

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



“ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA
INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA
UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE
DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE
EXCEDENTES”

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Mayo - 2025

AUTOR: Javier Bleda Marín

DIRECTORA: Carolina Senabre Blanes

RESUMEN

En el presente trabajo vamos a ver cómo llevar a cabo una instalación fotovoltaica de 6,42 kWp en una vivienda unifamiliar en la ciudad de Alicante. Donde lo más interesante no van a ser los pasos a seguir para realizar la instalación como tal, si no, todo el análisis previo a la instalación. A lo largo del trabajo veremos en detalle tanto las cargas reales de la vivienda, como la incorporación de una nueva carga simulada de un coche eléctrico, la generación solar que podemos llegar a obtener y las soluciones para optimizar al máximo nuestra instalación, barajando diferentes combinaciones de equipos y analizando cual es la opción más rentable para los excedentes que generemos.

Palabras clave: Paneles solares, inversor, micro inversor, batería, optimizadores de potencia, consumo, generación, excedentes, vehículo eléctrico, coste, ahorro.



ABSTRACT

In this project, we will explore how to implement a 6.42 kWp photovoltaic installation in a single-family home in the city of Alicante. The most interesting aspect will not be the steps involved in the installation itself, but rather the entire pre-installation analysis. Throughout this project, we will examine in detail both the home's actual loads and the addition of a new simulated load from an electric car, the solar generation we can achieve, and solutions to optimize our installation, considering different combinations of equipment and analyzing the most cost-effective option for the surplus energy we generate.

Keywords: Solar panels, inverter, microinverter, battery, power optimizers, consumption, generation, surplus, electric vehicle, cost, savings.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. OBJETIVO	12
3. DATOS DE PARTIDA.....	13
3.1. UBICACIÓN	13
3.2. CONSUMOS GENERALES	15
3.3. CONSUMO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	23
3.4. CONSUMO TOTAL	28
3.5. GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	30
3.5.1. DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE GENERACIÓN.....	30
3.5.2. GENERACIÓN TOTAL	35
3.6. CONSUMO VS GENERACIÓN	37
4. GESTIÓN DE EXCEDENTES, TARIFA Y AHORRO	45
4.1. TARIFA	45
4.2. GESTIÓN DE EXCEDENTES	47
4.2.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA BATERÍA	47
4.2.2. SIMULACIÓN DE LA BATERIA Y CÁLCULOS	49
4.3. AHORRO.....	53
4.3.1. COSTE DEL VEHÍCULO DIESEL	53
4.3.2. COMPARATIVA DE COSTES EN ENERGÍA.....	54
5. EQUIPOS ESCOGIDOS	56
5.1. PANELES SOLARES	56
5.2. INVERSOR	57
5.3. MICRO INVERSORES.....	59
5.4. OPTIMIZADORES DE POTENCIA	60
5.5. BATERÍA	61

6.	ESTUDIO DE LOS DIFERENTES ESCERACIOS	63
6.1.	VENTAJAS E INCONVENIENTES	64
6.2.	COSTES.....	65
6.3.	AMORTIZACIÓN.....	66
7.	CONCLUSIONES	70
8.	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	72
9.	PRESUPUESTO	76
10.	PLANOS.....	78
10.1.	PLANO DE SITUACIÓN	79
10.2.	PLANO ESQUEMA UNIFILAR.....	80



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación de la vivienda.	13
Ilustración 2: Ubicación de la vivienda 2.	14
Ilustración 3: Consumo anual general de la vivienda.	15
Ilustración 4: Consumo promedio diario de enero.	16
Ilustración 5: Consumo promedio diario de febrero.	16
Ilustración 6: Consumo promedio diario de marzo.	17
Ilustración 7: Consumo promedio diario de abril.	17
Ilustración 8: Consumo promedio diario de mayo.	18
Ilustración 9: Consumo promedio diario de junio.	18
Ilustración 10: Consumo promedio diario de julio.	19
Ilustración 11: Consumo promedio diario de agosto.	19
Ilustración 12: Consumo promedio diario de septiembre.	20
Ilustración 13: Consumo promedio diario de octubre.	20
Ilustración 14: Consumo promedio diario de noviembre.	21
Ilustración 15: Consumo promedio diario de diciembre.	21
Ilustración 16: Imagen Hyundai Kona.	23
Ilustración 17: Consumo anual del vehículo.	26
Ilustración 18: Consumo promedio diario del vehículo.	27
Ilustración 19: Consumo anual total.	28
Ilustración 20: Consumo promedio diario total.	29
Ilustración 21: Datos promedio diarios PVGIS.	30
Ilustración 22: Datos promedio diarios Excel.	31
Ilustración 23: Datos generación e irradiación PVGIS.	32
Ilustración 24: Resumen datos PVGIS para 1kWp.	33

Ilustración 25: Generación total anual.....	35
Ilustración 26: Generación promedio diaria.	36
Ilustración 27: Consumo vs generación total.	37
Ilustración 28: Consumo vs generación promedio diaria.	38
Ilustración 29: Consumo vs generación promedio diaria en enero.	38
Ilustración 30: Consumo vs generación promedio diaria en febrero.....	39
Ilustración 31: Consumo vs generación promedio diaria en marzo.	39
Ilustración 32: Consumo vs generación promedio diaria en abril.	40
Ilustración 33: Consumo vs generación promedio diaria en mayo.	40
Ilustración 34: Consumo vs generación promedio diaria en junio.	41
Ilustración 35: Consumo vs generación promedio diaria en julio.	41
Ilustración 36: Consumo vs generación promedio diaria en agosto.....	42
Ilustración 37: Consumo vs generación promedio diaria en septiembre.....	42
Ilustración 38: Consumo vs generación promedio diaria en octubre.	43
Ilustración 39: Consumo vs generación promedio diaria en noviembre.	43
Ilustración 40: Consumo vs generación promedio diaria en diciembre.	44
Ilustración 41: Consumos máximos diarios.	46
Ilustración 42: Diferencias de consumo de la red.....	50
Ilustración 43: Resumen de excedentes.....	51
Ilustración 44: Comparativa de costes.....	54
Ilustración 45: Características eléctricas de los paneles LR5-66HTH-535M.	56
Ilustración 46: Características de los paneles LR5-66HTH-535M.	57
Ilustración 47: Generación máxima diaria.....	58
Ilustración 48: Características del inversor SUN2000-5KTL-L1.....	58
Ilustración 49: Imagen del inversor SUN2000-5KTL-L1.	59

Ilustración 50: Imagen del micro inversor APSYSTEMS DS3-H.	59
Ilustración 51: Características del micro inversor APSYSTEMS DS3-H.....	60
Ilustración 52: Imagen del optimizador de potencia SUN2000-600W-P.....	60
Ilustración 53: Características del optimizador de potencia SUN2000-600W-P.	61
Ilustración 54: Imagen de la batería LUNA2000-5-S0.	61
Ilustración 55: Características de la batería LUNA2000-5-S0.....	62
Ilustración 56: Amortización instalación O.P + Inversor con batería.	67
Ilustración 57: Amortización instalación O.P + Inversor sin batería.	67
Ilustración 58: Amortización instalación Micro inversor sin baterías.....	68
Ilustración 59: Amortización instalación Inversor con batería.....	68
Ilustración 60: Amortización instalación Inversor sin batería.....	69
Ilustración 61: Amortización de la instalación.....	70
Ilustración 62: Ubicación de los paneles solares.....	72
Ilustración 63: Trayectoria línea DC.	73
Ilustración 64: Trayectoria línea DC 2.	73
Ilustración 65: Trayectoria línea DC 3.	74
Ilustración 66: Trayectoria línea DC 4.	74
Ilustración 67: Ubicación del inversor y protecciones eléctricas.	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo anual general de la vivienda.....	15
Tabla 2: Datos Hyundai Kona	23
Tabla 3: Datos de la carga del vehículo.....	24
Tabla 4: Distribución horaria de la carga del coche.	25
Tabla 5: Consumo anual del vehículo.	26
Tabla 6: Consumo anual total.....	28
Tabla 7: Resumen de consumos totales.....	29
Tabla 8: Datos de rendimiento de la instalación.....	32
Tabla 9: Generación total anual.....	35
Tabla 10: Consumo vs generación total.	37
Tabla 11: Tarifas.....	45
Tabla 12: Dimensionamiento de la batería (kWh).....	47
Tabla 13: Comparación de costes según la capacidad de la batería.	48
Tabla 14: Cálculo de excedentes (kWh).....	49
Tabla 15: Diferencias de consumo de la red.....	51
Tabla 16: Resumen de excedentes.....	52
Tabla 17: Datos del vehículo diésel.....	53
Tabla 18: Comparativa de costes.....	54
Tabla 19: Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de instalación.	64
Tabla 20: Costes en los equipos principales.....	65
Tabla 21: Presupuestos orientativos.	65
Tabla 22: Amortización de las instalaciones.	66
Tabla 23: Amortización de la instalación.	71



1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge de una duda real, ¿Qué pasaría si sustituyo mi coche diésel actual por un vehículo eléctrico?, ¿Saldría rentable si instalo paneles fotovoltaicos en mi casa? ¿Qué coste o ahorro me supondría? Pues bien, a lo largo del proyecto nos encargaremos de resolver estas preguntas haciendo un estudio y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica en mi propia vivienda, ubicada en Alicante, donde, analizaremos que tipo de instalación y equipos se ajustan más a nuestras necesidades, como gestionar los excedentes generados, o cuanto ahorro anual puedo llegar a obtener, entre otras muchas cosas.



2. OBJETIVO

Nuestro objetivo principal con la instalación fotovoltaica es optimizar al máximo posible los gastos en energía de la vivienda, no solamente el gasto actual en la factura de la luz, sino que, entre otros temas, se estudiará también la incorporación de un nuevo vehículo eléctrico para suplir el vehículo diésel actual, analizando el impacto de esta nueva carga, pero a su vez dejando a un lado el consumo de combustible fósil y el ahorro que ello conlleva.



3. DATOS DE PARTIDA

3.1. UBICACIÓN

La vivienda unifamiliar se encuentra ubicada en la ciudad de Alicante (38.372, -0.500), concretamente en la C/Roma, N° 105. Se trata de un bungalow en la que residen 4 familiares adultos y en el que como podemos ver en las siguientes imágenes esta adosado con viviendas a ambos lados.

Entre las características encontramos un tejado a dos aguas con una inclinación de 30° para ambos lados y un azimut de 70° (suroeste) para uno de ellos, y de 110° (noroeste) para el otro.



Ilustración 1: Ubicación de la vivienda.



Ilustración 2: Ubicación de la vivienda 2.

Debido a que el tejado con orientación noroeste (azimut 110°) tiene una terraza la cual no nos permite ubicar todos los paneles en ese lado complicando así la instalación teniendo que ubicar también paneles solares en la orientación suroeste, se ha decidido que lo mejor es ubicar todos ellos en la orientación suroeste (azimut 70°). Además, como veremos más adelante debido a nuestras características de consumo, nos es más favorable que cuanto más generemos en las horas de la tarde, mejor, y una ubicación noroeste no es recomendable para estas características. Destacar también que, al tener el tejado una inclinación de 30° , la estructura de anclaje será coplanar de tal forma que los panees tendrán esta misma inclinación.

3.2. CONSUMOS GENERALES

Para el cálculo de la curva de carga de la vivienda, desde el área privada de I-DE de Iberdrola accedemos a nuestro contador y nos descargamos en un Excel el consumo horario desde el 01/01/2024 hasta el 31/12/2024, teniendo así todos los consumos de cada hora de la casa durante el periodo de un año.

En las siguientes gráficas podemos observar el consumo total mes a mes a lo largo del año y el consumo promedio diario para cada mes.

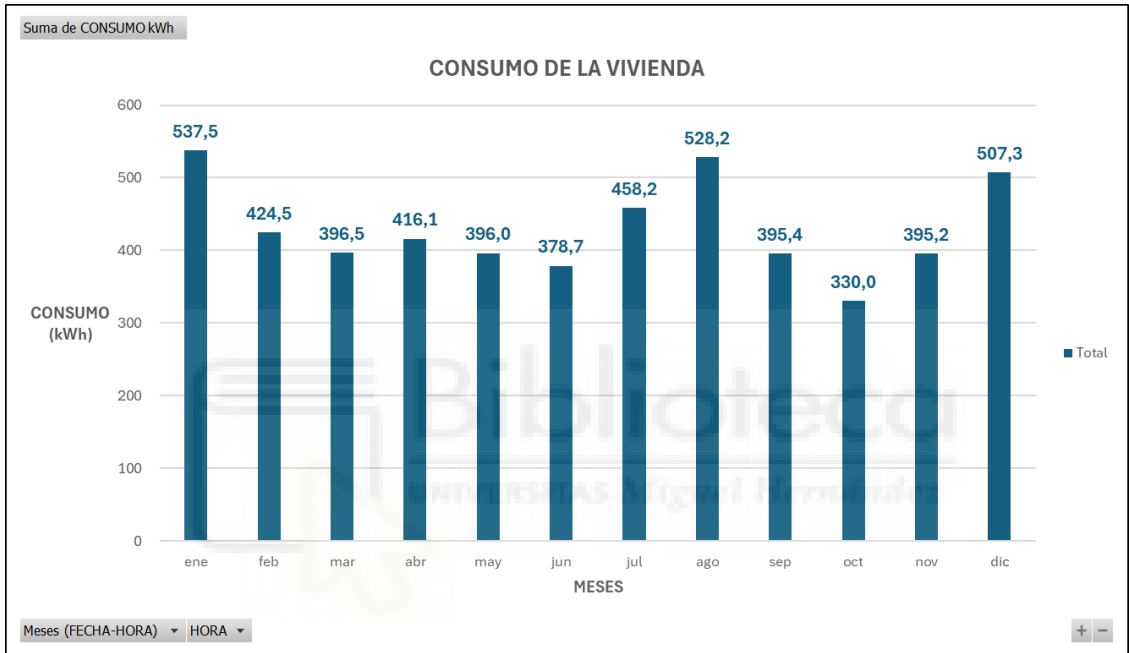


Ilustración 3: Consumo anual general de la vivienda.

MESES	CONSUMO VIVIENDA (kWh)
ene	537,5
feb	424,5
mar	396,5
abr	416,1
may	396,0
jun	378,7
jul	458,2
ago	528,2
sep	395,4
oct	330,0
nov	395,2
dic	507,3
Total	5.163,6

Tabla 1: Consumo anual general de la vivienda.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

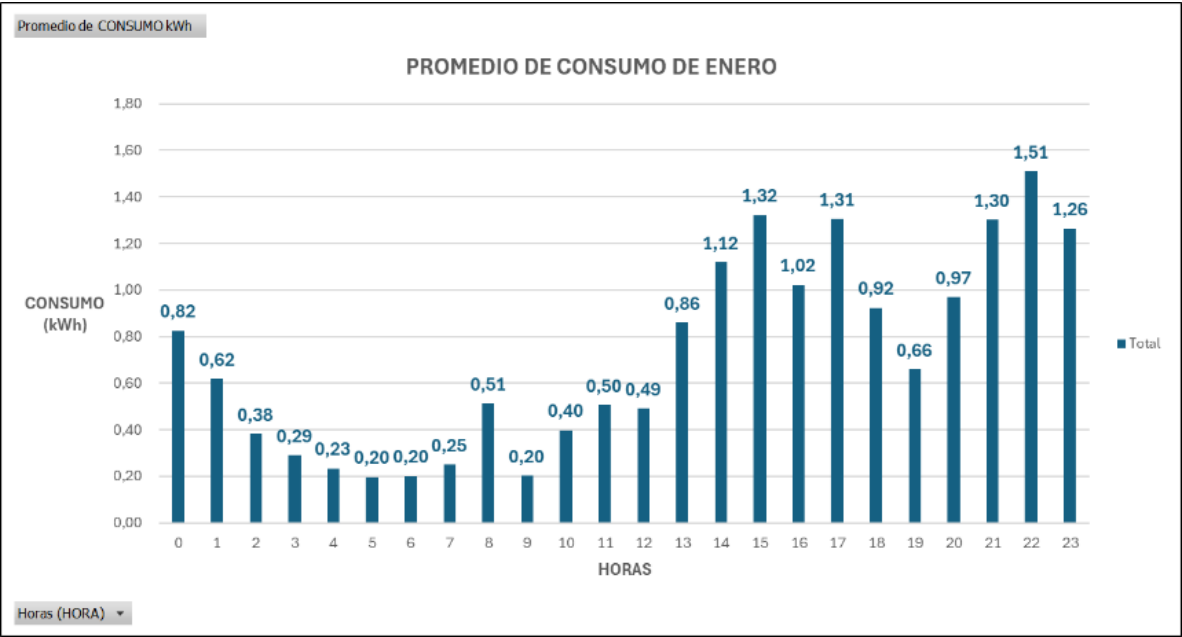


Ilustración 4: Consumo promedio diario de enero.

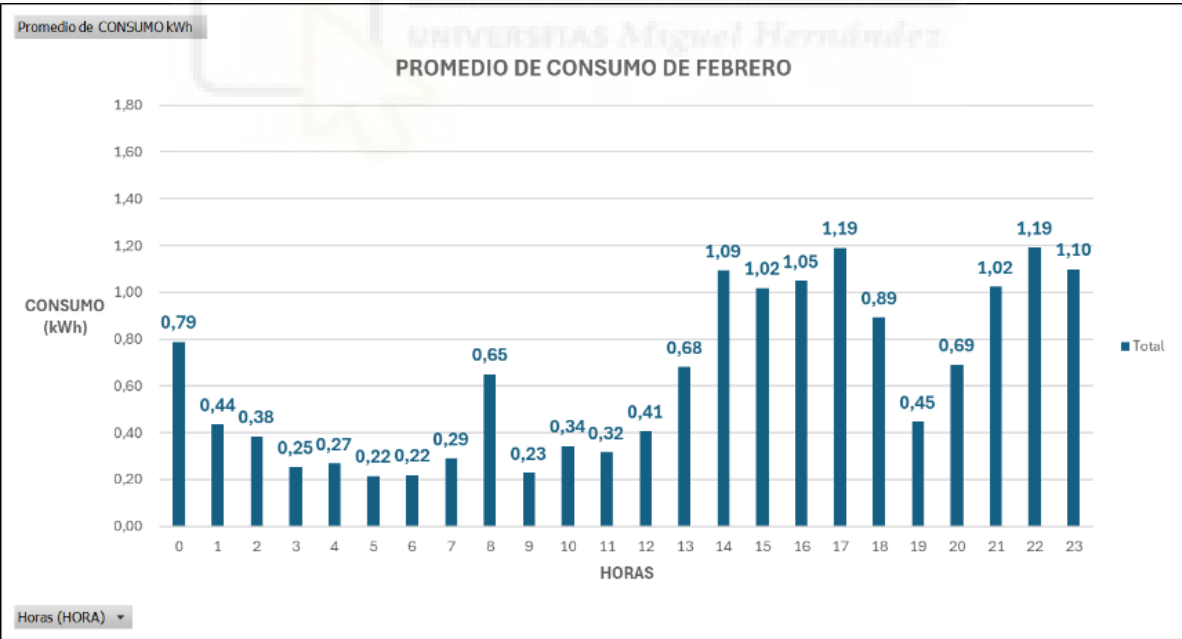


Ilustración 5: Consumo promedio diario de febrero.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

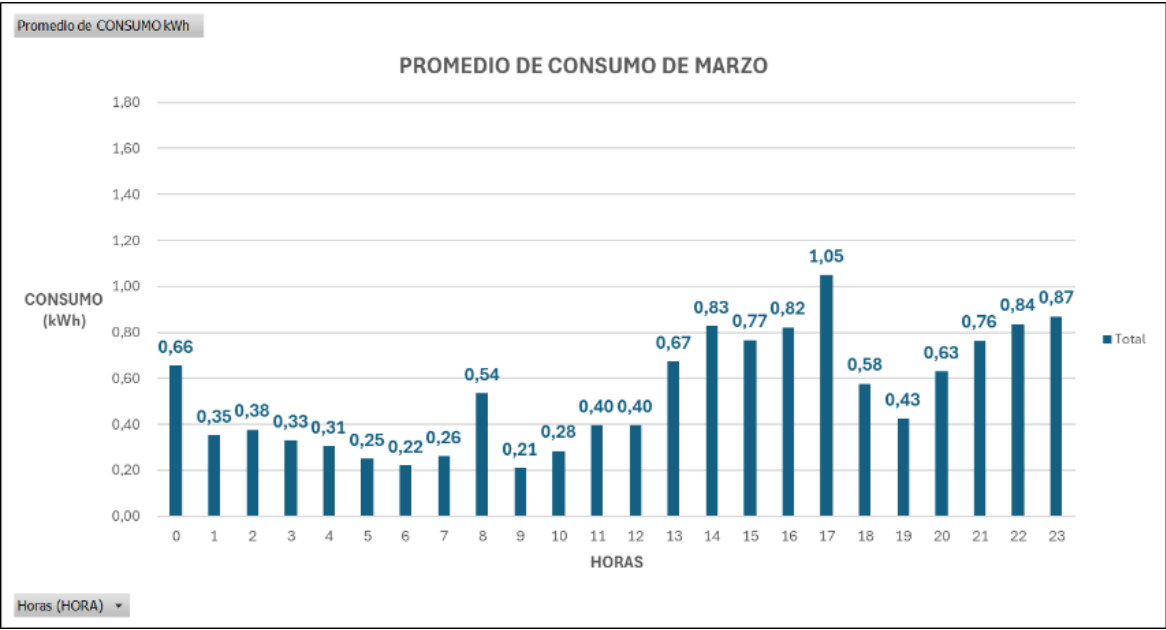


Ilustración 6: Consumo promedio diario de marzo.

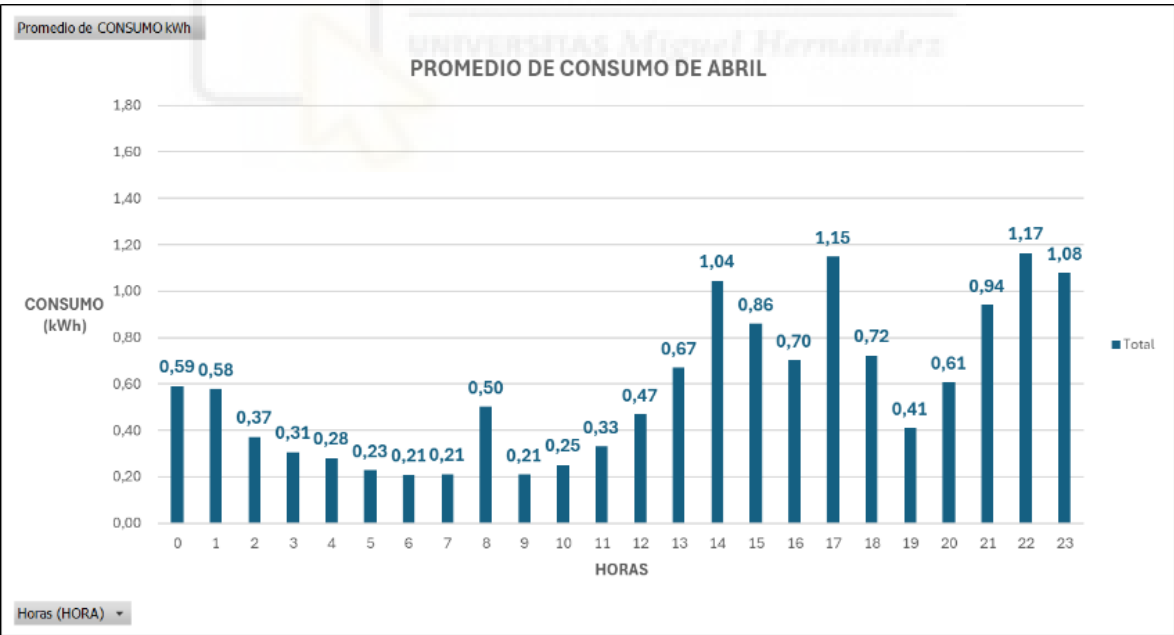


Ilustración 7: Consumo promedio diario de abril.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

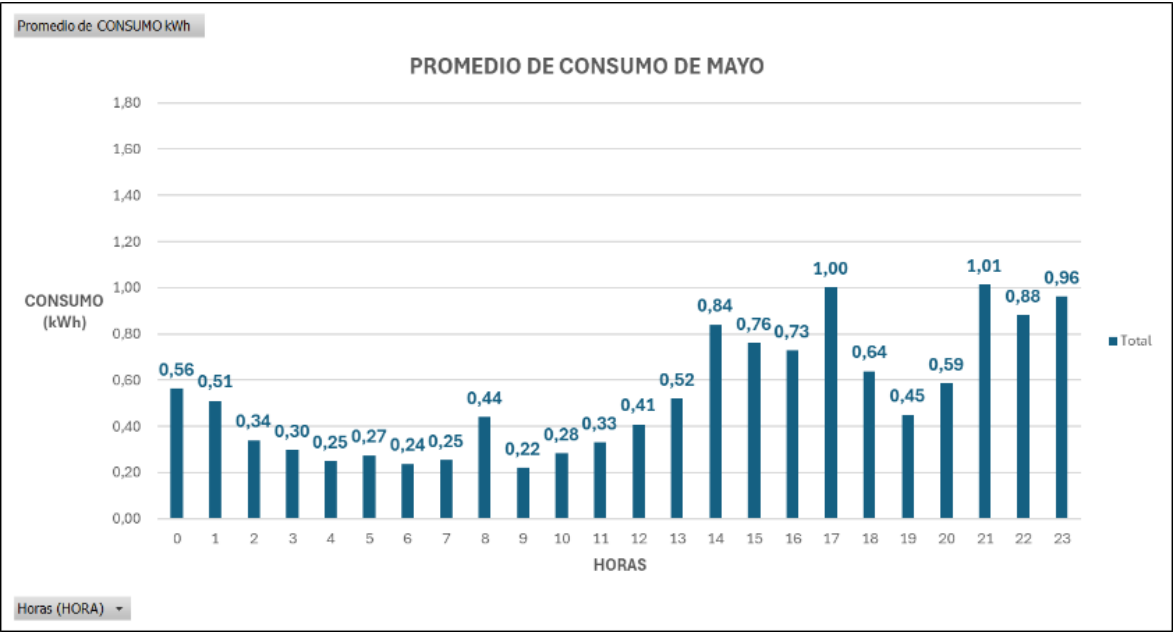


Ilustración 8: Consumo promedio diario de mayo.

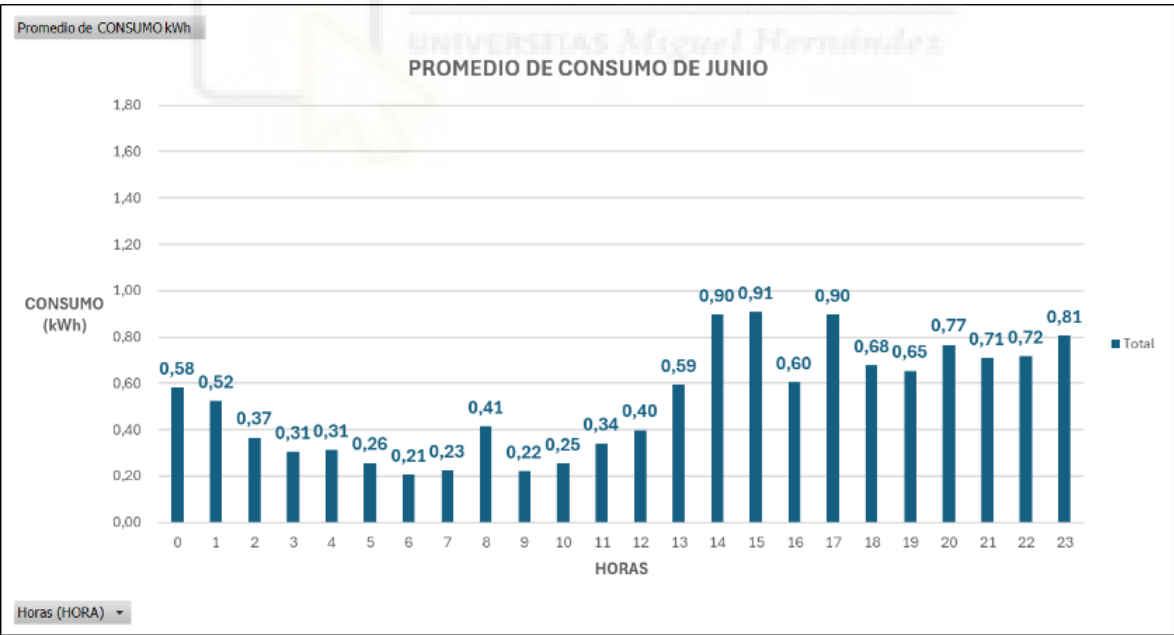


Ilustración 9: Consumo promedio diario de junio.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

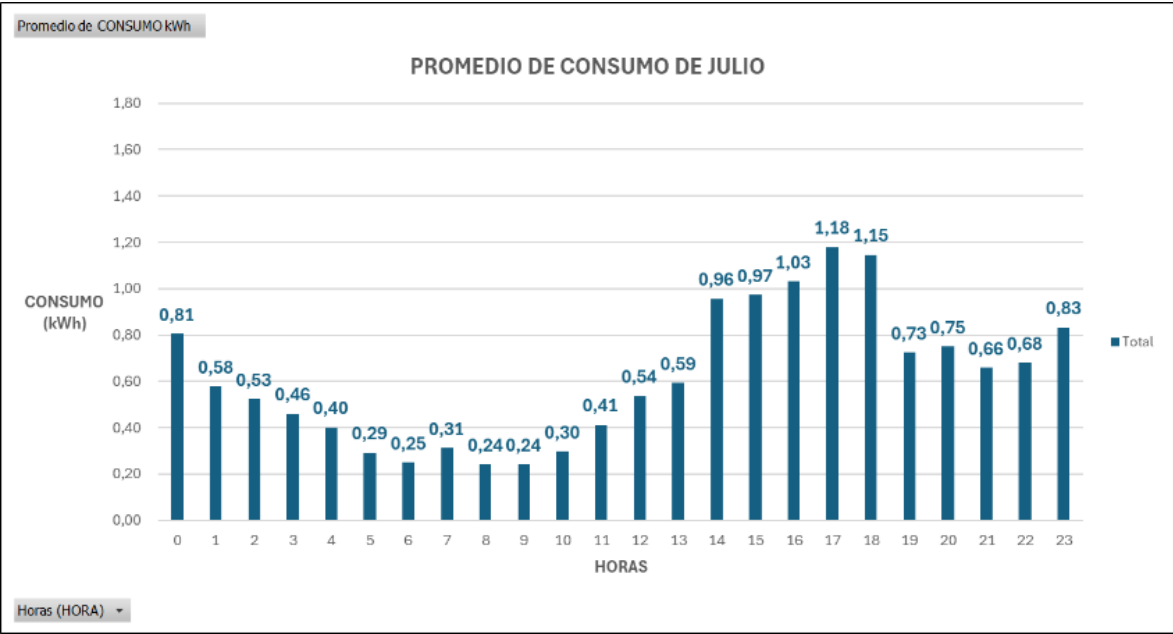


Ilustración 10: Consumo promedio diario de julio.

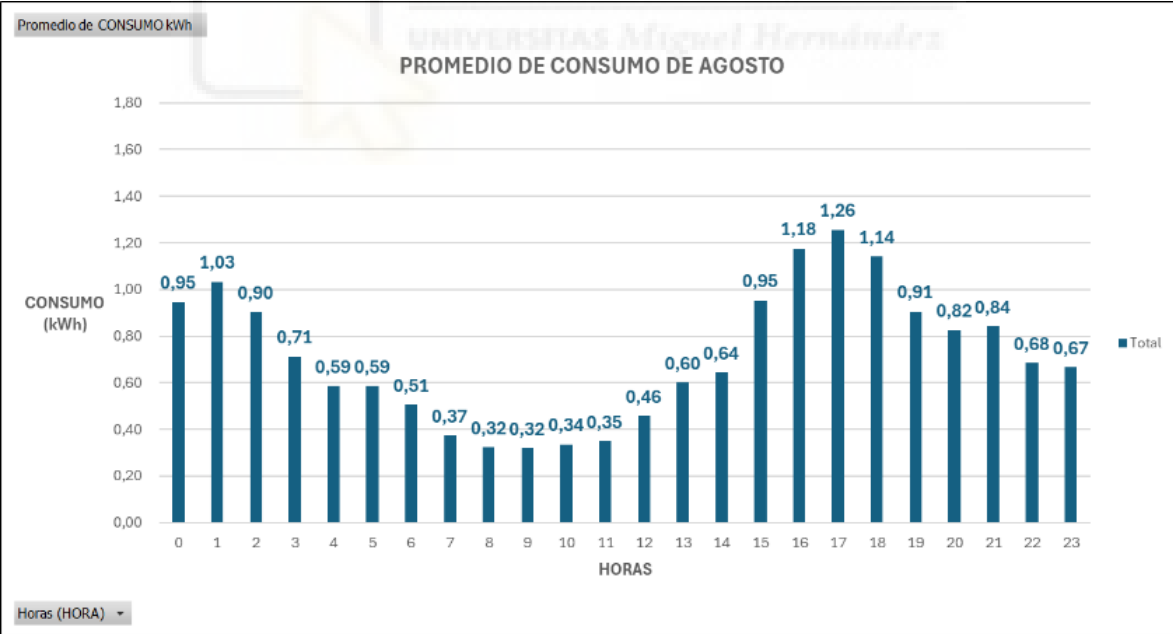


Ilustración 11: Consumo promedio diario de agosto.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

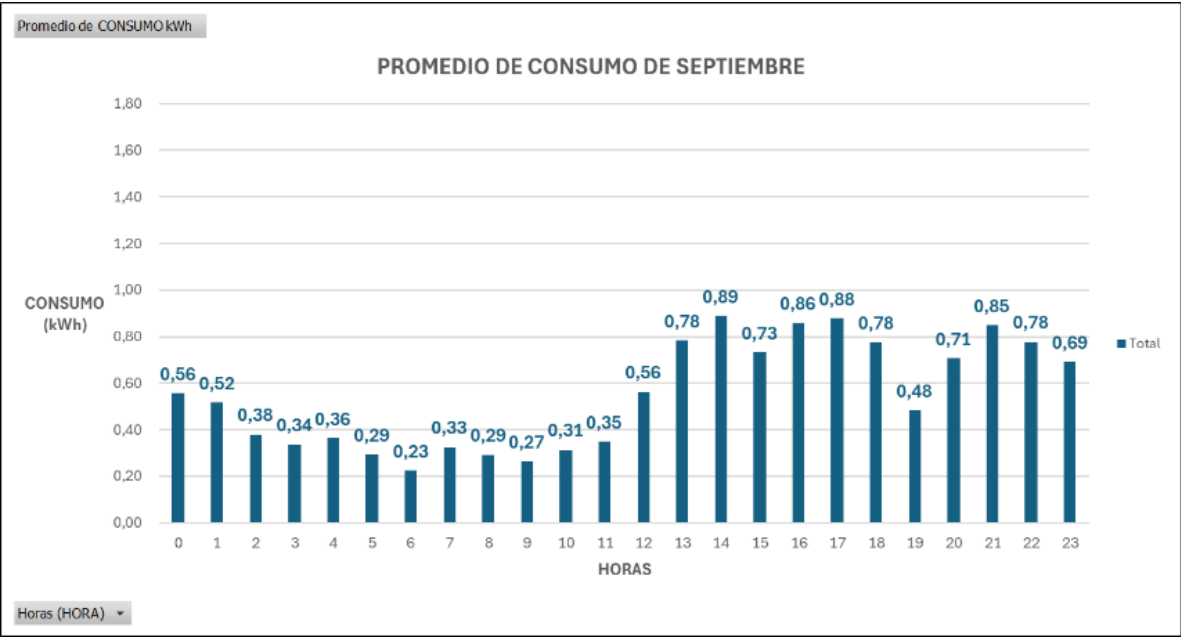


Ilustración 12: Consumo promedio diario de septiembre.

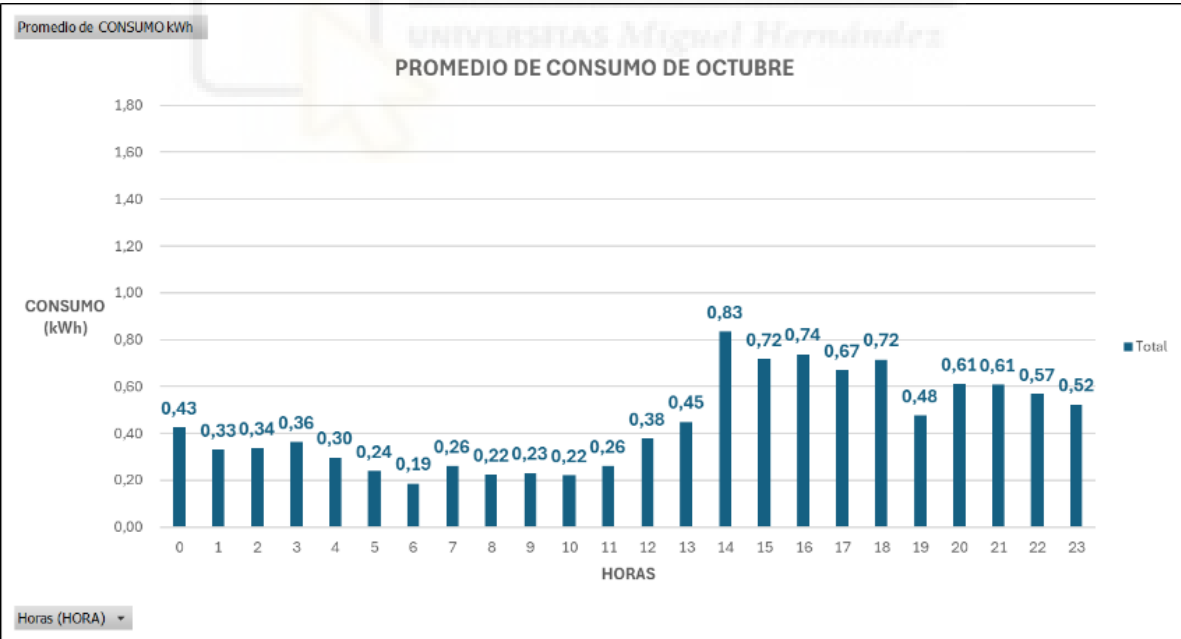


Ilustración 13: Consumo promedio diario de octubre.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

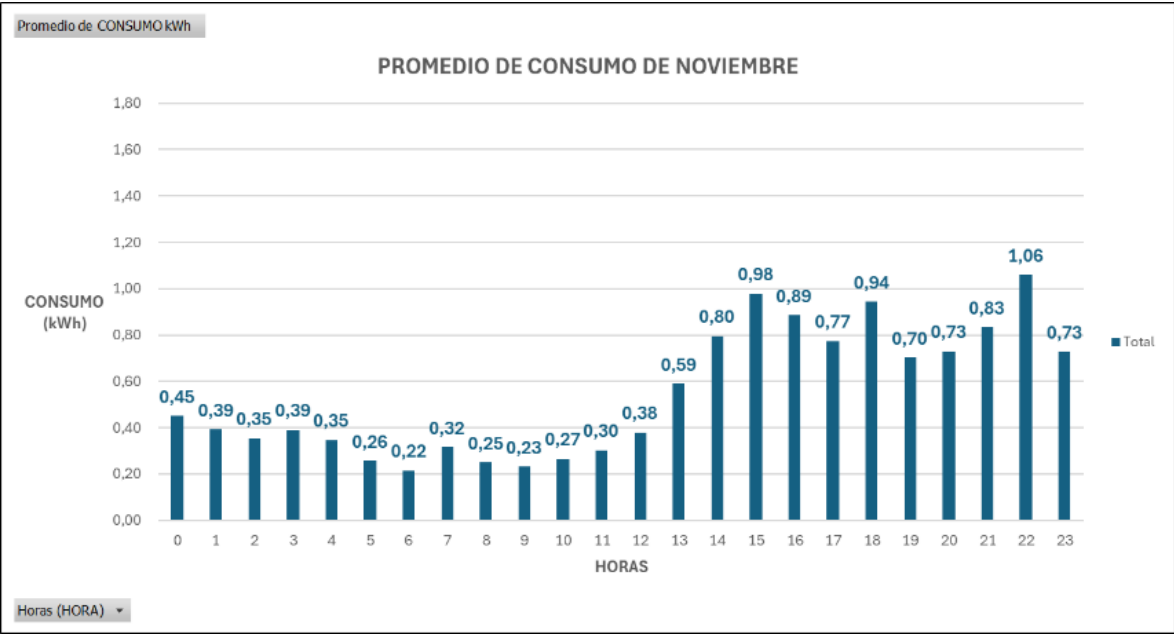


Ilustración 14: Consumo promedio diario de noviembre.

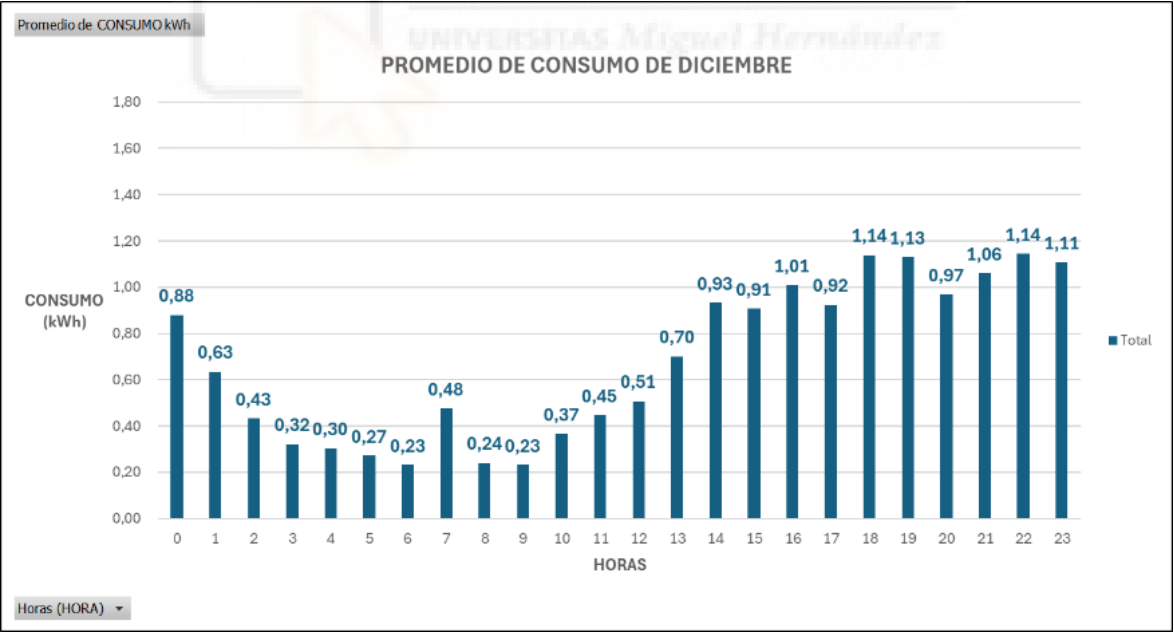


Ilustración 15: Consumo promedio diario de diciembre.

Como podemos observar en los gráficos de los consumos promedios diarios, por norma general a lo largo del año hay un mayor consumo sobre todo en las primeras horas de la tarde y en las primeras horas de la noche, debido a que durante la mañana y parte de la tarde los miembros de la vivienda se encuentran en su lugar de trabajo.

Además, en los meses de invierno y de verano también se observa un incremento en el consumo, este gasto es debido principalmente a los aires acondicionados utilizados para mantener una temperatura de confort en la vivienda.



3.3. CONSUMO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Los consumos que acabamos de ver en el apartado “3.2. CONSUMOS GENERALES” son la suma de todas las cargas que teníamos hasta ahora en la vivienda, pero como ya hemos expuesto en el apartado “2. OBJETIVOS”, la principal motivación de la instalación de las placas solares en la vivienda es para rentabilizar el cambio de un vehículo diésel a uno eléctrico.

El modelo de vehículo escogido es el **Hyundai Kona Eléctrico**. Aunque no se trata de una unidad barata, ya que su precio ronda los 35.000 €, sí que es un vehículo que se puede adaptar muy bien a nuestras necesidades, gracias, entre otras de sus características, a su autonomía. El vehículo de la marca coreana también destaca por su ergonomía, calidad y fiabilidad, siendo estas muy importantes para nosotros ya que le daremos un gran uso.

En la “*Tabla 2*” se muestran algunos de los datos más importantes que debemos tener en cuenta.



Ilustración 16: Imagen Hyundai Kona.

DATOS DEL VEHÍCULO		
MODELO	HYUNDAI KONA	
AUTONOMÍA	380	km
CONSUMO	15	kWh/100
CAPACIDAD BATERÍA	49	kWh
CAPACIDAD BATERÍA AL 20%	9,8	kWh
CAPACIDAD BATERÍA AL 80%	39,2	kWh
GARGA ÚTIL	29,4	kWh

Tabla 2: Datos Hyundai Kona

Sabiendo los datos del vehículo, ya podemos hacer los cálculos para saber que consumo nos va a suponer.

CARGA ELÉCTRICA		
KM DIARIOS	70	km
KM SEMANALES	420	km
DIAS DE LA SEMANA PROD	6	
CONSUMO SEMANAL	75,6	kWh
CARGAS SEMANALES 80%	2,6	
KW A RECARGAR DIARIOS	10,8	kW
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,2	

Tabla 3: Datos de la carga del vehículo.

Debido a que mi actual trabajo se encuentra en la localidad de Aspe, a 35 km de mi casa, hago una media de 420 km semanales, lo que significa que con un consumo del vehículo de 15 kWh/100, más aplicándole un factor de corrección que lo multiplica por 1,2. Este factor lo aplicamos porque los vehículos eléctricos en autovía siempre consumen algo más que lo que nos dicen los fabricantes al no regenerar energía en la frenada, a diferencia de como si pasa en ciudad donde se frena y se acelera continuamente. Lo que finalmente da un consumo del vehículo semanal de **75,6 kWh**.

Por tanto, para cubrir el consumo del vehículo necesitamos cargar diariamente vivienda **10,8 kWh**.

$$\text{Consumo semanal} = \frac{420 \cdot 15}{100} \cdot 1,2 = \mathbf{75,6 \text{ kWh}}$$

$$\text{Consumo diario} = \frac{75,6}{7} = \mathbf{10,8 \text{ kWh}}$$

Una vez ya sabemos el consumo, debemos ver como distribuir la carga a lo largo del día, qué número de horas va a estar cargando y a qué potencia. Como mi jornada laboral finaliza a las 15:00h, puedo empezar la carga alrededor de las 16:00h y aprovechar al máximo las horas de luz, sobre todo en los meses de verano donde hay más horas de sol.

Debido a que el cargador del coche que vamos a instalar es inteligente nos va a dar mucha flexibilidad con la carga. La forma de carga que se ha decidido es cargar durante 4 o 5 horas a la potencia mínima de 2,3 kWh que nos garantiza el fabricante en el periodo de 16:00h a 21:00h, intentando acumular siempre el máximo número de horas de carga cuando estamos generando energía con nuestra instalación.

Otra de las opciones que se había barajado era la de contratar una tarifa por periodos y cargar el vehículo por la noche, pero debido a que lo que buscamos es tratar de consumir el mínimo posible de la red y aprovechar nuestra generación, hemos optado por esta opción. En la siguiente gráfica podemos ver como quedaría la distribución de las horas de carga para cada día.

CONSUMO POR HORAS	
HORAS	CONSUMO (kWh)
0:00:00	0
1:00:00	0
2:00:00	0
3:00:00	0
4:00:00	0
5:00:00	0
6:00:00	0
7:00:00	0
8:00:00	0
9:00:00	0
10:00:00	0
11:00:00	0
12:00:00	0
13:00:00	0
14:00:00	0
15:00:00	0
16:00:00	2,3
17:00:00	2,3
18:00:00	2,3
19:00:00	2,3
20:00:00	2,3
21:00:00	0
22:00:00	0
23:00:00	0

Tabla 4: Distribución horaria de la carga del coche.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

En los siguientes gráficos vemos tanto el consumo promedio diario, como ya hemos ya hemos podido comprobar también en la “*Tabla 4*”, como el consumo total del año a lo largo de los meses.

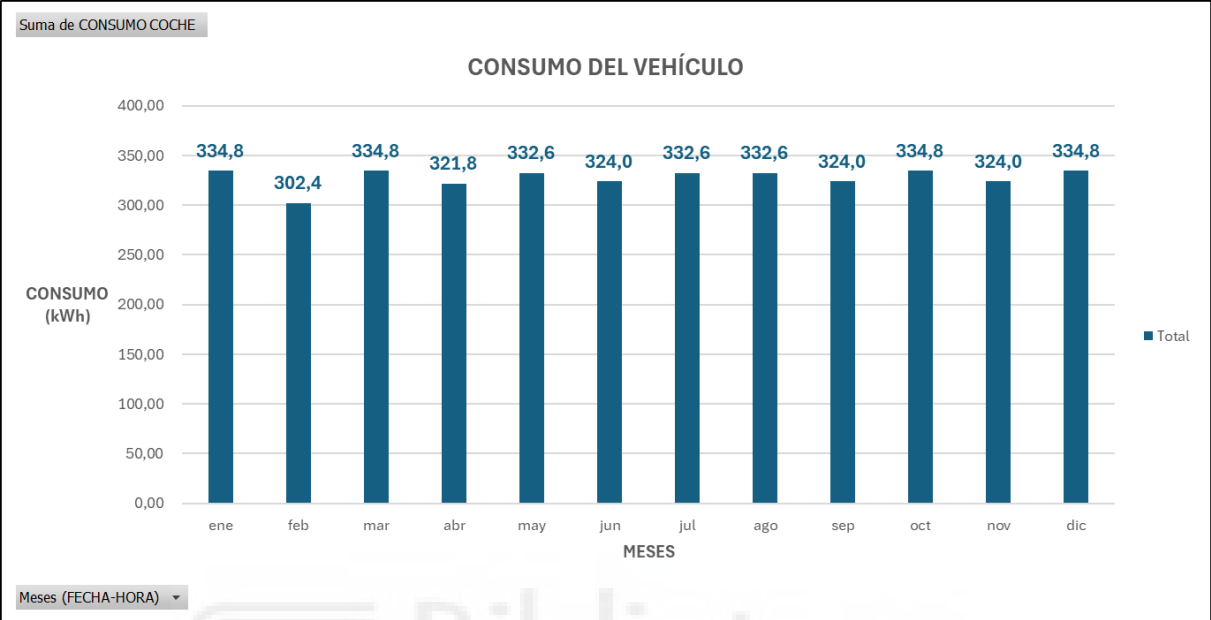


Ilustración 17: Consumo anual del vehículo.

MESES	CONSUMO VEHÍCULO (kWh)
ene	334,8
feb	302,4
mar	334,8
abr	321,8
may	332,6
jun	324
jul	332,6
ago	332,6
sep	324
oct	334,8
nov	324
dic	334,8
Total	3.933,36

Tabla 5: Consumo anual del vehículo.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

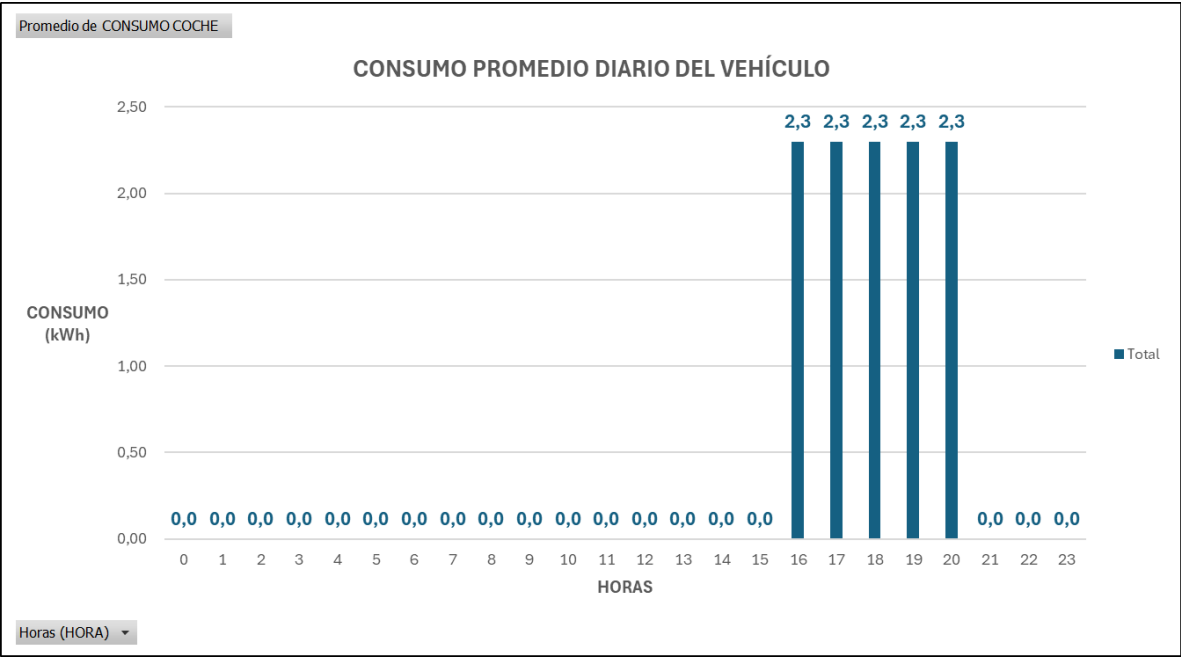


Ilustración 18: Consumo promedio diario del vehículo.



3.4. CONSUMO TOTAL

Cuando nos referimos a consumo total es porque hacemos referencia a la suma del consumo general de la vivienda más el consumo del vehículo.

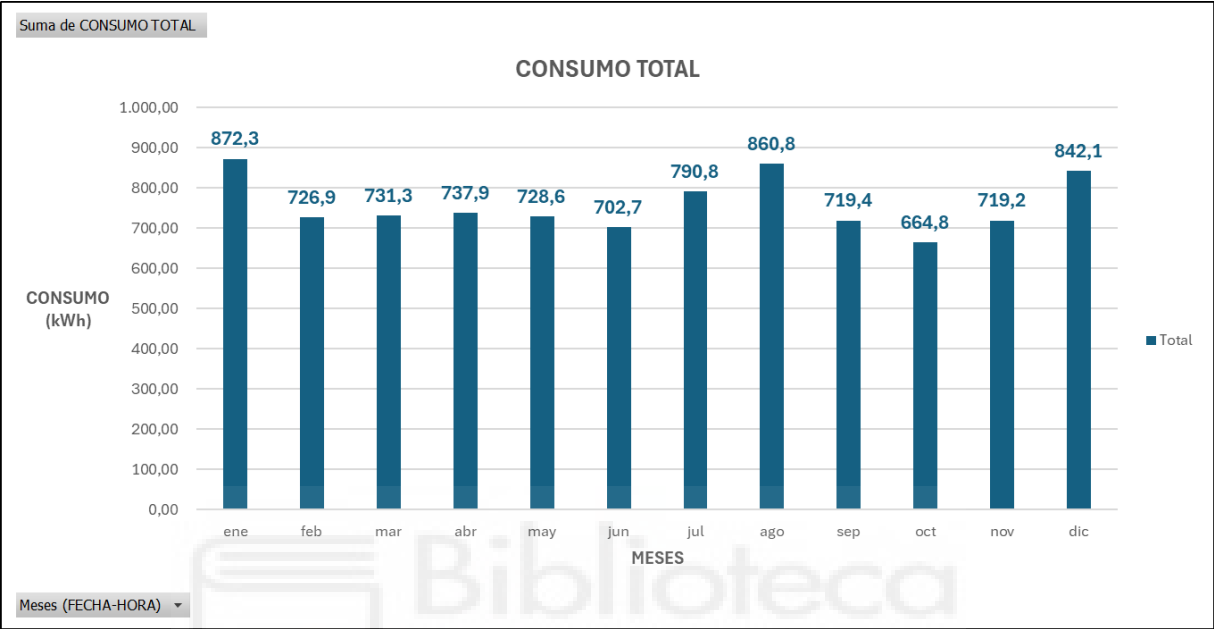


Ilustración 19: Consumo anual total.

MESES	CONSUMO TOTAL (kWh)
ene	872,3
feb	726,9
mar	731,3
abr	737,9
may	728,6
jun	702,7
jul	790,8
ago	860,8
sep	719,4
oct	664,8
nov	719,2
dic	842,1
Total	9.097,0

Tabla 6: Consumo anual total.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

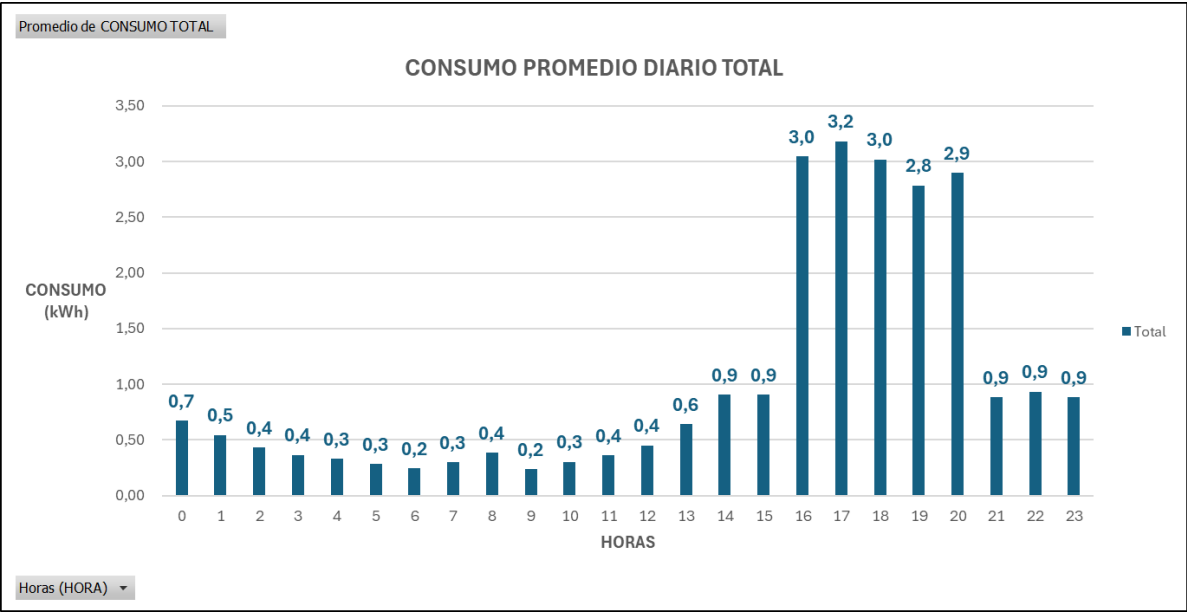


Ilustración 20: Consumo promedio diario total.

Ahora que ya conocemos todos nuestros consumos, podemos llegar a diferentes conclusiones, como que solo el coche supone prácticamente la mitad de nuestro consumo total, un **43,2%** y que lo ideal es instalar una potencia pico la cual nos genere alrededor de **9.100 kWh** al año.

MESES	CONSUMO VEHÍCULO (kWh)	CONSUMO VIVIENDA (kWh)	CONSUMO TOTAL (kWh)	% CONSUMO DEL VEHÍCULO
ene	334,8	537,5	872,3	38,4%
feb	302,4	424,5	726,9	41,6%
mar	334,8	396,5	731,3	45,8%
abr	321,8	416,1	737,9	43,6%
may	332,6	396,0	728,6	45,7%
jun	324,0	378,7	702,7	46,1%
jul	332,6	458,2	790,8	42,1%
ago	332,6	528,2	860,8	38,6%
sep	324,0	395,4	719,4	45,0%
oct	334,8	330,0	664,8	50,4%
nov	324,0	395,2	719,2	45,1%
dic	334,8	507,3	842,1	39,8%
Total	3.933,4	5.163,6	9.097,0	43,2%

Tabla 7: Resumen de consumos totales.

3.5. GENERACIÓN DE ENERGÍA

3.5.1. DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE GENERACIÓN

Para el cálculo de generación de energía vamos a hacer uso de la conocida web “PVGIS”, ya que en ella nos podremos descargar los datos horarios al igual que hemos hecho con los consumos en el área privada de I-DE.

Lo primero que hacemos es, en la sección de “DATOS DIARIOS”, marcar la casilla de irradiancia e indicar nuestros datos de azimuth e inclinación, como ya hemos comentado anteriormente son, azimuth, 70° e inclinación, 30°. Una vez hecho estos nos descargamos el archivo CSV para cada mes, desde enero hasta diciembre.

CONECTADO A RED

FV CON SEGUIMIENTO

FV AUTÓNOMO

DATOS MENSUALES

DATOS DIARIOS

DATOS HORARIOS

TMY

DATOS PROMEDIO DIARIOS DE IRRADIANCIA

Base de datos de radiación solar* PVGIS-SARAH3

Mes* Enero

☐ Hora UTC ☒ Hora local

Sobre plano fijo:

☒ Irradiancia

☐ Irradiancia cielo claro

Inclinación [°] 30

Azimut [°] 70

Sobre plano con seguimiento:

☐ Irradiancia

☐ Irradiancia cielo claro

Temperatura:

☐ Perfil diario de temperatura

Visualizar resultados

CSV

json

Ilustración 21: Datos promedio diarios PVGIS.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

Latitude (decimal degrees):	38.372	G(i): Global irradiance on a fixed plane (W/m2)		
Longitude (decimal degrees):	-0,5	Gb(i): Direct irradiance on a fixed plane (W/m2)		
Radiation database:	PVGIS-SARAH3	Gd(i): Diffuse irradiance on a fixed plane (W/m2)		
Results for:	January	PVGIS (c) European Union, 2001-2025		
Slope of plane (deg.):	30			
Azimuth (orientation) of plane (deg.):	70			
time(UTC+1)		G(i)	Gb(i)	Gd(i)
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00		0	0	0
9:00		39,2	0	38,62
10:00		95,32	31,82	60,36
11:00		258,36	158,86	94,77
12:00		401,24	277,62	117,94
13:00		508,25	363,42	138,81
14:00		562,96	414,88	142,39
15:00		562,95	414,48	143,68
16:00		476,88	352,39	121,27
17:00		312,14	229,47	81,28
18:00		0,24	0	0,23
19:00		0	0	0
20:00		0	0	0
21:00		0	0	0
22:00		0	0	0
23:00		0	0	0

Ilustración 22: Datos promedio diarios Excel.

En los archivos CSV que nos hemos descargado, como vemos en la “*Ilustración 22*” obtenemos diferentes irradiancias, pero a nosotros la que nos interesa es la “Irradiación global sobre plano fijo”. Para convertir la irradiación en energía, se puede hacer de diferentes formas, pero una de las más sencillas y la que se ha utilizado en el presente proyecto es la siguiente:

En “PVGIS”, en la sección de “CONECTADO A RED”, indicamos nuestra inclinación y azimut como hemos hecho antes, pero aquí debemos seleccionar también que la posición del montaje es sobre tejado (coplanar), así aprovechamos la propia inclinación de nuestro tejado ya que es bastante optima, las perdidas estándar del 14% y una potencia pico de 1 kW. Seleccionamos 1 kWp porque así cuando nos descarguemos los datos de irradiación y de generación obtenemos la relación directa para calcular los rendimientos totales de nuestra instalación como vemos en la “*Tabla 8*”.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

CONECTADO A RED

FV CON SEGUIMIENTO

FV AUTÓNOMO

DATOS MENSUALES

DATOS DIARIOS

DATOS HORARIOS

TMY

RENDIMIENTO DE UN SISTEMA FV CONECTADO A RED

Base de datos de radiación solar*

Tecnología FV*

Potencia FV pico instalada [kWp]*

Pérdidas sistema [%]*

Opciones de montaje fijo

Posición de montaje *

Inclinación [°]*

Azimut [°]*

☐ Precio electricidad FV

Coste sistema FV [su divisa]

Interés [%/año]

Vida útil [años]

PVGIS-SARAH3

Silicio cristalino

1

14

Sobre el tejado / integrado en el edificio

☐ Optimizar inclinación

☐ Optimizar inclinación y azimut

Visualizar resultados

csv

json

Ilustración 23: Datos generación e irradiación PVGIS.

DATOS PARA POTENCIA 1 kWp			
MESES	IRRADIACIÓN (kWh/m2)	GENERACIÓN (kWh)	RENDIMIENTO
ene	97,99	76,78	78,35%
feb	109,07	85,2	78,11%
mar	147,24	113,76	77,26%
abr	172,91	131,3	75,94%
may	205,28	153,08	74,57%
jun	217,97	159,48	73,17%
jul	226,31	163,62	72,30%
ago	208,04	150,84	72,51%
sep	161,9	119,19	73,62%
oct	133,02	100,16	75,30%
nov	98,5	75,91	77,07%
dic	89,4	70,12	78,43%
Total	1.867,63	1.399,44	74,93%

Tabla 8: Datos de rendimiento de la instalación.

Resumen

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	38.372,-0.500
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH3
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	1
Pérdidas sistema [%]:	14
Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	30
Ángulo de azimut [°]:	70
Producción anual FV [kWh]:	1399.45
Irradiación anual [kWh/m²]:	1867.64
Variación interanual [kWh]:	44.12
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-3.06
Efectos espectrales [%]:	0.44
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-10.51
Pérdidas totales [%]:	-25.07

Ilustración 24: Resumen datos PVGIS para 1kWp.

Comprobamos nuestra “Tabla 8” con los datos que nos ofrece “PVGIS” y efectivamente nos coincide. Las pérdidas totales son el % faltante de nuestro rendimiento total. **74,93% + 25,07% = 100%**

Ahora que ya tenemos el consumo total anual y la generación en kWh para 1 kWp instalado, vamos a calcular cuantos kWp tenemos que instalar para poder cubrir nuestra necesidad. Para ello hacemos lo siguiente:

$$\text{Generación anual para 1 kWp} = 1.399,44 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo anual total} = 9.097 \text{ kWh}$$

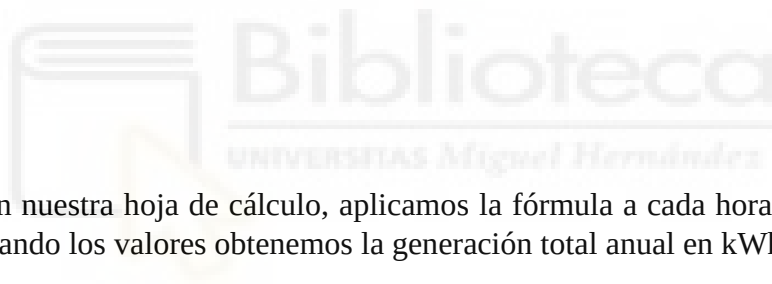
$$\text{Potencia pico a instalar} = \frac{9.097 \text{ kWh}}{1.399.44 \text{ kWh}} = 6,5 \text{ kWp}$$

Una vez ya sabemos que potencia pico tenemos que instalar, buscamos unos paneles solares que, por potencia y por tamaño se ajusten tanto a nuestras necesidades de generación como de ocupación en nuestro tejado. Más adelante, en el apartado “5. EQUIPOS ESCOGIDOS”, se explicarán más en detalle la elección de cada uno de los equipos, pero, adelantamos que los paneles son el modelo **LR5-66HTH-535M** de 535kWp, de la marca LONGI, e instalaremos un total de 12 placas, sumando una potencia total de **6,42 kWp**. Como vemos es una potencia pico muy similar a la que deberíamos instalar según nuestros cálculos (6,5 kWp).

Por lo tanto, con todos estos datos, solo quedaría aplicar la siguiente fórmula a cada valor de irradiación promedio diario que nos hemos descargado en el archivo CSV de “PVGIS”.

El ejemplo de la fórmula es con el valor de enero a las 9:00h de la “Ilustración 22”.

$$\text{Generación a las 9:00h} = \frac{39W}{m^2} \cdot \frac{1kW}{1000W} \cdot 6,42kWp \cdot 78,35\% = 0,197 kWh$$



Finalmente, en nuestra hoja de cálculo, aplicamos la fórmula a cada hora para cada día del año y sumando los valores obtenemos la generación total anual en kWh.

Muy importante remarcar que, en los meses de **abril a octubre, ambos incluidos hay que sumar 1 hora a los datos de “Irradiación global sobre plano fijo”**, ya que “PVGIS” no contempla los cambios horarios de verano e invierno.

3.5.2. GENERACIÓN TOTAL

En la siguiente tabla y gráficos vemos la suma de generación total anual, y la generación promedio diaria.

MESES	GENERACIÓN kWh
ene	501,7
feb	556,7
mar	738,9
abr	852,6
may	991,9
jun	1.032,4
jul	1.045,7
ago	965,8
sep	773,8
oct	654,0
nov	499,0
dic	460,4
Total	9.073,0

Tabla 9: Generación total anual.

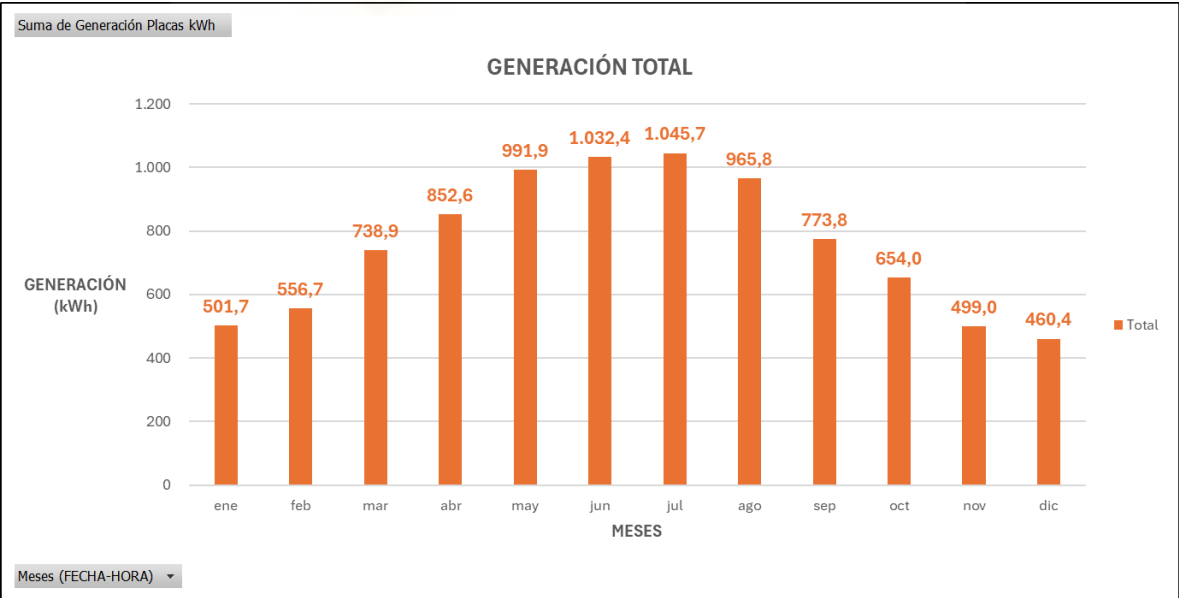


Ilustración 25: Generación total anual.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

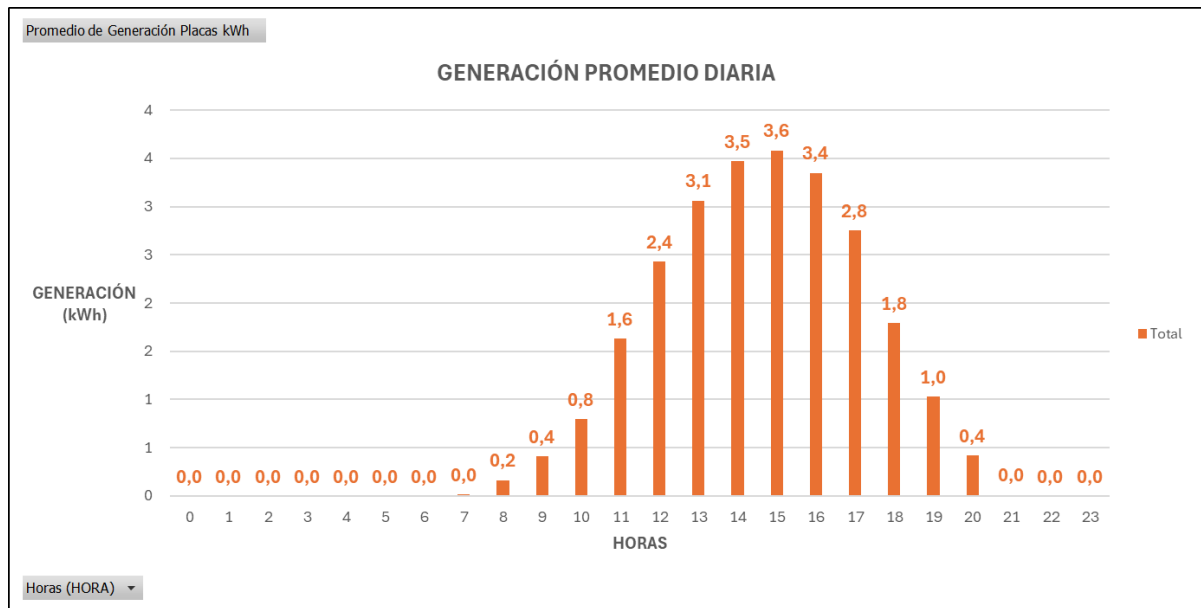


Ilustración 26: Generación promedio diaria.

Al haber instalado 6,42 kWp y no los 6,5 kWp que hemos calculado anteriormente que necesitábamos para cubrir el 100% de consumo, nos hemos quedado algo por debajo, pero es prácticamente insignificante.

En cuanto a la curva de generación promedio, como era de esperar, en las horas centrales del día es donde tenemos más capacidad de generación. También era obvio que en los meses de verano donde tenemos más horas de sol es donde más generamos.

En el siguiente apartado veremos más en detalle la generación horaria promedio de cada mes y la compararemos con el consumo.

3.6. CONSUMO VS GENERACIÓN

Ahora que ya tenemos todos los consumos por un lado y la generación por otra, vamos a juntarlos y compararlos, en las siguientes graficas veremos tanto la suma total de ambos valores como los valores promedios diarios de cada mes.

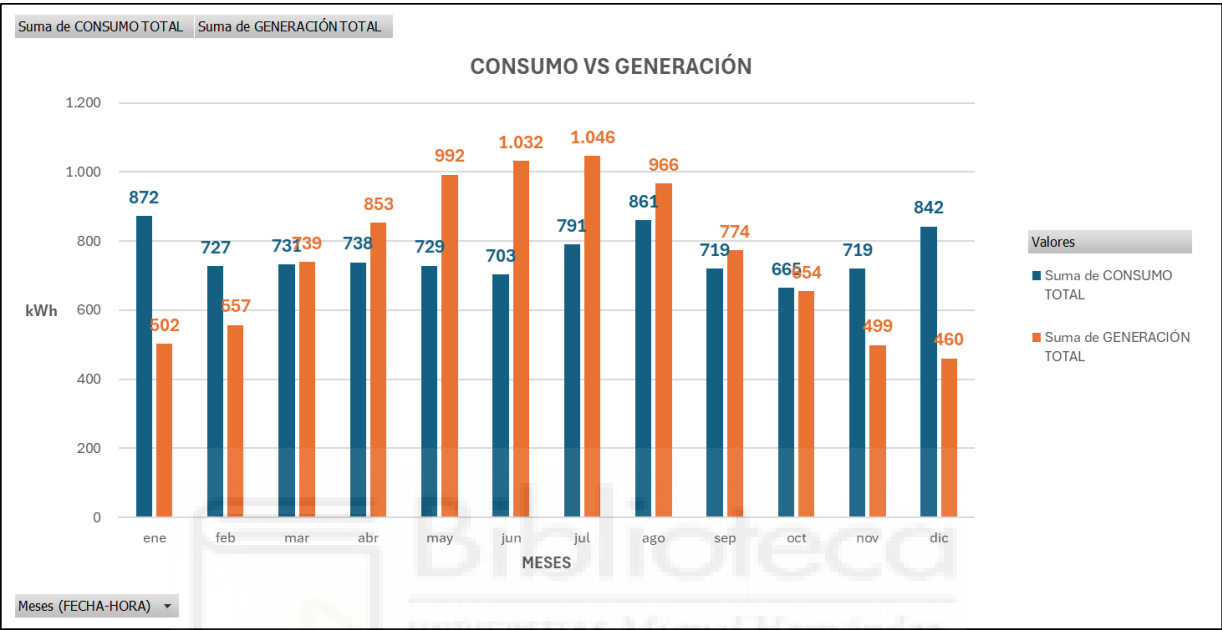


Ilustración 27: Consumo vs generación total.

MESES	CONSUMO TOTAL (kWh)	GENERACIÓN TOTAL (kWh)
ene	872,3	501,7
feb	726,9	556,7
mar	731,3	738,9
abr	737,9	852,6
may	728,6	991,9
jun	702,7	1.032,4
jul	790,8	1.045,7
ago	860,8	965,8
sep	719,4	773,8
oct	664,8	654,0
nov	719,2	499,0
dic	842,1	460,4
Total	9.097,0	9.073,0

Tabla 10: Consumo vs generación total.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

La generación prácticamente cubre el 100% del consumo anual en términos totales, con lo cual, podemos decir que hemos dimensionado la instalación correctamente.

A continuación, vamos con el dato promedio diario anual y los promedios diarios para cada mes.

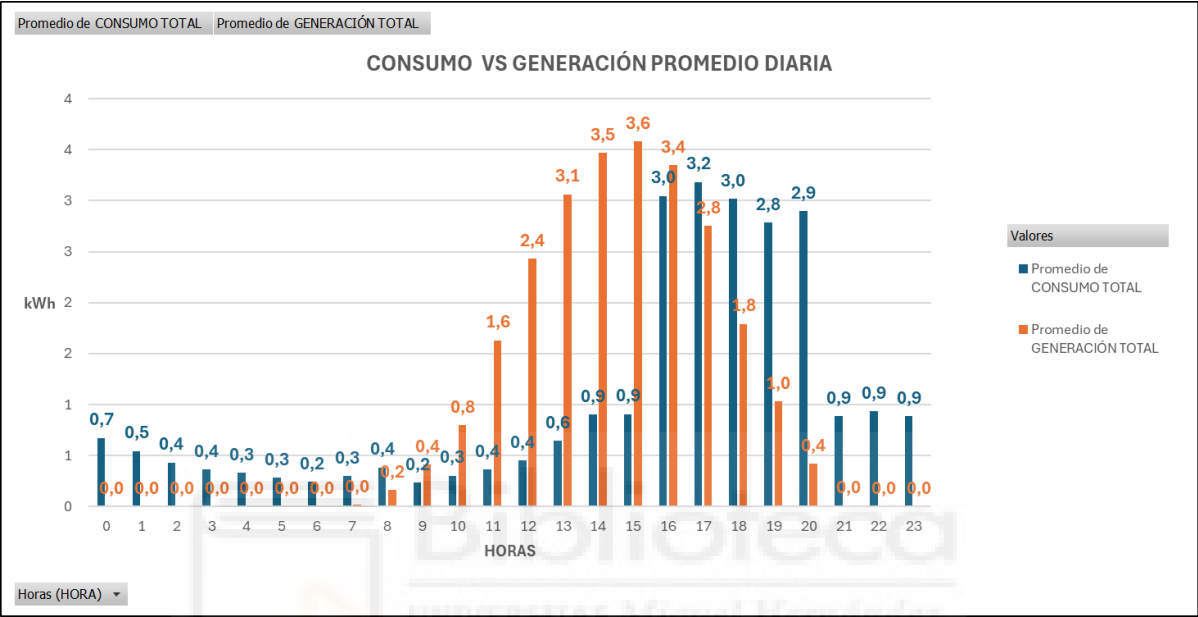


Ilustración 28: Consumo vs generación promedio diaria.

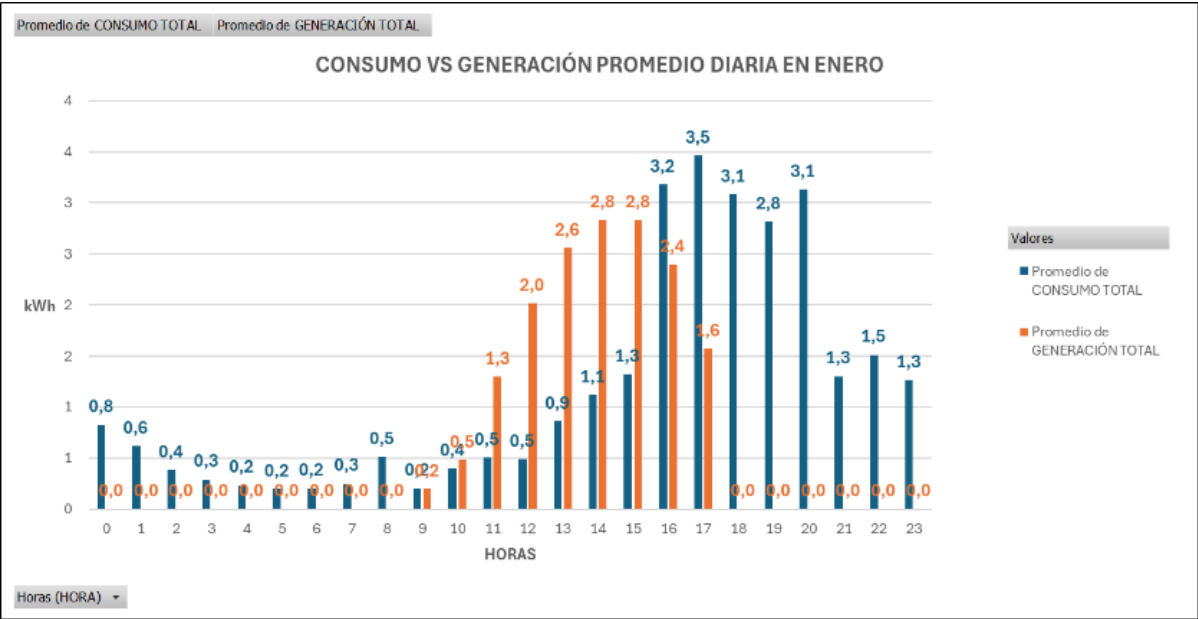


Ilustración 29: Consumo vs generación promedio diaria en enero.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

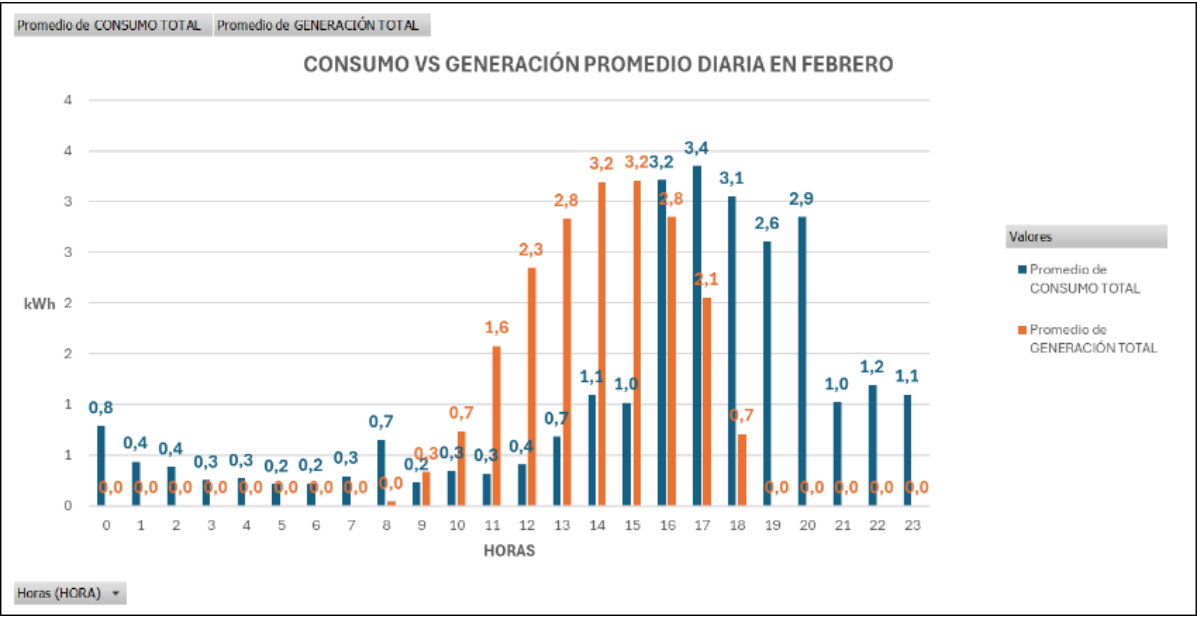


Ilustración 30: Consumo vs generación promedio diaria en febrero.

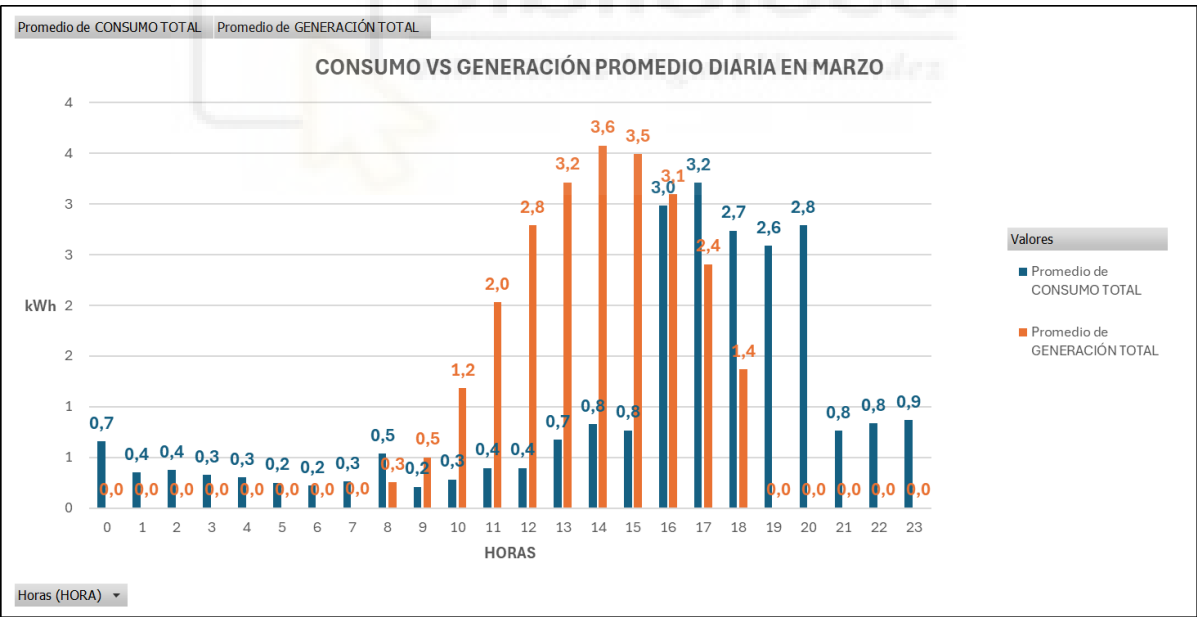


Ilustración 31: Consumo vs generación promedio diaria en marzo.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

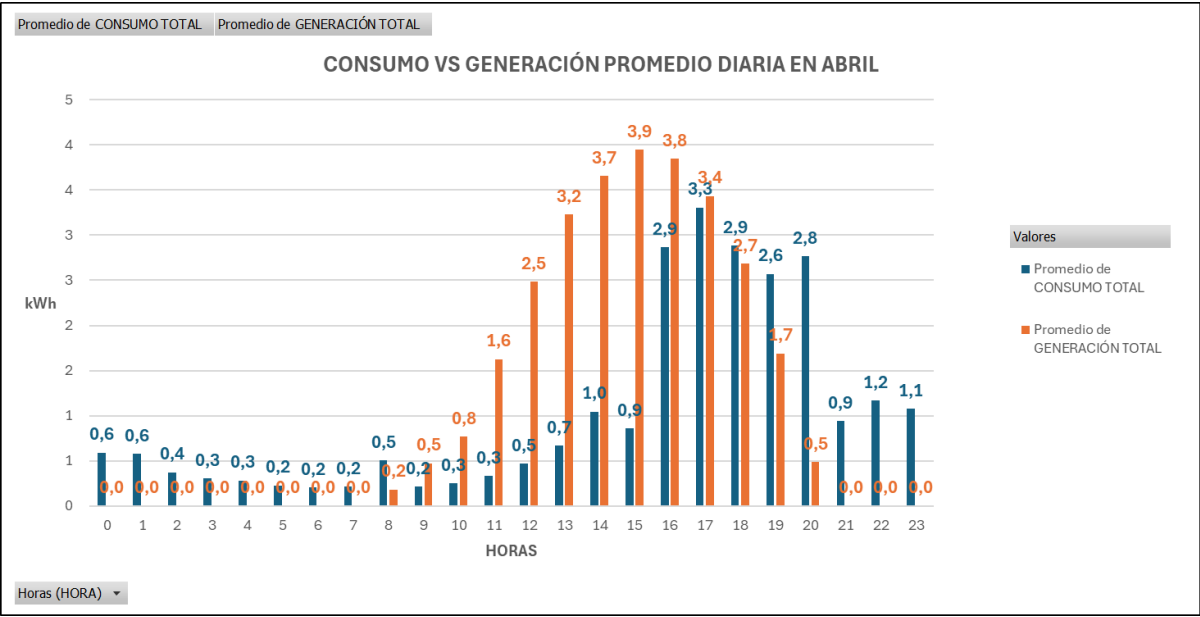


Ilustración 32: Consumo vs generación promedio diaria en abril.

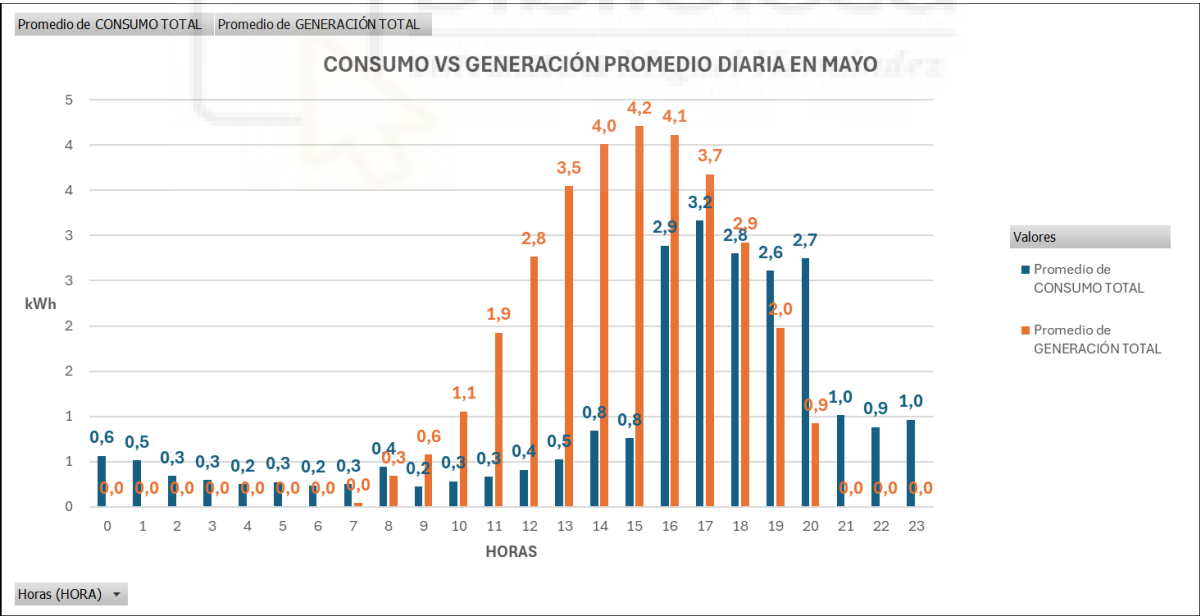


Ilustración 33: Consumo vs generación promedio diaria en mayo.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

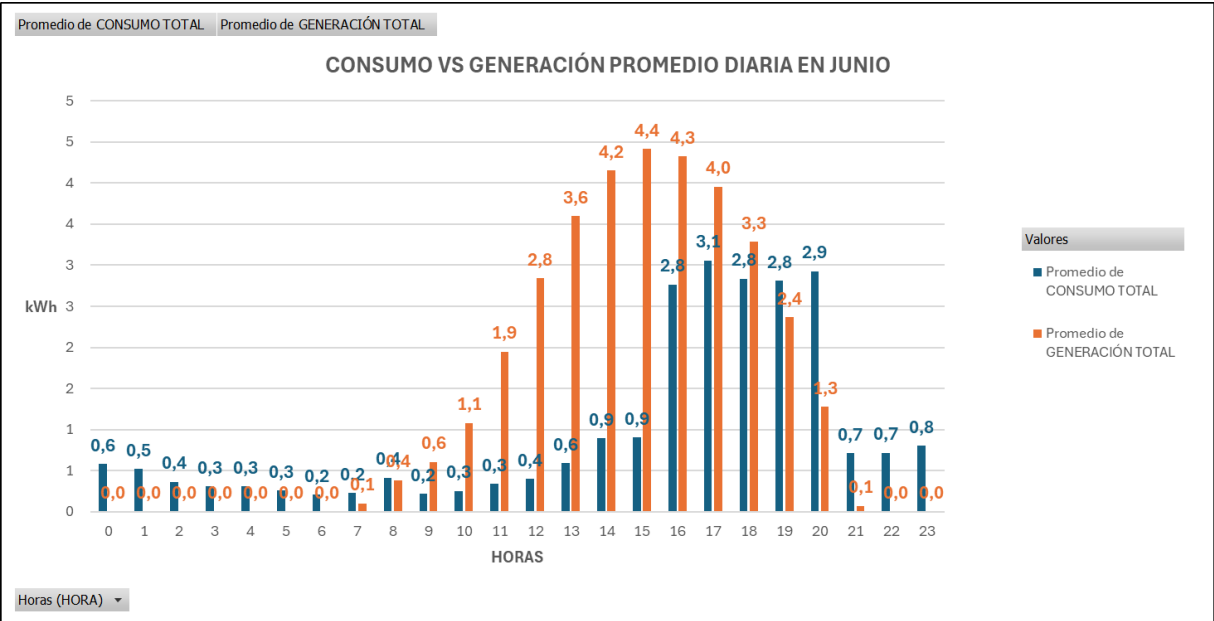


Ilustración 34: Consumo vs generación promedio diaria en junio.

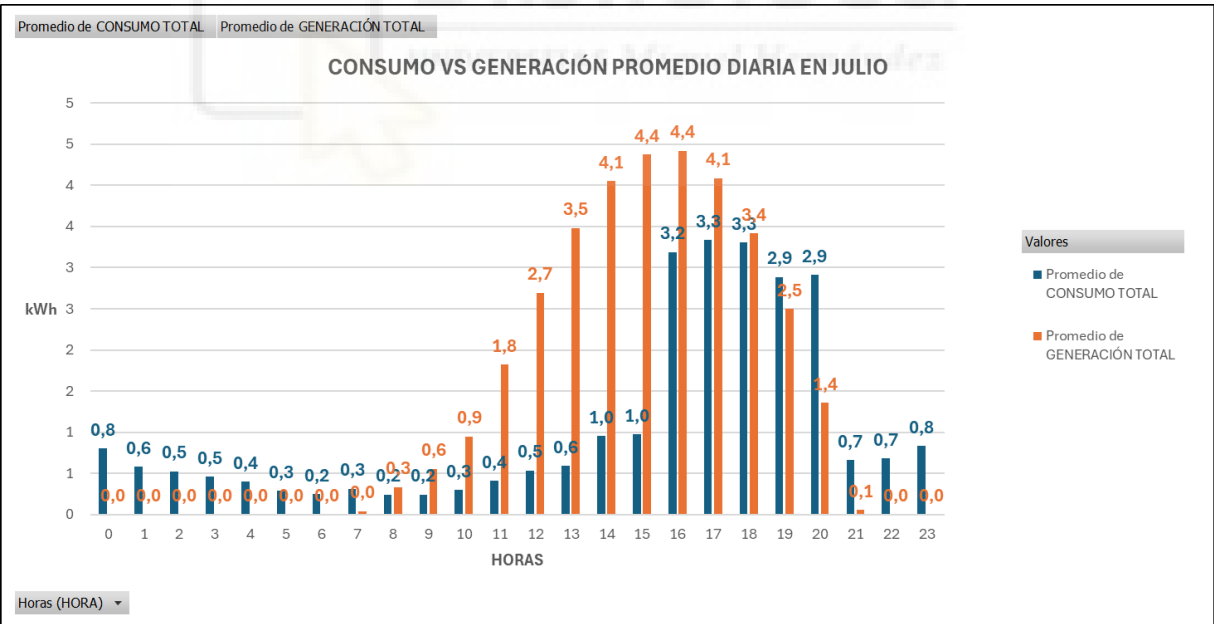


Ilustración 35: Consumo vs generación promedio diaria en julio.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

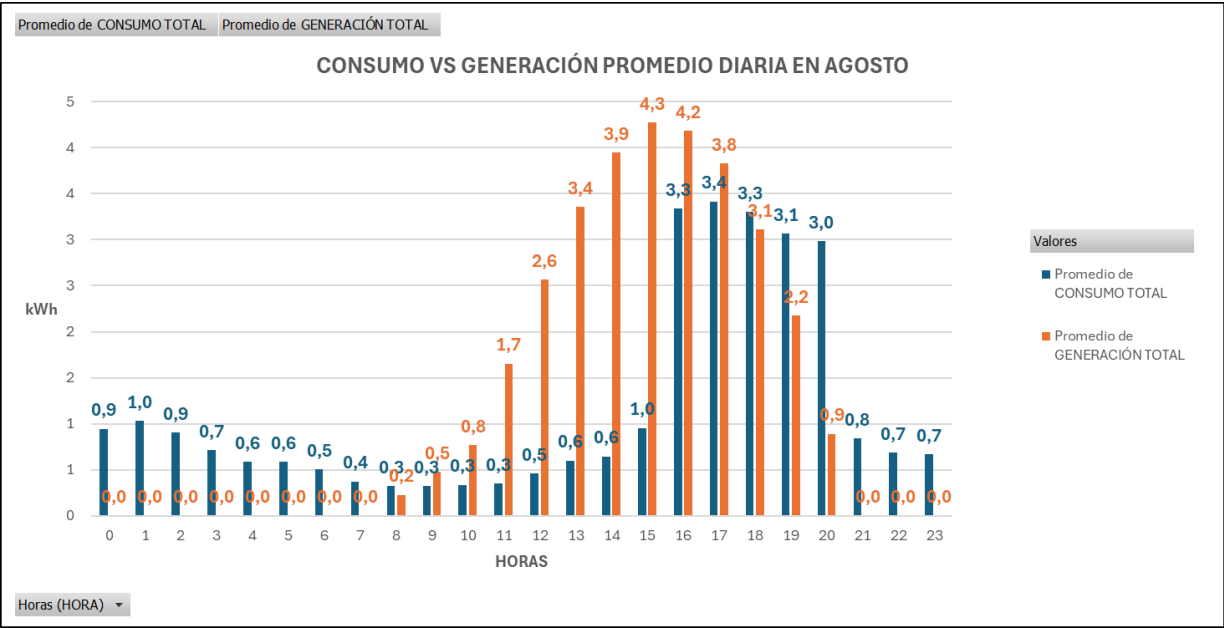


Ilustración 36: Consumo vs generación promedio diaria en agosto.

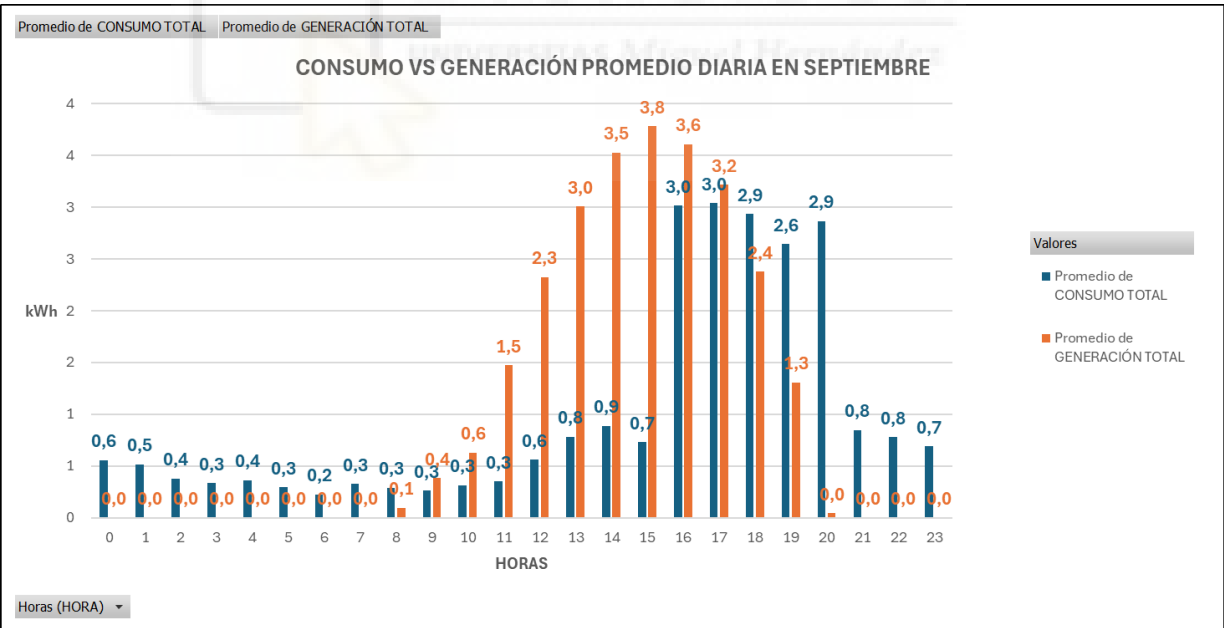


Ilustración 37: Consumo vs generación promedio diaria en septiembre.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

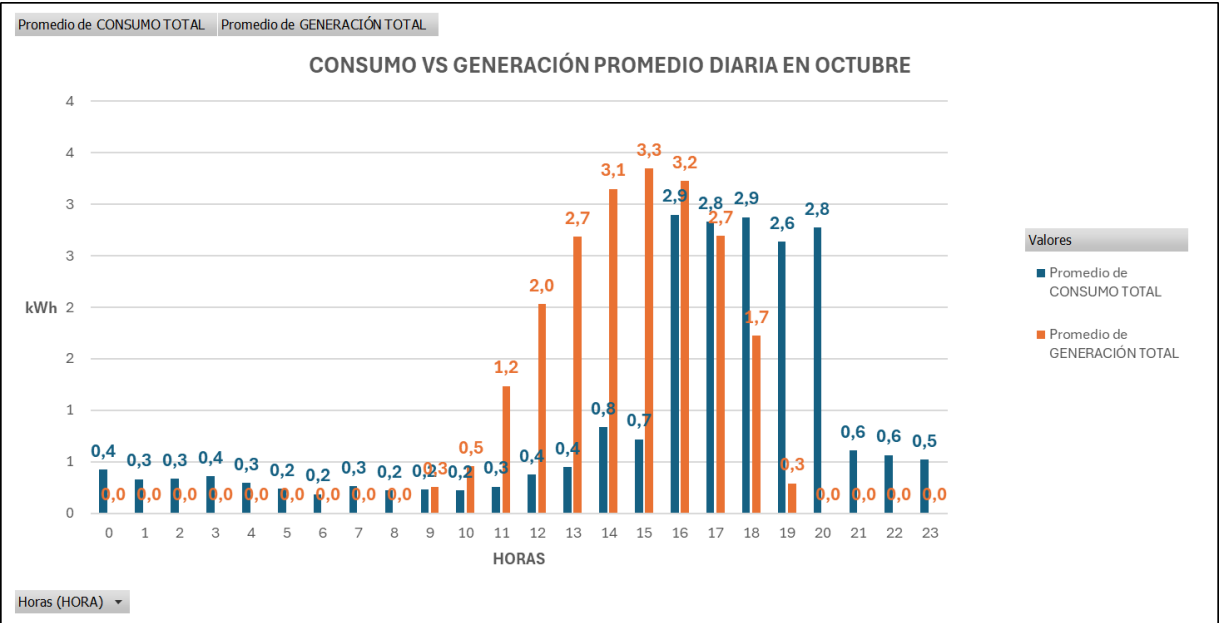


Ilustración 38: Consumo vs generación promedio diaria en octubre.

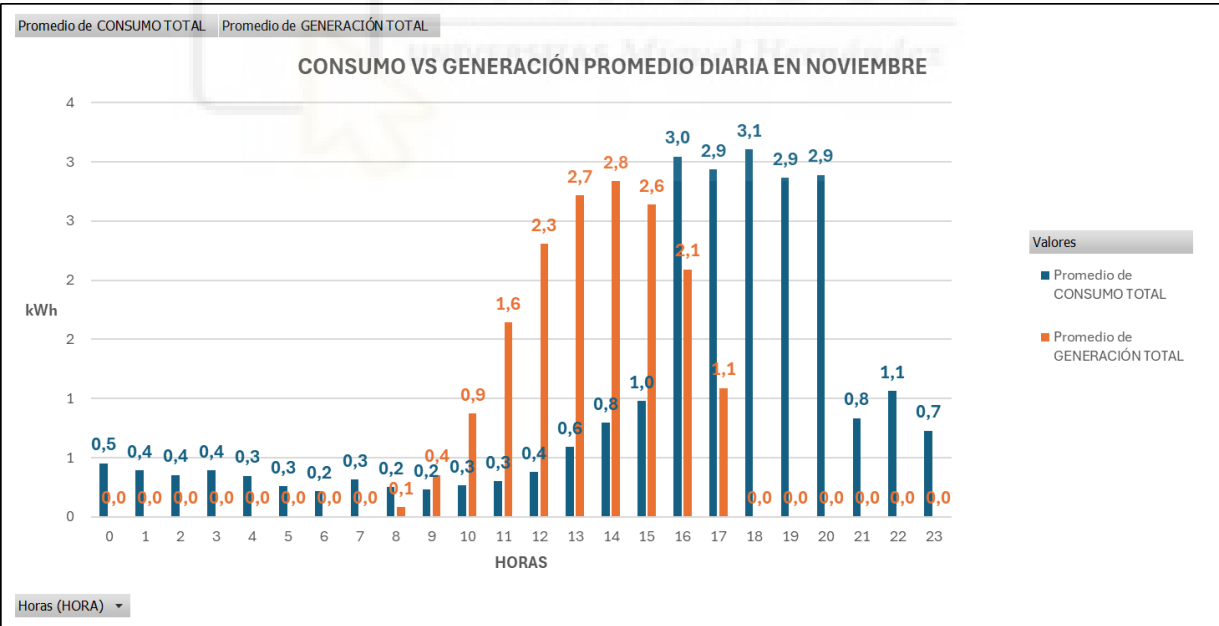


Ilustración 39: Consumo vs generación promedio diaria en noviembre.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

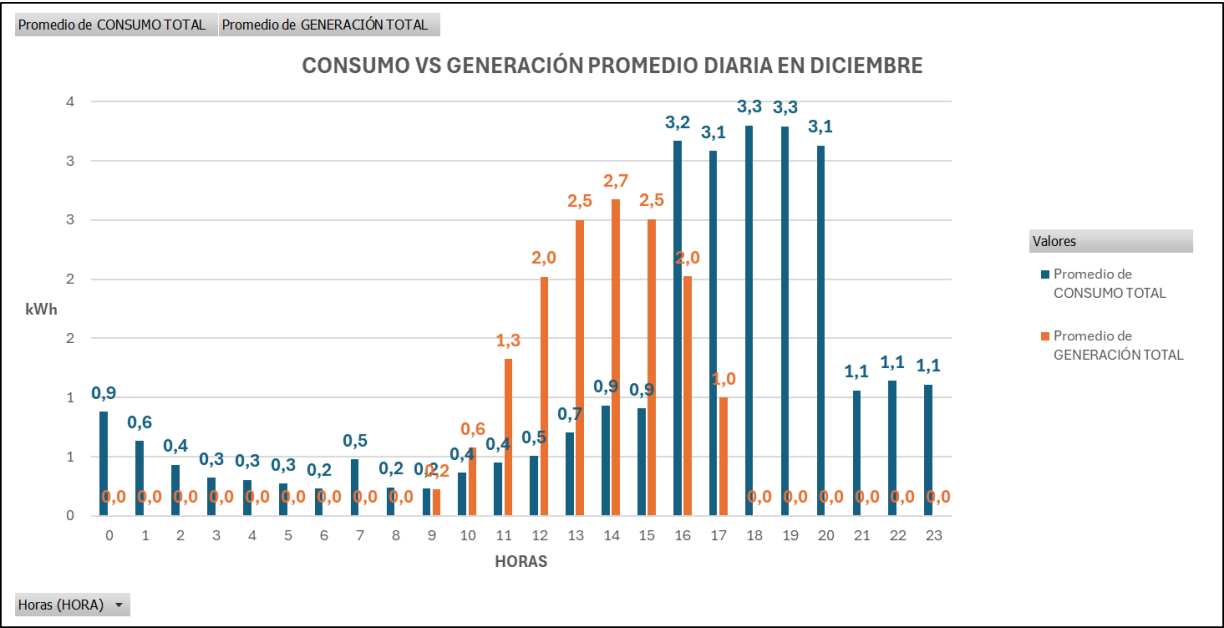


Ilustración 40: Consumo vs generación promedio diaria en diciembre.

Como podemos observar, en los meses de verano gracias a que hay más horas de sol y a la hora que hay que sumar por el horario de verano cubrimos prácticamente todo el consumo, incluso la carga del vehículo eléctrico que hacemos de 16h a 21h. Sin embargo, en los meses de invierno sí que cubrimos sobradamente el consumo de la vivienda en las horas centrales del día, pero el consumo de la carga del vehículo habría que hacerlo en su mayoría consumiendo electricidad de la red. Para solucionar este problema, más adelante veremos que soluciones podemos adoptar y los diferentes escenarios propuestos.

4. GESTIÓN DE EXCEDENTES, TARIFA Y AHORRO

4.1. TARIFA

Hasta ahora hemos estado viendo nuestros datos de consumo y generación, y los hemos estado comparando entre ellos. Con lo cual, el siguiente paso es traducir todos esos datos en dinero y saber cuánto ahorro nos va a suponer la instalación de paneles solares en nuestra vivienda.

Para ello, lo primero es saber nuestra tarifa y que nos cuesta cada kWh y la potencia que tengamos contratada.

TARIFA	3,3 kW (€/KWH)	5 kW (€/KWH)
COSTE CONSUMO	0,150	0,150
COSTE FIJO POTENCIA	0,017	0,025
PRECIO VENTA LUZ	-	0,075

Tabla 11: Tarifas.

La tarifa de 3,3 kW es la tarifa actual de la vivienda, y la tarifa de 5 kW seria la nueva que tendríamos que contratar, ya que al tener el nuevo consumo del vehículo eléctrico tenemos unos consumos medios y máximos más altos que simplemente con 3,3 kW no podríamos afrontar.

Como vemos en la “Tabla 11”, en la tarifa actual obviamente no se contempla la venta de excedentes, pero para la nueva tarifa, en base a tarifas de diferentes compañías ofertadas en internet hemos podido comprobar que lo pagan aproximadamente a la mitad de cómo te lo venden, de ahí el precio de 0,075 €/kWh. En cuanto al consumo, el coste no cambia, y para la potencia, se ha multiplicado por la relación 5/3,3.

La fórmula que hemos seguido para el cálculo del coste de nuestra energía es la siguiente:

$$\text{Coste (€)} = (\text{Consumo} - \text{generación solar})(kWh) * \text{coste consumo} \left(\frac{€}{kWh} \right) \\ - \text{Excedentes}(kWh) * \text{precio venta} \left(\frac{€}{kWh} \right) + \text{coste fijo potencia (€)}$$

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

Para la decisión de contratar 5 kW nos hemos fijado en nuestros consumos máximos por hora, y como podemos observar en la “Ilustración 41”, llegan incluso a 5,2 kWp, pero esas cifras solo se dan en casos puntuales en los meses de máximo consumo. Si nos fijamos en la “Ilustración 28”, donde vemos los promedios, vemos que el máximo es de 3,2 kW, con lo cual, contratar 5 kW es una solución acertada.

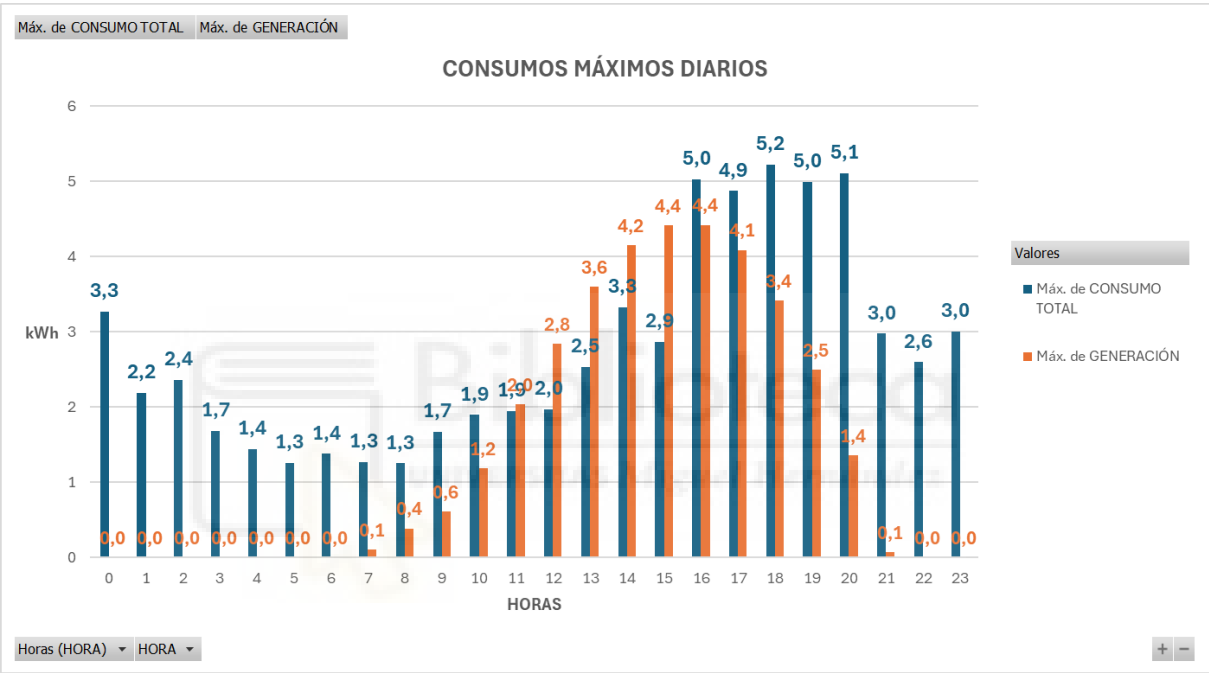


Ilustración 41: Consumos máximos diarios.

4.2. GESTIÓN DE EXCEDENTES

En cuanto a la gestión de excedentes, se van a valorar 3 escenarios diferentes: **con baterías y sin vertido, con baterías y vertido y simplemente con vertido a red sin baterías.**

4.2.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA BATERÍA

Para decidir la capacidad de la batería, necesitamos saber cuánta energía vamos a consumir de la red una vez ya hemos descontado la generación, y la cantidad de excedentes que generamos.

MESES	ENERGIA CONSUMIDA DE LA RED	EXCEDENTES	Nº DIAS MES	EXCEDENTES DIARIOS	ENERGIA CONSUMIDA DE LA RED DIARIA
ene	602,3	231,8	31,0	7,5	19,4
feb	457,8	287,6	28,0	10,3	16,3
mar	411,6	419,2	31,0	13,5	13,3
abr	298,7	413,4	30,0	13,8	10,0
may	257,8	521,1	31,0	16,8	8,3
jun	212,5	542,3	30,0	18,1	7,1
jul	249,5	504,4	31,0	16,3	8,0
ago	356,4	461,3	31,0	14,9	11,5
sep	312,5	366,9	30,0	12,2	10,4
oct	339,8	329,0	31,0	10,6	11,0
nov	516,3	293,8	30,0	9,8	17,2
dic	625,8	244,1	31,0	7,9	20,2
Total	4.641,0	4.614,7	365,0	151,6	152,7
Promedio				12,6	12,7

Tabla 12: Dimensionamiento de la batería (kWh).

Como vemos en la tabla, según nuestros datos, una batería de aproximadamente 10 kW de capacidad sería lo ideal, ya que desde febrero hasta noviembre prácticamente vamos a ser capaces de cargarla por completo, con una media de excedentes a lo largo del año de 12,6 kW diarios. Y la cantidad restante de energía que consumimos de la red durante las horas que no hay sol también promedian 12,7 kW, por tanto, una batería de 10 kW sería una solución bastante lógica.

Pero, antes de decidir finalmente la capacidad de la batería, vamos a ver el ahorro que supone anual y si es rentable, o si, por el contrario, con una más pequeña tendríamos suficiente.

MESES	COSTE SIN BATERIAS	COSTE CON BATERIA DE 5KW	COSTE CON BATERIA DE 10KW
ene	91,5 €	80,0 €	74,2 €
feb	63,9 €	53,4 €	43,7 €
mar	48,8 €	37,3 €	26,5 €
abr	31,8 €	20,6 €	18,0 €
may	18,2 €	18,0 €	18,0 €
jun	18,0 €	18,0 €	18,0 €
jul	18,1 €	18,0 €	18,0 €
ago	37,4 €	26,0 €	18,0 €
sep	37,3 €	26,1 €	18,0 €
oct	44,9 €	33,3 €	25,1 €
nov	73,4 €	62,2 €	52,2 €
dic	94,1 €	82,6 €	75,9 €
Total	577,4 €	475,4 €	405,6 €
Ahorro	- €	102,0 €	171,8 €

Tabla 13: Comparación de costes según la capacidad de la batería.

Lo primero, es que podemos apreciar varios meses en los que el coste es de 18 €, esto se debe a que en el autoconsumo cuando vendemos nuestros excedentes no podemos obtener un beneficio por ello, solo podemos beneficiarnos hasta cubrir el gasto en consumo, el gasto en termino de potencia es fijo. Por lo tanto, con la nueva tarifa contratada de 5 kW, debemos pagar un mínimo mensual de unos 18 €.

Como vemos, con la batería de 10 kW ahorramos unos 70 € más al año que con la batería de 5 kW, pero aun así consideramos que es poco para una inversión tan grande, ya que una batería de esas capacidades puede rondar entre los 5.000 € y 5.500 €. Con lo cual, de ahora en adelante escogemos y seguiremos los cálculos con la **batería de 5kW**, la cual puede suponer un coste de entre unos 2.500 € y 3.000 €. Una cantidad que sigue siendo alta, pero asequible en una inversión inicial.

4.2.2. SIMULACIÓN DE LA BATERIA Y CÁLCULOS

Para poder simular el uso de una batería, vamos a poner el ejemplo del día 10/06 y vamos a analizar los pasos que hemos seguido con los datos de la “Tabla 14”.

FECHA-HORA	CONSUMO TOTAL	GENERACIÓN	CONSUMO - GENERACIÓN	EXCEDENTES TOTALES	CONSUMO - GENERACIÓN EQUITATIVO	ENERGIA CUBIERTA POR BATERIAS	EXCEDENTES DESPUES DE BATERIAS	ENERGIA CONSUMIDA DE LA RED D.B
10-6-24 0:00	0,299	-	0,299	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 1:00	0,363	-	0,363	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 2:00	0,372	-	0,372	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 3:00	0,178	-	0,178	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 4:00	0,338	-	0,338	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 5:00	0,284	-	0,284	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 6:00	0,245	-	0,245	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 7:00	0,236	0,101	0,135	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 8:00	0,215	0,385	-	0,170	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 9:00	0,238	0,607	-	0,369	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 10:00	0,217	1,080	-	0,863	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 11:00	0,716	1,947	-	1,231	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 12:00	0,404	2,843	-	2,439	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 13:00	0,361	3,601	-	3,240	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 14:00	0,840	4,152	-	3,312	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 15:00	0,994	4,416	-	3,422	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 16:00	2,759	4,323	-	1,564	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 17:00	3,962	3,958	0,004	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 18:00	2,687	3,285	-	0,598	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 19:00	3,322	2,365	0,957	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 20:00	2,871	1,280	1,591	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 21:00	0,358	0,072	0,286	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 22:00	0,245	-	0,245	-	0,243	0,208	0,509	0,035
10-6-24 23:00	0,540	-	0,540	-	0,243	0,208	0,509	0,035
TOTALES	23,044	34,413	5,838	17,207	5,838	5,000	12,207	0,838

Tabla 14: Cálculo de excedentes (kWh).

Después de restar lo que generamos a lo que consumimos, obtenemos por un lado el total kW a consumir de la red (5,838 kW), sin tener en cuenta la batería, y, por otro lado, al restar lo que consumimos a lo que generamos, obtenemos los excedentes (17,207 kW). Ya con los excedentes, utilizamos una fórmula que distribuye en partes iguales a lo largo del día tanto el consumo a la red, como los excedentes, como la capacidad de la batería.

En este caso concreto, de los 17,207 kW que generamos de excedentes, destinaremos 5 kW a la batería y los otros 12,207 kW sí que los verteríamos a la red y obtendríamos una recompensación por ello. El hecho de distribuir la energía a partes iguales a lo largo del día es algo que nos simplifica mucho el cálculo y que no nos afecta a los datos finales económicos, ya que el coste final va a ser el mismo por el tipo de tarifa que tenemos, donde lo que cuenta son los totales diarios, independientemente de a qué hora los consumamos o los vertamos ya que tenemos precio fijo.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

Finalmente, en este ejemplo en concreto, el día 10/06 de un consumo total de 23,044 kW, pasaríamos a consumir simplemente 5,838 kW, y 0.838kW en el caso de tener la batería de 5 kW.

Ahora que ya sabemos cómo están hechos los cálculos, veamos qué diferencias de consumo de la red y de excedentes obtenemos según si utilizamos baterías o no, y la diferencia respecto al consumo total sin la instalación de placas solares.

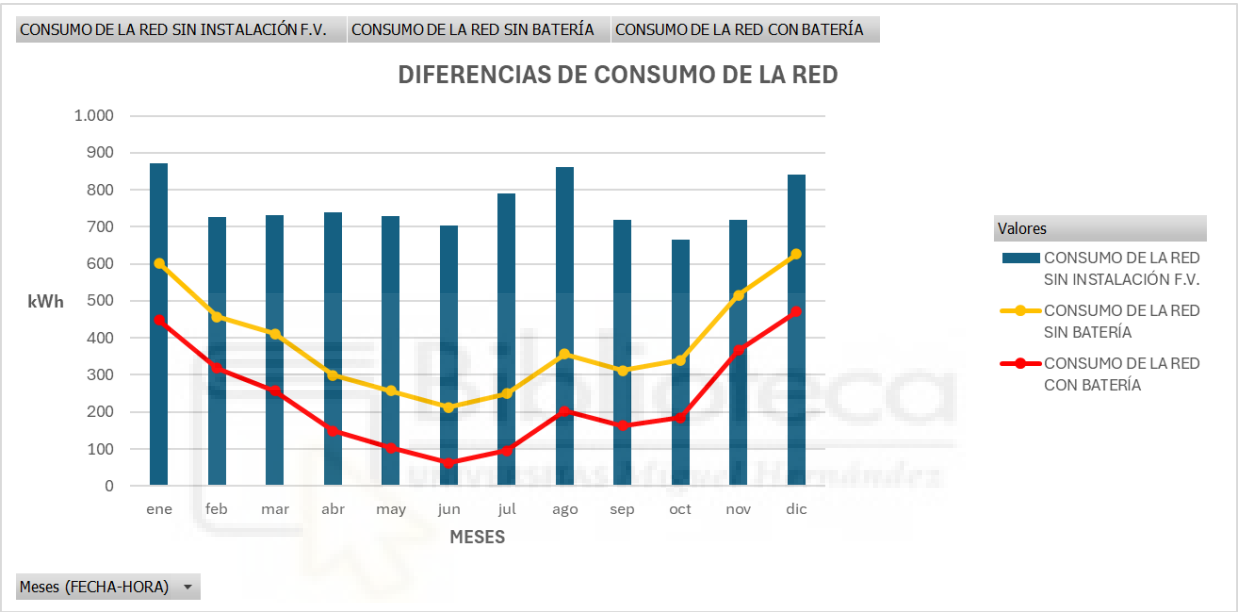


Ilustración 42: Diferencias de consumo de la red.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

MESES	CONSUMO DE LA RED SIN INSTALACIÓN F.V.	CONSUMO DE LA RED SIN BATERÍA	CONSUMO DE LA RED CON BATERÍA
ene	872,3	602,3	448,9
feb	726,9	457,8	318,0
mar	731,3	411,6	257,0
abr	737,9	298,7	148,9
may	728,6	257,8	103,0
jun	702,7	212,5	62,7
jul	790,8	249,5	95,3
ago	860,8	356,4	203,1
sep	719,4	312,5	162,7
oct	664,8	339,8	185,0
nov	719,2	516,3	366,5
dic	842,1	625,8	471,5
Total	9.097,0	4.641,0	2.822,7

Tabla 15: Diferencias de consumo de la red.

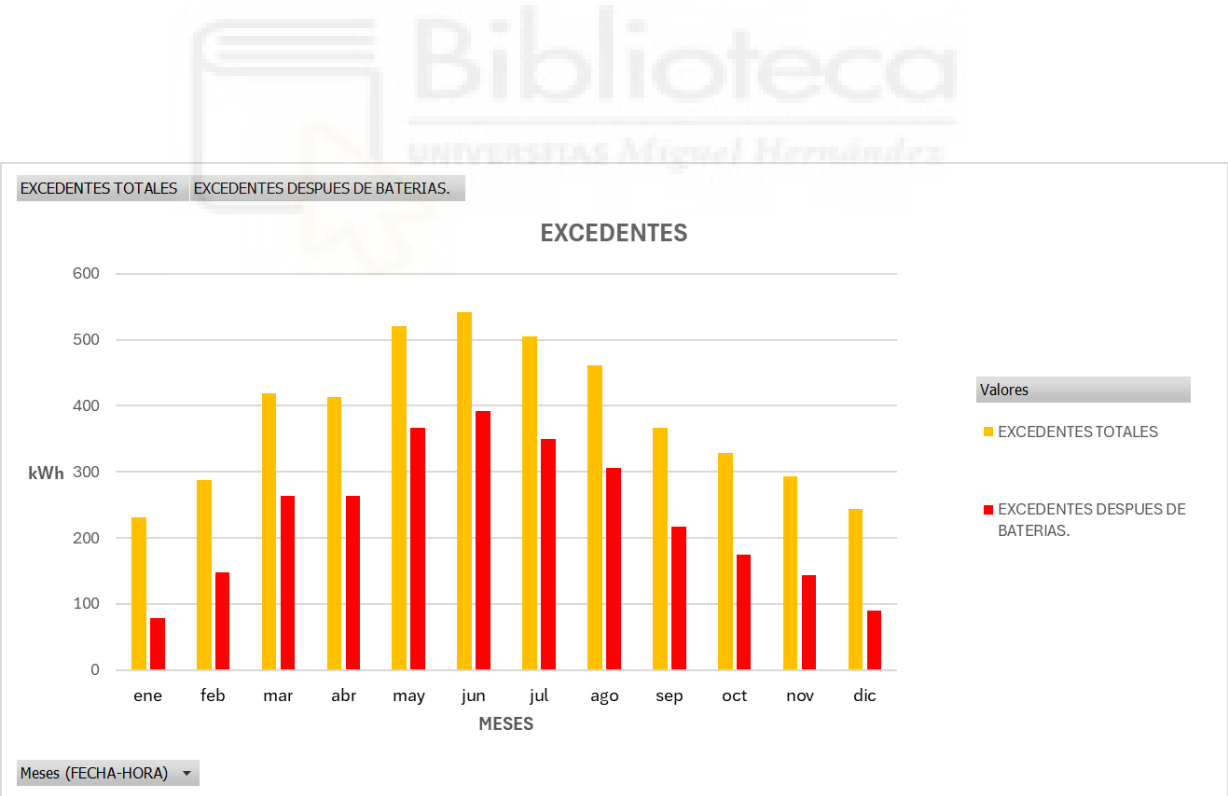


Ilustración 43: Resumen de excedentes.

MESES	EXCEDENTES SIN BATERIA (kWh)	EXCEDENTES CON BATERIA (kWh)
ene	231,8	78,1
feb	287,6	147,6
mar	419,2	264,2
abr	413,4	263,4
may	521,1	366,1
jun	542,3	392,3
jul	504,4	349,4
ago	461,3	306,3
sep	366,9	216,9
oct	329,0	174,0
nov	293,8	143,8
dic	244,1	89,5
Total	4.614,7	2.791,5

Tabla 16: Resumen de excedentes.

Como era de esperar, el consumo de la red se reduce prácticamente a la mitad con la instalación de las placas, y si tenemos en cuenta también la batería pasa a ser menos de una tercera parte. Al utilizar la batería consumimos menos pero también generamos menos excedentes. Veamos en el siguiente apartado que significan todos estos datos en euros de ahorro para nuestro bolsillo.

4.3. AHORRO

Para hablar de ahorro real en “energía” no solo debemos tener en cuenta el ahorro en la factura de la luz, sino también en el diésel que dejamos de gastar gracias a haber sustituido el vehículo actual por uno eléctrico, por eso en los costes de la situación actual (*COSTE A 3,3KW SIN PLACAS (COCHE DIESEL)*) veremos tanto el gasto en electricidad como en combustible. Sin embargo, los costes que tenemos en “energía” ya con la instalación y el vehículo eléctrico únicamente son en electricidad.

4.3.1. COSTE DEL VEHÍCULO DIESEL

Al igual que con el vehículo eléctrico sacábamos los datos de consumo para 420 km semanales, lo hacemos para el diésel. Sacamos el dato de coste en €/hora para introducirlo en nuestra hoja de cálculo de la misma forma que medimos el consumo eléctrico por hora tanto de la vivienda como del vehículo.

DATOS DEL VEHÍCULO		
MODELO	SEAT IBIZA	
KM DIARIOS	70	km
KM SEMANALES	420	km
DIAS DE LA SEMANA PROD	6	
CONSUMO /100KM	5	L
CONSUMO SEMANAL	21	L
€ DIESEL	1,38	€/L
€ TOTALES SEMANALES	28,98	€/SEMANA
€ MES	125,48	€/MES
€ AÑO	1.506,96	€/AÑO
€ HORA	0,173	€/HORA

Tabla 17: Datos del vehículo diésel.

4.3.2. COMPARATIVA DE COSTES EN ENERGÍA

MESES	COSTE A 3,3KW SIN PLACAS (SIN COCHE)	COSTE A 3,3KW SIN PLACAS (COCHE DIESEL)	COSTE A 5KW CON PLACAS Y BATERIA (COCHE ELECTRICO)	COSTE A 5KW CON PLACAS, BATERIA Y VERTIDO (COCHE ELECTRICO)	COSTE A 5KW CON PLACAS Y VERTIDO A RED (COCHE ELECTRICO)
ene	92,89 €	221,06 €	85,91 €	80,05 €	91,54 €
feb	74,74 €	190,49 €	64,47 €	53,40 €	63,87 €
mar	71,72 €	199,72 €	57,10 €	37,29 €	48,85 €
abr	74,27 €	198,30 €	40,31 €	20,56 €	31,78 €
may	71,66 €	199,83 €	34,03 €	18,00 €	18,17 €
jun	68,66 €	192,69 €	27,39 €	18,00 €	18,00 €
jul	80,94 €	208,59 €	32,79 €	18,00 €	18,09 €
ago	91,44 €	219,09 €	48,97 €	26,00 €	37,36 €
sep	71,18 €	195,20 €	42,38 €	26,11 €	37,33 €
oct	61,77 €	189,93 €	46,32 €	33,27 €	44,87 €
nov	71,14 €	195,17 €	72,95 €	62,16 €	73,38 €
dic	88,36 €	216,53 €	89,30 €	82,59 €	94,15 €
Total	918,77 €	2.426,60 €	641,93 €	475,43 €	577,39 €
AHORRO	1.507,82 €	- €	1.784,67 €	1.951,16 €	1.849,21 €

Tabla 18: Comparativa de costes.

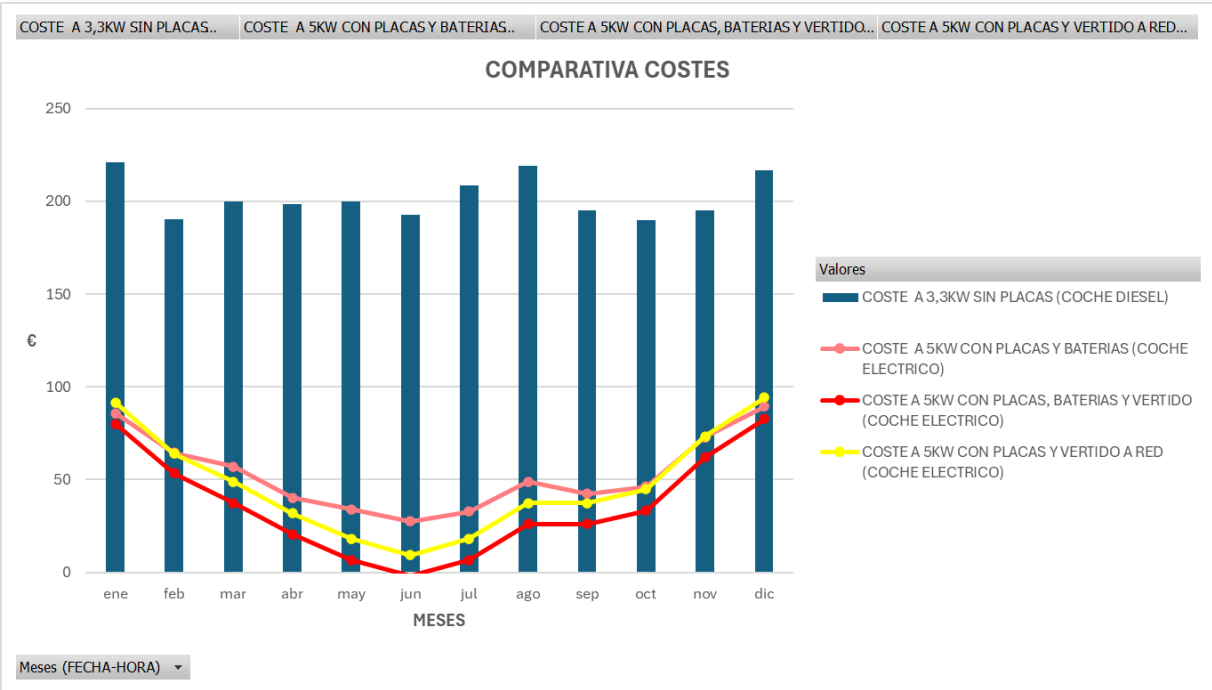


Ilustración 44: Comparativa de costes.

Como observamos tanto en la tabla como en el gráfico, la reducción en costes, al pasar de un vehículo diésel a eléctrico más la instalación de placas solares, es muy significativa. Independientemente de si usamos baterías o no, o si aprovechamos los excedentes, el ahorro sigue siendo muy importante, entre 1.800€ y casi 2.000€ anuales.

Como era de esperar el escenario con baterías y vertido a red de excedentes es con el que más se ahorra, pero ¿Merece la pena el gasto en una batería? ¿Es rentable a lo largo de los años? En los siguientes apartados seguiremos analizando los diferentes escenarios y que coste supone cada una de las instalaciones.

Lo que sí que tenemos claro, independientemente de la configuración de equipos que elijamos, es que **los excedentes los verteremos a la red**, obteniendo así una remuneración por ello.



5. EQUIPOS ESCOGIDOS

Para un primer análisis general del coste que supondría cada una de las diferentes configuraciones de la instalación, necesitamos saber que equipos elegiríamos en cada caso. Los diferentes escenarios posibles que se barajan para nuestra instalación son los siguientes:

1. Instalación con optimizadores de potencia, inversor y batería.
2. Instalación con optimizadores de potencia, inversor y sin batería.
3. Instalación con micro inversores y sin batería.
4. Instalación con inversor y batería.
5. Instalación con inversor y sin batería.

A continuación, tenemos los principales equipos necesarios para poder realizar cualquiera de las 5 instalaciones.

5.1. PANELES SOLARES

Los paneles escogidos son el modelo **LR5-66HTH-535M** de la marca **LONGI**. Son unos paneles de 535 Wp y una eficiencia de 22,5%. Estos paneles han sido escogidos debido a su calidad-precio, ya que tienen un precio muy asequible y el fabricante nos asegura que después de 25 años aún mantienen el 88,9% de su rendimiento. Además, por las dimensiones de nuestro tejado y el tamaño de estos, son unos paneles que se ajustan muy bien a nuestras necesidades. En las siguientes imágenes podemos observar algunas de sus características.

Electrical Characteristics	STC : AM1.5 1000W/m ² 25°C				NOCT : AM1.5 800W/m ² 20°C 1m/s				Test condition for Pmax ±3%	
	LR5-66HTH-520M		LR5-66HTH-525M		LR5-66HTH-530M		LR5-66HTH-535M		LR5-66HTH-540M	
Module Type										
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	520	388.6	525	392.3	530	396.0	535	399.8	540	403.5
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.27	45.32	48.42	45.46	48.57	45.60	48.72	45.75	48.87	45.89
Short Circuit Current (Isc/A)	13.84	11.18	13.93	11.25	14.00	11.31	14.07	11.37	14.15	11.43
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	39.91	36.42	40.06	36.55	40.22	36.70	40.38	36.85	40.53	36.99
Current at Maximum Power (Imp/A)	13.03	10.68	13.11	10.74	13.18	10.80	13.25	10.86	13.33	10.92
Module Efficiency(%)	21.9		22.1		22.3		22.5		22.7	

Ilustración 45: Características eléctricas de los paneles LR5-66HTH-535M.

Hi-MO X6 Explorer

LR5-66HTH 520~540M

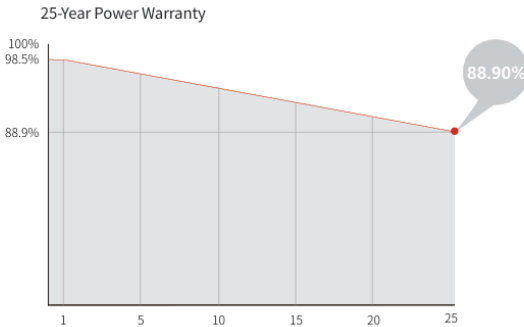
22.7%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~3%
POWER
TOLERANCE

<1.5%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.40%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	132 (6×22)
Junction Box	IP68
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	26.0kg
Dimension	2094×1134×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 682pcs per 40' HC

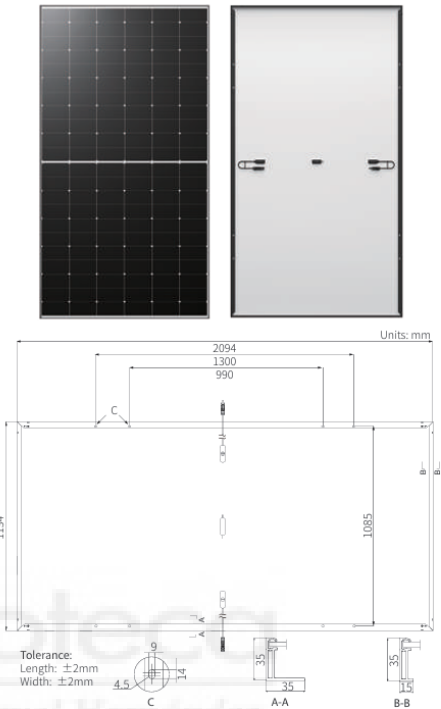


Ilustración 46: Características de los paneles LR5-66HTH-535M.

5.2. INVERSOR

El inversor que hemos seleccionado es de la marca **HUAWEI**, concretamente el modelo **SUN2000-5KTL-L1**. El principal motivo de la elección de este inversor es porque se trata de un inversor híbrido que nos ofrece una gran versatilidad ya que es compatible tanto con optimizadores de potencia como con baterías. En cuanto a los aspectos técnicos con el modelo SUN2000-4.6KTL-L1 seguramente hubiera sido suficiente ya que nuestros valores máximos de potencia de generación, como vemos en la “Ilustración 47”, no superan los 4,6 kW de potencia máxima de descarga, pero como sí que son valores bastante cercanos a ese máximo, con lo cual, hemos decidido que lo mejor es sobredimensionar un poco el inversor por seguridad y por si hubiera futuras ampliaciones.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

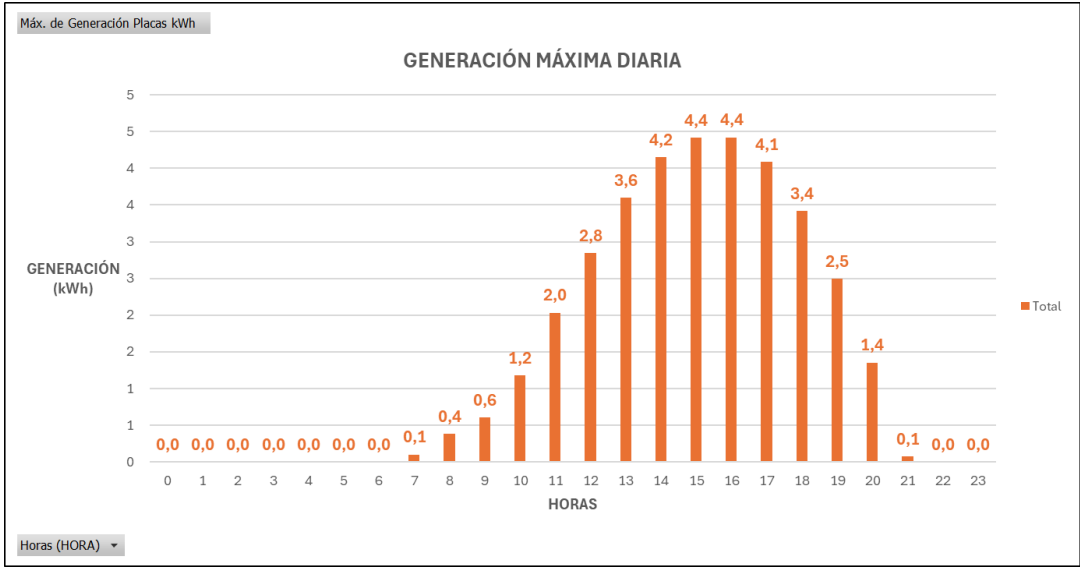


Ilustración 47: Generación máxima diaria.

Especificaciones técnicas	SUN2000 -2KTL-L1	SUN2000 -3KTL-L1	SUN2000 -3.68KTL-L1	SUN2000 -4KTL-L1	SUN2000 -4.6KTL-L1	SUN2000 -5KTL-L1	SUN2000 -6KTL-L1 ¹
Eficiencia							
Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
Entrada (FV)							
Entrada de CC máxima recomendada ²	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Máx. tensión de entrada				600 V ³			
Tensión de arranque				100 V			
Rango de tensión de operación de MPPT				90 V – 560 V ³			
Tensión nominal de entrada				360 V			
Máx. intensidad por MPPT				12.5 A			
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT				18 A			
Cantidad de MPPTs				2			
Máx. número de entradas por MPPT				1			
Entrada (Batería CC)							
Batería compatible				LG Chem RESU 7H_R / 10H_R			
Rango de tensión de operación				350 ~ 450 Vcc			
Max. corriente de operación				10 A @7H_R / 15 A @10H_R			
Potencia de carga máxima				3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R			
Potencia máxima de descarga @ 7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Potencia máxima de descarga @ 10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Batería compatible				HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh – 30kWh ¹			
Rango de tensión de operación				350 ~ 560 Vdc			
Max. corriente de operación				15 A			
Potencia de carga máxima				5,000 W ⁴			
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Salida							
Conexión a la red eléctrica				Monofásica			
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W ⁵	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA ⁶	5,500 VA ⁷	6,000 VA
Tensión nominal de Salida				220 Vac / 230 Vac / 240 Vac			
Frecuencia nominal de red de CA				50 Hz / 60 Hz			
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A ⁸	25 A ⁸	27.3 A
Factor de potencia ajustable				0.8 leading ... 0.8 lagging			
Máx. distorsión armónica total				≤ 3 %			
Salida para SAI				Sí (a través de Backup Box-B0 ¹)			

Ilustración 48: Características del inversor SUN2000-5KTL-L1.



Ilustración 49: Imagen del inversor SUN2000-5KTL-L1.

5.3. MICRO INVERSORES

Los micro inversores utilizados para nuestra instalación serían los **APSYSTEMS DS3-H**, de la marca **APSYSTEMS**. El motivo de la elección de este modelo es debido a que posiblemente estemos antes uno de los mejores micro inversores del mercado, permitiéndonos instalar uno cada dos paneles y siendo también uno de los más potentes, una característica principal para nosotros ya que nuestros paneles son de 535 Wp. El micro inversor los soporta perfectamente con un voltaje de entrada máximo de 60 V (48,72 V los paneles) y una corriente máxima de entrada de 20 A (13,25 A los paneles).



Ilustración 50: Imagen del micro inversor APSYSTEMS DS3-H.

Ficha Técnica | DS3 Microinversor Serie

Modelo

DS3-H

Datos de entrada (CC)

Potencia de módulo PV recomendada	330Wp-660Wp+
Rango de voltaje MPPT	32V-55V
Rango de voltaje de operación	26V-60V
Voltaje de entrada máximo	60V
Corriente de entrada máxima	20A x 2

Datos de salida (CA)

Potencia máxima de salida	960VA
Voltaje de salida nominal*	230V/170V-278V
Corriente de salida nominal	4.2A
Rango de frecuencia de salida ajustable*	50Hz/48Hz-51Hz
Factor de potencia (ajustable)	0.99/0.8 leading...0.8 lagging
Máximo numero de inversores pro 20A ramal**	4

Eficiencia

Eficiencia máxima	97%
Eficiencia de CEC	96.5%
Nominal MPPT eficiencia	99.5%
Consumo en vacío	20mW

Ilustración 51: Características del micro inversor APSYSTEMS DS3-H.

5.4. OPTIMIZADORES DE POTENCIA

Al igual que el inversor, por compatibilidad, los optimizadores de potencia son de la marca **HUAWEI**, concretamente el modelo **SUN2000-600W-P**. Las ventajas de los optimizadores de potencia son muy similares a las de un micro inversor en cuanto al seguimiento panel a panel, con la diferencia de que un optimizador sí que necesita posteriormente un inversor que transforme la corriente a alterna. En este caso sí que instalaríamos uno por panel solar.



Ilustración 52: Imagen del optimizador de potencia SUN2000-600W-P.

Especificaciones técnicas	SUN2000-450W-P2	SUN2000-600W-P
	Entrada	
Potencia de entrada nominal ¹	450 W	600 W
Tensión de entrada máxima absoluta		80 V
Rango de tensión de operación de MPPT		10 - 80 V
Corriente máxima de cortocircuito (Isc)		14.5 A
Eficiencia máxima		99.5 %
Eficiencia media		99.0 %
Categoría de sobretensión		II
	Salida	
Tensión máxima de salida		80 V
Intensidad máxima de salida		15 A
Salida en modo Bypass ²		Yes
Tensión de seguridad a la salida ³		0 V
Impedancia con tension de seguridad		1k ohm ± 10 %

Ilustración 53: Características del optimizador de potencia SUN2000-600W-P.

5.5. BATERÍA

Como era de esperar, por compatibilidad al igual que hemos hecho con los optimizadores de potencia, la marca de la batería es **HUAWEI**, y el modelo es el **LUNA2000-5-S0**. La batería ofrece una capacidad de 5 kW de almacenamiento. Se trata de una batería de litio compuesta por módulos, de forma que en un futuro si se decidiese ampliar la capacidad, la instalación sería muy sencilla. Además, se optimiza y se gestiona de forma autónoma. También se puede configurar a través de una aplicación móvil.



Ilustración 54: Imagen de la batería LUNA2000-5-S0.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

	LUNA2000-5-S0	LUNA2000-10-S0	LUNA2000-15-S0
Technical Specification			
Performance			
Power module	LUNA2000-5KW-C0		
Number of power modules	1		
Battery module	LUNA2000-5-E0		
Battery module energy	5 kWh		
Number of battery Modules	1	2	3
Battery usable energy ¹	5 kWh	10 kWh	15 kWh
Max. output power	2.5 kW	5 kW	5 kW
Peak output power	3.5 kW, 10 s	7 kW, 10 s	7 kW, 10 s
Nominal voltage (single phase system)	450 V		
Operating voltage range (single phase system)	350 – 560 V		
Nominal voltage (three phase system)	600 V		
Operating voltage range (three phase system)	600 – 980 V		

Ilustración 55: Características de la batería LUNA2000-5-S0.



6. ESTUDIO DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS

En el anterior apartado, “5. EQUIPOS ESCOGIDOS”, ya hemos adelantado cuales son los diferentes escenarios que vamos a analizar para poner en contexto el porqué de los diferentes equipos. Pero aquí los volvemos a recordar:

1. Instalación con optimizadores de potencia, inversor y batería.
2. Instalación con optimizadores de potencia, inversor y sin batería.
3. Instalación con micro inversores y sin batería.
4. Instalación con inversor y batería.
5. Instalación con inversor y sin batería.

Puede resultar extraño que entre los tipos de instalación no se encuentre, “Instalación con micro inversores y batería”, pero esto se debe a que uno de los puntos que a nosotros más nos interesa es el hecho de que la instalación tenga una batería, o al menos sea sencillo la instalación a futuro de una, una vez, haya pasado un tiempo desde la instalación. Por lo tanto, como con la opción de micro inversores obtenemos la electricidad de los paneles “directamente” en alterna, habría que instalar además de la batería, un inversor-cargador que hiciera la función de convertir la electricidad otra vez en continua para la carga de la batería, a la vez que tendría que funcionar como inversor para la llevar la electricidad de la batería a la vivienda. Toda esta instalación extra supondría un elevado coste, por lo que se ha decidido directamente descartarla.

En cuanto a los demás tipos de instalación, en el siguiente apartado podemos encontrar más información.

6.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Para poder visualizar de forma clara y esquemática los puntos clave de cada tipo de instalación, se han resumido las ventajas y desventajas en la “*Tabla 19*”.

TIPO DE INSTALACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Optimizadores + inversor + batería	Máxima eficiencia por panel (seguimiento MPPT individual) Permite autoconsumo + almacenamiento Monitorización precisa Ideal en tejados con sombras	Coste elevado (optim + inversor + batería) Mayor complejidad de instalación Más puntos de fallo
2. Optimizadores + inversor sin batería	Buen rendimiento y control individual por panel Ideal para tejados con sombras parciales Monitorización precisa Menor coste que con batería	No almacena excedentes Coste más alto que inversor string simple Requiere compatibilidad entre optimizadores e inversor
3. Micro inversores sin batería	Muy buena eficiencia individual Ideal para tejados complejos/orientaciones distintas Fácil ampliación y mantenimiento Bajo riesgo eléctrico DC (sólo tramos cortos)	Coste más alto por W instalado Sin almacenamiento Puede ser más difícil integrar con batería en el futuro
4. Inversor + batería	Almacena energía para uso nocturno Reducción de dependencia de red Coste menor que con optimizadores o micros Menor complejidad que opción 1	Menor eficiencia si hay sombras Sin optimización individual por panel Mayor coste que sin batería
5. Inversor sin batería	Instalación más económica Eficiencia aceptable en tejados sin sombras Sencillez y fiabilidad Ampliable en el futuro con batería	Sin almacenamiento Menor rendimiento si hay sombras No se monitoriza producción por panel

Tabla 19: Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de instalación.

6.2. COSTES

Cuando nos decidamos finalmente por cuál de los escenarios vamos a escoger para nuestra instalación, haremos un presupuesto detallado. Pero, ahora, para saber de forma orientativa el coste de cada una de las posibles configuraciones, y ayudarnos con la elección final, vamos a hacer 5 presupuestos aproximados. Para las partidas que el precio no es objetivo, como puede ser por ejemplo la mano de obra, se ha calculado un coste aproximado en base a diferentes ofertas de empresas encontradas a través de internet.

EQUIPOS	UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
PANELES SOLARES	12	64,5 €	773,5 €
INVERSOR	1	626,5 €	626,5 €
MICRO INVERSORES	6	198,0 €	1.188,0 €
MONITORIZACIÓN M. INV.	1	260,7 €	260,7 €
OPTIMIZADORES DE POTENCIA	12	55,2 €	662,6 €
BATERIA	1	2.700,9 €	2.700,9 €
ESTRUCTURA	1	341,7 €	341,7 €

Tabla 20: Costes en los equipos principales.

CONCEPTOS	O.P+ INVERSOR CON BATERIA	O.P+ INVERSOR SIN BATERIA	MICRO INVERSOR SIN BATERIA	INVERSOR CON BATERIA	INVERSOR SIN BATERIA
PLACAS	773,5 €	773,5 €	773,5 €	773,5 €	773,5 €
BATERIAS	2.700,9 €			2.700,9 €	
INVERSOR/ M. INVER.	626,5 €	626,5 €		626,5 €	626,5 €
OP. POTENCIA	662,7 €	662,7 €	1.448,7 €		
ESTRUCTURA	341,7 €	341,7 €	341,7 €	341,7 €	341,7 €
CABLEADO Y PROTECCIONES	400,0 €	300,0 €	200,0 €	350,0 €	250,0 €
MANO DE OBRA	700,0 €	600,0 €	450,0 €	650,0 €	550,0 €
LEGALIZACIÓN	300,0 €	300,0 €	300,0 €	300,0 €	300,0 €
BENEFICIO (20%)	1.301,0 €	1.421,0 €	1.421,0 €	1.421,0 €	1.421,0 €
TOTAL SIN IMPUESTOS	7.806,2 €	5.025,3 €	4.934,9 €	7.163,6 €	4.262,7 €
TOTAL CON IMPUESTOS (21%)	9.445,6 €	6.080,6 €	5.971,2 €	8.667,9 €	5.157,8 €
DIF. RESPEC. MÁS BARATA	4.287,7 €	922,8 €	813,4 €	3.510,1 €	- €

Tabla 21: Presupuestos orientativos.

6.3. AMORTIZACIÓN

Ya estamos cerca de llegar a la elección final, pero falta un último paso, saber lo que vamos a tardar en amortizar nuestra instalación. Para ello, veamos los siguientes gráficos y tablas. La fórmula utilizada para el cálculo es la siguiente:

$$N_0 = -inversion\ inicial$$

$$N_1 = -inversion\ inicial + (ahorro\ anual + ahorro\ anual \cdot inflación(2\%))$$

$$N_2 = N_1 + (ahorro\ anual + ahorro\ anual \cdot inflación(2\%))$$

$$N_3 = N_2 + (ahorro\ anual + ahorro\ anual \cdot inflación(2\%)) \dots \dots$$

El ahorro anual lo podemos consultar en la “Tabla 16”:

Ahorro anual **con** bateria = 1951,16 € ; Ahorro anual **sin** bateria = 1849,21 €

AMORTIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES					
AÑOS	O.P + INVERSOR CON BATERIA	O.P + INVERSOR SIN BATERIA	MICRO INVERSOR SIN BATERIA	INVERSOR CON BATERIA	INVERSOR SIN BATERIA
0	-9.445,56 €	-6.080,63 €	-5.971,25 €	-8.667,95 €	-5.157,82 €
1	-7.455,37 €	-4.194,44 €	-4.085,05 €	-6.677,77 €	-3.271,63 €
2	-5.465,19 €	-2.308,24 €	-2.198,86 €	-4.687,58 €	-1.385,43 €
3	-3.475,01 €	-422,05 €	-312,66 €	-2.697,40 €	500,76 €
4	-1.484,83 €	1.464,15 €	1.573,53 €	-707,22 €	2.386,95 €
5	505,36 €	3.350,34 €	3.459,73 €	1.282,97 €	4.273,15 €
6	2.495,54 €	5.236,53 €	5.345,92 €	3.273,15 €	6.159,34 €
7	4.485,72 €	7.122,73 €	7.232,11 €	5.263,33 €	8.045,54 €
8	6.475,91 €	9.008,92 €	9.118,31 €	7.253,52 €	9.931,73 €
9	8.466,09 €	10.895,12 €	11.004,50 €	9.243,70 €	11.817,93 €
10	10.456,27 €	12.781,31 €	12.890,70 €	11.233,88 €	13.704,12 €
11	12.446,46 €	14.667,50 €	14.776,89 €	13.224,07 €	15.590,31 €
12	14.436,64 €	16.553,70 €	16.663,09 €	15.214,25 €	17.476,51 €
13	16.426,82 €	18.439,89 €	18.549,28 €	17.204,43 €	19.362,70 €
14	18.417,01 €	20.326,09 €	20.435,47 €	19.194,62 €	21.248,90 €
15	20.407,19 €	22.212,28 €	22.321,67 €	21.184,80 €	23.135,09 €
16	22.397,37 €	24.098,48 €	24.207,86 €	23.174,98 €	25.021,28 €
17	24.387,56 €	25.984,67 €	26.094,06 €	25.165,17 €	26.907,48 €
18	26.377,74 €	27.870,86 €	27.980,25 €	27.155,35 €	28.793,67 €
19	28.367,92 €	29.757,06 €	29.866,44 €	29.145,53 €	30.679,87 €
20	30.358,11 €	31.643,25 €	31.752,64 €	31.135,71 €	32.566,06 €

Tabla 22: Amortización de las instalaciones.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

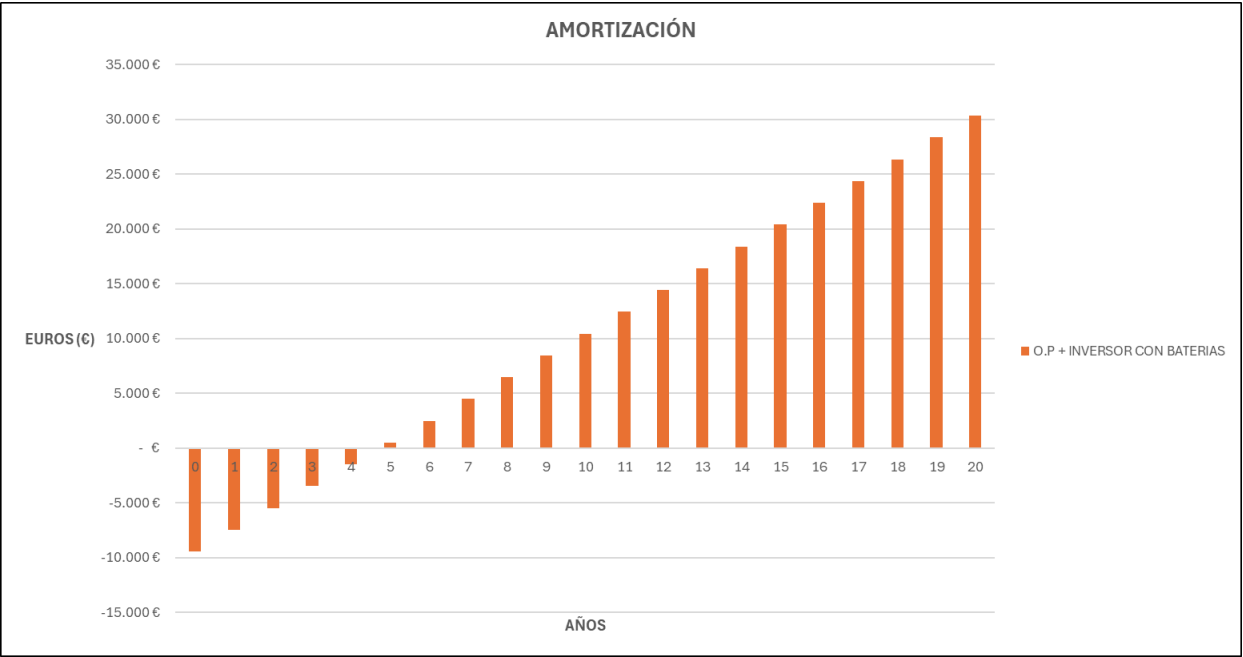


Ilustración 56: Amortización instalación O.P + Inversor con batería.

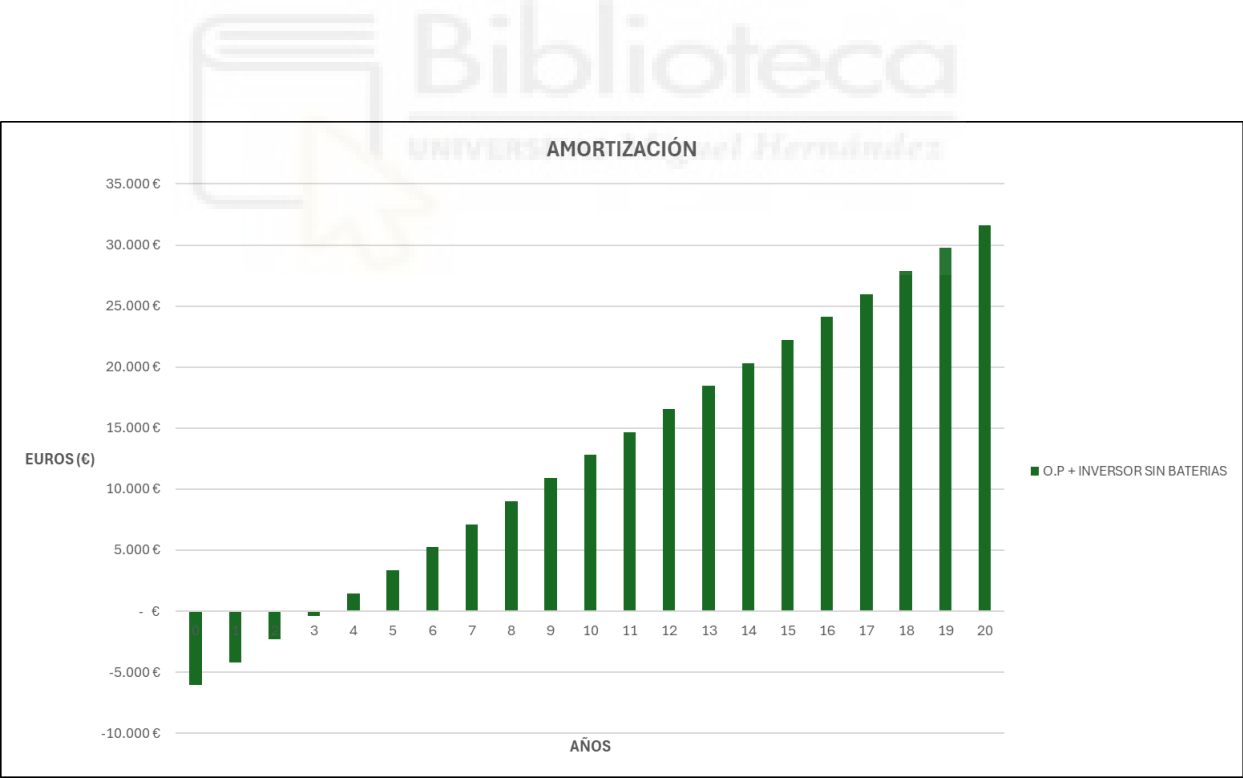


Ilustración 57: Amortización instalación O.P + Inversor sin batería.

PROYECTO: ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EXCEDENTES.

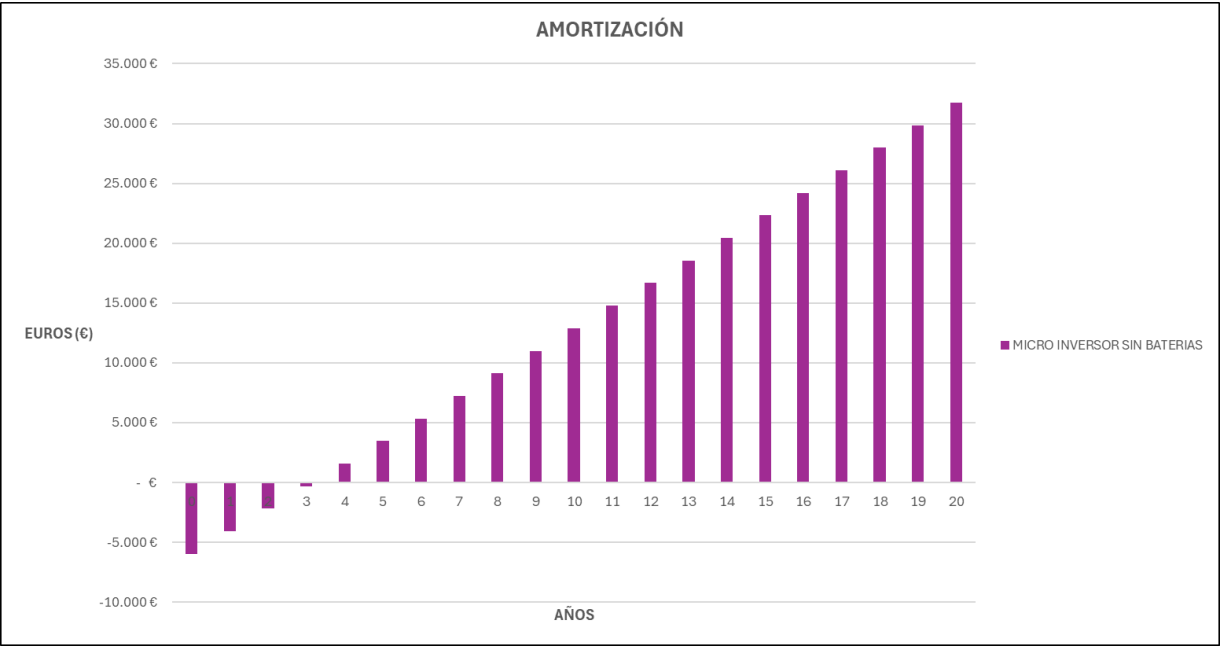


Ilustración 58: Amortización instalación Micro inversor sin baterías.



Ilustración 59: Amortización instalación Inversor con batería.

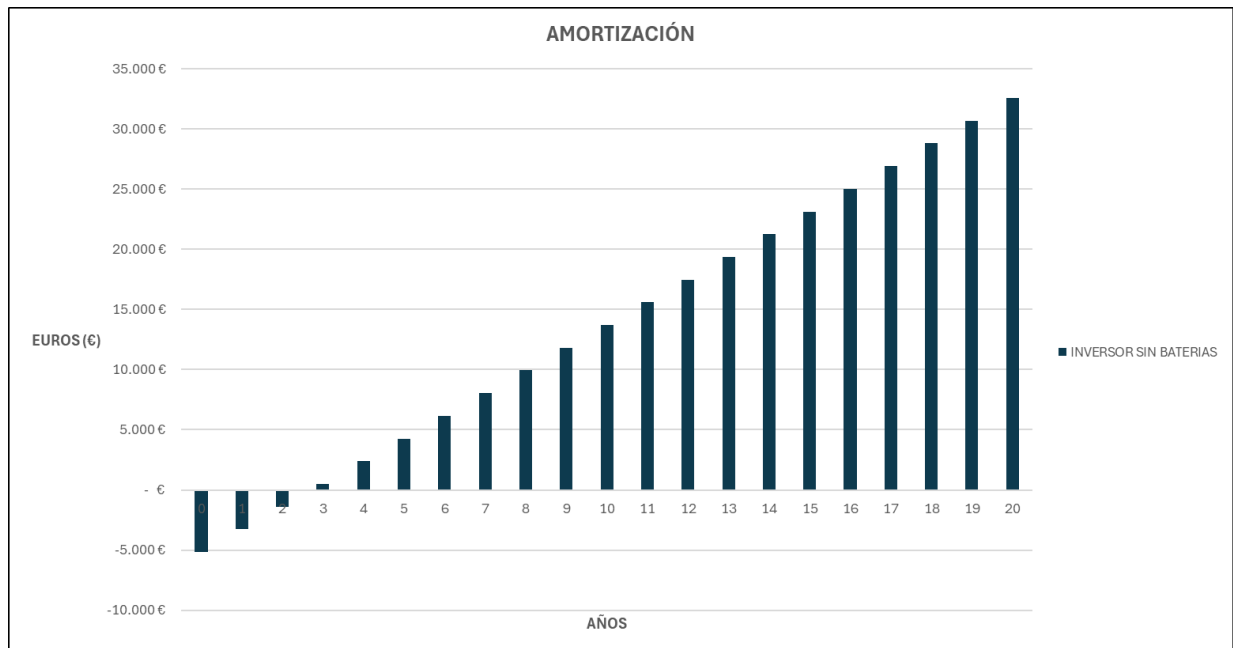


Ilustración 60: Amortización instalación Inversor sin batería.

Como podemos observar en los gráficos, las instalaciones sin batería, como era de esperar, se amortizan antes que las que sí, pero, si nos fijamos a largo plazo, al cabo de 20 años tampoco hay una diferencia tan significativa. También, es importante comentar que la diferencia de rendimiento de utilizar o no optimizadores, o inversor o micro inversores, no la estamos teniendo en cuenta, ya que, es muy difícil de calcular la cantidad de sombras que podemos tener, o cuanto de efectivos van a resultar. Lo que sí que nos aseguran los fabricantes es que podemos obtener un rendimiento hasta un 30% mayor, con lo que, aunque esto nosotros no lo veamos reflejado en números, es importante tenerlo en cuenta.

Por tanto, lo que tenemos claro es que, independientemente de la opción que escojamos, cualquiera de las 5 son una buena opción.

7. CONCLUSIONES

Ahora sí que sí, ya tenemos todos los cálculos y los datos necesarios para tomar una decisión. Como ya hemos comentado anteriormente, debido a que para nosotros es importante considerar las opciones con batería o por lo menos que sea fácil su incorporación posterior, la opción que hemos elegido es la opción “2. *Instalación con optimizadores de potencia, inversor y sin batería.*”. Con este tipo de instalación, aunque no tengamos micro inversores, tenemos optimizadores de potencia, los cuales nos dan ventajas muy similares, obteniendo seguimiento y máxima eficiencia por panel, y una instalación más segura. Además, de que, en caso de sombras o avería de alguno de los paneles, solo afectaría al rendimiento de estos y no al conjunto de la instalación, ya que nuestra vivienda, aunque en principio no debería de verse afectada por este tipo de casos, es verdad que próximo a las placas se encuentran dos salidas de humo y una antena, las cuales en algún momento sí que podrían llegar a afectar. De esta forma, conseguimos tener una instalación versátil, eficiente y económica.

Con lo cual, los equipos seleccionados para nuestra instalación son:

- Paneles **LONGI LR5-66HTH-535M.**
- Inversor **HUAWEI SUN2000-5KTL-L1.**
- Optimizadores de potencia **HUAWEI SUN2000-600W-P.**

También, con el presupuesto final que podemos consultar en el apartado “9. *PRESUPUESTO*” podemos calcular la amortización de la instalación con más detalle.

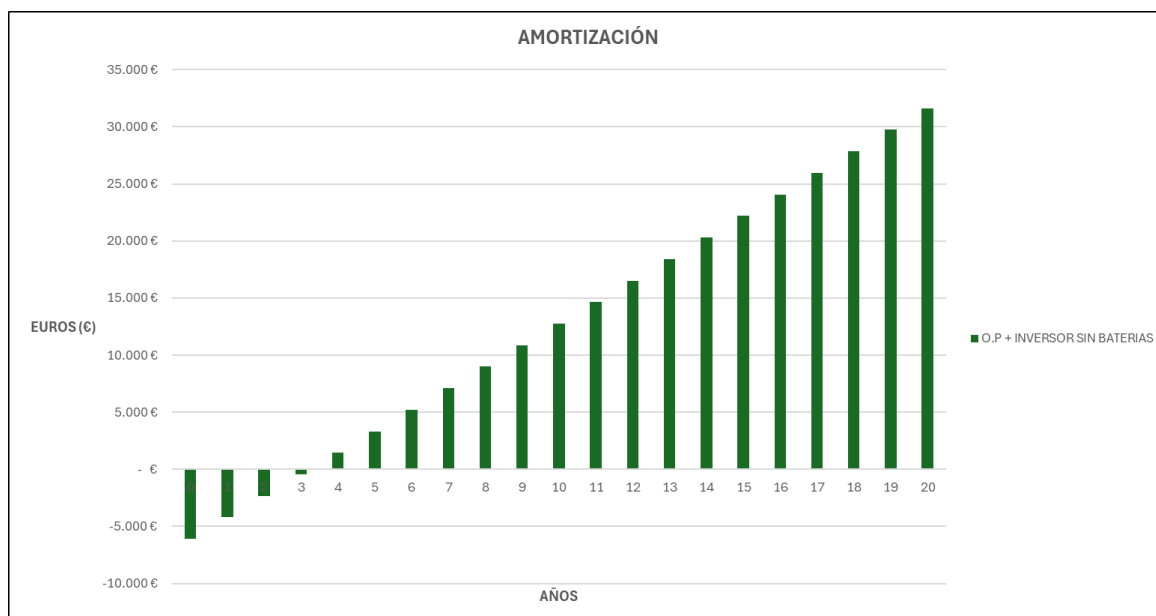


Ilustración 61: Amortización de la instalación.

AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN	
AÑOS	O.P+ INVERSOR SIN BATERIAS
0	- 6.099,6 €
1	- 4.213,4 €
2	- 2.327,2 €
3	- 441,0 €
4	1.445,1 €
5	3.331,3 €
6	5.217,5 €
7	7.103,7 €
8	8.989,9 €
9	10.876,1 €
10	12.762,3 €
11	14.648,5 €
12	16.534,7 €
13	18.420,9 €
14	20.307,1 €
15	22.193,3 €
16	24.079,5 €
17	25.965,7 €
18	27.851,9 €
19	29.738,1 €
20	31.624,3 €

Tabla 23: Amortización de la instalación.

Si comparamos los datos aproximados que teníamos antes con los datos finales actuales, vemos que no estábamos muy desviados. De modo que, tendremos una instalación que en menos de cuatro años recuperaremos lo invertido y obtendremos una gran rentabilidad a lo largo de los años.

8. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Los 12 paneles se instalarán en el tejado con orientación suroeste (azimut 70°), en la disposición que vemos en la “*Ilustración 62*”, tres filas de cuatro paneles cada una. Una vez tengamos todos los paneles con sus optimizadores de potencia conectados en serie, la línea principal DC, que ira por el interior de un tubo de aislamiento flexible de PVC, bajará por la fachada principal hasta llegar a la puerta de entrada a la vivienda. En la parte superior derecha de la entrada se hará un pasamuros por donde entrará la línea hasta llegar a la puerta de bajada a la planta inferior, donde se deberá hacer otro pasamuros. Ya pasada esta puerta, encontramos el cuadro principal de la vivienda, donde a la parte izquierda instalaremos el inversor, las cajas de protecciones AC y DC, y se harán las conexiones oportunas.

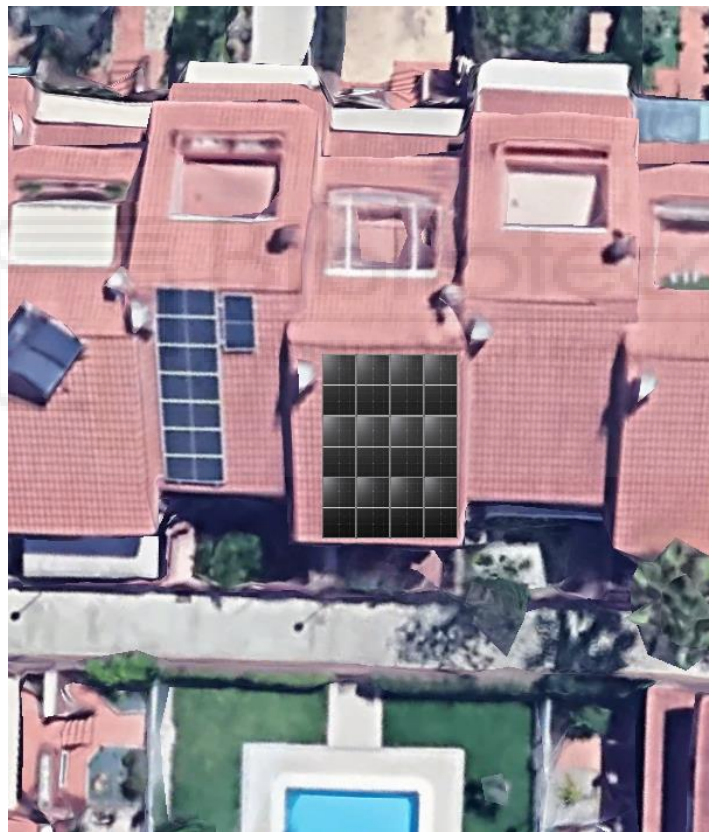


Ilustración 62: Ubicación de los paneles solares.



Ilustración 63: Trayectoria línea DC.



Ilustración 64: Trayectoria línea DC 2.



Ilustración 65: Trayectoria línea DC 3.



Ilustración 66: Trayectoria línea DC 4.

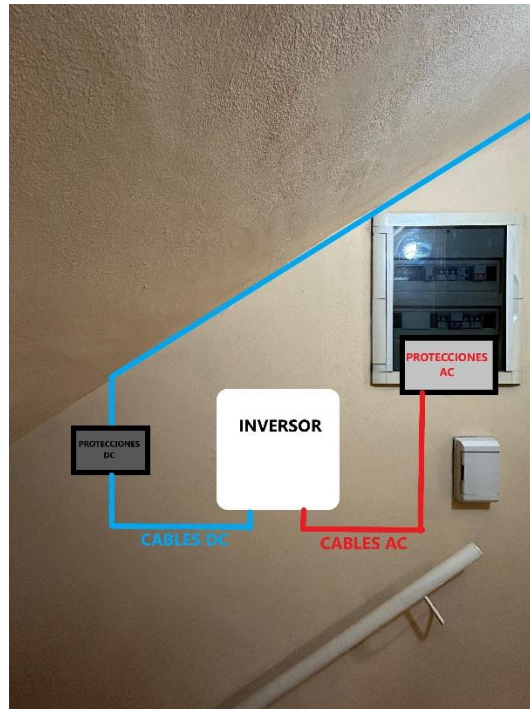


Ilustración 67: Ubicación del inversor y protecciones eléctricas.

Aunque nuestra instalación incorpora optimizadores de potencia y realmente no necesita protecciones DC, nunca está de más algo de protección extra a la entrada de nuestro inversor. En esta caja de protecciones DC encontraremos dos “*Portafusibles DF 1000Vd*” y un “*Base fusible NOARK 10x38, 30 A, 1000 V CC*” para derivar a tierra cualquier sobre corriente.

Para la línea AC que sale de nuestro inversor y llega a la caja de protecciones principal tendremos que añadir, un “*Interruptor magnetotérmico bipolar 25A MN SCHNEIDER*” y un “*Diferencial bipolar 25A 30MA R9 SCHNEIDER*”. Además del medidor inteligente de Huawei “*Smart Power Sensor DDSU666-H*”, el cual se encargará de medir en todo momento que cantidad de W estamos generando, y que parte de ellos se están consumiendo en nuestra vivienda, o vertiendo a la red una vez este la instalación legalizada y tengamos permitido la venta de nuestros excedentes. Todos estos datos los podremos consultar en la aplicación “*FusionSolar*”.

9. PRESUPUESTO

Presupuesto Instalación Fotovoltaica 6,42kW				
Concepto	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Paneles solares	Paneles solares LONGI LR5-66HTH-535M (535 Wp).	12	64,46 €	773,52 €
Optimizadores	Optimizadores de potencia Huawei SUN2000-600W-P.	12	55,22 €	662,64 €
Inversor	Inversor híbrido monofásico HUAWEI SUN2000-5KTL-L1.	1	626,45 €	626,45 €
Estructura de montaje	Soporte coplanar de aluminio Sunfer 01V4 para 4 paneles.	3	100,33 €	300,99 €
	Pequeño material, tornillería, bridas, taco químico...	1	120,00 €	120,00 €
Medidor inteligente	Medidor de producción HUAWEI Smart Power Sensor DDSU666-H.	1	64,78 €	64,78 €
Cableado y protecciones AC	Cable LEXMAN H07RV-K negro 3x6 mm ² .	5	3,52 €	17,60 €
	Cable LEXMAN H07V-K vd/amarillo 6 mm ² .	5	1,11 €	5,55 €
	Interruptor magnetotérmico bipolar 25A MN SCHNEIDER.	1	9,04 €	9,04 €
	Diferencial bipolar 25A 30MA R9 SCHNEIDER.	1	20,43 €	20,43 €
Cableado y protecciones DC	Cable Unifilar 6mm2 H1Z2Z2-K rojo.	20	1,49 €	29,85 €
	Cable Unifilar 6mm2 H1Z2Z2-K negro.	20	1,49 €	29,85 €
	Portafusibles DF 1000Vdc hasta 32A.	2	3,08 €	6,16 €
	Base fusible NOARK 10x38, 30 A, 1000 V CC, 2 polos, DC-20B, indicador óptico gPV.	1	7,73 €	7,73 €
	Caja de conexión estanca IP55 170x220x85 mm.	1	5,00 €	5,00 €
	Aislamiento de PVC en espiral flexible de tubos de 30 metros (20mm).	1	29,23 €	29,23 €
	Conectores MC4.	6	4,00 €	24,00 €
Mano de obra	Montaje, conexionado y puesta en marcha.	1	1.000,00 €	1.000,00 €
Legalización y trámites	Boletín, MTD, tramitación Industria y CIE.	1	300,00 €	300,00 €
Beneficio	Beneficio del 25%.			1.008,20 €
BASE IMPONIBLE				5.041,02 €
IVA (21%)				1.058,61 €
TOTAL (Imp. Incluidos)				6.099,63 €

El presupuesto para la instalación fotovoltaica de 6,42 kW incluye 12 paneles solares LONGI de 535 Wp, optimizadores de potencia Huawei, un inversor híbrido monofásico Huawei, estructura de montaje, cableado y protecciones tanto en corriente alterna (AC) como en corriente continua (DC), además de un medidor inteligente. También contempla la mano de obra necesaria para el montaje, conexión y puesta en marcha, así como los trámites administrativos y la legalización del sistema. El coste total, incluyendo el beneficio del 25% y el IVA del 21%, asciende a 6.099,63 € (**SEIS MIL NOVENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y TRES CENTIMOS**).



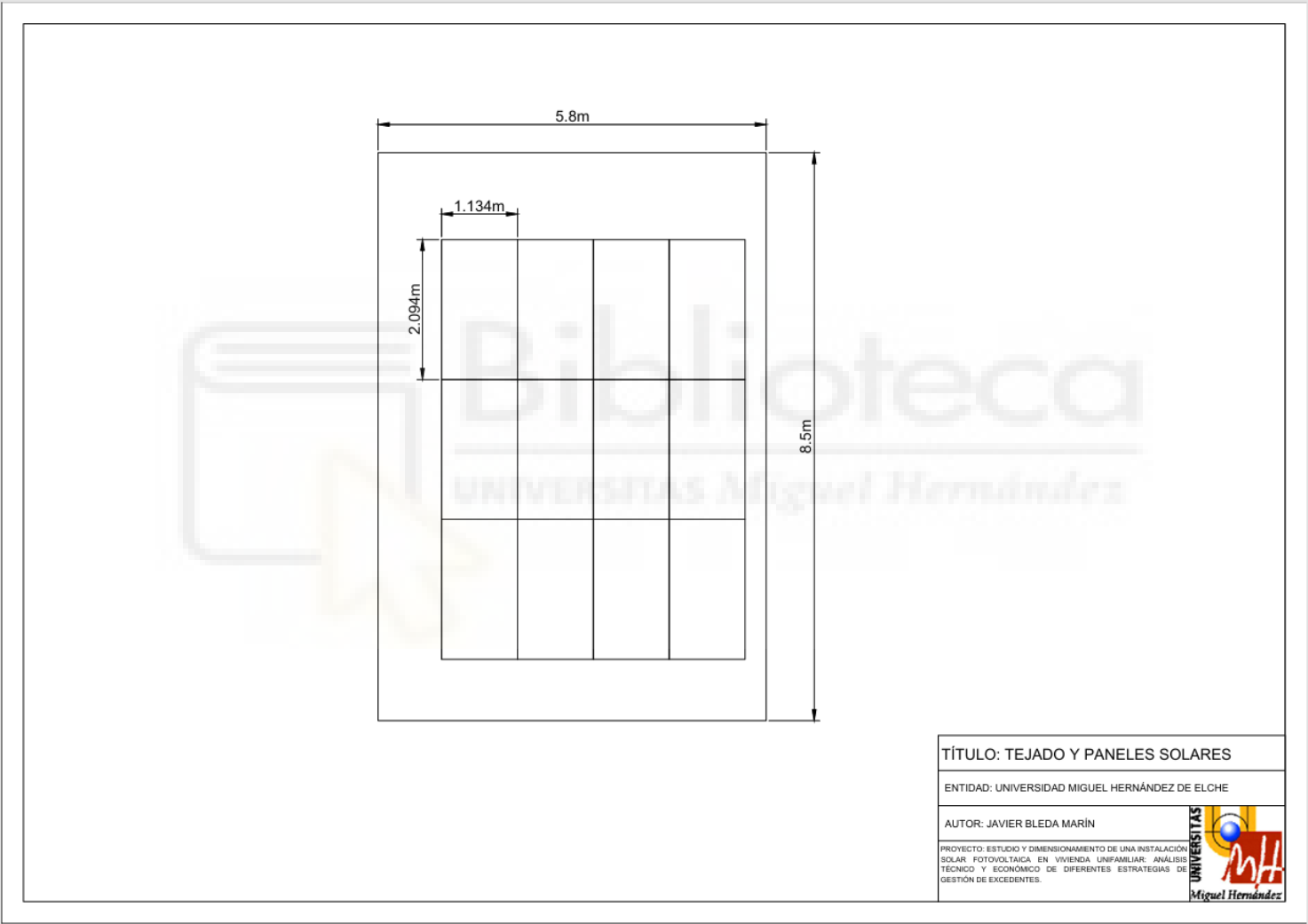
10. PLANOS

Por último, en los siguientes planos, podemos observar por un lado el plano de situación donde se muestran las medidas del tejado y de los paneles solares, de forma que podemos comprobar que las placas encajan perfectamente sobre nuestro tejado.

Por otro lado, tenemos el esquema unifilar donde se muestran los principales equipos con sus respectivas protecciones y como se conectan entre sí.



10.1. PLANO DE SITUACIÓN



10.2. PLANO ESQUEMA UNIFILAR

