados del dimensionamiento.



**PERFORMANCE OF OFF-GRID PV SYSTEMS**

Solar radiation database \* PVGIS-SARAH2

Installed peak PV power [Wp] \* 5000

Battery capacity [Wh] \* 1000

Discharge cutoff limit [%] \* 50

Consumption per day [Wh] \* 400

☐ Upload consumption data

Seleccionar archivo Ningún archi... select

Slope [°] \* 10

Azimuth [°] \* 0

*Ilustración 1: Menú PVGIS para sistemas aislados.*

Con el Sunny Design se diseñar una instalación seleccionando cada uno de los elementos de esta. En este caso se utilizó como comprobante para ver el funcionamiento de la instalación actual, verificando los cálculos de ESF.

Por último, el programa de Victron Connect permite acceder en remoto a la instalación actual, siendo capaz de medir el estado de las baterías y el inversor. Resultó útil en la parte final del trabajo donde se comprobó el estado de todas las instalaciones para su implementación.

#### **4. Resultados**

Dentro de los resultados obtenidos, podemos diferenciar distintos puntos:

- Resultado del estado de las baterías

Este resultado es necesario si se dese tener en cuenta la instalación ya existente en el dimensionamiento del sistema de almacenamiento. Para obtener estos resultados se utilizaron distintos equipos de medida, y se fue uno a uno midiendo todos los equipos de la aldea.

- Resultado del dimensionamiento de la batería necesaria para el sistema

Este primer dimensionamiento muestra la forma en la que se dimensiona una batería, partiendo de los consumos y llegando a la capacidad final necesaria de la batería. En este proceso se utilizaron múltiples conceptos clave del diseño de un sistema de almacenamiento, como la comprobación de la carga de las baterías por los paneles o la descarga correcta de esta.

|                           | LITIO         | PLOMO         |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Energía por día (KWh)     | 48.05         |               |
| Días sin luz              | 3             |               |
| Energía total (KWh)       | 144.14        |               |
| Capacidad demandada (KAh) | 3.00          |               |
| Rendimiento batería       | 0.95          | 0.85          |
| DOD                       | 0.8           | 0.5           |
| Capacidad batería (KAh)   | <b>3.95</b>   | <b>7.07</b>   |
| Energía batería (KWh)     | <b>189.66</b> | <b>339.15</b> |

*Ilustración 2: Cálculo de la capacidad necesaria de la batería.*

- Resultado del dimensionamiento de la batería acoplando los equipos existentes

Una vez hecho el diseño de la instalación necesaria, se hizo otro estudio en el que se acoplaban los equipos ya existentes de algunas instalaciones. Este punto busca abaratar la instalación al no necesitar tantos elementos nuevos.

- Resultado del análisis económico de toda la instalación (inversor y batería)

Este apartado final consta de un breve análisis económico obtenido tras el contacto con proveedores locales. Es el resultado más importante del proyecto, ya que nos permite ver la viabilidad de este para una posible implementación futura.

## 5. Conclusiones

Con este trabajo se dimensionó todo el sistema de almacenamiento necesario para cubrir las necesidades energéticas de la aldea de Nyumbani en Kitui, Kenia. Se tuvieron en cuenta los precios de cada elemento de la instalación para obtener un presupuesto final, permitiendo una posible implementación en caso de conseguir los fondos necesarios.

# **RURAL ELECTRIFICATION PROJECT IN NYUMBANI VILLAGE (KITUI, KENYA): ENERGY STORAGE PLANNING.**

**Author: Sáenz de Tejada Mateo, Jaime.**

Supervisor: Riaza Moreno, Miguel.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **ABSTRACT**

This work deals with the sizing of the energy storage system of a photovoltaic installation, analyzing its contextual and economic situation. This project will be carried out in a village located in Kitui Province, Kenya.

**Keywords:** Battery, Storage System, Photovoltaic Off-Grid System

### **1. Introduction**

"Throughout space there is energy, and it is a mere question of time until men succeed in their mechanisms connected with the harnessing of that energy" - Nikola Tesla. With this quote from Nikola Tesla, reference is made to the technological advances for harnessing energy. This is the case of photovoltaic energy, a technology that is constantly advancing and improving, and which may mark the future of energy production.

This use of solar energy must reach all parts of the world, avoiding situations like the current one, where countries like Kenya suffer from energy shortages, among other things. In Africa alone, more than 620 million people live without electricity, making it impossible for them to cover basic vital needs (XLSemanal, 2022).

### **2. Project definition**

This project seeks to solve the energy problem present in the village. The mission of this village is to take care of children who have lost their parents to the HIV virus, providing them with an education from their birth, until they enter the workforce. This crucial mission helps thousands of children every year who otherwise, would not make it.

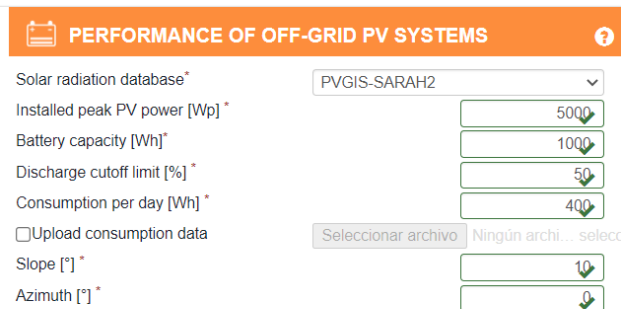
Among their shortcomings there is lack of vital resources such as access to tap water and sufficient electricity. They currently rely on small, isolated equipment to produce a minimum of energy. Much of this equipment is obsolete, contributing nothing to the village.

My mission is to size and select a unified storage system that will allow further development and growth of the village. To do this, the existing equipment will be analyzed, and coupled with the equipment that will be selected to be added.

### **3. Description of the model/system/tool**

The project was carried out with the support of several programs on photovoltaic installations. These included PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), SMA's Sunny Design, Victron Connect and the use of Excel for the calculations.

PVGIS is a program promoted by the European Union that contains irradiance data for the entire planet. To make use of it, you select on the map the geographical location where the installation will be and choose the option you want to analyze. In our case, we selected the option "performance of off-grid PV systems". With this program you can select the panel production that will be available, and together with the panel data, simulate the state of the batteries, being able to obtain the capacity of the batteries by iterating. The program was used to check the sizing results.



*Ilustración 3: PVGIS menu for off-grid systems.*

Sunny Design is used to design a plant by selecting individual plant elements. In this case it was used as a checker to see the operation of the current installation, verifying the ESF calculations.

Finally, the Victron Connect program allows remote access to the current installation, being able to measure the status of the batteries and the inverter. It proved useful in the final part of the work where the status of all installations was checked for implementation.

#### 4. Results

Within the results obtained, we can differentiate different points:

- Result of the state of the batteries

This result is necessary if the existing installation is to be taken into account in the sizing of the storage system. To obtain these results, different measuring equipment was used, and all the equipment in the village was measured one by one.

- Results of the sizing of the battery required for the system

This first sizing shows the way in which a battery is sized, starting from the consumptions, and arriving at the final battery capacity required. In this process, multiple key concepts of the design of a storage system were used, such as checking the battery charge by the panels or the correct discharge of the battery.

|                           | LITIO         | PLOMO         |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Energía por día (KWh)     | 48.05         |               |
| Días sin luz              | 3             |               |
| Energía total (KWh)       | 144.14        |               |
| Capacidad demandada (KAh) | 3.00          |               |
| Rendimiento batería       | 0.95          | 0.85          |
| DOD                       | 0.8           | 0.5           |
| Capacidad batería (KAh)   | <b>3.95</b>   | <b>7.07</b>   |
| Energía batería (KWh)     | <b>189.66</b> | <b>339.15</b> |

*Ilustración 4: Calculus of the battery capacity.*

- Result of the sizing of the battery by coupling the existing equipment

Once the design of the necessary installation had been made, another study was made in which the existing equipment of some installations was coupled. This point seeks to reduce the cost of the installation by not needing so many new elements.

- Result of the economic analysis of the whole installation (inverter and battery)

This final section consists of a brief economic analysis obtained after contacting local suppliers. It is the most important result of the project since it allows us to see the viability of the project for a possible future implementation.

## 5. Conclusiones

This work sized the entire storage system needed to cover the energy needs of the Nyumbani village in Kitui, Kenya. The prices of each element of the installation were considered to obtain a final budget, allowing a possible implementation in case of obtaining the necessary funds.

## *Índice de la memoria*

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capítulo 1. Introducción .....</b>             | <b>7</b>  |
| 1.1 Motivación del Proyecto .....                 | 7         |
| 1.2 Antecedente .....                             | 7         |
| 1.3 Objetivos del Proyecto .....                  | 9         |
| 1.4 Metodología a Seguir .....                    | 9         |
| <b>Capítulo 2. Investigación Contextual .....</b> | <b>12</b> |
| 2.1 Localización .....                            | 12        |
| 2.2 Historia .....                                | 13        |
| 2.3 Economía.....                                 | 13        |
| <b>Capítulo 3. Estado de la Cuestión .....</b>    | <b>14</b> |
| 3.1 Nyumbani .....                                | 14        |
| 3.2 Situación Actual .....                        | 17        |
| 3.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)..... | 20        |
| <b>Capítulo 4. Contexto Energético .....</b>      | <b>22</b> |
| 4.1 Tendencias Energéticas .....                  | 22        |
| 4.1.1 Importancia de las Renovables.....          | 22        |
| 4.2 Energía Solar Fotovoltaica .....              | 23        |
| <b>Capítulo 5. Teoría.....</b>                    | <b>26</b> |
| 5.1 Sistema Fotovoltaico .....                    | 26        |
| 5.1.1 Módulos Solares .....                       | 26        |
| 5.1.2 Inversor .....                              | 27        |
| 5.1.3 Regulador de carga .....                    | 29        |
| 5.1.4 Baterías .....                              | 30        |
| 5.2 Tipos de Instalaciones Fotovoltaicas.....     | 30        |
| 5.2.1 Sistemas Conectados a Red .....             | 30        |
| 5.2.2 Sistemas Aislados .....                     | 31        |
| 5.3 Sistemas de almacenamiento .....              | 31        |
| 5.3.1 Funcionamiento.....                         | 31        |
| 5.3.2 Características de una Batería.....         | 33        |

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.3 Capacidad de Descarga .....                               | 35         |
| 5.3.4 Etapas de Carga .....                                     | 36         |
| 5.3.5 Proceso de Ecualización y Mantenimiento .....             | 37         |
| 5.3.6 Tipos de Batería .....                                    | 38         |
| 5.4 Estrategias de Carga .....                                  | 44         |
| <b>Capítulo 6. Análisis y Definición del Trabajo .....</b>      | <b>48</b>  |
| 6.1 Análisis Económico del Plomo Frente al Litio.....           | 48         |
| 6.2 Análisis de Perfiles de Consumo.....                        | 52         |
| 6.3 Dimensionamiento de la Batería .....                        | 76         |
| 6.3.1 Comparativa de los Resultados con PVGIS .....             | 82         |
| 6.4 Dimensionamiento y Selección del Inversor .....             | 89         |
| 6.5 Previsiones de Futuro .....                                 | 101        |
| 6.6 Aprovechamiento y Estado de las Instalaciones Actuales..... | 102        |
| <b>Capítulo 7. Análisis Económico.....</b>                      | <b>115</b> |
| <b>Capítulo 8. Análisis de los Resultados .....</b>             | <b>120</b> |
| <b>Capítulo 9. Conclusiones y Trabajos Futuros.....</b>         | <b>122</b> |
| <b>Capítulo 10. Bibliografía.....</b>                           | <b>123</b> |
| <b>ANEXO I 126</b>                                              |            |
| A) Ficha técnica BYD battery-box.....                           | 126        |
| B) Ficha técnica MultiPlus-II GX .....                          | 128        |
| C) Ficha técnica Quattro-II.....                                | 130        |
| D) Ficha técnica Sunny Island.....                              | 132        |
| E) Simulación de PVGIS con 2 días sin luz y 30 KWpico .....     | 136        |
| F) Simulación de PVGIS con 2 días sin luz y 35 KWpico .....     | 137        |
| G) Simulación de PVGIS con 3 días sin luz y 30 KWpico .....     | 138        |
| H) Simulación de PVGIS con 3 días sin luz y 35 KWpico .....     | 139        |
| I) Simulación de la instalación actual con Sunny Portal.....    | 140        |
| J) Análisis con PVGIS de la temperatura en Kenia.....           | 149        |

## *Índice de ilustraciones*

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1: Menú PVGIS para sistemas aislados.....                                        | 10 |
| Ilustración 2: Cálculo de la capacidad necesaria de la batería. ....                         | 11 |
| Ilustración 3: PVGIS menu for off-grid systems.....                                          | 13 |
| Ilustración 4: Calculus of the battery capacity. ....                                        | 14 |
| Ilustración 5: Alumnos de la escuela primaria de Nyumbani.....                               | 8  |
| Ilustración 6: Mapa de África y Kenia. ....                                                  | 12 |
| Ilustración 7: Cocina de una casa de Nyumbani Village.....                                   | 15 |
| Ilustración 8: Mapa marcado de Nyumbani Village.....                                         | 16 |
| Ilustración 9: Instalación actual de ISF en el huerto solar.....                             | 17 |
| Ilustración 10: Esquema instalación actual del huerto solar. Fuente: TFG Clara De Soto. .... | 18 |
| Ilustración 11: Esquema instalación actual de la escuela secundaria. ....                    | 19 |
| Ilustración 12: Transición energética. ....                                                  | 23 |
| Ilustración 13: Granja fotovoltaica. ....                                                    | 24 |
| Ilustración 14: Parte de un módulo solar. ....                                               | 26 |
| Ilustración 15: Esquema del funcionamiento de una pila.....                                  | 32 |
| Ilustración 16: Vida útil de una batería en función de la profundidad de descarga. ....      | 34 |
| Ilustración 17: Etapas de carga de una batería. ....                                         | 37 |
| Ilustración 18: Baterías de plomo abiertas. ....                                             | 39 |
| Ilustración 19: Batería de litio. ....                                                       | 42 |
| Ilustración 20: Esquema de carga en DC.....                                                  | 45 |
| Ilustración 21: Esquema de carga en AC.....                                                  | 46 |
| Ilustración 22: Gráfica consumo día 1 clínica, 13 de julio.....                              | 53 |
| Ilustración 23: Gráfica consumo día 2 clínica, 14 de julio.....                              | 53 |
| Ilustración 24: Gráfica consumo día 3 clínica, 16 de julio.....                              | 54 |
| Ilustración 25: Gráfica consumo día 4 clínica, 17 de julio.....                              | 54 |
| Ilustración 26: Gráfica consumo día 5 clínica, 18 de julio.....                              | 55 |

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 27: Gráfico con los datos de consumo y porcentaje de carga de las baterías en los días 19 y 20 de julio..... | 56 |
| Ilustración 28: Gráfica consumo de Guest House y Kjer House. ....                                                        | 56 |
| Ilustración 29: Consumo día 1 sala    Ilustración 30: Consumo día 2 sala .....                                           | 57 |
| Ilustración 31: Consumo día 3 sala ordenadores,    Ilustración 32: Consumo día 4 sala....                                | 58 |
| Ilustración 33: Consumo día 5 sala ordenadores,    Ilustración 34: Consumo día 6 sala....                                | 58 |
| Ilustración 35: Consumo día 1 metalurgia,    Ilustración 36: Consumo día 2.....                                          | 59 |
| Ilustración 37: Consumo día 3 metalurgia,    Ilustración 38: Consumo día 4.....                                          | 59 |
| Ilustración 39: Consumo día 5 metalurgia,    Ilustración 40: Consumo día 6.....                                          | 60 |
| Ilustración 41: Consumo día 1 carpintería,    Ilustración 42: Consumo día 2.....                                         | 60 |
| Ilustración 43: Consumo día 3 carpintería,    Ilustración 44: Consumo día 4.....                                         | 61 |
| Ilustración 45: Consumo día 5 carpintería,    Ilustración 46: Consumo día 6.....                                         | 61 |
| Ilustración 47: Perfil de consumo del politécnico. ....                                                                  | 62 |
| Ilustración 48: Consumo escuela secundaria día 1, 15 de julio.....                                                       | 63 |
| Ilustración 49: Consumo escuela secundaria día 2, 16 de julio.....                                                       | 63 |
| Ilustración 50: Consumo escuela secundaria día 3, 17 de julio.....                                                       | 64 |
| Ilustración 51: Consumo escuela secundaria día 4, 18 de julio.....                                                       | 64 |
| Ilustración 52: Consumo escuela secundaria día 5, 19 de julio.....                                                       | 65 |
| Ilustración 53: Consumo escuela secundaria día 6, 20 de julio.....                                                       | 65 |
| Ilustración 54: Consumo escuela secundaria día 7, 21 de julio.....                                                       | 66 |
| Ilustración 55: Consumo escuela secundaria día 8, 22 de julio.....                                                       | 66 |
| Ilustración 56: Perfil de consumo escuela primaria.....                                                                  | 67 |
| Ilustración 57: Perfil de consumo del "resto". ....                                                                      | 69 |
| Ilustración 58: División de la potencia por grupos.....                                                                  | 70 |
| Ilustración 59: División de la energía por grupos.....                                                                   | 70 |
| Ilustración 60: Perfil de consumo de Nyumbani. ....                                                                      | 73 |
| Ilustración 61: Gráfico de la distribución de la energía en Nyumbani. ....                                               | 74 |
| Ilustración 62: Gráfico del consumo diurno vs nocturno en Nyumbani.....                                                  | 75 |
| Ilustración 63: Gráfico generación vs consumo. ....                                                                      | 79 |
| Ilustración 64: Selección geográfica en el PVGIS. ....                                                                   | 83 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 65: Selección de parámetros en el PVGIS.....                   | 83  |
| Ilustración 66: Menú principal BA301.....                                  | 103 |
| Ilustración 67: Menú localización BA301.....                               | 104 |
| Ilustración 68: Menú tipo de batería BA301. ....                           | 104 |
| Ilustración 69: Menú norma de medida BA301. ....                           | 105 |
| Ilustración 70: Selección del IEC BA301.....                               | 105 |
| Ilustración 71: Resultado de medida 1 BA301.....                           | 106 |
| Ilustración 72: Resultado de medida 2 BA301.....                           | 106 |
| Ilustración 73: Resultado de medida 3 BA301.....                           | 107 |
| Ilustración 74: Resultado de medida 4 BA301.....                           | 107 |
| Ilustración 75: Resultado de medida 5 BA301.....                           | 108 |
| Ilustración 76: Menú 1 VE.Direct.    Ilustración 77: Menú 2 VE.Direct..... | 109 |
| Ilustración 78: Menú 3 VE.Direct. ....                                     | 109 |
| Ilustración 79: Baterías High School.....                                  | 110 |
| Ilustración 80: Menú VRM Portal.....                                       | 110 |
| Ilustración 81: Batería clínico.....                                       | 111 |
| Ilustración 82: Factura obtenida por las baterías. ....                    | 118 |
| Ilustración 83: Factura obtenida por los inversores.....                   | 119 |
| Ilustración 84: Gráfica generación frente a consumo.....                   | 121 |

## *Índice de tablas*

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1: Distribución del trabajo por semanas. ....                          | 10  |
| Tabla 2: Comparativa de OPzS frente TOPzS.....                               | 40  |
| Tabla 3: Comparativa tecnología AGM frente Gel. ....                         | 41  |
| Tabla 4: Comparativas de los distintos tipos de batería. ....                | 43  |
| Tabla 5: Comparativa de carga en AC frente a DC.....                         | 47  |
| Tabla 6: Comparativa económica de las distintas baterías.....                | 51  |
| Tabla 7: Consumos escuela primaria.....                                      | 67  |
| Tabla 8: Distribución de la energía por cada instalación. ....               | 68  |
| Tabla 9: Consumos por hora de la aldea.....                                  | 72  |
| Tabla 10: Repartición de la energía de Nyumbani por grupos.....              | 73  |
| Tabla 11: Comparativa de energía producida por los paneles vs consumida..... | 78  |
| Tabla 12: Comprobación errónea de carga de baterías.....                     | 79  |
| Tabla 13: Comprobación correcta de carga de baterías.....                    | 80  |
| Tabla 14: Dimensionamiento de las baterías.....                              | 82  |
| Tabla 15: Comparativa de los inversores. ....                                | 99  |
| Tabla 16: Relaciones entre distintas capacidades de descarga.....            | 102 |
| Tabla 17: Baterías presentes.....                                            | 112 |
| Tabla 18: Estado actual de las baterías.....                                 | 113 |
| Tabla 19: Cálculo de la capacidad de batería necesaria. ....                 | 115 |

## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 *MOTIVACIÓN DEL PROYECTO*

A la hora de seleccionar un proyecto es imprescindible encontrar características que incentiven el duro y largo trabajo que supone. Este trabajo reúne un cúmulo de estas. En primer lugar, las tecnologías que aparecen a lo largo de él son modernas y tienen un gran desarrollo por delante. Esa juventud tecnológica me anima a aprender de este campo y a contribuir de forma activa en los posibles avances futuros.

En segundo lugar, encontramos una motivación personal, que es la de tener la oportunidad de desarrollar un proyecto de ingeniería que después se llevara a cabo, generando un impacto real. Esta opción, de participar en un estudio que incluya varios conceptos analizados a lo largo de estos años en la universidad, es algo único y una gran manera de cerrar el grado.

Finalmente, y a mi parecer más importante, tengo la oportunidad de hacer una obra social diferente a las que estamos acostumbrados. Cubrir una necesidad física tan importante como es la falta de electricidad en una sociedad como la africana es apasionante, y me anima a dar lo máximo de mí.

### 1.2 *ANTECEDENTE*

Según los datos de ONUSIDA, “38.4 millones de personas vivían con el sida en 2021”. De este número, la amplia mayoría se sitúa en países subdesarrollados, localizados especialmente en África. Solo en Kenia se calcula que hay 1.5 millones de personas infectadas con el VIH. Estos datos muestran el gran problema al que se enfrenta millones de personas y que, por lo que se aprecia, parece olvidado. Además, cabe recalcar, que esta enfermedad castiga a millones de personas más, ya que afecta a todas las familias de los infectados, teniendo en algunos casos daños devastadores.

La idea de la aldea de Nyumbani es ayudar a todas esas familias que han sido afectadas por el VIH. La forma de hacerlo es recogiendo a niños (desde su nacimiento hasta los 22 años aproximadamente) que han perdido a sus padres por el sida. De esta forma la aldea cuenta con 1,000 niños huérfanos, muchos de ellos portadores del virus, que en otra circunstancia no habrían podido salir adelante.



*Ilustración 5: Alumnos de la escuela primaria de Nyumbani.*

Con toda esta idea funcionando, comienzan a surgir obstáculos para mejorar la situación de los niños. Uno de estos problemas a resolver es la escasez de energía, ya que la aldea está en un sitio remoto y es inviable una conexión a una instalación nacional mal gestionada y con carencias. Por ello, surgió la oportunidad de crear una instalación aislada, que funcione plenamente con energía solar.

Hoy en día, existen varias instalaciones sin conexión entre ellas que se han ido instalando con subvenciones de distintos países. Destaca la instalación de *Energías Sin Fronteras (ESF)*, que en colaboración con SMA, SunPower, Iberdrola, Hidroeléctrica del Cantábrico, Generalia, Praxia y Tudor; instalaron un huerto solar de 44.3 KWpico.

Por lo mencionado previamente, el objetivo del proyecto se enfoca en centralizar todas las instalaciones que existen dispersas, y ampliarlas hasta cubrir las necesidades energéticas existentes.

### **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

El objetivo principal del proyecto es analizar las necesidades de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías, tanto en la actualidad como en el futuro, y realizar un proyecto que tenga en cuenta las necesidades de toda la aldea. Esquematizando de una forma clara y concisa el desarrollo del proyecto, podemos resumir el trabajo en los siguientes puntos:

1. Estudio de los perfiles de consumo de Nyumbani.
2. Evaluación de alternativas para un sistema óptimo para la aldea.
3. Cálculos necesarios para dimensionar el almacenamiento energético en función de la demanda y perfiles de consumo de la aldea.
4. Elección de equipos concretos disponibles entre los distribuidores de Kenia.
5. Desarrollo del proyecto técnico y económico para su implementación en campo.
6. Estudio de los equipos presentes en la aldea, reutilización de estos y predicción de futuro.

### **1.4 METODOLOGÍA A SEGUIR**

Para poder desarrollar este proyecto de una manera satisfactoria, es necesario un correcto dimensionamiento y análisis del almacenamiento energético. A través de mi trabajo trataré de analizar los distintos parámetros que caracterizan una batería y, finalmente, seleccionar un producto en función de su calidad y precio.

De forma resumida, trabajaremos sobre los siguientes puntos:

- *Estudio y generación de los perfiles de consumo de Nyumbani.*

Este estudio se hará con el análisis de los datos recibidos directamente de la aldea. En ellos se aprecian las necesidades energéticas, tanto las horas como las demandas exactas.

- *Análisis de la capacidad de las baterías para cubrir las necesidades energéticas según el perfil de consumo.*

Para este análisis nos apoyaremos en la herramienta PVGIS para sistemas aislados. La opción de un sistema conectado a red será comentada en la memoria más en profundidad, sin embargo no necesitará de esta herramienta.

- *Comparación de las distintas formas de almacenamiento posibles.*

En esta fase me basaré en informes y listas de proveedores proporcionadas por mi director que incluyen las distintas baterías (plomo-ácido o litio) y sus especificaciones. Estas serán comparadas y estudiadas a fondo para seleccionar la que más convenga a nuestro propósito.

- *Comparación de precios de los distintos modelos que cumplen los requisitos para nuestro sistema.*

Esta parte quedará limitada a los precios y diseños que encuentre a mi disposición, ya que es probable que no se encuentren todos los modelos en Kenia. La duración de esta fase será relativa, y dependerá de la cantidad de modelos que decida que puedan ser usados para este fin.

- *Selección final justificada de la batería.*

Por último, obtendremos una solución final al problema planteado, seleccionando unas baterías que serán las que utilizaremos para la instalación.

Como he dicho a lo largo del trabajo, la duración de cada parte dependerá de factores que se verán sobre la marcha en función de los obstáculos que vayan surgiendo. No obstante, podemos marcar un plan inicial que servirá como orientación:

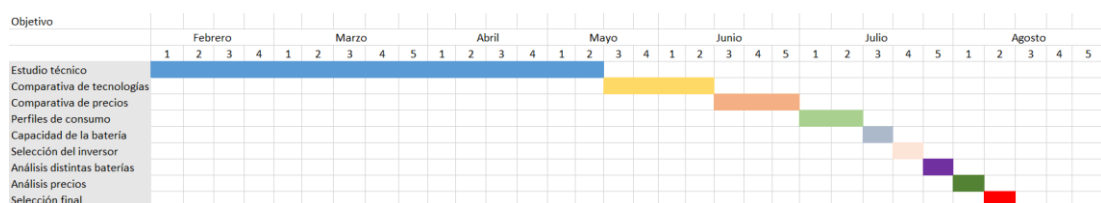


Tabla 1: Distribución del trabajo por semanas.

En esta tabla podemos ver la distribución del tiempo por cada semana de aquí hasta la presentación. Además, se incluyen unas semanas de agosto en las que se podrían resolver detalles puntuales que falten.

## Capítulo 2. INVESTIGACIÓN CONTEXTUAL

Para entender el ambiente en el que se desarrolla el proyecto, es necesario conocer el país y contexto en el que se desenvuelve.

### 2.1 LOCALIZACIÓN

Kenia es un país situado en África Oriental, con costa en el océano Índico y fronteras con Etiopía, Somalia, Sudan del Sur, Uganda y Tanzania. El país cuenta con numerosos lagos y una extensa y variada fauna. Su capital es Nairobi y está habitada por 55 millones de personas (Datosmacro.com, 2022).



*Ilustración 6: Mapa de África y Kenia.*

Por su localización, este país cuenta con una temperatura muy constante a lo largo del año y un alto índice de humedad, favoreciendo la aparición de mosquitos que transmiten enfermedades y desastres naturales en las zonas costeras.

## **2.2 HISTORIA**

Desde el inicio de la vida humana, en el paleolítico, Kenia ha sido habitada por los humanos. Durante siglos sus habitantes se organizaban en tribus, con sus propias costumbres e ideologías. Pese a la presencia de Portugal durante siglos, no fue hasta en 1895, con la llegada del Imperio Británico, donde Kenia pasó a ser una colonia, estableciéndose el Protectorado del Este de África. Este perduró hasta 1963, dando lugar a la Republica de Kenia tras varios años de revuelta.

Con la toma del poder por parte de los indígenas, se vivieron varios periodos de prosperidad junto con revueltas de las facciones rivales. Dada la existencia de 10 grandes tribus en el territorio, la facción mayoritaria que controlaba el poder, llamados kikuyus, anteponían sus intereses a lo del resto. Esta política provoca un ambiente de inestabilidad y violencia, como está latente en el conflicto que enfrenta el norte de Kenia con el sur de Somalia.

## **2.3 ECONOMÍA**

Dentro de las economías mundiales, la keniana se sitúa la 63 según su PIB, con una deuda del 67.6 % del PIB. (Datosmacro.com, 2022). Sin embargo, su PIB per cápita en 2021 fue de 1,696 €, situándose en el puesto 149. Además, según el *Índice de Desarrollo Humano* (IDH) medido por las Naciones Unidas, los kenianos tienen una mala calidad de vida.

Todos estos datos confirman lo que sabemos, la sociedad keniana es una sociedad pobre, con carencias y con un nivel de vida bastante bajo. Es por ello por lo que parece vital ayudarles con todos los recursos que se puedan.

## Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 3.1 NYUMBANI

Nyubani es una iniciativa creada en 1992 impulsada por el padre Ángelo D'Agostino, médico y padre jesuita, que busca ayudar a familias que han sido dañadas por el VIH dándoles una oportunidad. Nyumbani genera esta ayuda, acogiendo a niños huérfanos de padres que han fallecido por el sida. De otra manera, estos niños, muchas veces perdidos en el campo sin nada, estarían condenados al fracaso, y muchas veces a la muerte.

Nyumbani está gestionado por la organización Children Of God Relief Institute, organización no gubernamental sin ánimo de lucro. Esta está liderada por la hermana Mary Owens, que lleva en el cargo desde la muerte del padre D'Agostino en 2006.

Para realizar esta acción, Nyumbani cuenta con dos centros de esta índole, uno en Nairobi llamado Nyumbani Home, y otro en la provincia de Kitui, llamado Nyumbani Village. Nyumbani Home es un centro muy desarrollado en plena ciudad. En él se acogen a chavales que, al igual que sus difuntos padres, tienen el virus. El centro cuenta con electricidad proveniente de la red nacional y agua corriente.

Por otro lado, Nyumbani Village está peor localizado, a 3 horas de la capital. Este centro, a diferencia del home, se organiza como una aldea, viviendo en él tanto trabajadores como los niños. En él no todos los niños son portadores del virus, pero si han sido afectados por él. Actualmente cuenta con 1,000 niños y 200 trabajadores. Esta aldea no cuenta con electricidad de la red ni con agua corriente, por lo que tienen que acudir a técnicas tradicionales para poder sobrevivir.



*Ilustración 7: Cocina de una casa de Nyumbani Village.*

La aldea se organiza por *clusters* o grupos. En cada uno de ellos, encontramos 4 casas, donde conviven 10 niños por cada casa criados por una abuela o abuelo de alguno de ellos. Estos “abuelos” se encargan de cuidar, cocinar y enseñar a los niños. Actualmente hay 26 *clusters*, dando una capacidad total de 1,040 niños en toda la aldea. Pese a esto, existen algunas casas abandonas, que hacen que el número de ingresados descienda entre los 900 y 1,000 niños.

Además de las “familias”, la aldea la componen trabajadores de todo tipo. Tienen agricultores, ganaderos, policías, encargado de las bombas de agua, electricista... Estos miembros ayudan a la aldea con lo que pueden, siendo en muchos casos, alumnos del centro.

Para comprender de una forma más profunda la aldea, la comentaremos sobre el plano. Este plano nos será útil a lo largo del trabajo, por lo que nos referiremos a él varias veces.

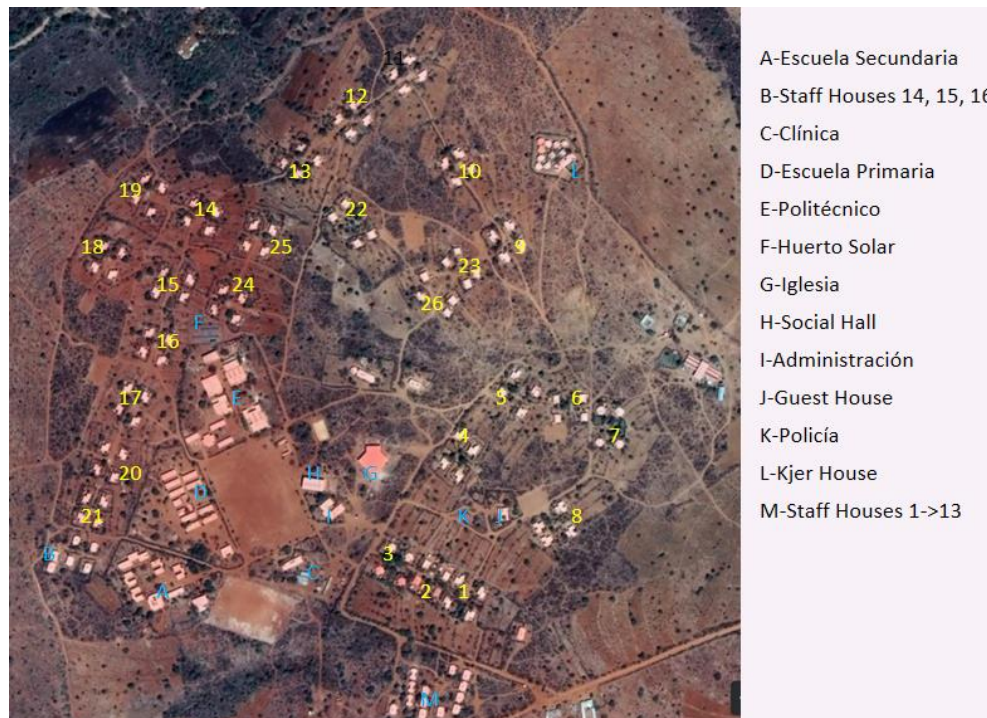


Ilustración 8: Mapa marcado de Nyumbani Village.

En la imagen anterior podemos ver la distribución de los *clusters*, así como los distintos centros que se encuentran en la aldea. Los miembros del *staff* viven agrupados en 13 grupos de casas, cada una de estas es idéntica a una casa de un cluster. Estas casas cuentan con lo justo, 7 bombillas, de las cuales de media funcionan solo 4, una zona con un agujero en el suelo para ir al servicio, y una cocina de barro para poder hacer el fuego y cocinar.

La aldea cuenta con una escuela primaria, una secundaria, y un politécnico para realizar estudios superiores (formación profesional) de carpintería, metalurgia, peluquería o electricista.

El hecho de que los trabajadores vivan en estas mismas condiciones que los chavales, termina haciendo mella en su felicidad e incentivos por hacer una mejor labor en la aldea. Por ello es fácil encontrar un profesor desilusionado, que solo busca cumplir y no mejorar, dándoles ese ejemplo a los niños.

## 3.2 SITUACIÓN ACTUAL

La aldea, al no contar con recursos energéticos, se autoabastece a través de la energía solar, surgiendo el concepto de una eco aldea sostenible.

Actualmente cuenta con numerosas instalaciones aisladas entre sí, fruto de las donaciones que han recibido. Destacan la instalación de la escuela secundaria, el clínico y el huerto solar. Estas instalaciones son las de mayor potencia, y generan energía suficiente como para cubrir sus propios consumos y generar un excedente. Esto lleva a plantear la idea de una posible interconexión entre todas las instalaciones, de manera que se compensen entre sí las generaciones con los distintos consumos.

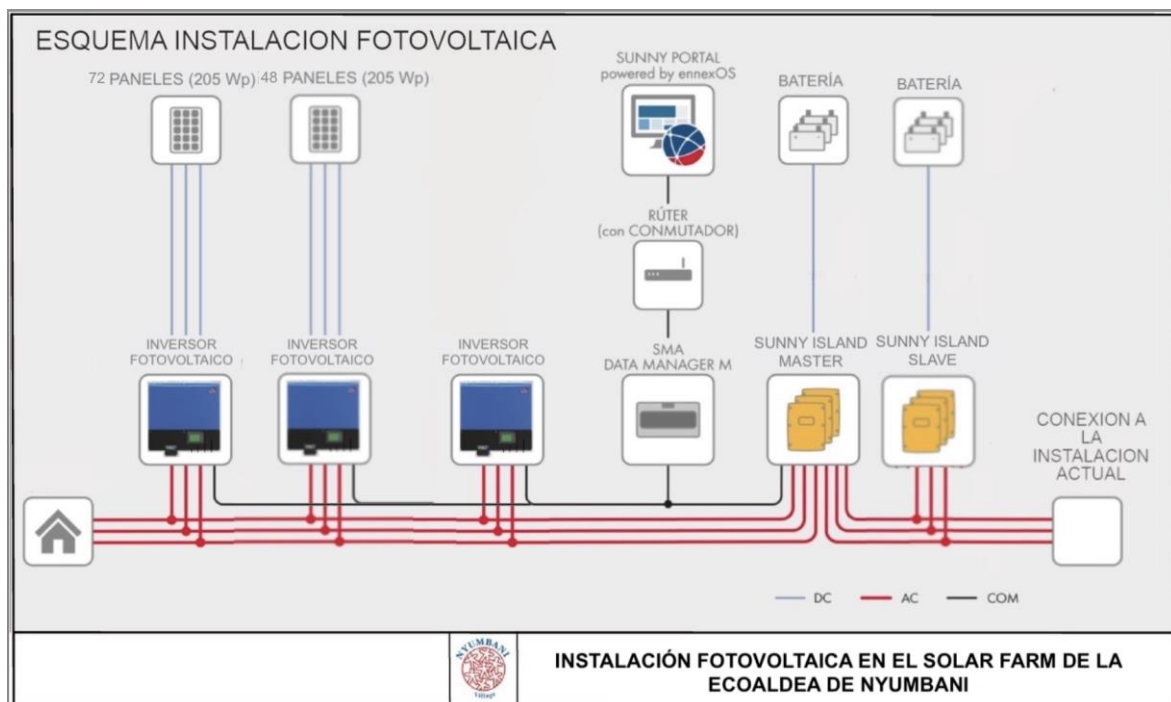


*Ilustración 9: Instalación actual de ISF en el huerto solar.*

Para poder realizar esta interconexión con éxito, sería necesario ampliar los equipos ya presentes, de manera que se cubra la demanda de toda la aldea. Para hacernos una idea de lo

que sería necesario cubrir, es lógico por empezar sabiendo que hay en cada una de estas instalaciones.

En el huerto solar se creó una instalación diseñada para dar energía a todo el politécnico (incluye peluquería, electricista, metalurgia y carpintería), el *Social Hall* y la administración. Constaba de 216 paneles de 205 vatios pico cada uno, obteniendo una potencia total de 44,280 vatios pico. Sin embargo, parte de esta instalación fue destinada a las bombas de agua y a los campos de cultivos, dotando al huerto únicamente de los 120 paneles que se encuentran actualmente (24,600 vatios pico).



*Ilustración 10: Esquema instalación actual del huerto solar. Fuente: TFG Clara De Soto.*

Con el desplazamiento de estos paneles, se encuentran con problemas de suministros tras varios días sin luz, impidiéndoles realizar sus tareas diarias. Además, aunque consiguieran reducir sus gastos en gasoil (que suponían 30,000 € anuales), no han llegado al objetivo de deshacerse completamente de esta fuente de energía.

Por otro lado, la instalación del clínico y la escuela secundaria sigue intacta. En ella si existe un colchón en la producción que, por ejemplo, podría usarse para abastecer la escuela primaria.

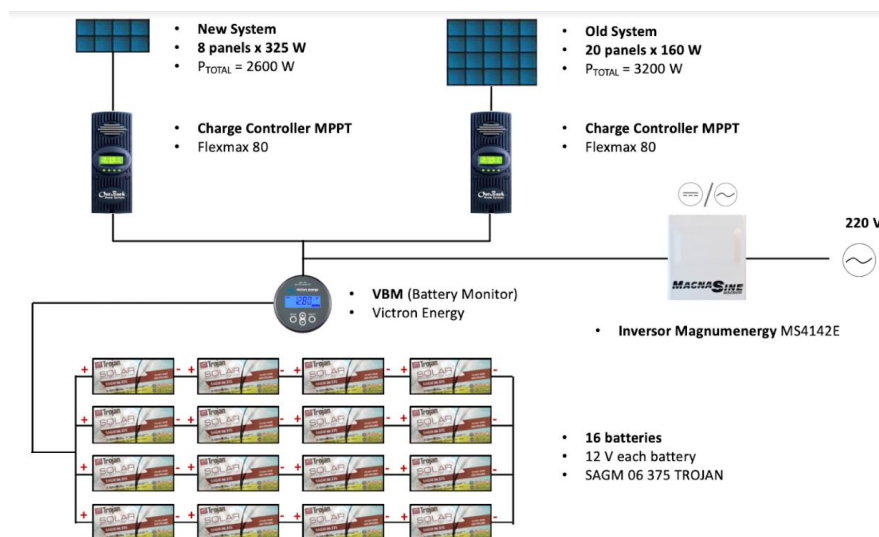


Ilustración 11: Esquema instalación actual de la escuela secundaria.

Con todas estas instalaciones vistas, se puede hacer un inventario de las instalaciones más importantes.

### Huerto Solar

- 120 módulos solares
- 3 inversores Sunny Tripower (SMA), estando uno en desuso
- 6 inversores Sunny Island 6.0 H
- Baterías de plomo abierto

### High School

- 28 paneles (5,800 vatios pico)
- 2 MPPT
- 16 baterías SAGM 06 375 Trojan (12 V)
- Inversor Magnumenergy

### Clínico

- Batería BYD Premium LV
- 1 MPPT
- 8 paneles 2,560 vatios pico

Además de estos dispositivos, podemos encontrar un panel, con un MPPT y una batería de Gel por cada *cluster* o grupo de casas. Estas pequeñas instalaciones serían complicadas de acoplar a la red, además contar con una fiabilidad ínfima dado el mal mantenimiento y cuidado. Por ello, y dada su baja potencia, no serán tenidos en cuenta la hora de dimensionar en este trabajo, sirviendo simplemente como instalación auxiliar en caso de fallo.

### **3.3 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)**

Este proyecto contribuye de una forma clara a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, sin embargo, serán explicados aquí:

1. Fin de la pobreza: La falta de energía eléctrica es uno de los factores más importantes que explican el subdesarrollo social y económico de África. Contribuir al desarrollo de este permitirá un avance en la economía de este poblado y un posible desarrollo industrial.
2. Energía asequible y no contaminante: Aunque Kenia haya invertido grandes cantidades de dinero en la energía geotérmica, sigue siendo un país necesitado de desarrollo de energías, y el uso de la energía fotovoltaica consigue rellenar esa necesidad de una manera sostenible y eficaz.
3. Salud y bienestar: Por todo lo explicado previamente queda claro que este desarrollo eléctrico traerá consigo grandes comodidades, como la posibilidad de contar con electricidad en las casas, contribuyendo de una forma directa a la salud y bienestar de los habitantes del pueblo.

4. Educación de calidad: Este proyecto nació precisamente por la falta de electricidad en la escuela del poblado. Con él queremos generar la posibilidad de que los niños puedan estudiar y desarrollarse en el colegio.
5. Trabajo decente y crecimiento económico: Tras la implantación de este sistema se estima que se generen puestos de trabajo para el mantenimiento de este, así como un incremento en la industrialización en la zona que tenga un impacto en la economía.
6. Acción por el clima: Usando energía fotovoltaica conseguimos reducir las emisiones de gases dañinos al planeta. Estos habrían sido producidos en caso de utilizar otra forma de producción no renovable.

## Capítulo 4. CONTEXTO ENERGÉTICO

### 4.1 TENDENCIAS ENERGÉTICAS

El uso de energías renovables es cada vez mayor, y los avances mejoran la tecnología día a día. Es por ello por lo que este proyecto es de sumo interés, ya que mantenerse al tanto de los últimos avances es crucial. Con este proyecto se busca profundizar en los conocimientos sobre las energías renovables, y en especial en la energía fotovoltaica.

Las energías renovables datan del siglo II a.C., cuando se comenzaron a usar los primeros molinos hidráulicos. Desde entonces, el uso y las tecnologías de estas han cambiado drásticamente. Tras más de mil años usando estas energías, se dio paso a las energías no renovables de la mano del carbón. Este material permitía obtener energía barata y eficiente en cualquier momento a través de la combustión. Además, solucionaba el problema de no disponer de la energía cada vez que se necesitara, y solo cuando hubiese viento o se estuviese cerca de un río.

El uso del carbón se extendió rápidamente por Europa y América, donde surgieron nuevas formas para desempeñar esta función de una manera más eficiente, surgiendo así el petróleo. Con el petróleo se redujo la suciedad producida por el carbón en los centros industriales y se maximizó la producción de energía.

#### 4.1.1 IMPORTANCIA DE LAS RENOVABLES

Tras casi otros mil años, numerosos informes han mostrado lo dañino que estas energías pueden ser y sugieren un cambio rápido nuevamente hacia fuentes de energía renovables. Sin embargo, no se sabe con certeza si este cambio es aún posible, debido al apego existente al petróleo y la falta de concienciación por parte de la sociedad consumista.



*Ilustración 12: Transición energética.*

Por ello, nuestro deber es tratar de investigar e incentivar estas fuentes renovables que permitan una transición sostenible y eficaz.

## **4.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

La energía solar busca convertir la energía proveniente del sol en energía utilizable para el ser humano. Existen dos formas. Por un lado, encontramos la energía solar de concentración, que busca con el uso de múltiples espejos calentar un fluido térmico que transporta el calor recibido a un generador de vapor que termina produciendo electricidad. Por otro lado, está la fotovoltaica, donde los paneles transforman la energía recibida del sol directamente en electricidad. Entre estos dos tipos destaca la fotovoltaica, siendo esta en la que nos centremos.



*Ilustración 13: Granja fotovoltaica.*

Además de los paneles, son necesarios distintos instrumentos para poder sacar partido a esta tecnología. Los componentes de cada instalación dependen del tipo, por lo que primero se hablará sobre las distintas clasificaciones que existen para un sistema fotovoltaico.

Para diferenciar una instalación fotovoltaica de otra existen varias clasificaciones, siendo las más destacadas la clasificación por tamaño, por conexión a red, y si es o no de autoconsumo.

Dentro de la clasificación por tamaño encontramos instalaciones pequeñas (no llegan a 1 MW), que son los referentes a aplicaciones de autoconsumo o industria; instalaciones medias (hasta 100 MW); e instalaciones grandes (más de 100 MW), donde grandes plantaciones inyectan energía a la red. En esta clasificación podemos prever que nuestro proyecto será de una instalación entre pequeña y media.

Por otro lado, también sabemos que no estaremos conectados a la red, sino que será una instalación de aislada debido a la localidad y dificultad para llegar a la red. Esto tiene tres consecuencias principales. Primero que se hace necesario el uso de baterías para poder controlar la generación y el consumo de la energía, segundo que no habrá excedentes, y tercero que en caso de fallo no se podrá utilizar energía de la red.

Esta última consecuencia afecta directamente a la hora de dimensionar un sistema fotovoltaico, ya que es necesario mantener un mínimo de energía para los sistemas esenciales (como hospitales, electrodomésticos...) en caso de fallo.

## Capítulo 5. TEORÍA

### 5.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Dentro de los sistemas fotovoltaicos, encontramos distintos dispositivos, cuyas funciones son indispensables para el correcto funcionamiento de la instalación. Aunque existan varios, destacan las funciones de los módulos solares, el inversor, y las baterías.

#### 5.1.1 MÓDULOS SOLARES

Los paneles fotovoltaicos son el elemento principal de un sistema de energía fotovoltaica. Estos transforman la radiación solar en electricidad de corriente continua, normalmente con el uso de silicio cristalino. Están divididos en células (normalmente unas 70) conectadas entre sí, donde cada una puede producir entre 4 y 6 vatios por hora (un panel de células partidas puede llegar a tener 144 células). El rendimiento del panel oscila entre un 14 y un 22 por ciento.



*Ilustración 14: Parte de un módulo solar.*

Para entender mejor el funcionamiento, es importante conocer las distintas unidades de producción. Por un lado, tenemos la célula fotovoltaica, que es la unidad mínima de

producción de energía. Luego tenemos un panel o módulo solar, que consiste en varias células conectadas entre sí (en serie o paralelo en función del tipo de módulo). Esta unidad ya genera una cierta tensión e intensidad en función de su curva PV o VI.

### 5.1.2 INVERSOR

El inversor es un elemento eléctrico que nos permite convertir la corriente continua en alterna y viceversa. Gracias a este elemento podemos aprovechar distintas formas de energías, haciéndolas útiles para nosotros. El inversor cobra especial importancia en las aplicaciones fotovoltaicas dado que los paneles solares producen corriente continua y no alterna, que es con la que funcionan la gran mayoría de las necesidades diarias.

Dentro de la definición de inversor, podemos encontrar varios tipos. En primer lugar, conviene saber el tipo de instalación que tendremos, ya que no es lo mismo un sistema aislado (inversor de baterías) que uno conectado a red o con grupo electrógeno (inversor con carga).

La principal diferencia entre un inversor de baterías y un inversor cargador es que este último puede tirar de la red eléctrica en caso de fallo, abasteciendo de esta forma el sistema. Esto conlleva que en una solución con inversor de baterías el sistema deberá estar sobredimensionado, de manera que sea capaz de abastecer la instalación en todo momento y en temporadas donde no se hayan podido cargar las baterías (días con lluvia, nubes...). Las conexiones de estos inversores son diferentes, ya que uno tendrá una conexión extra hacia la red eléctrica.

Además de estos dos tipos, encontramos una nueva solución moderna que cada vez cobra más peso. Esta es utilizar un sistema híbrido. Los sistemas híbridos nacen con la idea de solucionar el problema de abastecimiento de las energías renovables en instalaciones aisladas. Buscan una forma de proporcionar energía en todo momento, sin necesidad de sobredimensionar excesivamente una instalación y encarecerla excesivamente. Para ello, apoya la producción de energía renovable (solar o eólica) con un grupo electrógeno que actúa

como “red”. Este inversor también funciona en instalaciones aisladas sin grupo de reserva, pero perdería su eficacia.

Sin embargo, como se ha mencionado a lo largo de este estudio, el objetivo de este proyecto es conseguir una eco aldea, por lo que utilizar como apoyo un grupo electrógeno no es una opción viable en este caso. Esto nos deja con la única opción de utilizar un inversor de baterías y sobredimensionar el sistema para asegurar abastecimiento sin interrupción.

El inversor de baterías debe ser capaz de aumentar la tensión de salida a los 400 V de alterna que necesita para la distribución. Para ello suelen incorporar un transformador que aumenta la tensión. Sin embargo, hoy en día ya existen en el mercado los llamados *transformerless*, cuya tecnología permite no usar un transformador, reduciendo el peso y el precio.

Algunas características que definen un inversor de baterías son:

1. Tensión de funcionamiento: Los hay de 12, 24 y 48 V. Delimita la tensión a la que trabajarán las baterías, ya que es invariable.
2. Rango de tensión de entrada de la batería: Dato indicado por el fabricante. En los inversores de 48 V se encuentra entre 40 y un 60 V.
3. Rango de tensión de salida de la batería: Valor muy importante cuya correcta selección asegurará que nuestro sistema soporte las cargas más altas.
4. Potencia nominal de salida: Puede ir dada, en función del fabricante, tanto en W como en VA.
5. Potencia pico de salida: Este valor suele ser el doble que la potencia nominal del inversor. Pese a soportar esta potencia, el inversor solo es capaz de aguantar un tiempo breve. Pasado este tiempo se sobrecarga, apagándose automáticamente para evitar posibles daños. Por ello muchas veces está indicado en Cº.

Es importante recalcar que mientras mayor sea la diferencia entre la tensión de entrada y la de salida, mayor será la intensidad de salida (ya que la potencia es constante), aumentando las pérdidas. Este aumento de pérdidas puede provocar que nuestro inversor deje de tener la eficiencia necesaria para la instalación.

A la hora de dimensionar un inversor solar y seleccionar su potencia nominal, se sumarán todas las potencias demandadas por las cargas de AC, y se dará un margen del 20 % sobre este valor. De esta forma se evitan problemas por sobretensión y se mantiene al instrumento en su correcto funcionamiento.

### 5.1.3 REGULADOR DE CARGA

El inversor no es el único elemento necesario para que un sistema de almacenamiento con baterías funcione de manera óptima. A la hora de cargar, es importante controlar la corriente que le llega a la batería, la tensión de estas, y dejar de transmitir electricidad cuando las baterías están cargadas para evitar un sobrecalentamiento. El encargado de realizar estas funciones es el regulador de carga.

El regulador de carga al final es un sistema electrónico encargado de comprobar la correcta carga y descarga de las baterías para alargar su vida útil. Es un elemento necesario en cualquier instalación, ya que sin él las baterías se dañarían en pocos usos y habría que enchufarlas y desenchufarlas manualmente al llegar a su descarga máxima recomendable.

Dentro de las distintas funciones de un regulador de carga de baterías destacan:

- Evitar la autodescarga de la batería proporcionando una intensidad mayor que la de descarga, pero menor que la máxima de carga.
- Controlar la descarga y carga de la batería.
- Dirigir que cantidad de carga es destinada al consumo y cual al banco de baterías.

A la hora de seleccionar un regulador de carga es necesario saber el tipo de batería, ya que no todos funcionan para una batería de litio o plomo; y la capacidad de las baterías, para saber la potencia que debe dar. Al final se comprobará que las intensidades máximas de entrada y salida del regulador estén de acorde con las corrientes de cortocircuito de los paneles y de la que pueda consumir la carga del sistema.

Para tener en cuenta posibles picos de irradiancia que afecten a los paneles, se seleccionará un regulador con una intensidad de entrada ( $I_{\text{entrada}}$ ) y salida ( $I_{\text{salida}}$ ) un 15-25% superior a la intensidad de cortocircuito de los paneles o de la que demande las cargas, seleccionando la más alta de estas dos.

Dentro de los distintos reguladores de carga para baterías (también existen para otras aplicaciones como los MPPT de los módulos solares) hay distintos accesorios que pueden complementar el regulador, como un mayor aislamiento para aplicaciones marinas, medidores térmicos y de presión, etc. Estos extras no serán necesarios para nuestro sistema.

#### **5.1.4 BATERÍAS**

Las baterías buscan almacenar la energía producida por los paneles solares durante el día. Además de almacenar energía los días con mucha producción para compensar aquellos días de menor rendimiento, la batería permite hacer un uso nocturno de la instalación. Es por ello, que se dice que una batería soluciona el desfase horario existente entre la producción y su uso.

A lo largo de este trabajo se indagará más en este concepto y en sus utilidades, siendo esta la parte principal de este proyecto.

### **5.2 TIPOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS**

Como se ha mencionado en el apartado 4.2 de este proyecto, se pueden diferenciar instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de aquellas aisladas. Esta comparativa es la más importante y característica de nuestro trabajo, y se tendrá en cuenta a lo largo de la investigación para el correcto dimensionamiento de nuestro sistema de almacenamiento energético.

#### **5.2.1 SISTEMAS CONECTADOS A RED**

Como su nombre indica, estas instalaciones están conectadas a una red, que, por lo general, es de una entidad pública. Esta conexión permite tener la tranquilidad de contar con un

suministro suficiente siempre que se necesite, siendo más sencillo un crecimiento en términos de consumo en la aldea.

Enfocado a una instalación fotovoltaica, esa tranquilidad de recibir siempre suministro de energía, provoca que no sea necesario un sobredimensionamiento del sistema fotovoltaico, abaratando considerablemente el equipo.

Estos sistemas son los más comunes en las viviendas, sin embargo, cada vez se encuentra una mayor presencia de la producción por paneles. En el caso de Kenia, la red eléctrica sufre muchos problemas de cortes, por lo que esa fiabilidad no siempre existe. Esto, sumado a la complicación de llegar a lugares remotos como en el que se encuentra la aldea, hace que nos planteemos únicamente un sistema aislado.

### **5.2.2 SISTEMAS AISLADOS**

Los sistemas aislados por su parte son sistemas que no tienen ninguna conexión con el exterior. Se encuentran por lo general en lugares inaccesibles o alejados de las grandes urbes. Suelen contar con un generador o grupo electrógeno de soporte en caso de emergencia.

En el caso de nuestra aldea, este será el tipo de distribución que encontraremos, con la peculiaridad de que trataremos de evitar el uso de un equipo de emergencia. Para ello deberemos sobredimensionar el sistema, dándole un margen para posibles imprevistos.

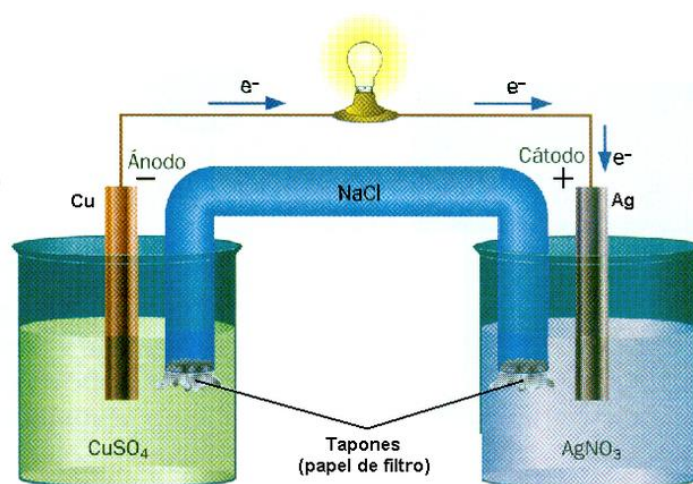
## **5.3 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO**

### **5.3.1 FUNCIONAMIENTO**

Desde el inicio del uso de la energía como método de simplificar las labores humanas, el mayor reto ha sido encontrar una forma de aprovechar la energía cuando se necesita, y no cuando se disponga de ella. En el caso de la energía eléctrica, este reto se resuelve a través del uso de baterías, que almacenan de forma química la energía producida.

Concretamente en una instalación de energía solar, esta herramienta cobra especial importancia, ya que la energía solar solo se puede aprovechar en horas diurnas y siempre y cuando haga luz. En caso contrario el sistema no podrá suministrar la energía necesaria. Por ello, para nuestra instalación, la batería servirá para solucionar el desfase temporal existente entre la generación y el consumo. No hay que olvidar que no se recomienda una descarga completa de estas, ya que puede afectar a su vida útil.

Una batería es un componente eléctrico que almacena energía para después liberarla en forma de electricidad. Para retener la energía eléctrica que recibe, la batería la transforma en energía química a partir de dos materiales diferentes que actúan como polo positivo (cátodo) y negativo (ánodo). Estos provocan que los electrones se muevan en el electrolito, permitiendo un flujo de corriente. Durante este proceso, uno de los componentes pierde electrones (se oxida) mientras que el otro los gana (se reduce). A esto se le llama reacción de reducción-oxidación o redox, donde los materiales cambian su estado de oxidación. La selección de estos materiales, así como su disposición, delimitan el tipo de batería.



*Ilustración 15: Esquema del funcionamiento de una pila.*

Los métodos de almacenamiento están en constante evolución, y cada año que pasa se descubren nuevos avances que mejoran sustancialmente las baterías. Por ello, podemos predecir que la tecnología que mayor importancia tendrá a lo largo de este trabajo será la

más moderna, en este caso, la batería de litio. Sin embargo, no podemos sacar conclusiones sin previamente hacer un estudio.

Para poder entender mejor el funcionamiento de los sistemas de almacenamiento, es importante tener claros los conceptos y características que los delimitan.

### 5.3.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA BATERÍA

Antes de dimensionar una instalación con baterías, se debe conocer los parámetros que lo dimensiona, así como características de los distintos tipos de baterías, ya que unas tendrán ventajas frente a otras en algunas circunstancias.

Estas características son:

- Capacidad de una batería

La capacidad de una batería es la característica principal de esta. Al final, es el resultado al que se quiere llegar cuando se dimensiona un sistema de almacenamiento. La capacidad se mide en unidades de corriente por tiempo de uso (Ah).

Esta unidad está estrechamente relacionada con el concepto de energía consumida, ya que esta se define teniendo en cuenta la capacidad y la tensión de trabajo.

- Tensión de la batería

Tensión nominal de la batería, la cual es dada por el fabricante. Es importante diferenciarla de la tensión de trabajo de una batería.

- Tensión de trabajo de la batería

Tensión real a la que trabajan las baterías. Puede o no coincidir con la tensión de la batería. Para incrementar la tensión de trabajo de una batería basta con situarlas en serie. Sin embargo, si lo que se busca es incrementar la capacidad de la instalación manteniendo constante la tensión, se deben colocar en paralelo.

- Ciclos de carga

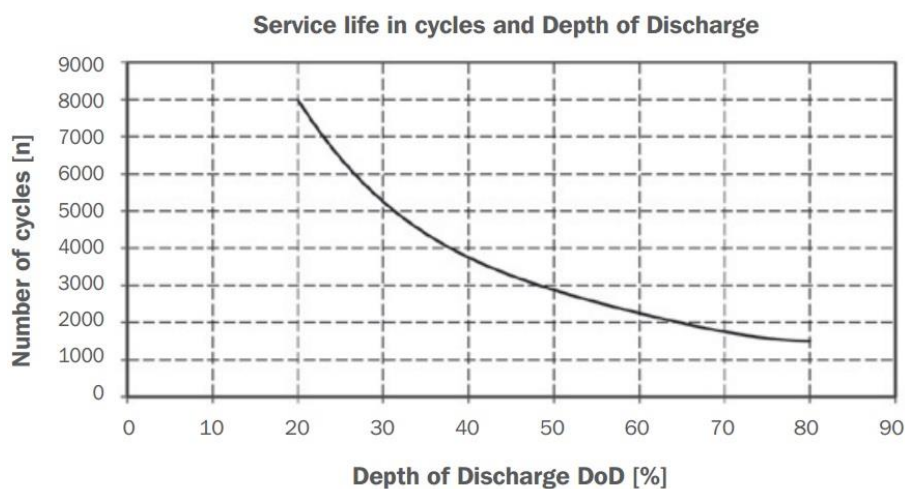
Parámetro principal de medida de la longevidad de una batería. El ciclo de una batería se define como las veces que se puede descargar y volver a cargar una batería manteniendo un 80 % de la carga original. A partir de este valor, aunque se pueda seguir usando, la batería puede comenzar a sufrir daños mayores. Este valor varía entre los distintos tipos de baterías, pero oscila entre 500 y 10,000 ciclos.

En el caso de una instalación solar, cada ciclo será un día, ya que idílicamente, se dimensionará para cargar la batería y descargarla diariamente.

- Profundidad de descarga (DOD)

La profundidad de descarga o en inglés *Depth of Discharge*, mide el porcentaje recomendado que se puede descargar cada batería según la tecnología. Este valor depende del tipo de batería, y está en constante mejora. Actualmente se encuentran profundidades de descarga entre 50 % y 100 %.

Este rasgo de la batería además mide el esfuerzo que se le pide al sistema de almacenamiento. Así, mientras más se le exija, menos ciclos durará la batería. Para comprender esta característica podemos analizar el gráfico de *Vida de servicio*, dado por cada fabricante.



*Ilustración 16: Vida útil de una batería en función de la profundidad de descarga.*

En este ejemplo observamos como varían los ciclos de una batería en función de la profundidad de descarga a la que trabaje la batería. Así, manteniendo una descarga del 20 % cada día se llegan a 8,000 ciclos de vida útil, mientras que descargándolo hasta un 80 % solo a 1,500.

Por lo visto anteriormente, es conveniente dimensionar un sistema con cierto margen, para garantizar la vida útil deseada de la batería y la constancia en el suministro. Es importante encontrar un equilibrio entre la DOD y la vida útil, para evitar problemas de sobredimensionamiento e infra dimensionamiento del sistema.

- Resistencia interna

Valor de la resistencia de una batería ( $\Omega$ ). Este es un indicativo del estado de salud (SOH) de una batería, y muestra como de fácil se carga y descarga.

- Estado de la batería

Como su propio nombre indica, el estado de la batería nos dice si una batería esta bien o no, pudiendo tener una celda defectuosa o ser muy antigua. Este parámetro obrará importancia al final de esta memoria, cuando se analicen las baterías existentes en el poblado.

### 5.3.3 CAPACIDAD DE DESCARGA

Este parámetro mide el tiempo que una batería puede dar cierta intensidad. Se mide en horas, y junto con el concepto de capacidad de la batería delimita el dimensionamiento de la batería. Se le hace referencia con la letra C, seguido del número de horas que puede estar dando la intensidad. Así, una batería de 100 Ah puede dar durante 100 horas 1 A, o durante 10 horas 10 A.

Al final la capacidad de descarga de la batería queda delimitada por el fabricante. Por ello tendremos que elegir una u otra en función de la utilidad que le vamos a dar. En un sistema fotovoltaico, donde nos interesa que la batería se descargue lentamente durante mucho tiempo, nos fijaremos en las características de esta para C100.

Esto no significa que una batería C100 no se pueda usar para C10, sino que los datos asociados a este uso no serán válidos para nuestro propósito. Una misma batería puede tener varias nomenclaturas en ella. Es decir, puede servir para distintas aplicaciones, unas en C10 y otras en C100. Sin embargo, los A que pueda entregar no serán los mismos.

Como ejemplo de esto cogemos la batería Ultracell 12 V 172Ah. En ella el fabricante especifica que esta batería es de C100 con 172 Ah, o de C10 con 150 Ah. Esto se debe a temas de la reacción química que se produce dentro de ellas, por lo que una misma batería siempre dará más Ah mientras mayor sea su capacidad de descarga.

Por lo explicado en este apartado será necesario saber la aplicación a la que se someterá nuestro sistema de almacenamiento y la relación existente entre las baterías de distinta capacidad de descarga.

### 5.3.4 ETAPAS DE CARGA

A la hora de cargar una batería se pueden distinguir distintos comportamientos. Estos comportamientos conforman las 4 etapas de carga (Autosolar.es, 2022):

- Bulk

En esta primera etapa de carga, el sistema de almacenamiento recibe su corriente máxima. Al recibir esta intensidad, la tensión aumenta esporádicamente un 5 % sobre su tensión nominal. Mientras recibe esta intensidad, la tensión de la batería aumenta lentamente hasta llegar a su límite de voltaje. Este hecho representa que la batería ha llegado a un 80 % - 90 % de su carga.

- Absorción

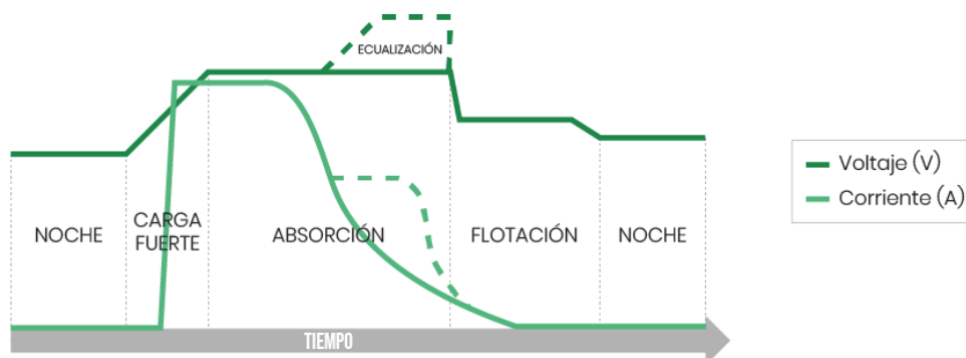
Esta fase comienza con el final de la fase de *Bulk*, también llamado límite de absorción. En este momento la corriente de carga disminuye muy lentamente hasta llegar a un 100 % de carga de batería. Esta fase busca recuperar el electrolito perdido durante la descarga de la batería. Esto significa, que mientras más se haya descargado la batería anteriormente, más tiempo necesitará esta etapa para completarse.

Gracias a esta etapa, la carga que entra en la batería es regulada, ya que en caso contrario (el de permanecer en la etapa anterior constantemente), la batería sufriría sobrecargas constantes, averiándose por completo.

- Flotación

Esta es la etapa final de carga de una batería. Una vez que la batería se ha cargado al completo, existe un factor llamado autodescarga de la batería. Esto es que aunque no haya carga demandada, una batería sufre autodescarga lentamente. Esta etapa busca contrarrestar este efecto proporcionando corriente.

Para comprender mejor las 4 etapas, se adjunta una imagen con un esquema de las 4 fases de carga.



*Ilustración 17: Etapas de carga de una batería.*

### 5.3.5 PROCESO DE ECUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO

Antes de abordar los distintos tipos de baterías, es necesario comprobar el mantenimiento que requieren algunas baterías frente a otras. Existen dos procesos a los que deben someterse las baterías de plomo-ácido abiertas. Por un lado, está el mantenimiento, que consta de una limpieza y reposición del agua destilada de la batería, realizándose cada mes. Con este proceso se provoca el ascenso del gas dentro de ácido de la batería, evitando posibles deterioros en las placas de la batería, que desembocarían en su avería.

Por otro lado, también encontramos la ecualización, proceso por el que se sobrecarga la batería para eliminar la posible formación de sulfato de plomo en el acumulador de la batería, causado por trabajar en condiciones de baja carga. Con esto, se evita la cristalización del electrolito en el interior. En caso de obviar este mantenimiento, pueden aparecer problemas y averías de las baterías.

Estos mantenimientos solo son necesarios en las baterías de plomo – ácido abiertas. Este hecho es importante tenerlo en cuenta antes de seleccionar que batería usar, ya que, en un país como Kenia, puede haber problemas para encontrar tanto agua destilada como un técnico que pueda desarrollar el mantenimiento.

### 5.3.6 TIPOS DE BATERÍA

Las baterías requieren de un electrolito (mezcla de ácido sulfúrico y agua) para funcionar. La forma en la que se almacena este electrolito, así como su composición marcan las diferentes baterías.

Existen varios tipos de batería según su tecnología. Destacan las tecnologías de ion litio y de plomo – ácido. Dentro de esta última, se diferencia entre baterías abiertas y cerradas. Por ello, para este estudio, se hablarán siempre de 3 tipos posibles: litio, plomo abiertas y plomo cerradas.

#### ➤ Plomo abiertas

Las baterías de plomo abiertas contienen celdas que deben ser almacenadas con el electrolito. Esta mezcla produce la liberación de gases. Siendo las más antiguas, tienen varios usos y han sido probadas en numerosas situaciones, por lo que están muy contrastadas. Hoy en día, es la tecnología que más se ha implementado en instalaciones solares.



*Ilustración 18: Baterías de plomo abiertas.*

Esa “tradición” de usar esta tecnología nos lleva a plantearnos su uso pese a ser la menos completa. Su bajo coste inicial es un gran aliciente para una instalación que busca abaratar la inversión para incrementar la viabilidad de esta.

Las características más importantes de esta tecnología son su profundidad de descarga del 50 % y su mantenimiento mensual. Sobre el DOD podemos concluir que no es una batería muy eficiente, pero lo suple con su larga fiabilidad. El mantenimiento (ecualización) provoca que no pueda instalarse en lugares sin ventilación, como grandes contenedores, lo que juega en contra de una instalación que debe ser cerrada para evitar el polvo del ecosistema. Además, cuentan con una vida útil de unos 3000 ciclos.

Normalmente estas baterías se usaban en instalaciones con consumo altos y continuos, por lo que encaja con el proyecto.

Dentro de esta tecnología se distinguen dos baterías que marcan el mercado. Estas son las OPzS y las TOPzS.

Las OPzS tienen un diseño tubular y están preparadas para instalaciones estacionarias, que cuentan con una entrada y salida de energía constante. Esta entrada y salida de energía constante se encuentra en esta instalación, justificando el uso de esta.

Por su parte, las TOPzS, usan la misma tecnología que las OPzS. Las mayores diferencias son su diseño de recipiente diferente y su mayor capacidad de almacenar electrolito. Esta característica provoca una mayor capacidad de descarga en sistemas de descarga lenta (C100 o C120).

Comparando ambas se obtuvo la siguiente tabla:

|                              | OPzS | TOPzS |
|------------------------------|------|-------|
| Diseño tubular               | Si   | No    |
| Instalaciones estacionarias  | Si   | Si    |
| Mayor reserva de electrolito | No   | Si    |
| Mayor capacidad en C100      | No   | Si    |

Tabla 2: Comparativa de OPzS frente TOPzS.

Analizando esta tabla se detecta como ambas son muy similares, quitando la posibilidad de poder descartar alguna dado su precio similar.

#### ➤ Plomo cerradas

Estas baterías surgen para paliar la necesidad de un mantenimiento en las de plomo abiertas, que puede ser tedioso y a veces imposible en situaciones rurales (como es el caso). En ella, se sella el electrolito, regulando automáticamente la cantidad que sale y es absorbida por el separador. Estas baterías no requieren de mantenimiento y no liberan gases algunos (al no encontrarse el electrolito abierto), siendo perfecta para sistemas sin ventilación.

Dentro de las baterías cerradas, encontramos las baterías AGM y las de Gel, ambas, con una vida útil de entre 750 y 1500 ciclos, y con un 50 % de profundidad de descarga, aunque puede variar dentro del modelo.

Las baterías AGM, de sus siglas en inglés “*Absorbed Glass Material*”, utilizan un separador de fibra de vidrio para regular la salida del electrolito. Cuentan con una resistencia interna muy baja en comparación con las de plomo – ácido abiertas. Esto aumenta su velocidad y capacidad aguantar valores altos de intensidad. Además, el hecho de estar selladas favorece su resistencia a ambiente extremos de temperatura y humedad, y cuentan con una vida útil algo mayor que la tecnología abierta.

Con un sistema similar, las baterías de Gel contienen el electrolito en estado de gel. Gracias a esto se ahorra el mantenimiento y se sella la batería. Con el gel se dosifica el uso del electrolito, pero puede sufrir dilataciones de este a temperaturas muy altas, provocando un deterioro y mal funcionamiento de estas. De igual manera, a temperaturas extremadamente bajas la batería puede sufrir.

A diferencia de las baterías AGM, las de gel funcionan mejor en instalaciones donde se busca una descarga constante, antes que poder soportar un pico de potencia alto.

En definitiva, ambas baterías abarcan numerosas situaciones distintas, siendo una tecnología muy polivalente. Además, destaca el bajo nivel de autodescarga que tienen, siendo útiles en situaciones con parones de abastecimiento.

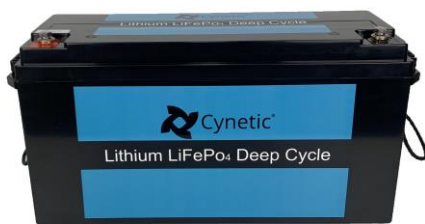
|                             | AGM                          | Gel           |
|-----------------------------|------------------------------|---------------|
| Almacenamiento electrolito  | Separador de fibra de vidrio | Estado de gel |
| Soporta picos de potencia   | Si                           | No siempre    |
| Soporta temperatura extrema | Si                           | No            |
| Bajo nivel de autodescarga  | Si                           | Si            |
| Mantenimiento               | No                           | No            |

Tabla 3: Comparativa tecnología AGM frente Gel.

En esta tabla se comparan ambas baterías con sus pros y contras. Como se ha mencionado antes, la tabla contrasta las distintas situaciones en las que cada batería debe ser instalada.

➤ Litio 6000

La tecnología de litio es la más nueva y reciente de todas. La principal barrera que supera es la capacidad de descargarse más que las de plomo (50 %), llegando a valores de DOD de 80 % (algunas incluso a 100) sin perjudicar su vida útil. Esta tecnología cambia los elementos que reaccionan en el interior de la batería, sustituyendo el plomo y el ácido por iones de litio.



*Ilustración 19: Batería de litio.*

Con esta tecnología no se requiere de mantenimiento alguno, y la batería es capaz de aguantar sistemas extremos. Pese a su alto coste inicial, su larga vida útil hace que se amortice de manera más favorable que el resto (se estudiará más adelante), ya que cuentan con una vida de 6000 ciclos (las más modernas ya llegan a 10,000).

El hecho de ser la más moderna, también supone que sea la que más margen de mejora tenga. Y, pese a su poca historia, ya comienza a ser la más usada en el mercado.

Para comparar todas las tecnologías las enfrentamos todas en la siguiente tabla:

|                               | Plomo Abierta | Plomo cerrada | Litio |
|-------------------------------|---------------|---------------|-------|
| Mantenimiento                 | Si            | No            | No    |
| Rendimiento energetico medio  | 0.85          | 0.85          | 0.95  |
| Profundidad de descarga (DOD) | 50            | 50            | 80    |
| Intalaciones estacionarias    | Si            | Si            | Si    |
| Ciclos                        | 3000          | 750           | 6000  |
| Gasto incial                  | Bajo          | Bajo - medio  | Alto  |
| Gasto a largo plazo           | Medio         | Alto          | Bajo  |

Tabla 4: Comparativas de los distintos tipos de batería.

De tabla concluimos que:

- El mantenimiento puede ser algo complicado en una zona rural como Kenia, y merece la pena valorar un desembolso inicial mayor para evitarlo.
- El rendimiento energético no es un factor muy diferencial dado su similitud entre todas las baterías, aunque destaca el litio.
- Si existe una gran diferencia en la profundidad de descargad del litio frente a las de plomo.
- De igual manera, si se busca una instalación a largo plazo, la tendencia es usar baterías de litio, con el doble de ciclos que una batería de plomo abierta y 8 veces más que las de plomo cerrada.
- Habrá que hacer un estudio económico para ver la viabilidad del litio frente al plomo, analizando cuales son los resultados de energía generada a largo plazo frente al gasto inicial.
- La tecnología de litio parece la que más recorrido tiene, siendo a priori la más interesante.

## 5.4 ESTRATEGIAS DE CARGA

A la hora de dimensionar un sistema de almacenamiento para una instalación asilada, es importante saber las distintas partes que compondrán el proyecto. Por un lado, tendremos la red de distribución, elemento claramente diferenciado y donde la corriente tiene que llegar en alterna (AC). Además, tendremos los módulos solares, de donde la corriente sale en continua (CC). Entre medias de estos dos elementos estarán las baterías, cuya carga se realiza nuevamente con corriente continua (CC). Es por ello que se debe decidir en qué momento transformar la electricidad de un tipo de corriente a otro.

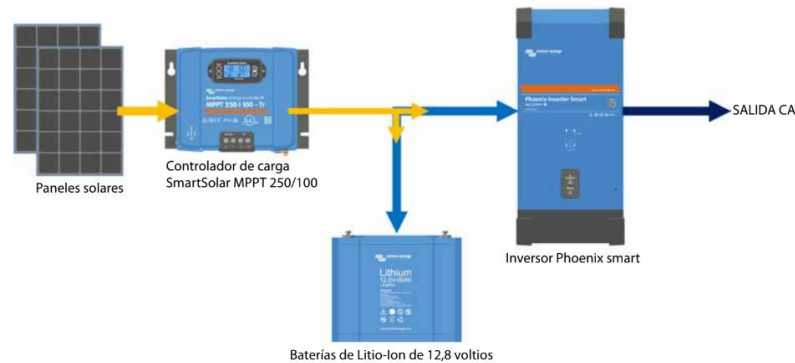
Para una instalación fotovoltaica hay dos formas principales de acoplar las baterías. La primera, transformando directamente la corriente al salir de los paneles a alterna (carga en AC), para nuevamente pasar a continua antes de cargar las baterías. Y la segunda cargando las baterías primero al salir de los paneles (en CC) y convertirla después en alterna para la red. Ambos sistemas son válidos y tienen distintas ventajas, que serán comentadas más adelante.

En este apartado se presentarán ambas opciones y se compararán, analizando las distintas ventajas y desventajas de cada distribución.

- *Un solo inversor o en DC:*

La opción de utilizar un solo inversor es la correspondiente a cargar las baterías nada más salir de los paneles solares, de manera que te “ahorras” en un principio pasar la corriente de continua a alterna.

La distribución del sistema queda como el siguiente esquema.



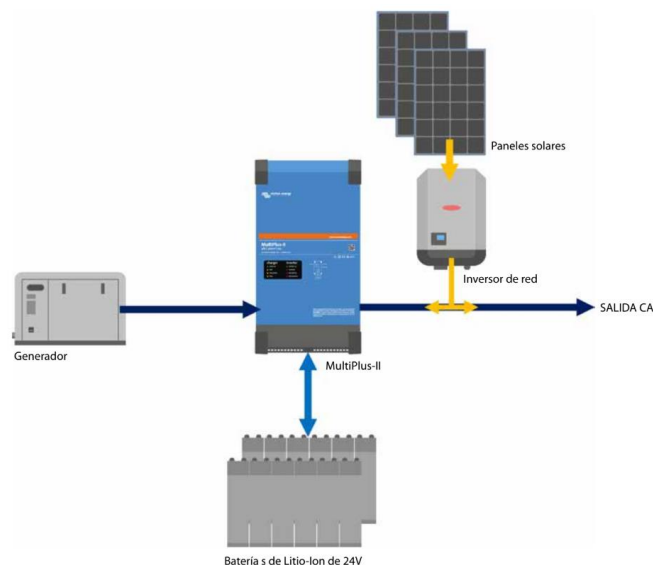
*Ilustración 20: Esquema de carga en DC.*

En este esquema podemos ver como solo se usa un inversor tras el paso por las baterías. Además, se puede seleccionar un controlador de cargas que actúe tanto sobre las baterías como sobre los módulos (actuando de MPPT). Esta opción presenta la principal ventaja de ahorrar en el gasto de un inversor extra.

- *Dos inversores o en AC:*

En esta segunda configuración la corriente pasa a corriente AC nada más salir de los paneles. Por ello se debe usar un segundo inversor antes del grupo de baterías que permita su carga en CC. Aunque inicialmente el gasto en un inversor adicional puede parecer innecesario, esta distribución conlleva ventajas al reducir pérdidas trabajando en alterna.

A continuación, podemos ver un esquema con una distribución con dos inversores. A diferencia de nuestro caso, este lleva incorporado un grupo electrógeno (sistema híbrido), que como se ha mencionado, no incorporaremos.



*Ilustración 21: Esquema de carga en AC.*

En esta imagen podemos ver como la corriente ya ha sido transformada en alterna nada más salir de los módulos solares, y esta es nuevamente transformada para cargar las baterías.

Al final la principal razón que justifica el uso de un sistema de carga en AC es reducir las pérdidas cuando las cargas demandan energía directamente de los paneles.

En el caso de carga en DC la energía siempre pasa por un inversor que reduce la tensión a la de las baterías, 48 V en nuestro caso. Después de este proceso, la carga se vuelve a elevar para ir hacia los consumos. Mientras tanto en AC, la corriente solo tiene que subir hasta los 400 V de la red antes de ser distribuida a los consumos. Este hecho reduce las pérdidas significativamente cuando la demanda es grande y solicita energía durante periodos de luz, como es nuestro caso, aunque la inversión inicial sea mayor.

|                     | CARGA EN AC | CARGA EN DC |
|---------------------|-------------|-------------|
| MAYOR EFICIENCIA    | ✓           |             |
| MENOR COSTE INICIAL |             | ✓           |
| SISTEMA ACTUAL      | ✓           |             |

Tabla 5: Comparativa de carga en AC frente a DC.

Ambas distribuciones son válidas e igual de usadas en el mercado. Generalmente se aplica la primera opción para instalaciones pequeñas o medianas, donde la producción de energía no es muy grande y se busca abaratar la instalación. Mientras que la segunda es más usada en instalaciones grandes que busca maximizar la producción y minimizar las pérdidas.

Dado que nuestro proyecto tiene perspectiva de ser a gran escala, la opción de dos inversores será la que seleccionada. Además, como se mencionó al comienzo de la memoria, este es el sistema que se instauró por energías sin fronteras (ESF), y podría permitir un posible acoplamiento a lo que ya hay para abaratar la instalación.

## Capítulo 6. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DEL TRABAJO

### 6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PLOMO FRENTE AL LITIO

En este punto se compararán las distintas tecnologías de las baterías, haciendo un análisis de durabilidad y relacionándolo con el precio por KWh durante la vida útil de la batería.

Para realizar este análisis, empezaremos por comparar cuantos Wh puede dar a lo largo de su vida útil una batería de 1000 Wh de litio (6000 ciclos), una de plomo (3000 ciclos) y otra de AGM o Gel (plomo cerrado de 750 ciclos).

Suponemos que se carga y descarga todos los días, siendo de un día cada ciclo.

- Litio:

De esos 1000 Wh, en una de litio podremos usar el 80 %

$$E_{util\ litio} = 1000 * 0.8 = 800\ Wh$$

Esto durante 6000 ciclos:

$$E_{vida\ util\ litio} = 800 * 6000 = 4.8\ MWh$$

- Plomo:

De esos 1000 Wh, en una de plomo podremos usar el 50 %

$$E_{util\ plomo\ abierta} = 1000 * 0.5 = 500\ Wh$$

Esto durante 3000 ciclos:

$$E_{vida\ util\ plomo\ abierta} = 500 * 3000 = 1.5\ MWh$$

- AGM:

De esos 1000 Wh, en una de AGM podremos usar el 50 %

$$E_{util\ AGM} = 1000 * 0.5 = 500\ Wh$$

Esto durante 750 ciclos:

$$E_{vida\ util\ AGM} = 500 * 750 = 0.375\ MWh$$

Como podemos ver, a largo plazo una batería de litio da más que el doble de Wh que una de plomo (4.8 MW frente a 1.5 MW) y casi diez veces más que una AGM o de Gel (4.8 MW frente a 0.375 MW). Este hecho puede justificar el uso de una batería de litio frente a una de plomo pese a que su precio inicial sea superior, como demostraremos a continuación.

Además, para climas extremos es necesario tener en cuenta la temperatura de trabajo de la bancada de baterías. Esto se debe a que en climas fríos la resistencia interna de la batería aumenta, disminuyendo la capacidad de la batería; mientras que en climas extremadamente cálidos se reduce la resistencia interna, disminuyendo su vida útil en su lugar.

En el caso de Kenia, país que se encuentra en el ecuador, mantiene sus temperaturas bastante constantes a lo largo del año, con un valor comprendido entre los 20 y 25 grados (PVGIS, 2022, consultar Anexo J). Estos valores, al no ser exagerados, no variarían en exceso los resultados que obtendremos frente a los que dan los fabricantes. Sin embargo, en los meses de verano pueden ser demasiado cálidos.

Por último, se puede hacer una fácil relación entre el precio de la batería y el rendimiento que se obtiene de esta a lo largo de su vida útil. Esta relación nos permitirá decidir que tecnología es mejor usar en términos económicos.

A esta relación se le llama *coste por capacidad útil (CCU)*. Para calcularlo, tomaremos un precio de 8,000 € para las baterías de plomo-ácido, 3,000 € para las de AGM o Gel y 12,000 € para las de ion litio (Precios sacados de la feria de GENERA, Ifema 2022).

$$Coste\ por\ capacidad\ util = \frac{Precio\ baterias}{E_{vida\ util}}$$

$$CCU_{plomo-ácido} = \frac{8,000}{1,500} = 5.33 \frac{€}{KWh}$$

$$CCU_{AGM o Gel} = \frac{3,000}{375} = 8.00 \frac{€}{KWh}$$

$$CCU_{Ion Litio} = \frac{12,000}{4,800} = 2.50 \frac{€}{KWh}$$

En estos cálculos podemos ver como el litio sale bastante más rentable que el plomo, en concreto un 53 % más barato que una batería de plomo abierta y un 81 % que una de AGM o Gel. Este hecho, sumado a la ausencia de mantenimiento que requieren las baterías de litio frente a las de plomo empleada en aplicaciones como esta, hacen que seleccionemos una batería de litio para nuestra instalación.

Para aclarar los conceptos y agruparlos de forma coherente, a continuación, se adjunta una tabla con los análisis y resultados obtenidos en este apartado. En ella se comparan claramente los tres tipos de baterías según el procedimiento que nos ha llevado a inclinarnos por la de ion litio.

| Tecnología                       | Plomo abierto | AGM / Gel     | Ion litio        |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------------|
| Tensión nominal (V)              | 2 V/vaso      | 12 (2 V/vaso) | 48 (3.2 V/celda) |
| Temperaturas límite (C°)         | -20 / 55      | -15 / 50      | -20 / 60         |
| DOD (%)                          | 50            | 50            | 80               |
| Rendimiento energético medio (%) | 85            | 85            | 95               |
| Ciclos                           | 3,000         | 750           | 6,000            |
| Coste (€)                        | 8,000         | 3,000         | 12,000           |
| KWh de vida útil                 | 1,500         | 375           | 4,800            |
| Coste por capacidad útil (€/KWh) | 5.33          | 8             | 2.5              |

Tabla 6: Comparativa económica de las distintas baterías.

Como hemos mencionado antes podemos ver todas las especificaciones de las distintas baterías de manera resumida. Esto permite compararlas de forma rápida y sacar conclusiones.

Podemos ver como pese a tener un precio más elevado inicialmente, la tecnología de litio termina siendo la más barata. Además, esta tiene el mejor aguante frente a temperaturas extremas, algo que puede ser beneficioso en ambiente cálidos como puede ser Kenia en los

meses de vacaciones. Estos argumentos llevan a seleccionar la batería de litio para esta instalación.

## **6.2 ANÁLISIS DE PERFILES DE CONSUMO**

En cualquier instalación energética, resulta vital conocer la energía que se necesita y su distribución a lo largo del día. Para ello se usan los perfiles de consumo. En un perfil de consumo se puede ver hora a hora la energía que demandan las cargas. En el caso de un sistema de almacenamiento, se usa para saber de cuanta potencia debe ser para abastecer el sistema.

En el caso de Nyumbani ese perfil de consumo que se busca es la superposición de varias instalaciones. En cada instalación se obtuvo el perfil de consumo de una manera diferente, teniéndose en cuenta tanto los consumos que existen ahora como los que desearían tener. A continuación, se comentarán todos los perfiles y como se obtuvieron.

### Clínica

Este perfil se obtuvo con el uso del Emporia EMCT-V2, aparato con el cual se pueden ver demandas de las cargas. Este, se conecta a las líneas de la instalación en estudio, y obtiene los datos de consumo tanto para 1 segundo, 15 minutos, 1 hora o un día en concreto. En el caso de un perfil de consumo para este dimensionamiento, utilizaremos la función de datos por cada hora.

La clínica es una de las instalaciones importantes de la aldea. En ella tienen aparatos médicos que pueden llegar a consumir mucho, por lo que es necesario una buena medida de esta instalación. Con ello, obtuvimos los siguientes resultados para 5 días (el tiempo que estuvo conectado) de la semana:

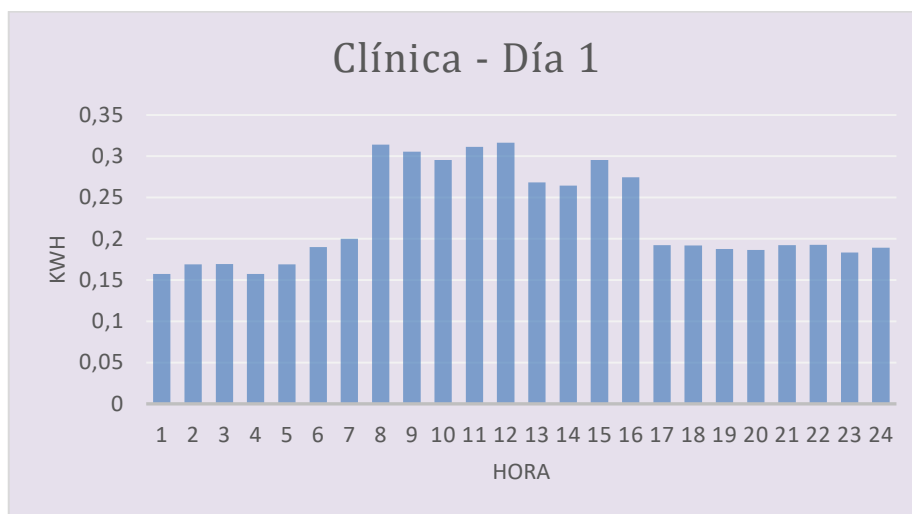


Ilustración 22: Gráfica consumo día 1 clínica, 13 de julio 2022.

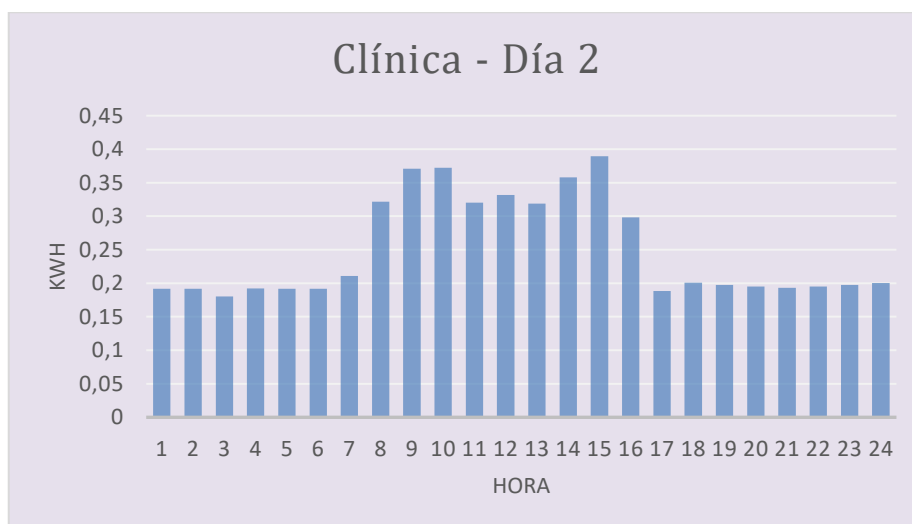


Ilustración 23: Gráfica consumo día 2 clínica, 14 de julio 2022.

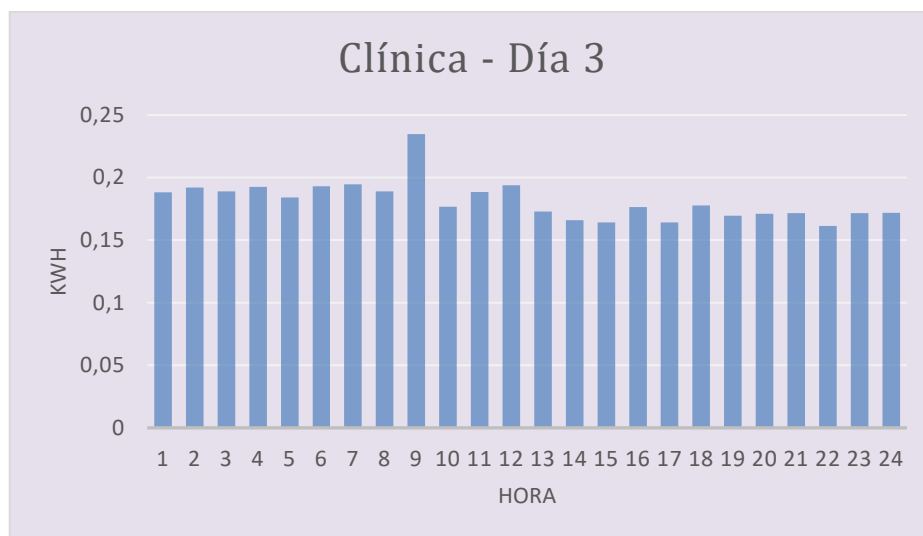


Ilustración 24: Gráfica consumo día 3 clínica, 16 de julio 2022.

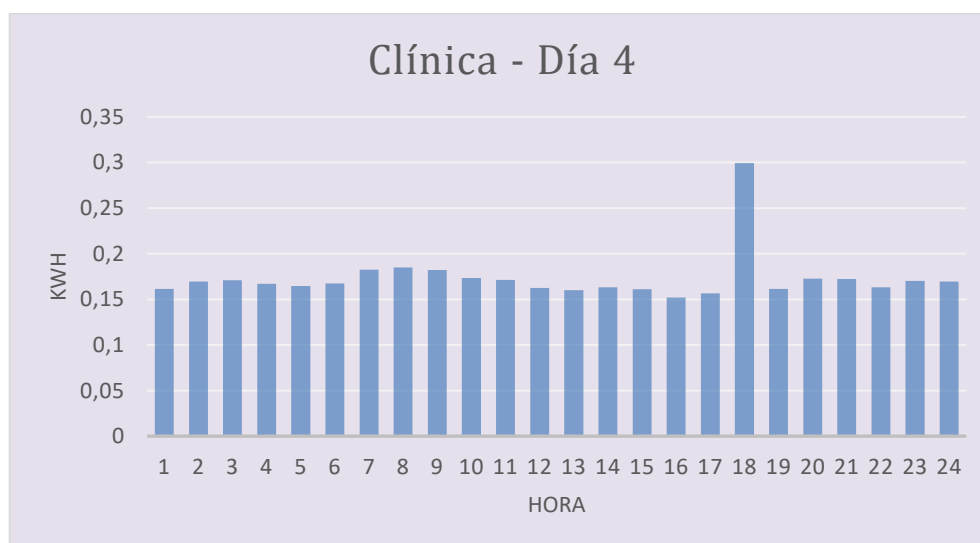
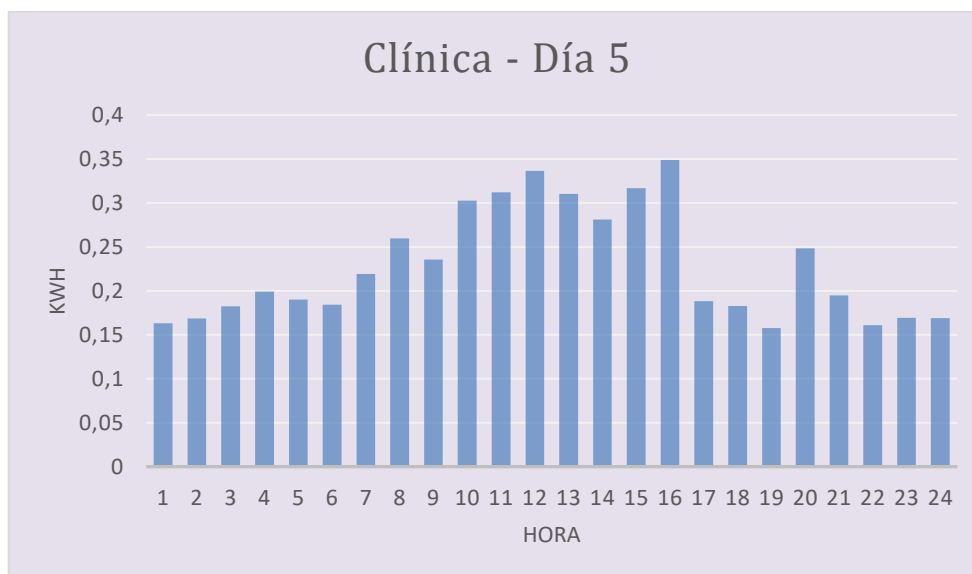


Ilustración 25: Gráfica consumo día 4 clínica, 17 de julio 2022.



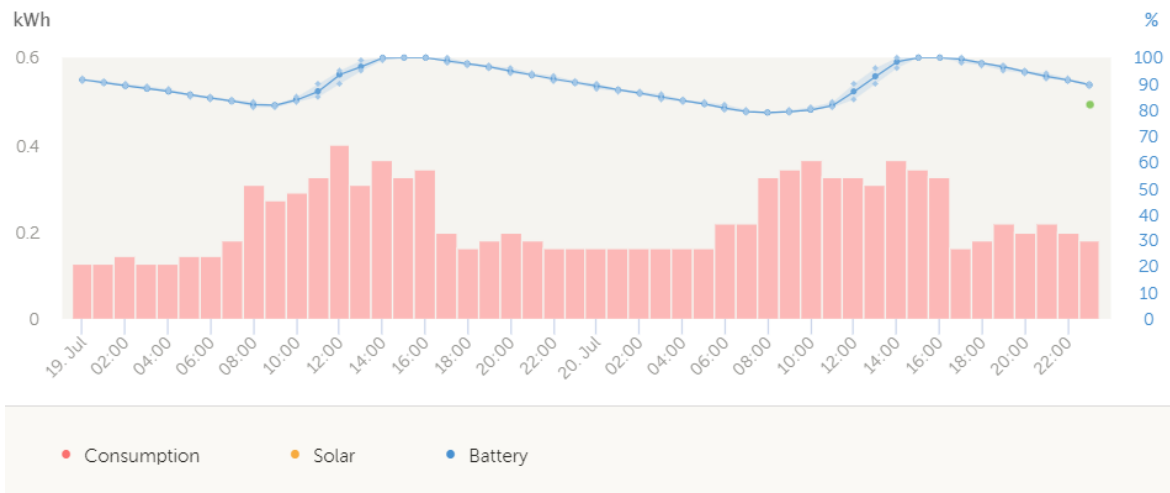
*Ilustración 26: Gráfica consumo día 5 clínica, 18 de julio 2022.*

De estas 5 gráficas podemos obtener conclusiones muy interesantes. Por un lado, es fácil apreciar que el dispositivo de medida estuvo conectado durante el fin de semana en los días 3 y 4. Esto es visible dado el consumo constante y bajo de estos días. De este hecho se puede concluir que esos perfiles no serán muy característicos para el dimensionamiento de las baterías, pero si para estudiar el uso que hacen de las instalaciones.

Entre los otros 3 días, se observan perfiles muy similares, con picos de consumo alrededor de las 12 pm (antes de comer) y las 16 pm (después de comer). También se puede ver como empiezan a aumentar las demandas sobre las 7 am (cuando comienzan a trabajar) y disminuyen a las 20 pm.

Para dimensionar de la manera más óptima y fiable, se selecciona el perfil de mayor consumo de los 3 característicos. En este caso, se selecciona el perfil del día 2, con un consumo diario de 6.00 Kwh frente a los 5.38 KWh y 5.48 KWh de los días 1 y 5 respectivamente.

Adicionalmente a esta herramienta, se utilizó el VRM Portal para comparar la información obtenida del Emporia EMCT-V2. Las gráficas obtenidas del VRM Portal despliegan por un lado la energía consumida por horas (perfil de consumo) y el porcentaje de carga de la batería, siendo útil para el contraste de nuestros datos.

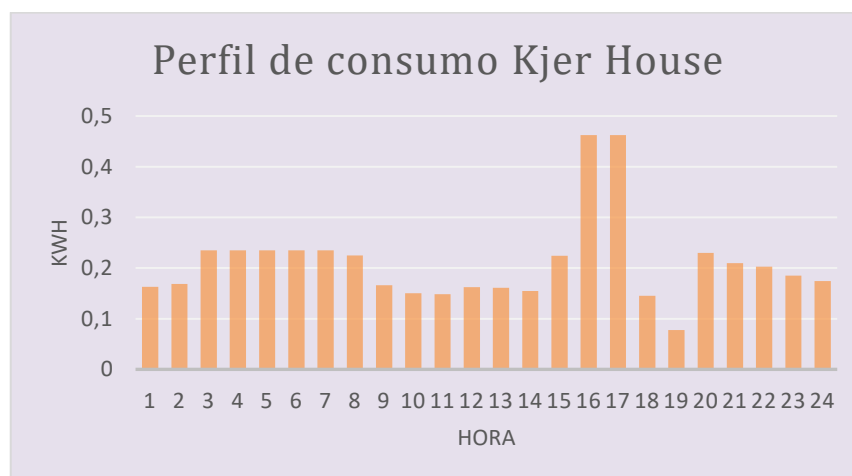


*Ilustración 27: Gráfico con los datos de consumo y porcentaje de carga de las baterías en los días 19 y 20 de julio 2022.*

Como se aprecia en la gráfica, los datos obtenidos con el Emporia EMCT-V2 son parecidos, por lo que podemos concluir que la toma de datos ha sido correcta.

### Kjer House

Para esta unidad también se utilizó el Emporia EMCT-V2. En este caso se conectó tan solo un día, ya que es una casa que se usa solo para invitados, midiéndose los consumos del día que estuvo en uso.



*Ilustración 28: Gráfica consumo de la Kjer House.*

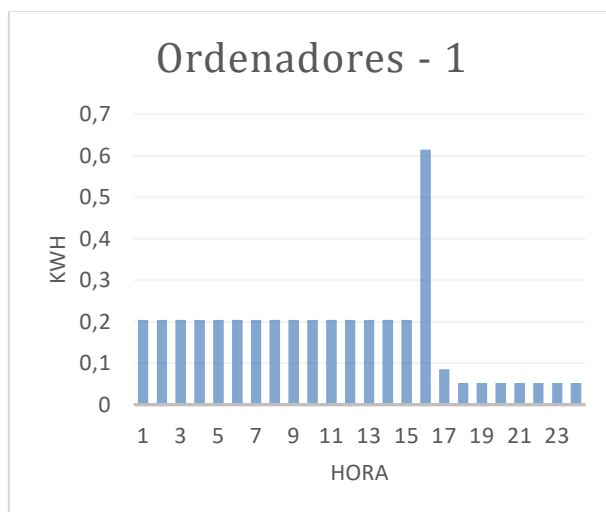
En este caso se observa un perfil mucho más constante que el clínico, dado que la casa estuco habitada durante todo el día. Se puede ver un pico de consumo a las 16 y 17 pm en las que se debió de conectar una carga más grande de lo normal.

### Politécnico

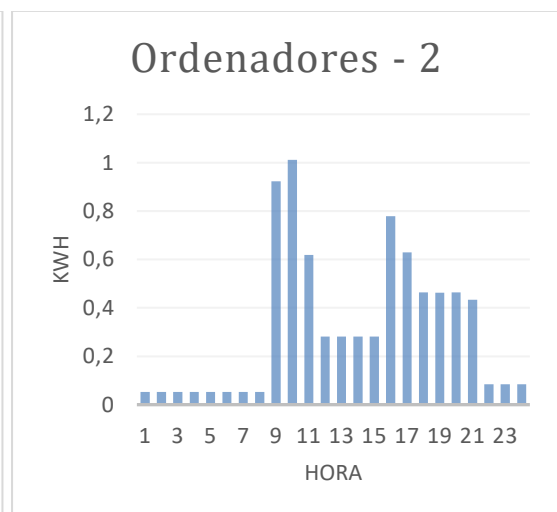
El politécnico es el último centro que se midió con el Emporia EMCT-V2. Es, con mucha diferencia, el mayor consumo que hay en el poblado. Está dividido en varias partes bien diferenciadas. Por un lado, se encuentran los talleres de metalurgia y carpintería, que están activos en los días laborales. Por otro lado, encontramos la sala de ordenadores y oficinas, que tiene perfiles algo diferentes.

En esta instalación se tomaron medidas de cada subapartado por separado y más tarde se combinaron. Por ello se adjuntan graficas de cada uno de los 3 grupos durante los 6 días que estuvo conectado.

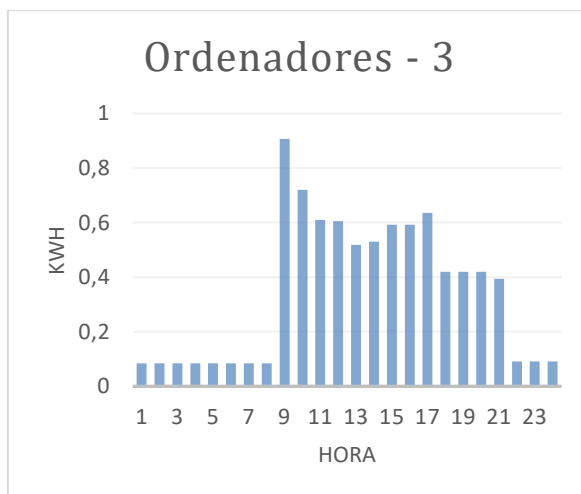
#### ➤ Sala de ordenadores.



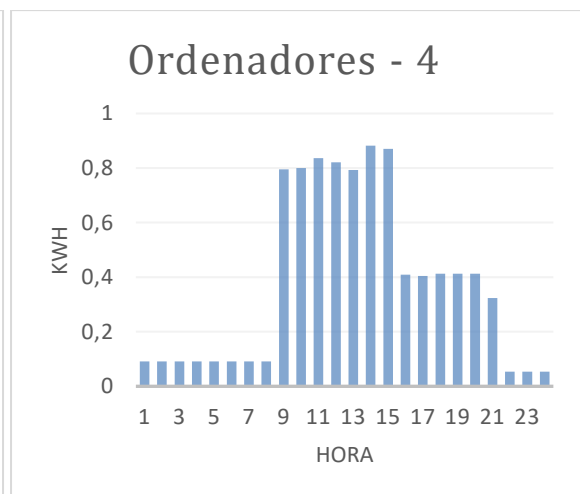
*Ilustración 29: Consumo día 1 sala  
Ordenadores, 12 de julio 2022.*



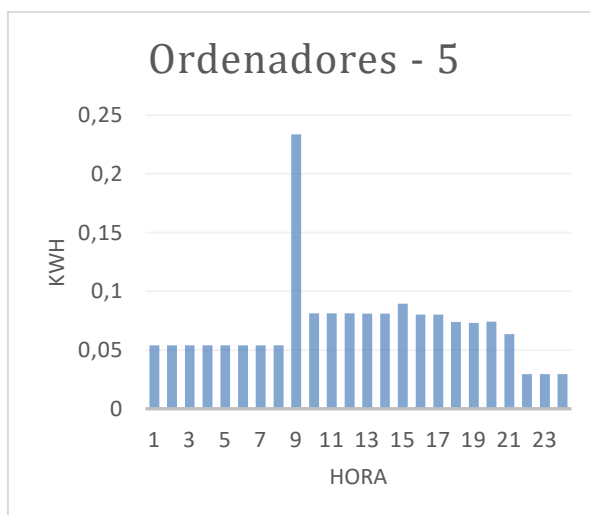
*Ilustración 30: Consumo día 2 sala  
Ordenadores, 13 de julio 2022.*



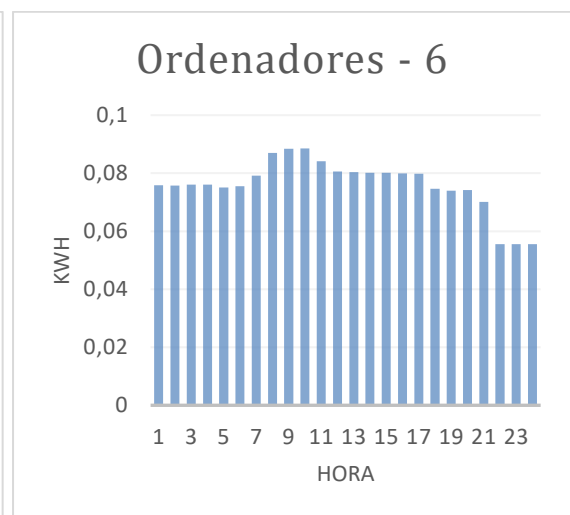
*Ilustración 31: Consumo día 3 sala ordenadores,  
14 de julio 2022.*



*Ilustración 32: Consumo día 4 sala  
ordenadores, 15 de julio 2022.*

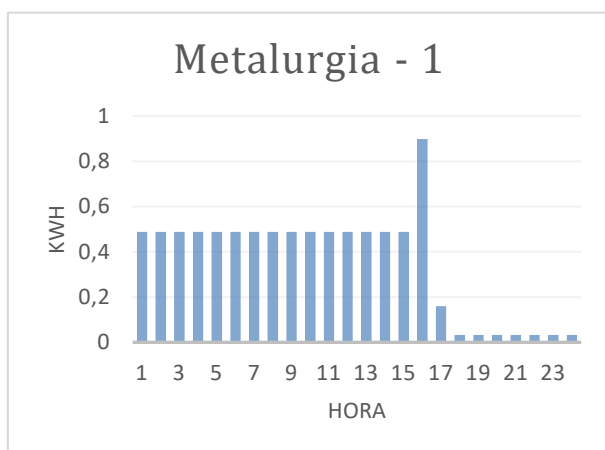


*Ilustración 33: Consumo día 5 sala ordenadores,  
16 de julio 2022.*

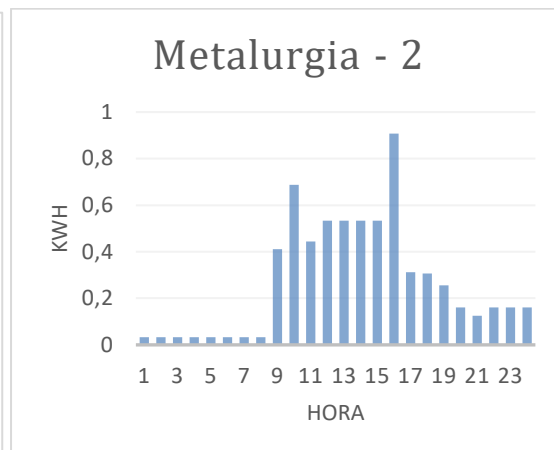


*Ilustración 34: Consumo día 6 sala  
ordenadores, 17 de julio 2022.*

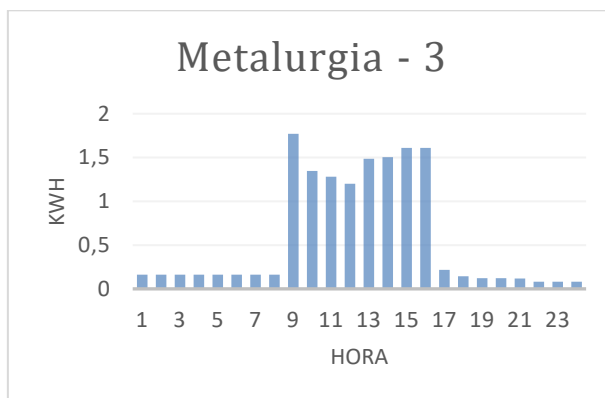
➤ Metalurgia.



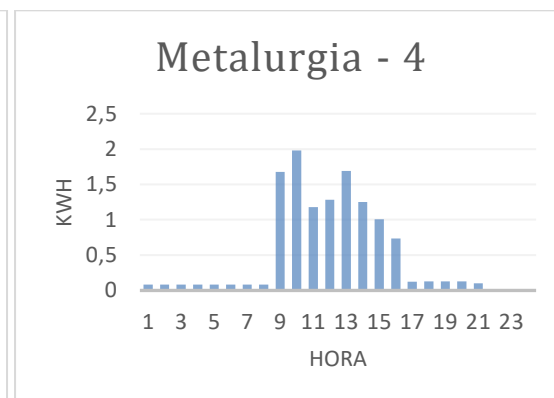
*Ilustración 35: Consumo día 1 metalurgia,  
12 de julio 2022.*



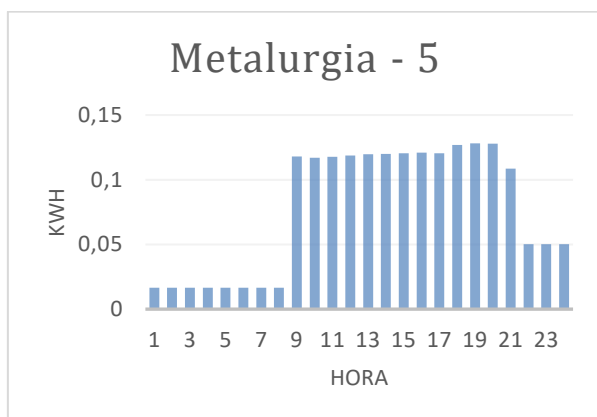
*Ilustración 36: Consumo día 2  
metalurgia, 13 de julio 2022.*



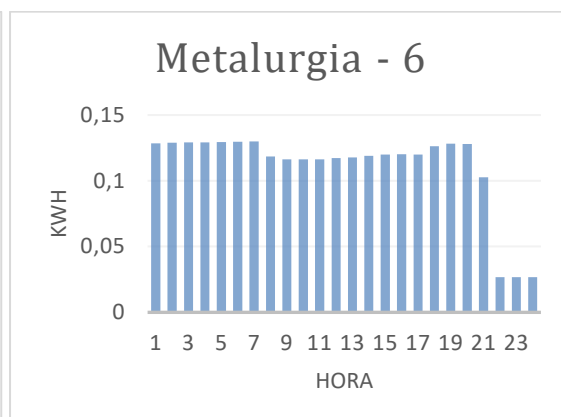
*Ilustración 37: Consumo día 3 metalurgia,  
14 de julio 2022.*



*Ilustración 38: Consumo día 4  
metalurgia, 15 de julio 2022.*

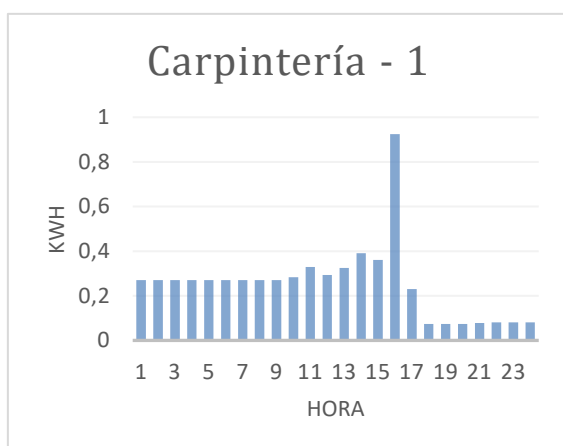


*Ilustración 39: Consumo día 5 metalurgia,  
16 de julio 2022.*

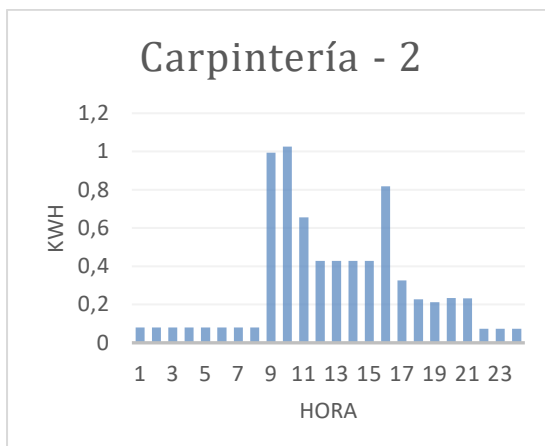


*Ilustración 40: Consumo día 6  
metalurgia, 17 de julio 2022.*

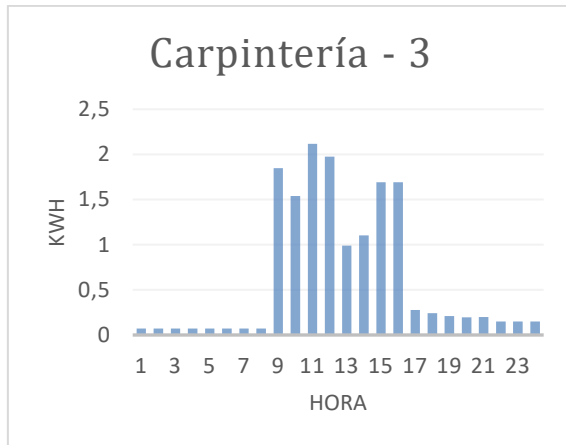
➤ Carpintería.



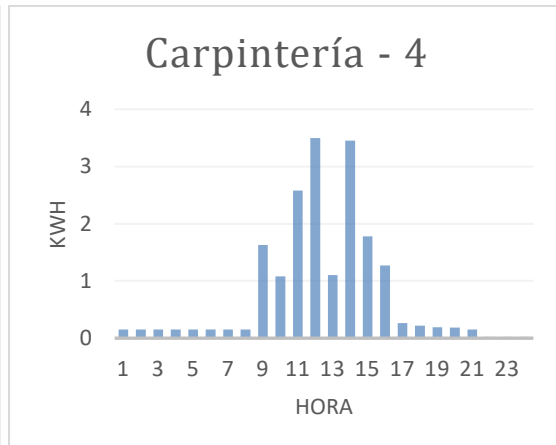
*Ilustración 41: Consumo día 1 carpintería,  
12 de julio 2022.*



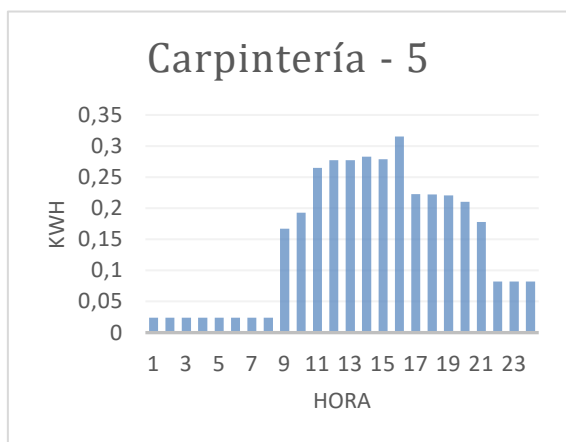
*Ilustración 42: Consumo día 2  
carpintería, 13 de julio 2022.*



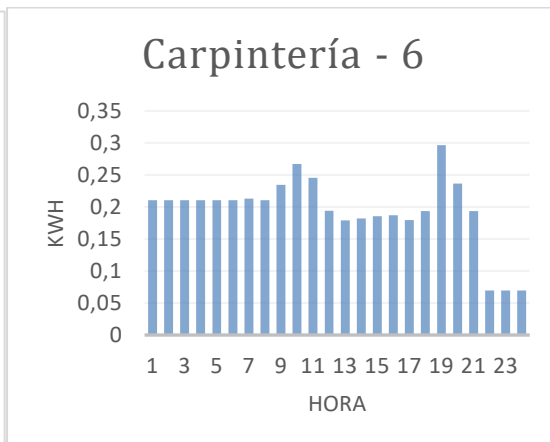
*Ilustración 43: Consumo día 3 carpintería,  
14 de julio 2022.*



*Ilustración 44: Consumo día 4  
carpintería, 15 de julio 2022.*



*Ilustración 45: Consumo día 5 carpintería,  
16 de julio 2022.*

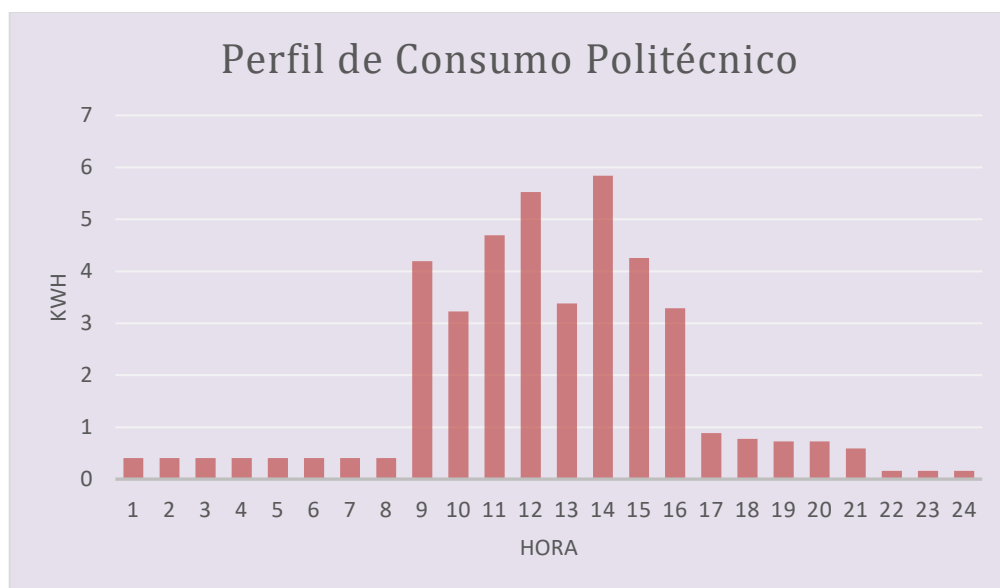


*Ilustración 46: Consumo día 6  
carpintería, 17 de julio 2022.*

Nuevamente, de todos estos perfiles podemos ver como el día 5 y 6 tienen perfiles más constantes a lo largo del día y normalmente más bajos. Por ello sabemos que se refieren al sábado y domingo. De estas gráficas sorprende como un día puede haber un pico de casi 3 KWh mientras que otro día el máximo es de 0.25 KWh. Esto se debe a que no todos los días de la semana se usan las mismas máquinas, y unas pueden consumir más que otras. Por lo demás siguen un perfil parecido a la clínica, con picos antes y después de comer.

En este caso, en vez de coger el día de mayor consumo en todo el politécnico, se dimensionará teniendo en cuenta el día de mayor consumo de cada parte, protegiéndonos del caso en que se consuma al máximo de cada subgrupo en un mismo día. Por ello, nos quedaremos con el día 4 para la sala de ordenadores (9.06 KWh al día), 3 para la metalurgia (14.07 KWh al día) y 4 para la carpintería (18.67 KWh al día).

Sumando estos días, obtenemos el consumo diario del politécnico par el dimensionamiento.



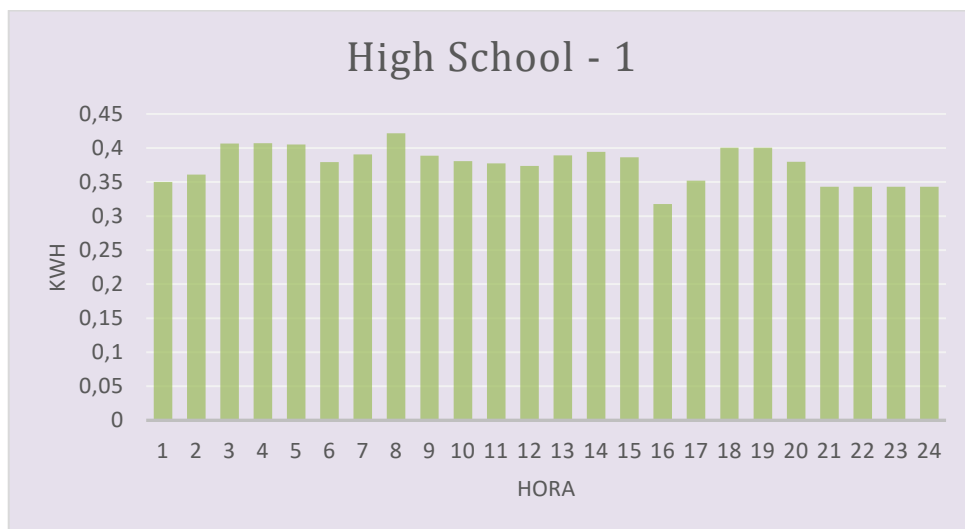
*Ilustración 47: Perfil de consumo del politécnico.*

Al combinar los consumos vemos la distribución sigue siendo coherente con las distintas instalaciones y como se llegan a unos picos de 6 KWh, muy superiores al resto de instalaciones. Al final del día cuenta con una energía consumida de 41.81 KWh, también muy considerable en comparación.

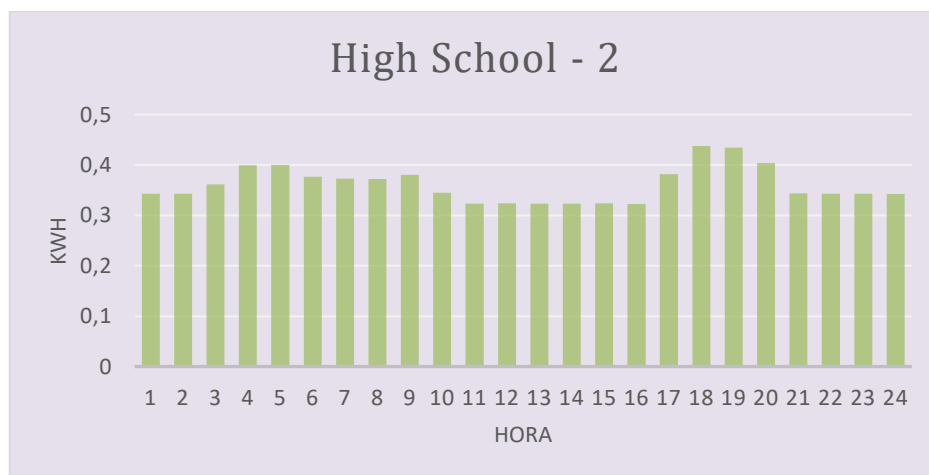
### High School

En el caso del High School se utilizó otro sistema de medida llamado Energomonitor. El Energomonitor es un sistema con acceso remoto que permite acceder a la información de consumo de la instalación conectada a él desde cualquier parte del mundo.

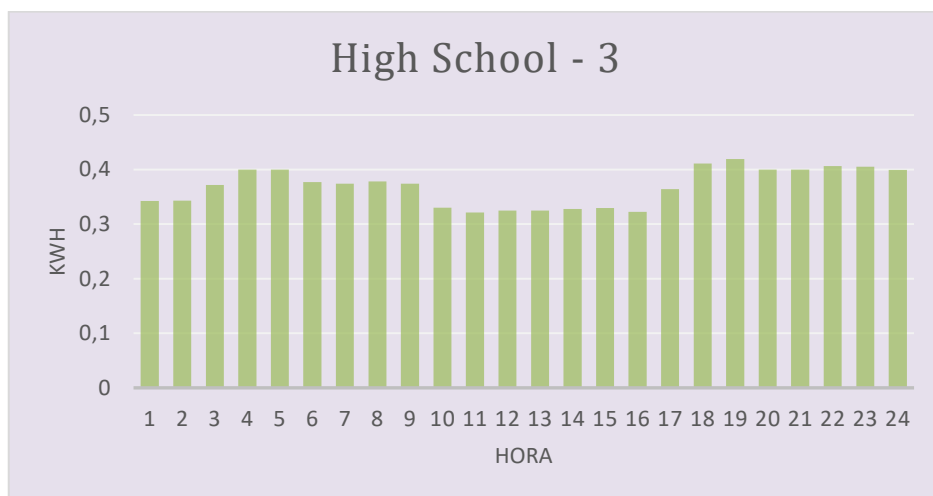
En nuestro caso, la toma de datos se realizó vía bluetooth, recibiendo la información directamente con ordenador. De él se obtuvo los datos de los últimos 8 días (de lunes a lunes incluido), comparándose entre sí y seleccionando el de mayor consumo como se ha hecho hasta ahora.



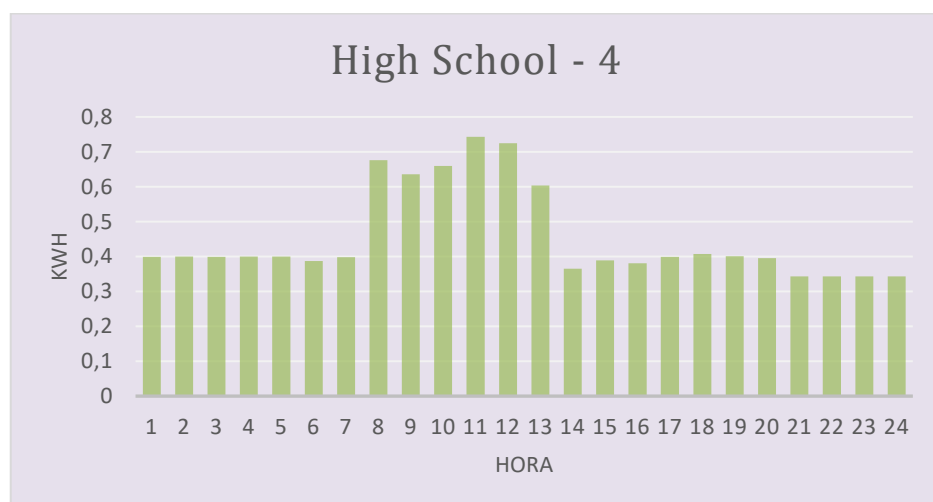
*Ilustración 48: Consumo escuela secundaria día 1, 15 de julio 2022.*



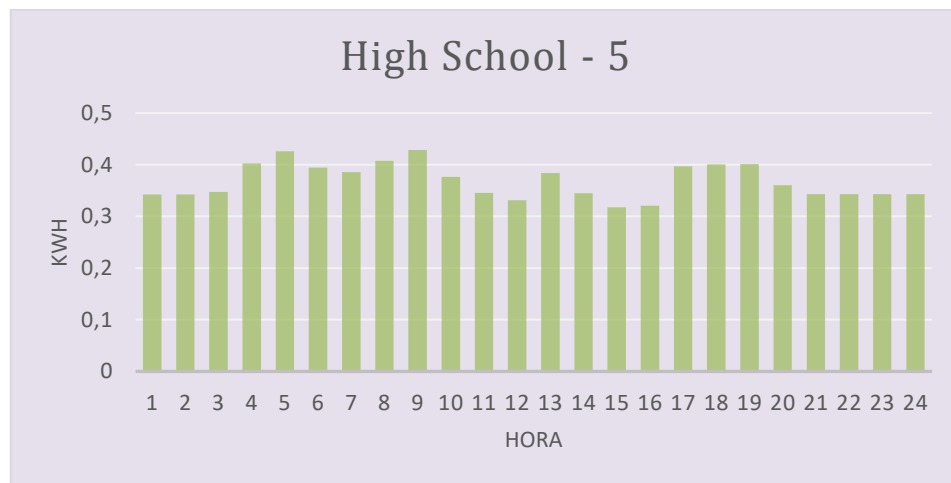
*Ilustración 49: Consumo escuela secundaria día 2, 16 de julio 2022.*



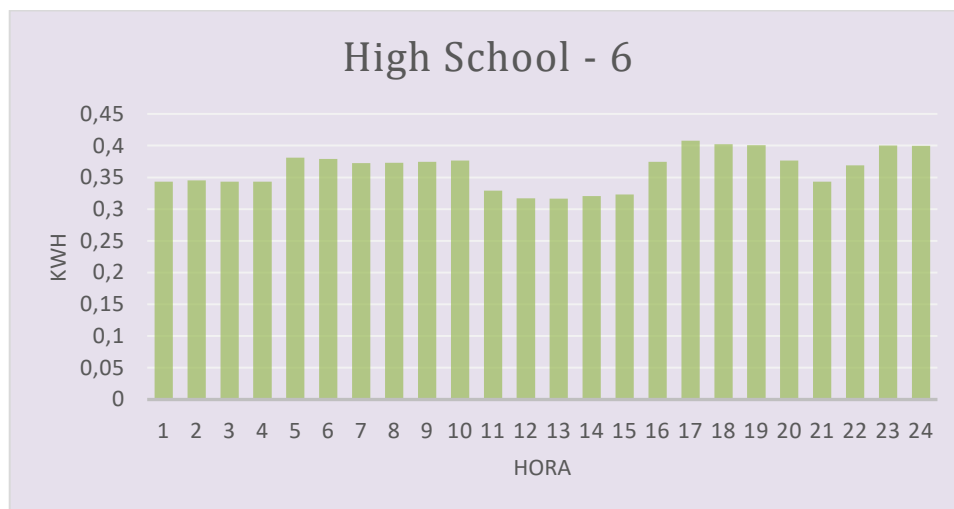
*Ilustración 50: Consumo escuela secundaria día 3, 17 de julio 2022.*



*Ilustración 51: Consumo escuela secundaria día 4, 18 de julio 2022.*



*Ilustración 52: Consumo escuela secundaria día 5, 19 de julio 2022.*



*Ilustración 53: Consumo escuela secundaria día 6, 20 de julio 2022.*

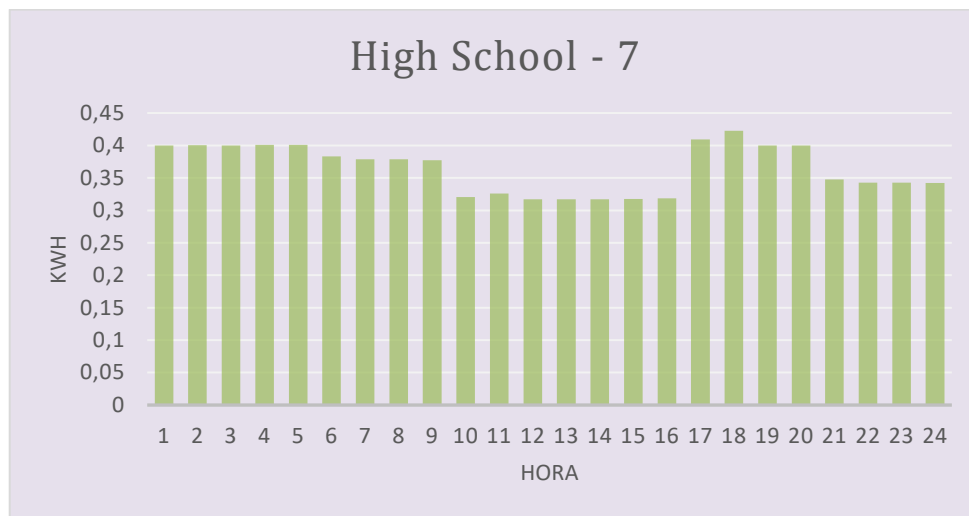


Ilustración 54: Consumo escuela secundaria día 7, 21 de julio 2022.

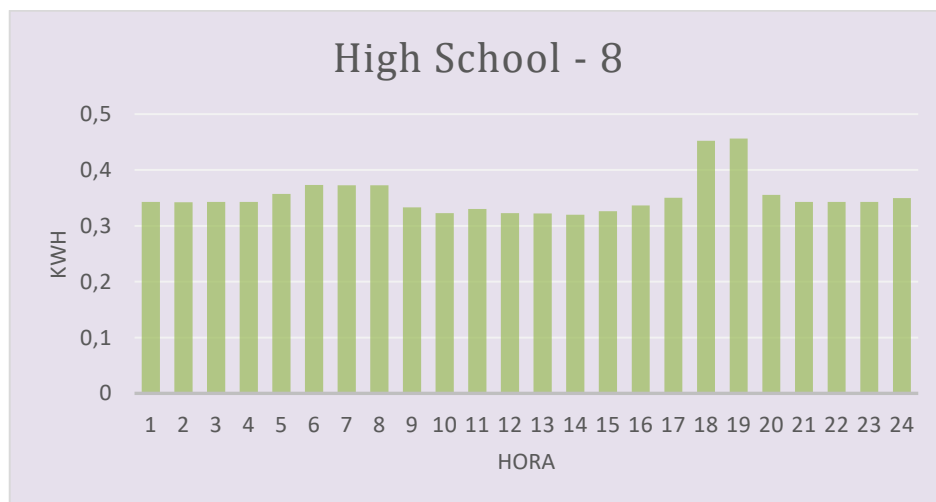


Ilustración 55: Consumo escuela secundaria día 8, 22 de julio 2022.

Se puede predecir de estos resultados que en las aulas no tienen muchos consumos, ya que pese a tener los datos de consumo entre semana, siguen siendo consumos muy bajos. Se tomará el día 4 (día de máximo consumo con 10.93 KWh) para el dimensionamiento.

### Primary School

El caso de la escuela primaria es diferente al resto. Para este sistema se analizó los dispositivos conectados al sistema, haciéndose una tabla con la potencia y cada dispositivo conectado. Una vez hecha esta tabla, se preguntó el tiempo de uso al director de la escuela, de manera que se podía estimar la energía consumida, separándose la energía nocturna y diurna.

| Consumo (W)   | Nº elementos por edificio | Consumo (W) | Nº edificios | Potencia (KW) | Horas de uso nocturno | Horas de uso diurna | Energía nocturna (KWh) | Energía diurna (KWh) |
|---------------|---------------------------|-------------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| Bombilas      | 10                        | 7           | 12           | 0.84          | 3                     | 6                   | 2.52                   | 5.04                 |
| Enchufes      | 20                        | 5           | 1            | 0.1           | 0                     | 3                   | 0                      | 0.3                  |
| Ordenadores   | 5                         | 100         | 1            | 0.5           | 0                     | 4                   | 0                      | 2                    |
| Tablets       | 15                        | 5           | 1            | 0.08          | 0                     | 0.05                | 0                      | 0.00                 |
| Energía total |                           |             |              |               |                       |                     | 2.52                   | 7.34                 |

Tabla 7: Consumos escuela primaria.

Una vez obtenida la energía consumida durante el día y la noche, se dividió esta energía a lo largo de las 24 horas del día, según los horarios de la escuela. Se obtuvo el siguiente resultado:

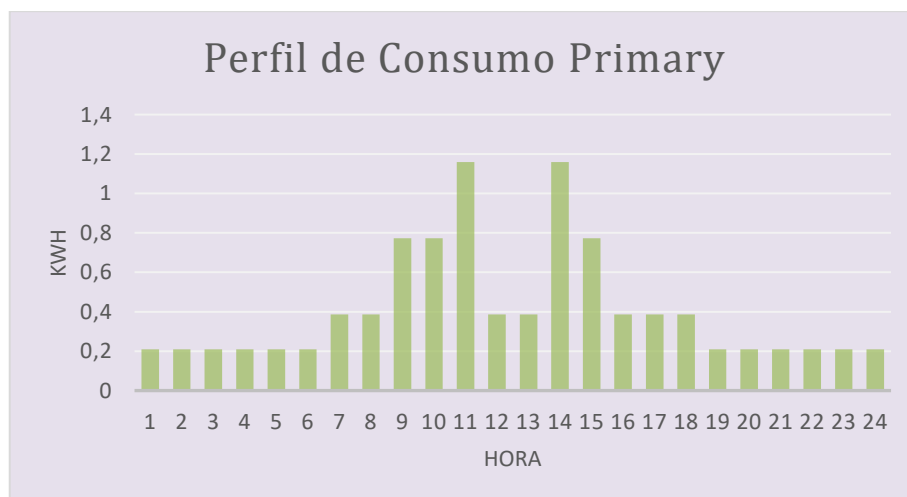


Ilustración 56: Perfil de consumo escuela primaria.

La suma total de este perfil es la suma de las energías consumidas por los distintos equipos (13.61). El perfil, como los anteriores, es regular y acorde al de la escuela secundaria, lo que sirve para verificar la autenticidad de este.

Además de esto, destaca el hecho de que las tabletas añadidas a los consumos no se pueden cargar a día de hoy con el sistema existente, clara muestra de que es necesaria una ampliación en esta instalación para poder sacar el máximo rendimiento.

### Clústeres, policía, monjas, cura, iglesia, director y Staff Houses

Estas instalaciones comparten el hecho de seguir perfiles de consumo parecidos y de tener valores de potencia muy bajos. Por ello se decidió analizarlos de manera conjunta, simplificando los cálculos y el análisis. De esta manera se construyó una tabla similar a la de la escuela primaria, llamada “*Resto*”.

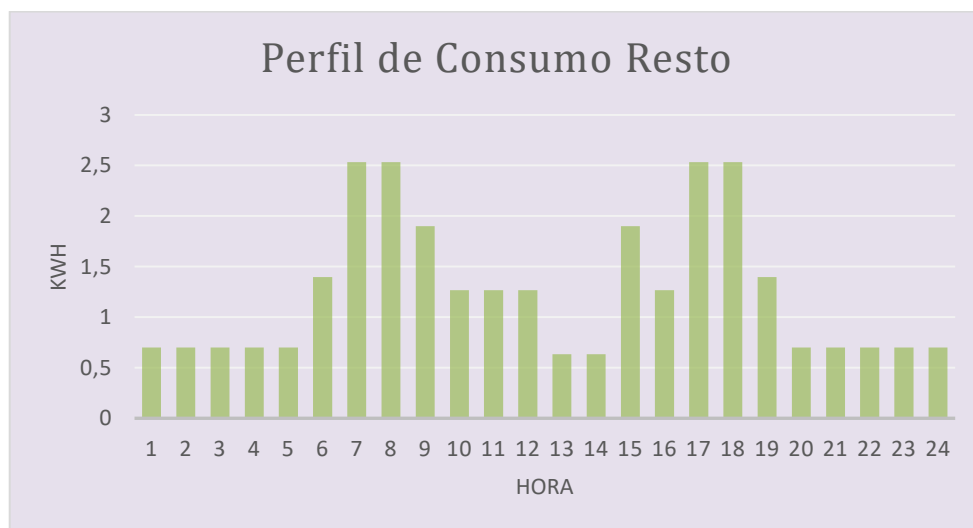
| Grupo        | Nº edificios | Nº elementos por edificio | Consumo (W)            | Nombre elemento | Potencia (KW) | Horas de uso nocturno | Horas de uso diurna | Potencia por grupo | Energía nocturna (KWh) | Energía diurna (KWh) | Energía por grupo |
|--------------|--------------|---------------------------|------------------------|-----------------|---------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------|
| Cluster      | 26           | 7                         | 7 bombillas            |                 | 1.27          | 2                     | 6                   | 1.274              | 2.55                   | 7.64                 | 10.19             |
| Policia      | 1            | 9                         | 7 bombillas            |                 | 0.06          | 2                     | 6                   | 0.093              | 0.13                   | 0.38                 | 0.55              |
|              |              | 6                         | 5 enchufe              |                 | 0.03          | 1.5                   | 0                   |                    | 0.05                   | 0.00                 |                   |
| Monjas       | 1            | 10                        | 7 bombillas            |                 | 0.07          | 2                     | 6                   | 0.445              | 0.14                   | 0.42                 | 6.20              |
|              |              | 1                         | 60 televisión          |                 | 0.06          | 0                     | 3                   |                    | 0.00                   | 0.18                 |                   |
|              |              | 1                         | 150 nevera             |                 | 0.15          | 12                    | 12                  |                    | 1.80                   | 1.80                 |                   |
|              |              | 1                         | 65 dispensador de agua |                 | 0.07          | 12                    | 12                  |                    | 0.78                   | 0.78                 |                   |
|              |              | 1                         | 100 ordenadores        |                 | 0.10          | 0                     | 3                   |                    | 0.00                   | 0.30                 |                   |
| Cura         | 1            | 11                        | 7 bombillas            |                 | 0.08          | 2                     | 6                   | 0.482              | 0.15                   | 0.46                 | 6.32              |
|              |              | 1                         | 100 ordenadores        |                 | 0.10          | 0                     | 3                   |                    | 0.00                   | 0.30                 |                   |
|              |              | 4                         | 5 enchufes             |                 | 0.02          | 1.5                   | 0                   |                    | 0.03                   | 0.00                 |                   |
|              |              | 1                         | 150 nevera             |                 | 0.15          | 12                    | 12                  |                    | 1.80                   | 1.80                 |                   |
|              |              | 1                         | 70 ventilador          |                 | 0.07          | 0                     | 3                   |                    | 0.00                   | 0.21                 |                   |
|              |              | 1                         | 65 dispensador de agua |                 | 0.07          | 12                    | 12                  |                    | 0.78                   | 0.78                 |                   |
| Director     | 1            | 8                         | 7 bombillas            |                 | 0.06          | 2                     | 6                   | 0.1185             | 0.11                   | 0.34                 | 0.63              |
|              |              | 1                         | 2.5 radio              |                 | 0.00          | 0                     | 2                   |                    | 0.00                   | 0.01                 |                   |
|              |              | 1                         | 60 televisión          |                 | 0.06          | 0                     | 3                   |                    | 0.00                   | 0.18                 |                   |
| Staff Houses | 15           | 7                         | 7 bombillas            |                 | 0.74          | 2                     | 6                   | 0.735              | 1.47                   | 4.41                 | 5.88              |
| Iglesia      | 1            | 20                        | 7 bombillas            |                 | 0.14          | 0                     | 2                   | 0.14               | 0.00                   | 0.28                 | 0.28              |
|              |              |                           |                        |                 | 3.29          |                       |                     | Potencia total     | 9.79                   | 20.27                | 30.05             |

Tabla 8: Distribución de la energía por cada instalación.

En esta tabla destacan elementos como las neveras, dispensadores de agua o incluso televisiones. Son elementos que poseen algunos miembros del *staff* de la aldea, pero que, sin embargo, no pueden usar dado el tamaño del sistema actual. Para el dimensionamiento se

tienen en cuenta, ya que en este proyecto se busca poder alimentar el poblado abasteciéndolo de las necesidades que tengan.

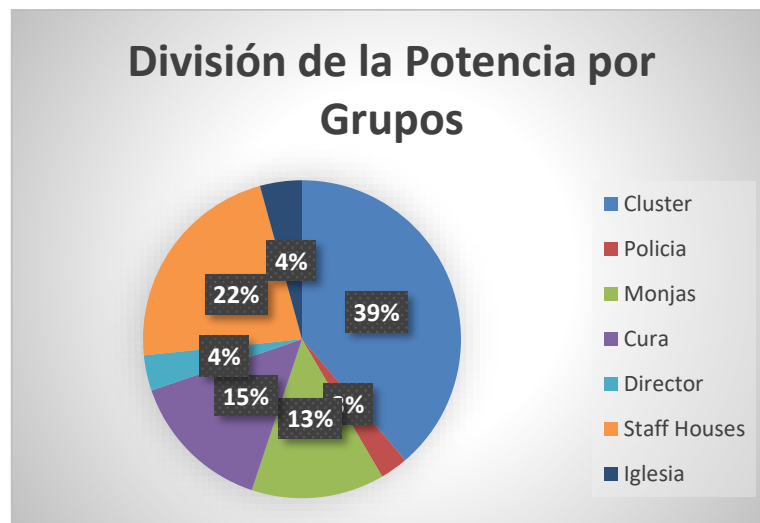
De igual manera que con el colegio, realizamos un perfil de consumo con los datos de energía tomados de los dispositivos que tienen, obteniendo el siguiente gráfico:



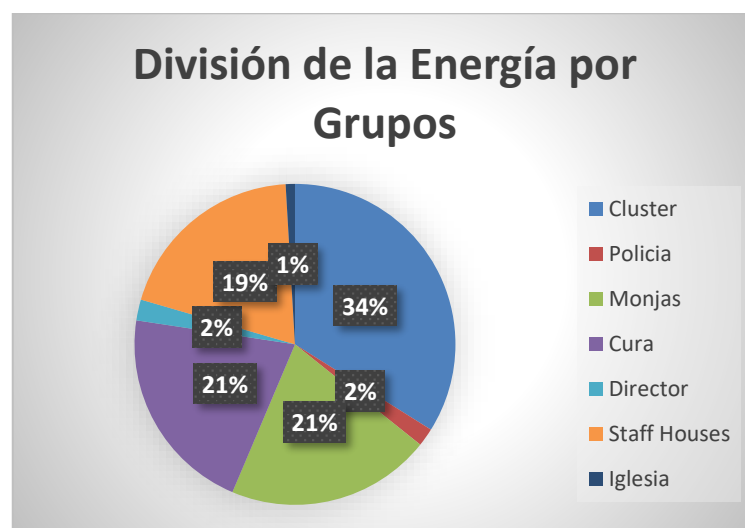
*Ilustración 57: Perfil de consumo del "resto".*

Como se ha dicho previamente, se han incrementado los consumos en las horas previas y posteriores a la comida, coincidiendo con el resto de los casos.

En este caso también conviene saber la distribución dentro del perfil, es decir, saber que porcentaje de la energía (y potencia) va destinada a cada parte (policía, cura, monja, iglesia, clúster y staff). Por ello se realizó un gráfico de tarta en el que se distinguen los porcentajes dados a cada sección.



*Ilustración 58: División de la potencia por grupos.*



*Ilustración 59: División de la energía por grupos.*

En el gráfico vemos como el 34 % de la energía va destinada a los clústeres, algo coherente teniendo en cuenta que son 26 *clusters* (104 casas) que las casas de staff y las demás son similares. Le sigue el cura y las monjas con un 21 % y el staff con un 20 %. Por último, encontramos al director, la iglesia y la policía, donde no tienen grandes consumos como televisiones que si tiene el resto.

Una vez hecho un exhaustivo análisis de cada perfil de consumo, se combinaron todos para obtener un perfil genérico de la aldea. Superponiendo los valores se obtuvo la siguiente tabla y perfil de consumos:

| Hora          | Consumo (KWh) | Radiación solar |
|---------------|---------------|-----------------|
| 1             | 2.07          | No              |
| 2             | 2.07          | No              |
| 3             | 2.13          | No              |
| 4             | 2.14          | No              |
| 5             | 2.14          | No              |
| 6             | 2.82          | No              |
| 7             | 4.17          | Si              |
| 8             | 4.54          | Si              |
| 9             | 8.04          | Si              |
| 10            | 6.45          | Si              |
| 11            | 8.33          | Si              |
| 12            | 8.39          | Si              |
| 13            | 5.48          | Si              |
| 14            | 8.51          | Si              |
| 15            | 7.93          | Si              |
| 16            | 6.08          | Si              |
| 17            | 4.86          | Si              |
| 18            | 4.45          | Si              |
| 19            | 3.01          | No              |
| 20            | 2.45          | No              |
| 21            | 2.25          | No              |
| 22            | 1.81          | No              |
| 23            | 1.80          | No              |
| 24            | 1.79          | No              |
| Consumo total | <b>103.70</b> |                 |

Tabla 9: Consumos por hora de la aldea.

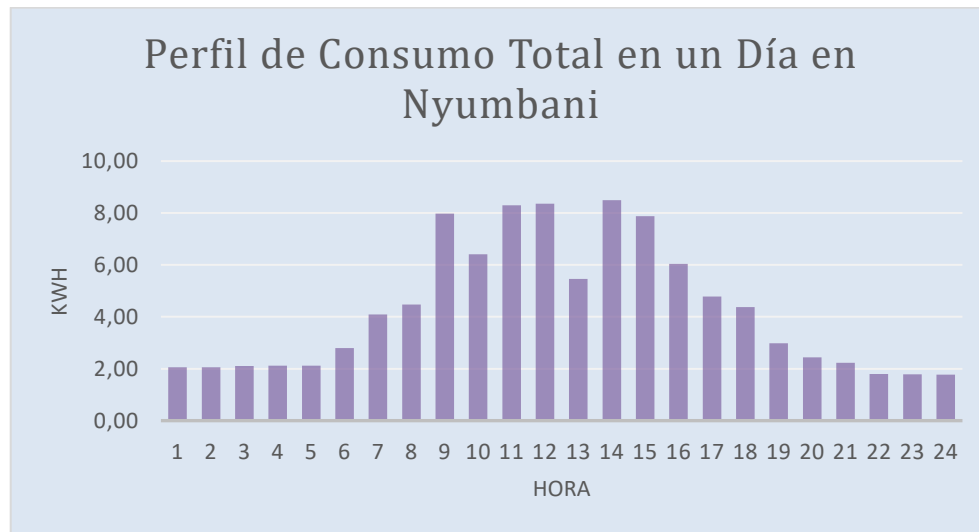


Ilustración 60: Perfil de consumo de Nyumbani.

En la tabla se detallan hora a hora la energía demandada por toda la aldea. Esa tabla suministra los datos al gráfico de barras, en el que se puede apreciar de un vistazo los momentos de mayor consumo (9 am, 11 am, 12 pm, 14 pm y 15 pm) y aquellos menos significativos (los momentos nocturnos).

También resulta interesante nuevamente visualizar a que sistemas se necesita abastecer con más energía, siendo algo importante para saber cómo debe ir la red de distribución. Para ello se adjunta el siguiente grafico de tarta:

| Instalación   | Clinic | Kjer House | Politécnico | High School | Primary | Resto |
|---------------|--------|------------|-------------|-------------|---------|-------|
| Demanda (KWh) | 6.00   | 5.05       | 41.81       | 10.93       | 9.86    | 30.05 |

Tabla 10: Repartición de la energía de Nyumbani por grupos.



*Ilustración 61: Gráfico de la distribución de la energía en Nyumbani.*

Como se predijo desde un principio, está claramente diferenciado como el politécnico es el consumo predominante, marcando claramente el lugar en el que se deberá de situar la instalación.

Al final, teniendo en cuenta la finalidad de un sistema de almacenamiento en una instalación solar, que es abastecer al sistema en momentos sin luz, lo más importante será analizar los consumos nocturnos para dimensionar la capacidad de la batería. La parte diurna será contrastada únicamente para saber si los módulos solares son capaces de cargar las baterías durante el día.

Por ello, se realizó una partición separando la energía dedicada a las horas de sol y a las de noche:



*Ilustración 62: Gráfico del consumo diurno vs nocturno en Nyumbani.*

A priori viendo el gráfico, podemos pensar que las baterías podrán ser recargadas por los paneles sin ningún problema, ya que los módulos deben ser capaces de abastecer todos los consumos diurnos, y darán el excedente a los paneles. Esta parte se contrastará en el apartado de dimensionamiento de las baterías.

### 6.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA BATERÍA

Una vez estudiados los conceptos básicos de una batería, factores a tener en cuenta a la hora de dimensionar, y los perfiles de consumo; podemos pasar a dimensionar nuestro sistema.

Como ya se comentó en el apartado anterior, se utilizará tan solo el perfil de consumo final (*“Perfil de Consumo Total en un Día en Nyumbani”*), obtenido al superponer los datos de todas las instalaciones. En este consumo se simulará, la energía dada por los módulos solares y se estudiará el tamaño necesario para las baterías.

Es importante tener dos conceptos muy claros, por un lado, la necesidad de tener un banco de baterías que concuerde con la energía producida por los paneles, ya que sino las baterías nunca se cargarían completamente. Por otro lado, es necesario ver los consumos que deben ser abastecidos por las baterías, es decir los nocturnos. Estos dos conceptos son los que comprometen el dimensionado, y deben ser balanceados para obtener el sistema más eficiente.

El correcto dimensionamiento del sistema de almacenamiento es imprescindible para el correcto funcionamiento de la instalación. En caso de quedar sobredimensionado, encarecerá su instalación en exceso y podría afectar al resto de equipos. En el otro escenario, si la capacidad de equipo se queda corta, podría sobrecargarse, pudiendo llegar a averiarse.

Además, se comentará a lo largo del trabajo las proyecciones a futuro de la aldea, que serán claves de cara a una futura instalación.

Para dimensionar una batería es crucial saber los distintos conceptos a los que nos enfrentaremos. Por un lado, encontramos la potencia de un equipo, que se mide en vatios [W] y relaciona la tensión con la intensidad. Después tenemos la energía [Wh], que surge de multiplicar la potencia de un aparato con el tiempo de uso de este en horas. Este valor es el que se debe tener en cuenta de los consumos, y el que debe ser abastecido por la batería.

Pese a ser la energía lo que debe ser abastecido, una batería queda dimensionada con su capacidad [Ah], pudiendo llegar de ahí a la energía conociendo la tensión. Además, se debe tener en cuenta los distintos parámetros que varían en función de la batería.

En este caso, se dimensionó diseñando un Excel que tiene en cuenta todos los parámetros. Primero se realizó una tabla que contempla la hora del día, la potencia del panel y los consumos totales.

Posteriormente, se apreció que para comprobar si la batería llegaba a cargarse por completo con la energía de los paneles, era necesario comprobar cuanta energía de los paneles era destinada a las cargas y cuanta a las baterías. Para ello, se añadió una cuarta columna que incluye la resta entre la energía consumida y la dada por los módulos a lo largo del día, obteniendo un valor negativo de energía en el caso de que los módulos estén cargando las baterías, y positivo en caso de tener que sacar energía de las baterías.

A continuación, se adjunta dicha tabla:

| Horas | Energía Panel<br>[Wh] | Consumo [Wh] | Diferencia |
|-------|-----------------------|--------------|------------|
| 1     | 0                     | 2065.82      | 2065.82    |
| 2     | 0                     | 2071.97      | 2071.97    |
| 3     | 0                     | 2126.16      | 2126.16    |
| 4     | 0                     | 2138.33      | 2138.33    |
| 5     | 0                     | 2138.42      | 2138.42    |
| 6     | 0                     | 2823.89      | 2823.89    |
| 7     | 0                     | 4166.58      | 4166.58    |
| 8     | 500                   | 4544.79      | 4044.79    |
| 9     | 2000                  | 8037.00      | 6037.00    |
| 10    | 6000                  | 6445.93      | 445.93     |
| 11    | 20000                 | 8332.80      | -11667.20  |
| 12    | 22500                 | 8393.73      | -14106.27  |
| 13    | 23500                 | 5484.16      | -18015.84  |
| 14    | 22500                 | 8510.68      | -13989.32  |
| 15    | 20000                 | 7933.20      | -12066.80  |
| 16    | 6000                  | 6082.20      | 82.20      |
| 17    | 2000                  | 4857.66      | 2857.66    |
| 18    | 500                   | 4445.68      | 3945.68    |
| 19    | 0                     | 3007.96      | 3007.96    |
| 20    | 0                     | 2453.35      | 2453.35    |
| 21    | 0                     | 2247.96      | 2247.96    |
| 22    | 0                     | 1810.38      | 1810.38    |
| 23    | 0                     | 1795.14      | 1795.14    |
| 24    | 0                     | 1787.04      | 1787.04    |
| Total | 125500                | 103700.83    |            |

Tabla 11: Comparativa de energía producida por los paneles vs consumida.

Como se mencionó antes, de esta tabla podemos saber si el sistema se carga correctamente o no. Los valores de energía de los paneles se obtuvieron iterando, ya que es una parte ajena a este trabajo y de la que se supone estará bien dimensionada.

Esta tabla quedó reflejada en un gráfico que enfrentaba generación y consumo. Esta tabla se adjunta a continuación.

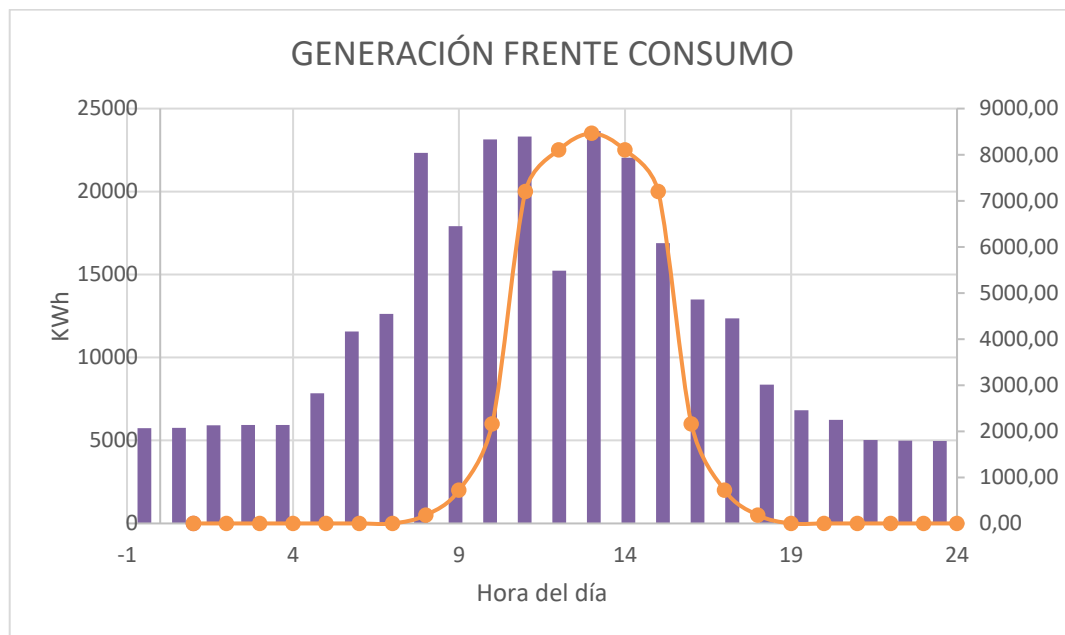


Ilustración 63: Gráfico generación vs consumo.

A simple vista, del gráfico podemos ver los momentos en los que las baterías estarán dando energía. Estos momentos son por la mañana, hasta que los paneles llegan a producir una cantidad considerable (10 am), y por la tarde noche, empezando cuando se va la luz (16 pm).

Para comprobar si se produce energía suficiente para llenar las baterías, se hizo una tabla en Excel en la que se sumaron los valores de energía que irían para cargar las baterías y los destinados a descargarla. Después se compararon, obteniéndose un resultado “Correcto” si se cargaba más de lo que se descargaba en un día, y un “Error” si se descargaba más de lo que se cargaba en un día.

|               |           |
|---------------|-----------|
| Wh de carga   | 51829.58  |
| Wh de batería | 53530.41  |
| Consumo total | 103700.83 |
| RESULTADO     | ERROR     |

Tabla 12: Comprobación errónea de carga de baterías.

|               |           |
|---------------|-----------|
| Wh de carga   | 69845.42  |
| Wh de batería | 48046.25  |
| Consumo total | 103700.83 |
| RESULTADO     | CORRECTO  |

Tabla 13: Comprobación correcta de carga de baterías.

Pese a esto, este cálculo no contempla la posibilidad de tener un día sin luz para los paneles. Pero como se ha mencionado antes, esa parte queda exclusiva al apartado de generación, ajena a nosotros.

Una vez hecho un estudio de los paneles y la carga de la batería, se prosigue con el dimensionamiento final de la batería. Aunque ya nos hayamos decantado hacia un sistema con tecnología de litio, también se dimensionó para una batería de plomo, dado que este proyecto está sujeto a los fondos que se consigan.

En la tabla, se tomó los KWh de energía que deben salir de la batería (calculados la tabla anterior con resultado correcto). Este valor es la energía que necesitan las cargas, pero no la energía de la que debe ser la batería, ya que hay muchas pérdidas que deben ser tenidas en cuenta.

Adicionalmente a ese dato, se utilizó un factor de seguridad de 3 días en los que la batería debe ser capaz de dar energía pese a no haberse cargado. Con este factor se obtiene un valor de *Energía total* para el cual se debe dimensionar la batería.

Obtenido este valor, se calcula la capacidad que demanda el sistema dividiendo la energía entre los 48 V a los que trabajaría el sistema. Con ello se llega a un valor de 3.0 KAh de capacidad demandada por las cargas.

Finalmente, y teniendo en cuenta las características de cada batería, se obtiene la capacidad de la batería (y energía de la batería) con los rendimientos y el tanto por uno “capacidad útil” (usando el valor del DOD).

A continuación, se adjuntan los cálculos para una batería de litio (se usó el mismo método para las de plomo) junto con la tabla de resultados.

- Energía en KWh
- Capacidad en KAh
- Rendimiento de la batería y DOD en tanto por uno
- La tensión de trabajo será 48 V

$$\text{Energía necesaria} = N^{\circ} \text{ Días sin luz} * \text{Energía por día}$$

$$48.05 * 3 K = 144.10 KWh$$

$$\text{Capacidad demandada} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{Tensión de trabajo}}$$

$$\frac{144.10}{48} = 3.00 KAh$$

$$\text{Capacidad batería} = \frac{\text{Capacidad demandada}}{\text{Rendimiento batería} * DOD}$$

$$\frac{3.00}{0.95 * 0.8} = 3.95 KAh$$

$$\text{Energía de la batería} = \text{Capacidad batería} * \text{Tensión de trabajo}$$

$$3.95 * 48 = 189.66 KWh$$

|                           | LITIO         | PLOMO         |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Energía por día (KWh)     | 48.05         |               |
| Días sin luz              | 3             |               |
| Energía total (KWh)       | 144.14        |               |
| Capacidad demandada (KAh) | 3.00          |               |
| Rendimiento batería       | 0.95          | 0.85          |
| DOD                       | 0.8           | 0.5           |
| Capacidad batería (KAh)   | <b>3.95</b>   | <b>7.07</b>   |
| Energía batería (KWh)     | <b>189.66</b> | <b>339.15</b> |

Tabla 14: Dimensionamiento de las baterías.

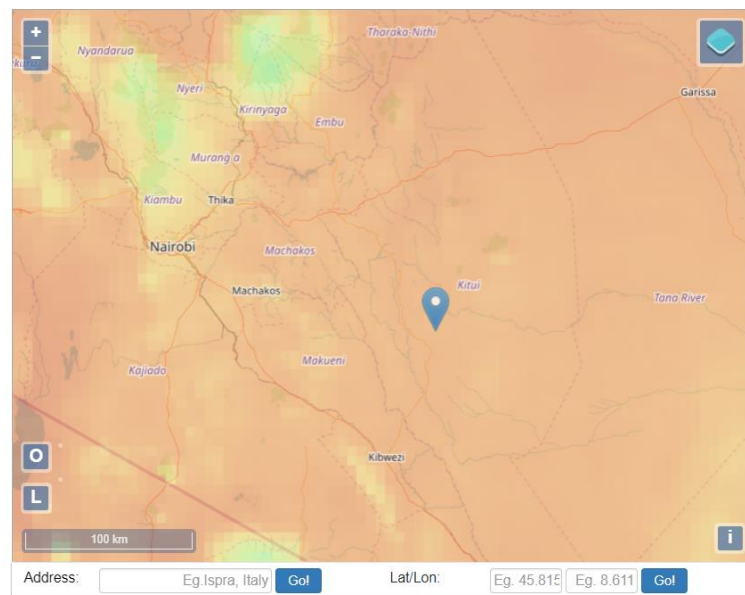
Como se mencionó antes, se tiene un valor de capacidad de la batería de litio y otro para la de plomo, sin importar si es de plomo abierta o cerrada. Fijándose en los órdenes de magnitud, se observa coherencia tanto en las dimensiones de la batería como en la relación entre la de litio y la de plomo, factores que indican un correcto dimensionado.

Con ello, podemos resumir que, para este sistema, se necesitará un sistema de almacenamiento de batería de litio con una capacidad total 4 KAh, y una energía de la batería de 189.66 KWh.

### 6.3.1 COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS CON PVGIS

Para contrastar esta información, se utilizó el programa PVGIS, que simula la producción de los paneles y te da las especificaciones del estado de las baterías.

PVGIS es una herramienta multifuncional impulsada por la Unión Europea para dimensionado de instalaciones solares. Para el desarrollo de este trabajo, se utilizó la función de “OFF-GRID” o sistema aislado. Además de seleccionar el lugar en el mapa para los datos de irradiancia, a esta interfaz se le debe añadir un valor para la potencia pico instalada de los paneles, la capacidad de la batería, el límite de descarga, el consumo por día junto con el perfil de consumo, y un valor de inclinación y de azimut para los paneles.



*Ilustración 64: Selección geográfica en el PVGIS.*

**Cursor:**  
Selected: -1.741, 38.229  
Elevation (m): 678  
PVGIS ver. 5.2

**Use terrain shadows:**  
☒ Calculated horizon  
☐ Upload horizon file

[Download CSV](#) [Download JSON](#)  
Seleccionar archivo Ninguno ...hivo selec.

[Switch to version 5.1](#)

**GRID CONNECTED**  
**TRACKING PV**  
**OFF-GRID**  
**MONTHLY DATA**  
**DAILY DATA**  
**HOURLY DATA**  
**TMY**

**PERFORMANCE OF OFF-GRID PV SYSTEMS**

Solar radiation database\* PVGIS-SARAH2

Installed peak PV power [Wp]\* 30000

Battery capacity [Wh]\* 189660

Discharge cutoff limit [%]\* 80

Consumption per day [Wh]\* 10370

☒ Upload consumption data

Slope [°]\* 10

Azimuth [°]\* 0

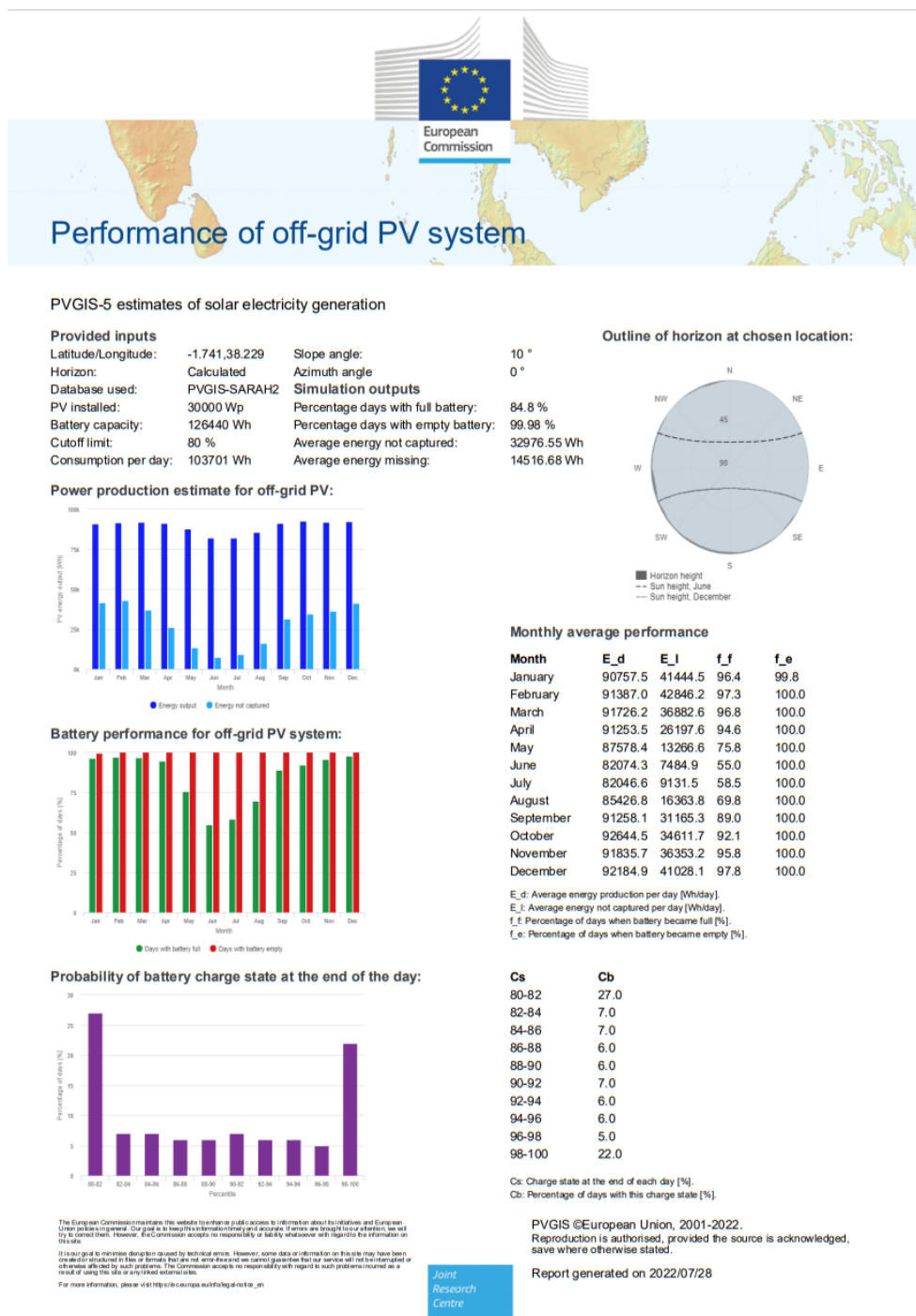
Seleccionar archivo PVGIS\_D...NADO.csv

*Ilustración 65: Selección de parámetros en el PVGIS.*

Como se puede ver en la última imagen, se simuló para los valores de una batería de litio, incluyéndose una profundidad de descarga del 80 % y la capacidad de la batería calculada en el apartado anterior.

Se realizaron 4 simulaciones, en las que se cambió los días sin luz y los Wpico de panel de la tabla de dimensionamiento del sistema, obteniéndose los siguientes resultados.

### Simulación con 2 días sin luz y 30 KWpico



## Simulación con 2 días sin luz y 35 KWpico



### PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

#### Provided inputs

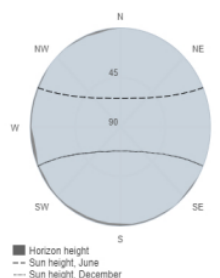
Latitude/Longitude: -1.741,38.229  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH2  
 PV installed: 35000 Wp  
 Battery capacity: 126440 Wh  
 Cutoff limit: 80 %  
 Consumption per day: 103701 Wh

Slope angle: 10 °  
 Azimuth angle: 0 °

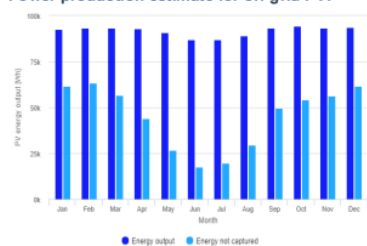
#### Simulation outputs

Percentage days with full battery: 92.2 %  
 Percentage days with empty battery: 99.98 %  
 Average energy not captured: 48757.74 Wh  
 Average energy missing: 11987.05 Wh

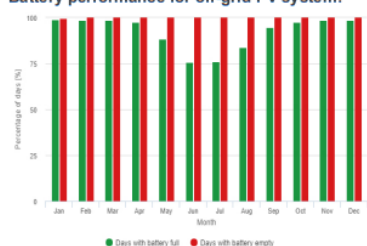
#### Outline of horizon at chosen location:



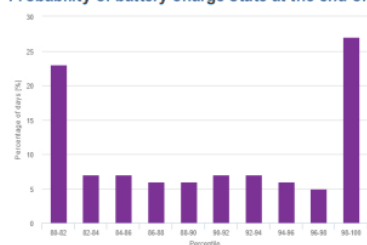
#### Power production estimate for off-grid PV:



#### Battery performance for off-grid PV system:



#### Probability of battery charge state at the end of the day:



#### Monthly average performance

| Month     | E <sub>d</sub> | E <sub>f</sub> | f <sub>f</sub> | f <sub>e</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| January   | 92560.1        | 61675.6        | 98.8           | 99.8           |
| February  | 93152.8        | 63452.7        | 98.4           | 100.0          |
| March     | 93437.7        | 56605.8        | 98.6           | 100.0          |
| April     | 93026.1        | 44000.2        | 97.7           | 100.0          |
| May       | 90888.0        | 26764.5        | 88.5           | 100.0          |
| June      | 86857.5        | 17628.3        | 75.8           | 100.0          |
| July      | 86811.9        | 19562.5        | 76.0           | 100.0          |
| August    | 89215.5        | 29540.1        | 83.7           | 100.0          |
| September | 93290.2        | 49537.0        | 94.8           | 100.0          |
| October   | 94219.1        | 54246.4        | 97.6           | 100.0          |
| November  | 93274.9        | 56278.8        | 98.5           | 100.0          |
| December  | 93705.0        | 61710.1        | 98.6           | 100.0          |

E<sub>d</sub>: Average energy production per day [Wh/day].  
 E<sub>f</sub>: Average energy not captured per day [Wh/day].  
 f<sub>f</sub>: Percentage of days when battery became full [%].  
 f<sub>e</sub>: Percentage of days when battery became empty [%].

| Cs     | Cb   |
|--------|------|
| 80-82  | 23.0 |
| 82-84  | 7.0  |
| 84-86  | 7.0  |
| 86-88  | 6.0  |
| 88-90  | 6.0  |
| 90-92  | 7.0  |
| 92-94  | 7.0  |
| 94-96  | 6.0  |
| 96-98  | 5.0  |
| 98-100 | 27.0 |

Cs: Charge state at the end of each day [%].  
 Cb: Percentage of days with this charge state [%].

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

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

For more information, please visit <https://ec.europa.eu/info/energy-environment>.

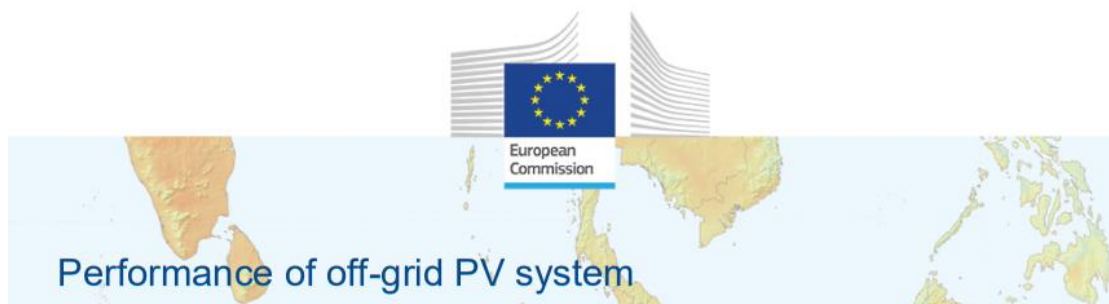
Joint  
 Research  
 Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2022.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/07/28

## Simulación con 3 días sin luz y 30 KWpico



### PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

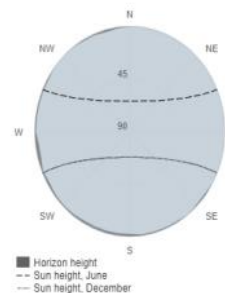
#### Provided inputs

Latitude/Longitude: -1.741,38.229  
Horizon: Calculated  
Database used: PVGIS-SARAH2  
PV installed: 30000 Wp  
Battery capacity: 189660 Wh  
Cutoff limit: 80 %  
Consumption per day: 103701 Wh

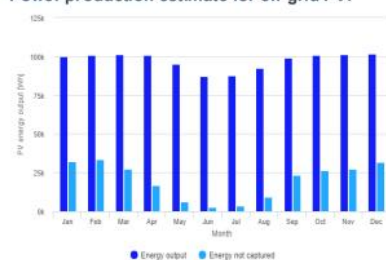
#### Simulation outputs

Percentage days with full battery: 72.79 %  
Percentage days with empty battery: 49.13 %  
Average energy not captured: 27269.37 Wh  
Average energy missing: 13021.09 Wh

#### Outline of horizon at chosen location:



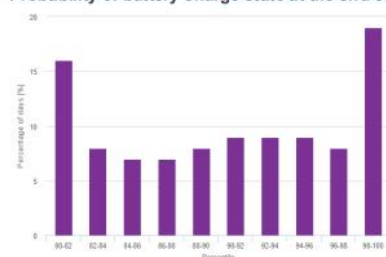
### Power production estimate for off-grid PV:



### Battery performance for off-grid PV system:



### Probability of battery charge state at the end of the day:



### Monthly average performance

| Month     | E_d      | E_l     | f_f  | f_e  |
|-----------|----------|---------|------|------|
| January   | 100129.0 | 32073.0 | 90.3 | 44.8 |
| February  | 100798.1 | 33435.1 | 92.9 | 39.1 |
| March     | 101391.4 | 27217.3 | 91.1 | 32.7 |
| April     | 100786.5 | 16664.6 | 85.0 | 32.1 |
| May       | 94883.6  | 5961.4  | 53.8 | 58.1 |
| June      | 87116.2  | 2443.1  | 29.0 | 83.5 |
| July      | 87630.3  | 3547.8  | 33.7 | 81.3 |
| August    | 92342.8  | 9447.8  | 51.8 | 68.5 |
| September | 99235.7  | 23187.6 | 78.3 | 41.7 |
| October   | 100702.9 | 26553.3 | 85.1 | 34.9 |
| November  | 101098.8 | 27090.1 | 90.6 | 38.1 |
| December  | 101555.9 | 31657.1 | 93.7 | 33.7 |

E\_d: Average energy production per day [Wh/day].  
E\_l: Average energy not captured per day [Wh/day].  
f\_f: Percentage of days when battery became full [%].  
f\_e: Percentage of days when battery became empty [%].

| Cs     | Cb   |
|--------|------|
| 80-82  | 16.0 |
| 82-84  | 8.0  |
| 84-86  | 7.0  |
| 86-88  | 7.0  |
| 88-90  | 8.0  |
| 90-92  | 9.0  |
| 92-94  | 9.0  |
| 94-96  | 9.0  |
| 96-98  | 8.0  |
| 98-100 | 19.0 |

Cs: Charge state at the end of each day [%].  
Cb: Percentage of days with this charge state [%].

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

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

For more information, please visit [https://ec.europa.eu/info/legal-notice\\_en](https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en)

Joint  
Research  
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2022.  
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/07/28

## Simulación con 3 días sin luz y 54 KWpico



### PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

#### Provided inputs

Latitude/Longitude: -1.420,37.984  
Horizon: Calculated  
Database used: PVGIS-SARAH2  
PV installed: 54000 Wp  
Battery capacity: 189660 Wh  
Cutoff limit: 80 %  
Consumption per day: 103701 Wh

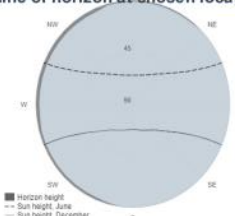
Slope angle:

Azimuth angle

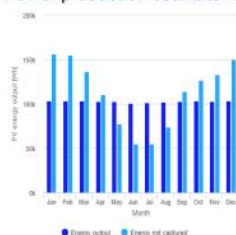
#### Simulation outputs

Percentage days with full battery: 96.83 %  
Percentage days with empty battery: 17.29 %  
Average energy not captured: 115327.35 Wh  
Average energy missing: 5569.79 Wh

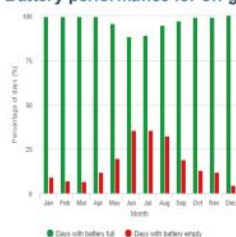
#### Outline of horizon at chosen location:



### Power production estimate for off-grid PV:



### Battery performance for off-grid PV system:

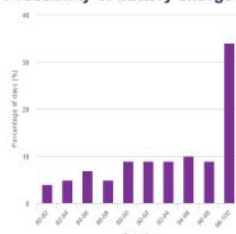


### Monthly average performance

| Month     | E_d      | E_l      | f_f   | f_e  |
|-----------|----------|----------|-------|------|
| January   | 103335.9 | 156507.4 | 99.8  | 9.1  |
| February  | 103454.1 | 154591.1 | 99.8  | 7.1  |
| March     | 103385.3 | 136719.8 | 99.8  | 6.8  |
| April     | 103091.2 | 110475.4 | 99.6  | 12.1 |
| May       | 102656.9 | 77486.6  | 95.8  | 19.6 |
| June      | 100794.6 | 54756.9  | 88.3  | 35.6 |
| July      | 101183.5 | 55264.6  | 88.9  | 35.5 |
| August    | 101895.7 | 74271.0  | 94.6  | 32.5 |
| September | 102923.1 | 114095.6 | 97.3  | 19.0 |
| October   | 103216.1 | 126447.4 | 99.2  | 12.9 |
| November  | 103135.8 | 133037.2 | 99.2  | 12.1 |
| December  | 103548.3 | 149758.4 | 100.0 | 4.5  |

E\_d: Average energy production per day [Wh/day].  
E\_l: Average energy not captured per day [Wh/day].  
f\_f: Percentage of days when battery became full [%].  
f\_e: Percentage of days when battery became empty [%].

### Probability of battery charge state at the end of the day:



| Cs     | Cb   |
|--------|------|
| 80-82  | 4.0  |
| 82-84  | 5.0  |
| 84-86  | 7.0  |
| 86-88  | 5.0  |
| 88-90  | 9.0  |
| 90-92  | 9.0  |
| 92-94  | 9.0  |
| 94-96  | 10.0 |
| 96-98  | 9.0  |
| 98-100 | 34.0 |

Cs: Charge state at the end of each day [%].  
Cb: Percentage of days with this charge state [%].

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

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

For more information, please visit [https://ec.europa.eu/info/legal notice\\_en](https://ec.europa.eu/info/legal notice_en)

Joint  
Research  
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2022.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/08/29

Con estas simulaciones podemos comprobar que, efectivamente, nuestro sistema de almacenamiento está dimensionado de manera correcta para una instalación en esta localidad. Podemos ver como por norma general la batería se cargará todos los días y como las baterías están cargadas al completo un 96.83 % de los días, valor bastante alto que muestra la presencia de energía suficiente en la batería. Además, queda contrastado el hecho de que los paneles con los que se calculó el dimensionamiento no son suficiente, y que es más recomendable utilizar un valor de potencia pico del panel de 54 KW o mayor. Este valor de 54 KW pico fue el obtenido por mi compañera Clara Soto en su trabajo, habiéndose calculado sobredimensionando (un 20%) la capacidad máxima de los inversores ya instalados, que eran de 45 KW.

## 6.4 *DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL INVERSOR*

Como se ha mencionado previamente, dentro de la selección de un inversor hay varios detalles a tener en cuenta. Para estrechar la búsqueda de posibles soluciones, nos centraremos en comparar las dos marcas más importantes de inversores: Victron Energy y SMA Energy.

Dentro de estas opciones, nos centraremos solamente en aquellos inversores que puedan trabajar en aislada y que sean para baterías y no paneles solares. En concreto, nuestro inversor debe ser capaz de recargar las baterías cuando haya excedente de producción y de transmitir directamente a la red cuando la demanda sea muy grande o las baterías estén llenas. Por ello, la búsqueda se nos reduce dos modelos de Victron y uno de SMA.

### Victron:

- MultiPlus

Según Victron Energy:

Un inversor / cargador con dispositivo de red integrado, el MultiPlus-II GX se comunica con cargadores solares, baterías y otros dispositivos para controlar una instalación conectada a red, aislada o remota. Puede funcionar en paralelo para una mayor producción de electricidad o régimen de carga, pero además el MultiPlus II-GX también puede configurarse para un suministro trifásico. Toda una serie de opciones avanzadas, tales como su función SAI, o la posibilidad de establecer límites de carga y de complementar una pobre potencia de red con potencia de la batería, pueden controlarse directamente desde su teléfono o dispositivo inteligente. También es posible la monitorización remota.

- Quattro

Según Victron Energy:

Al igual que el MultiPlus-II, el Quattro-II también es un aparato compuesto de un inversor y un cargador. Además, admite dos entradas CA y se conecta automáticamente a la entrada activa. Sus muchas características incluyen un inversor de onda sinusoidal pura, carga adaptiva, tecnología PowerAssist híbrida, además de múltiples características para su integración en distintos sistemas, como sistemas trifásicos o de fase dividida.

SMA:

- Sunny Island

El Sunny Island ofrece una opción económica, comunicativa, flexible y fiable. Contiene una interfaz web integrada que permite la configuración y monitoreo sencillo. Es integrable y ampliable de forma modular tanto en sistemas monofásicos como trifásicos, siendo compatible con varios tipos de baterías y expandible con el uso de un multiclúster.

A continuación, se presentan las especificaciones (*data sheets*) de los aparatos:

- MultiPlus-II GX:



## Inversor/cargador MultiPlus-II GX

MultiPlus-II 24/3000/70-32 GX, 48/3000/35-32 GX & 48/5000/70-50 GX



**Un MultiPlus-II con función LCD y GX**  
El MultiPlus-II GX integra un inversor/cargador MultiPlus-II y un dispositivo GX con una pantalla de 2 x 16 caracteres.

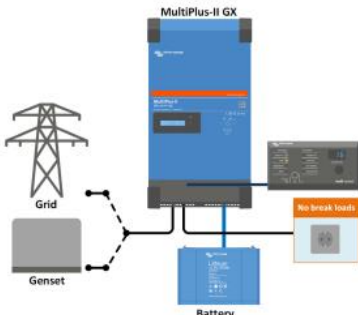
**Pantalla y Wi-Fi**  
La pantalla muestra parámetros de la batería, el inversor y el controlador de carga solar. Se puede acceder a estos parámetros con un *smartphone* u otro dispositivo con Wi-Fi.

**Dispositivo GX**  
El dispositivo GX integrado incluye:

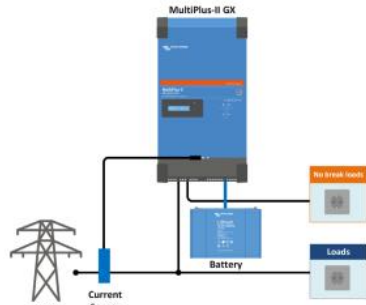
- Una interfaz BMS-Can. Esta interfaz puede usarse para conectarse a una batería gestionada por un CAN-bus compatible. Tenga en cuenta que este no es un puerto compatible con VE.Can.
- Un puerto USB.
- Un puerto Ethernet.
- Un puerto VEDirect.

**Aplicaciones**  
El MultiPlus-II GX está pensado para aplicaciones en las que es necesario conectarse a otros productos o tener control remoto, como sistemas de almacenamiento de energía, tanto conectados como desconectados de la red eléctrica, y ciertas aplicaciones móviles.

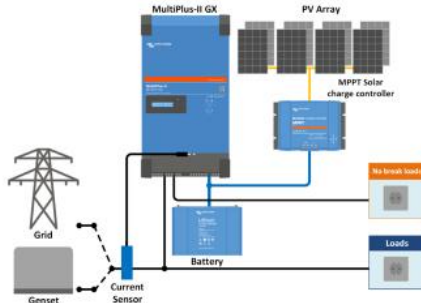
**Funcionamiento paralelo y trifásico**  
Solo se necesita una unidad GX para el funcionamiento paralelo y trifásico.



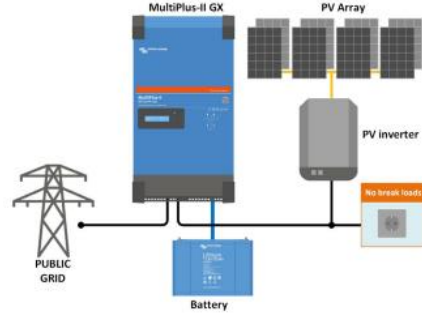
**Aplicación marina, móvil o desconectada de la red eléctrica estándar**  
Las cargas que deberían apagarse cuando la alimentación de la entrada de CA no esté disponible pueden conectarse a una segunda salida (no se muestra en la imagen). La función PowerControl y Power Assist tendrá en cuenta estas cargas para limitar la entrada de corriente CA hasta un valor seguro cuando haya corriente CA.



**Aplicación móvil estándar o desconectada de la red eléctrica con sensor de corriente externa**  
Máximo rango del sensor de corriente: 50 A y 100 A resp.



**Topología paralela a la red con controlador de carga solar MPPT**  
El MultiPlus-II utilizará los datos del sensor de corriente alterna externo (que debe pedirse por separado) o del medidor de energía para optimizar el autoconsumo y, si es necesario, evitar la devolución a la red del excedente de energía solar. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II seguirá alimentando las cargas críticas.



**Topología en línea con la red con Inversor PV**  
La energía PV se convierte directamente en CA. El MultiPlus-II utilizará el exceso de energía fotovoltaica para cargar las baterías o para devolver energía a la red, y descargará la batería o utilizará energía de la red para complementar la falta de energía fotovoltaica. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II se desconectará de la red y seguirá alimentando las cargas.



#### Portal VRM

Nuestra web gratuita de seguimiento remoto (VRM) puede mostrar todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.



#### App VRM para Wi-Fi

Controle y gestione su sistema Victron Energy desde su smartphone o tableta. Disponible tanto para iOS como para Android.



#### GX GSM

Un modem celular que proporciona Internet móvil al sistema y conexión a Victron Remote Management (VRM). Opcional: antena GSM exterior y antena GPS. Para más información introduzca GX GSM en el cuadro de búsqueda de nuestro sitio web.



Área de conexión



#### Sensor de corriente de 100 A/50 mA

Para implementar PowerControl y PowerAssist y para optimizar el autoconsumo gracias a la detección de la corriente externa. Corriente máxima: 50 A y 100 A resp. Longitud del cable de conexión: 1 m



#### Panel Digital Multi Control

Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.

| MultiPlus-II GX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 24/3000/70-32                                                                             | 48/3000/35-32 | 48/5000/70-50      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|
| PowerControl y PowerAssist                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sí                                                                                        |               |                    |
| Conmutador de transferencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 32 A                                                                                      |               | 50 A               |
| Corriente máxima de entrada CA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 32 A                                                                                      |               | 50 A               |
| Salida auxiliar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sí (32 A)                                                                                 |               |                    |
| INVERSOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                           |               |                    |
| Rango de tensión de entrada CC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 19 – 33 V                                                                                 | 38 – 66 V     |                    |
| Salida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Tensión de salida: 230 VCA ± 2 %<br>Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)                         |               |                    |
| Potencia cont. de salida a 25 °C (3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3000 VA                                                                                   |               | 5000 VA            |
| Potencia cont. de salida a 25 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2400 W                                                                                    |               | 4000 W             |
| Potencia cont. de salida a 40 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2200 W                                                                                    |               | 3700 W             |
| Potencia cont. de salida a 65 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1700 W                                                                                    |               | 3000 W             |
| Balance neto máximo aparente (corriente retornada a la red)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3000 VA                                                                                   |               | 5000 VA            |
| Pico de potencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 5500 W                                                                                    |               | 9000 W             |
| Eficacia máxima                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 94 %                                                                                      | 95 %          | 96 %               |
| Consumo en vacío                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 13 W                                                                                      | 11 W          | 18 W               |
| Consumo en vacío en modo AES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 9 W                                                                                       | 7 W           | 12 W               |
| Consumo en vacío en modo búsqueda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3 W                                                                                       | 2 W           | 2 W                |
| CARGADOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                           |               |                    |
| Entrada de CA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA<br>Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz             |               |                    |
| Tensión de carga de "absorción"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 28,8 V                                                                                    | 57,6 V        |                    |
| Tensión de carga de "flotación"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 27,6 V                                                                                    | 55,2 V        |                    |
| Modo de almacenamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 26,4 V                                                                                    | 52,8 V        |                    |
| Máx. corriente de carga de la batería (4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 70 A                                                                                      | 35 A          | 70 A               |
| Sensor de temperatura de la batería                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sí                                                                                        |               |                    |
| GENERAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                           |               |                    |
| Interfaces                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | BMS-Can, USB, Ethernet, VE.Direct, Wi-Fi                                                  |               |                    |
| Sensor de CA externa (opcional)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 50 A                                                                                      |               | 100 A              |
| Relé programable (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Sí                                                                                        |               |                    |
| Protección (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | a – g                                                                                     |               |                    |
| Puerto de comunicación VE.Bus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Para funcionamiento paralelo y trifásico, control remoto e integración del sistema        |               |                    |
| Puerto de comunicaciones de uso general                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sí, 2 puertos                                                                             |               |                    |
| On/Off remoto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sí                                                                                        |               |                    |
| Temperatura de trabajo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | -40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)                                                 |               |                    |
| Humedad (sin condensación)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | máx. 95 %                                                                                 |               |                    |
| CARCASA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                           |               |                    |
| Material y color                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | acero, azul RAL 5012                                                                      |               |                    |
| Grado de protección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | IP22                                                                                      |               |                    |
| Conexión de la batería                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Pernos M8                                                                                 |               |                    |
| Conexión 230 VCA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bornes de tornillo de 13 mm <sup>2</sup> (6 AWG)                                          |               |                    |
| Peso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 19 kg                                                                                     |               | 30 kg              |
| Dimensiones (a) x b x p)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 506 x 275 x 147 mm                                                                        |               | 565 x 323 x 148 mm |
| NORMAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                           |               |                    |
| Seguridad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2, EN 55014-1, EN 55014-2 |               |                    |
| Emisiones, Inmunidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3           |               |                    |
| Sistema de alimentación ininterrumpida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | IEC 62040-1                                                                               |               |                    |
| Antisila                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Puede consultar los certificados en nuestro sitio web                                     |               |                    |
| 1) Puede ajustarse a 60 Hz<br>2) Claves de protección:<br>a) cortocircuito de salida<br>b) sobrecarga<br>c) tensión de la batería demasiado alta<br>d) tensión de la batería demasiado baja<br>e) temperatura demasiado alta<br>f) 230 VCA en la salida del inversor<br>g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta<br>3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1<br>4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente<br>5) Relé programable que puede configurarse para las funciones de alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador. Capacidad nominal CA: 230 V/4 A, Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 60 VCC |                                                                                           |               |                    |

- Quattro-II:



#### A Quattro, plus ESS (Energy Storage System) functionality

The Quattro-II can be connected to two independent AC sources, for example the public grid and a generator, or two generators. The Quattro-II will automatically connect to the active source.

#### PowerControl and PowerAssist - Boosting the capacity of the grid or a generator

A maximum grid or generator current can be set. The Quattro-II will then take account of other AC loads and use whatever is extra for battery charging, thus preventing the generator or grid from being overloaded (PowerControl function).

PowerAssist takes the principle of PowerControl to a further dimension. Where peak power is so often required only for a limited period, the Quattro-II will compensate insufficient generator, shore or grid power with power from the battery. When the load reduces, the spare power is used to recharge the battery.

#### Solar energy: AC power available even during a grid failure

The Quattro-II can be used in off grid as well as grid connected PV and other alternative energy systems. It is compatible with both solar charger controllers and grid-tie inverters.

#### Two AC Outputs

The main output has no break functionality. The Quattro-II takes over the supply to the connected loads in the event of a grid failure or when shore/generator power is disconnected. This happens so fast (less than 20 milliseconds) that computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption.

The second output is live only when AC is available on the input. Loads that should not discharge the battery, like a water heater for example, can be connected to this output.

#### Parallel and three phase operation

Up to 6 Quattros can operate in parallel to achieve higher power output. Six 48/5000/70 units, for example, will provide 25 kW / 30 kVA output power with 420 Amps charging capacity.

In addition to parallel connection, three units of the same model can be configured for three phase output, and up to 6 sets of three units can be parallel connected per phase for a 75 kW / 90 kVA inverter and more than 1200 Amps charging capacity.

#### On-site system configuring, monitoring and control

Settings can be changed in a matter of minutes with VEConfigure software (computer or laptop and MK3-USB interface needed).

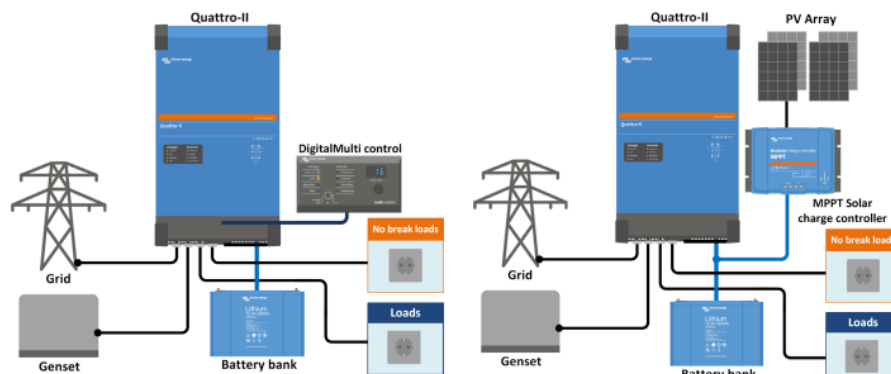
Several monitoring and control options are available: Cerbo GX, Color Control GX, Venus GX, Octo GX, CANvu GX, laptop, computer, Bluetooth (with the optional VE.Bus Smart dongle), Battery Monitor, Digital Multi Control Panel.

#### Remote configuring and monitoring

Install a Cerbo GX or other GX product to connect to the internet.

Operational data can be stored and displayed on our VRM (Victron Remote Management) website, free of charge.

When connected to the internet, systems can be accessed remotely, and settings can be changed.



#### Standard marine, mobile or off-grid application

Loads that should shut down when AC input power is not available can be connected to a second output. These loads will be taken into account by the PowerControl and PowerAssist function in order to limit AC input current to a safe value when AC power is available.

#### Application with MPPT solar charge controller



**GX Touch and Cerbo GX**  
Provides intuitive system control and monitoring  
Besides system monitoring and control the Cerbo GX enables access to our free remote monitoring website: the VRM Online Portal



**VRM Portal**  
Our free remote monitoring website (VRM) will display all your system data in a comprehensive graphical format. System settings can be changed remotely via the portal. Alarms can be received by e-mail.



**VRM app**  
Monitor and manage your Victron Energy system from your smart phone and tablet. Available for both iOS and Android.



**VE.Bus Smart Dongle**  
Measures battery voltage and temperature and allows monitoring and control with a smart phone or other Bluetooth enabled device.



Connection Area Quattro-II 48/5k



**Digital Mult Control Panel**  
A convenient and low-cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.

| Quattro-II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 24/5000/120-50                                                                                              | 48/5000/70-50                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| PowerControl & PowerAssist                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Yes                                                                                                         |                                                     |
| Transfer switch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 50 A                                                                                                        |                                                     |
| Maximum AC input current                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 50 A                                                                                                        |                                                     |
| INVERTER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                             |                                                     |
| DC input voltage range                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 19-33 V                                                                                                     | 38-66 V                                             |
| Output                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Output voltage: 230 VAC $\pm 2\%$ Frequency: 50 Hz $\pm 0,1\%$ (1)                                          |                                                     |
| Cont. output power at 25°C (3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 5000 VA                                                                                                     |                                                     |
| Cont. output power at 25°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4000 W                                                                                                      |                                                     |
| Cont. output power at 40°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3700 W                                                                                                      |                                                     |
| Cont. output power at 65°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3000 W                                                                                                      |                                                     |
| Maximum apparent feed-in power                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 5000 VA                                                                                                     |                                                     |
| Peak power                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 9000 W                                                                                                      |                                                     |
| Maximum efficiency                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 96%                                                                                                         |                                                     |
| Zero load power                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 18 W                                                                                                        |                                                     |
| Zero load power in AES mode                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 12 W                                                                                                        |                                                     |
| Zero load power in Search mode                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 W                                                                                                         |                                                     |
| CHARGER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                             |                                                     |
| AC Input                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Input voltage range: 187-265 VAC<br>Input frequency: 45 – 65 Hz power factor: 1                             |                                                     |
| Charge voltage 'absorption'                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 28,8 / 57,6 V                                                                                               |                                                     |
| Charge voltage 'float'                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 27,6 / 55,2 V                                                                                               |                                                     |
| Storage mode                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 26,4 / 52,8 V                                                                                               |                                                     |
| Max. battery charge current (4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 120 A                                                                                                       | 70 A                                                |
| Battery temperature sensor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Yes                                                                                                         |                                                     |
| GENERAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                             |                                                     |
| Auxiliary output                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Yes (32A)                                                                                                   | Default setting: switches off when in inverter mode |
| Programmable relay (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Yes                                                                                                         |                                                     |
| Protection (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | a – g                                                                                                       |                                                     |
| VE.Bus communication port                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | For parallel and three phase operation,<br>remote monitoring and system integration                         |                                                     |
| General purpose com. port                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Yes, 2x                                                                                                     |                                                     |
| Remote on-off                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Yes                                                                                                         |                                                     |
| Operating temperature range                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -40 to +65°C (fan assisted cooling)                                                                         |                                                     |
| Humidity (non-condensing)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | max 95%                                                                                                     |                                                     |
| ENCLOSURE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                             |                                                     |
| Material & Colour                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Steel, blue RAL 5012                                                                                        |                                                     |
| Protection category                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | IP22                                                                                                        |                                                     |
| Battery-connection                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | M8 bolts                                                                                                    |                                                     |
| 230 V AC-connection                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Screw terminals 13 mm² (6 AWG)                                                                              |                                                     |
| Weight                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 30 kg                                                                                                       | 30 kg                                               |
| Dimensions (hxxwxd)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 560 x 328 x 148 mm                                                                                          | 560 x 328 x 148 mm                                  |
| STANDARDS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                             |                                                     |
| Safety                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29,<br>EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2                                        |                                                     |
| Emission, Immunity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | EN 55014-1, EN 55014-2<br>EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3<br>IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 |                                                     |
| Uninterruptible power supply                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Please consult the certificates on our website.                                                             |                                                     |
| Anti-islanding                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Please consult the certificates on our website.                                                             |                                                     |
| 1) Can be adjusted to 60 Hz<br>2) Protection key:<br>a) output short circuit<br>b) overload<br>c) battery voltage too high<br>d) battery voltage too low<br>e) temperature too high<br>f) 230 VAC on inverter output<br>g) input voltage ripple too high<br>3) Non-linear load, crest factor 3:1<br>4) Up to 25°C ambient<br>5) Programmable relay which can be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function. AC rating: 230V / 4A, DC rating: 4A up to 35VDC and 1A up to 60VDC |                                                                                                             |                                                     |

- Sunny Island:

## SUNNY ISLAND 4.4M/6.0H/8.0H – PARA APLICACIONES CONECTADAS A LA RED Y PARA SISTEMAS AISLADOS



### Comunicativo

- Sunny Portal powered by ennexOS
- Comunicación mediante ethernet
- Puesta en marcha a través de LAN o WLAN
- Webconnect
- Registro de datos optimizado

### Fiable

- Extensión de la garantía del fabricante de 5 a 10 años de forma gratuita
- Una gran capacidad de sobrecarga
- IP54 para un funcionamiento fiable en condiciones extremas

### Flexible

- Para sistemas de autoconsumo, sistemas eléctricos de repuesto y sistemas aislados
- Para sistemas monofásicos y trifásicos
- Modular y ampliable



Compatible con varias baterías

- Para baterías de plomo y baterías de iones de litio autorizadas de diferentes fabricantes
- Amplia lista de baterías homologadas con la continua ampliación de la cartera de baterías

## SUNNY ISLAND 4.4M / 6.0 / 8.0H

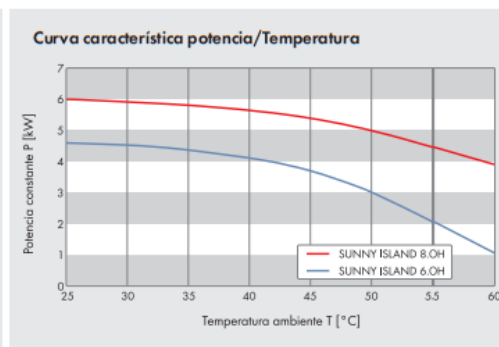
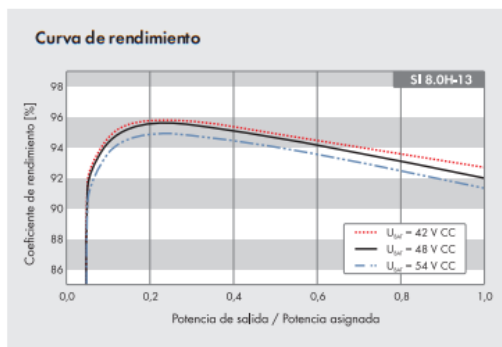
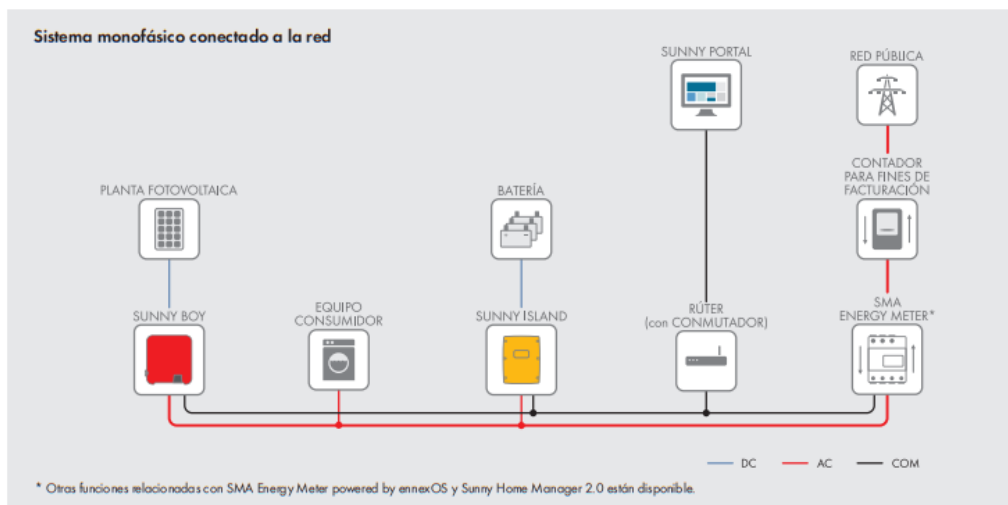
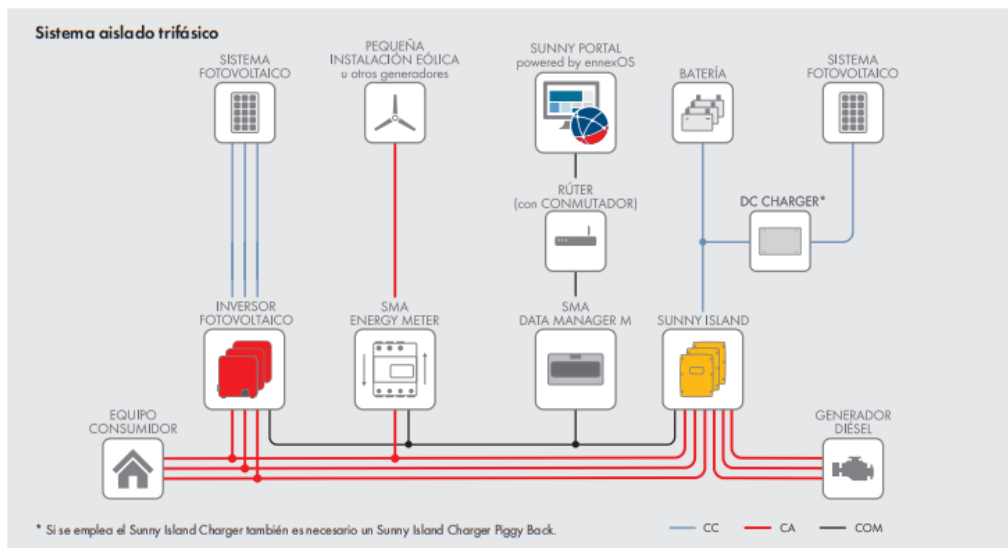
La solución más fiable para todas las necesidades: más sencillo que nunca

En regiones alejadas de la red o en la red pública en propiedades privadas: el inversor de batería Sunny Island es la mejor solución tanto en plantas conectadas a la red como aisladas. Los usuarios se benefician de la experiencia de los más de 150.000 Sunny Island instalados en todo el mundo. Gracias a la interfaz web integrada y a las interfaces estándar WLAN y ethernet, el Sunny Island 4.4M/6.0H/8.0H puede ponerse en marcha y configurarse fácilmente a través del teléfono inteligente o de la tableta. Como elemento clave del SMA Flexible Storage System, el Sunny Island almacena temporalmente la corriente autogenerada en la batería y permite utilizar la corriente fotovoltaica en cualquier momento del día.

En todas las aplicaciones, su alta clase de protección, su amplia gama de temperaturas y su excepcional capacidad de sobrecarga garantizan siempre la seguridad necesaria. La gestión inteligente de la carga y de la energía asegura el funcionamiento también en situaciones críticas.

El Sunny Island es la solución más fiable y fácil para todas las necesidades e incluye una garantía de 10 años\*.

\*] Al registrar el equipo a través de la página web de registro de productos de SMA (sma-service.com).



| Datos técnicos                                                                                            | Sunny Island 4.4M                                                                                           | Sunny Island 6.0H                                      | Sunny Island 8.0H     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>AC-2 (Fuente externa: red pública o generador)</b>                                                     |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tensión asignada de red/Rango de tensión CA                                                               | 230 V/De 172,5 V a 264,5 V                                                                                  |                                                        |                       |
| Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible                                                  | 50 Hz/40 Hz a 70 Hz                                                                                         |                                                        |                       |
| Corriente alterna máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)                              | 14,5 A                                                                                                      | 20 A                                                   | 26,1 A <sup>1)</sup>  |
| Potencia aparente de CA máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)                        | 3,3 kVA                                                                                                     | 4,6 kVA                                                | 6 kVA <sup>6)</sup>   |
| Corriente máxima de entrada de CA                                                                         | 50 A                                                                                                        | 50 A                                                   | 50 A                  |
| Potencia máxima de entrada CA                                                                             | 11 500 W                                                                                                    | 11 500 W                                               | 11 500 W              |
| Factor de desfase ajustable                                                                               | 0,8 inductivo a 0,8 capacitivo                                                                              |                                                        |                       |
| <b>AC-1 (funcionamiento en red aislada, sistema de respaldo, equipo consumidor)</b>                       |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tensión asignada de red/Rango de tensión CA                                                               | 230 V/De 202 V a 253 V                                                                                      |                                                        |                       |
| Frecuencia nominal/Rango de frecuencia (ajustable)                                                        | 50 Hz/45 Hz a 65 Hz                                                                                         |                                                        |                       |
| Potencia asignada (a Unom, Inom/25 °C/cos φ = 1)                                                          | 3300 W                                                                                                      | 4600 W                                                 | 6000 W                |
| Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s                                                           | 4400 W/4600 W/5500 W                                                                                        | 6000 W/6800 W/11000 W                                  | 8000 W/9100 W/11000 W |
| Potencia de CA a 45 °C                                                                                    | 3000 W                                                                                                      | 3700 W                                                 | 5430 W                |
| Corriente asignada/Corriente de salida máxima (por 60 ms)                                                 | 14,5 A/60 A                                                                                                 | 20 A/120 A                                             | 26,1 A/120 A          |
| Coefficiente de distorsión de la tensión de salida/Factor de potencia con potencia asignada               | < 5 %/ 0 1 0                                                                                                | < 1,5 %/ 0 1 0                                         | < 1,5 %/ 0 1 0        |
| <b>Batería de entrada de CC</b>                                                                           |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tensión asignada de entrada/Rango de tensión CC                                                           | 48 V/De 41 V a 63 V                                                                                         | 48 V/De 41 V a 63 V                                    | 48 V/De 41 V a 63 V   |
| Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/de descarga asignada de CC                  | 75 A/63 A/75 A                                                                                              | 110 A/90 A/103 A                                       | 140 A/115 A/136 A     |
| Tipo de batería/Capacidad de la batería (rango)                                                           | iones litio <sup>2)</sup> , FLA, VRLA/<br>De 100 Ah a 10000 Ah (plomo)<br>De 50 Ah a 10000 Ah (iones litio) |                                                        |                       |
| Regulación de carga                                                                                       | Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas                                |                                                        |                       |
| <b>Rendimiento/Autoconsumo del equipo</b>                                                                 |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Rendimiento máximo                                                                                        | 95,5 %                                                                                                      | 95,8 %                                                 | 95,8 %                |
| Consumo sin carga/En espera                                                                               | 18 W/6,8 W                                                                                                  | 25,8 W/6,5 W                                           | 25,8 W/6,5 W          |
| <b>Dispositivo de protección (equipo)</b>                                                                 |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Cortocircuito de CA/Sobrecarga de CA                                                                      | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Protección contra polarización inversa de CC/Fusible de CC                                                | - / -                                                                                                       |                                                        |                       |
| Sobretensión/Descarga total de la batería                                                                 | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Categoría de sobretensión según IEC 60664-1                                                               | III                                                                                                         |                                                        |                       |
| <b>Datos generales</b>                                                                                    |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Dimensiones (ancho / alto / fondo)                                                                        | 467 mm/612 mm/242 mm (18,4 inch/21,1 inch/9,5 inch)                                                         |                                                        |                       |
| Peso                                                                                                      | 44 kg (97 lb)                                                                                               | 63 kg (138,9 lb)                                       | 63 kg (138,9 lb)      |
| Rango de temperaturas de funcionamiento                                                                   | De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)                                                                    |                                                        |                       |
| Clase de protección según IEC 62103                                                                       | I                                                                                                           |                                                        |                       |
| Clase climática según IEC 60721                                                                           | 3K6                                                                                                         |                                                        |                       |
| Tipo de protección según IEC 60529                                                                        | IP54                                                                                                        |                                                        |                       |
| Conforme a RoHS-III                                                                                       | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| <b>Equipamiento/Función</b>                                                                               |                                                                                                             |                                                        |                       |
| WLAN, Speedwire/Webconnect/SI-SYSCAN (multidúster)                                                        | ● / ● / -                                                                                                   | ● / ● / ○                                              | ● / ● / ○             |
| Conexión directa en Sunny Portal a través de Webconnect                                                   | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| Sunny Portal powered by ennexOS a través de Data Manager M y L                                            | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| Tarjeta de almacenamiento micro SD para un registro de datos ampliado                                     | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil/Relé multifunción                      | ● / 2                                                                                                       |                                                        |                       |
| Sistemas trifásicos (con campo giratorio) <sup>3)</sup> / Función de alimentación de repuesto             | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Cálculo del nivel de carga/Carga completa/Carga de compensación                                           | ● / ● / ●                                                                                                   |                                                        |                       |
| Sensor de temperatura de la batería/Cables de datos                                                       | ○ / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Certificados y autorizaciones                                                                             | www.SMA-iberica.com                                                                                         |                                                        |                       |
| Color de la cubierta amarilla/aluminio blanco                                                             | ○ / ○                                                                                                       |                                                        |                       |
| Garantía 5 / 10 años                                                                                      | ● / ● <sup>3)</sup>                                                                                         |                                                        |                       |
| <b>Para sistemas aislados</b>                                                                             |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tiempos de conmutación en el funcionamiento de respaldo (sin caja de distribución o MC-Box) <sup>4)</sup> | -                                                                                                           | 0 ms (de alta impedancia) / 20 ms (de baja impedancia) |                       |
| Detección automática de campo giratorio/Asistencia de generador                                           | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Conexión en paralelo/Multidúster                                                                          | - / -                                                                                                       | ● / ●                                                  | ● / ●                 |
| Arranque suave integrado                                                                                  | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| <b>Accesorios</b>                                                                                         |                                                                                                             |                                                        |                       |
| <b>Para sistemas aislados</b>                                                                             |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Cajas Multidúster: MC-BOX-6.3 / MC-BOX-12.3 / MC-BOX-36.3                                                 | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Fusible de batería <sup>5)</sup>                                                                          | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Sunny Island Charger SIC50-MPT <sup>3)</sup> / SI Charger Piggy Back SIC-PB <sup>3)</sup>                 | ○ / ○                                                                                                       |                                                        |                       |
| Data Manager M                                                                                            | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| <b>Para aplicaciones conectadas a la red</b>                                                              |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Sunny Home Manager / SMA Energy Meter                                                                     | ○ / ○                                                                                                       |                                                        |                       |
| Equipo de conmutación para alimentación de respaldo <sup>3)</sup>                                         | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Modelo comercial                                                                                          | SI4.4M-13                                                                                                   | SI6.0H-13                                              | SI8.0H-13             |

● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible Todas las especificaciones actualizadas: 06/2022

1) Consulte la "Lista de baterías de iones de litio homologadas" en [www.SMA-Solar.com](http://www.SMA-Solar.com) 2) 3 x Sunny Island 3) Al registrar el equipo a través de la página web de registro de productos de SMA ([sma-service.com](http://sma-service.com)). Son aplicables las condiciones de la garantía del fabricante de SMA. Más información en [SMA-Solar.com](http://SMA-Solar.com) 4) Consulte la "SwitchoverTime-TI-en-11 | Version 1.1" en [www.SMA-Solar.com](http://www.SMA-Solar.com) 5) De proveedor externo 6) Limitación diferente en función del registro de datos nacionales configurado (p. ej., VDE-AR-N 4105: 2018 = 4,6 kVA y 20 A)



**SMA Solar Technology AG**

Una vez visto las características de cada uno de ellos, podemos entrar a compararlos. Para esta instalación en concreto, conviene comparar el posible monitoreo remoto, para poder revisarlo desde Madrid; que sea integrable en el sistema ya existente en la granja solar; y que pueda sufrir una posible expansión.

|                               | MultiPlus-II GX     | Quatro-II           | Sunny Island |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| Funcionamiento trifásico      | SI                  | SI                  | SI           |
| Permite conexión a red        | SI                  | SI                  | SI           |
| Integrable en nuestro sistema | NO                  | NO                  | SI           |
| Monitoreo remoto              | CON VICTRON CONNECT | CON VICTRON CONNECT | SI           |
| Expandible                    | SI                  | SI                  | SI           |
| Conexión a red                | NO SIEMPRE          | NO SIEMPRE          | SI           |

Tabla 15: Comparativa de los inversores.

Como vemos en la tabla resumen, todas las opciones son muy parecidas y pueden cumplir la función prevista. El único factor más diferencial es el posible acoplamiento con los sistemas ya instalados y la conexión a red, que no siempre es posible con Victron. Actualmente en el huerto solar los inversores son Sunny Island, por lo que solo aceptarían este modelo. Sin embargo, en caso de que se decida añadir un segundo punto de generación en nuestra red, este si podría utilizar las soluciones de Victron.

Como la toma de esta decisión no es independiente de esta parte del proyecto, todas las opciones quedaran por el momento contempladas como validas, seleccionando a priori el Sunny Island.

Dentro de este tipo de inversor, seleccionaremos la opción de Sunny Island 8.0H. Este inversor es capaz de soportar una potencia de 8,000 W durante 30 minutos, siendo la opción más potente de SMA.

Principalmente, se selecciona este inversor debido a las pretensiones de crecimiento de la aldea. Si se busca aumentar la potencia de una instalación solar, los inversores serán el punto que delimite el tamaño que se pueda expandir. Por ello, en lugar de seleccionar un inversor de menor potencia que en un futuro no será suficiente, se escoge este.

Como en toda instalación, será necesario un inversor por cada fase, por lo que en total dispondremos de 3 inversores.

## **6.5 PREVISIONES DE FUTURO**

Como se ha mencionado en la introducción, este proyecto ha crecido año tras año, ofreciendo unas mejores prestaciones. Para poder mantener esa mejoría, es necesario un incremento en la tecnología que se usa y con ello, en la energía que se consume.

Por ello, a largo plazo los cálculos realizados en este trabajo pueden variar o no ser suficientes para cubrir el objetivo previsto. Por ello es importante el sobredimensionamiento que se ha utilizado durante el dimensionamiento, tomando los máximos consumos de cada instalación para obtener el perfil de consumo de toda la aldea.

## 6.6 APROVECHAMIENTO Y ESTADO DE LAS INSTALACIONES ACTUALES

En este punto se estudiarán las baterías actuales en la aldea, comprobando su estado y posible uso para nuestra instalación actual. Para poder hacer una comparativa verídica, es necesario estandarizar, ya que la capacidad de la batería cambia en función de su capacidad de descarga. La forma para ello es usar las relaciones dadas por los fabricantes de cada marca, en las que tienen en cuenta como varía la capacidad de la batería respecto a capacidad de descarga.

También es necesario que las baterías se midan en las mismas condiciones de carga. En una instalación como la de Nyumbani, este hecho es complicado, ya que se debe ir midiendo una a una durante varios días, por lo que las condiciones de sol no serán iguales.

Por la complejidad del proyecto y la dificultad de encontrar todas las relaciones de los distintos fabricantes, nos basaremos en los valores de la siguiente tabla, obtenida hacer la media de las distintas relaciones con las que contaba:

| Tipos    | Valor de la relación |
|----------|----------------------|
| C40/C20  | 1,14                 |
| C20/C10  | 1,17                 |
| C100/C10 | 1,34                 |
| C100/C20 | 1,25                 |

*Tabla 16: Relaciones entre distintas capacidades de descarga.*

Una vez obtenida la tabla, para comprobar la medida de una batería de C100 en C20, basta con aplicar la relación:

$$Capacidad_{c20} = \frac{Capacidad_{c100}}{Factor\ de\ conversión}$$

En este caso, se compararán todas las especificaciones de las baterías actuales en C20, ya que es como se encuentran la mayoría, simplificando los cálculos.

Para comprobar el estado de las baterías, se utilizaron varias herramientas. Destaca el Ancel B301 Battery Tester, aparato que permite comprobar parámetros como el estado de las baterías, el SOH (State Of Health), tensión... Su uso está permitido en baterías que trabajan entre 6 V y 16 V. Con él, podemos comprobar hasta qué punto tiene sentido mantener los sistemas anteriores o si es necesario una modernización completa de estos.

Antes de analizar los datos recopilados es necesario familiarizarse con el BA301 Battery Tester. Este cuenta con dos pinzas que se conectan al polo positivo y negativo de la batería. Cuando están conectados correctamente la pantalla se ilumina, desplegando el menú de opciones. En él encontramos 6 opciones de uso: batería de coche, batería de moto, gráfica respecto al tiempo, review, imprimir y ajustes. Cada una de estas opciones tiene una finalidad distinta, por lo que se comentarán solo las opciones que interesan a nuestro propósito.

- BA301 Battery Tester



*Ilustración 66: Menú principal BA301.*

La opción de testear la batería de coche es la más interesante. Tiene varias configuraciones en función de lo que se testee, y permite comprobar directamente el estado de la batería. Para poder usar esta herramienta primero se desconecta la batería de la carga, evitando cualquier tipo de intensidad a la hora de medir. Después se procede a configurar el menú.



*Ilustración 67: Menú localización BA301.*

Tras seleccionar que es una batería de coche te la opción de medirla dentro o fuera del vehículo. En nuestro caso se selecciona fuera, ya que se ha desinstalado de cualquier carga. Acto seguido se seleccionará el tipo de batería.



*Ilustración 68: Menú tipo de batería BA301.*

Todas las baterías del poblado son de tecnología AGM o Gel. Para distinguir entre ambas es necesario buscar el fabricante y el nombre de la batería, ya que en muchos casos no se indica en ella de que tipo son.



*Ilustración 69: Menú norma de medida BA301.*

Por último, se selecciona una norma a través de la cual lo vas a medir. Dentro de las varias normas que hay seleccionamos la IEC (The International Electrotechnical Commission), dado su uso internacional y conocimiento mundial. Además, se elige una intensidad con la que se quiere medir. Durante las medidas se seleccionó 100 A, que está dentro del rango de medida del IEC (entre 100 A y 1400 A).



*Ilustración 70: Selección del IEC BA301.*

Con estos parámetros seleccionados se midieron las distintas baterías del poblado. Los resultados de estas variaban entre las opciones posibles de nuestro aparato de medida. En todas las opciones se mostraba el estado de la batería, el SOH, la capacidad de arranque en

frío (CCA), la tensión en V y la resistencia interna de la batería en  $m\Omega$ . La resistencia sin embargo es un parámetro que no se mide en las baterías de litio, por lo que solo nos permitirá comparar entre si baterías de AGM o Gel. Todos los demás parámetros que se obtienen de la herramienta dan un abanico de comparaciones posibles entre distintas baterías, pudiendo distinguir dentro de las distintas baterías que están bien cuales son mejores.

Opción 1: Good Battery



*Ilustración 71: Resultado de medida 1 BA301.*

Esta opción muestra que la batería se ha podido medir satisfactoriamente, y que el resultado de ella es bueno. Comprobando el SOH podemos ver como de bien está la batería.

Opción 2: Good, Recharge



*Ilustración 72: Resultado de medida 2 BA301.*

Opción que muestra que la batería está correctamente, pero que está poco cargada. Esta medida puede solucionar posibles fallos futuros, ya que mantener un nivel de carga inferior al recomendado es dañino.

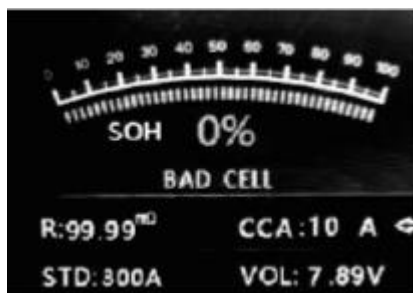
Opción 3: Replace



*Ilustración 73: Resultado de medida 3 BA301.*

En este caso la batería se ha medido correctamente, comprobándose que se ha llegado al final de su vida útil. Mantener una batería en este estado puede desencadenar en mayores problemas, por lo que conviene quitarla.

Opción 4: Bad Cell, Replace



*Ilustración 74: Resultado de medida 4 BA301.*

Con esta situación encontramos un daño interior de la batería, ya sea una celda mala o un cortocircuito. Este caso indica que lo mejor es deshacerse de ella, ya que mantener una batería correcta con una defectuosa puede provocar el rápido deterioramiento de la buena.

Opción 5: Charge, Reset



*Ilustración 75: Resultado de medida 5 BA301.*

En esta última situación las pinzas se han conectado de manera correcta, sin embargo, la batería no tiene suficiente carga como para poder realizar una medida óptima y correcta. Conviene recarga la batería antes y tomar nuevamente una medida.

Dada la dimensión del proyecto y del poblado, no se midieron todas las baterías existentes con el Ancel B301 Battery Tester. En su lugar, utilizamos distintas aplicaciones propias de las baterías instaladas, permitiendo ahorrar tiempo y utilizar nuevas formas de comparación.

Los instrumentos adicionales de medida son:

- VE. Direct Smart

Esa herramienta de Victron permite conectarse a cualquier instalación de esta marca de manera remota a través de conexión bluetooth. Para usarla es necesario descargarse la aplicación de Victron Connect, la cual despliega un panel con todos los sistemas de la instalación, permitiendo comprobar el funcionamiento de cada uno de ellos.

En nuestro caso se utilizó esta herramienta solamente para comprobar el estado de las baterías, obviando la información sobre el historial y los ajustes de la batería.



Ilustración 76: Menú 1 VE.Direct.



Ilustración 77: Menú 2 VE.Direct.

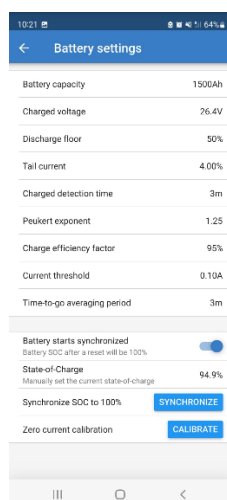


Ilustración 78: Menú 3 VE.Direct.

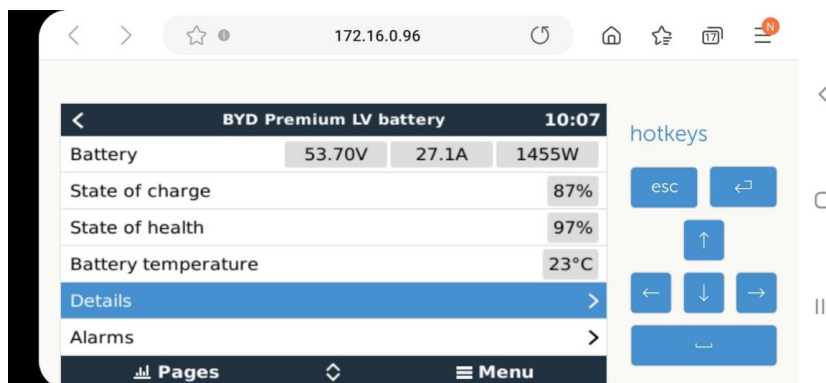
Con esta herramienta se midió las baterías del centro tecnológico, las oficinas y el comedor del High School.



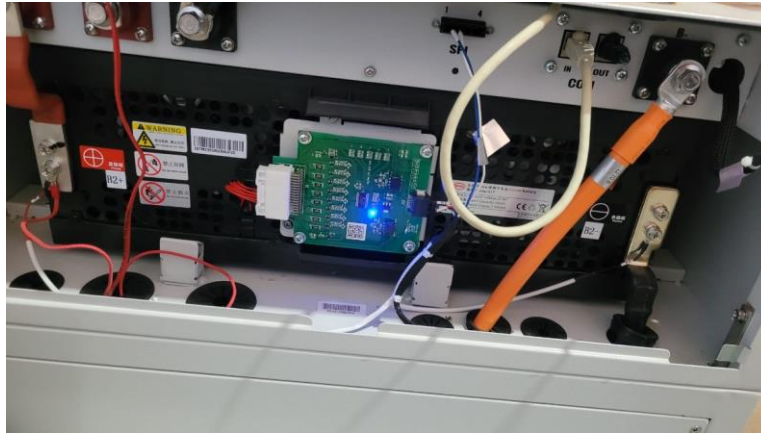
*Ilustración 79: Baterías High School.*

- Victron VRM portal

A través de esta plataforma podemos acceder a la función de “consola remota” de la propia instalación. También se puede comprobar el funcionamiento de la instalación, así como los registros guardados en la tarjeta SD de la instalación, siendo una función muy interesante para mantenimiento remoto. En este portal intuitivo se puede contrastar todos los datos de la batería. Con esto se midió la batería la batería del clínico (marca BYD).



*Ilustración 80: Menú VRM Portal.*



*Ilustración 81: Batería clínico.*

Una vez analizados todas las herramientas posibles, se procede a presentar una tabla para indicar las baterías presentes con sus características y otra para los resultados tomados sobre el estado actual de las baterías:

## Baterías presentes

| INSTALACIÓN        | BATERÍA                                                    | TENSION DE TRABAJO | TENSIÓN DE BATERÍA | TIPO            | CAPACIDAD C20 (Ah) | Wh de trabajo | MODELO                    |
|--------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|---------------|---------------------------|
| CLUSTERS           | Cluster 1                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 2                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 3                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 4                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 5                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 6                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 7                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 8                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 9                                                  | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 10                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 11                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 12                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 13                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 14                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 15                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 16                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 17                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 18                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 19                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 20                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 21                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 22                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 23                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 24                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 25                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | Cluster 26                                                 | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
| LAWSON HIGH SCHOOL | Laboratorios-1                                             | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Laboratorios-2                                             | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 1-1                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 1-2                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 2-1                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 2-2                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 3-1                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 3-2                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 4-1                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | Form 4-2                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | DAYLIFF NP200-12L         |
|                    | IT, administration and dinning hall (banco de 16 baterías) | 24                 | 6                  | AGM             | 375                | 36000         | SAGM 06 375 TROJIAN       |
| CLINIC             | Batería BYD                                                | 48                 | 48                 | LITIO           | 375                | 18000         | BYD Battery-Box LVL 15.4  |
| MONJAS             | BATERÍA 1                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 375                | 4500          | SAGM 06 375 TROJIAN       |
|                    | BATERÍA 2                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 375                | 4500          | SAGM 06 375 TROJIAN       |
|                    | BATERÍA 3                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 375                | 4500          | SAGM 06 375 TROJIAN       |
|                    | BATERÍA 4                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 375                | 4500          | SAGM 06 375 TROJIAN       |
|                    | BATERÍA 5                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 375                | 4500          | SAGM 06 375 TROJIAN       |
|                    | BATERÍA 6                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 375                | 4500          | SAGM 06 375 TROJIAN       |
| POLICIA            | BATERÍA 1                                                  | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | BATERÍA 2                                                  | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | BATERÍA 3                                                  | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | BATERÍA 4                                                  | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
| GUEST HOUSE        | BATERÍA 1                                                  | 6                  | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 2220          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | BATERÍA 2                                                  | 6                  | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 2220          | L16RE-B TROJIAN           |
| STAFF HOUSES       | CASA 1-2                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 2-3                                                   | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 4                                                     | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 5                                                     | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 6                                                     | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 7                                                     | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 8                                                     | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 9                                                     | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 10                                                    | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 11                                                    | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 12                                                    | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 13                                                    | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 14                                                    | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 15                                                    | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
|                    | CASA 16                                                    | 12                 | 12                 | GEL             | 200                | 2400          | SONNENSCHNEIN PC12/180 FP |
| DIRECTOR           | BATERÍA 1                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 200                | 2400          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 2                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 200                | 2400          | ROLLS AGM-VRLA            |
| CURA               | BATERÍA 1                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 200                | 2400          | CHLORIDE SOLAR CEIL NXT   |
|                    | BATERÍA 2                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 200                | 2400          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 3                                                  | 12                 | 12                 | AGM             | 200                | 2400          | ROLLS AGM-VRLA            |
| IGLESIA            | BATERÍA 1                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 2                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |
| PRIMARY            | LIBRERÍA 1                                                 | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | LIBRERÍA 2                                                 | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | LIBRERÍA 3                                                 | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | LIBRERÍA 4                                                 | 24                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 8880          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | CLASS 8-1                                                  | 12                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 4440          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | CLASS 8-2                                                  | 12                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 4440          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | CLASS 8-3                                                  | 12                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 4440          | L16RE-B TROJIAN           |
|                    | CLASS 8-4                                                  | 12                 | 6                  | REGULAR FLOODED | 370                | 4440          | L16RE-B TROJIAN           |
| KIER HOUSE         | BATERÍA 1                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 2                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 3                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 4                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 5                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |
|                    | BATERÍA 6                                                  | 24                 | 12                 | AGM             | 200                | 4800          | ROLLS AGM-VRLA            |

Tabla 17: Baterías presentes.

Estado actual

| INSTALACIÓN        | BATERÍA                                                          | SOH (%) | R (mΩ) | IEC (A) | V       | STATE | INTRUMENTO DE MEDIDA |                           |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|---------|-------|----------------------|---------------------------|
| CLUSTERS           | Cluster 1                                                        | 100     | 100    | 9.13    | 207.00  | 12.87 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 2                                                        | 100     | 100    | 8.57    | 221.00  | 13.07 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 3                                                        | 100     | 100    | 9.00    | 211.00  | 12.81 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 4                                                        | 100     | 100    | 10.63   | 178.00  | 12.76 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 5                                                        | 100     | 100    | 8.78    | 215.00  | 13.01 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 6                                                        | 100     | 100    | 16.09   | 117.00  | 12.85 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 7                                                        | 100     | 100    | 11.96   | 158.00  | 13.21 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 8                                                        | 100     | 100    | 9.82    | 193.00  | 12.15 | GOOD, RECHARGE       | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 9                                                        | 100     | 100    | 8.19    | 232.00  | 13.06 |                      | GOOD                      |
|                    | Cluster 10                                                       | 12      | 100    | 165.28  | 12.00   | 12.67 | REPLACE              | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 11                                                       | 100     | 100    | 6.70    | 284.00  | 12.8  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 12                                                       | 100     | 100    | 12.20   | 155.00  | 12.96 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 13                                                       | 100     | 100    | 6.33    | 298.00  | 13.01 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 14                                                       | 100     | 100    | 4.66    | 406.00  | 13.24 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 15                                                       | 100     | 100    | 10.38   | 183.00  | 13.23 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 16                                                       | 70      | 100    | 26.73   | 70.00   | 12.76 | REPLACE              | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 17                                                       | 100     | 100    | 12.53   | 151.00  | 12.9  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 18                                                       | 100     | 100    | 4.17    | 453.00  | 12.41 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 19                                                       | 100     | 100    | 4.73    | 399.00  | 12.7  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 20                                                       | 100     | 100    | 11.22   | 169.00  | 12.78 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 21                                                       | 100     | 100    | 4.79    | 394.00  | 13.15 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 22                                                       | 100     | 100    | 6.86    | 275.00  | 12.67 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 23                                                       | 100     | 100    | 8.26    | 229.00  | 12.8  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 24                                                       | 100     | 100    | 12.20   | 155.00  | 12.42 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 25                                                       | 100     | 100    | 10.57   | 179.00  | 12.64 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Cluster 26                                                       | 100     | 100    | 12.20   | 156.00  | 12.89 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
| LAWSON HIGH SCHOOL | Laboratorios-1                                                   | 100     | 100    | 1.87    | 1007.00 | 13.07 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Laboratorios-2                                                   | 100     | 100    | 1.80    | 1048.00 | 13.03 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 1-1                                                         | 100     | 100    | 1.88    | 1004.00 | 13.5  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 1-2                                                         | 100     | 100    | 1.71    | 1105.00 | 13.49 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 2-1                                                         | 100     | 100    | 1.82    | 1051.00 | 13.2  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 2-2                                                         | 100     | 100    | 1.84    | 1100.00 | 13.08 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 3-1                                                         | 100     | 100    | 1.78    | 1068.00 | 13.26 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 3-2                                                         | 100     | 100    | 1.83    | 1058.00 | 13.3  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 4-1                                                         | 100     | 100    | 1.80    | 1030.00 | 13.01 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | Form 4-2                                                         | 100     | 100    | 1.86    | 1010.00 | 13.47 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | IT, administration and<br>dinning hall (banco de 16<br>baterías) | 95      |        |         | 47.05   | 26.54 | GOOD                 | VE. Direct Smart          |
| CLINIC             | Batería BYD                                                      | 97      |        |         | 27.10   | 53.7  | GOOD                 | Victron VRM portal        |
| MONJAS             | BATERÍA 1                                                        | 100     |        | 8.08    | 195.00  | 12.74 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 2                                                        | 100     |        | 3.37    | 465.00  | 13.23 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 3                                                        | 100     |        | 5.69    | 275.00  | 13.16 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 4                                                        | 100     |        | 2.00    | 781.00  | 13.22 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 5                                                        | 100     |        | 0.53    | 1743.00 | 13.18 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 6                                                        | 100     |        | 4.19    | 373.00  | 13.7  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
| POLICIA            | BATERÍA 1                                                        | 74      |        | 25.60   | 74.00   | 6.21  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 2                                                        | 66      |        | 28.86   | 66.00   | 6.29  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 3                                                        | 100     |        | 11.08   | 171.00  | 6.29  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 4                                                        | 54      |        | 34.96   | 54.00   | 6.35  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
| GUEST HOUSE        | BATERÍA 1                                                        | 100     |        | 4.02    | 470.00  | 6.2   | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 2                                                        | 100     |        | 2.89    | 654.00  | 6.38  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
| STAFF HOUSES       | CASA 1-2                                                         | 100     |        | 17.82   | 107.00  | 13.63 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 2-3                                                         | 100     |        | 16.99   | 112.00  | 13.38 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 4                                                           | 100     |        | 5.07    | 373.00  | 12.74 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 5                                                           | 100     |        | 4.68    | 403.00  | 13.04 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 6                                                           | 100     |        | 4.95    | 382.00  | 12.74 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 7                                                           | 100     |        | 6.08    | 311.00  | 12.79 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 8                                                           | 100     |        | 12.12   | 156.00  | 13.17 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 9                                                           | 100     |        | 14.43   | 131.00  | 13.04 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 10                                                          | 100     |        | 17.48   | 109.00  | 13.16 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 11                                                          | 100     |        | 17.65   | 107.00  | 13.02 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 12                                                          | 100     |        | 6.58    | 287.00  | 12.8  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 13                                                          | 100     |        | 15.40   | 123.00  | 12.81 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 14                                                          | 100     |        | 4.79    | 394.00  | 13.08 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 15                                                          | 93      |        | 20.42   | 93.00   | 13.2  | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CASA 16                                                          | 43      |        | 44.34   | 43.00   | 13.21 | REPLACE              | Ancel B301 Battery Tester |
| DIRECTOR           | BATERÍA 1                                                        | 100     |        | 3.39    | 463.00  | 13.27 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 2                                                        | 100     |        | 3.17    | 493.00  | 13.21 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
| CURA               | BATERÍA 1                                                        | 100     |        | 9.13    | 171.00  | 14.36 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 2                                                        | 100     |        | 8.82    | 177.00  | 12.42 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 3                                                        | 100     |        | 3.45    | 454.00  | 12.41 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
| IGLESIA            | BATERÍA 1                                                        | 100     |        | 4.84    | 323.00  | 13.33 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 2                                                        | 100     |        | 3.53    | 444.00  | 13.25 | GOOD                 | Ancel B301 Battery Tester |
| PRIMARY            | LIBRERÍA 1                                                       | 100     |        | 9.27    | 204.00  | 6.18  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | LIBRERÍA 2                                                       | 100     |        | 5.13    | 368.00  | 6.03  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | LIBRERÍA 3                                                       | 100     |        | 6.49    | 291.00  | 6.01  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | LIBRERÍA 4                                                       | -       | -      | -       | -       | -     | -                    | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CLASS 8-1                                                        | 100     |        | 2.43    | 776.00  | 6.47  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CLASS 8-2                                                        | 100     |        | 5.71    | 331.00  | 6.3   | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
| KIER HOUSE         | CLASS 8-3                                                        | 100     |        | 2.96    | 638.00  | 6.4   | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | CLASS 8-4                                                        | 100     |        | 5.25    | 361.00  | 6.22  | BAD CELL             | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 1                                                        | 100     |        | 5.60    | 278.00  | 12.34 | GOOD, RECHARGE       | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 2                                                        | 100     |        | 5.77    | 272.00  | 12.35 | GOOD, RECHARGE       | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 3                                                        | 100     |        | 5.56    | 283.00  | 12.35 | GOOD, RECHARGE       | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 4                                                        | 100     |        | 5.59    | 281.00  | 12.35 | GOOD, RECHARGE       | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 5                                                        | 100     |        | 5.68    | 276.00  | 12.33 | GOOD, RECHARGE       | Ancel B301 Battery Tester |
|                    | BATERÍA 6                                                        | 100     |        | 5.64    | 277.00  | 12.41 | GOOD, RECHARGE       | Ancel B301 Battery Tester |

Tabla 18: Estado actual de las baterías.

En las tablas anteriores se presentan las múltiples instalaciones que cuentan con sistema de almacenamiento. Como se puede apreciar, existen 86 instalaciones diferentes, muchas considerando la dimensión de la aldea. Por ello, para simplificar la instalación, en este proyecto se busca unificarlas todas en una misma estación de generación con una red de distribución.

Para comprobar el número de baterías, sus características y el estado de estas, se visitaron una a una las distintas instalaciones, midiendo con los sistemas explicados previamente.

De los resultados presentados se pueden concluir varios puntos:

1. La mayor parte de las baterías presentes son de plomo. Esto notifica que las instalaciones no son muy modernas, ya que, como se ha estudiado en este informe, actualmente la tecnología más desarrollada es la de litio.
2. La mayor parte de las baterías están en buen estado, aunque podemos encontrar algunas que requieren carga. Esto puede deberse a un equipo infra dimensionado, como es el claro caso de la Kjer House. También se detectan instalaciones con las baterías averiadas, como la policía, la Guest House o la escuela primaria. En estos casos, al no estar conectado al resto de equipos de ninguna manera, tendrán constantemente problemas de suministro.
3. Existen sistemas de almacenamiento de gran capacidad que se encuentran en perfecto el caso. Estos sistemas (Solar Farm, escuela secundaria y clínico), pueden ser aprovechados para abaratar la instalación al incorporarlos a la instalación como puntos de generación para la red que se instalará.

Para aprovechar los sistemas mencionados previamente, bastará con conectarlos a red de distribución. De esta manera, inyectarán energía a la red cuando sea necesario. Además, afectarán al cálculo de capacidad calculado en el apartado de “*dimensionamiento de la batería*”, resultando en una batería de menor capacidad y ahorrando gastos.

## Capítulo 7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Como se ha mencionado a lo largo de la memoria, el proyecto busca añadir la capacidad que falta, y no darla al completo desde cero. Por ello, y basándonos en los resultados del estado de las baterías, se reutilizarán las baterías del clínico, High School y solar farm como baterías de la red. Esto se conseguirá conectándolas a la red, por lo que serán capaces de introducir energía cuando sea necesario.

Por eso mismo, para el apartado económico se debe tener en cuenta que no se pedirá una batería de la capacidad total calculada (190 KWh aproximadamente), sino que se le restará la capacidad de las baterías de los equipos mencionados. Calculada esta resta, se dimensionará la batería de la que se debe realizar estudio económico.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que no todas las baterías son de la misma tecnología, (litio o plomo) y que algunos datos están en C20 y otros en C100. Para evitar este fallo, se convirtió la capacidad de todas las baterías que estaban en C20 (las del solar farm) a C100 con el factor de conversión escrito en el apartado de estado de las baterías (1.25 para pasar de C100 a C20). Así mismo, se estudió la energía útil de cada batería para analizar la que debe ser abastecida por el nuevo sistema.

Realizando estos cálculos se obtuvo la siguiente tabla:

| Instalación | Baterías | Voltios | Capacidad en C20 (Ah) | Factor de conversión C100/C20 | Capacidad de la batería (Ah) | Energía (KWh)              | Tecnología | Energía útil (KWh) |
|-------------|----------|---------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------|--------------------|
| Solar Farm  | 48       | 2       | 1695                  | 1.25                          | 2118.75                      | 203.4                      | Plomo      | 86.45              |
| Clínico     |          |         |                       |                               |                              | 15.36                      | Litio      | 11.67              |
| High School | 16       | 6       | 375                   | 1.25                          | 468.75                       | 45                         | Plomo      | 19.13              |
|             |          |         |                       |                               |                              | Energía ya instalada (KWh) |            | 117.24             |
|             |          |         |                       |                               |                              | Energía por instalar (KWh) |            | 26.90              |
|             |          |         |                       |                               |                              | Batería necesaria (KWh)    |            | 35.39              |

Tabla 19: Cálculo de la capacidad de batería necesaria.

De la tabla extraemos que la capacidad necesaria de la batería a instalar debe ser 35.39 KWh (737 Ah). Contactando con distintos proveedores de Kenia, se consiguió presupuesto de las baterías BYD Premium LVL 15.4, las mismas instaladas en el clínico. El mejor precio ofrecido fue de la empresa CAT, ofertando una batería por 8,000 \$. Estas baterías fueron las seleccionadas tras acudir a la feria GENERA 2022, realizada en Ifema. En ella, y tras hablar con varios vendedores (Pylontech, Sungrow, BYD...), se decidió que era la de mayor encaje en este proyecto.

## BATTERY-BOX PREMIUM LVL (2021)

- Scalable from 15.4 to 983 kWh
- Compatible with 1 and 3 Phase Inverters
- Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP) Battery: Maximum Safety, Life Cycle, and Power
- Capable of High-Powered Back-up and Off-Grid Function
- Space Saving via the Ability to Stack 2 Premium Batteries
- Add Additional Batteries in Parallel to Expand the System



### BATTERY-BOX PREMIUM LVL (2021)

The BYD Battery-Box Premium LVL is a lithium iron phosphate (LFP) battery for use with an external inverter.

Thanks to its control and communication unit (BMU), the Battery-Box Premium LVL scales to meet the project requirements, no matter how large they may be. Start with Battery-Box Premium LVL15.4 (15.36 kWh) and extend later to 983 kWh using parallel interconnection of up to 64 batteries.



LVL15.4



2 x LVL15.4

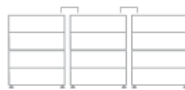


64 x LVL15.4

### FLEXIBLE, EFFICIENT, SIMPLE



**Easy Installation**  
With Easy Transportation



**15.4 - 983 kWh**  
Tailored Sizing for Each Application



**Extend Anytime**  
Easily Adapts to New Requirements



**High Power**  
Power for Every Application



TECHNICAL PARAMETERS **PREMIUM LVL (2021)**



**LVL15.4**

|                              |                                                                 |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Number of Modules            | 2                                                               |
| Usable Energy [1]            | 15.36 kWh                                                       |
| Max Cont. Output Current [2] | 250 A                                                           |
| Peak Output Current [2]      | 375 A, 5 s                                                      |
| Dimensions (H/W/D)           | 660 x 650 x 575 mm                                              |
| Weight                       | 168kg                                                           |
| Nominal Voltage              | 51.2 V                                                          |
| Operating Voltage            | 40-57.6 V                                                       |
| Operating Temperature        | -10 °C to +50°C                                                 |
| Battery Cell Technology      | Lithium Iron Phosphate (cobalt-free)                            |
| Communication                | CAN/RS485                                                       |
| Enclosure Protection Rating  | IP20                                                            |
| Round-trip Efficiency        | ≥95%                                                            |
| Scalability                  | Max. 64 in Parallel (983 kWh)                                   |
| Certification                | IEC62619 / CE / CEC / UN38.3                                    |
| Applications                 | ON Grid / ON Grid + Backup / OFF Grid                           |
| Warranty [3]                 | 10 Years                                                        |
| Compatible Inverters         | Refer to BYD Battery-Box Premium LVL Minimum Configuration List |

[1] DC Usable Energy, Test conditions: 100% DOD, 0.2C charge & discharge at + 25 °C. System usable energy may vary due to system configuration parameters.

[2] Charge derating will occur between -10 °C and +5 °C

[3] Conditions apply. Refer to BYD Battery-Box Premium Limited Warranty Letter.



BYD Company Limited  
www.bydbatterybox.com  
Global Sales: batteryboxgrp@byd.com  
Global Service: bboxeservice@byd.com

Battery-Box EU Service Partner  
EFT-Systems GmbH  
www.eft-systems.de  
info@eft-systems.de

Battery-Box AU Service Partner  
Alps Power Pty Ltd  
www.alpspower.com.au  
service@alpspower.com.au

BYD US Service  
bboxeservice@byd.com

V1.3



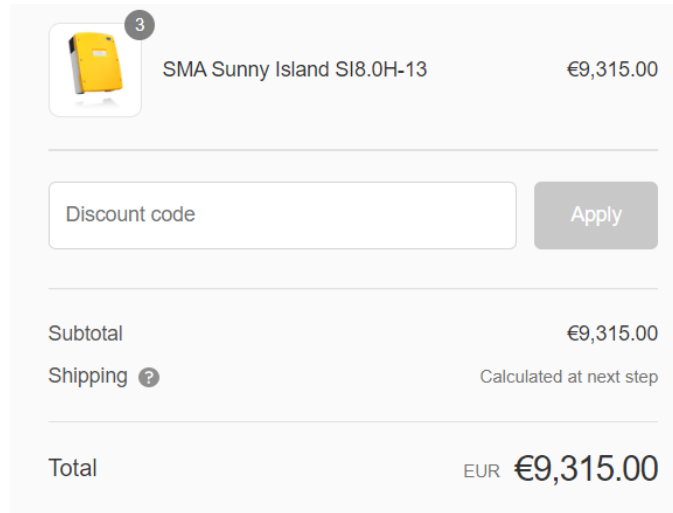
En nuestro caso se necesitarían 3 de estas para cubrir la capacidad necesaria. Además, este sobredimensionamiento (ya que no se necesitarían 3, sino solo 2.3 exactamente), evitaría posibles problemas de abastecimiento, así como ofrecer una mayor protección frente a días sin luz. Por ello, el presupuesto final quedaría como el siguiente:

### Your order

| Product                  | Subtotal           |
|--------------------------|--------------------|
| BYD Premium LVL 15.4 × 3 | \$24,000.00        |
| <b>Subtotal</b>          | <b>\$24,000.00</b> |
| <b>Total</b>             | <b>\$24,000.00</b> |

*Ilustración 82: Factura obtenida por las baterías.*

A este precio de las baterías, se le debe añadir el de los inversores, que como se ha mencionado antes será el Sunny Island 8.0H. De la misma manera que con las baterías, se consiguieron precios por 3 de ellos, obteniendo la siguiente factura de la empresa Solar Top Store:



|                                                                                   |                            |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
|  | SMA Sunny Island SI8.0H-13 | €9,315.00               |
| Discount code                                                                     |                            | Apply                   |
| Subtotal                                                                          |                            | €9,315.00               |
| Shipping ?                                                                        |                            | Calculated at next step |
| Total                                                                             |                            | EUR €9,315.00           |

Ilustración 83: Factura obtenida por los inversores.

Con ambos presupuestos e incluyendo 4,000\$ de costes de protecciones, cables e instalación, podemos cerrar el análisis económico. Teniendo en cuenta el cambio actual del euro frente al dólar (a 29 de julio de 2022), 1.02 dólares por cada euro, podemos calcular el precio del inversor en dólares, y el total de nuestra instalación.

- $Euros * Factor\ de\ cambio = Dólares$

$$9,315.00 * 1.02 = 9,501.30 \$$$

- $Coste\ total = Coste\ baterías + Coste\ inversores + Coste\ intalación, cables y protecciones$

$$9,501.30 + 24,000.00 + 4,000 = 37,501.30 \$$$

Con lo visto a lo largo de esta memoria, podemos concluir que el gasto necesario para cubrir las necesidades energéticas relacionadas al almacenamiento en la aldea es de 37,501.30 \$, incluyendo el transporte a Nyumbani Village.

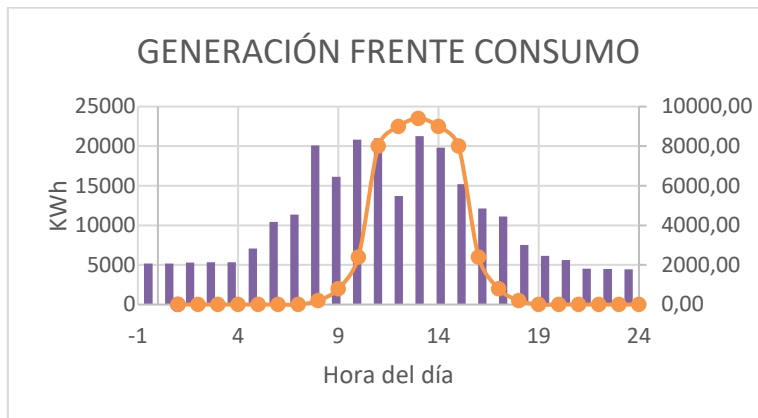
## Capítulo 8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Desde el comienzo del trabajo se nos dijo que la energía de la que disponían en la aldea no era suficiente para cubrir sus necesidades. Pese a los intentos de Energías Sin Fronteras y de distintos donantes por solucionar este problema, quedó latente que la realidad era otra. Para comprobar este hecho se comprobó el estado de todos los equipos presentes, obteniendo resultados negativos para varios de ellos, confirmando la escasez de energía en la aldea.

Para enfocar el estudio de manera correcta, se pasó a comprobar el estado de todos los sistemas de almacenamiento a lo largo de la aldea, verificando su funcionamiento y analizando una posible incorporación al sistema que se desea añadir. Este largo proceso se realizó con distintos aparatos de medida, cuyo funcionamiento tuvo que analizarse previamente.

Por otro lado, resultaba crucial un informe sobre los consumos de los distintos equipos, estableciendo un perfil de consumo de toda la aldea. Este perfil de consumo de toda la aldea era necesario para poder dimensionar las baterías, y verificar si, como se nos dijo, la capacidad instalada actualmente no era suficiente.

Tras realizar un análisis de la demanda de cada instalación, se obtuvo un perfil de consumo diario que necesitaba una capacidad mayor a la ya instalada. Con este perfil se dimensionó el sistema de almacenamiento de la aldea, obteniendo una capacidad necesaria de 189.66 KWh para una batería de litio y 339.15 KWh para una de plomo (tanto abierta como cerrada). Tras una previa comparativa de ambas tecnologías, se decantó por la utilización de baterías de litio, trabajándose solo con el valor obtenido para estas. Estos cálculos fueron evaluados en Excel para comprobar la carga de las baterías por parte de las baterías, comprobando cuanto panel era necesario para efectuar la carga completa de estas.



*Ilustración 84: Gráfica generación frente a consumo.*

A continuación, se simularon los resultados obtenidos para una batería de litio en el PVGIS, obteniéndose resultados sobre el estado de la batería, paneles necesarios para cargarlos y días de desabastecimiento. Los resultados de estas simulaciones fueron satisfactorios, como muestra el punto 6.3.1 de esta memoria.

Para terminar con el dimensionamiento, se seleccionó el inversor Sunny Island 8.0 H, capaz de aguantar una potencia de 8,000 W durante 30 minutos. Con este inversor, la energía recibida en corriente alterna de la red sería transformada en corriente continua para la carga de las baterías.

Para concluir se condujo un análisis económico, donde se presupuestó tanto los inversores (uno para cada fase) como la batería. A la hora de seleccionar la batería, se tuvo en cuenta el estudio del estado de las baterías realizado en el punto 6.6, por el que se redujeron costes de estas al incluir las baterías de la escuela secundaria, la clínica y el huerto solar. Esto no afectó a los inversores, ya que serán necesarios para cargar estas baterías y están sobredimensionados para un posible crecimiento de la aldea. Los costes totales de a instalación a efectuar ascienden a los 37,501.30 \$, estando comprendidos los gastos de transporte e instalación.

## **Capítulo 9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

La idea de Nyumbani Village es poder ayudar al mayor número posible de niños. Sin embargo, la escasez de energía que sufren imposibilita un crecimiento que podría salvar la vida de miles de niños. Con ese incremento en la capacidad se podría dar medicamentos y reducir el impacto del sida en la sociedad keniana, donde hoy en día es muy alto.

A lo largo del trabajo se encontraron numerosos impedimentos, como la ausencia de datos reales y fiables para basar el trabajo, o la dificultad de acceder a dispositivos presentes en la aldea debido a que se instalaron hace tiempo y no han mantenido un registro de ello. Con todos estos impedimentos se sobrepasaron estos problemas para poder llegar al resultado expuesto en el punto anterior.

Este trabajo no sería posible sin el trabajo de mis compañeros Clara De Soto y Joaquín Benjumeda, que llevarían a cabo la ampliación de energía producida y la interconexión de todos los equipos existentes en la aldea a través de una red de distribución respectivamente.

Como trabajo futuro queda pendiente la implementación de los tres proyectos expuestos previamente. Para ello será necesario obtener el capital necesario para cada uno de ellos, siendo esta la clave del proyecto.

Al realizar este trabajo resultó crucial el trabajo de campo realizado durante el mes de julio en Kenia, permitiendo la correcta toma de datos, inexistente hasta este momento. Además, este hecho resultó en una motivación extra a la hora de trabajar, obteniéndose un trabajo más completo. De cara a los trabajos futuros, quedan preparadas las herramientas hechas en Excel, pudiendo cambiar, dimensionar y analizar cualquier consumo e instalación que se quiera.

## Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Bajo el sol de Nyumbani* – Un proyecto de Energías Sin Fronteras y Amigos de Nyumbani. Youtube. [Consulta: 02/02/2022]
- [2] Ó. Perpiñán, A. Colmenar, M. Castro. *Diseño de sistemas fotovoltaicos*. (04/2012) [Consulta: 02/03/2022]
- [3] El Diario. *Las plantas geotérmicas de Kenia, que lidera la producción de energías renovables en África*. (2019).  
[https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/kenia-produccion-energias-renovables-africa\\_1\\_1571995.html](https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/kenia-produccion-energias-renovables-africa_1_1571995.html) [Consulta: 21/04/2022]
- [4] Enel Green Power. *Kenia*. (2022).  
<https://www.enelgreenpower.com/es/paises/africa/kenia> [Consulta: 22/04/2022]
- [5] Victron Energy B.V. *Autoconsumo y almacenamiento de energía*. (2021). [Consulta: 10/04/2022]
- [6] El Periódico. *Connecting Africa: Energía solar, la consolidación de la fuente alternativa*. (2012).  
<https://www.elperiodico.com/es/especiales/connecting-africa-desarrollo/energia-solar.html> [Consulta: 20/04/2022]
- [7] Slow Fashion Next. *¿Cuáles son los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible?* (31 Julio 2020).  
<https://www.slowfashionnext.com/blog/cuales-son-los-17-objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [Consulta: 21/04/2022]
- [8] Amigos de Nyumbani. *Presentación*. (2015a, 2 diciembre).  
<https://www.amigosdenyumbani.es/presentacion/>
- [9] Amigos de Nyumbani. *Nyumbani Village, Comunidad sostenible*. (2015b, 16 diciembre).  
<https://www.amigosdenyumbani.es/nyumbani-village-comunidad-sostenible/>
- [10] Agencia Europea de Medioambiente. *La energía y el cambio climático*. (2021, 11 mayo).  
<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2017-configuracion-del-futuro/articulos/la-energia-y-el-cambio-climatico>

- [11] Embassy of the Republic of Kenya in Spain. (s. f.). *Sobre Kenia*.  
[http://www.kenyaembassypain.es/sobre\\_kenia/](http://www.kenyaembassypain.es/sobre_kenia/)
- [12] SMA. *Design of Off-Grid Systems with Sunny Island 3.0M / 4.4M / 6.0H / 8.0H Devices*.  
Version 2.2.  
<https://files.sma.de/downloads/Off-Grid-IS-en-33W.pdf>
- [13] Rolls Royce. *Optimizing microgrid systems: integrating renewable energy sources and battery storage*. (2022)  
[https://www.mtu-solutions.com/content/dam/mtu/download/technical-articles/21162\\_Microgrid\\_201\\_TA.pdf/jcr\\_content/renditions/original/21162\\_Microgrid\\_201\\_TA.pdf](https://www.mtu-solutions.com/content/dam/mtu/download/technical-articles/21162_Microgrid_201_TA.pdf/jcr_content/renditions/original/21162_Microgrid_201_TA.pdf)
- [14] Rolls Royce. *An introduction to microgrids; combining multiple power sources for maximum efficiency and uptime*. (2022)  
[https://www.mtu-solutions.com/content/dam/mtu/download/technical-articles/21162\\_Microgrids\\_TA.pdf/jcr\\_content/renditions/original/21162\\_Microgrids\\_TA.pdf](https://www.mtu-solutions.com/content/dam/mtu/download/technical-articles/21162_Microgrids_TA.pdf/jcr_content/renditions/original/21162_Microgrids_TA.pdf)
- [15] Victron Energy. *Generación aislada sistemas auxiliares y aislados*. (2021)  
[https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Brochure-Off-Grid-backup-and-island-systems\\_ES\\_web.pdf](https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Brochure-Off-Grid-backup-and-island-systems_ES_web.pdf)
- [16] BMZ Energy Storage Systems. *Maximum Performance for your independence. Lithium-Ion Technology*.
- [17] BMZ Energy Storage Systems. *Data Sheet – ESS 7.0/9.0/X*.  
[https://d3g1qce46u5dao.cloudfront.net/data\\_sheet/170622\\_bmz\\_ess\\_70\\_datasheet\\_en\\_v032017.pdf](https://d3g1qce46u5dao.cloudfront.net/data_sheet/170622_bmz_ess_70_datasheet_en_v032017.pdf)
- [18] SMA. *System Solution for Reliable Off-Grid Power Supply*.  
<https://files.sma.de/downloads/SISYSGUIDE-KEN140421.pdf>
- [19] Victron Energy. *Curso 7 – Batería de plomo-ácido vs batería Litio*. (2019).
- [20] Victron Energy. *Curso 4 – Batería de plomo-ácido*. (2019).
- [21] Victron Energy. *Autoconsumo y almacenamiento de energía*. (2021).
- [22] Onusida. *Hoja informativa – Últimas estadísticas sobre el estado de la epidemia de sida*. (2022).  
<https://www.unaids.org/es/resources/fact-sheet>
- [23] Expansión. *Kenia: economía y demografía*. (08/2022).  
<https://datosmacro.expansion.com/paises/kenia>

- [24] Autosolar. *Etapas de carga de una batería*. (30/09/2021).  
<https://autosolar.es/baterias-placas-solares/etapas-de-carga-de-una-bateria>  
[Consulta: 27/07/2022]
- [25] Victron Energy. *MultiPlus - II GX*. (2022).  
<https://www.victronenergy.com/es/inverters-chargers/multiplus-ii-gx> [Consulta: 23/07/2022]
- [26] Victron Energy. *Quattro - II*. (2022).  
<https://www.victronenergy.com/es/inverters-chargers/quattro-ii>
- [27] SMA. *Sunny Island 4.4M / 6.0H / 8.0 H*. (2022).  
<https://www.sma.de/es/productos/inversor-con-bateria/sunny-island-44m-60h-80h.html>
- [28] CEGASA. *E Bick 280 Pro*. (2022).  
[https://www.cegasa.com/datos/documentosDescargas/archivo\\_78\\_1/ebick\\_280\\_pro\\_es\\_web.pdf](https://www.cegasa.com/datos/documentosDescargas/archivo_78_1/ebick_280_pro_es_web.pdf)
- [29] CEGASA. *E Ultra 175*. (2022).  
[https://www.cegasa.com/datos/documentosDescargas/archivo\\_79\\_1/ebick\\_ultra\\_175\\_esp\\_web.pdf](https://www.cegasa.com/datos/documentosDescargas/archivo_79_1/ebick_ultra_175_esp_web.pdf)
- [30] CUBENERGY. *PowerCombo-C10 BESS*. (2022).
- [31] CUBENERGY. *PowerCombo-C20 BESS*. (2022).
- [32] CUBENERGY. *PowerCombo-C40 BESS*. (2022).
- [33] General Electric. *Energy Storage Brochure*. (02/2018).  
[www.GEPower.com/EnergyStorage](http://www.GEPower.com/EnergyStorage)
- [34] General Electric. *Reservoir Inverter Unit*. (2018).  
[www.ge.com/energystorage](http://www.ge.com/energystorage)
- [35] General Electric. *Energy Storage Unit RSU-4000*. (2018).  
[www.ge.com/energystorage](http://www.ge.com/energystorage)
- [36] XLsemanal. *La mitad de África vive sin electricidad: el reto de vivir sin luz*. (2022).  
<https://www.xlsemanal.com/conocer/sociedad/20191012/vivir-sin-luz-electricidad-efecto-problemas-africa.html>

## ANEXO I

### A) FICHA TÉCNICA BYD BATTERY-BOX

#### BATTERY-BOX PREMIUM LVL (2021)

- Scalable from 15.4 to 983 kWh
- Compatible with 1 and 3 Phase Inverters
- Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP) Battery: Maximum Safety, Life Cycle, and Power
- Capable of High-Powered Back-up and Off-Grid Function
- Space Saving via the Ability to Stack 2 Premium Batteries
- Add Additional Batteries in Parallel to Expand the System



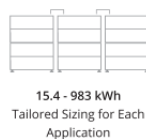
#### BATTERY-BOX PREMIUM LVL (2021)

The BYD Battery-Box Premium LVL is a lithium iron phosphate (LFP) battery for use with an external inverter.

Thanks to its control and communication unit (BMU), the Battery-Box Premium LVL scales to meet the project requirements, no matter how large they may be. Start with Battery-Box Premium LVL15.4 (15.36 kWh) and extend later to 983 kWh using parallel interconnection of up to 64 batteries.



#### FLEXIBLE, EFFICIENT, SIMPLE



TECHNICAL PARAMETERS **PREMIUM LVL (2021)**



LVL15.4

|                              |                                                                 |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Number of Modules            | 2                                                               |
| Usable Energy [1]            | 15.36 kWh                                                       |
| Max Cont. Output Current [2] | 250 A                                                           |
| Peak Output Current [2]      | 375 A, 5 s                                                      |
| Dimensions (H/W/D)           | 660 x650x 575 mm                                                |
| Weight                       | 168kg                                                           |
| Nominal Voltage              | 51.2 V                                                          |
| Operating Voltage            | 40-57.6 V                                                       |
| Operating Temperature        | -10 °C to +50°C                                                 |
| Battery Cell Technology      | Lithium Iron Phosphate (cobalt-free)                            |
| Communication                | CAN/RS485                                                       |
| Enclosure Protection Rating  | IP20                                                            |
| Round-trip Efficiency        | ≥95%                                                            |
| Scalability                  | Max. 64 in Parallel (983 kWh)                                   |
| Certification                | IEC62619 / CE / CEC / UN38.3                                    |
| Applications                 | ON Grid / ON Grid + Backup / OFF Grid                           |
| Warranty [3]                 | 10 Years                                                        |
| Compatible Inverters         | Refer to BYD Battery-Box Premium LVL Minimum Configuration List |

[1] DC Usable Energy, Test conditions: 100% DOD, 0.2C charge & discharge at + 25 °C. System usable energy may vary due to system configuration parameters.  
[2] Charge derating will occur between -10 °C and +5 °C  
[3] Conditions apply. Refer to BYD Battery-Box Premium Limited Warranty Letter.



BYD Company Limited  
www.bydbatterybox.com  
Global Sales: batteryboxgrp@byd.com  
Global Service: bboxeservice@byd.com

Battery-Box EU Service Partner  
EFT-Systems GmbH  
www.eft-systems.de  
info@eft-systems.de

Battery-Box AU Service Partner  
Alps Power Pty Ltd  
www.alpspower.com.au  
service@alpspower.com.au

BYD US Service  
bboxeservice@byd.com

V1.3



BATTERY  
BOX

## B) FICHA TÉCNICA MULTIPUS-II GX



### Un MultiPlus-II con función LCD y GX

El MultiPlus-II GX integra un inversor/cargador MultiPlus-II y un dispositivo GX con una pantalla de 2 x 16 caracteres.

### Pantalla y Wi-Fi

La pantalla muestra parámetros de la batería, el inversor y el controlador de carga solar. Se puede acceder a estos parámetros con un *smartphone* u otro dispositivo con Wi-Fi.

### Dispositivo GX

El dispositivo GX integrado incluye:

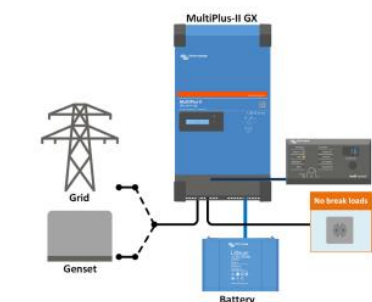
- Una interfaz BMS-Can. Esta interfaz puede usarse para conectarse a una batería gestionada por un CAN-bus compatible. Tenga en cuenta que este no es un puerto compatible con VE.Can.
- Un puerto USB.
- Un puerto Ethernet.
- Un puerto VEDirect.

### Aplicaciones

El MultiPlus-II GX está pensado para aplicaciones en las que es necesario conectarse a otros productos o tener control remoto, como sistemas de almacenamiento de energía, tanto conectados como desconectados de la red eléctrica, y ciertas aplicaciones móviles.

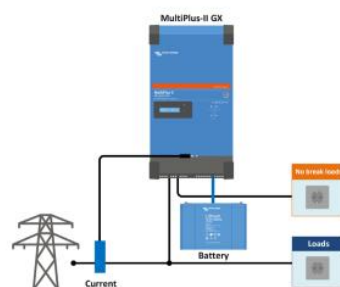
### Funcionamiento paralelo y trifásico

Solo se necesita una unidad GX para el funcionamiento paralelo y trifásico.



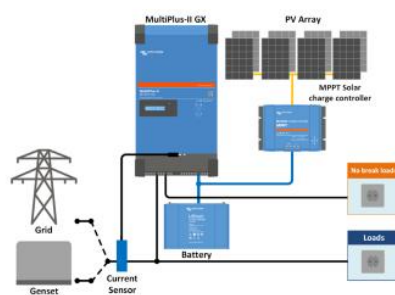
### Aplicación marina, móvil o desconectada de la red eléctrica estándar

Las cargas que deberían apagarse cuando la alimentación de la entrada de CA no esté disponible pueden conectarse a una segunda salida (no se muestra en la imagen). La función PowerControl y Power Assist tendrá en cuenta estas cargas para limitar la entrada de corriente CA hasta un valor seguro o cuando haya corriente CA.



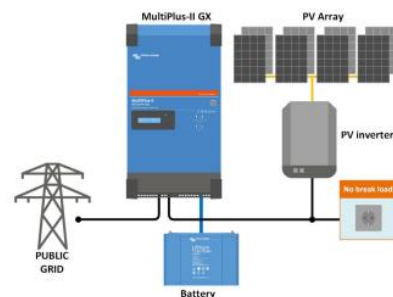
### Aplicación móvil estándar o desconectada de la red eléctrica con sensor de corriente externa

Máximo rango del sensor de corriente: 50 A y 100 A resp.



### Topología paralela a la red con controlador de carga solar MPPT

El MultiPlus-II utilizará los datos del sensor de corriente alterna externo (que debe pedirse por separado) o del medidor de energía para optimizar el autoconsumo y, si es necesario, evitar la devolución a la red del excedente de energía solar. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II seguirá alimentando las cargas críticas.



### Topología en línea con la red con Inversor FV

La energía FV se convierte directamente en CA. El MultiPlus-II utilizará el exceso de energía fotovoltaica para cargar las baterías o para devolver energía a la red, y descargará la batería o utilizará energía de la red para complementar la falta de energía fotovoltaica. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II se desconectará de la red y seguirá alimentando las cargas.



#### Portal VRM

Nuestra web gratuita de seguimiento remoto (VRM) puede mostrar todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.



#### App VRM para Wi-Fi

Controle y gestione su sistema Victron Energy desde su smartphone o tableta. Disponible tanto para iOS como para Android.



#### GX GSM

Un modem celular que proporciona Internet móvil al sistema y conexión a Victron Remote Management (VRM). Opcional: antena GSM exterior y antena GPS. Para más información introduzca GX GSM en el cuadro de búsqueda de nuestro sitio web.



Área de conexión



#### Sensor de corriente de 100 A/50 mA

Para implementar PowerControl y PowerAssist y para optimizar el autoconsumo gracias a la detección de la corriente externa. Corriente máxima: 50 A y 100 A resp. Longitud del cable de conexión: 1 m



#### Panel Digital Multi Control

Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.

| MultiPlus-II GX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 24/3000/70-32                                                                                   | 48/3000/35-32 | 48/5000/70-50      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|
| PowerControl y PowerAssist                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sí                                                                                              |               |                    |
| Conmutador de transferencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 32 A                                                                                            |               | 50 A               |
| Corriente máxima de entrada CA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 32 A                                                                                            |               | 50 A               |
| Salida auxiliar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sí (32 A)                                                                                       |               |                    |
| INVERSOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                 |               |                    |
| Rango de tensión de entrada CC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 19 – 33 V                                                                                       | 38 – 66 V     |                    |
| Salida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Tensión de salida: 230 VCA ± 2 %<br>Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)                               |               |                    |
| Potencia cont. de salida a 25 °C (3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3000 VA                                                                                         | 5000 VA       |                    |
| Potencia cont. de salida a 25 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2400 W                                                                                          | 4000 W        |                    |
| Potencia cont. de salida a 40 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2200 W                                                                                          | 3700 W        |                    |
| Potencia cont. de salida a 65 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1700 W                                                                                          | 3000 W        |                    |
| Balance neto máximo aparente (corriente retornada a la red)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3000 VA                                                                                         | 5000 VA       |                    |
| Pico de potencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 5500 W                                                                                          | 9000 W        |                    |
| Eficacia máxima                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 94 %                                                                                            | 95 %          | 96 %               |
| Consumo en vacío                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 13 W                                                                                            | 11 W          | 18 W               |
| Consumo en vacío en modo AES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 9 W                                                                                             | 7 W           | 12 W               |
| Consumo en vacío en modo búsqueda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3 W                                                                                             | 2 W           | 2 W                |
| CARGADOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                 |               |                    |
| Entrada de CA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA<br>Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz                   |               |                    |
| Tensión de carga de "absorción"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 28,8 V                                                                                          | 57,6 V        |                    |
| Tensión de carga de "flotación"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 27,6 V                                                                                          | 55,2 V        |                    |
| Modo de almacenamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 26,4 V                                                                                          | 52,8 V        |                    |
| Máx. corriente de carga de la batería (4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 70 A                                                                                            | 35 A          | 70 A               |
| Sensor de temperatura de la batería                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sí                                                                                              |               |                    |
| GENERAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                 |               |                    |
| Interfaces                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | BMS-Can, USB, Ethernet, VE.Direct, Wi-Fi                                                        |               |                    |
| Sensor de CA externa (opcional)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 50 A                                                                                            |               | 100 A              |
| Relé programable (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Sí                                                                                              |               |                    |
| Protección (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | a – g                                                                                           |               |                    |
| Puerto de comunicación VE.Bus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Para funcionamiento paralelo y trifásico, control remoto e integración del sistema              |               |                    |
| Puerto de comunicaciones de uso general                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sí, 2 puertos                                                                                   |               |                    |
| On/Off remoto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sí                                                                                              |               |                    |
| Temperatura de trabajo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | -40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)                                                       |               |                    |
| Humedad (sin condensación)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | máx. 95 %                                                                                       |               |                    |
| CARCASA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                 |               |                    |
| Material y color                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | acero, azul RAL 5012                                                                            |               |                    |
| Grado de protección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | IP22                                                                                            |               |                    |
| Conexión de la batería                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Pernos M8                                                                                       |               |                    |
| Conexión 230 VCA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bornes de tornillo de 13 mm <sup>2</sup> (6 AWG)                                                |               |                    |
| Peso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 19 kg                                                                                           |               | 30 kg              |
| Dimensiones (a) x b x p)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 506 x 275 x 147 mm                                                                              |               | 565 x 323 x 148 mm |
| NORMAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                 |               |                    |
| Seguridad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29,<br>EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2,<br>EN 55014-1, EN 55014-2 |               |                    |
| Emisiones, Inmunidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3<br>IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3               |               |                    |
| Sistema de alimentación ininterrumpida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | IEC 62040-1                                                                                     |               |                    |
| Antisila                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Puede consultar los certificados en nuestro sitio web                                           |               |                    |
| 1) Puede ajustarse a 60 Hz<br>2) Claves de protección:<br>a) cortocircuito de salida<br>b) sobrecarga<br>c) tensión de la batería demasiado alta<br>d) tensión de la batería demasiado baja<br>h) temperatura demasiado alta<br>f) 230 VCA en la salida del inversor<br>g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta<br>3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1<br>4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente<br>5) Relé programable que puede configurarse para las funciones de alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador. Capacidad nominal CA: 230 V/4 A, Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 60 VCC |                                                                                                 |               |                    |

## C) FICHA TÉCNICA QUATTRO-II



Quattro-II Inverter/Charger
[▶ Victron online product page](#)



### A Quattro, plus ESS (Energy Storage System) functionality

The Quattro-II can be connected to two independent AC sources, for example the public grid and a generator, or two generators. The Quattro-II will automatically connect to the active source.

### PowerControl and PowerAssist - Boosting the capacity of the grid or a generator

A maximum grid or generator current can be set. The Quattro-II will then take account of other AC loads and use whatever is extra for battery charging, thus preventing the generator or grid from being overloaded (PowerControl function).

PowerAssist takes the principle of PowerControl to a further dimension. Where peak power is so often required only for a limited period, the Quattro-II will compensate insufficient generator, shore or grid power with power from the battery. When the load reduces, the spare power is used to recharge the battery.

### Solar energy: AC power available even during a grid failure

The Quattro-II can be used in off grid as well as grid connected PV and other alternative energy systems. It is compatible with both solar charger controllers and grid-tie inverters.

### Two AC Outputs

The main output has no break functionality. The Quattro-II takes over the supply to the connected loads in the event of a grid failure or when shore/generator power is disconnected. This happens so fast (less than 20 milliseconds) that computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption.

The second output is live only when AC is available on the input. Loads that should not discharge the battery, like a water heater for example, can be connected to this output.

### Parallel and three phase operation

Up to 6 Quattros can operate in parallel to achieve higher power output. Six 48/5000/70 units, for example, will provide 25 kW / 30 kVA output power with 420 Amps charging capacity.

In addition to parallel connection, three units of the same model can be configured for three phase output, and up to 6 sets of three units can be parallel connected per phase for a 75 kW / 90 kVA inverter and more than 1200 Amps charging capacity.

### On-site system configuring, monitoring and control

Settings can be changed in a matter of minutes with VECConfigure software (computer or laptop and MK3-USB interface needed).

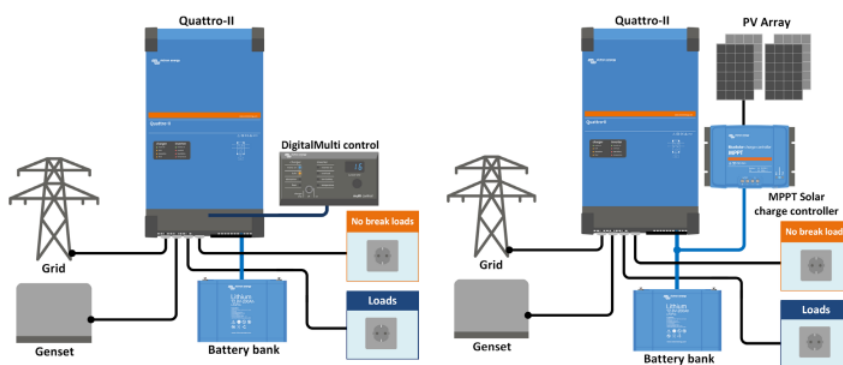
Several monitoring and control options are available: Cerbo GX, Color Control GX, Venus GX, Octo GX, CANvu GX, laptop, computer, Bluetooth (with the optional VEBus Smart dongle), Battery Monitor, Digital Multi Control Panel.

### Remote configuring and monitoring

Install a Cerbo GX or other GX product to connect to the internet.

Operational data can be stored and displayed on our VRM (Victron Remote Management) website, free of charge.

When connected to the internet, systems can be accessed remotely, and settings can be changed.



### Standard marine, mobile or off-grid application

Loads that should shut down when AC input power is not available can be connected to a second output. These loads will be taken into account by the PowerControl and PowerAssist function in order to limit AC input current to a safe value when AC power is available.

### Application with MPPT solar charge controller



**GX Touch and Cerbo GX**  
Provides intuitive system control and monitoring. Besides system monitoring and control the Cerbo GX enables access to our free remote monitoring website: the VRM Online Portal.



**VRM Portal**  
Our free remote monitoring website (VRM) will display all your system data in a comprehensive graphical format. System settings can be changed remotely via the portal. Alarms can be received by e-mail.



**VRM app**  
Monitor and manage your Victron Energy system from your smart phone and tablet. Available for both iOS and Android.



**VE.Bus Smart Dongle**  
Measures battery voltage and temperature and allows monitoring and control with a smart phone or other Bluetooth enabled device.



Connection Area Quattro-II 48/5k



**Digital Mult Control Panel**  
A convenient and low-cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.

| Quattro-II                                                                                                                                                                   | 24/5000/120-50                                                                                              | 48/5000/70-50                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| PowerControl & PowerAssist                                                                                                                                                   | Yes                                                                                                         |                                                     |
| Transfer switch                                                                                                                                                              | 50 A                                                                                                        |                                                     |
| Maximum AC input current                                                                                                                                                     | 50 A                                                                                                        |                                                     |
| INVERTER                                                                                                                                                                     |                                                                                                             |                                                     |
| DC input voltage range                                                                                                                                                       | 19-33 V                                                                                                     | 38-66 V                                             |
| Output                                                                                                                                                                       | Output voltage: 230 VAC ± 2%      Frequency: 50 Hz ± 0.1% (1)                                               |                                                     |
| Cont. output power at 25°C (3)                                                                                                                                               | 5000 VA                                                                                                     |                                                     |
| Cont. output power at 25°C                                                                                                                                                   | 4000 W                                                                                                      |                                                     |
| Cont. output power at 40°C                                                                                                                                                   | 3700 W                                                                                                      |                                                     |
| Cont. output power at 65°C                                                                                                                                                   | 3000 W                                                                                                      |                                                     |
| Maximum apparent feed-in power                                                                                                                                               | 5000 VA                                                                                                     |                                                     |
| Peak power                                                                                                                                                                   | 9000 W                                                                                                      |                                                     |
| Maximum efficiency                                                                                                                                                           | 96%                                                                                                         |                                                     |
| Zero load power                                                                                                                                                              | 18 W                                                                                                        |                                                     |
| Zero load power in AES mode                                                                                                                                                  | 12 W                                                                                                        |                                                     |
| Zero load power in Search mode                                                                                                                                               | 2 W                                                                                                         |                                                     |
| CHARGER                                                                                                                                                                      |                                                                                                             |                                                     |
| AC Input                                                                                                                                                                     | Input voltage range: 187-265 VAC<br>Input frequency: 45 - 65 Hz      power factor: 1                        |                                                     |
| Charge voltage 'absorption'                                                                                                                                                  | 28.8 / 57.6 V                                                                                               |                                                     |
| Charge voltage 'float'                                                                                                                                                       | 27.6 / 55.2 V                                                                                               |                                                     |
| Storage mode                                                                                                                                                                 | 26.4 / 52.8 V                                                                                               |                                                     |
| Max. battery charge current (4)                                                                                                                                              | 120 A                                                                                                       | 70 A                                                |
| Battery temperature sensor                                                                                                                                                   | Yes                                                                                                         |                                                     |
| GENERAL                                                                                                                                                                      |                                                                                                             |                                                     |
| Auxiliary output                                                                                                                                                             | Yes (32A)                                                                                                   | Default setting: switches off when in inverter mode |
| Programmable relay (5)                                                                                                                                                       | Yes                                                                                                         |                                                     |
| Protection (2)                                                                                                                                                               | a - g                                                                                                       |                                                     |
| VE.Bus communication port                                                                                                                                                    | For parallel and three phase operation,<br>remote monitoring and system integration                         |                                                     |
| General purpose com. port                                                                                                                                                    | Yes, 2x                                                                                                     |                                                     |
| Remote on-off                                                                                                                                                                | Yes                                                                                                         |                                                     |
| Operating temperature range                                                                                                                                                  | -40 to +65°C (fan assisted cooling)                                                                         |                                                     |
| Humidity (non-condensing)                                                                                                                                                    | max 95%                                                                                                     |                                                     |
| ENCLOSURE                                                                                                                                                                    |                                                                                                             |                                                     |
| Material & Colour                                                                                                                                                            | Steel, blue RAL 5012                                                                                        |                                                     |
| Protection category                                                                                                                                                          | IP22                                                                                                        |                                                     |
| Battery-connection                                                                                                                                                           | M8 bolts                                                                                                    |                                                     |
| 230 V AC-connection                                                                                                                                                          | Screw terminals 13 mm² (6 AWG)                                                                              |                                                     |
| Weight                                                                                                                                                                       | 30 kg                                                                                                       | 30 kg                                               |
| Dimensions (hxxwxd)                                                                                                                                                          | 560 x 328 x 148 mm                                                                                          | 560 x 328 x 148 mm                                  |
| STANDARDS                                                                                                                                                                    |                                                                                                             |                                                     |
| Safety                                                                                                                                                                       | EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29,<br>EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2                                        |                                                     |
| Emission, Immunity                                                                                                                                                           | EN 55014-1, EN 55014-2<br>EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3<br>IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 |                                                     |
| Uninterruptible power supply                                                                                                                                                 | Please consult the certificates on our website.                                                             |                                                     |
| Anti-islanding                                                                                                                                                               | Please consult the certificates on our website.                                                             |                                                     |
| 1) Can be adjusted to 60 Hz                                                                                                                                                  |                                                                                                             |                                                     |
| 2) Protection key:                                                                                                                                                           |                                                                                                             |                                                     |
| a) output short circuit                                                                                                                                                      |                                                                                                             |                                                     |
| b) overload                                                                                                                                                                  |                                                                                                             |                                                     |
| c) battery voltage too high                                                                                                                                                  |                                                                                                             |                                                     |
| d) battery voltage too low                                                                                                                                                   |                                                                                                             |                                                     |
| e) temperature too high                                                                                                                                                      |                                                                                                             |                                                     |
| f) 230 VAC on inverter output                                                                                                                                                |                                                                                                             |                                                     |
| g) input voltage ripple too high                                                                                                                                             |                                                                                                             |                                                     |
| 3) Non-linear load, crest factor 3:1                                                                                                                                         |                                                                                                             |                                                     |
| 4) Up to 25°C ambient                                                                                                                                                        |                                                                                                             |                                                     |
| 5) Programmable relay which can be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function. AC rating: 230V / 4A, DC rating: 4A up to 35VDC and 1A up to 60VDC |                                                                                                             |                                                     |

## D) FICHA TÉCNICA SUNNY ISLAND

SUNNY ISLAND 4.4M/6.0H/8.0H – PARA APLICACIONES CONECTADAS A LA RED Y PARA SISTEMAS AISLADOS



### Comunicativo

- Sunny Portal powered by ennexOS
- Comunicación mediante ethernet
- Puesta en marcha a través de LAN o WLAN
- Webconnect
- Registro de datos optimizado

### Fiable

- Extensión de la garantía del fabricante de 5 a 10 años de forma gratuita
- Una gran capacidad de sobrecarga
- IP54 para un funcionamiento fiable en condiciones extremas

### Flexible

- Para sistemas de autoconsumo, sistemas eléctricos de repuesto y sistemas aislados
- Para sistemas monofásicos y trifásicos
- Modular y ampliable

- Para baterías de plomo y baterías de iones de litio autorizadas de diferentes fabricantes
- Amplia lista de baterías homologadas con la continua ampliación de la cartera de baterías

## SUNNY ISLAND 4.4M / 6.0 / 8.0H

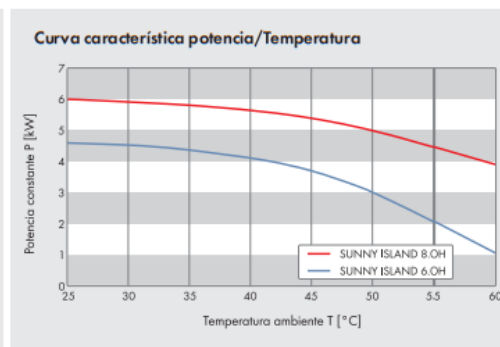
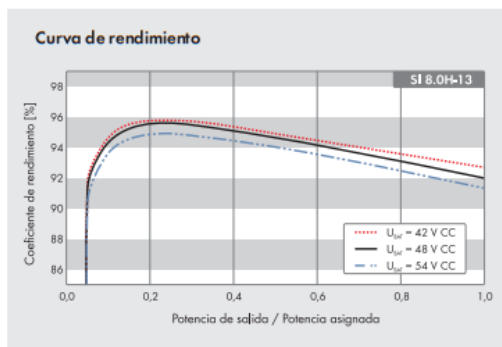
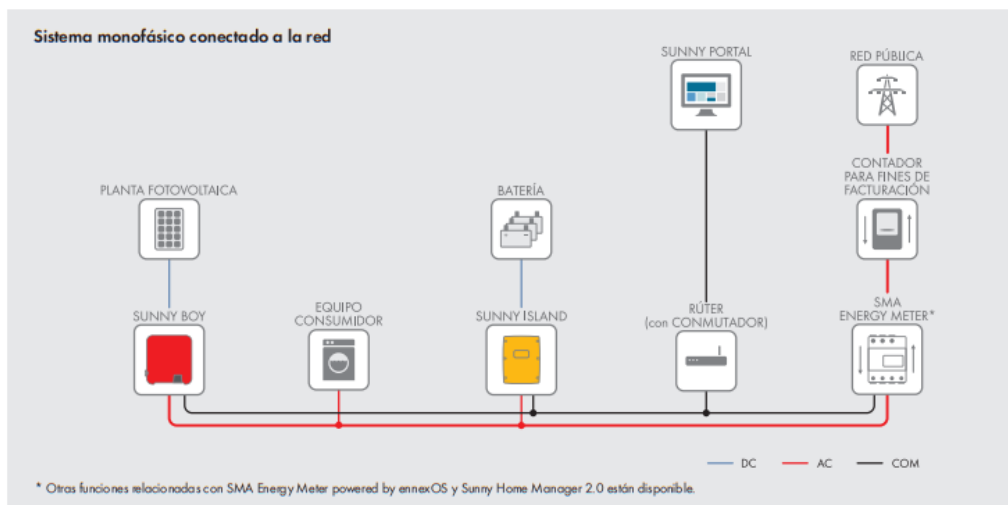
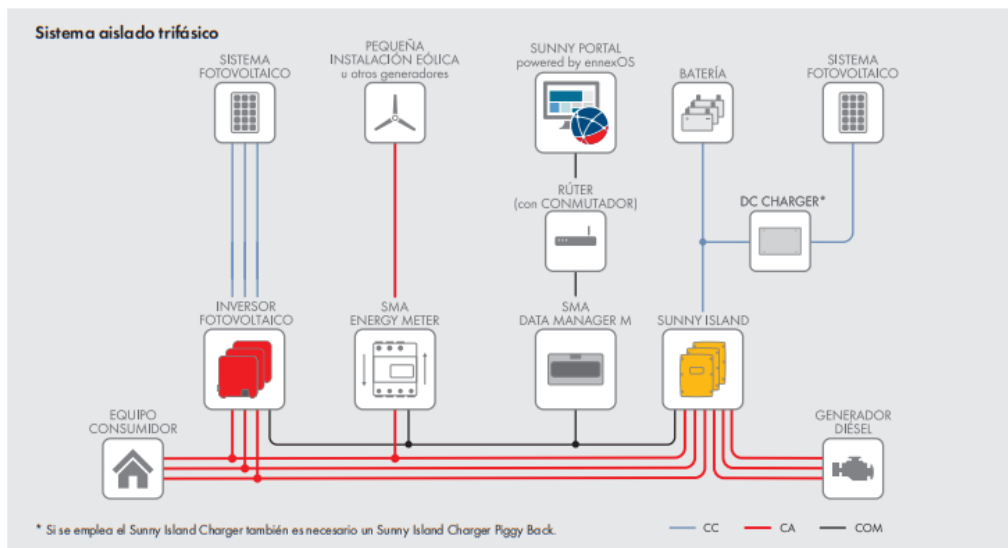
La solución más fiable para todas las necesidades: más sencillo que nunca

En regiones alejadas de la red o en la red pública en propiedades privadas: el inversor de batería Sunny Island es la mejor solución tanto en plantas conectadas a la red como aisladas. Los usuarios se benefician de la experiencia de los más de 150.000 Sunny Island instalados en todo el mundo. Gracias a la interfaz web integrada y a las interfaces estándar WLAN y ethernet, el Sunny Island 4.4M/6.0H/8.0H puede ponerse en marcha y configurarse fácilmente a través del teléfono inteligente o de la tableta. Como elemento clave del SMA Flexible Storage System, el Sunny Island almacena temporalmente la corriente autogenerada en la batería y permite utilizar la corriente fotovoltaica en cualquier momento del día.

En todas las aplicaciones, su alta clase de protección, su amplia gama de temperaturas y su excepcional capacidad de sobrecarga garantizan siempre la seguridad necesaria. La gestión inteligente de la carga y de la energía asegura el funcionamiento también en situaciones críticas.

El Sunny Island es la solución más fiable y fácil para todas las necesidades e incluye una garantía de 10 años\*.

\*) Al registrar el equipo a través de la página web de registro de productos de SMA (sma-service.com).



| Datos técnicos                                                                                            | Sunny Island 4.4M                                                                                           | Sunny Island 6.0H                                      | Sunny Island 8.0H     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>AC-2 (Fuente externa: red pública o generador)</b>                                                     |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tensión asignada de red/Rango de tensión CA                                                               | 230 V/De 172,5 V a 264,5 V                                                                                  |                                                        |                       |
| Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible                                                  | 50 Hz/40 Hz a 70 Hz                                                                                         |                                                        |                       |
| Corriente alterna máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)                              | 14,5 A                                                                                                      | 20 A                                                   | 26,1 A <sup>1)</sup>  |
| Potencia aparente de CA máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)                        | 3,3 kVA                                                                                                     | 4,6 kVA                                                | 6 kVA <sup>6)</sup>   |
| Corriente máxima de entrada de CA                                                                         | 50 A                                                                                                        | 50 A                                                   | 50 A                  |
| Potencia máxima de entrada CA                                                                             | 11 500 W                                                                                                    | 11 500 W                                               | 11 500 W              |
| Factor de desfase ajustable                                                                               | 0,8 inductivo a 0,8 capacitivo                                                                              |                                                        |                       |
| <b>AC-1 (funcionamiento en red aislada, sistema de respaldo, equipo consumidor)</b>                       |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tensión asignada de red/Rango de tensión CA                                                               | 230 V/De 202 V a 253 V                                                                                      |                                                        |                       |
| Frecuencia nominal/Rango de frecuencia (ajustable)                                                        | 50 Hz/45 Hz a 65 Hz                                                                                         |                                                        |                       |
| Potencia asignada (a Unom, Inom/25 °C/cos φ = 1)                                                          | 3300 W                                                                                                      | 4600 W                                                 | 6000 W                |
| Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s                                                           | 4400 W/4600 W/5500 W                                                                                        | 6000 W/6800 W/11000 W                                  | 8000 W/9100 W/11000 W |
| Potencia de CA a 45 °C                                                                                    | 3000 W                                                                                                      | 3700 W                                                 | 5430 W                |
| Corriente asignada/Corriente de salida máxima (por 60 ms)                                                 | 14,5 A/60 A                                                                                                 | 20 A/120 A                                             | 26,1 A/120 A          |
| Coefficiente de distorsión de la tensión de salida/Factor de potencia con potencia asignada               | < 5 %/ 0 1 0                                                                                                | < 1,5 %/ 0 1 0                                         | < 1,5 %/ 0 1 0        |
| <b>Batería de entrada de CC</b>                                                                           |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tensión asignada de entrada/Rango de tensión CC                                                           | 48 V/De 41 V a 63 V                                                                                         | 48 V/De 41 V a 63 V                                    | 48 V/De 41 V a 63 V   |
| Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/de descarga asignada de CC                  | 75 A/63 A/75 A                                                                                              | 110 A/90 A/103 A                                       | 140 A/115 A/136 A     |
| Tipo de batería/Capacidad de la batería (rango)                                                           | iones litio <sup>2)</sup> , FLA, VRLA/<br>De 100 Ah a 10000 Ah (plomo)<br>De 50 Ah a 10000 Ah (iones litio) |                                                        |                       |
| Regulación de carga                                                                                       | Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas                                |                                                        |                       |
| <b>Rendimiento/Autoconsumo del equipo</b>                                                                 |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Rendimiento máximo                                                                                        | 95,5 %                                                                                                      | 95,8 %                                                 | 95,8 %                |
| Consumo sin carga/En espera                                                                               | 18 W/6,8 W                                                                                                  | 25,8 W/6,5 W                                           | 25,8 W/6,5 W          |
| <b>Dispositivo de protección (equipo)</b>                                                                 |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Cortocircuito de CA/Sobrecarga de CA                                                                      | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Protección contra polarización inversa de CC/Fusible de CC                                                | - / -                                                                                                       |                                                        |                       |
| Sobretensión/Descarga total de la batería                                                                 | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Categoría de sobretensión según IEC 60664-1                                                               | III                                                                                                         |                                                        |                       |
| <b>Datos generales</b>                                                                                    |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Dimensiones (ancho / alto / fondo)                                                                        | 467 mm/612 mm/242 mm (18,4 inch/21,1 inch/9,5 inch)                                                         |                                                        |                       |
| Peso                                                                                                      | 44 kg (97 lb)                                                                                               | 63 kg (138,9 lb)                                       | 63 kg (138,9 lb)      |
| Rango de temperaturas de funcionamiento                                                                   | De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)                                                                    |                                                        |                       |
| Clase de protección según IEC 62103                                                                       | I                                                                                                           |                                                        |                       |
| Clase climática según IEC 60721                                                                           | 3K6                                                                                                         |                                                        |                       |
| Tipo de protección según IEC 60529                                                                        | IP54                                                                                                        |                                                        |                       |
| Conforme a RoHS-III                                                                                       | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| <b>Equipamiento/Función</b>                                                                               |                                                                                                             |                                                        |                       |
| WLAN, Speedwire/Webconnect/SI-SYSCAN (multidúster)                                                        | ● / ● / -                                                                                                   | ● / ● / ○                                              | ● / ● / ○             |
| Conexión directa en Sunny Portal a través de Webconnect                                                   | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| Sunny Portal powered by enxOS a través de Data Manager M y L                                              | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| Tarjeta de almacenamiento micro SD para un registro de datos ampliado                                     | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil/Relé multifunción                      | ● / 2                                                                                                       |                                                        |                       |
| Sistemas trifásicos (con campo giratorio) <sup>3)</sup> / Función de alimentación de repuesto             | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Cálculo del nivel de carga/Carga completa/Carga de compensación                                           | ● / ● / ●                                                                                                   |                                                        |                       |
| Sensor de temperatura de la batería/Cables de datos                                                       | ○ / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Certificados y autorizaciones                                                                             | www.SMA-iberica.com                                                                                         |                                                        |                       |
| Color de la cubierta amarilla/aluminio blanco                                                             | ○ / ○                                                                                                       |                                                        |                       |
| Garantía 5 / 10 años                                                                                      | ● / ● <sup>3)</sup>                                                                                         |                                                        |                       |
| <b>Para sistemas aislados</b>                                                                             |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Tiempos de conmutación en el funcionamiento de respaldo (sin caja de distribución o MC-Box) <sup>4)</sup> | -                                                                                                           | 0 ms (de alta impedancia) / 20 ms (de baja impedancia) |                       |
| Detección automática de campo giratorio/Asistencia de generador                                           | ● / ●                                                                                                       |                                                        |                       |
| Conexión en paralelo/Multidúster                                                                          | - / -                                                                                                       | ● / ●                                                  | ● / ●                 |
| Arranque suave integrado                                                                                  | ●                                                                                                           |                                                        |                       |
| <b>Accesorios</b>                                                                                         |                                                                                                             |                                                        |                       |
| <b>Para sistemas aislados</b>                                                                             |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Cajas Multidúster: MC-BOX-6.3 / MC-BOX-12.3 / MC-BOX-36.3                                                 | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Fusible de batería <sup>5)</sup>                                                                          | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Sunny Island Charger SIC50-MPT <sup>3)</sup> / SI Charger Piggy Back SIC-PB <sup>3)</sup>                 | ○ / ○                                                                                                       |                                                        |                       |
| Data Manager M                                                                                            | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| <b>Para aplicaciones conectadas a la red</b>                                                              |                                                                                                             |                                                        |                       |
| Sunny Home Manager / SMA Energy Meter                                                                     | ○ / ○                                                                                                       |                                                        |                       |
| Equipo de conmutación para alimentación de respaldo <sup>3)</sup>                                         | ○                                                                                                           |                                                        |                       |
| Modelo comercial                                                                                          | SI4.4M-13                                                                                                   | SI6.0H-13                                              | SI8.0H-13             |

● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible Todas las especificaciones actualizadas: 06/2022

1) Consulte la "Lista de baterías de iones de litio homologadas" en [www.SMA-Solar.com](http://www.SMA-Solar.com) 2) 3 x Sunny Island 3) Al registrar el equipo a través de la página web de registro de productos de SMA ([sma-service.com](http://sma-service.com)). Son aplicables las condiciones de la garantía del fabricante de SMA. Más información en [SMA-Solar.com](http://SMA-Solar.com) 4) Consulte la "SwitchoverTime-TI-en-11 | Version 1.1" en [www.SMA-Solar.com](http://www.SMA-Solar.com) 5) De proveedor externo 6) Limitación diferente en función del registro de datos nacionales configurado [p. ej., VDE-AR-N 4105: 2018 = 4,6 kVA y 20 A]



## E) SIMULACIÓN DE PVGIS CON 2 DÍAS SIN LUZ Y 30 KWPICO

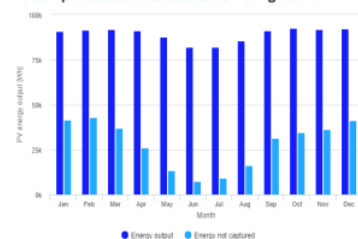


PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

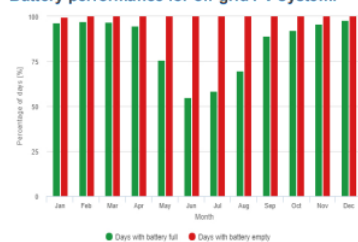
### Provided inputs

|                      |               |                                     |             |
|----------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|
| Latitude/Longitude:  | -1.741,38.229 | Slope angle:                        | 10 °        |
| Horizon:             | Calculated    | Azimuth angle:                      | 0 °         |
| Database used:       | PVGIS-SARAH2  | Simulation outputs:                 |             |
| PV installed:        | 30000 Wp      | Percentage days with full battery:  | 84.8 %      |
| Battery capacity:    | 126440 Wh     | Percentage days with empty battery: | 99.98 %     |
| Cutoff limit:        | 80 %          | Average energy not captured:        | 32976.55 Wh |
| Consumption per day: | 103701 Wh     | Average energy missing:             | 14516.68 Wh |

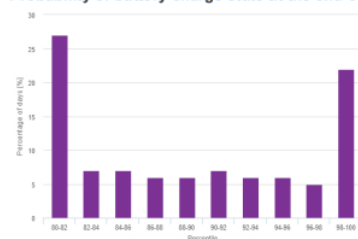
### Power production estimate for off-grid PV:



### Battery performance for off-grid PV system:



### Probability of battery charge state at the end of the day:



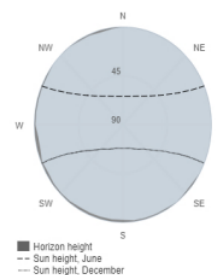
The European Commission maintains this website to provide public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts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

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

For more information, please visit [http://ec.europa.eu/info/legal/nota\\_en](http://ec.europa.eu/info/legal/nota_en)

Joint  
Research  
Centre

### Outline of horizon at chosen location:



### Monthly average performance

| Month     | E_d     | E_l     | f_f  | f_e   |
|-----------|---------|---------|------|-------|
| January   | 90757.5 | 41444.5 | 96.4 | 99.8  |
| February  | 91387.0 | 42846.2 | 97.3 | 100.0 |
| March     | 91726.2 | 36882.6 | 96.8 | 100.0 |
| April     | 91253.5 | 26197.6 | 94.6 | 100.0 |
| May       | 87578.4 | 13266.6 | 75.8 | 100.0 |
| June      | 82074.3 | 7484.9  | 55.0 | 100.0 |
| July      | 82046.6 | 9131.5  | 58.5 | 100.0 |
| August    | 85426.8 | 16363.8 | 69.8 | 100.0 |
| September | 91258.1 | 31165.3 | 89.0 | 100.0 |
| October   | 92644.5 | 34611.7 | 92.1 | 100.0 |
| November  | 91835.7 | 36353.2 | 95.8 | 100.0 |
| December  | 92184.9 | 41028.1 | 97.8 | 100.0 |

E\_d: Average energy production per day [Wh/day].

E\_l: Average energy not captured per day [Wh/day].

f\_f: Percentage of days when battery became full [%].

f\_e: Percentage of days when battery became empty [%].

| Cs     | Cb   |
|--------|------|
| 80-82  | 27.0 |
| 82-84  | 7.0  |
| 84-86  | 7.0  |
| 86-88  | 6.0  |
| 88-90  | 6.0  |
| 90-92  | 7.0  |
| 92-94  | 6.0  |
| 94-96  | 6.0  |
| 96-98  | 5.0  |
| 98-100 | 22.0 |

Cs: Charge state at the end of each day [%].

Cb: Percentage of days with this charge state [%].

PVGIS ©European Union, 2001-2022.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/07/28

## F) SIMULACIÓN DE PVGIS CON 2 DÍAS SIN LUZ Y 35 KWPICO



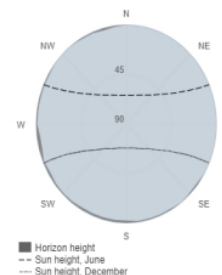
### PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

#### Provided inputs

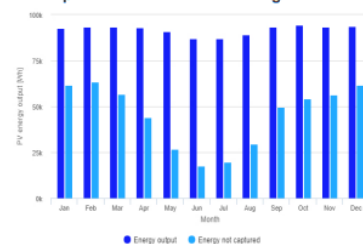
Latitude/Longitude: -1,741,38.229  
Horizon: Calculated  
Database used: PVGIS-SARAH2  
PV installed: 35000 Wp  
Battery capacity: 126440 Wh  
Cutoff limit: 80 %  
Consumption per day: 103701 Wh

Slope angle: 10 °  
Azimuth angle: 0 °  
**Simulation outputs**  
Percentage days with full battery: 92.2 %  
Percentage days with empty battery: 99.98 %  
Average energy not captured: 48757.74 Wh  
Average energy missing: 11987.05 Wh

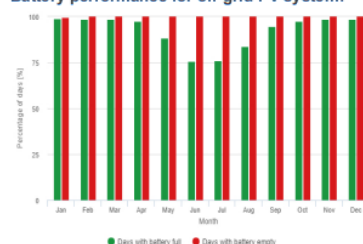
#### Outline of horizon at chosen location:



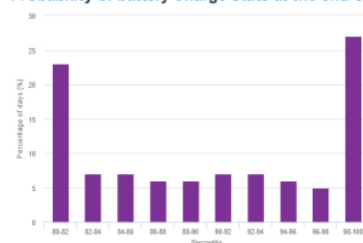
#### Power production estimate for off-grid PV:



#### Battery performance for off-grid PV system:



#### Probability of battery charge state at the end of the day:



#### Monthly average performance

| Month     | E_d     | E_l     | f_f  | f_e   |
|-----------|---------|---------|------|-------|
| January   | 92560.1 | 61675.6 | 98.8 | 99.8  |
| February  | 93152.8 | 63452.7 | 98.4 | 100.0 |
| March     | 93437.7 | 56605.8 | 98.6 | 100.0 |
| April     | 93026.1 | 44000.2 | 97.7 | 100.0 |
| May       | 90888.0 | 26764.5 | 88.5 | 100.0 |
| June      | 86857.5 | 17628.3 | 75.8 | 100.0 |
| July      | 86811.9 | 19562.5 | 76.0 | 100.0 |
| August    | 89215.5 | 29540.1 | 83.7 | 100.0 |
| September | 93290.2 | 49537.0 | 94.8 | 100.0 |
| October   | 94219.1 | 54246.4 | 97.6 | 100.0 |
| November  | 93274.9 | 56278.8 | 98.5 | 100.0 |
| December  | 93705.0 | 61710.1 | 98.6 | 100.0 |

E\_d: Average energy production per day [Wh/day].  
E\_l: Average energy not captured per day [Wh/day].  
f\_f: Percentage of days when battery became full [%].  
f\_e: Percentage of days when battery became empty [%].

| Cs     | Cb   |
|--------|------|
| 80-82  | 23.0 |
| 82-84  | 7.0  |
| 84-86  | 7.0  |
| 86-88  | 6.0  |
| 88-90  | 6.0  |
| 90-92  | 7.0  |
| 92-94  | 7.0  |
| 94-96  | 6.0  |
| 96-98  | 5.0  |
| 98-100 | 27.0 |

Cs: Charge state at the end of each day [%].  
Cb: Percentage of days with this charge state [%].

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

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

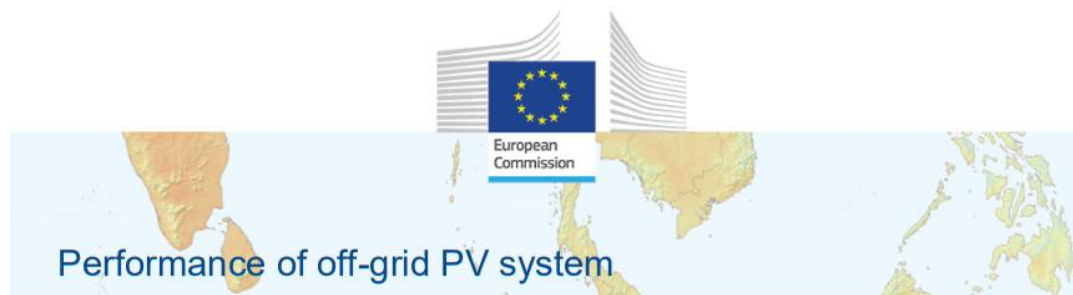
For more information, please visit [https://ec.europa.eu/info/legal-notice\\_en](https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en)

Joint  
Research  
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2022.  
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/07/28

## G) SIMULACIÓN DE PVGIS CON 3 DÍAS SIN LUZ Y 30 KWPICO

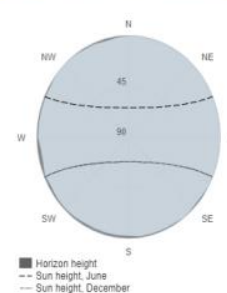


### PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

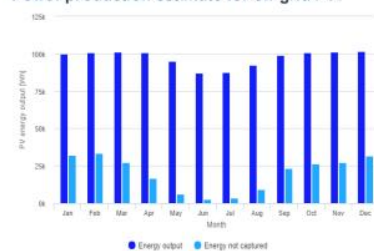
#### Provided inputs

|                      |               |                                     |             |
|----------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|
| Latitude/Longitude:  | -1.741,38.229 | Slope angle:                        | 10 °        |
| Horizon:             | Calculated    | Azimuth angle:                      | 0 °         |
| Database used:       | PVGIS-SARAH2  | Simulation outputs                  |             |
| PV installed:        | 30000 Wp      | Percentage days with full battery:  | 72.79 %     |
| Battery capacity:    | 189660 Wh     | Percentage days with empty battery: | 49.13 %     |
| Cutoff limit:        | 80 %          | Average energy not captured:        | 27269.37 Wh |
| Consumption per day: | 103701 Wh     | Average energy missing:             | 13021.09 Wh |

#### Outline of horizon at chosen location:



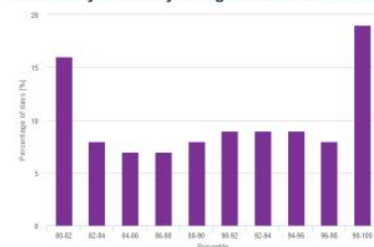
#### Power production estimate for off-grid PV:



#### Battery performance for off-grid PV system:



#### Probability of battery charge state at the end of the day:



#### Monthly average performance

| Month     | E_d      | E_l     | f_f  | f_e  |
|-----------|----------|---------|------|------|
| January   | 100129.0 | 32073.0 | 90.3 | 44.8 |
| February  | 100798.1 | 33435.1 | 92.9 | 39.1 |
| March     | 101391.4 | 27217.3 | 91.1 | 32.7 |
| April     | 100786.5 | 16664.6 | 85.0 | 32.1 |
| May       | 94883.6  | 5961.4  | 53.8 | 58.1 |
| June      | 87116.2  | 2443.1  | 29.0 | 83.5 |
| July      | 87630.3  | 3547.8  | 33.7 | 81.3 |
| August    | 92342.8  | 9447.8  | 51.8 | 68.5 |
| September | 99235.7  | 23187.6 | 78.3 | 41.7 |
| October   | 100702.9 | 26553.3 | 85.1 | 34.9 |
| November  | 101098.8 | 27090.1 | 90.6 | 38.1 |
| December  | 101555.9 | 31657.1 | 93.7 | 33.7 |

E\_d: Average energy production per day [Wh/day].  
E\_l: Average energy not captured per day [Wh/day].  
f\_f: Percentage of days when battery became full [%].  
f\_e: Percentage of days when battery became empty [%].

| Cs     | Cb   |
|--------|------|
| 80-82  | 16.0 |
| 82-84  | 8.0  |
| 84-86  | 7.0  |
| 86-88  | 7.0  |
| 88-90  | 8.0  |
| 90-92  | 9.0  |
| 92-94  | 9.0  |
| 94-96  | 9.0  |
| 96-98  | 8.0  |
| 98-100 | 19.0 |

Cs: Charge state at the end of each day [%].  
Cb: Percentage of days with this charge state [%].

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

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

For more information, please visit [https://ec.europa.eu/info/legislation\\_en](https://ec.europa.eu/info/legislation_en)

Joint  
Research  
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2022.  
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged,  
save where otherwise stated.

Report generated on 2022/07/28

## H) SIMULACIÓN DE PVGIS CON 3 DÍAS SIN LUZ Y 54 KW PICO



### PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

#### Provided inputs

Latitude/Longitude: -1.420,37.984  
Horizon: Calculated  
Database used: PVGIS-SARAH2  
PV installed: 54000 Wp  
Battery capacity: 189660 Wh  
Cutoff limit: 80 %  
Consumption per day: 103701 Wh

#### Slope angle:

10 °

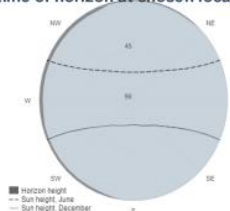
#### Azimuth angle

0 °

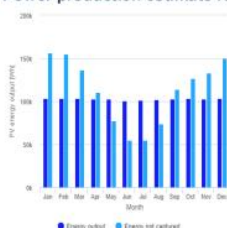
#### Simulation outputs

Percentage days with full battery: 96.83 %  
Percentage days with empty battery: 17.29 %  
Average energy not captured: 115327.35 Wh  
Average energy missing: 5569.79 Wh

#### Outline of horizon at chosen location:



### Power production estimate for off-grid PV:

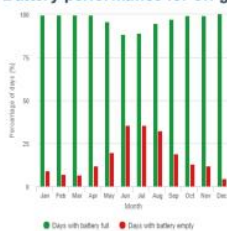


### Monthly average performance

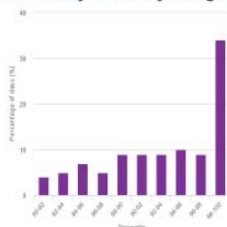
| Month     | E_d      | E_n      | f_f   | f_e  |
|-----------|----------|----------|-------|------|
| January   | 103335.9 | 156507.4 | 99.8  | 9.1  |
| February  | 103454.1 | 154591.1 | 99.8  | 7.1  |
| March     | 103385.3 | 136719.8 | 99.8  | 6.8  |
| April     | 103091.2 | 110475.4 | 99.6  | 12.1 |
| May       | 102656.9 | 77486.6  | 95.8  | 19.6 |
| June      | 100794.6 | 54756.9  | 88.3  | 35.6 |
| July      | 101183.5 | 55264.6  | 88.9  | 35.5 |
| August    | 101895.7 | 74271.0  | 94.6  | 32.5 |
| September | 102923.1 | 114095.6 | 97.3  | 19.0 |
| October   | 103216.1 | 126447.4 | 99.2  | 12.9 |
| November  | 103135.8 | 133037.2 | 99.2  | 12.1 |
| December  | 103548.3 | 149758.4 | 100.0 | 4.5  |

E\_d: Average energy production per day [Wh/day].  
E\_n: Average energy not captured per day [Wh/day].  
f\_f: Percentage of days when battery became full [%].  
f\_e: Percentage of days when battery became empty [%].

### Battery performance for off-grid PV system:



### Probability of battery charge state at the end of the day:



| Cs     | Cb   |
|--------|------|
| 80-82  | 4.0  |
| 82-84  | 5.0  |
| 84-86  | 7.0  |
| 86-88  | 5.0  |
| 88-90  | 9.0  |
| 90-92  | 9.0  |
| 92-94  | 9.0  |
| 94-96  | 10.0 |
| 96-98  | 9.0  |
| 98-100 | 34.0 |

Cs: Charge state at the end of each day [%].  
Cb: Percentage of days with this charge state [%].

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

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

For more information, please visit [http://ec.europa.eu/info/legal notice\\_en](http://ec.europa.eu/info/legal notice_en)

PVGIS ©European Union, 2001-2022.  
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/08/29

## I) SIMULACIÓN DE LA INSTALACIÓN ACTUAL CON SUNNY PORTAL

Electricidad Pérez • C/ Mayor nº 21 • n28051 Madrid

Electricidad Pérez

C/ Mayor nº 21

n28051 Madrid

Tel.: +34 123 456-0

Fax: +34 123 456-100

Correo electrónico: info@electricidad-perez.es

Internet: www.electricidad-perez.es

**Project:** Planta 44.5 KW pico

**Location:** Kenya / Nyumbani

**Project number:** ---

Grid voltage: 230V (230V / 400V)

### System overview

**126 x Worldwide Energy and Manufacturing USA Inc. (Amerisolar) AS-6M144-HC-445 (1500V) (12/2020) (PV array 1)**

Azimuth angle: 180 °, Tilt angle: 5 °, Mounting type: Roof, Peak power: 56.07 kWp

**3 x SMA STP 15000TL-30**

### Battery

**1 x SMA MC-Box-6.3**

Batteries: Lithium

**6 x SMA Sunny Island 8.0H**

Total nominal capacity: 60.80 kWh (equates to 1267 Ah at C10)

Of which can be utilized: 48.64 kWh (equates to 1013 Ah at C10)

### PV design data

|                                       |            |                                                 |               |
|---------------------------------------|------------|-------------------------------------------------|---------------|
| Total number of PV modules:           | 126        | Energy usability factor:                        | 97.4 %        |
| Peak power:                           | 56.07 kWp  | Spec. energy yield*:                            | 1579 kWh/kWp  |
| Number of PV inverters:               | 3          | Line losses (in % of PV energy):                | 0.37 %        |
| Nominal AC power of the PV inverters: | 45.00 kW   | Unbalanced load:                                | 0.00 VA       |
| AC active power:                      | 45.00 kW   | Used PV energy:                                 | 12,345.06 kWh |
| Active power ratio:                   | 80.3 %     | Used PV share:                                  | 13.9 %        |
| Max. available PV energy*:            | 88,539 kWh | PV share of the energy supply (during the day): | 103 %         |
| Additional yield with SMA ShadeFix:   | 0 kWh      | Average annual solar fraction:                  | 100 %         |

Signature

\*Important: The yield values displayed are estimates. They are determined mathematically. SMA Solar Technology AG accepts no responsibility for the real yield value which can deviate from the yield values displayed here. Reasons for deviations are various external conditions, such as soiling of the PV modules or fluctuations in the efficiency of the PV modules.

## Inverter designs

**Project: Planta 44.5 KW pico**

Project number:

**Location: Kenya / Nyumbani**

**Ambient temperature:**

Annual extreme low temperature: 15 °C

Average high Temperature: 25 °C

Annual extreme high temperature: 32 °C

**Subproject Subproject 1**

### 3 x SMA STP 15000TL-30 (PV system section 1)

|                                        |                    |
|----------------------------------------|--------------------|
| Peak power:                            | 56.07 kWp          |
| Total number of PV modules:            | 126                |
| Number of PV inverters:                | 3                  |
| Max. DC power (cos $\phi$ = 1):        | 15.33 kW           |
| Max. AC active power (cos $\phi$ = 1): | 15.00 kW           |
| Grid voltage:                          | 230V (230V / 400V) |
| Nominal power ratio:                   | 82 %               |
| Dimensioning factor:                   | 124.6 %            |
| Displacement power factor cos $\phi$ : | 1                  |
| Full load hours:                       | 1967.5 h           |



**SMA STP 15000TL-30**

### PV design data

#### Input A: PV array 1

42 x Worldwide Energy and Manufacturing USA Inc. (Amerisolar) AS-6M144-HC-445 (1500V) (12/2020), Azimuth angle: 180 °, Tilt angle: 5 °, Mounting type: Roof

|                                                     | Input A:  | Input B: |  |
|-----------------------------------------------------|-----------|----------|--|
| Number of strings:                                  | 3         |          |  |
| PV modules:                                         | 14        |          |  |
| Peak power (input):                                 | 18.69 kWp | ---      |  |
| Inverter min. DC voltage (Grid voltage 230 V):      | 150 V     | 150 V    |  |
| PV typical voltage:                                 | ✓ 535 V   | ---      |  |
| Min. PV voltage:                                    | 510 V     | ---      |  |
| Max. DC voltage (Inverter):                         | 1000 V    | 1000 V   |  |
| Max. PV voltage:                                    | ✓ 720 V   | ---      |  |
| Inverter max. operating input current per MPPT:     | 33 A      | 33 A     |  |
| Max. MPP current of PV array:                       | ✓ 32.1 A  | ---      |  |
| Inverter max. input short-circuit current per MPPT: | 43 A      | 43 A     |  |
| PV max. circuit current:                            | ✓ 33.7 A  | ---      |  |

#### PV/Inverter partly compatible

PV array and inverter type are only conditionally compatible, since the inverter is undersized in this combination (< 94 %).

You get this inverter including SMA ShadeFix. SMA ShadeFix is a patented inverter software that automatically optimizes the yield of PV systems in any situation. Even under shading conditions.

## Cable sizing

**Project:** Planta 44.5 KW pico

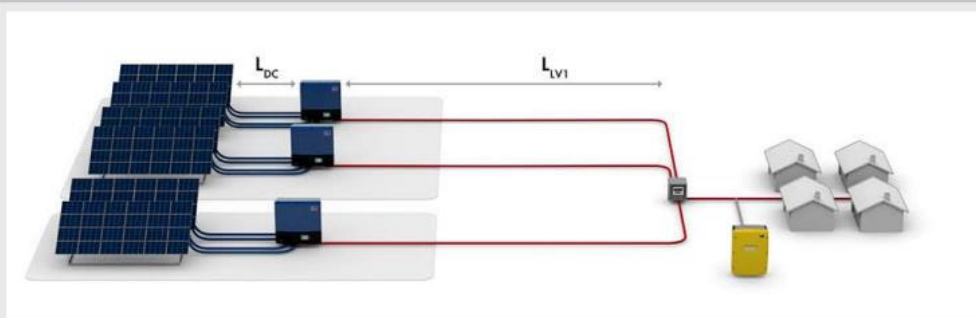
**Location:** Kenya / Nyumbani

Project number:

### Overview

|                                            | ✓ DC              | ✓ LV               | ✓ Total                                 |
|--------------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| Power loss at nominal operation            | 235.69 W          | 45.72 W            | 281.42 W                                |
| Rel. power loss at rated nominal operation | 0.51 %            | 0.10 %             | 0.61 %                                  |
| Total cable length                         | 900.00 m          | 30.00 m            | 930.00 m                                |
| Cable cross-sections                       | 6 mm <sup>2</sup> | 16 mm <sup>2</sup> | 6 mm <sup>2</sup><br>16 mm <sup>2</sup> |

### Graphic



### DC cables

|                                                                                                                                   |   | Cable material | Single length | Cross section | Voltage drop | Rel. power loss |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------|---------------|---------------|--------------|-----------------|
| Subproject 1                                                                                                                      |   |                |               |               |              |                 |
|  3 x SMA STP 15000TL-30<br>PV system section 1 | A | Copper         | 50.00 m       | 6 mm²         | 2.7 V        | 0.51 %          |
|                                                                                                                                   | B | Copper         | 50.00 m       | 6 mm²         | ---          | ---             |

### Cables LV1

|                                                                                                                                   | Cable material | Single length | Cross section      | Cable resistance            | Rel. power loss |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|
| <b>Subproject 1</b>                                                                                                               |                |               |                    |                             |                 |
|  3 x SMA STP 15000TL-30<br>PV system section 1 | Copper         | 10.00 m       | 16 mm <sup>2</sup> | R: 3.583 mΩ<br>XL: 0.750 mΩ | 0.10 %          |

The displayed results are approximate values to give a general indication to users of possible operating results. The results are determined mathematically. The actual operating results will be dictated significantly by the actual climatic conditions, the actual efficiency, the system components' operating conditions and the individual consumption behavior and can deviate from the calculated results. SMA Solar Technology AG therefore assumes no liability in the event of deviations between the calculated and actual operating results.

## Information

**Project:** Planta 44.5 KW pico

**Location:** Kenya / Nyumbani

Project number:

### ✓ Planta 44.5 KW pico

#### ✓ Subproject 1

##### ✓ 3 x SMA STP 15000TL-30 (PV system section 1)

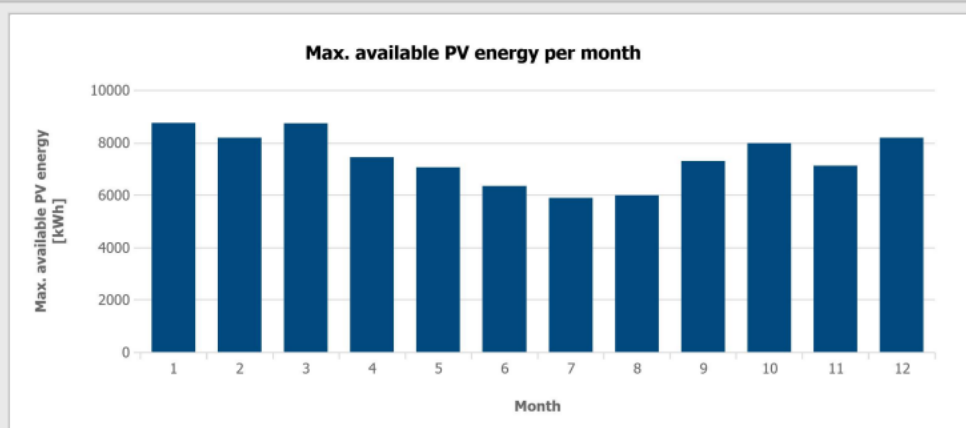
- ⓘ PV array and inverter type are only conditionally compatible, since the inverter is undersized in this combination (< 94 %).
- ⓘ You get this inverter including SMA ShadeFix. SMA ShadeFix is a patented inverter software that automatically optimizes the yield of PV systems in any situation. Even under shading conditions.

## Monthly values

Project: Planta 44.5 KW pico  
Project number:

Location: Kenya / Nyumbani

### Diagram



### Table

| Month | Max. available PV energy [kWh] | Used PV energy [kWh] | Consumption [kWh] | Solar fraction |
|-------|--------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|
| 1     | 8705                           | 1065                 | 1051              | 100 %          |
| 2     | 8150                           | 944                  | 934               | 100 %          |
| 3     | 8692                           | 1043                 | 1031              | 100 %          |
| 4     | 7403                           | 1004                 | 991               | 100 %          |
| 5     | 7021                           | 1065                 | 1051              | 100 %          |
| 6     | 6308                           | 1006                 | 991               | 100 %          |
| 7     | 5867                           | 1051                 | 1031              | 100 %          |
| 8     | 5957                           | 1065                 | 1051              | 100 %          |
| 9     | 7258                           | 984                  | 971               | 100 %          |
| 10    | 7944                           | 1065                 | 1051              | 100 %          |
| 11    | 7087                           | 1031                 | 1012              | 100 %          |
| 12    | 8146                           | 1023                 | 1010              | 100 %          |

## Analyses of the energy and power in the system

**Project:** Planta 44.5 KW pico

**Location:** Kenya / Nyumbani

Project number:

### Power

 **System compatible**

Nominal AC power PV inverters / storage system: 1.25



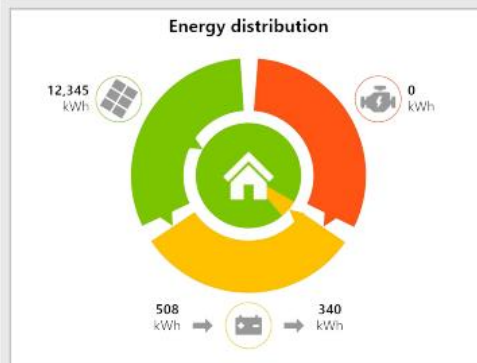
Nominal AC power genset / storage system: ---

Usable storage capacity: 48.6 kWh (1.3 d)



|                                                 |          |
|-------------------------------------------------|----------|
| Total nominal AC power of the system:           | 81 kW    |
| Nominal AC power PV inverters:                  | 45 kW    |
| Nominal AC power storage system:                | 36 kW    |
| Nominal AC power genset:                        | ---      |
| Excess power:                                   | 0 kW     |
| Energy deficit:                                 | 0 kWh    |
| Nominal AC power PV inverters / storage system: | 1.25     |
| Nominal AC power genset / storage system:       | ---      |
| Usable storage capacity:                        | 48.6 kWh |
| Autonomous time:                                | 1.3 d    |
| Average annual solar fraction:                  | 100 %    |

### Energy



|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| Annual energy consumption:                        | 12,177 kWh |
| Max. available PV energy:                         | 88,539 kWh |
| Used PV energy:                                   | 12,345 kWh |
| Directly consumed PV energy:                      | 11,837 kWh |
| Intermediately stored PV energy:                  | 508 kWh    |
| Annual energy generation of the genset:           | 0 kWh      |
| Annual nominal energy throughputs of the battery: | 8          |
| Annual fuel consumption:                          | 0 l        |

The displayed results are approximate values to give a general indication to users of possible operating results. The results are determined mathematically based on standardized assumptions. The actual operating results will be dictated significantly by the actual irradiation conditions, the actual efficiency, the genset operating conditions and the individual consumption behavior and can deviate from the calculated results. SMA SOLAR TECHNOLOGY AG THEREFORE ASSUMES NO LIABILITY FOR YIELD SHORTFALLS IN THE EVENT OF DEVIATIONS BETWEEN THE CALCULATED- AND ACTUAL OPERATING RESULTS.

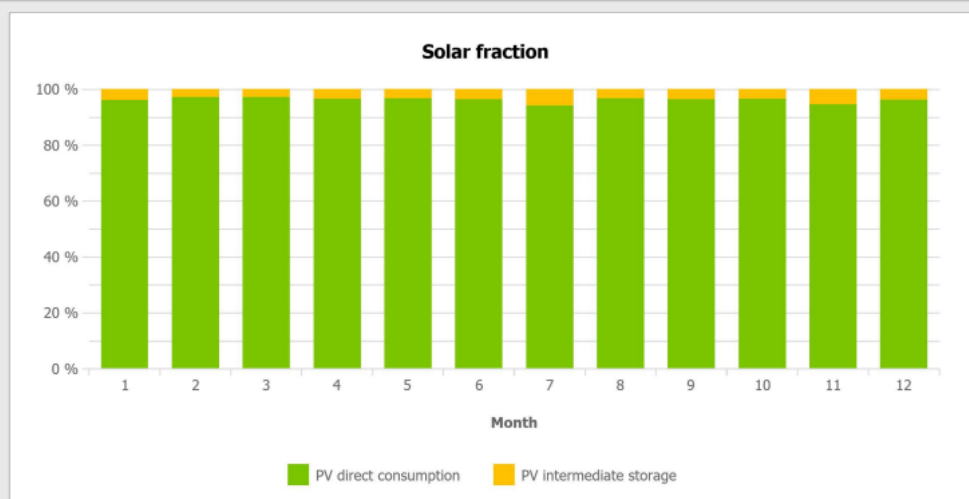
## Analyses of the energy and power in the system

Project: Planta 44.5 KW pico

Location: Kenya / Nyumbani

Project number:

### Solar fraction



| Month | Solar fraction [%] | Used PV share [%] | Total fuel energy consumption [l] |
|-------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 1     | 100                | 12                | 0                                 |
| 2     | 100                | 12                | 0                                 |
| 3     | 100                | 12                | 0                                 |
| 4     | 100                | 14                | 0                                 |
| 5     | 100                | 15                | 0                                 |
| 6     | 100                | 16                | 0                                 |
| 7     | 100                | 18                | 0                                 |
| 8     | 100                | 18                | 0                                 |
| 9     | 100                | 14                | 0                                 |
| 10    | 100                | 13                | 0                                 |
| 11    | 100                | 15                | 0                                 |
| 12    | 100                | 13                | 0                                 |

The displayed results are approximate values to give a general indication to users of possible operating results. The results are determined mathematically based on standardized assumptions. The actual operating results will be dictated significantly by the actual irradiation conditions, the actual efficiency, the genset operating conditions and the individual consumption behavior and can deviate from the calculated results. SMA SOLAR TECHNOLOGY AG THEREFORE ASSUMES NO LIABILITY FOR YIELD SHORTFALLS IN THE EVENT OF DEVIATIONS BETWEEN THE CALCULATED- AND ACTUAL OPERATING RESULTS.

## Storage system

**Project:** Planta 44.5 KW pico

**Location:** Kenya / Nyumbani

Project number:

### Power

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| AC power at 25 °C:            | 36 kW   |
| AC power at 40 °C:            | 32.6 kW |
| AC power at 25 °C for 30 min: | 48 kW   |

### Battery

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Batteries:                | Lithium                               |
| Total nominal capacity:   | 60.80 kWh (equates to 1267 Ah at C10) |
| Of which can be utilized: | 48.64 kWh (equates to 1013 Ah at C10) |

### System components

|                   | Device                                                                                                        | Settings per cluster/device                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Multicluseter Box |  SMA MC-Box-6.3              |                                                           |
| Cluster 1         |  3 x SMA Sunny Island 8.0H | Batteries: Lithium                                        |
| Cluster 2         |  3 x SMA Sunny Island 8.0H | Capacity: 30.40 kWh (equates to 633 Ah at C10)            |
|                   |                                                                                                               | Of which can be utilized: 80 % (equates to 507 Ah at C10) |

## Load profile overview

Project: Planta 44.5 KW pico

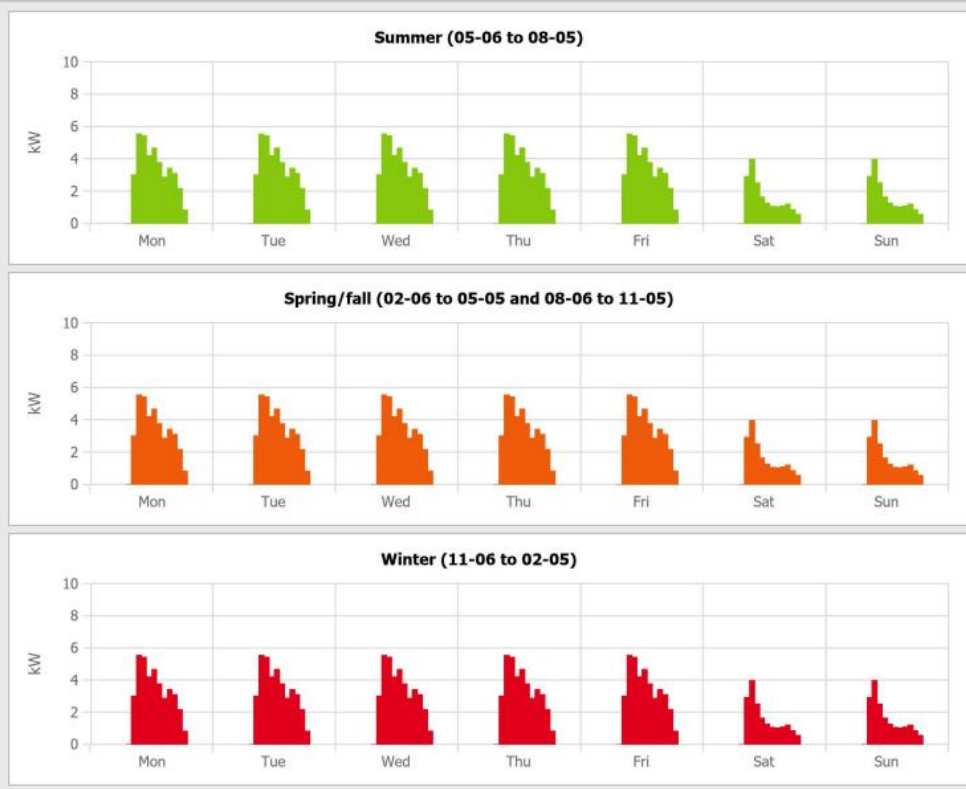
Location: Kenya / Nyumbani

Project number:

### Overview

| Load profile                            | Annual energy consumption | 30 minute power |
|-----------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Consumo de energía anual promedio 20-21 | 12177 kWh                 | 5.6 kW          |
| <b>Total</b>                            | <b>12,177 kWh</b>         | <b>5.6 kW</b>   |

### Average weekly profile by seasons



The displayed results are approximate values to give a general indication to users of possible operating results. The results are determined mathematically based on standardized assumptions. The actual operating results will be dictated significantly by the actual irradiation conditions, the actual efficiency, the genset operating conditions and the individual consumption behavior and can deviate from the calculated results. SMA SOLAR TECHNOLOGY AG THEREFORE ASSUMES NO LIABILITY FOR YIELD SHORTFALLS IN THE EVENT OF DEVIATIONS BETWEEN THE CALCULATED- AND ACTUAL OPERATING RESULTS.

## J) ANÁLISIS CON PVGIS DE LA TEMPERATURA EN KENIA



### PVGIS-5 geo-temporal irradiation database

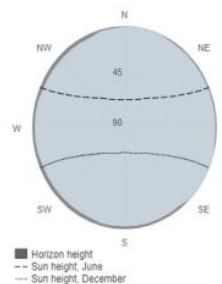
#### Provided inputs

Latitude/Longitude: -1.472,37.878  
Horizon: Calculated  
Database used: PVGIS-SARAH2  
Start year: 2005  
End year: 2020

#### Variables included in this report:

Global horizontal irradiation: No  
Direct Normal Irradiation: No  
Global irradiation optimum angle: No  
Global irradiation at angle \*: No  
Diffuse/global ratio: No  
Average temperature: Yes

#### Outline of horizon at chosen location:



#### Monthly average temperature



#### Monthly average temperature

| Month     | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| January   | 23.1 | 22.4 | 21.8 | 21.8 | 22.5 | 22.5 | 22.9 | 23.6 | 22.4 | 22.8 | 23.3 | 22.7 | 22.9 | 23.5 | 22.7 | 22.3 |
| February  | 23.8 | 23.8 | 23.5 | 22.8 | 23.1 | 23.7 | 24.1 | 24.3 | 23.5 | 23.2 | 23.9 | 23.3 | 23.3 | 24.1 | 23.7 | 22.8 |
| March     | 23.9 | 23   | 23.1 | 22.6 | 24.1 | 22.6 | 23.8 | 24.4 | 22.9 | 22.6 | 23.4 | 24.4 | 24.1 | 22.4 | 24.8 | 23   |
| April     | 22.4 | 21.6 | 22.4 | 21.6 | 23.2 | 22.4 | 22.5 | 23.1 | 22.3 | 22.2 | 22.5 | 22.7 | 22.7 | 21.6 | 23.9 | 22.1 |
| May       | 22.1 | 21.5 | 21.9 | 21.1 | 22.1 | 22.2 | 22.2 | 22.1 | 21.3 | 21.3 | 22   | 21.5 | 21.4 | 21.3 | 21.5 | 22   |
| June      | 20.7 | 20.9 | 20.8 | 20   | 21.5 | 21.2 | 21.7 | 21.5 | 20.4 | 20.8 | 21.3 | 20.9 | 21.4 | 20.6 | 21.7 | 21.5 |
| July      | 20.1 | 20.2 | 20.4 | 19.8 | 20.6 | 20.5 | 21.1 | 20.6 | 20.1 | 20.6 | 20.5 | 20.2 | 21   | 20.5 | 21.4 | 20.7 |
| August    | 20.2 | 20.9 | 20.5 | 20.7 | 20.8 | 20.5 | 21.1 | 21   | 20.3 | 21.1 | 20.7 | 20.7 | 21.2 | 20.5 | 21.3 | 20.9 |
| September | 21.5 | 21.2 | 21.8 | 22.3 | 22.4 | 21.4 | 22   | 22.2 | 22.1 | 21.5 | 22.6 | 21.1 | 22   | 21.7 | 22.1 | 21.7 |
| October   | 22.2 | 22   | 21.8 | 22.8 | 21.7 | 22.9 | 21.6 | 22.3 | 23   | 22.9 | 22.9 | 23.1 | 23.4 | 22   | 21.2 | 23.1 |
| November  | 21.2 | 21.1 | 21.3 | 21.5 | 22.1 | 21.3 | 21.4 | 21.9 | 21.5 | 21.8 | 21.6 | 21.7 | 21.4 | 22   | 21.7 | 21.8 |
| December  | 21.7 | 21.5 | 21.5 | 22   | 21.9 | 22   | 22.2 | 21.6 | 21.3 | 21.9 | 22.1 | 21.6 | 22.5 | 21.8 | 22   | 21.4 |

The European Commission maintains the website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to help this information stay up-to-date and accurate. If you have any comments, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

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

For more information, please visit [https://ec.europa.eu/eutelsio/legislation\\_en](https://ec.europa.eu/eutelsio/legislation_en)

PVGIS ©European Union, 2001-2022.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/06/21

