

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Estudio de la viabilidad económica del autoconsumo fotovoltaico en una instalación industrial

Autor: Francisco Javier Mora García

Tutor: Juan Manuel Roldán Fernández

Manuel Burgos Payán

Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Proyecto Fin de Carrera
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Estudio de la viabilidad económica del autoconsumo fotovoltaico en una instalación industrial

Autor:

Francisco Javier Mora García

Tutores:

Juan Manuel Roldán Fernández

Manuel Burgos Payán

Dpto. de Ingeniería Eléctrica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

v

Proyecto Fin de Carrera: Estudio de la viabilidad económica del autoconsumo fotovoltaico en una instalación industrial

Autor: Francisco Javier Mora García

Tutor: Juan Manuel Roldán Fernández

Manuel Burgos Payán

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

A Lucio, Carmeluchi, Tía Aurora, Papá, Mamá,
Nacho, Carmen y Pilar

Agradecimientos

Poder ser Ingeniero Industrial no es solo mérito mío, muchas personas se han esforzado participando en el camino que llevo recorrido hasta ahora. A mis padres y hermanos, por su incondicional apoyo y ayuda en todas las decisiones que he tomado, toda recompensa también es de ellos. A todas las personas que me han acompañado estos años de grado y máster, las que ya no están, especialmente mis abuelos, mi tía Mamen y mi tía Aurora, las que siguen y las que han llegado durante ellos a mi vida, especialmente mi pareja, Pilar. Gracias por ayudarme, animarme y soportarme durante todo este camino.

A todos esos profesores que me han hecho disfrutar aprendiendo, tanto en el colegio como en el instituto y la universidad, especialmente a mi tutor D. Juan Manuel Roldán Fernández, por su cercanía, paciencia, ayuda y disposición durante la realización de este trabajo.

Y por último, acordarme de Dios, por ayudarme a cargar con las cruces que han surgido en esta etapa.

Francisco Javier Mora García

Sevilla, 2020

Resumen

El cambio climático ha hecho visible la necesidad de cambiar la forma de producir energía, tradicionalmente con centrales de combustibles fósiles, nuclear o hidráulica. Poco a poco las centrales de generación a partir de energías renovables no convencionales (centrales eólicas y centrales solares, entre ellas las centrales solares fotovoltaicas) han ido cobrando más importancia en el mix energético mundial y español. Esto ha provocado un cambio en el esquema del sistema eléctrico, pasando de un esquema vertical (generación, transporte, distribución y consumo) a un esquema de generación distribuida, donde se puede tener generación en cualquiera de los niveles del esquema tradicional, surgiendo la posibilidad de que un consumidor sea productor a su vez. Esto es lo conocido como autoconsumo. A pesar de sus grandes ventajas (reducción de la factura de electricidad, disminución del daño ambiental, aumento del empleo local y la diversidad energética), no se ha desarrollado tanto como gustaría, principalmente debido a las trabas burocráticas y administrativas y la falta de una regulación clara y específica para el autoconsumo con fuentes de energías renovables.

En esta situación, una empresa del sector industrial plantea la opción de hacer un estudio para ver la viabilidad económica de instalar una Central Solar Fotovoltaica en las cubiertas de sus naves. Para ese estudio el Cliente facilita sus datos de consumo y su facturación eléctrica de los últimos 12 meses. Así pues, hemos estudiado diferentes opciones de potencia instalada, aumentando cada vez la potencia hasta llegar al límite que se puede instalar debido a la superficie disponible. Para cada potencia se ha obtenido su consumo horario y se ha estimado la producción solar horaria para luego calcular la producción mensual. Con estos datos, se han calculado una serie de indicadores económicos con los que poder comparar las distintas opciones y ver cuál es más viable: el VAN, la TIR, el Pay-Back y el LCOE, introduciendo varias situaciones como la obtención de una subvención, la estimación de que con la Central Solar Fotovoltaica se obtienen ahorros en el término de potencia facturada, y el contrato de un modelo de Renting para financiar la instalación. Para ello, se han empleado las herramientas PVGIS, MATLAB y EXCEL.

Por último, con la opción más viable, se ha hecho un estudio más preciso con la herramienta PVSYS y EXCEL. PVSYS es más preciso que el PVGIS ya que tiene en cuenta en el estudio el tipo de panel fotovoltaico que se va a emplear y el inversor a instalar, mientras que el PVGIS solo contempla la posición de los paneles y unas pérdidas aproximadas a introducir por el usuario. A esta solución se le ha calculado su rentabilidad y viabilidad económica, haciendo una propuesta breve de la solución técnica y estimando las tareas administrativas y técnicas necesarias para desarrollar el proyecto y el tiempo que se tardaría en base a la experiencia y la información suministrada por empresas del sector.

Índice

Agradecimientos	viii
Resumen	ix
Índice	xi
Índice de Tablas	xiv
Índice de Figuras	xviii
Notación	xxii
1 Introducción y objetivos	24
2 Antecedentes	25
3 Tecnología Solar Fotovoltaica	26
3.1 <i>Generación Tradicional</i>	27
3.2 <i>Nuevo Paradigma en la Generación de Electricidad</i>	30
3.3 <i>Centrales Solares Fotovoltaicas</i>	36
3.3.1 <i>Impacto Económico</i>	40
3.3.2 <i>Centrales Fotovoltaicas de Autoconsumo</i>	41
3.4 <i>Evolución de la Normativa y Regulación</i>	43
4 Análisis de Viabilidad	45
4.1 <i>Radiación del Lugar</i>	46
4.2 <i>Ajuste de los Datos</i>	48
4.2.1 <i>Consumo Horario</i>	48
4.2.2 <i>Producción Horaria</i>	50
4.2.3 <i>Modelo Financiero</i>	51
4.3 <i>Análisis de los Datos</i>	54
4.3.1 <i>Central Fotovoltaica de 25 kWp</i>	54
4.3.2 <i>Central Fotovoltaica de 50 kWp</i>	62
4.3.3 <i>Central Fotovoltaica de 75 kWp</i>	69
4.3.4 <i>Central Fotovoltaica de 100 kWp</i>	78
4.3.5 <i>Central Fotovoltaica de 125 kWp</i>	86
4.3.6 <i>Central Fotovoltaica de 137 kWp</i>	94
4.3.7 <i>Central Fotovoltaica de 175 kWp</i>	102
4.4 <i>Análisis comparativa</i>	110
4.5 <i>Análisis de Sensibilidad</i>	114
4.5.1 <i>Obtención de subvención pública</i>	114
4.5.2 <i>Ahorros en potencia</i>	117
4.5.3 <i>Modelo de renting</i>	122
4.5.4 <i>Combinación de los tres supuestos</i>	126

5	Estudio de la Solución Adoptada	132
5.1	<i>Procedimiento Administrativo.....</i>	133
5.2	<i>Estudio Técnico de la Central Solar Fotovoltaica en Autoconsumo</i>	134
5.2.1	Solución Técnica.....	134
5.2.2	Descripción Técnica de las Instalaciones	135
5.2.3	Monitorización	137
5.2.4	Seguridad y Protecciones	137
5.2.5	Elementos de Medida.....	138
5.2.6	Puesta a tierra de la Instalación	138
5.2.7	Cableado.....	138
5.2.8	Conexión a Red	138
5.2.9	Infraestructura de Evacuación y Centro de Transformación	139
5.2.10	Solución Técnica de montaje Mecánico.....	139
5.3	<i>Estudio Fotovoltaico de la Instalación.....</i>	139
5.3.1	Estudio Central Solar Fotovoltaica Sin Excedentes.....	142
5.3.2	Cálculos Justificativos de la Instalación.....	148
6	Alcance de los Trabajos a Realizar	151
6.1	<i>Estudios, Ingeniería y Tramitación</i>	151
6.2	<i>Instalación, Puesta en Marcha y Legalización de la Central.....</i>	152
6.3	<i>Programa de Ejecución</i>	152
6.4	<i>Valoración Económica de los Trabajos.....</i>	155
7	Conclusiones y trabajos futuros	157
8	Referencias	159

Anexo I. Gráficas y tablas de consumo y producción.

Anexo II. Planos de implantación.

Anexo III. Estudio de Producción PVSYSY.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Tabla de Consumos del Cliente por períodos.	25
Tabla 4.1.- Datos de facturación del Cliente.	50
Tabla 4.2.- Datos de partida para el cálculo de indicadores económicos.	53
Tabla 4.3.- Datos de producción horaria promedio de la Central de 25 kWp	55
Tabla 4.4.- Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 25 kWp.	56
Tabla 4.5.- Datos de ahorro horario mensual de la Central de 25 kWp.	58
Tabla 4.6.- Precio de la energía para cada período y cada mes.	58
Tabla 4.7.- Ahorro total de consumo de energía para la Central de 25 kWp.	59
Tabla 4.8.- Ahorro total del precio de la energía para la Central de 25 kWp.	59
Tabla 4.9.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp.	60
Tabla 4.10.- Datos de producción horaria promedio de la Central de 50 kWp.	63
Tabla 4.11.- Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 50 kWp.	64
Tabla 4.12.- Datos de ahorro horario mensual de la Central de 50 kWp.	65
Tabla 4.13.- Ahorro total de consumo de energía para la Central de 50 kWp.	66
Tabla 4.14.- Ahorro total del precio de la energía para la Central de 50 kWp.	67
Tabla 4.15.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp.	68
Tabla 4.16.- Datos de producción horaria promedio de la Central de 75 kWp.	70
Tabla 4.17.- Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 75 kWp.	72
Tabla 4.18.- Datos de ahorro horario mensual de la Central de 75 kWp.	73
Tabla 4.19.- Ahorro total de consumo de energía para la Central de 75 kWp.	74
Tabla 4.20.- Ahorro total del precio de la energía para la Central de 75 kWp.	75
Tabla 4.21.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp.	76
Tabla 4.22.- Datos de producción horaria promedio de la Central de 100 kWp.	79
Tabla 4.23.- Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 100 kWp.	80
Tabla 4.24.- Datos de ahorro horario mensual de la Central de 100 kWp.	82
Tabla 4.25.- Ahorro total de consumo de energía para la Central de 100 kWp.	83
Tabla 4.26.- Ahorro total del precio de la energía para la Central de 100 kWp.	83
Tabla 4.27.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp.	84
Tabla 4.28.- Datos de producción horaria promedio de la Central de 125 kWp.	87
Tabla 4.29.- Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 125 kWp.	88
Tabla 4.30.- Datos de ahorro horario mensual de la Central de 125 kWp.	90
Tabla 4.31.- Ahorro total de consumo de energía para la Central de 125 kWp.	91

Tabla 4.32.- Ahorro total del precio de la energía para la Central de 125 kWp.	91
Tabla 4.33.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp.	92
Tabla 4.34.- Datos de producción horaria promedio de la Central de 132 kWp.	95
Tabla 4.35.- Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 132 kWp.	96
Tabla 4.36.- Datos de ahorro horario mensual de la Central de 137 kWp.	98
Tabla 4.37.- Ahorro total de consumo de energía para la Central de 137 kWp.	99
Tabla 4.38.- Ahorro total del precio de la energía para la Central de 137 kWp.	99
Tabla 4.39.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp.	100
Tabla 4.40.- Datos de producción horaria promedio de la Central de 175 kWp.	106
Tabla 4.41.- Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 175 kWp.	104
Tabla 4.42.- Datos de ahorro horario mensual de la Central de 175 kWp.	106
Tabla 4.43.- Ahorro total de consumo de energía para la Central de 175 kWp.	107
Tabla 4.44.- Ahorro total del precio de la energía para la Central de 175 kWp.	107
Tabla 4.45.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp.	108
Tabla 4.46.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con subvención.	114
Tabla 4.47.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con subvención.	114
Tabla 4.48.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y con subvención.	114
Tabla 4.49.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con subvención.	115
Tabla 4.50.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con subvención.	115
Tabla 4.51.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con subvención.	115
Tabla 4.52.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con subvención.	115
Tabla 4.53.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con ahorros de potencia.	118
Tabla 4.54.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con ahorros de potencia.	118
Tabla 4.55.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y con ahorros de potencia.	118
Tabla 4.56.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con ahorros de potencia.	118
Tabla 4.57.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con	

ahorros de potencia.	119
Tabla 4.58.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con ahorros de potencia.	119
Tabla 4.59.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con ahorros de potencia.	119
Tabla 4.60.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con renting.	123
Tabla 4.61.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con renting.	123
Tabla 4.62.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y con renting.	123
Tabla 4.63.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con renting.	123
Tabla 4.64.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con renting.	124
Tabla 4.65.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con renting.	124
Tabla 4.66.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con renting.	124
Tabla 4.67.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.	127
Tabla 4.68.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.	127
Tabla 4.69.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.	127
Tabla 4.70.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.	127
Tabla 4.71.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.	128
Tabla 4.72.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.	128
Tabla 4.73.- Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.	128
Tabla 5.1.- Características físicas del módulo de 450Wp.	136
Tabla 5.2.- Características físicas del inversor de 33 kW.	137
Tabla 5.3.- Potencia Central Autoconsumo sin Excedente.	143
Tabla 5.4.- Generación de Energía Eléctrica en kWh por Período y Mes.	144
Tabla 5.5.- Tabla de Amortización de la Inversión según Datos 1.	145
Tabla 5.6.- Tabla de Amortización de la Inversión según Datos 2.	146
Tabla 6.1.-Programa de Actividades.	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Cubiertas de la nave bajo estudio.	26
Figura 3.1.- Distribución de la generación eléctrica en España.	27
Figura 3.2.- Sistema eléctrico tradicional.	28
Figura 3.3.- Mapa de instalaciones de producción nacionales.	28
Figura 3.4.- Evolución de las fuentes de generación en España.	29
Figura 3.5.- Evolución de la generación eléctrica peninsular no renovable.	29
Figura 3.6.- Evolución del precio del petróleo.	30
Figura 3.7. Costes externos de la producción de electricidad en Alemania (cents€/kWh).	30
Figura 3.8.- Evolución de la generación eléctrica peninsular renovable.	31
Figura 3.9.- Esquema de un sistema de Generación Distribuida.	31
Figura 3.10.- Esquema de una central hidráulica de agua embalsada.	32
Figura 3.11.- Esquema de una central hidráulica de agua fluyente.	32
Figura 3.12.- Mapa de instalaciones hidráulicas nacionales.	33
Figura 3.13.- Evolución de las reservas hidroeléctricas peninsulares (GWh).	33
Figura 3.14.- Esquema de un parque eólico.	34
Figura 3.15.- Mapa de instalaciones eólicas nacionales.	35
Figura 3.16.- Máximos y mínimos diarios de eólica en la estructura de generación peninsular.	35
Figura 3.17.- Cobertura diaria mínima con hidráulica, eólica y solar en 2019.	36
Figura 3.18.- Esquema de un parque fotovoltaico.	36
Figura 3.19.- Central Solar Fotovoltaica con seguimiento a un eje.	37
Figura 3.20.- Central Solar Fotovoltaica con seguimiento a dos ejes.	37
Figura 3.21.- Mapa de instalaciones fotovoltaicas nacionales.	38
Figura 3.22.- Evolución de la Energía Solar Generada (GWh).	39
Figura 3.23.- Evolución de la Potencia Solar Fotovoltaica instalada anualmente en España (GW).	39
Figura 3.24.- Potencia instalada fotovoltaica (GW) por Comunidad Autónoma.	39
Figura 3.25.- Generación electricidad con energía fotovoltaica (GWh) por Comunidad Autónoma.	39
Figura 3.26.- Huella económica nacional e importada del sector fotovoltaico español (millones€).	39
Figura 3.27.- Central Solar Fotovoltaica de autoconsumo en Alemania.	42
Figura 3.28.- Mapa de instalaciones fotovoltaicas en tejado nacionales.	42
Figura 3.29.- Cuadro resumen de las modalidades y diferentes posibilidades de autoconsumo.	44
Figura 4.1.- Cálculo de irradiancia con herramienta PVGIS.	46
Figura 4.2.- Gráfica de irradiancia mensual con herramienta PVGIS.	46

Figura 4.3.- Datos de irradiancia mensual.	48
Figura 4.4.- Horario de tarifas en la península.	49
Figura 4.5.- Interfaz PVGIS.	51
Figura 4.6.- Energía Mensual Producida por la Central de 25 kWp.	60
Figura 4.7.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 25 kWp.	60
Figura 4.8.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 25 kWp.	61
Figura 4.9.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 25 kWp.	61
Figura 4.10.- Energía Mensual Producida por la Central de 50 kWp.	67
Figura 4.11.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 50 kWp.	68
Figura 4.12.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 50 kWp.	68
Figura 4.13.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 25 kWp.	69
Figura 4.14.- Energía Mensual Producida por la Central de 75 kWp.	75
Figura 4.15.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 75 kWp.	76
Figura 4.16.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 75 kWp.	77
Figura 4.17.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 75 kWp.	77
Figura 4.18.- Energía Mensual Producida por la Central de 100 kWp.	84
Figura 4.19.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 100 kWp.	84
Figura 4.20.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 100 kWp.	85
Figura 4.21.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 100 kWp.	85
Figura 4.22.- Energía Mensual Producida por la Central de 125 kWp.	92
Figura 4.23.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 125 kWp.	92
Figura 4.24.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 125 kWp.	93
Figura 4.25.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 125 kWp.	93
Figura 4.26.- Energía Mensual Producida por la Central de 137 kWp.	100
Figura 4.27.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 137 kWp.	100
Figura 4.28.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 137 kWp.	101
Figura 4.29.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 137 kWp.	101
Figura 4.30.- Energía Mensual Producida por la Central de 175 kWp.	108
Figura 4.31.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 175 kWp.	108
Figura 4.32.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 175 kWp.	109
Figura 4.33.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 175 kWp.	109
Figura 4.34.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 1.	109
Figura 4.35.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 1.	109
Figura 4.36.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculado a partir de Datos 1.	111

Figura 4.37.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 1.	111
Figura 4.38.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 2.	112
Figura 4.39.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 2.	112
Figura 4.40.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculado a partir de Datos 2.	113
Figura 4.41.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 2.	113
Figura 4.42.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 1 y con subvención pública.	116
Figura 4.43.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 1 y con subvención pública.	116
Figura 4.44.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 2 y con subvención pública.	117
Figura 4.45.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 2 y con subvención pública.	117
Figura 4.46.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 1 y con ahorro de potencia.	120
Figura 4.47.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada con Datos 1 y con ahorro de potencia.	120
Figura 4.48.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 1 y con ahorro de potencia.	121
Figura 4.49.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 2 y con ahorro de potencia.	121
Figura 4.50.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada con Datos 2 y con ahorro de potencia.	122
Figura 4.51.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 2 y con ahorro de potencia.	122
Figura 4.52.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 1 y con renting.	125
Figura 4.53.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 1 y con modelo de renting.	125
Figura 4.54.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 2 y con renting.	126
Figura 4.55.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculado con Datos 2 y con modelo de renting.	126
Figura 4.56.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 1 y con subvención, ahorro de potencia y renting.	129
Figura 4.57.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 1 y con subvención, ahorro de potencia y renting.	129
Figura 4.58.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada con Datos 1 y con subvención, ahorro de potencia y renting.	130
Figura 4.59.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada con Datos 1 y con subvención,	

ahorro de potencia y renting.	130
Figura 4.60.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 2 y con subvención, ahorro de potencia y renting.	131
Figura 4.61.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada con Datos 2 y con subvención, ahorro de potencia y renting.	131
Figura 4.62.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada con Datos 2 y con subvención, ahorro de potencia y renting.	132
Figura 4.63.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada con Datos 2 y con subvención, ahorro de potencia y renting.	132
Figura 5.1.- Esquema Central Solar Fotovoltaico para Autoconsumo.	135
Figura 5.2.- Estructura Soporte.	139
Figura 5.3.- Software de cálculo de potencia fotovoltaica.	140
Figura 5.4.- Menú inicial del software PVSYST.	140
Figura 5.5.- Menú Orientación del software PVSYST.	141
Figura 5.6.- Menú Sistema del software PVSYST.	142
Figura 5.7.- Energía Mensual Producida según software PVSYST.	144
Figura 5.8.-Flujos de Caja obtenidos según los Datos 1 con subvención pública.	145
Figura 5.9.-Flujos de Caja obtenidos según los Datos 1 sin subvención pública.	146
Figura 5.10.-Flujos de Caja obtenidos según los Datos 2 con subvención pública.	147
Figura 5.11.-Flujos de Caja obtenidos según los Datos 2 sin subvención pública.	147
Figura 5.12.-Ilustración para el cálculo de sombras.	149
Figura 5.13.-Dimensiones de un panel fotovoltaico.	149

Notación

F_t	Flujo de Caja en cada período t
I_o	Inversión inicial
n	Número de períodos de tiempo
k	Tipo de descuento o tipo de interés exigido por la inversión
a	Número del período inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial
b	Suma de los flujos hasta el final del período “ a ”
A_t	Costes de operación anuales
M_{el}	Energía anual producida en kWh
d	Distancia entre paneles o entre el fin de la cubierta y el inicio de una fila de paneles
h	Altura máxima del obstáculo (panel, agua de la cubierta, etc.)
A	Longitud del panel
α	Ángulo de inclinación del panel
NPS	Número de paneles en serie
V_{minp}	Tensión mínima que alcanza el panel
V_{maxp}	Tensión máxima que alcanza el panel
T_{min}^{FV}	Temperatura mínima del panel
T_{max}^{FV}	Temperatura máxima del panel
T_{amb}	Temperatura ambiente
NTP	Número total de paneles
NPP	Número de paneles en paralelo

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En la actualidad, el cambio climático y la necesidad de generar energía de forma limpia ha hecho que se planteen nuevas formas de generación de energía, desafiando a las tecnologías tradicionales y al propio sistema eléctrico. La introducción en España de una regulación del modelo de generación en autoconsumo ha hecho que cada vez más empresas, comercios y viviendas se planteen el instalar una Central Solar Fotovoltaica de Autoconsumo para ayudar al planeta y conseguir ahorros en su facturación de electricidad.

La realidad es que estas tecnologías, hoy día, son poco predecibles, lo que genera incertidumbre a la hora de invertir en ellas, y los estudios que se pueden hacer previos a su instalación no son del todo exactos, ya que la producción de una Central Solar Fotovoltaica depende de las condiciones climáticas del lugar de emplazamiento. Aun así, con las herramientas disponibles en el mercado, como el PVSYS o el PVGIS, y la experiencia de la industria española en este tipo de tecnologías, se consiguen predicciones bastantes acertadas.

En este proyecto, se ha atendido a la demanda real por parte de una empresa del sector de la alimentación de estudiar la posibilidad de instalar una Central Solar Fotovoltaica en las cubiertas de sus naves. Para ello, se ha partido de los datos de facturación y consumo de dicha empresa en los últimos 12 meses, analizándose varias alternativas y profundizando en el estudio de la solución adoptada.

Con los resultados obtenidos, se puede observar la viabilidad para una empresa industrial de instalar una Central Solar Fotovoltaica, y ver el comportamiento de las mismas respecto a la inversión necesaria para instalarlas y a los potenciales ahorros que se pueden obtener.

Por tanto, se puede decir que los objetivos del estudio han sido los siguientes:

- Recopilación de datos de facturación y consumo de electricidad de la empresa en cuestión.
- Estudio y análisis de estos datos, así como el estudio y análisis de datos de producción en función de la potencia pico de la Central Solar Fotovoltaica.
- Estudio de viabilidad económica de la solución adoptada, así como realizar unas primeras indicaciones para su instalación.
- Comparación de resultados y comentar las conclusiones alcanzadas.

2 ANTECEDENTES

Una empresa de la industria alimentaria (“Cliente”) expresa su deseo de mejorar sus instalaciones en Sevilla, de manera que se produzca un ahorro y se mejore la eficiencia energética de las mismas.

En ese sentido, solicita que se evalúe la posibilidad de instalar una Central Solar Fotovoltaica sobre la cubierta de dichas instalaciones bajo el modelo del autoconsumo sin excedente (“Central”).

Para la realización de los estudios incluidos en la presente oferta el Cliente ha suministrado la facturación de energía eléctrica de los últimos doce (12) meses (11/2019-10/2020) de toda la factoría. El Cliente dispone en la actualidad de un suministro de 320 kW, con una tarifa 3.1A, y se encuentra conecta a la red pública mediante un transformador propio de 1.000 kVAs, las cuales tiene cedidas parcialmente a la Compañía Distribuidora.

A continuación, se describen los consumos por períodos del contrato para el estudio de cada una de las cubiertas:

Cliente:	Industria Alimentaria
Ubicación:	Sevilla
Tarifa:	ATR3.1

Energía Total Consumida Anual (kWh)	1.510.865,00
Energía Consumida Anual P1 (kWh):	316.707,00
Energía Consumida Anual P2 (kWh):	529.350,00
Energía Consumida Anual P3 (kWh):	664.808,00

Tabla 2.1.- Tabla de Consumos del Cliente por períodos

El edificio en el que se implantará la planta solar está formado por 4 naves con cubiertas a dos aguas, de las cuales tres tienen una planta rectangular y la cuarta que es la más situada al norte, tiene forma trapezoidal. Se estudiarán las cubiertas de todos los edificios del complejo menos la nave central, ya que la nave central no es propiedad del cliente, tal y como se puede ver en la foto:



Figura 2.1. Cubiertas de la nave bajo estudio

Siendo las coordenadas de la cubierta:

HUSO = 30; X = 238.756,47; Y = 4.144.951,81;

Las cubiertas en las que se va a implantar la planta solar tienen una superficie aproximada de 373,55 m² para la nave Norte y de 308,36 m² para la nave Sur. La inclinación de las cubiertas es de 12° para la nave Norte y 15° para la nave Sur con un ángulo de orientación de 0° respecto al Sur.

3 TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

En este apartado se describe el marco energético nacional, empezando por las tecnologías tradicionales de generación y el sistema eléctrico clásico, pasando luego a realizar una introducción a la Tecnología Solar Fotovoltaica, describiendo su evolución a lo largo de los últimos años, así como su regulación y su funcionamiento.

En 1875 se fundó la Sociedad Española de Electricidad, hito que marca el comienzo de la electrificación industrial nacional, buscando desde entonces la mayor eficiencia energética posible. Para controlar y decidir qué centrales entraban en el mix de generación de electricidad para la red y determinar los intercambios de electricidad necesarios, nació Unidad Eléctrica S.A. (UNESA) en 1944 [1].

Poco a poco, la infraestructura eléctrica iba mejorando, lo que iba ligado a un aumento de la industria y economía española y un incremento de la demanda de electricidad. Esta evolución ha llevado a que hoy en día tengamos una red eléctrica extensa y segura, garantizando el suministro a los consumidores y el aprovechamiento de la potencia instalada.

En las últimas décadas, el sistema eléctrico español, se ha enfrentado a nuevos retos y problemas. Primero, debido a los objetivos medioambientales establecidos para luchar contra el inminente Cambio Climático, surgió la necesidad de cambiar la manera de producir energía eléctrica, naciendo las energías renovables. Esto hizo además, que el sistema eléctrico empezara a virar hacia la llamada generación distribuida.

Entre las formas de producir energía limpia podríamos destacar 3: la generación hidráulica, la

generación eólica y la generación fotovoltaica. La generación hidráulica y la eólica, tienen una participación bastante alta en el mix de generación español, siendo unas tecnologías muy consolidadas en la industria nacional.

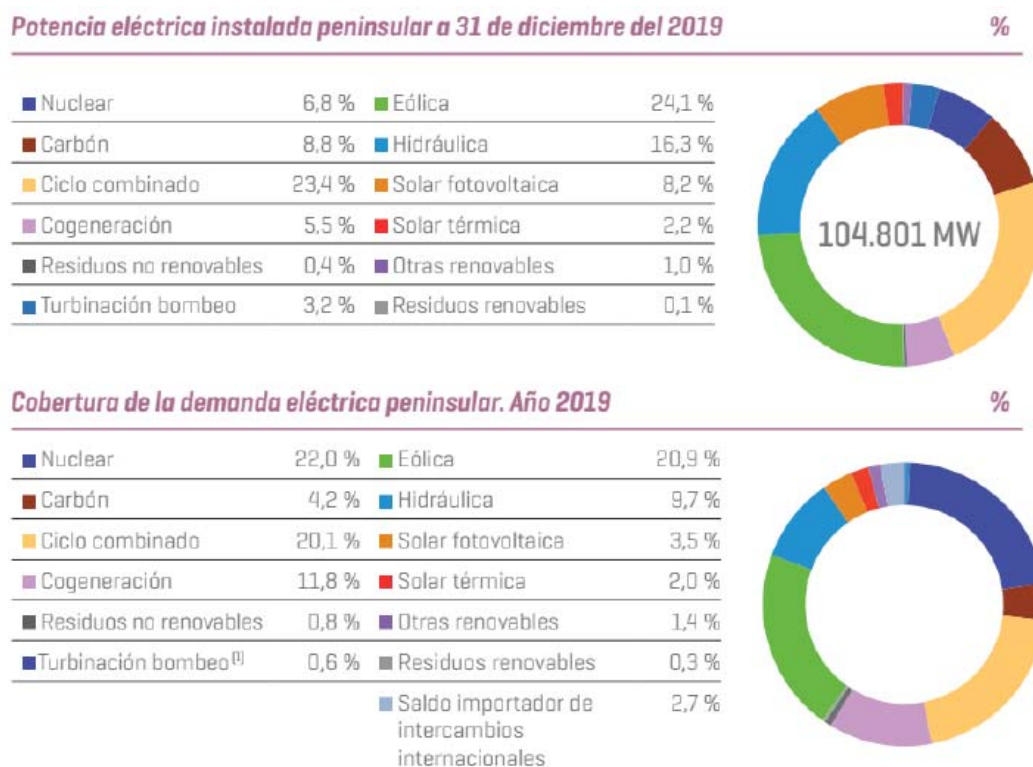


Figura 3.1. Distribución de la generación eléctrica en España [2]

Las Centrales Solares Fotovoltaicas captan energía solar y la transforman en energía eléctrica de forma limpia y es una de las principales fuentes de generación renovable. Es un elemento del sistema eléctrico a tener en cuenta, ya que España tiene un gran potencial fotovoltaico debido a su geografía y condiciones climáticas, por lo que un desarrollo de esta tecnología puede ir acompañado de un desarrollo de la industria española.

3.1 Generación Tradicional

El Sistema eléctrico, se podría dividir a grosso modo en tres niveles:

- Generación: producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía primaria.
- Transporte y distribución: a través de las redes de transporte y distribución se hace llegar la energía eléctrica procedente de las centrales generadoras a los consumidores finales.
- Consumo: a distintos niveles de tensión, en función de si es industrial, doméstico, comercial...

Estos tres niveles configuran el camino clásico de la electricidad, constituyendo la red eléctrica tradicional:

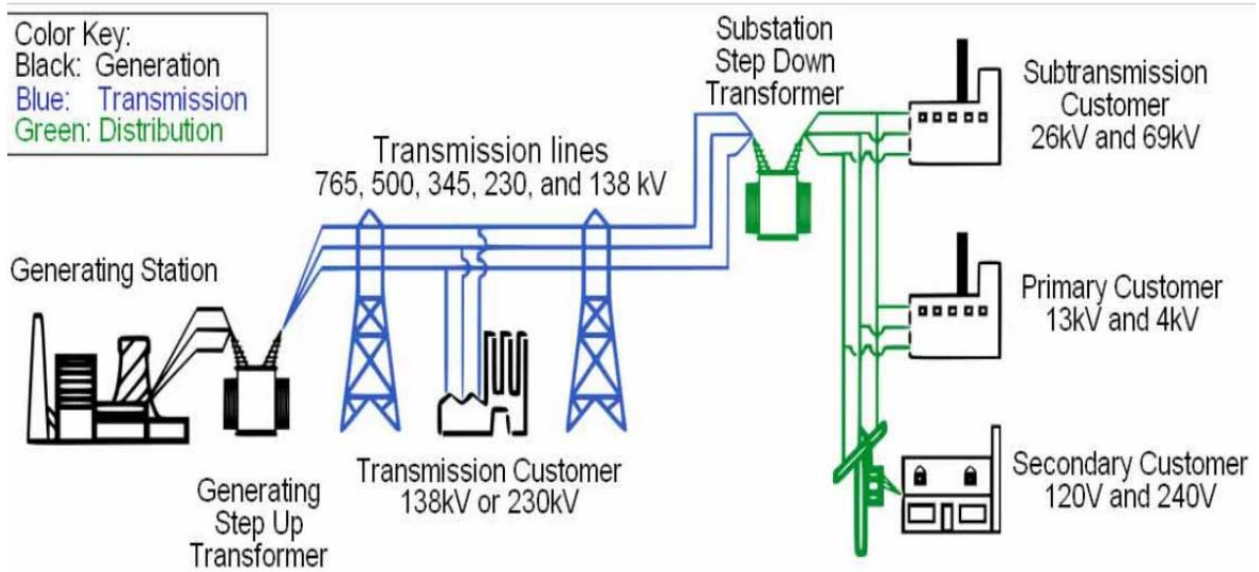


Figura 3.2. Sistema eléctrico tradicional [3].

Centrándonos en la primera pata del Sistema, la generación, desde los inicios del Sistema eléctrico las fuentes de energía primaria principales eran los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural), la energía nuclear y la energía hidráulica. Estas fuentes siguen hoy día muy presentes en el parque de generación nacional, aunque cada vez ven disminuida su participación en el mismo.

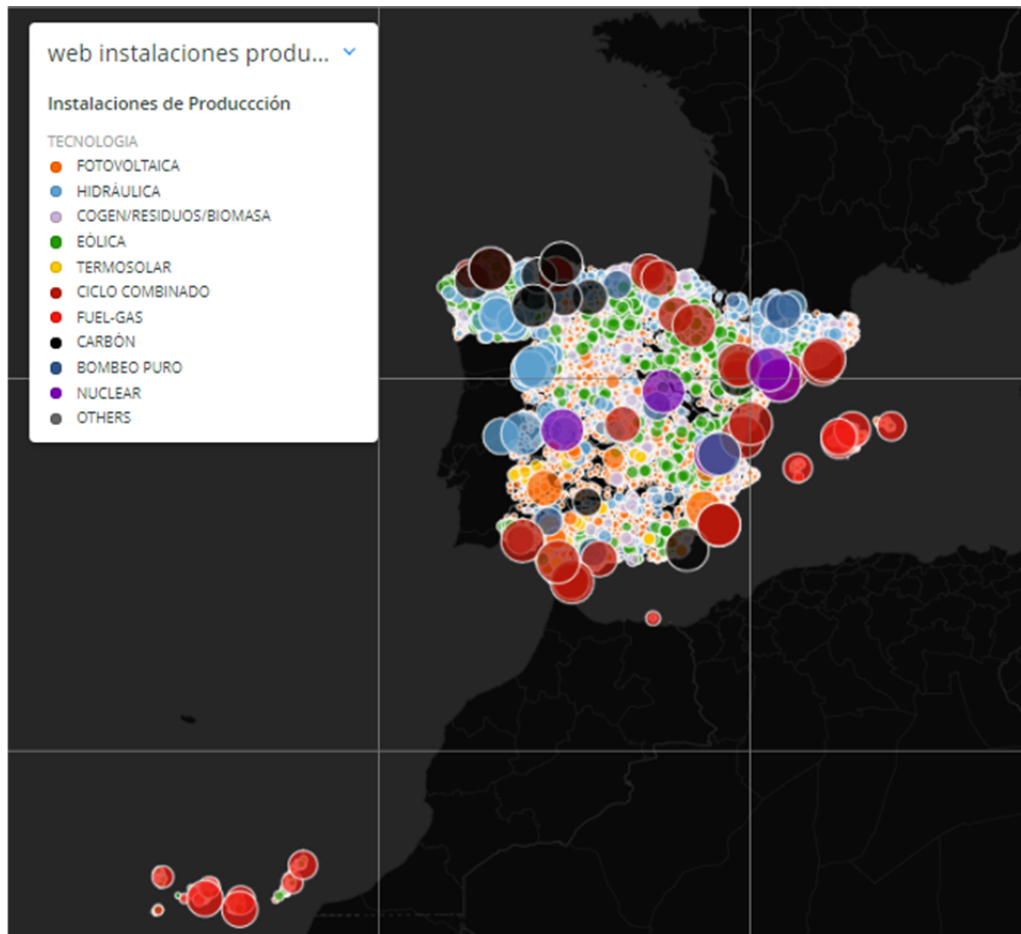


Figura 3.3. Mapa de instalaciones de producción nacionales [4].

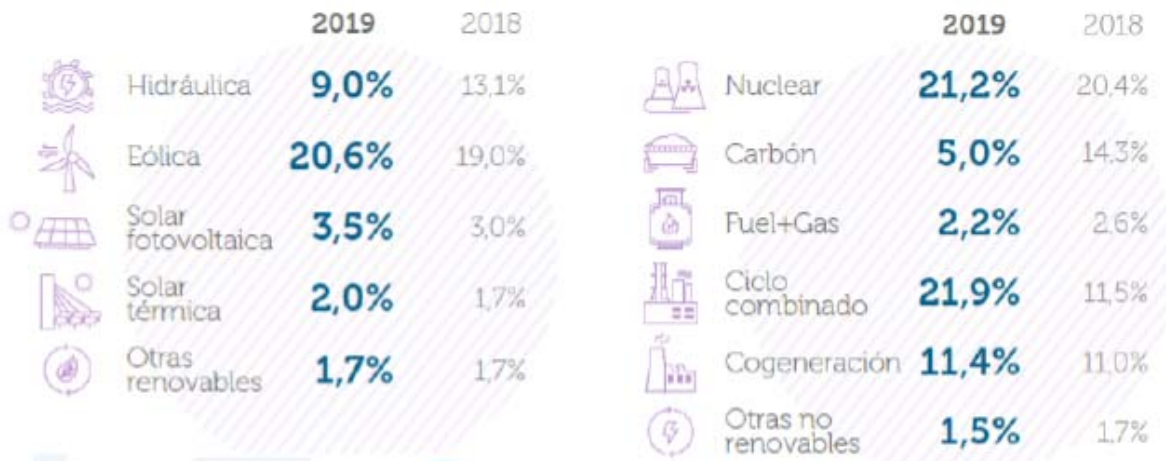


Figura 3.4. Evolución de las fuentes de generación en España [2].

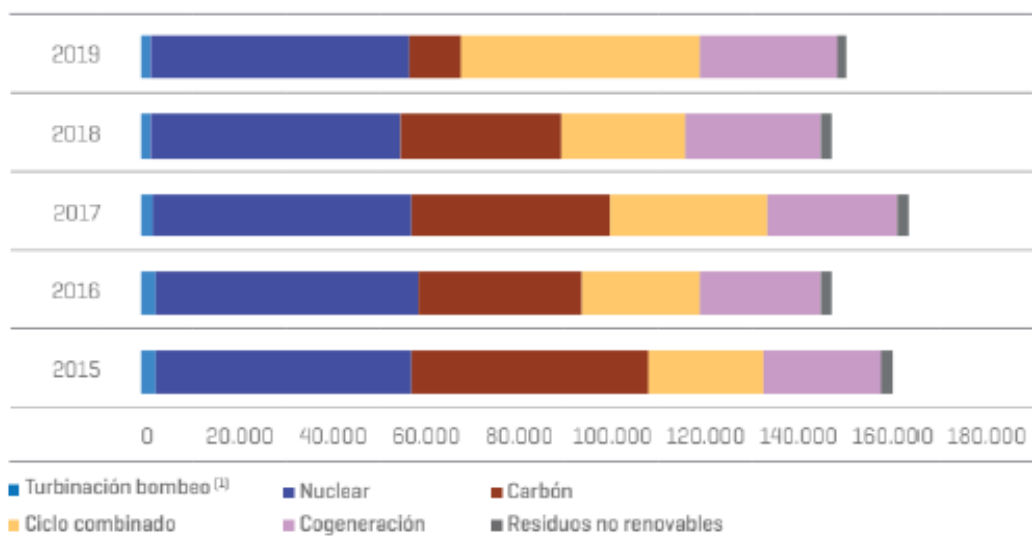


Figura 3.5.- Evolución de la generación eléctrica peninsular no renovable (GWh) [2].

La principal ventaja de este tipo de centrales era su menor precio de producción (hoy en día las centrales renovables son más baratas), y la seguridad del suministro, ya que puedes controlar la cantidad de energía que producen con exactitud.

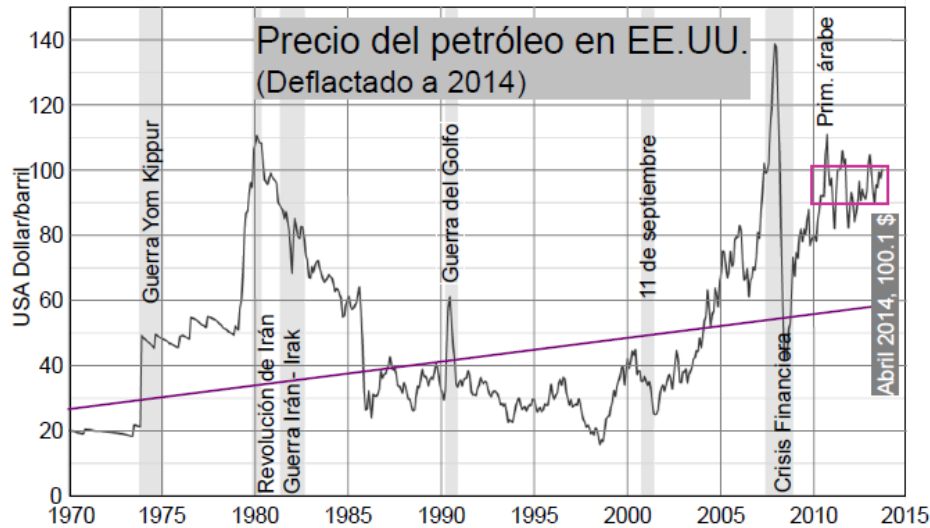


Figura 3.6.- Evolución del precio del petróleo en Estados Unidos (GWh) [5].

Como claro inconveniente que presentan, son el daño que provocan al medio ambiente, debido a la gran cantidad de gases de efecto invernadero que lanzan a la atmósfera y, en el caso de las centrales nucleares, la cantidad de residuos radioactivos que generan que tardan millones de años en desintegrarse. Además no favorecen a crear diversidad en el suministro energético.

	Carbón	Lignito	Gas	Nuclear	Fotovoltaica	Eólica	Hidráulica
Costes de daños							
Ruidos	0	0	0	0	0	0,005	0
Salud	0,73	0,99	0,34	0,17	0,45	0,72	0,051
Materiales	0,015	0,020	0,007	0,002	0,012	0,002	0,001
Cosechas	0	0	0	0,0008	0	0,0007	0,0002
Total	0,75	1,01	0,35	0,17	0,46	0,08	0,05
Coste de supresión de daños							
Ecosistemas	0,20	0,78	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03
Calentamiento global	1,6	2,00	0,73	0,03	0,03	0,04	0,03

Figura 3.7.- Costes externos marginales de la producción de electricidad en Alemania (cents €/kWh) [6]

3.2 Nuevo Paradigma en la Generación de Electricidad

El Cambio Climático promovió que desde las Naciones Unidas y la Unión Europea, planteasen medidas y fijaran objetivos de generación de energía limpia, lo que ha hecho que surjan nuevas formas de generar energía planteando una reestructuración del sistema eléctrico tal y como se conocía.

El objetivo principal, es descarbonizar la economía, electrificando el modelo energético y primando la creación de nuevas centrales de generación a través de fuentes de energía renovables [1].

Además, este tipo de centrales, provocan una mayor diversidad de suministro energético y permite abastecer mediante fuentes autóctonas, creando una menor dependencia de la red eléctrica nacional y favoreciendo a crear empleo local.

Solventar estas necesidades, unido a la mejora continua de las tecnologías de generación renovables, el decremento de sus precios y la tendencia al alza de los precios de los combustibles fósiles, hacen que cada vez estén más presentes en el parque de generación nacional, creciendo la nueva potencia instalada renovable.

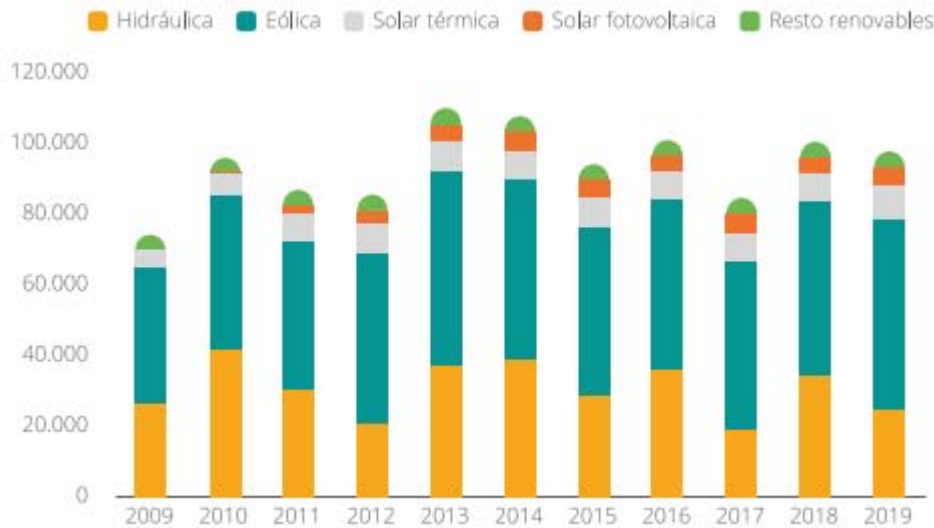


Figura 3.8.- Evolución de la generación eléctrica peninsular renovable (GWh) [7].

La cada vez mayor penetración de estas tecnologías en el mix de generación, ha provocado que el esquema de la red eléctrica vaya evolucionando hacia la conocida generación distribuida, en la que puede haber centrales de generación en todos los escalones del sistema: generación, transporte, distribución y consumo.

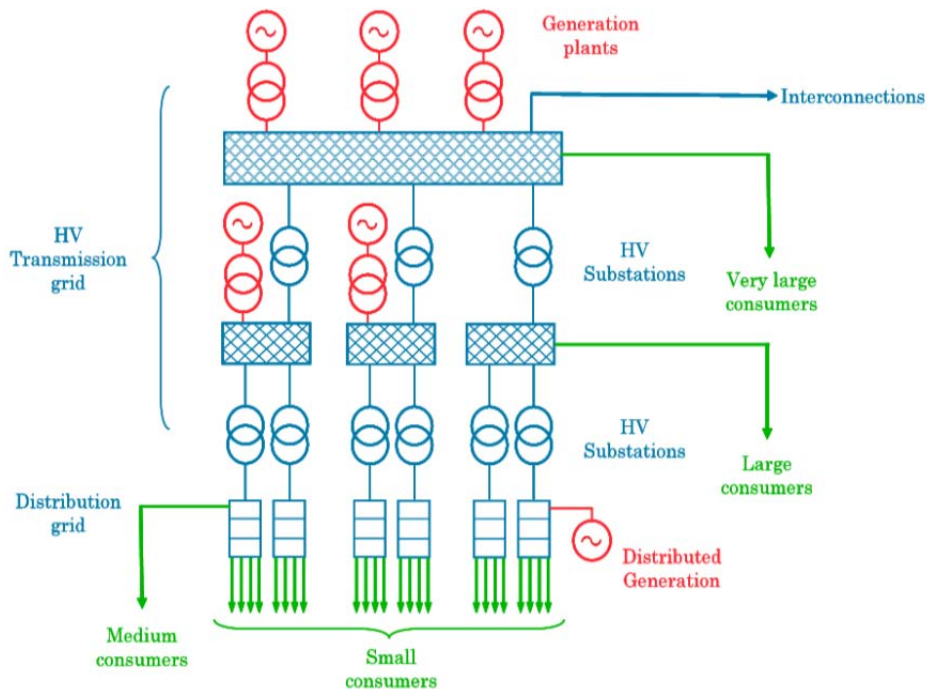


Figura 3.9. Esquema de un sistema de Generación Distribuida [3].

Entre las tecnologías renovables existentes, se pueden destacar 3, tal y como se ha mencionado anteriormente: la generación hidráulica, la generación eólica y la generación fotovoltaica. De esta

última se habla en el apartado 3.3.

Las centrales hidráulicas a partir de agua embalsada o agua fluyente. En ellas, un caudal de agua se conduce por una tubería forzada hacia una turbina que acciona un alternador, transformando la energía potencial del agua embalsada (o energía cinética en las centrales de agua fluyente), convertida parcialmente en energía cinética en la tubería forzada, en energía eléctrica [8].

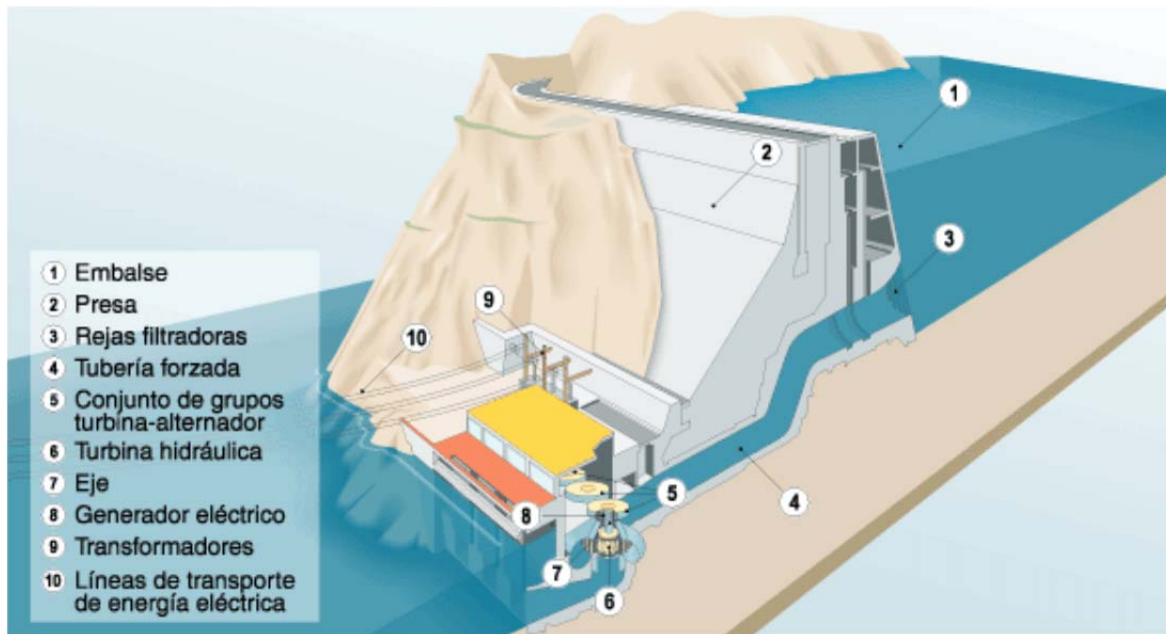


Figura 3.10. Esquema de una central hidráulica de agua embalsada [8].



Figura 3.11. Esquema de una central hidráulica de agua fluyente [9].

Tradicionalmente, España ha tenido y tiene una gran cantidad de potencia hidráulica instalada,

aunque su cobertura de la demanda no siempre es alta ya que en España es común que haya años de sequía.

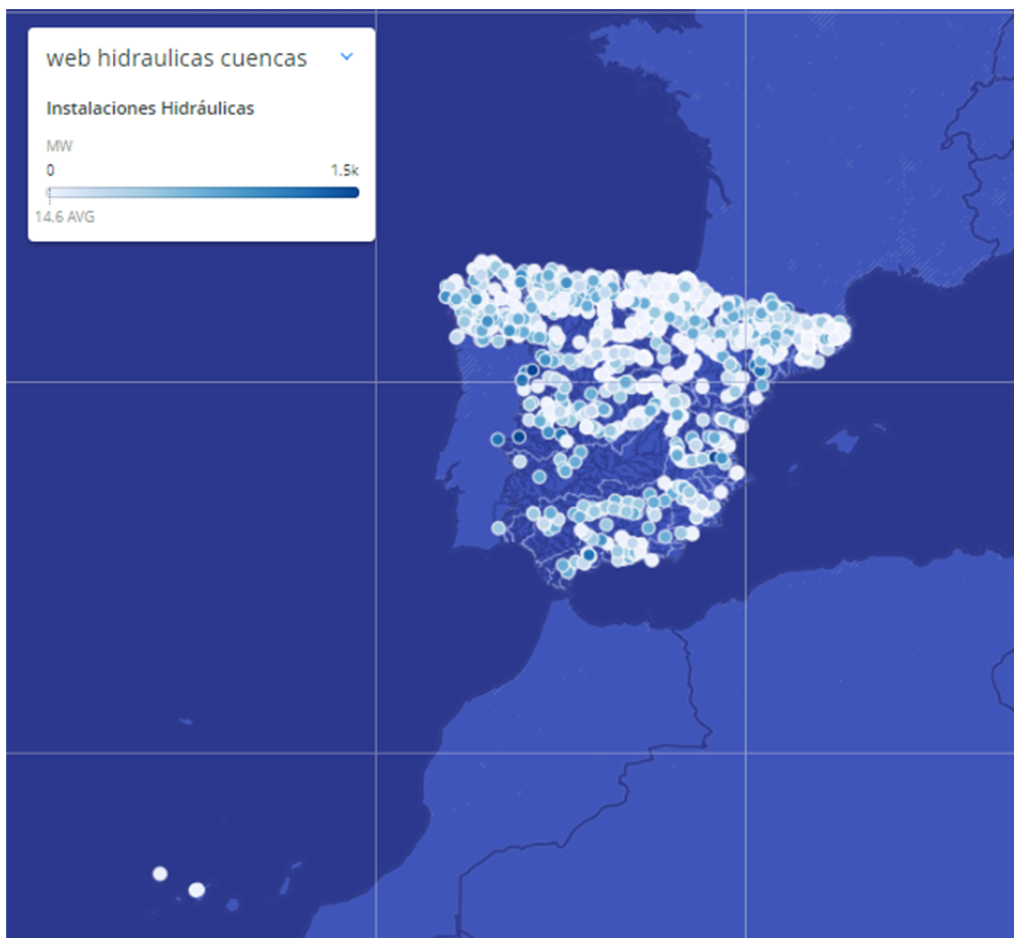


Figura 3.12. Mapa de instalaciones hidráulicas nacionales [4].

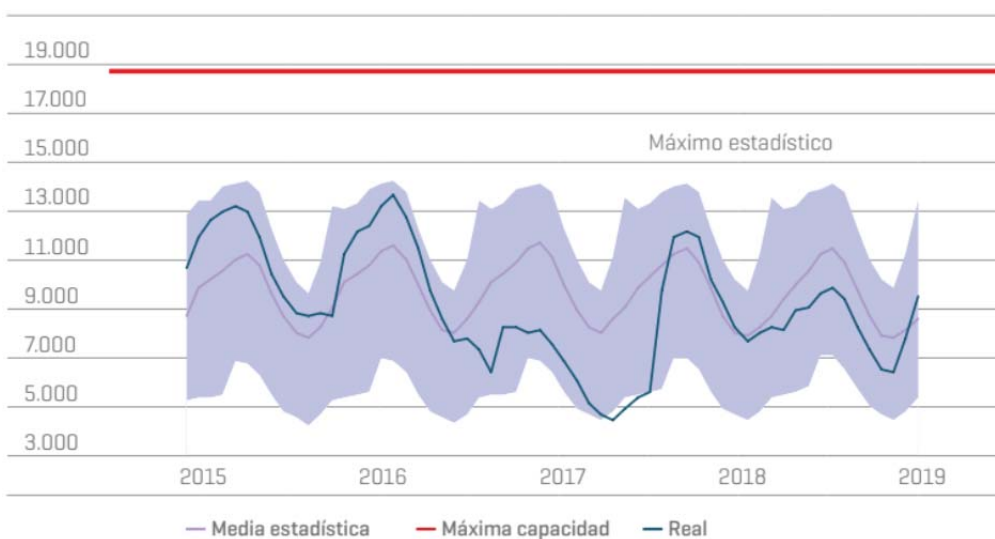


Figura 3.13. Evolución de las reservas hidroeléctricas peninsulares (GWh) [2].

Las centrales eólicas transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica. La energía eléctrica es producida por el movimiento del generador ubicado en la góndola de la central, conectada a las palas de la misma, y se transporta a un centro de control para elevar su tensión para su transporte [8].

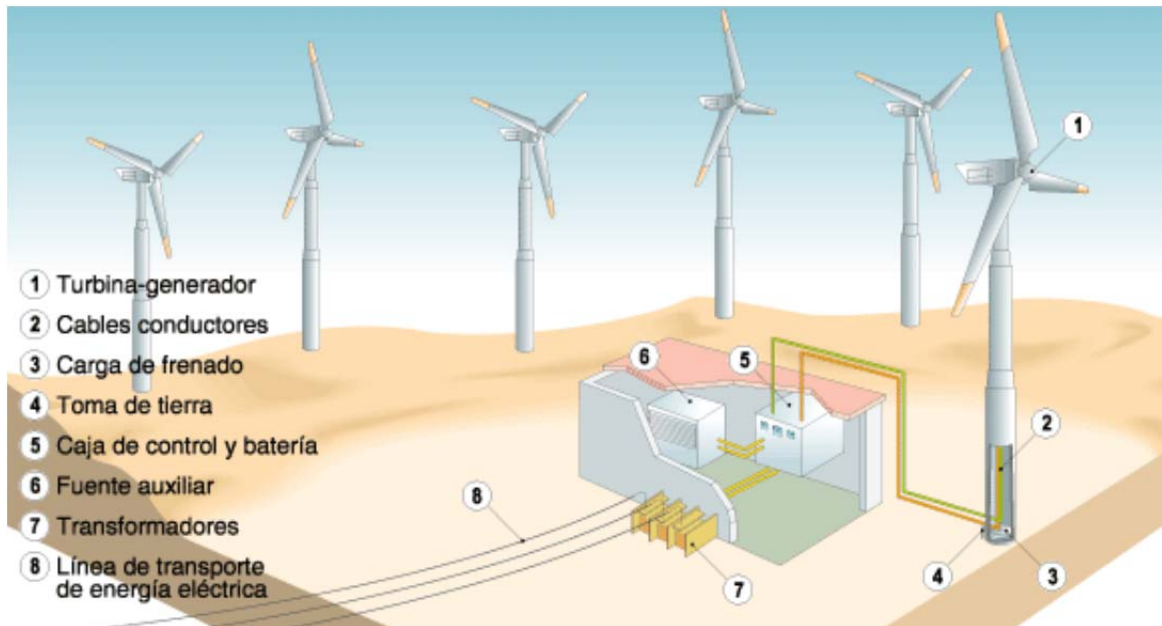


Figura 3.14. Esquema de un parque eólico [8].

La energía eólica es la principal fuente de energía renovable en España y es además, la tecnología con más potencia eléctrica instalada en 2019 dentro del parque de generación español y la segunda en cobertura de la demanda eléctrica en 2019. España es el quinto país del mundo por potencia eólica instalada, detrás de China, Estados Unidos, Alemania e India (países con mayor extensión). Más de 20.000 personas trabajan en España en el sector eólico, exportando tecnología por valor de 2.000 millones de euros al año y aportando 2.623 millones de euros al PIB nacional (el 0,24 %) [10].

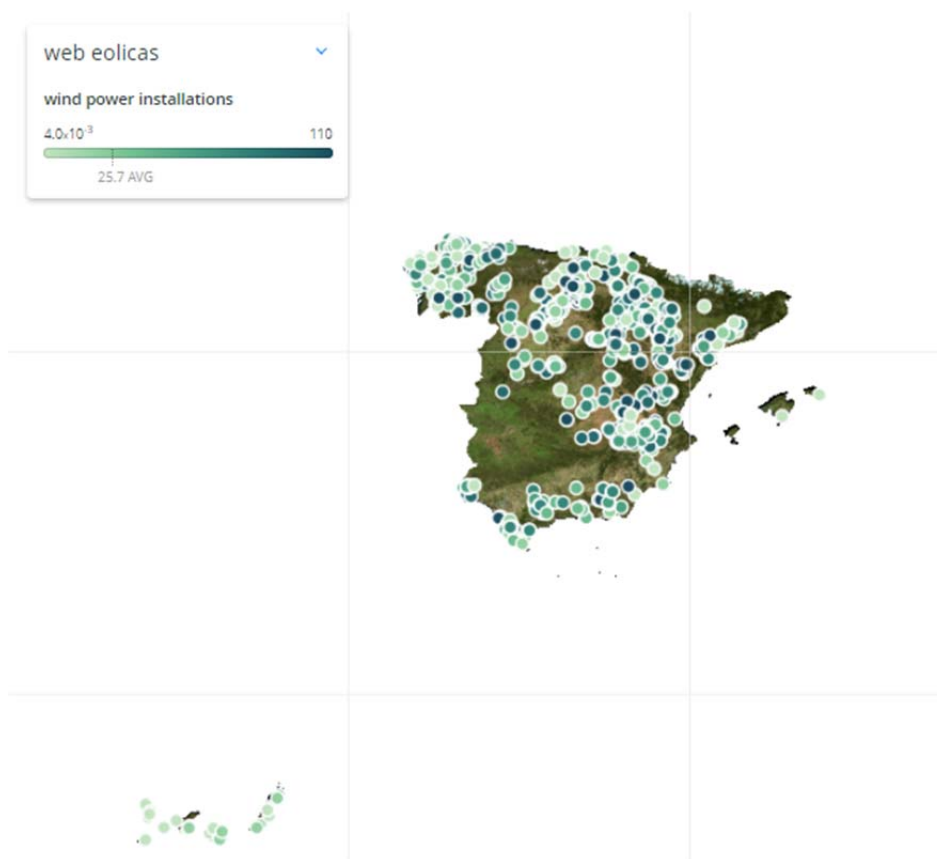


Figura 3.15. Mapa de instalaciones eólicas nacionales [4].

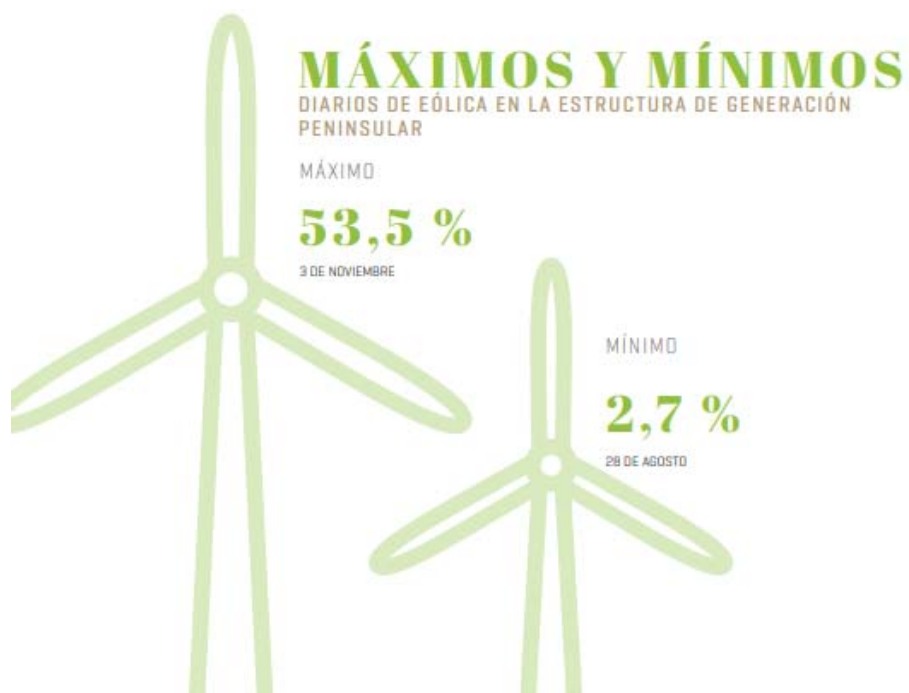


Figura 3.16. Máximos y mínimos diarios de eólica en la estructura de generación peninsular [2].



Figura 3.17. Cobertura diaria mínima con hidráulica, eólica y solar en 2019 (%) [2].

3.3 Centrales Solares Fotovoltaicas

Mediantes las Centrales Solares Fotovoltaicas, se aprovecha la energía solar fotovoltaica transformándola directamente en energía eléctrica gracias al llamado efecto fotovoltaico. Esta transformación se lleva a cabo en las “células solares”, fabricadas con materiales semiconductores (silicio) que generan electricidad cuando incide sobre ellos la radiación solar [8]. La energía generada es en corriente continua, por lo que es necesario usar dispositivos electrónicos llamados Sistemas de Acondicionamiento de Potencia o Inversores, para convertirla en energía alterna y así poder ser transportada y distribuida.

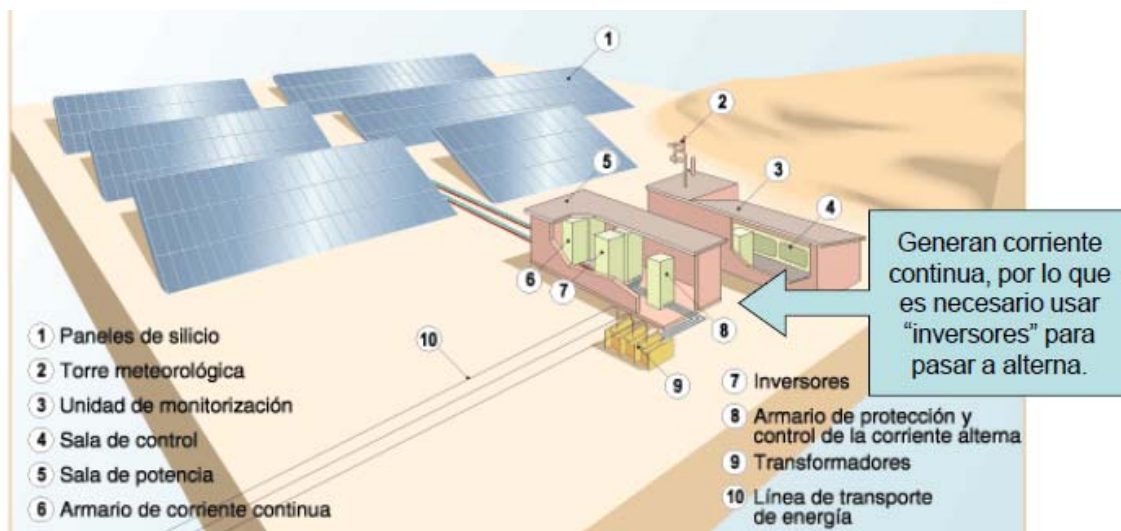


Figura 3.18. Esquema de un parque fotovoltaico [8].

Una Central Fotovoltaica puede estar configurada por módulos fijos, en los que los paneles se encuentran anclados al terreno sin moverse, por módulos con seguimiento a un eje, permiten a los módulos realizar un seguimiento solar en una dirección para maximizar su producción, y seguimiento a dos ejes, en el que el seguimiento solar se puede hacer en dos direcciones.



Figura 3.19. Central Solar Fotovoltaica con seguimiento a un eje [8].



Figura 3.20. Central Solar Fotovoltaica con seguimiento a dos ejes [8].

De las tecnologías de producción a través de fuentes primarias de energía renovables, la tecnología solar fotovoltaica es la que menor volumen de participación en el parque de generación español tiene (contribuye un 3,5% [2]). A pesar de ello, la geografía y condiciones climáticas de España, hace que sea una tecnología propicia y que en el país haya empresas punteras del sector.

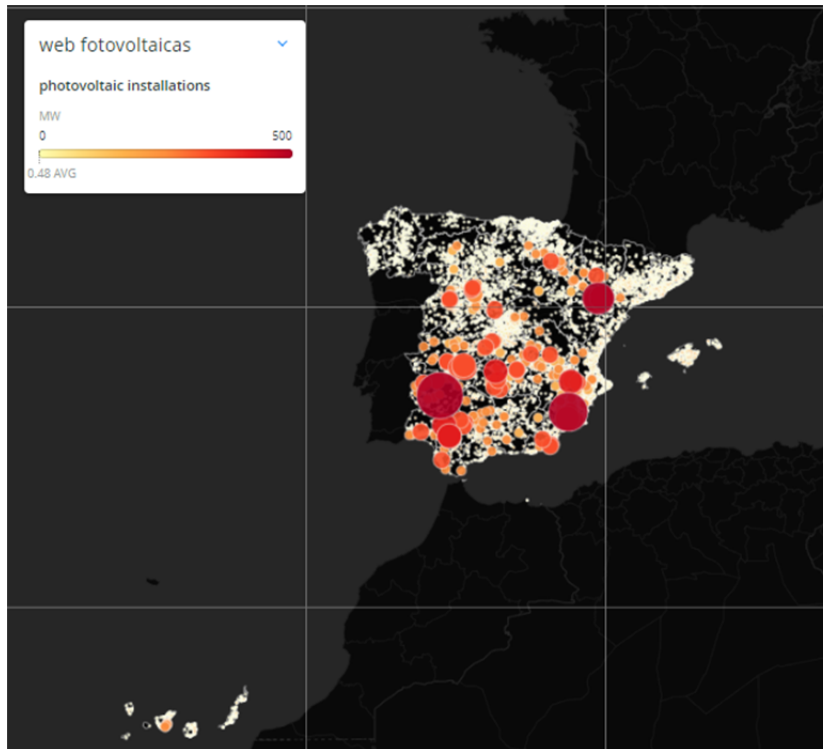


Figura 3.21. Mapa de instalaciones fotovoltaicas nacionales [4].

El año 2019 fue un año histórico para el sector fotovoltaico, debido a la masiva introducción de nueva potencia con conexión a red de proyectos fotovoltaicos, rompiendo con el estancamiento del sector en los últimos años. Durante el 2019 se han generado 9.223 GWh de energía fotovoltaica, con un incremento de la producción del 19% respecto al año anterior [7].

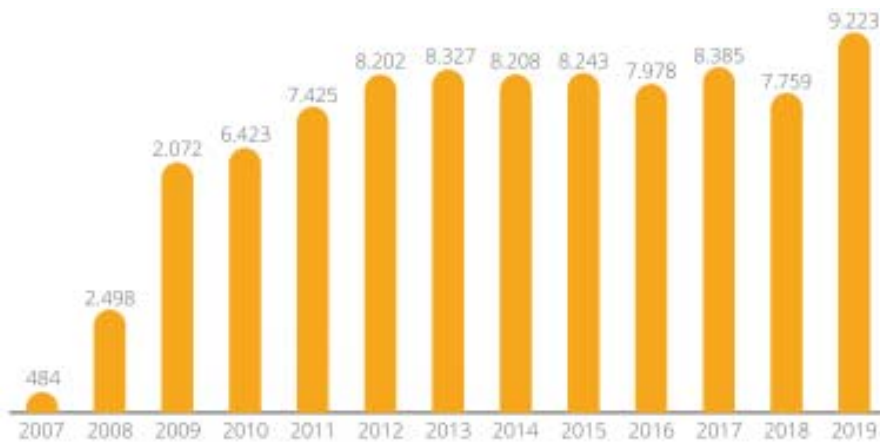


Figura 3.22. Evolución de la Energía Solar Generada (GWh) [7].

Además, en 2019 se produjo un aumento de 4.021 MW de potencia solar fotovoltaica conectada a red (sin contar las instalaciones aisladas y de autoconsumo), estando en una potencia acumulada de 9.913 MW.

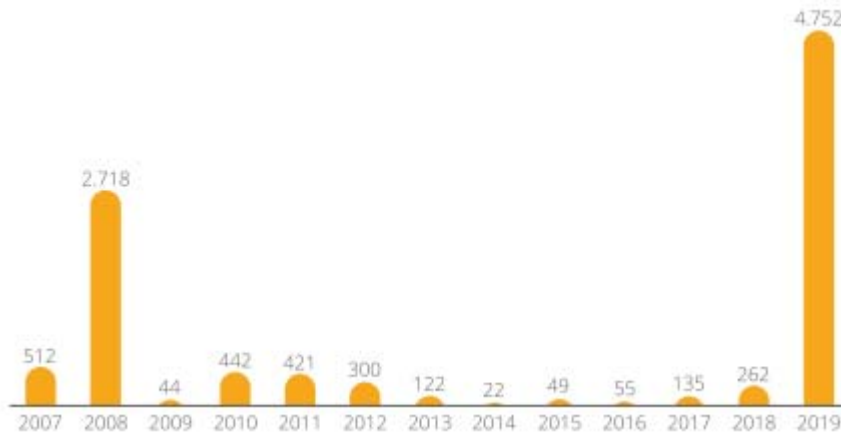


Figura 3.23. Evolución de la Potencia Solar Fovoltáica Instalada anualmente en España (GW) [7].

Estudiando las Comunidades Autónomas, en 2019 Andalucía y Castilla-La Mancha siguen siendo las principales comunidades en potencia instalada, con 1.777 MW y 1.723 MW instalados respectivamente, según datos de UNEF.



Figura 3.24. Potencia instalada fotovoltaica (GW) por Comunidad Autónoma [7].

En relación a la generación, según datos de Red Eléctrica de España y UNEF, Castilla-La Mancha y Andalucía también son las principales fuentes de energía fotovoltaica en España, con 1.964 GWh y 1.761 GWh en 2019, respectivamente.



Figura 3.25. Generación de electricidad con energía fotovoltaica (GWh) por Comunidad Autónoma [7].

3.3.1 Impacto Económico

El sector fotovoltaico va adquiriendo cada vez más importancia en la economía Española, generando empleo y creciendo en su aportación al PIB.

En 2019, el sector fotovoltaico aportó, de forma directa, indirecta e inducida, 9.811 millones de euros al PIB español, un 24% más que en el 2018, en los que aportó 7.811 millones de euros [7].

La aportación directa hace referencia a aquella que afecta solamente al PIB de España, mientras que la aportación indirecta e inducida engloban los efectos de la compra de materiales domésticos e importados y el consume de bienes y servicios de las personas relacionadas con el sector.

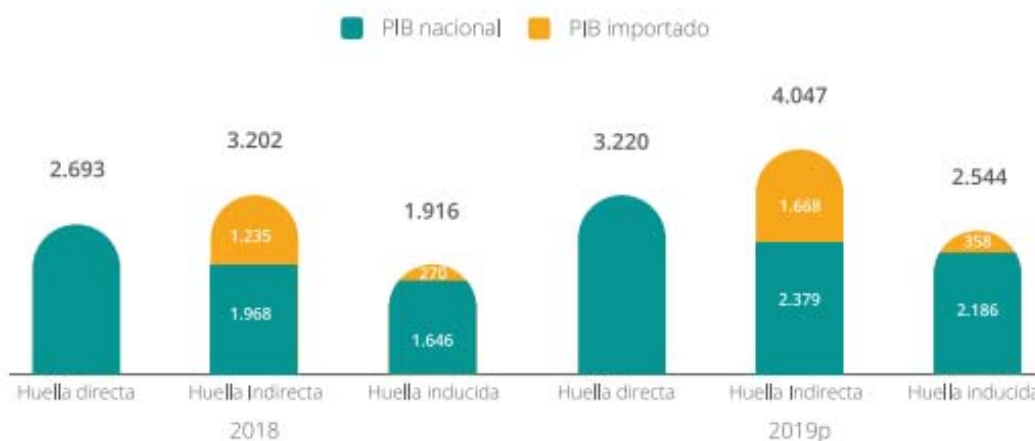


Figura 3.26. Huella económica nacional e importada del sector fotovoltaico español en millones de euros [7].

La incidencia tan alta del PIB indirecto es debida a la gran actividad de fabricación e instalación de equipos, y a la importante cantidad de materiales y componentes importados [7]. Estos datos

hacen ver que el sector fotovoltaico en España es un sector exportador.

En lo que respecta a la contribución de la fotovoltaica al PIB nacional, el sector generó, como se ha mencionado, un PIB directo de 3.220 millones de euros en 2019. Esto supone una contribución directa del 0,26% del PIB español, continuando la tendencia de crecimiento que se observó el año pasado (0,22% en 2018 y 0,20% en 2017) [7].

3.3.2 Centrales Fotovoltaicas de Autoconsumo

Este nuevo paradigma al que se enfrenta el sector eléctrico, ha favorecido la aparición del autoconsumo, es decir, los propios consumidores generan su energía eléctrica, sin necesidad de tomarla de la red. Esta nueva forma de generación se está desarrollando tanto a nivel industrial como doméstico, siendo la tecnología empleada más común la fotovoltaica.

Hasta ahora el autoconsumo no ha sido una realidad hasta ahora debido a que la normativa anterior hacía poco viable su instalación, sobre todo por el famoso “impuesto al sol” incluido en el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, que imponía que el consumidor debía pagar los impuestos correspondientes por la energía que produjese en su instalación de autoconsumo [21].

El RD 244/2019, del 5 de abril, estableció el Nuevo marco de autoconsumo en España. En él, se clasifica el autoconsumo en autoconsumo con excedentes y sin excedentes y en autoconsumo individual y autoconsumo colectivo, en función de si se trata de uno o varios consumidores los que están asociados a la instalación de generación [12].

Según la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, la modalidad de autoconsumo sin excedentes corresponde a aquellas instalaciones en las que los dispositivos físicos instalados impiden la inyección de energía excedentaria (aquella que no se consume) a la red de transporte o distribución.

Según la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, a modalidad de autoconsumo sin excedentes corresponde a aquellas instalaciones que además de generar la energía necesaria para el autoconsumo pueden inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. Dentro de esta modalidad se puede diferenciar la Modalidad con excedentes acogidas a compensación, donde el consumidor y el productor se acogen a un mecanismo de compensación de excedentes, y la Modalidad con excedentes no acogida a compensación, cuando no se puede o no se quiere acogerse al mecanismo de compensación de excedentes.

Las nuevas regulaciones al respecto, hacen prever un despegue de este tipo de instalaciones, aumentando su rentabilidad. Estas centrales permiten al consumidor obtener grandes ahorros en sus tarifas eléctricas, además de hacerle partícipe de la lucha contra el cambio climático. Además, el autoconsumo ayuda a reducir las pérdidas de energía en las redes de transporte y distribución, reducen el precio del mercado mayorista de electricidad, dota de una mayor independencia energética al consumidor y genera empleo local [11]. A pesar de ello, las barreras regulatorias y que, hasta hace poco, los precios de los componentes de una instalación de autoconsumo no eran bajos, hacen que todavía quede camino por recorrer y que tan solo el 20% de la generación fotovoltaica Española sea de autoconsumo, cuando en Alemania alcanza el 80% [8].



Figura 3.27. Central Solar Fotovoltaica de autoconsumo en Alemania [8].

A pesar de ello, según las estimaciones de UNEF, la potencia de autoconsumo, que incluye las instalaciones aisladas, marcó en 2019 su récord histórico: 459 MW. Estos datos muestran un aumento significativo respecto a 2018, que se quedó según nuestras estimaciones en 262 MW, cerca ya, gracias al marco regulatorio actual de autoconsumo, de los niveles en países de nuestro entorno [7].

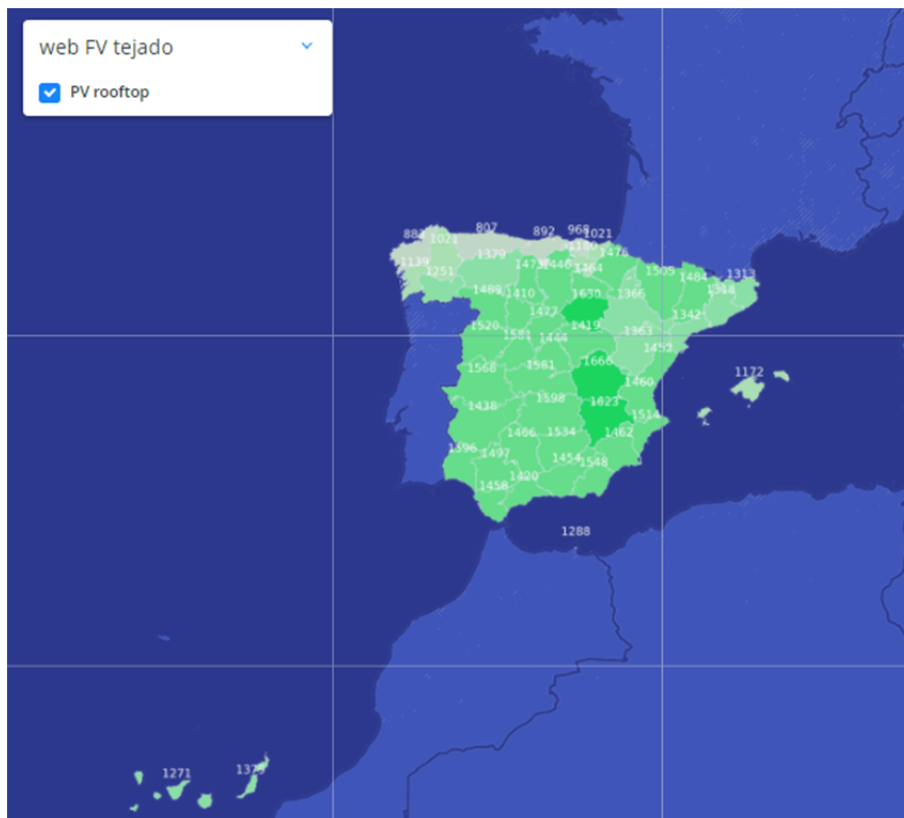


Figura 3.28. Mapa de instalaciones fotovoltaicas en tejado nacionales [4].

3.4 Evolución de la Normativa y Regulación

Hasta finales del siglo XX, el sistema eléctrico en España estaba marcado por un marco regulatorio centralizado, donde existían monopolios que controlaban todos los niveles de la red: generación, transporte y distribución, en un modelo de negocio vertical. Con ella, la producción y el transporte se explotaban de forma unificada y centralizada, buscando minimizar los costes con un mínimo riesgo que asumían los consumidores, ya que se debía garantizar la estabilidad financiera de las empresas y el sector [1], [3].

En 1997, con la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, se inició la liberalización del sistema, abriendo las redes a terceros, originando un mercado de energía y disminuyendo la intervención pública en la gestión y operación del sistema. Esta nueva política atrajo inversión privada e internacional al sector, introduciendo competencia en la generación y comercialización de la energía, manteniéndose los monopolios en la generación y el transporte. Se introdujeron mecanismo de mercado en los que la oferta y demanda establecen los precios y la energía a producir. Con esta nueva regulación el riesgo pasaron a asumirlo los inversores y se maximiza el beneficio individual y el equilibrio del mercado [3].

En 2013, se produjo otra reforma del Sistema Eléctrico Español con la Ley 24/2013, en la que se impulsa la competencia efectiva en el sector, definiéndose el suministro de energía eléctrica como la entrega de energía a través de las redes de transporte y distribución mediante contraprestación económica en las condiciones de regularidad y calidad exigibles. Además, se estableció una diferencia entre peajes y cargos y se eliminan los privilegios de consumidores en la financiación de los costes y servicios del sistema. A su vez, con esta ley se empieza a regular de forma específica y ajustada a su participación en el mercado a las centrales de energía renovable [1].

En 2018, con la aprobación del Real Decreto Ley 15/2018 se eliminaron las principales barreras económicas y administrativas existentes en el Sistema, pero seguía sin definirse un marco que regulase la actividad [7].

En 2019, se publica el marco estratégico de energía y clima, incluyendo anteproyecto de Ley de Cambio Climático, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) y la Estrategia de Transición Justa, estableciéndose los siguientes objetivos [7]:

- Reducciones de emisiones de al menos un 20% respecto a los valores de 1990.
- Al menos, un 42% de participación renovable en el uso de energía final.
- Al menos un 74% de participación renovable en el mix de generación eléctrica.

El 5 de abril de 2019, se publica el Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, siendo el impulso que necesitaba la generación renovable y el autoconsumo para ganar rentabilidad. Con este Real Decreto se regula las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2019, de 26 de diciembre, y se definen los distintos tipos de modalidades de autoconsumo existentes. En la siguiente imagen se recogen las distintas modalidades de autoconsumo [22]:

<p>Autoconsumo INDIVIDUAL</p> <p>Un consumidor asociado</p> <p>O</p> <p>Autoconsumo COLECTIVO</p> <p>Varios consumidores asociados</p>	<p>Instalación PRÓXIMA en RED INTERIOR</p> <p>Conexión Red interior.</p>	<p>SIN excedentes (individual) Mecanismo anti-vertido.</p>	<p>CONSUMIDOR Titular del suministro PRODUCTOR No existe TITULAR INSTALACIÓN Consumidor PROPIETARIO Puede ser diferente</p>
		<p>SIN excedentes ACOGIDA a compensación (colectivo) Mecanismo anti-vertido.</p>	<p>CONSUMIDOR Titular del suministro PRODUCTOR No existe TITULAR INSTALACIÓN Consumidor PROPIETARIO Puede ser diferente</p>
		<p>CON excedentes ACOGIDA a compensación Fuente renovable. Potencia de producción ≤ 100kW. Si aplica, contrato único consumo-auxiliares. Contrato de compensación No hay otro régimen retributivo.</p>	<p>CONSUMIDOR Titular del suministro PRODUCTOR Titular de la instalación TITULAR INSTALACIÓN El inscrito en el registro de autoconsumo PROPIETARIO Puede ser diferente</p>
	<p>Instalación PRÓXIMA a TRAVÉS DE RED</p> <p>Conexión a red BT del mismo centro de transformación. Distancia entre contadores generación y consumo < 500 m, ambos conectados en BT. Misma referencia catastral (14dígitos).</p>	<p>CON excedentes NO ACOGIDA a compensación Resto de instalaciones con excedentes.</p>	<p>CONSUMIDOR Titular del suministro PRODUCTOR Titular de la instalación TITULAR INSTALACIÓN El inscrito en el registro de autoconsumo y RAIPRE PROPIETARIO Puede ser diferente</p>
		<p>CON excedentes NO ACOGIDA a compensación Instalaciones con excedentes.</p>	<p>CONSUMIDOR Titular del suministro PRODUCTOR Titular de la instalación TITULAR INSTALACIÓN El inscrito en el registro de autoconsumo y RAIPRE PROPIETARIO Puede ser diferente</p>
		<p>CON excedentes NO ACOGIDA a compensación Instalaciones con excedentes.</p>	<p>CONSUMIDOR Titular del suministro PRODUCTOR Titular de la instalación TITULAR INSTALACIÓN El inscrito en el registro de autoconsumo y RAIPRE PROPIETARIO Puede ser diferente</p>

Figura 3.29. Cuadro resumen de las modalidades y las diferentes posibilidades de autoconsumo [22].

En relación a la remuneración de excedentes, con el RD 244/2019 se establece un mecanismo simplificado de compensación (para instalaciones menores de 100 kW) que valora automáticamente los excedentes de energía, generados en las horas en las que la producción excede la demanda, a un cierto precio que luego permite reducir el importe de la factura. La remuneración de excedentes, aunque estaba establecida en el RD 244/2019 dependía de una regulación de detalle para su implementación práctica, en concreto el desarrollo y aprobación de nuevos protocolos de comunicación y de operación. Este proceso de desarrollo normativo de detalle tuvo lugar durante el año 2019 finalizando en marzo de 2020 estando ya disponible la remuneración de excedentes [7].

Otro aspecto importante que introduce este Real Decreto es la aparición del autoconsumo compartido, gracias al cual varios consumidores pueden repartirse la energía entre ellos mediante unos coeficientes de reparto fijos.

Otro de los elementos introducidos por el RD 244/2019 es la posibilidad de que el titular de la instalación de autoconsumo sea distinto al propietario de la misma. Al eliminar esta restricción, se abren diferentes alternativas de estructuración del proyecto, pudiendo aparecer la figura de

propietario-promotor que desarrolla la planta soportando el peso de la financiación y liberando al consumidor [7].

Además, con este Real Decreto se lleva a cabo lo siguiente:

- Eliminación de la limitación de la potencia instalada a la contratada.
- Introducción del balance de energía excedentaria con el consumo.
- Revisión de los peajes, quedando el autoconsumo renovable exento de ellos.
- Revisión del régimen sancionador.
- Modificación de las obligaciones de registros.

En Andalucía, la normativa que regula la tramitación de las instalaciones en autoconsumo es el Decreto 59/2005 de 1 de marzo, por el que se regula la tramitación necesaria para la instalación, ampliación, traslado y puesta en funcionamiento de los establecimientos industriales, así como el control, responsabilidad y régimen sancionador de los mismos (BOJA nº118 de 20/06/2005) y sus modificaciones posteriores en 2011 y 2013 [22]. En 2018, se aprobó establecer la Ley de medidas del cambio climático y en marzo de 2019 se iniciaron los trámites para constituir la Comisión Interdepartamental de Cambio Climático de Andalucía, aprobada a principios de este año junto a la formulación del Plan Andaluz de Acción por el Clima, que será el instrumento principal para llevar a cabo la ley de Cambio Climático en la comunidad [7].

4 ANÁLISIS DE VIABILIDAD

En este capítulo se muestran los distintos datos recopilados a partir de los datos y gráficas de facturación, así como los detalles de cómo se ha procedido a analizar esos datos.

Los datos se han obtenido a partir de los datos de facturación del Cliente de los últimos 12 meses así como los datos de consumo horario del Cliente.

En base a ello, se ha calculado datos de producción con el software PVGIS para distintas potencias y se ha calculado el ahorro obtenido para cada caso.

Las fases que se han seguido han sido las siguientes:

- (a) Importación de las lecturas reales de los últimos Doce (12) meses. A partir de las gráficas de consumo horario promedio mensual del Cliente, con el software MATLAB se han estimado los datos de consumo horario de cada día;
- (b) Cálculo de la producción solar en cada mes según la ubicación geográfica de la instalación usando el software PVGIS. Se calcula la producción solar horaria de los 12 meses del año;
- (c) Calcular la producción promedio de cada mes, calculando la producción promedio de cada hora del día y luego multiplicándolo por el número de días de cada mes;

- (d) Comparar la producción solar calculada de forma mensual con los valores del mínimo y promedio de las lecturas reales;
- (e) Calcular el ahorro económico obtenido al utilizar la producción solar calculada en cada mes; y
- (f) Estimar el período de amortización del coste total de la instalación teniendo en cuenta el ahorro anual obtenido al utilizar la energía solar producida.

4.1 Radiación del Lugar

El primer paso que hay que hacer para llevar a cabo un estudio de viabilidad de una Central Fotovoltaica, es obtener la radiación del lugar.

Mediante la herramienta PVGIS, se han obtenido los datos de radiación horaria y producción horaria de una planta fotovoltaica de distintas potencias:

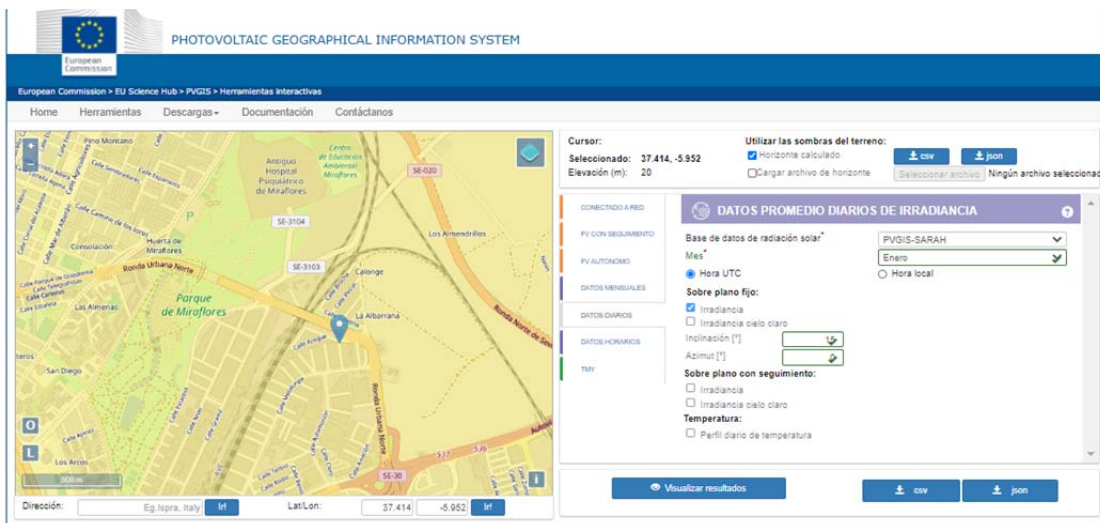


Figura 4.1.- Cálculo de irradiancia con herramienta PVGIS

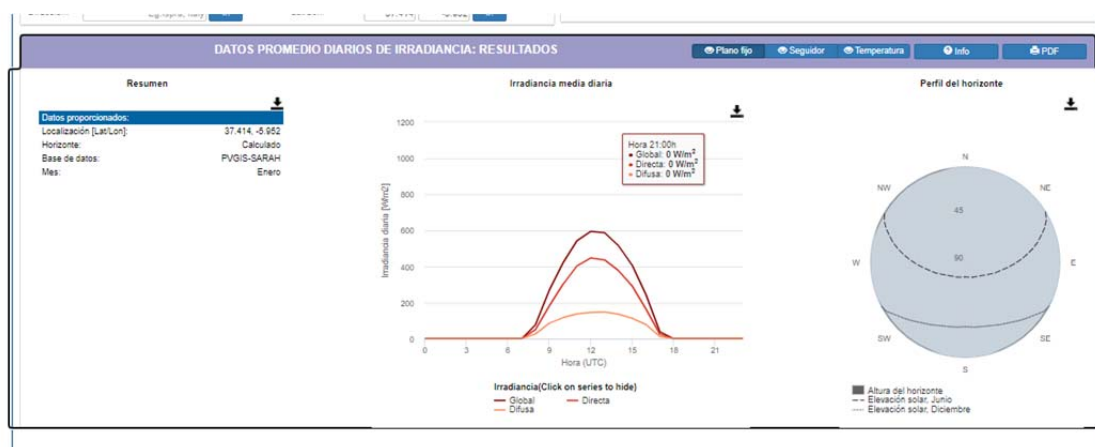
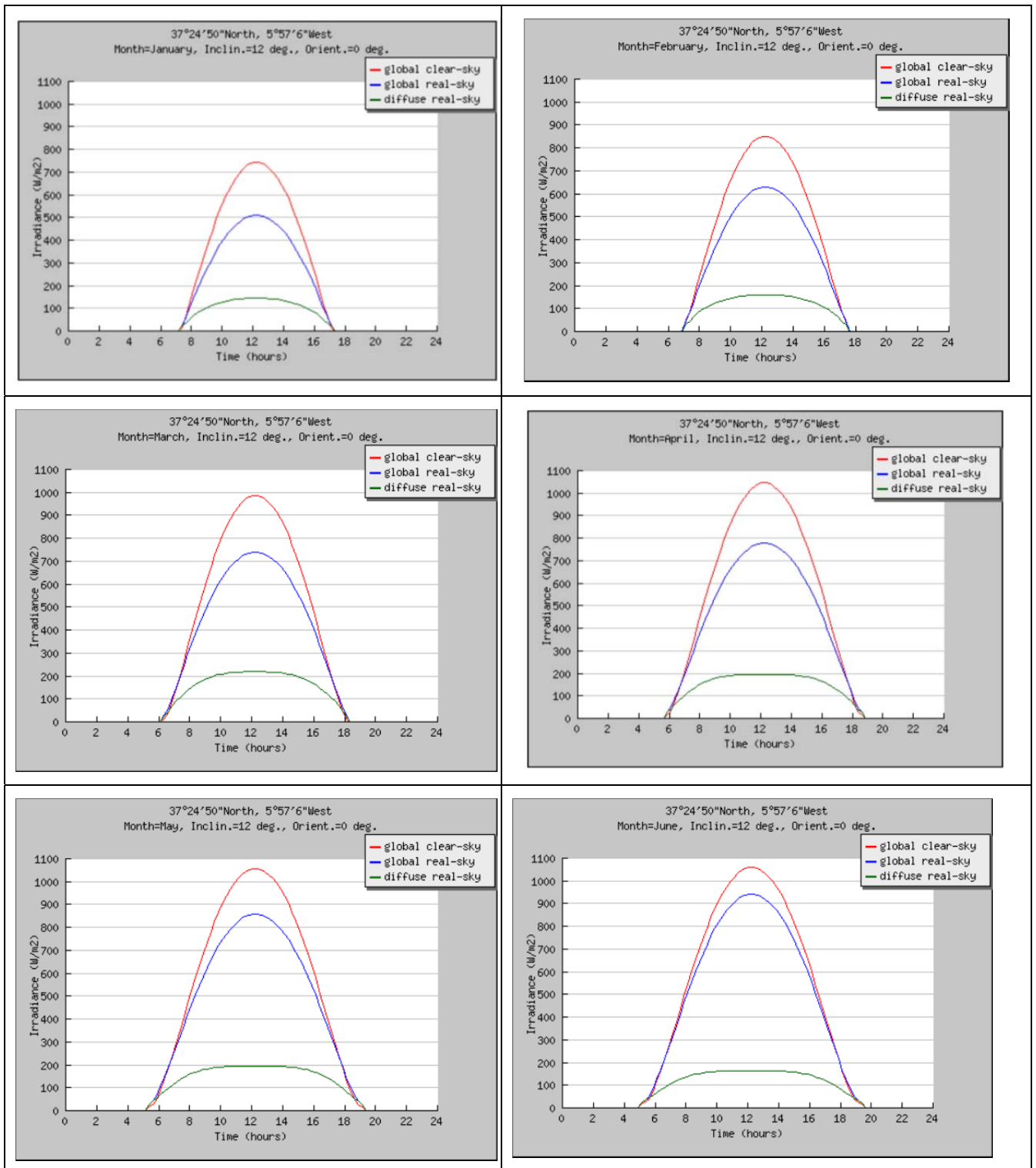


Figura 4.2.- Gráfica de irradiancia mensual con herramienta PVGIS

Los datos de radiación son los mismos para todas las potencias, ya que depende de la potencia del sol y del ángulo del módulo fotovoltaico entre el modulo y el sol.

La distribución de la radiación media mensual determinada es:



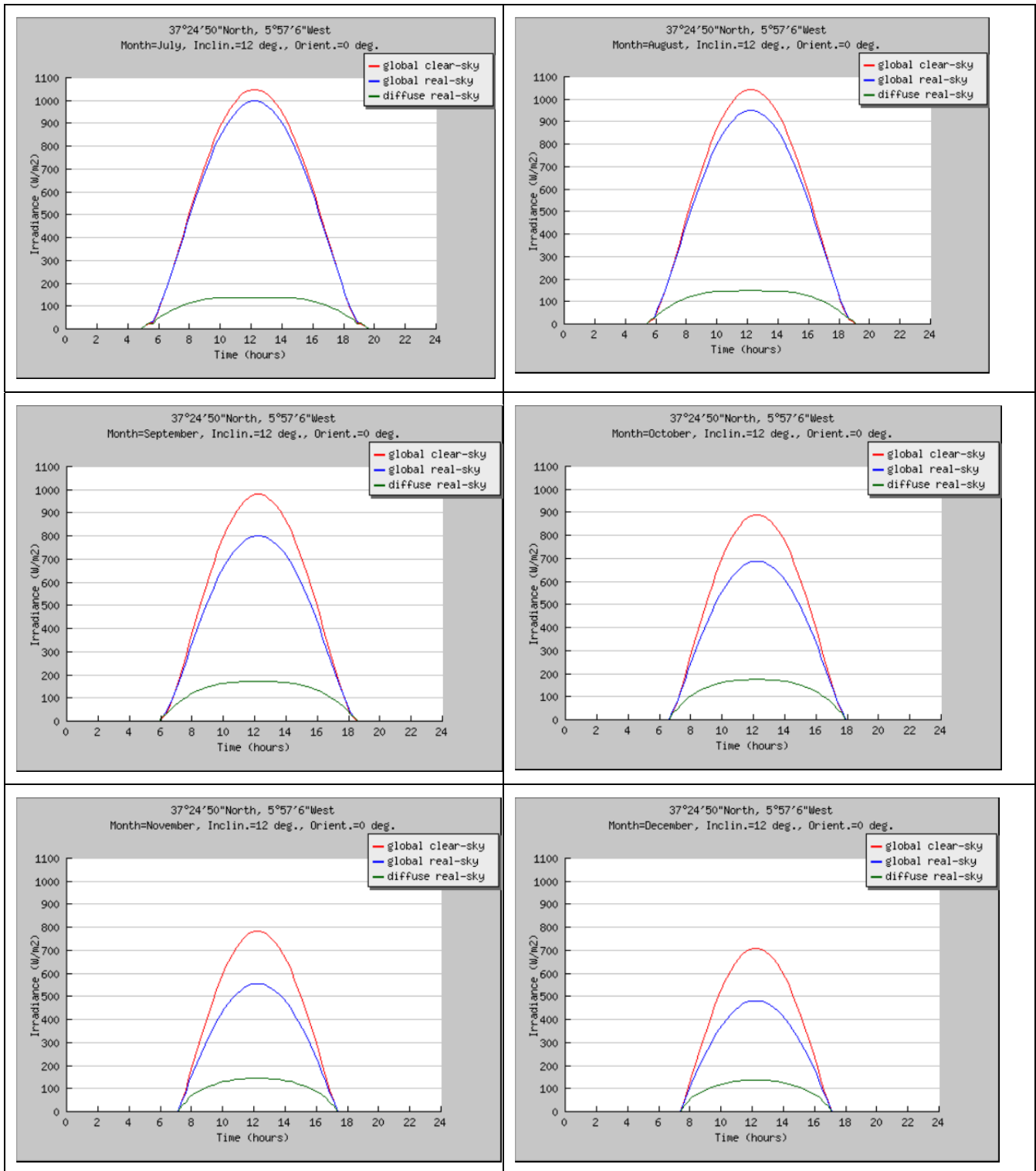


Figura 4.3.- Datos de irradiancia mensual

4.2 Ajuste de los Datos

4.2.1 Consumo Horario

Lo primero a tener en cuenta para analizar los datos es el consumo horario de energía de las instalaciones del Cliente.

Por eso, el Cliente proporcionó sus datos de facturación en electricidad, así como las gráficas de consumo promedio mensual. A partir de estas gráficas, para saber los consumos horarios para cada hora, se estiman los valores de consumo mediante la herramienta MATLAB.

Esta herramienta funciona cargando la gráfica en cuestión y trazando encima de ella los puntos que queremos, obteniéndose una tabla Excel con los valores X e Y de las gráficas (hora y consumo).

Estos datos se multiplican por el número de días del mes en cuestión para así obtener el consumo promedio mensual, comprobando que aproximadamente coinciden con los consumos de energía facturados.

Así, se obtienen las gráficas de Consumo Horario Promedio del Anexo I del presente documento.

Además, teniendo en cuenta el calendario de tarifas, se ha obtenido el consumo promedio horario para cada período del día para una tarifa 3.1A (comprobándose que coinciden con los facturados), establecidas en la Orden ITC/3801/2008 de 26 de septiembre:

TARIFA 3.0A PENÍNSULA																								
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
INVIERNO: NOVIEMBRE - MARZO	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P2	P2
VERANO: ABRIL - OCTUBRE	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2

* El cambio de calendario tarifario coincide con el cambio de hora.

TARIFA 3.1A PENÍNSULA																								
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
INVIERNO: NOVIEMBRE - MARZO	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2
VERANO: ABRIL - OCTUBRE	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
SABADOS, DOMINGOS Y FESTIVOS NACIONALES	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2

* El cambio de calendario tarifario coincide con el cambio de hora.

TARIFA 6.1A PENÍNSULA																								
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
ENERO	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
FEBRERO	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
MARZO	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
ABRIL	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
MAYO	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1- 15 JUNIO	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2
15 - 30 JUNIO	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2
JULIO	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2
AGOSTO, SABADOS, DOMINGOS Y FESTIVOS NACIONALES	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
SEPTIEMBRE	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
OCTUBRE	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
NOVIEMBRE	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
DICEMBRE	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2

Figura 4.4.- Horario de tarifas en la península

Así, se puede calcular la facturación de energía eléctrica, teniendo en cuenta el precio de compra de energía para cada período, obteniéndose los datos que el Cliente proporcionó en sus facturas:

	P1 (kWh) E. consumida	P2 (kWh) E. consumida	P3 (kWh) E. consumida	Subtotal (kWh) E. consumida	P1 Coste Energía (€)	P2 Coste Energía (€)	P3 Coste Energía (€)	SUBTOTAL COSTE ENERGÍA (€)	Impuesto electricidad	FACTURA sin IVA	IVA	FACTURA con IVA
ENERO	25.143	57.214	63.910	146.267	2.269,76 €	4.608,19 €	3.708,95 €	10.586,90 €	541,28 €	11.128,18 €	2.336,92 €	13.465,09 €
FEBRERO	22.588	52.131	62.890	137.609	2.039,11 €	4.198,79 €	3.649,76 €	9.887,65 €	505,53 €	10.393,18 €	2.182,57 €	12.575,75 €
MARZO	25.967	54.151	63.479	143.597	2.344,14 €	4.361,48 €	3.683,94 €	10.389,57 €	531,19 €	10.920,76 €	2.293,36 €	13.214,12 €
ABRIL	29.233	41.201	52.282	122.716	2.638,98 €	3.318,45 €	3.034,13 €	8.991,57 €	459,71 €	9.451,28 €	1.984,77 €	11.436,05 €
MAYO	30.632	40.634	50.799	122.065	2.527,06 €	3.119,62 €	3.104,90 €	8.751,57 €	447,44 €	9.199,02 €	1.931,79 €	11.130,81 €
JUNIO	31.305	38.512	46.418	116.235	2.586,79 €	2.960,49 €	2.961,70 €	8.508,99 €	435,04 €	8.944,03 €	1.878,25 €	10.822,27 €
JULIO	26.870	35.309	45.250	107.429	2.208,34 €	2.685,57 €	2.813,92 €	7.707,82 €	394,08 €	8.101,90 €	1.701,40 €	9.803,30 €
AGOSTO	26.691	33.358	43.297	103.346	2.196,62 €	2.550,05 €	2.657,48 €	7.404,15 €	378,55 €	7.782,70 €	1.634,37 €	9.417,07 €
SEPTIEMBRE	27.705	34.457	44.022	106.184	2.280,04 €	2.666,08 €	2.815,34 €	7.761,45 €	396,82 €	8.158,27 €	1.713,24 €	9.871,51 €
OCTUBRE	26.104	35.298	44.158	105.560	2.418,59 €	3.159,49 €	3.110,75 €	8.688,83 €	444,23 €	9.133,06 €	1.917,94 €	11.051,01 €
NOVIEMBRE	21.815	51.837	73.566	147.218	1.969,33 €	4.175,11 €	4.269,33 €	10.413,76 €	532,42 €	10.946,19 €	2.298,70 €	13.244,89 €
DICIEMBRE	22.654	55.248	74.737	152.639	2.045,07 €	4.449,84 €	4.337,29 €	10.832,19 €	553,82 €	11.386,01 €	2.391,06 €	13.777,07 €
TOTAL	316.707	529.350	664.808	1.510.865	27.523,82 €	42.253,15 €	40.147,49 €	109.924,47 €	5.620,10 €	115.544,57 €	24.264,36 €	139.808,93 €

Tabla 4.1. Datos de facturación del Cliente

4.2.2 Producción Horaria

Para obtener los datos de producción horaria de la Central, se emplea la herramienta PVGIS. Esta herramienta proporciona los datos en una hoja Excel de potencia horaria que produce la Central, los datos de irradiancia horaria en el módulo, la temperatura del sol, la temperatura del aire y la velocidad del viento de todas las horas del año 2016.

Para obtener esos datos, los pasos a seguir en el PVGIS son los siguientes:

1. Dentro del menú del PVGIS, seleccionar la opción "Datos Horarios".
2. Introducir las coordenadas del emplazamiento donde se va a instalar la Central.
3. Seleccionar la base de datos de radiación solar que se va a emplear, en nuestro caso PVGIS-SARAH.
4. Seleccionar el período de tiempo de datos de radiación que se quiere obtener. En el caso del Proyecto se ha seleccionado el año 2016, aunque se puede seleccionar desde el 2005 hasta el 2016.
5. Escoger el tipo de montaje de los módulos fotovoltaicos. Se escoge tipo fijo, con un ángulo de inclinación de 15° y un azimut de 0°. Hay que seleccionar un valor para el ángulo de inclinación que origine un valor de inclinación total del módulo fotovoltaico cercano al valor de la latitud del emplazamiento. Como las cubiertas tienen una inclinación de 15°, se escoge una inclinación de los paneles de 15°, lo que hace una inclinación total de 30° (la latitud del emplazamiento es 37°). El azimut es de 0° para que los módulos estén totalmente alineados hacia el sur.
6. Se marca la casilla Potencia FV, para así obtenerlos datos de producción horaria.
7. Seleccionar la tecnología fotovoltaica, en este caso silicio cristalino pues es el material que menos pérdidas en términos de energía provoca.

8. Se añade la potencia pico de la instalación, en kWp.
9. Se indican las pérdidas del sistema. Aquí, para todas las opciones de potencia que se van a estudiar, se selecciona un valor de pérdidas del 12% en base a la experiencia y a los datos suministrados por empresas del sector.
10. Se selecciona que el programa devuelva los datos en formato csv, obteniéndose así una tabla Excel con los datos de potencia horaria que produce la Central, los datos de irradiancia horaria en el módulo, la temperatura del sol, la temperatura del aire y la velocidad del viento de todas las horas del año 2016.

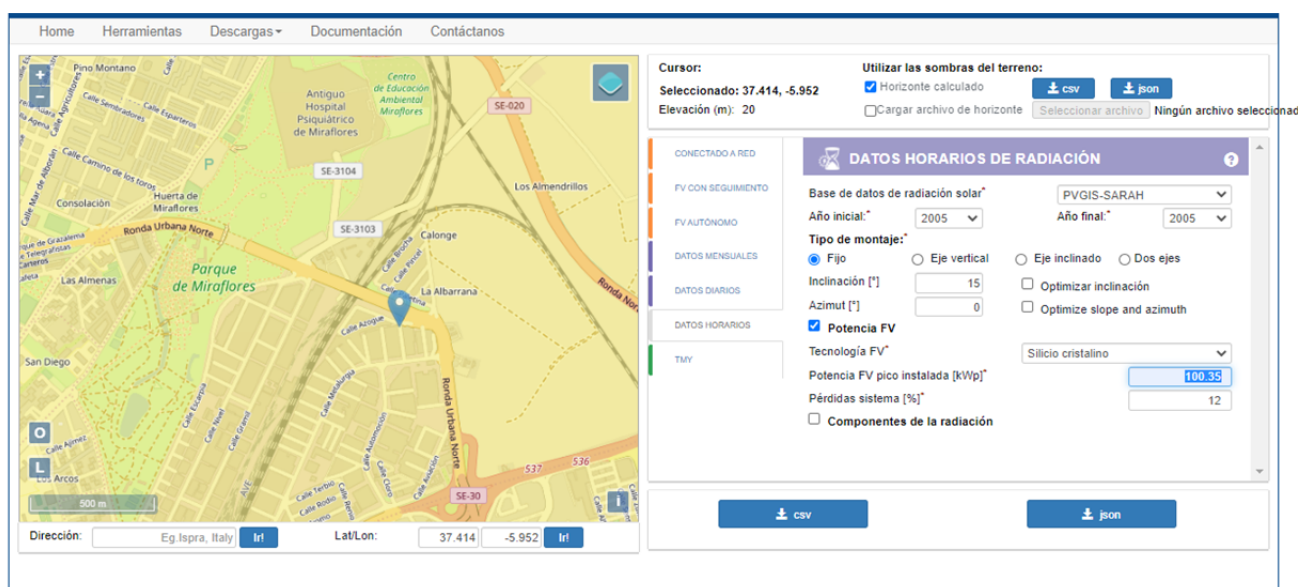


Figura 4.5.- Interfaz PVGIS

Para un mejor tratamiento de los datos, se calcula el día promedio de producción horaria de cada mes, calculando la producción media de cada hora de cada mes, obteniéndose las tablas del Anexo I. Estos datos se multiplican por el número de días para obtener la producción mensual.

Además, teniendo en cuenta el calendario de tarifas, se ha obtenido la producción horaria para cada período del día para una tarifa 3.1A, establecidas en la Orden ITC/3801/2008 de 26 de Septiembre de la Figura 4.3.

Con esto, y teniendo en cuenta el precio de la energía eléctrica para cada período contratada por el Cliente, se pueden obtener los ahorros en energía que se consiguen con la Central Solar Fotovoltaica, tal y como se expone en el apartado 4.3.

4.2.3 Modelo Financiero

Para analizar la viabilidad económica de las distintas opciones de potencia pico instalada para la Central Solar Fotovoltaica, se han calculado el VAN, el TIR, el Pay-Bak o Período de Recuperación y el LCOE.

El VAN (Valor Actual Neto) hace referencia al valor presente de los Flujos de Caja (Ingresos menos Gastos) originados por una inversión, en este caso la inversión necesaria para la construcción de una Central Solar Fotovoltaica [13]. El VAN sirve como criterio de inversión en el que se actualizan

los cobros y pagos de una inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con dicha inversión. Si es positivo, la inversión es rentable (cuanto más alto sea el VAN mejor) [14]:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Siendo:

- F_t : flujos de caja en cada período t
- I_0 : inversión inicial
- n : número de períodos de tiempo
- k : tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

La TIR (Tasa Interna de Retorno) es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para “reinvertir” [15]. Es decir, es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión e indica el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá dicha inversión para las cantidades que no se han retirado del Proyecto [16]. Es la tasa de descuento que hace que el VAN sea 0:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Si la TIR es mayor que la tasa de descuento (K), la inversión será aceptada, si es menor deberá ser rechazada [16].

El Pay-Back o Período de Recuperación es una técnica para determinar cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja [17]. Se puede calcular de dos formas, la primera si los flujos de caja son iguales todos los años:

$$Payback = \frac{I_0}{F}$$

Si los flujos de caja cambian, habrá que restar a la inversión inicial los flujos de caja de cada período, hasta que lleguemos al período en que recuperamos la inversión [17]:

$$Payback = a + \frac{I_0 - b}{F_t}$$

Siendo:

- a : número del período inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial.

- b : suma de los flujos hasta el final del período “ a ”.

El LCOE o Coste Nivelado de la Energía, es el valor del coste total actual de inversión y operar una instalación generadora de energía a lo largo de toda su vida útil. De esta manera, mide los costes totales que esa instalación tendrá a lo largo de toda su vida y los divide por la producción de energía que realizará también durante todos sus años de operación, y se mide en €/MWh. Sirve principalmente para comparar directamente los costes de diferentes fuentes de energía ya que al mirar el coste nivelado de cada una de dichas fuentes, tenemos un coste que está estandarizado. Es decir, podemos mirar el LCOE de una instalación solar y compararlo directamente con el LCOE de una instalación térmica. El que sea menor de los dos nos estará diciendo cuál de las instalaciones genera energía más barata [18].

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{el}}{(1+i)^t}}$$

Siendo:

- A_t : Costes de operación anuales
- I_0 : inversión inicial
- M_{el} : Energía anual producida en kWh
- n : número de períodos de tiempo
- i : tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Estos indicadores los hemos calculado dos veces para cada potencia, una con datos obtenidos del artículo [11], la otra con datos basados en la experiencia y en información facilitada por empresas del sector fotovoltaico (Datos 2).

§

	Datos 1 [11]	Datos 2
Precio Venta de Energía (€/MWh)	50,25	47,00
IPC (%)	2,50%	3,00%
Tasa de descuento, K (%)	4%	8%

Coste de Construcción (€/MW)	820.000,00	1.000.000,00 ¹ 950.000,00 ²
Coste de O&M (€/MW)	20.000,00	12.000,00
Coste del Seguro (€/MW)	2.000,00	2.000,00
Degradación anual del Panel 10 años (%)	0,50%	0,79%
Degradación del Panel a partir 10 años (%)	0,50%	0,90%

Tabla 4.2. Datos de partida para el cálculo de indicadores económicos

4.3 Análisis de los Datos

En este apartado, se describen los datos analizados y los resultados obtenidos para cada opción de potencia de la Central Solar Fotovoltaica.

Para ver qué potencia pico es la óptima, se ha probado con varios escalones de potencia, seleccionándose como solución a adoptar la que tenga un mayor VAN.

4.3.1 Central Fotovoltaica de 25 kWp

El primer valor de potencia pico instalada que se ha estudiado es de 25,2 kWp.

Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 4.2.2, se ha obtenido la siguiente producción horaria promedio:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,131838	0,894705	1,111672
7:00	0,000000	0,000000	0,889462	2,865349	4,283651	5,003233
8:00	0,870684	2,369504	5,732073	7,218288	7,661613	9,212817
9:00	4,577043	6,287878	10,530080	10,320970	10,931955	13,409037
10:00	7,505503	9,964966	14,657840	13,497892	13,774044	16,453231
11:00	9,563660	12,054369	17,611939	14,153596	14,230871	18,357638
12:00	10,870840	12,838984	17,389959	15,487391	16,114132	18,626294
13:00	10,432483	12,848438	16,728874	13,938078	15,725841	18,210495
14:00	8,130846	10,798530	15,699454	13,378889	14,178763	17,041163
15:00	6,388436	8,566757	13,047292	10,523000	12,897847	14,414971
16:00	4,180590	5,881846	9,105525	8,619744	9,486158	11,261493
17:00	0,405606	2,251055	4,097259	4,924970	5,654579	7,235734

¹ Para potencias hasta 100 kW.

² Para potencias entre 100 y 200 kW.

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	3,955130	27,735850	33,350170
7:00	0,000000	0,000000	27,573320	85,960470	132,793180	150,096990
8:00	26,991200	66,346106	177,694250	216,548630	237,510000	276,384520
9:00	141,888340	176,060582	326,432490	309,629100	338,890590	402,271120
10:00	232,670600	279,019034	454,393040	404,936770	426,995370	493,596940
11:00	296,473450	337,522341	545,970110	424,607890	441,157010	550,729140
12:00	336,996040	359,491546	539,088720	464,621730	499,538080	558,788830
13:00	323,406980	359,756252	518,595090	418,142340	487,501060	546,314860
14:00	252,056220	302,358840	486,683060	401,366680	439,541660	511,234900
15:00	198,041510	239,869203	404,466040	315,689990	399,833270	432,449140
16:00	129,598300	164,691674	282,271270	258,592330	294,070890	337,844790
17:00	12,573780	63,029545	127,015030	147,749110	175,291960	217,072030
18:00	0,000000	0,000000	8,793520	34,869720	61,938810	85,403550
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	2,882120	12,331140
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	22,413630	6,009200	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	131,289960	104,291950	68,696720	28,941720	0,289050	0,000000
8:00	275,423420	256,195290	215,436040	160,676210	102,435990	47,605310
9:00	394,586350	387,067480	331,609840	280,137850	213,970930	186,723960
10:00	487,123310	488,958340	439,360990	343,580080	309,590310	295,631020
11:00	541,256930	550,963720	500,970950	422,123430	381,475840	368,331510
12:00	573,244530	578,574370	544,198530	421,146920	389,511120	372,485740
13:00	564,588380	565,115280	511,160070	411,312120	360,384700	366,590200
14:00	526,493270	518,943610	472,400200	371,951240	292,264820	315,633530
15:00	447,787860	442,956250	385,805940	276,278920	216,693790	222,919460
16:00	354,857330	332,162690	257,491350	166,942420	97,466850	114,166830

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	1,393814	0,368833	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	8,164397	6,401231	4,393361	2,038828	0,016775	0,000000
8:00	20,948430	19,584849	16,669148	14,381967	8,250502	3,834274
9:00	30,011843	29,589374	25,657980	25,074859	17,233861	15,039308
10:00	37,050112	37,378420	33,995117	30,753509	24,935332	23,811009
11:00	44,483742	45,343212	41,228406	39,110580	30,725209	29,666525
12:00	47,112675	47,615514	44,785906	39,020104	31,372394	30,001119
13:00	46,401261	46,507857	42,066940	38,108891	29,026465	29,526274
14:00	43,270376	42,708021	38,877119	34,462026	23,539885	25,422071
15:00	36,801893	36,454413	31,750671	25,597794	17,453168	17,954602
16:00	26,990094	25,392177	19,923136	14,942849	7,850272	9,195339
17:00	17,347070	14,829362	9,166808	3,642408	0,014742	0,000000
18:00	6,746105	4,319808	0,696926	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	0,855570	0,070430	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.5. Datos de ahorro horario mensual de la Central de 25 kWp

Siendo los precios para cada período según los datos de facturación del Cliente:

	P1 (€/kWh) Precio E.	P2 (€/kWh) Precio E.	P3 (€/kWh) Precio E.
ENERO	0,090274	0,080543	0,058034
FEBRERO	0,090274	0,080543	0,058034
MARZO	0,090274	0,080543	0,058034

ABRIL	0,090274	0,080543	0,058034
MAYO	0,085186	0,078051	0,060205
JUNIO	0,082632	0,076872	0,063805
JULIO	0,082186	0,076059	0,062186
AGOSTO	0,082298	0,076445	0,061378
SEPTIEMBRE	0,082297	0,077374	0,063953
OCTUBRE	0,092652	0,089509	0,070446
NOVIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034
DICIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034

Tabla 4.6. Precio de la energía para cada período y cada mes

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados de ahorro de energía y ahorro del gasto en energía:

	P1 (kWh) E. Ahorrada	P2 (kWh) E. Ahorrada	P3 (kWh) E. Ahorrada	Subtotal (kWh) E. Ahorrada
ENERO	12,573780	1.938,122640	0,000000	1.950,6964
FEBRERO	63,029545	2.285,115579	0,000000	2.348,1451
MARZO	135,808550	3.735,594070	27,573320	3.898,9759
ABRIL	2.429,365400	967,388890	89,915600	3.486,6699
MAYO	2.694,566450	1.110,584370	160,529030	3.965,6799
JUNIO	3.093,113810	1.331,307150	183,447160	4.607,8681
JULIO	3.140,494280	1.352,885420	153,703590	4.647,0833
AGOSTO	3.145,511570	1.226,842820	110,301150	4.482,6555
SEPTIEMBRE	2.853,896680	932,018480	68,696720	3.854,6119
OCTUBRE	2.246,392710	648,449680	28,941720	2.923,7841
NOVIEMBRE	0,163300	2.363,794350	0,289050	2.364,2467
DICIEMBRE	0,000000	2.290,087560	0,000000	2.290,0876
TOTAL	19.814,916075	20.182,191009	823,397340	40.820,5044

Tabla 4.7. Ahorro total de consumo de energía para la Central de 25 kWp.

	P1 Ahorro Energía (€)	P2 Ahorro Energía (€)	P3 Ahorro Energía (€)	SUBTOTAL AHORRO ENERGÍA (€)	Ahorro Impuesto electricidad	AHORRO TOTAL sin IVA	IVA	AHORRO TOTAL con IVA
ENERO	1,14 €	156,10 €	0,00 €	157,24 €	8,04 €	165,28 €	34,71 €	199,98 €
FEBRERO	5,69 €	184,05 €	0,00 €	189,74 €	9,70 €	199,44 €	41,88 €	241,32 €
MARZO	12,26 €	300,88 €	1,60 €	314,74 €	16,09 €	330,83 €	69,47 €	400,30 €
ABRIL	215,37 €	77,92 €	5,22 €	298,50 €	15,26 €	313,76 €	65,89 €	379,65 €
MAYO	226,49 €	86,68 €	9,66 €	322,84 €	16,51 €	339,34 €	71,26 €	410,61 €
JUNIO	252,75 €	102,34 €	11,70 €	366,79 €	18,75 €	385,55 €	80,96 €	466,51 €
JULIO	255,12 €	102,90 €	9,56 €	367,58 €	18,79 €	386,37 €	81,14 €	467,51 €
AGOSTO	256,01 €	93,79 €	6,77 €	356,56 €	18,23 €	374,79 €	78,71 €	453,50 €
SEPTIEMBRE	232,70 €	72,11 €	4,39 €	309,21 €	15,81 €	325,02 €	68,25 €	393,27 €
OCTUBRE	207,05 €	58,04 €	2,04 €	267,13 €	13,66 €	280,79 €	58,97 €	339,76 €
NOVIEMBRE	0,01 €	190,39 €	0,02 €	190,42 €	9,74 €	200,15 €	42,03 €	242,19 €
DICIEMBRE	0,00 €	184,45 €	0,00 €	184,45 €	9,43 €	193,88 €	40,71 €	234,60 €
TOTAL	1.664,59 €	1.609,65 €	50,97 €	3.325,20 €	170,01 €	3.495,21 €	733,99 €	4.229,20 €

Tabla 4.8. Ahorro total del precio de la energía para la Central de 25 kWp.

Se conseguiría un ahorro de 40.820,5044 kWh, que corresponde a un ahorro en la factura de 3.495,21 € sin IVA. Si representamos ambas tablas gráficamente:

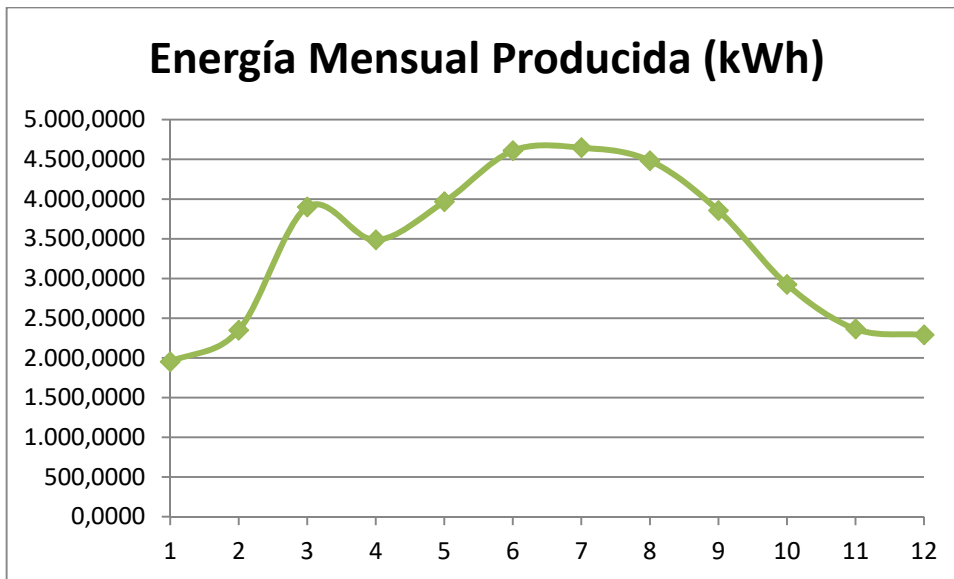


Figura 4.6.- Energía Mensual Producida por la Central de 25 kWp

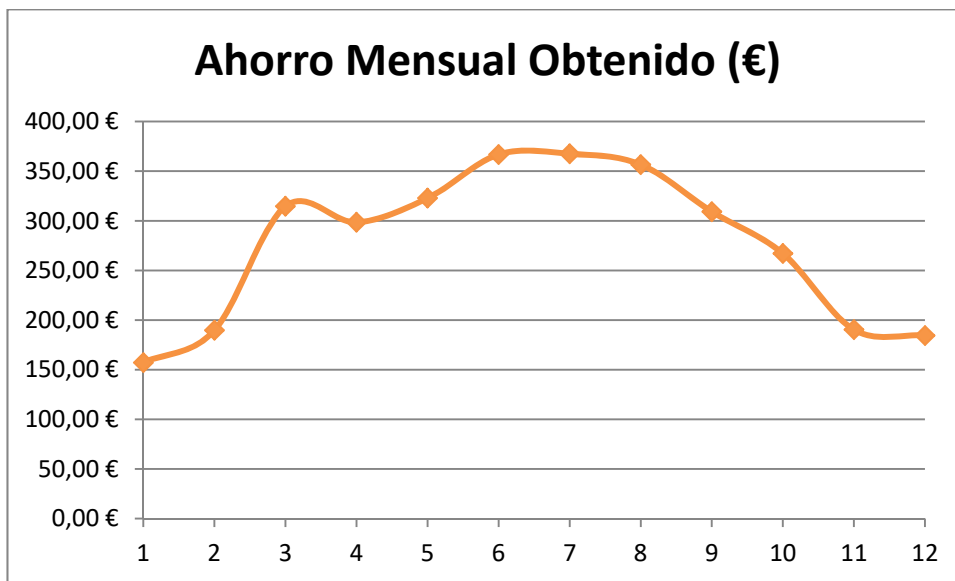


Figura 4.7.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 25 kWp

Para analizar la rentabilidad del Proyecto, se parten de la tabla 4.2. Se obtienen los siguientes datos:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	20.664	25.200
VAN (€)	34.975,25	15.077,54
TIR (%)	15,84	14,12
Pay Back (años)	7,53	8,35
LCOE (€/kWh)	0,05	0,07

Tabla 4.9. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp.

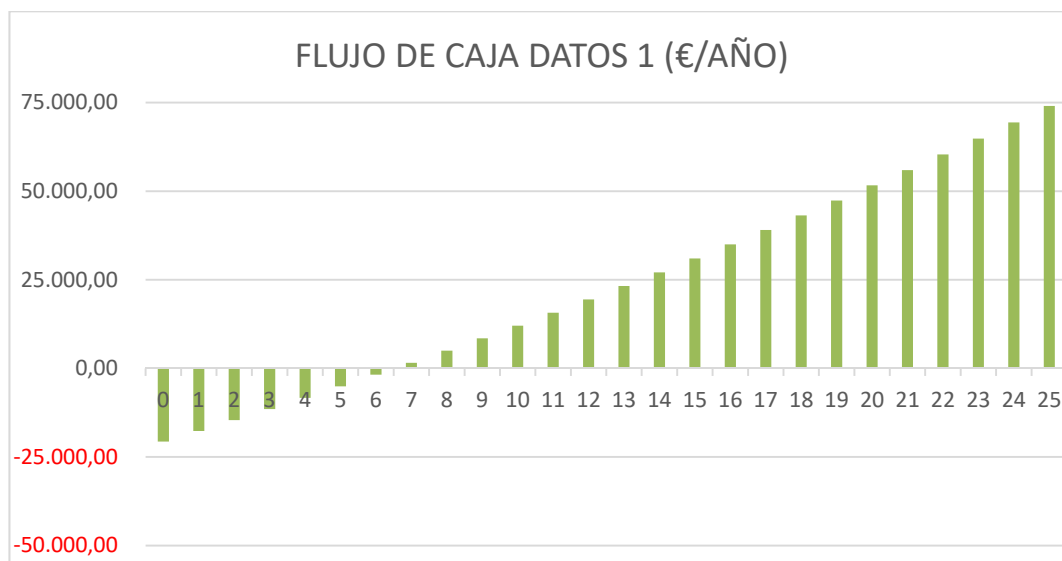


Figura 4.8.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 25 kWp

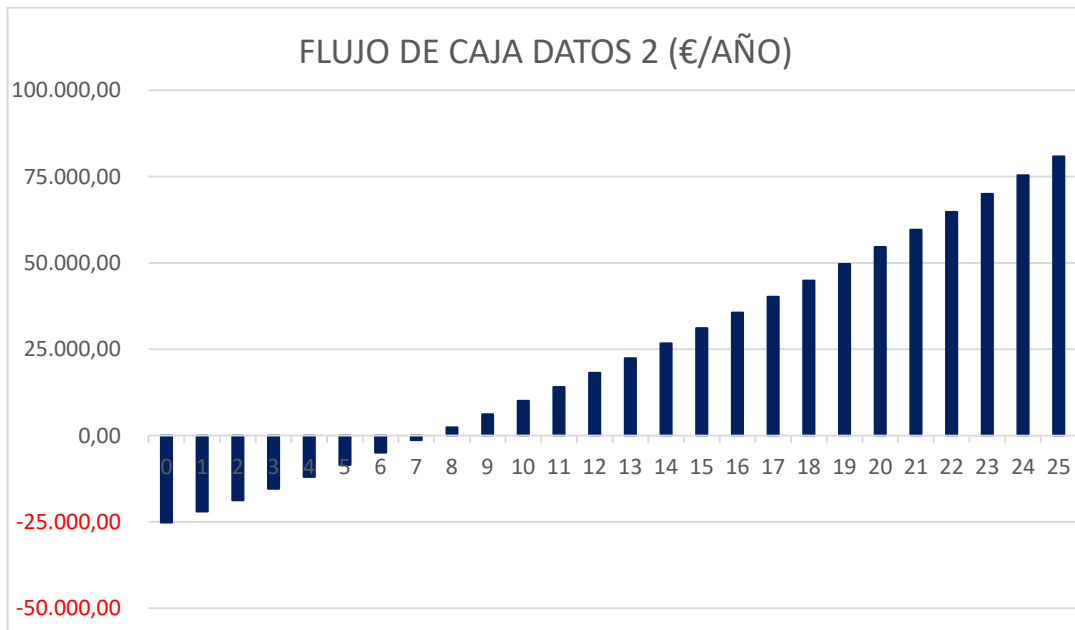


Figura 4.9.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 25 kWp

4.3.2 Central Fotovoltaica de 50 kWp

El segundo valor de potencia pico instalada que se ha estudiado es de 50,4 kWp.

Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 4.2.2, se ha obtenido la siguiente producción horaria promedio:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,263676	1,789411	2,223346
7:00	0,000000	0,000000	1,778925	5,730698	8,567301	10,006466
8:00	1,741369	4,739008	11,464147	14,436576	15,323226	18,425635
9:00	9,154087	12,575756	21,060160	20,641942	21,863910	26,818075
10:00	15,011005	19,929933	29,315680	26,995786	27,548087	32,906463
11:00	19,127319	24,108737	35,223876	28,307193	28,461742	36,715274
12:00	21,741683	25,677966	34,779919	33,154696	32,228263	37,252589
13:00	20,864967	25,696874	33,457747	27,876156	31,451680	36,420989
14:00	16,261690	21,597061	31,398908	26,757781	28,357528	34,082327

1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	7,910270	55,471750	66,700380
7:00	0,000000	0,000000	55,146670	171,920950	265,586340	300,193970
8:00	53,982430	132,692222	355,388560	433,097280	475,020000	552,769040
9:00	283,776690	352,121174	652,864950	619,258260	677,781210	804,542250
10:00	465,341160	558,038117	908,786070	809,873570	853,990700	987,193880
11:00	592,946900	675,044623	1.091,940170	849,215800	882,314000	1.101,458220
12:00	673,992160	718,983044	1.078,177480	994,640867	999,076150	1.117,577670
13:00	646,813970	719,512486	1.037,190160	836,284670	975,002090	1.092,629660
14:00	504,112400	604,717699	973,366140	802,733420	879,083370	1.022,469820
15:00	396,083030	479,738406	808,932050	631,379930	799,666560	864,898270
16:00	259,196640	329,383339	564,542480	517,184650	588,141760	675,689590
17:00	25,147580	126,059090	254,030100	295,498280	350,583920	434,144080
18:00	0,000000	0,000000	17,587070	69,739480	123,877660	170,807130
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	5,764250	24,662240
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	44,827290	12,018400	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	262,579980	208,583940	137,393410	57,883390	0,578090	0,000000
8:00	550,846810	512,390600	430,872110	321,352440	204,871960	95,210620
9:00	789,172780	774,134940	663,219670	560,275630	427,941860	373,447890
10:00	974,246590	977,916740	878,721980	687,160130	619,180600	591,262040
11:00	1.082,513880	1.101,927440	1.001,941900	844,246850	762,951670	736,663040
12:00	1.146,489120	1.157,148750	1.088,397060	842,293880	779,022210	744,971470
13:00	1.129,176730	1.130,230580	1.022,320130	822,624270	720,769390	733,180380
14:00	1.052,986530	1.037,887190	944,800420	743,902480	584,529620	631,267060
15:00	895,575750	885,912590	771,611920	552,557880	433,387600	445,838910
16:00	709,714630	664,325420	514,982670	333,884870	194,933580	228,333660

2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	2,787630	0,737665	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	16,328799	12,802465	8,786721	4,077653	0,033549	0,000000
8:00	41,896858	39,169699	33,338299	28,763936	16,501002	7,668549
9:00	60,023692	59,178745	51,315959	50,149711	34,467721	30,078613
10:00	74,100221	74,756845	67,990234	61,507016	49,870663	47,622018
11:00	88,967486	90,686424	82,456813	78,221159	61,450416	59,333051
12:00	94,225355	95,231028	89,571813	78,040213	62,744786	60,002237
13:00	92,802519	93,015716	84,133880	76,217784	58,052929	59,052547
14:00	86,540751	85,416040	77,754240	68,924053	47,079769	50,844143
15:00	73,603789	72,908834	63,501346	51,195593	34,906337	35,909203
16:00	53,980185	50,784357	39,846269	29,885701	15,700535	18,390678
17:00	34,694139	29,658723	18,333617	7,284818	0,029483	0,000000
18:00	13,492209	8,639620	1,393855	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	1,711141	0,140859	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.12. Datos de ahorro horario mensual de la Central de 50 kWp

Siendo los precios para cada período según los datos de facturación del Cliente:

	P1 (€/kWh) Precio E.	P2 (€/kWh) Precio E.	P3 (€/kWh) Precio E.
ENERO	0,090274	0,080543	0,058034
FEBRERO	0,090274	0,080543	0,058034
MARZO	0,090274	0,080543	0,058034
ABRIL	0,090274	0,080543	0,058034
MAYO	0,085186	0,078051	0,060205
JUNIO	0,082632	0,076872	0,063805
JULIO	0,082186	0,076059	0,062186
AGOSTO	0,082298	0,076445	0,061378
SEPTIEMBRE	0,082297	0,077374	0,063953
OCTUBRE	0,092652	0,089509	0,070446
NOVIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034
DICIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034

Tabla 4.6. Precio de la energía para cada período y cada mes

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados de ahorro de energía y ahorro del gasto en energía:

	P1 (kWh) E. Ahorrada	P2 (kWh) E. Ahorrada	P3 (kWh) E. Ahorrada	Subtotal (kWh) E. Ahorrada
ENERO	25,147580	3.876,245380	0,000000	3.901,3930
FEBRERO	126,059090	4.570,231110	0,000000	4.696,2902
MARZO	271,617170	7.471,188060	55,146670	7.797,9519
ABRIL	4.924,128257	1.934,777950	179,831220	7.038,7374
MAYO	5.389,132870	2.221,168800	321,058090	7.931,3598
JUNIO	6.186,227520	2.662,614330	366,894350	9.215,7362
JULIO	6.280,988600	2.705,770840	307,407270	9.294,1667
AGOSTO	6.291,023290	2.453,685710	220,602340	8.965,3113
SEPTIEMBRE	5.707,793410	1.864,036990	137,393410	7.709,2238
OCTUBRE	4.492,785490	1.296,899370	57,883390	5.847,5683
NOVIEMBRE	0,326590	4.727,588490	0,578090	4.728,4932
DICIEMBRE	0,000000	4.580,175070	0,000000	4.580,1751
TOTAL	39.695,229867	40.364,382100	1.646,794830	81.706,4068

Tabla 4.13. Ahorro total de consumo de energía para la Central de 50 kWp.

	P1 Ahorro Energía (€)	P2 Ahorro Energía (€)	P3 Ahorro Energía (€)	SUBTOTAL AHORRO ENERGÍA (€)	Ahorro Impuesto electricidad	AHORRO TOTAL sin IVA	IVA	AHORRO TOTAL con IVA
ENERO	2,27 €	312,20 €	0,00 €	314,47 €	16,08 €	330,55 €	69,42 €	399,97 €
FEBRERO	11,38 €	368,10 €	0,00 €	379,48 €	19,40 €	398,88 €	83,77 €	482,65 €
MARZO	24,52 €	601,75 €	3,20 €	629,47 €	32,18 €	661,66 €	138,95 €	800,60 €
ABRIL	436,64 €	155,83 €	10,44 €	602,91 €	30,82 €	633,73 €	133,08 €	766,82 €
MAYO	452,98 €	173,36 €	19,33 €	645,68 €	33,01 €	678,69 €	142,52 €	821,21 €
JUNIO	505,49 €	204,68 €	23,41 €	733,58 €	37,51 €	771,09 €	161,93 €	933,02 €
JULIO	510,24 €	205,80 €	19,12 €	735,15 €	37,59 €	772,74 €	162,28 €	935,02 €
AGOSTO	512,01 €	187,57 €	13,54 €	713,13 €	36,46 €	749,59 €	157,41 €	907,00 €
SEPTIEMBRE	465,41 €	144,23 €	8,79 €	618,42 €	31,62 €	650,04 €	136,51 €	786,55 €
OCTUBRE	414,11 €	116,08 €	4,08 €	534,27 €	27,32 €	561,58 €	117,93 €	679,52 €
NOVIEMBRE	0,03 €	380,77 €	0,03 €	380,84 €	19,47 €	400,31 €	84,06 €	484,37 €
DICIEMBRE	0,00 €	368,90 €	0,00 €	368,90 €	18,86 €	387,76 €	81,43 €	469,19 €
TOTAL	3.335,09 €	3.219,29 €	101,93 €	6.656,31 €	340,32 €	6.996,62 €	1.469,29 €	8.465,92 €

Tabla 4.14. Ahorro total del precio de la energía para la Central de 50 kWp.

Se conseguiría un ahorro de 81.406,4068 kWh, que corresponde a un ahorro en la factura de 6.996,62 € sin IVA. Si representamos ambas tablas gráficamente:

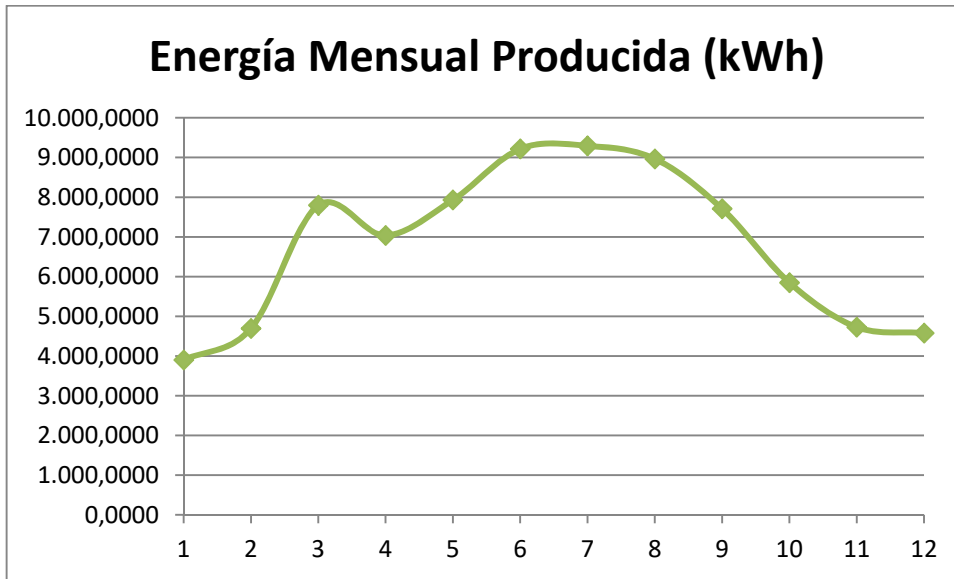


Figura 4.10.- Energía Mensual Poducida por la Central de 50 kWp

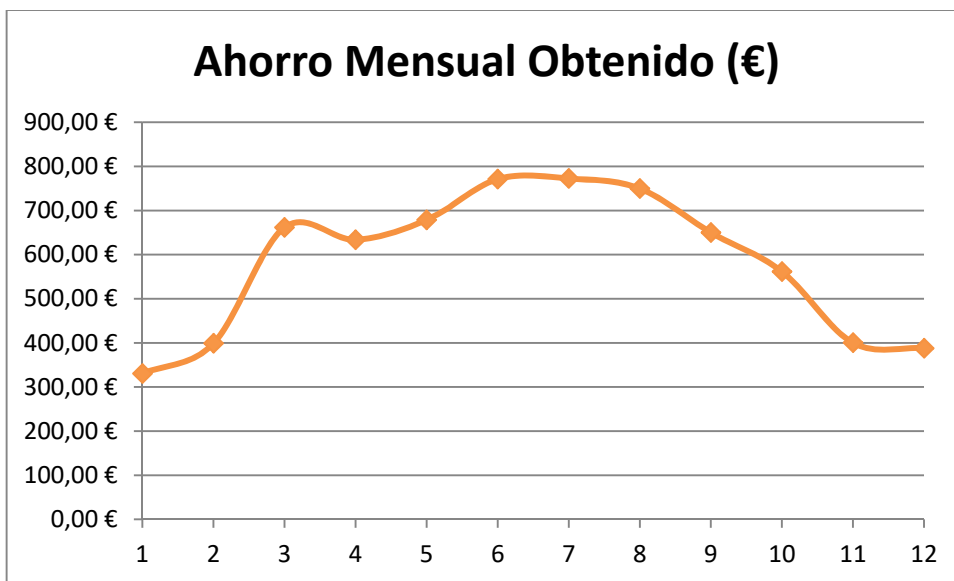


Figura 4.11.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 50 kWp

Para analizar la rentabilidad del Proyecto, se parte de la tabla 4.2. Se obtienen los siguientes datos:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	41.328,00	50.400,00
VAN (€)	70.061,15 €	30.227,44 €
TIR (%)	15,86	14,13
Pay Back (años)	7,53	8,35
LCOE (€/kWh)	0,05	0,07

Tabla 4.15. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp.

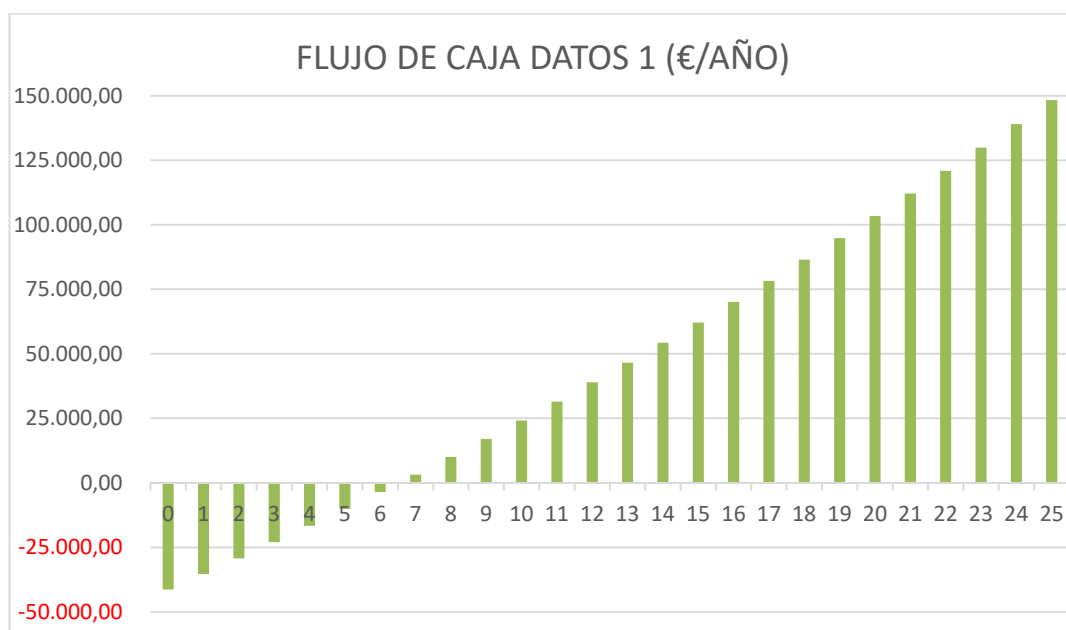


Figura 4.12.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 50 kWp

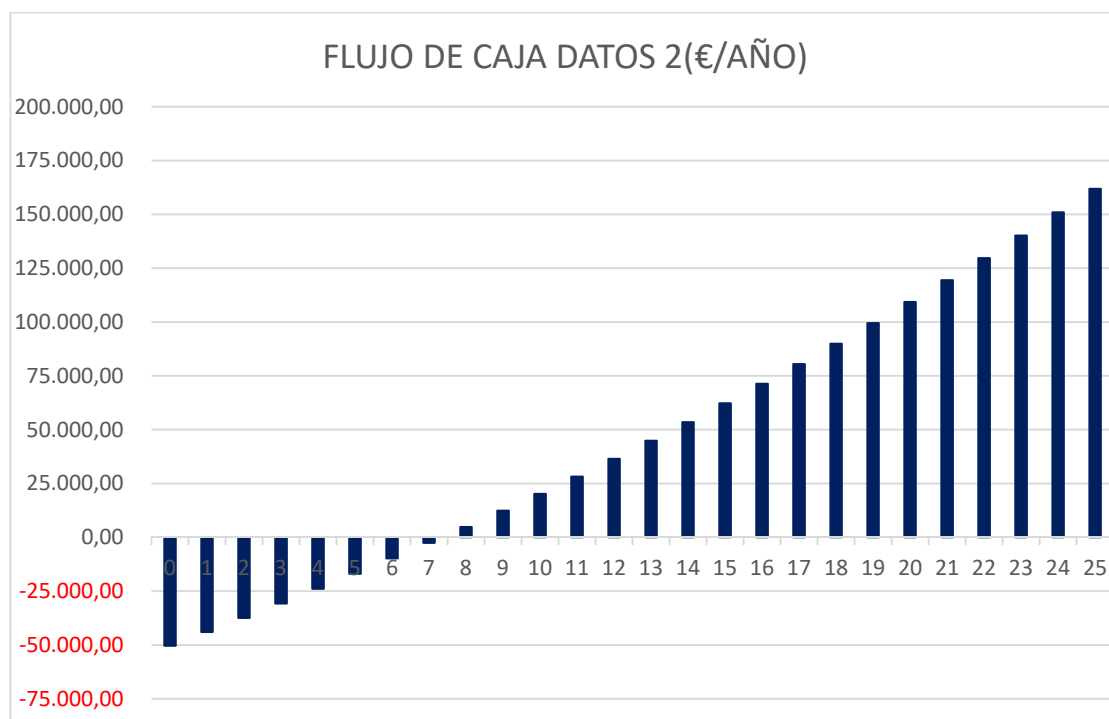


Figura 4.13.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 50 kWp

4.3.3 Central Fotovoltaica de 75 kWp

El tercer valor de potencia pico instalada que se ha estudiado es de 75,15 kWp.

Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 4.2.2, se ha obtenido la siguiente producción

horaria promedio:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,393159	2,668138	3,315168
7:00	0,000000	0,000000	2,652504	8,544881	12,774458	14,920357
8:00	2,596506	7,066199	17,093862	21,525965	22,848025	27,473939
9:00	13,649397	18,751350	31,402203	30,778610	32,600652	39,987666
10:00	22,382482	29,716953	43,711774	40,252645	41,076167	49,065887
11:00	28,520200	35,947847	52,521317	42,208048	42,438491	54,745097
12:00	32,418401	38,287681	51,859342	48,050747	48,054644	55,546271
13:00	31,111155	38,315876	49,887891	41,565340	46,896703	54,306296
14:00	24,247341	32,202760	46,818014	39,897761	42,283099	50,819185
15:00	19,051228	25,547294	38,908888	31,381086	38,463225	42,987503
16:00	12,467119	17,540503	27,153974	25,705308	28,289078	33,583383
17:00	1,209575	6,712968	12,218614	14,686966	16,862762	21,577994
18:00	0,000000	0,000000	0,845923	3,466219	5,958402	8,489521
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,277255	1,225772
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	2,156150	0,578074	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	12,629855	10,032695	6,828780	2,784138	0,028732	0,000000
8:00	26,495223	24,645515	21,415371	15,456754	10,182625	4,579544
9:00	37,958483	37,235177	32,963595	26,948741	21,269729	17,962499
10:00	46,860364	47,036894	43,674575	33,051770	30,774752	28,439160
11:00	52,067920	53,001694	49,798900	40,607497	37,920514	35,432811
12:00	55,145071	55,657786	54,095926	40,513559	38,719260	35,832440
13:00	54,312360	54,363050	50,811746	39,567470	35,823955	35,265302

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	66,840650	17,920280	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	391,525520	311,013550	204,863410	86,308290	0,861970	0,000000
8:00	821,351910	764,010970	642,461120	479,159380	305,478740	141,965870
9:00	1.176,712970	1.154,290490	988,907860	835,410980	638,091880	556,837460
10:00	1.452,671290	1.458,143720	1.310,237260	1.024,604870	923,242560	881,613950
11:00	1.614,105520	1.643,052520	1.493,966990	1.258,832420	1.137,615430	1.098,417150
12:00	1.709,497190	1.725,391360	1.622,877780	1.255,920340	1.161,577790	1.110,805650
13:00	1.683,683160	1.685,254560	1.524,352390	1.226,591560	1.074,718660	1.093,224360
14:00	1.570,078130	1.547,563970	1.408,764870	1.109,211750	871,575410	941,264270
15:00	1.335,367420	1.320,958950	1.150,528480	823,903300	646,211840	664,777630
16:00	1.058,235270	990,556680	767,875930	497,846180	290,659900	340,461820
17:00	680,148840	578,497980	353,306490	121,352970	0,486980	0,000000
18:00	264,503210	168,517140	26,860860	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	33,545450	2,747510	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.17. Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 75 kWp

Los datos anteriores están representados gráficamente en el Anexo I. Con los datos de la tabla 4.17 se puede obtener el ahorro promedio mensual para cada hora, multiplicando los valores de dichas tablas por el precio de la energía del período horario correspondiente:

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,684498	4,979693	6,345729
7:00	0,000000	0,000000	4,771998	14,876809	23,841674	28,559801
8:00	6,483042	15,935720	42,680519	52,012975	55,282648	63,359298
9:00	34,080266	42,288120	78,406057	74,370047	78,879918	92,217955

10:00	55,885320	67,017792	109,140999	97,262064	99,387113	113,153785
11:00	71,210177	81,069727	131,136959	114,308680	112,069465	135,710905
12:00	80,943334	86,346531	129,484115	130,131995	126,900324	137,696984
13:00	77,679358	86,410117	124,561732	112,568084	123,842492	134,623136
14:00	60,541561	72,623794	116,896761	108,051914	111,659115	125,978727
15:00	47,567734	57,614360	97,148996	84,986885	101,571781	106,564301
16:00	31,128313	39,557413	67,798938	62,111479	68,447716	77,448654
17:00	3,384990	16,968181	34,193718	35,487969	40,800819	49,762307
18:00	0,000000	0,000000	2,367309	8,375390	14,416835	19,578193
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,670841	2,826826
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	4,156553	1,099911	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	24,347406	19,089390	13,101630	6,080074	0,050024	0,000000
8:00	62,471205	58,404819	49,709787	42,889077	24,604174	11,434357
9:00	89,499612	88,239737	76,515757	74,776801	51,393834	44,849360
10:00	110,488726	111,467797	101,378298	91,711357	74,360726	71,007832
11:00	132,656876	135,219936	122,949001	116,633341	91,626960	88,469813
12:00	140,496736	141,996258	133,557973	116,363531	93,556960	89,467619
13:00	138,375184	138,693080	125,449629	113,646161	86,561065	88,051570
14:00	129,038441	127,361420	115,937123	102,770687	70,199298	75,812248
15:00	109,748507	108,712280	94,685042	76,336289	52,047840	53,543185
16:00	80,488316	75,723105	59,413632	44,561714	23,410620	27,421816
17:00	51,731441	44,223278	27,336736	10,862183	0,043962	0,000000
18:00	20,117850	12,882293	2,078332	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	2,551433	0,210033	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.18. Datos de ahorro horario mensual de la Central de 75 kWp

Siendo los precios para cada período según los datos de facturación del Cliente:

	P1 (€/kWh) Precio E.	P2 (€/kWh) Precio E.	P3 (€/kWh) Precio E.
ENERO	0,090274	0,080543	0,058034
FEBRERO	0,090274	0,080543	0,058034
MARZO	0,090274	0,080543	0,058034
ABRIL	0,090274	0,080543	0,058034
MAYO	0,085186	0,078051	0,060205
JUNIO	0,082632	0,076872	0,063805
JULIO	0,082186	0,076059	0,062186
AGOSTO	0,082298	0,076445	0,061378
SEPTIEMBRE	0,082297	0,077374	0,063953
OCTUBRE	0,092652	0,089509	0,070446
NOVIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034
DICIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034

Tabla 4.6. Precio de la energía para cada período y cada mes

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados de ahorro de energía y ahorro del gasto en energía:

	P1 (kWh) E. Ahorrada	P2 (kWh) E. Ahorrada	P3 (kWh) E. Ahorrada	Subtotal (kWh) E. Ahorrada
ENERO	37,496840	5.779,758720	0,000000	5.817,2556
FEBRERO	187,963102	6.814,540967	0,000000	7.002,5041
MARZO	405,000630	11.140,075180	82,227630	11.627,3034
ABRIL	7.300,668807	2.884,892040	268,141210	10.453,7021
MAYO	8.035,582170	3.311,921390	478,720490	11.826,2241
JUNIO	9.224,107160	3.970,148210	547,065760	13.741,3211
JULIO	9.365,402710	4.034,497650	458,366170	13.858,2665

AGOSTO	9.380,365080	3.658,620770	328,933830	13.367,9197
SEPTIEMBRE	8.510,727770	2.779,412260	204,863410	11.495,0034
OCTUBRE	6.699,064240	1.933,769510	86,308290	8.719,1420
NOVIEMBRE	0,486980	7.049,172210	0,861970	7.050,5212
DICIEMBRE	0,000000	6.829,368160	0,000000	6.829,3682
TOTAL	59.146,865489	60.186,177067	2.455,488760	121.788,5313

Tabla 4.19. Ahorro total de consumo de energía para la Central de 75 kWp.

	P1 Ahorro Energía (€)	P2 Ahorro Energía (€)	P3 Ahorro Energía (€)	SUBTOTAL AHORRO ENERGÍA (€)	Ahorro Impuesto electricidad	AHORRO TOTAL sin IVA	IVA	AHORRO TOTAL con IVA
ENERO	3,38 €	465,52 €	0,00 €	468,90 €	23,97 €	492,88 €	103,50 €	596,38 €
FEBRERO	16,97 €	548,86 €	0,00 €	565,83 €	28,93 €	594,76 €	124,90 €	719,66 €
MARZO	36,56 €	897,26 €	4,77 €	938,59 €	47,99 €	986,58 €	207,18 €	1.193,76 €
ABRIL	647,31 €	232,36 €	15,56 €	895,23 €	45,77 €	941,00 €	197,61 €	1.138,61 €
MAYO	675,43 €	258,50 €	28,82 €	962,75 €	49,22 €	1.011,97 €	212,51 €	1.224,49 €
JUNIO	753,73 €	305,19 €	34,91 €	1.093,83 €	55,92 €	1.149,75 €	241,45 €	1.391,20 €
JULIO	760,80 €	306,86 €	28,50 €	1.096,17 €	56,04 €	1.152,21 €	241,96 €	1.394,18 €
AGOSTO	763,45 €	279,68 €	20,19 €	1.063,32 €	54,36 €	1.117,69 €	234,71 €	1.352,40 €
SEPTIEMBRE	693,96 €	215,05 €	13,10 €	922,11 €	47,14 €	969,26 €	203,54 €	1.172,80 €
OCTUBRE	617,46 €	173,09 €	6,08 €	796,63 €	40,73 €	837,36 €	175,85 €	1.013,21 €
NOVIEMBRE	0,04 €	567,76 €	0,05 €	567,86 €	29,03 €	596,89 €	125,35 €	722,23 €
DICIEMBRE	0,00 €	550,06 €	0,00 €	550,06 €	28,12 €	578,18 €	121,42 €	699,60 €
TOTAL	4.969,10 €	4.800,19 €	151,99 €	9.921,28 €	507,24 €	10.428,52 €	2.189,99 €	12.618,51 €

Tabla 4.20. Ahorro total del precio de la energía para la Central de 75 kWp.

Se conseguirá un ahorro de 121.788,5313 kWh, que corresponde a un ahorro en la factura de 10.428,52 € sin IVA. Si representamos ambas tablas gráficamente:

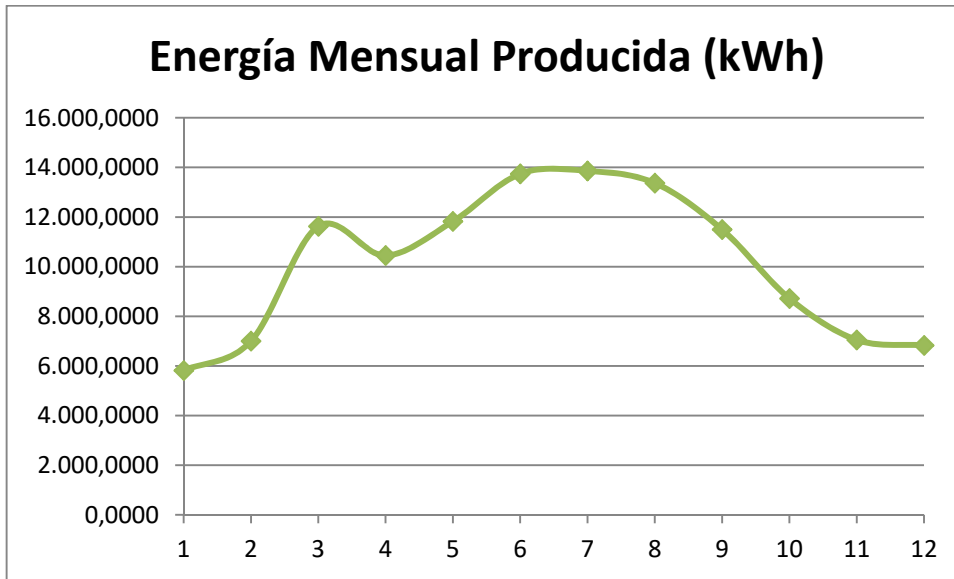


Figura 4.14.- Energía Mensual Poducida por la Central de 75 kWp

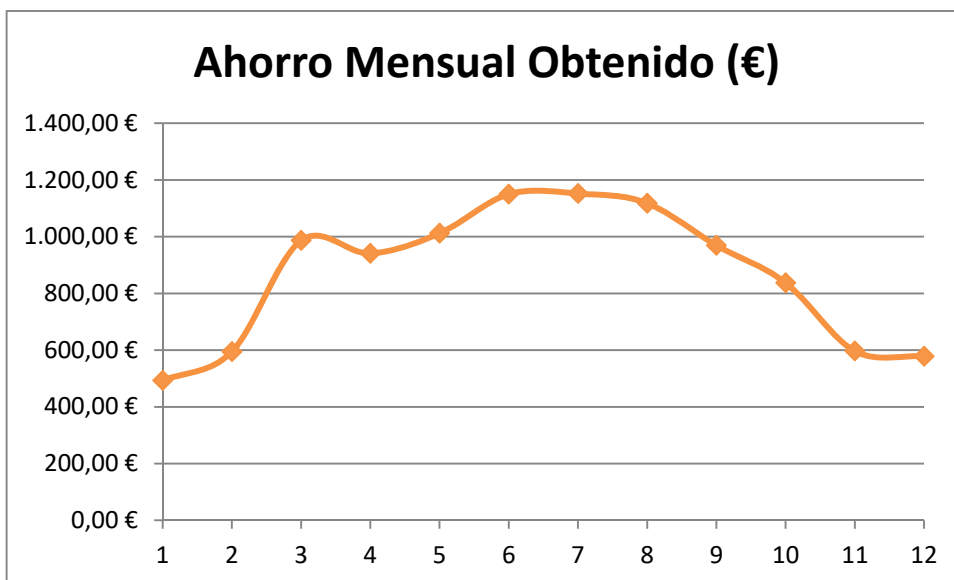


Figura 4.15.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 75 kWp

Para analizar la rentabilidad del Proyecto, se parte de la tabla 4.2. Se obtienen los siguientes datos:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	61.623,00	75.150,00
VAN (€)	104.395,87 €	45.025,29 €
TIR (%)	15,85	14,13
Pay Back (años)	7,53	8,35
LCOE (€/kWh)	0,05	0,07

Tabla 4.21. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp.

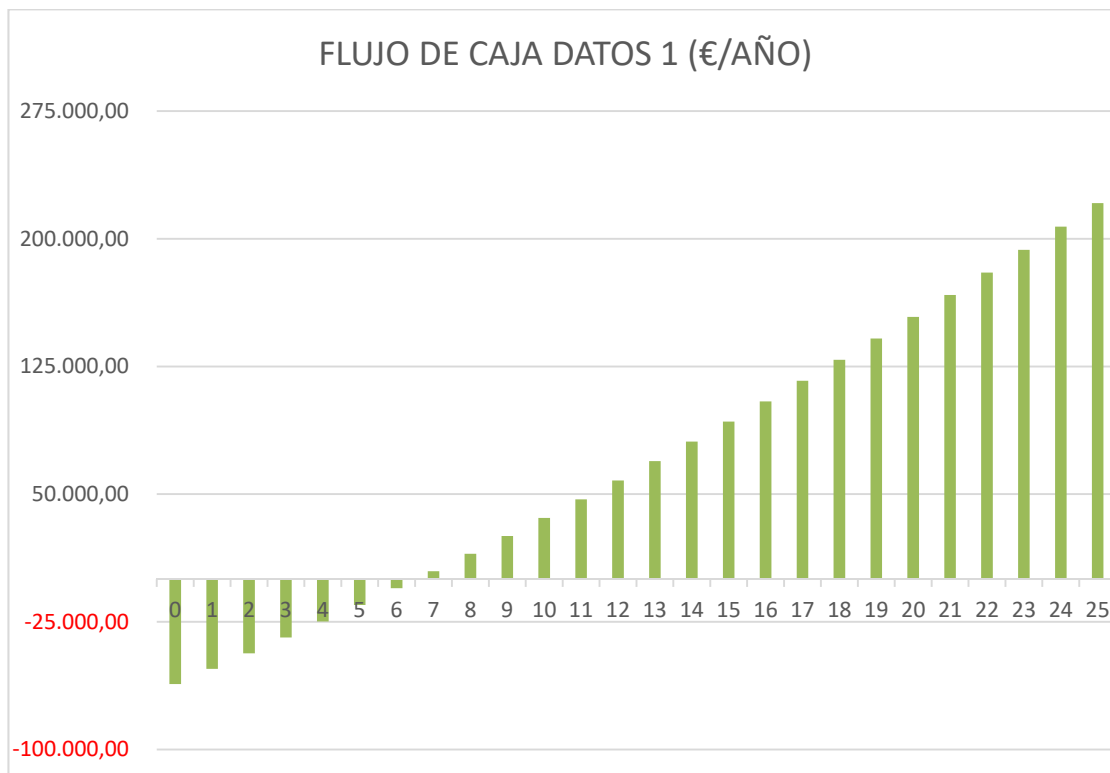


Figura 4.16.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 75 kWp

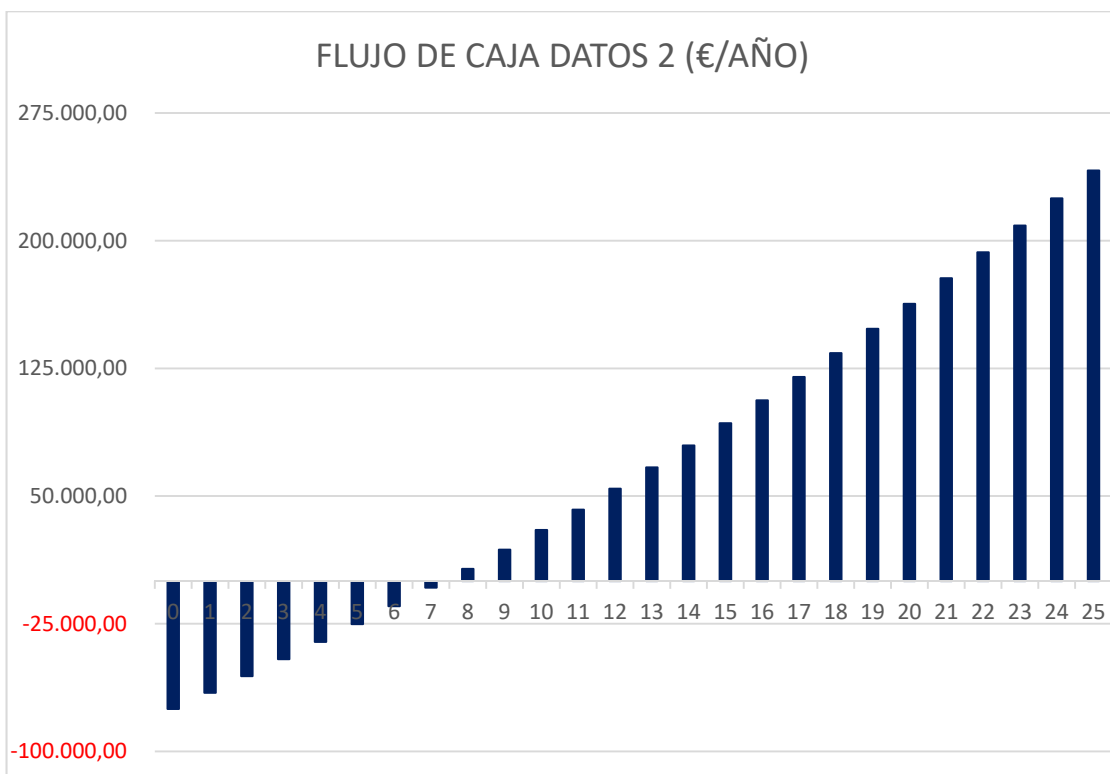


Figura 4.17.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 75 kWp

4.3.4 Central Fotovoltaica de 100 kWp

El cuarto valor de potencia pico instalada que se ha estudiado es de 100,35 kWp.

Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 4.2.2, se ha obtenido la siguiente producción horaria promedio:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,524997	3,562845	4,426840
7:00	0,000000	0,000000	3,541966	11,410230	17,058108	19,923589
8:00	3,467190	9,435703	22,825935	28,744253	30,509638	36,686756
9:00	18,226441	25,039228	41,932284	41,099580	43,532607	53,396704
10:00	29,887985	39,681919	58,369613	53,750536	54,850209	65,519118
11:00	38,083860	48,002215	70,133256	56,361644	56,669362	73,102734
12:00	43,289241	51,126664	69,249301	63,217637	64,168775	74,172565
13:00	41,543637	51,164312	66,616765	55,503418	62,622544	72,516791
14:00	32,378186	43,001289	62,517467	53,276652	56,461863	67,860350
15:00	25,439663	34,114052	51,956181	41,904086	51,361072	57,402474
16:00	16,647709	23,422347	36,259497	34,325052	37,775235	44,844876
17:00	1,615182	8,964023	16,315874	19,611936	22,517342	28,813729
18:00	0,000000	0,000000	1,129585	4,628544	7,956428	11,336305
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,370227	1,636809
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	2,879171	0,771918	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	16,865015	13,396952	9,118671	3,717741	0,038367	0,000000
8:00	35,379849	32,909880	28,596572	20,639859	13,597157	6,115199
9:00	50,687076	49,721223	44,017257	35,985445	28,402093	23,985851

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
10:00	62,574019	62,809745	58,319941	44,134999	41,094430	37,975643
11:00	69,527821	70,774718	66,497931	54,224382	50,636376	47,314474
12:00	73,636829	74,321476	72,235877	54,098944	51,702962	47,848110
13:00	72,524887	72,592574	67,850415	52,835601	47,836778	47,090792
14:00	67,631335	66,661534	62,705503	47,779452	38,794675	40,545089
15:00	57,521138	56,900489	51,211148	35,489747	28,763522	28,635390
16:00	45,583632	42,668366	34,178910	21,444795	12,937557	14,665440
17:00	29,297506	24,918880	15,726016	5,227296	0,021675	0,000000
18:00	11,393512	7,258897	1,195604	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	1,444974	0,118348	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.22. Datos de producción horaria promedio de la Central de 100 kWp

Multiplicando los valores de la tabla 4.22 por el número de días de cada mes, obtenemos la producción horaria promedio mensual:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	15,749900	110,448210	132,805190
7:00	0,000000	0,000000	109,800940	342,306890	528,801340	597,707670
8:00	107,482890	264,199687	707,603970	862,327600	945,798770	1.100,602680
9:00	565,019670	701,098372	1.299,900790	1.232,987410	1.349,510810	1.601,901110
10:00	926,527550	1.111,093741	1.809,458010	1.612,516090	1.700,356490	1.965,573530
11:00	1.180,599670	1.344,062015	2.174,130930	1.690,849310	1.756,750210	2.193,082020
12:00	1.341,966470	1.431,546586	2.146,728330	1.896,529097	1.989,232030	2.225,176960
13:00	1.287,852750	1.432,600748	2.065,119710	1.665,102530	1.941,298850	2.175,503720
14:00	1.003,723780	1.204,036101	1.938,041470	1.598,299560	1.750,317750	2.035,810490
15:00	788,629560	955,193458	1.610,641600	1.257,122580	1.592,193230	1.722,074220
16:00	516,078970	655,825723	1.124,044420	1.029,751570	1.171,032300	1.345,346280
17:00	50,070630	250,992657	505,792090	588,358070	698,037610	864,411880
18:00	0,000000	0,000000	35,017140	138,856310	246,649260	340,089150
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	11,477030	49,104270

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	89,254310	23,929470	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	522,815460	415,305500	273,560130	115,249960	1,151020	0,000000
8:00	1.096,775310	1.020,206270	857,897150	639,835630	407,914720	189,571180
9:00	1.571,299370	1.541,357910	1.320,517700	1.115,548790	852,062800	743,561390
10:00	1.939,794600	1.947,102090	1.749,598220	1.368,184960	1.232,832890	1.177,244940
11:00	2.155,362450	2.194,016250	1.994,937940	1.680,955830	1.519,091270	1.466,748700
12:00	2.282,741710	2.303,965750	2.167,076300	1.677,067270	1.551,088860	1.483,291400
13:00	2.248,271490	2.250,369800	2.035,512460	1.637,903640	1.435,103330	1.459,814550
14:00	2.096,571390	2.066,507550	1.881,165100	1.481,163010	1.163,840250	1.256,897770
15:00	1.783,155270	1.763,915150	1.536,334430	1.100,182170	862,905650	887,697090
16:00	1.413,092580	1.322,719340	1.025,367290	664,788660	388,126710	454,628640
17:00	908,222700	772,485280	471,780480	162,046170	0,650260	0,000000
18:00	353,198870	225,025820	35,868110	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	44,794190	3,668800	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.23. Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 100 kWp

Los datos anteriores están representados gráficamente en el Anexo I. Con los datos de la tabla 4.23 se puede obtener el ahorro promedio mensual para cada hora, multiplicando los valores de dichas tablas por el precio de la energía del período horario correspondiente:

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,914030	6,649534	8,473635
7:00	0,000000	0,000000	6,372188	19,865438	31,836485	38,136738
8:00	8,656994	21,279435	56,992547	69,454452	73,820540	84,605529
9:00	45,508379	56,468566	104,697909	99,308505	105,330668	123,141342
10:00	74,625308	89,490823	145,739176	129,876883	132,714524	151,097568
11:00	95,089039	108,254787	175,111027	152,639731	149,649645	181,218753
12:00	108,086005	115,301057	172,903940	171,207268	169,453725	183,870823
13:00	103,727524	115,385962	166,330937	150,315466	165,370513	179,766223
14:00	80,842924	96,976680	156,095674	144,284894	149,101693	168,223092
15:00	63,518591	76,934147	129,725906	113,485484	135,631776	142,298437
16:00	41,566548	52,822171	90,533910	82,939281	91,400242	103,419459
17:00	4,520076	22,658111	45,659875	47,388124	54,482533	66,449070
18:00	0,000000	0,000000	3,161137	11,183904	19,251221	26,143333
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,895794	3,774743
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	5,550369	1,468743	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	32,511802	25,490621	17,494991	8,118899	0,066798	0,000000
8:00	83,419633	77,989668	66,378934	57,271047	32,854675	15,268632
9:00	119,511459	117,829105	102,173737	99,851657	68,627694	59,888665
10:00	147,538837	148,846219	135,373413	122,464868	99,296059	94,818839
11:00	177,140618	180,563149	164,177408	155,743920	122,352168	118,136341
12:00	187,609410	189,611773	178,343878	155,383637	124,929350	119,468739
13:00	184,776441	185,200934	167,516569	151,755048	115,587528	117,577843

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
14:00	172,308816	170,069438	154,814244	137,232715	93,739185	101,234317
15:00	146,550399	145,166689	126,435715	101,934078	69,501010	71,497787
16:00	107,478409	101,115280	79,336769	59,504568	31,260890	36,617155
17:00	69,078510	59,052637	36,503543	14,504591	0,058702	0,000000
18:00	26,863953	17,202099	2,775259	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	3,407001	0,280461	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.24. Datos de ahorro horario mensual de la Central de 100 kWp

Siendo los precios para cada período según los datos de facturación del Cliente:

	P1 (€/kWh) Precio E.	P2 (€/kWh) Precio E.	P3 (€/kWh) Precio E.
ENERO	0,090274	0,080543	0,058034
FEBRERO	0,090274	0,080543	0,058034
MARZO	0,090274	0,080543	0,058034
ABRIL	0,090274	0,080543	0,058034
MAYO	0,085186	0,078051	0,060205
JUNIO	0,082632	0,076872	0,063805
JULIO	0,082186	0,076059	0,062186
AGOSTO	0,082298	0,076445	0,061378
SEPTIEMBRE	0,082297	0,077374	0,063953
OCTUBRE	0,092652	0,089509	0,070446
NOVIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034
DICIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034

Tabla 4.6. Precio de la energía para cada período y cada mes.

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados de ahorro de energía y ahorro del gasto en energía:

	P1 (kWh) E. Ahorrada	P2 (kWh) E. Ahorrada	P3 (kWh) E. Ahorrada	Subtotal (kWh) E. Ahorrada
ENERO	50,070630	7.717,881310	0,000000	7.767,9519
FEBRERO	250,992657	9.099,656430	0,000000	9.350,6491
MARZO	540,809230	14.875,669230	109,800940	15.526,2794
ABRIL	9.720,419167	3.852,280960	358,056790	13.930,7569
MAYO	10.730,148560	4.422,505780	639,249550	15.791,9039
JUNIO	12.317,220940	5.301,455370	730,512860	18.349,1892
JULIO	12.505,896910	5.387,383020	612,069770	18.505,3497
AGOSTO	12.525,876590	4.885,463420	439,234970	17.850,5750
SEPTIEMBRE	11.364,624450	3.711,430730	273,560130	15.349,6153
OCTUBRE	8.945,456880	2.582,219250	115,249960	11.642,9261
NOVIEMBRE	0,650260	9.412,966480	1,151020	9.414,7678
DICIEMBRE	0,000000	9.119,455660	0,000000	9.119,4557
TOTAL	78.952,166274	80.368,367640	3.278,885990	162.599,4199

Tabla 4.25. Ahorro total de consumo de energía para la Central de 100 kWp.

	P1 Ahorro Energía (€)	P2 Ahorro Energía (€)	P3 Ahorro Energía (€)	SUBTOTAL AHORRO ENERGÍA (€)	Ahorro Impuesto electricidad	AHORRO TOTAL sin IVA	IVA	AHORRO TOTAL con IVA
ENERO	4,52 €	621,62 €	0,00 €	626,14 €	32,01 €	658,15 €	138,21 €	796,37 €
FEBRERO	22,66 €	732,91 €	0,00 €	755,57 €	38,63 €	794,20 €	166,78 €	960,98 €
MARZO	48,82 €	1.198,13 €	6,37 €	1.253,32 €	64,08 €	1.317,40 €	276,65 €	1.594,06 €
ABRIL	861,81 €	310,27 €	20,78 €	1.192,86 €	60,99 €	1.253,85 €	263,31 €	1.517,16 €
MAYO	901,92 €	345,18 €	38,49 €	1.285,59 €	65,73 €	1.351,32 €	283,78 €	1.635,09 €
JUNIO	1.006,47 €	407,53 €	46,61 €	1.460,62 €	74,68 €	1.535,30 €	322,41 €	1.857,71 €
JULIO	1.015,92 €	409,76 €	38,06 €	1.463,75 €	74,84 €	1.538,58 €	323,10 €	1.861,68 €
AGOSTO	1.019,46 €	373,47 €	26,96 €	1.419,89 €	72,59 €	1.492,48 €	313,42 €	1.805,90 €
SEPTIEMBRE	926,66 €	287,17 €	17,49 €	1.231,32 €	62,95 €	1.294,28 €	271,80 €	1.566,08 €
OCTUBRE	824,51 €	231,13 €	8,12 €	1.063,77 €	54,39 €	1.118,15 €	234,81 €	1.352,96 €
NOVIEMBRE	0,06 €	758,15 €	0,07 €	758,27 €	38,77 €	797,04 €	167,38 €	964,42 €
DICIEMBRE	0,00 €	734,51 €	0,00 €	734,51 €	37,55 €	772,06 €	162,13 €	934,19 €
TOTAL	6.632,82 €	6.409,84 €	202,95 €	13.245,61 €	677,21 €	13.922,82 €	2.923,79 €	16.846,61 €

Tabla 4.26. Ahorro total del precio de la energía para la Central de 100 kWp.

Se conseguiría un ahorro de 162.599,4199 kWh, que corresponde a un ahorro en la factura de 13.922,82 € sin IVA. Si representamos ambas tablas gráficamente:

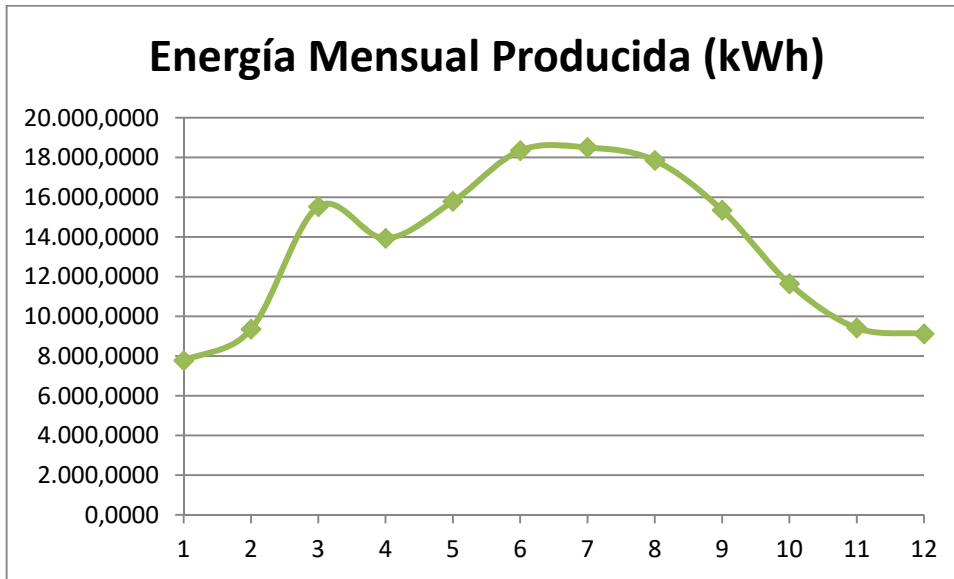


Figura 4.18.- Energía Mensual Poducida por la Central de 100 kWp

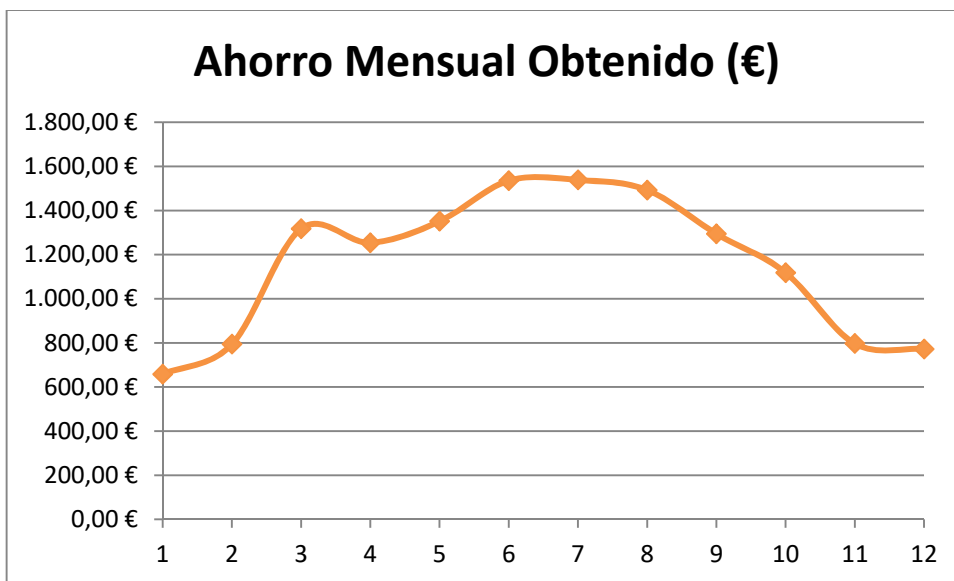


Figura 4.19.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 100 kWp

Para analizar la rentabilidad del Proyecto, se parte de la tabla 4.2. Se obtienen los siguientes datos:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	82.287,00	95.332,50
VAN (€)	139.354,85 €	64.738,03 €
TIR (%)	15,85	14,88
Pay Back (años)	7,53	8,01
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.27. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp.

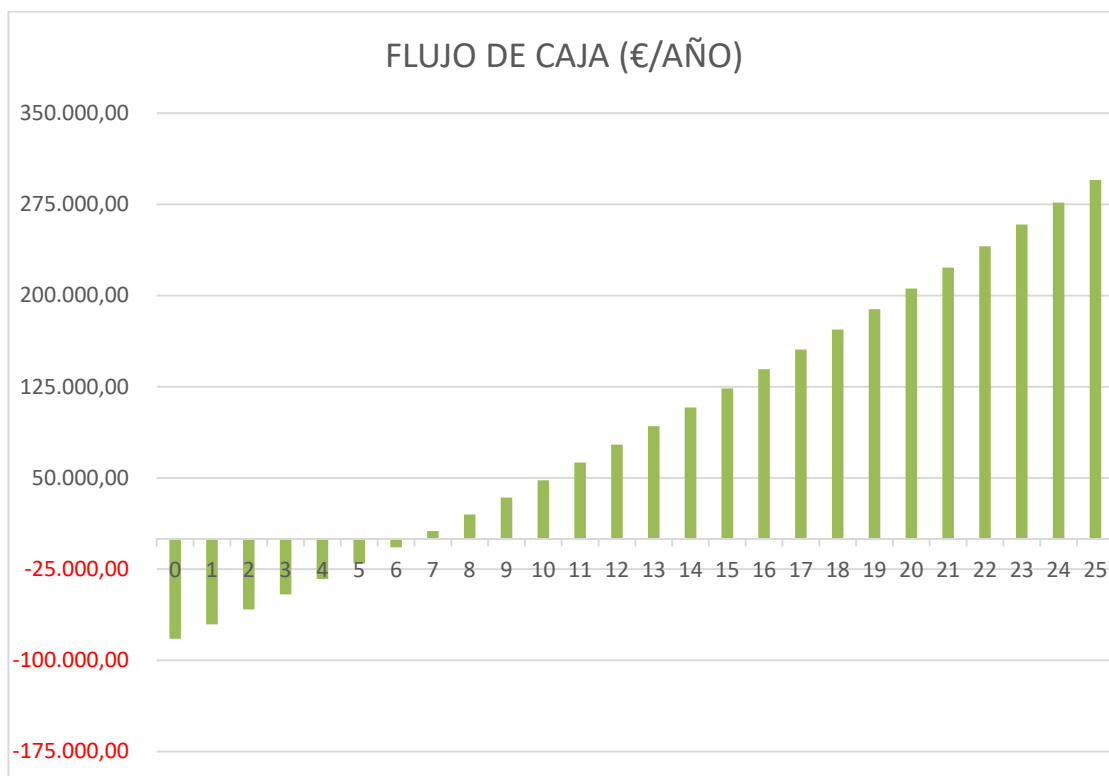


Figura 4.20.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 100 kWp

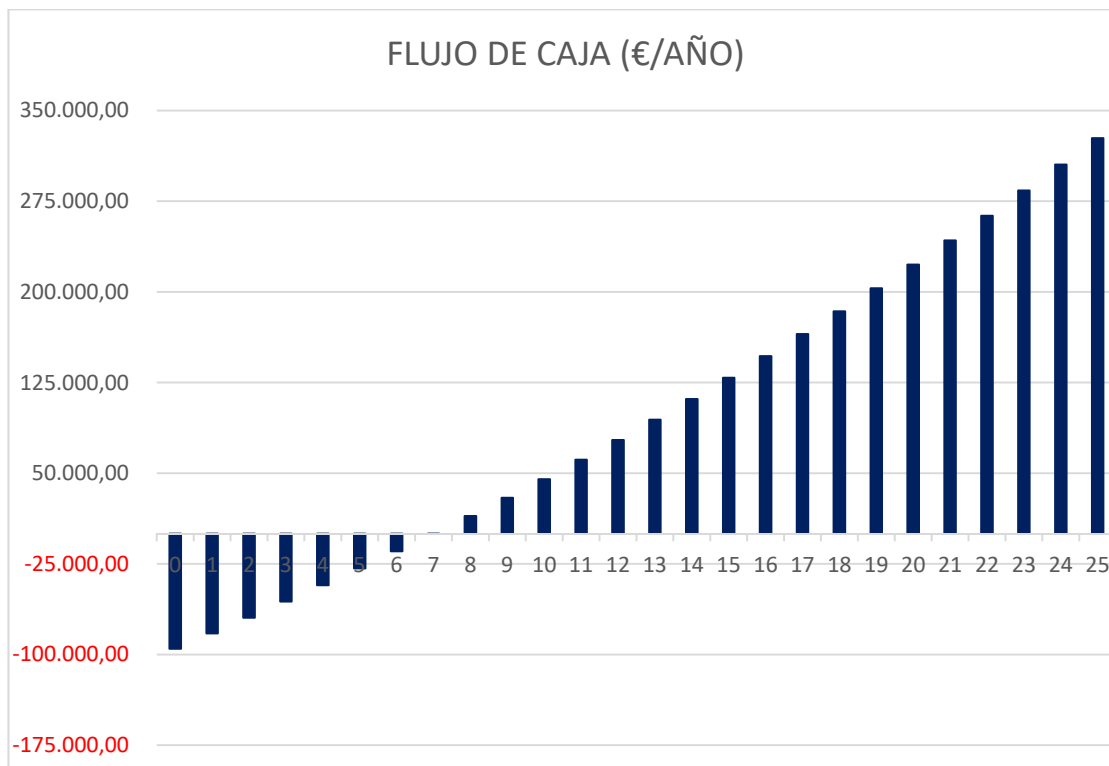


Figura 4.21.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 100 kWp

4.3.5 Central Fotovoltaica de 125 kWp

El quinto valor de potencia pico instalada que se ha estudiado es de 125,10 kWp.

Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 4.2.2, se ha obtenido la siguiente producción horaria promedio:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,654481	4,441574	5,518662
7:00	0,000000	0,000000	4,415546	14,224412	21,265264	24,837479
8:00	4,322327	11,762894	28,455650	35,833644	38,034435	45,735059
9:00	22,721752	31,214822	52,274326	51,236248	54,269349	66,566293
10:00	37,259462	49,468940	72,765707	67,007396	68,378288	81,678540
11:00	47,476742	59,841325	87,430695	70,262498	70,646109	91,132556
12:00	53,965961	63,736379	86,328725	78,113687	79,995155	92,466247
13:00	51,789826	63,783313	83,046908	69,192601	78,067565	90,402097
14:00	40,363837	53,606989	77,936574	66,416632	70,387434	84,597207
15:00	31,714021	42,527831	64,770485	52,239175	64,028601	71,560036
16:00	20,753645	29,199159	45,202423	42,790871	47,091998	55,905272
17:00	2,013545	11,174880	20,339969	24,448959	28,070946	35,920255
18:00	0,000000	0,000000	1,408182	5,770112	9,918775	14,132256
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,461538	2,040507
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	3,589281	0,962301	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	21,024549	16,701133	11,367670	4,634673	0,047830	0,000000
8:00	44,105821	41,026666	35,649538	25,730406	16,950717	7,623433
9:00	63,188373	61,984306	54,873530	44,860778	35,407095	29,901644

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
10:00	78,007074	78,300938	72,703783	55,020311	51,229827	47,341835
11:00	86,675940	88,230366	82,898767	67,598108	63,125168	58,983964
12:00	91,798380	92,651885	90,051901	67,441733	64,454815	59,649213
13:00	90,412191	90,496574	84,584822	65,866804	59,635086	58,705111
14:00	84,311709	83,102719	78,170986	59,563621	48,362867	50,545001
15:00	71,707965	70,934243	63,841699	44,242826	35,857663	35,697930
16:00	56,826231	53,191955	42,608684	26,733870	16,128434	18,282477
17:00	36,523349	31,064792	19,604630	6,516540	0,027022	0,000000
18:00	14,203571	9,049210	1,490482	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	1,801358	0,147537	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.28. Datos de producción horaria promedio de la Central de 125 kWp

Multiplicando los valores de la tabla 4.28 por el número de días de cada mes, obtenemos la producción horaria promedio mensual:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	19,634420	137,688780	165,559850
7:00	0,000000	0,000000	136,881930	426,732350	659,223180	745,124380
8:00	133,992130	329,361026	882,125140	1.075,009320	1.179,067500	1.372,051770
9:00	704,374310	874,015018	1.620,504110	1.537,087450	1.682,349820	1.996,988790
10:00	1.155,043310	1.385,130330	2.255,736910	2.010,221870	2.119,726920	2.450,356200
11:00	1.471,778990	1.675,557105	2.710,351530	2.107,874950	2.190,029370	2.733,976690
12:00	1.672,944780	1.784,618601	2.676,190490	2.343,410607	2.479,849790	2.773,987410
13:00	1.605,484600	1.785,932757	2.574,454140	2.075,778020	2.420,094520	2.712,062920
14:00	1.251,278940	1.500,995681	2.416,033780	1.992,498970	2.182,010460	2.537,916210
15:00	983,134640	1.190,779279	2.007,885040	1.567,175240	1.984,886620	2.146,801070
16:00	643,363010	817,576461	1.401,275110	1.283,726130	1.459,851930	1.677,158170
17:00	62,419890	312,896650	630,539030	733,468780	870,199320	1.077,607640
18:00	0,000000	0,000000	43,653650	173,103360	307,482030	423,967670
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	14,307690	61,215210

PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	111,267710	29,831320	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	651,761020	517,735110	341,030110	143,674860	1,434900	0,000000
8:00	1.367,280440	1.271,826640	1.069,486140	797,642580	508,521520	236,326410
9:00	1.958,839560	1.921,513480	1.646,205910	1.390,684130	1.062,212840	926,950950
10:00	2.418,219280	2.427,329070	2.181,113480	1.705,629650	1.536,894800	1.467,596890
11:00	2.686,954130	2.735,141350	2.486,963000	2.095,541360	1.893,755050	1.828,502870
12:00	2.845,749780	2.872,208420	2.701,557030	2.090,693720	1.933,644450	1.849,125600
13:00	2.802,777920	2.805,393780	2.537,544670	2.041,870930	1.789,052570	1.819,858450
14:00	2.613,662970	2.576,184280	2.345,129590	1.846,472240	1.450,886020	1.566,895030
15:00	2.222,946900	2.198,961520	1.915,250980	1.371,527610	1.075,729900	1.106,635830
16:00	1.761,613170	1.648,950610	1.278,260520	828,749980	483,853010	566,756780
17:00	1.132,223820	963,008540	588,138900	202,012730	0,810650	0,000000
18:00	440,310710	280,525500	44,714470	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	55,842110	4,573650	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.29. Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 125 kWp

Los datos anteriores están representados gráficamente en el Anexo I. Con los datos de la tabla 4.29 se puede obtener el ahorro promedio mensual para cada hora, multiplicando los valores de dichas tablas por el precio de la energía del período horario correspondiente:

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	1,139464	8,289553	10,563546
7:00	0,000000	0,000000	7,943806	24,764985	39,688532	47,542661
8:00	10,792128	26,527725	71,049005	86,584476	92,027397	105,472364
9:00	56,732420	70,395792	130,520263	123,801634	131,309086	153,512522
10:00	93,030653	111,562552	181,683818	161,909300	165,446806	188,363782
11:00	118,541495	134,954396	218,299843	190,286303	186,558747	225,913962
12:00	134,743991	143,738536	215,548411	211,549049	211,247244	229,220128
13:00	129,310546	143,844382	207,354260	187,388785	206,156962	224,103183
14:00	100,781760	120,894695	194,594609	179,870852	185,875652	209,713092
15:00	79,184613	95,908935	161,721085	141,475178	169,083559	177,394466
16:00	51,818387	65,850061	112,862901	103,395154	113,942903	128,926503
17:00	5,634893	28,246432	56,921280	59,075776	67,919927	82,837855
18:00	0,000000	0,000000	3,940790	13,942264	23,999280	32,591243
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,116730	4,705736
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	6,919294	1,830987	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	40,530411	31,777546	21,809899	10,121319	0,083273	0,000000
8:00	103,993983	97,224787	82,750421	71,396190	40,957849	19,034438
9:00	148,987378	146,890098	127,373536	124,478746	85,553809	74,659410
10:00	183,927340	185,557171	168,761474	152,669204	123,786118	118,204656
11:00	220,830012	225,096663	204,669594	194,156098	152,528713	147,273107
12:00	233,880791	236,377009	222,330039	193,706955	155,741525	148,934123
13:00	230,349106	230,878297	208,832314	189,183425	144,095661	146,576859
14:00	214,806505	212,014814	192,997130	171,079346	116,858713	126,202426

AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
15:00	182,695114	180,970135	157,619410	127,074776	86,642513	89,131770
16:00	133,986536	126,054029	98,904129	74,180582	38,970973	45,648291
17:00	86,115812	73,617188	45,506659	18,081957	0,073181	0,000000
18:00	33,489592	21,444772	3,459737	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	4,247295	0,349633	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.30. Datos de ahorro horario mensual de la Central de 125 kWp

Siendo los precios para cada período según los datos de facturación del Cliente:

	P1 (€/kWh) Precio E.	P2 (€/kWh) Precio E.	P3 (€/kWh) Precio E.
ENERO	0,090274	0,080543	0,058034
FEBRERO	0,090274	0,080543	0,058034
MARZO	0,090274	0,080543	0,058034
ABRIL	0,090274	0,080543	0,058034
MAYO	0,085186	0,078051	0,060205
JUNIO	0,082632	0,076872	0,063805
JULIO	0,082186	0,076059	0,062186
AGOSTO	0,082298	0,076445	0,061378
SEPTIEMBRE	0,082297	0,077374	0,063953
OCTUBRE	0,092652	0,089509	0,070446
NOVIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034
DICIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034

Tabla 4.6. Precio de la energía para cada período y cada mes

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados de ahorro de energía y ahorro del gasto en energía:

	P1 (kWh) E. Ahorrada	P2 (kWh) E. Ahorrada	P3 (kWh) E. Ahorrada	Subtotal (kWh) E. Ahorrada
ENERO	62,419890	9.621,394710	0,000000	9.683,8146
FEBRERO	312,896650	11.343,966258	0,000000	11.656,8629
MARZO	674,192680	18.544,556250	136,881930	19.355,6309
ABRIL	12.096,959657	4.802,395040	446,366770	17.345,7215
MAYO	13.376,597680	5.513,258290	796,911960	19.686,7679
JUNIO	15.355,100500	6.608,989250	910,684230	22.874,7740
JULIO	15.590,310980	6.716,109810	763,028730	23.069,4495
AGOSTO	15.615,218420	6.090,398420	547,566430	22.253,1833
SEPTIEMBRE	14.167,558750	4.626,805940	341,030110	19.135,3948
OCTUBRE	11.151,735510	3.219,089420	143,674860	14.514,4998
NOVIEMBRE	0,810650	11.734,550160	1,434900	11.736,7957
DICIEMBRE	0,000000	11.368,648810	0,000000	11.368,6488
TOTAL	98.403,801367	100.190,162358	4.087,579920	202.681,5436

Tabla 4.31. Ahorro total de consumo de energía para la Central de 125 kWp.

	P1 Ahorro Energía (€)	P2 Ahorro Energía (€)	P3 Ahorro Energía (€)	SUBTOTAL AHORRO ENERGÍA (€)	Ahorro Impuesto electricidad	AHORRO TOTAL sin IVA	IVA	AHORRO TOTAL con IVA
ENERO	5,63 €	774,94 €	0,00 €	780,57 €	39,91 €	820,48 €	172,30 €	992,78 €
FEBRERO	28,25 €	913,68 €	0,00 €	941,92 €	48,16 €	990,08 €	207,92 €	1.198,00 €
MARZO	60,86 €	1.493,63 €	7,94 €	1.562,44 €	79,88 €	1.642,32 €	344,89 €	1.987,21 €
ABRIL	1.072,48 €	386,80 €	25,90 €	1.485,18 €	75,93 €	1.561,12 €	327,83 €	1.888,95 €
MAYO	1.124,37 €	430,32 €	47,98 €	1.602,66 €	81,94 €	1.684,60 €	353,77 €	2.038,37 €
JUNIO	1.254,71 €	508,05 €	58,11 €	1.820,86 €	93,10 €	1.913,96 €	401,93 €	2.315,89 €
JULIO	1.266,49 €	510,82 €	47,45 €	1.824,76 €	93,29 €	1.918,05 €	402,79 €	2.320,84 €
AGOSTO	1.270,89 €	465,58 €	33,61 €	1.770,08 €	90,50 €	1.860,58 €	390,72 €	2.251,30 €
SEPTIEMBRE	1.155,21 €	357,99 €	21,81 €	1.535,01 €	78,48 €	1.613,49 €	338,83 €	1.952,33 €
OCTUBRE	1.027,87 €	288,14 €	10,12 €	1.326,13 €	67,80 €	1.393,93 €	292,73 €	1.686,65 €
NOVIEMBRE	0,07 €	945,14 €	0,08 €	945,29 €	48,33 €	993,62 €	208,66 €	1.202,28 €
DICIEMBRE	0,00 €	915,67 €	0,00 €	915,67 €	46,82 €	962,48 €	202,12 €	1.164,60 €
TOTAL	8.266,84 €	7.990,74 €	253,01 €	16.510,58 €	844,14 €	17.354,72 €	3.644,49 €	20.999,21 €

Tabla 4.32. Ahorro total del precio de la energía para la Central de 125 kWp.

Se conseguiría un ahorro de 202.681,5436 kWh, que corresponde a un ahorro en la factura de 17.345,72 € sin IVA. Si representamos ambas tablas gráficamente:

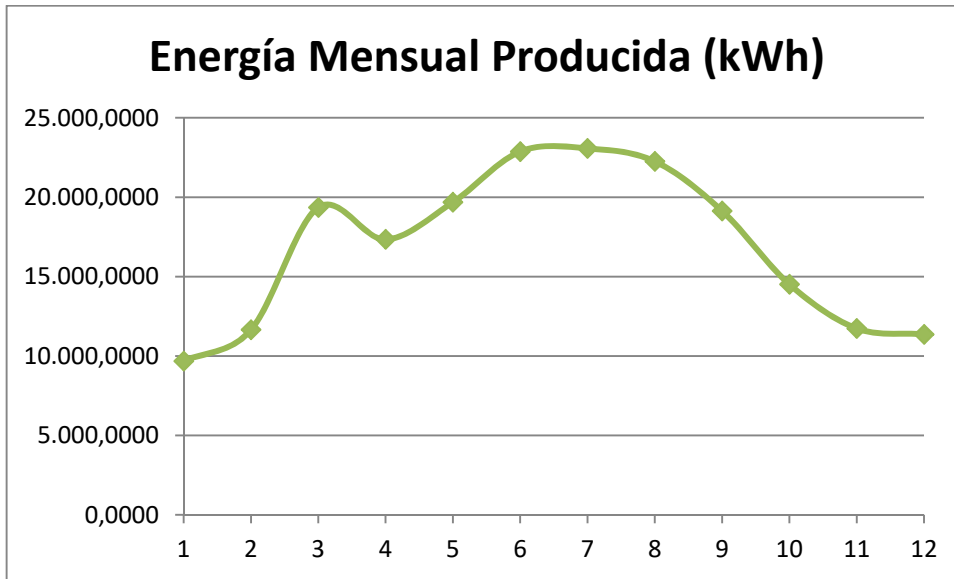


Figura 4.22.- Energía Mensual Poducida por la Central de 125 kWp

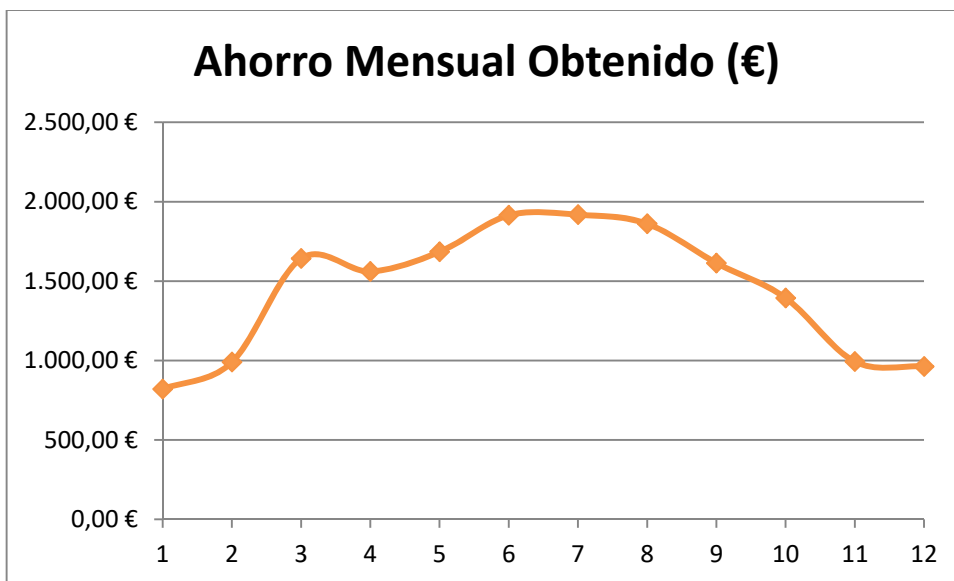


Figura 4.23.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 125 kWp

Para analizar la rentabilidad del Proyecto, se parten de la tabla 4.2. Se obtienen los siguientes datos:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	102.582,00	118.845,00
VAN (€)	173.689,57 €	80.681,71 €
TIR (%)	15,84	14,88
Pay Back (años)	7,53	8,01
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.33. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp.

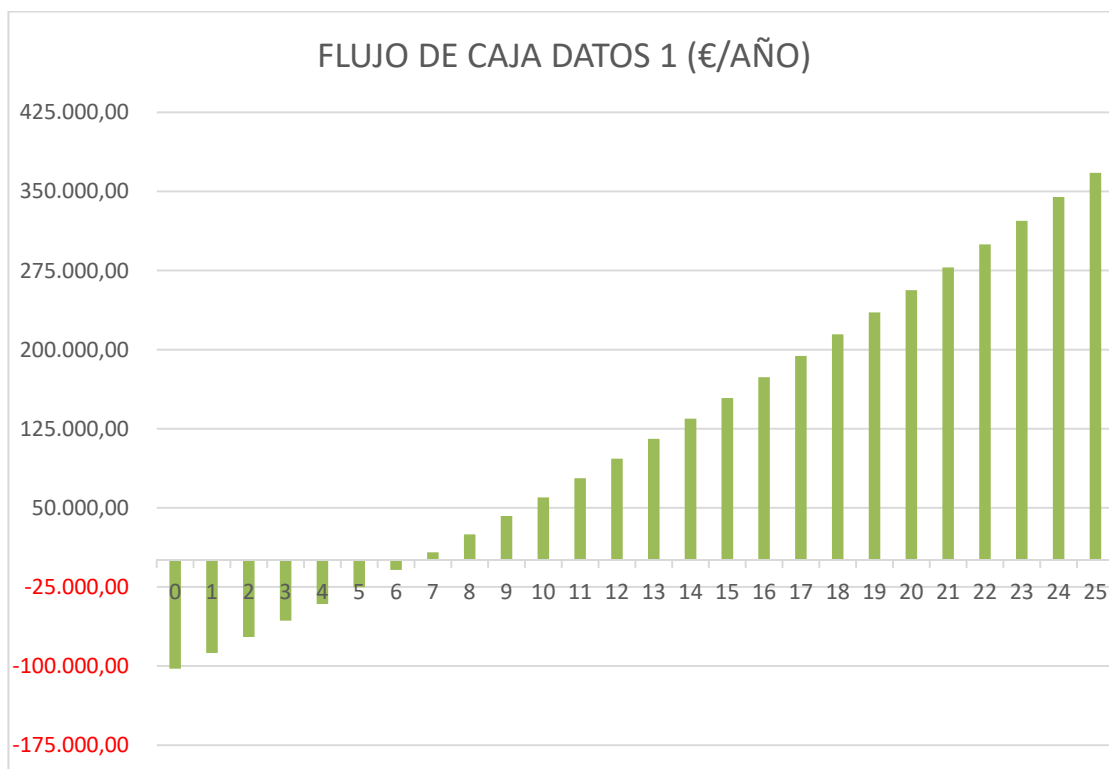


Figura 4.24.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 125 kWp

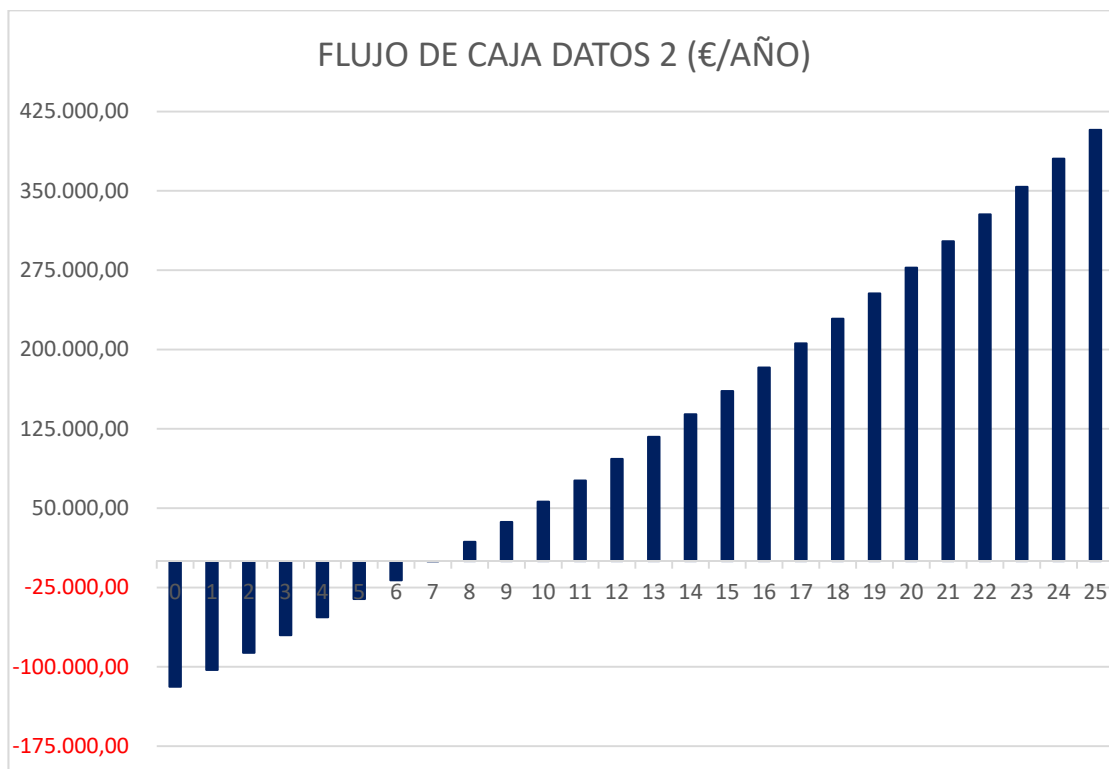


Figura 4.25.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 125 kWp

4.3.6 Central Fotovoltaica de 137 kWp

El sexto valor de potencia pico instalada que se ha estudiado es de 137,70 kWp.

Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 4.2.2, se ha obtenido la siguiente producción horaria promedio:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,720401	4,888927	6,074498
7:00	0,000000	0,000000	4,860276	15,657087	23,407090	27,339096
8:00	4,757668	12,947647	31,321685	39,442787	41,865243	50,341468
9:00	25,010274	34,358761	57,539366	56,396733	59,735326	73,270811
10:00	41,012213	54,451423	80,094626	73,756343	75,265310	89,905156
11:00	52,258571	65,868510	96,236664	77,339297	77,761544	100,311374
12:00	59,401382	70,155871	95,023705	85,697130	88,052221	101,779393
13:00	57,006067	70,207532	91,411345	76,161641	85,930486	99,507345
14:00	44,429260	59,006255	85,786300	73,106076	77,476815	93,117789
15:00	34,908238	46,811209	71,294131	57,500675	70,477525	78,767522
16:00	22,843941	32,140082	49,755186	47,100744	51,835077	61,536018
17:00	2,216348	12,300408	22,388598	26,911445	30,898236	39,538121
18:00	0,000000	0,000000	1,550014	6,351274	10,917788	15,555647
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,508024	2,246024
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	3,950790	1,059223	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	23,142128	18,383261	12,512615	5,101474	0,052647	0,000000
8:00	48,548134	45,158849	39,240139	28,321957	18,657982	8,391260
9:00	69,552668	68,227329	60,400360	49,379131	38,973277	32,913320

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
10:00	85,863901	86,187363	80,026466	60,561926	56,389664	52,110078
11:00	95,405889	97,116878	91,248282	74,406550	69,483099	64,924794
12:00	101,044259	101,983728	99,121876	74,234425	70,946667	65,657048
13:00	99,518455	99,611336	93,104157	72,500871	65,641499	64,617856
14:00	92,803537	91,472777	86,044323	65,562834	53,233947	55,635864
15:00	78,930351	78,078698	70,271798	48,698937	39,469226	39,293405
16:00	62,549736	58,549418	46,900207	29,426489	17,752881	20,123878
17:00	40,201958	34,193620	21,579196	7,172881	0,029743	0,000000
18:00	15,634148	9,960641	1,640603	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	1,982791	0,162397	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.34. Datos de producción horaria promedio de la Central de 137 kWp

Multiplicando los valores de la tabla 4.3 4 por el número de días de cada mes, obtenemos la producción horaria promedio mensual:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	21,612020	151,556730	182,234930
7:00	0,000000	0,000000	150,668550	469,712600	725,619790	820,172880
8:00	147,487700	362,534103	970,972240	1.183,283620	1.297,822530	1.510,244030
9:00	775,318480	962,045309	1.783,720340	1.691,902000	1.851,795100	2.198,124340
10:00	1.271,378600	1.524,639847	2.482,933410	2.212,690280	2.333,224600	2.697,154680
11:00	1.620,015710	1.844,318280	2.983,336590	2.320,178900	2.410,607860	3.009,341230
12:00	1.841,442830	1.964,364379	2.945,734840	2.570,913907	2.729,618860	3.053,381790
13:00	1.767,188090	1.965,810908	2.833,751710	2.284,849220	2.663,845070	2.985,220340
14:00	1.377,307060	1.652,175135	2.659,375290	2.193,182280	2.401,781280	2.793,533660
15:00	1.082,155380	1.310,713861	2.210,118060	1.725,020240	2.184,803270	2.363,025650
16:00	708,162180	899,922308	1.542,410760	1.413,022320	1.606,887400	1.846,080530
17:00	68,706780	344,411432	694,046540	807,343340	957,845310	1.186,143640
18:00	0,000000	0,000000	48,050420	190,538230	338,451420	466,669400
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	15,748740	67,380720

PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)						
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	122,474480	32,835920	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	717,405980	569,881080	375,378450	158,145680	1,579420	0,000000
8:00	1.504,992150	1.399,924310	1.177,204180	877,980670	559,739460	260,129060
9:00	2.156,132710	2.115,047190	1.812,010810	1.530,753070	1.169,198300	1.020,312930
10:00	2.661,780940	2.671,808260	2.400,793990	1.877,419710	1.691,689920	1.615,412430
11:00	2.957,582570	3.010,623230	2.737,448470	2.306,603050	2.084,492960	2.012,668620
12:00	3.132,372030	3.161,495580	2.973,656290	2.301,267180	2.128,400000	2.035,368480
13:00	3.085,072100	3.087,951430	2.793,124710	2.247,527010	1.969,244960	2.003,153550
14:00	2.876,909650	2.835,656100	2.581,329680	2.032,447850	1.597,018420	1.724,711790
15:00	2.446,840870	2.420,439630	2.108,153930	1.509,667060	1.184,076780	1.218,095570
16:00	1.939,041820	1.815,031950	1.407,006220	912,221160	532,586420	623,840220
17:00	1.246,260710	1.060,002220	647,375880	222,359310	0,892300	0,000000
18:00	484,658580	308,779860	49,218090	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	61,466520	5,034310	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.35. Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 137 kWp

Los datos anteriores están representados gráficamente en el Anexo I. Con los datos de la tabla 4.35 se puede obtener el ahorro promedio mensual para cada hora, multiplicando los valores de dichas tablas por el precio de la energía del período horario correspondiente:

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	1,254232	9,124473	11,627500
7:00	0,000000	0,000000	8,743899	27,259301	43,685939	52,331131
8:00	11,879102	29,199584	78,205017	95,305213	101,296346	116,095479
9:00	62,446476	77,486015	143,666187	136,270863	144,534459	168,974214
10:00	102,400647	122,799067	199,982906	178,216713	182,110513	207,335675
11:00	130,480925	148,546927	240,286879	209,451830	205,348836	248,667885
12:00	148,315330	158,215800	237,258321	232,086682	232,523947	252,307044
13:00	142,334630	158,332308	228,238864	206,262478	226,920974	246,674727
14:00	110,932443	133,071142	214,194064	197,987337	204,596939	230,835273
15:00	87,160041	105,568826	178,009539	155,724477	186,113559	195,261536
16:00	57,037506	72,482442	124,230390	113,809057	125,419168	141,911903
17:00	6,202436	31,091398	62,654357	65,025855	74,760784	91,181234
18:00	0,000000	0,000000	4,337704	15,346521	26,416472	35,873810
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,229205	5,179691
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	7,616198	2,015403	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	44,612608	34,978161	24,006578	11,140731	0,091660	0,000000
8:00	114,468198	107,017214	91,084996	78,587172	45,083095	20,951575
9:00	163,993298	161,684782	140,202524	137,016177	94,170739	82,179064
10:00	202,452397	204,246382	185,759034	168,045961	136,253781	130,110163
11:00	243,071881	247,768271	225,283797	213,711386	167,891316	162,106369
12:00	257,437128	260,184763	244,722992	213,217007	171,427721	163,934683
13:00	253,549736	254,132227	229,865784	208,237873	158,608897	161,339996

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
14:00	236,441696	233,368826	212,435689	188,310358	128,628655	138,913462
15:00	201,096064	199,197341	173,494744	139,873672	95,369096	98,109071
16:00	147,481582	138,750117	108,865699	81,652004	42,896108	50,245963
17:00	94,789343	81,031870	50,090061	19,903159	0,080551	0,000000
18:00	36,862647	23,604676	3,808200	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	4,675082	0,384848	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.36. Datos de ahorro horario mensual de la Central de 137 kWp

Siendo los precios para cada período según los datos de facturación del Cliente:

	P1 (€/kWh) Precio E.	P2 (€/kWh) Precio E.	P3 (€/kWh) Precio E.
ENERO	0,090274	0,080543	0,058034
FEBRERO	0,090274	0,080543	0,058034
MARZO	0,090274	0,080543	0,058034
ABRIL	0,090274	0,080543	0,058034
MAYO	0,085186	0,078051	0,060205
JUNIO	0,082632	0,076872	0,063805
JULIO	0,082186	0,076059	0,062186
AGOSTO	0,082298	0,076445	0,061378
SEPTIEMBRE	0,082297	0,077374	0,063953
OCTUBRE	0,092652	0,089509	0,070446
NOVIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034
DICIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034

Tabla 4.6. Precio de la energía para cada período y cada mes

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados de ahorro de energía y ahorro del gasto en energía:

	P1 (kWh) E. Ahorrada	P2 (kWh) E. Ahorrada	P3 (kWh) E. Ahorrada	Subtotal (kWh) E. Ahorrada
ENERO	68,706780	10.590,456030	0,000000	10.659,1628
FEBRERO	344,411432	12.486,524130	0,000000	12.830,9356
MARZO	742,096960	20.412,353240	150,668550	21.305,1188
ABRIL	13.306,834827	5.286,089510	491,324620	19.084,2490
MAYO	14.723,880940	6.068,550500	877,176520	21.669,6080
JUNIO	16.901,657350	7.274,642660	1.002,407810	25.178,7078
JULIO	17.160,558160	7.392,552490	839,880460	25.392,9911
AGOSTO	17.187,974230	6.703,819840	602,717000	24.494,5111
SEPTIEMBRE	15.594,507070	5.092,815180	375,378450	21.062,7007
OCTUBRE	12.274,931860	3.543,314210	158,145680	15.976,3918
NOVIEMBRE	0,892300	12.916,447220	1,579420	12.918,9189
DICIEMBRE	0,000000	12.513,692650	0,000000	12.513,6927
TOTAL	108.306,451909	110.281,257660	4.499,278510	223.086,9881

Tabla 4.37. Ahorro total de consumo de energía para la Central de 137 kWp.

	P1 Ahorro Energía (€)	P2 Ahorro Energía (€)	P3 Ahorro Energía (€)	SUBTOTAL AHORRO ENERGÍA (€)	Ahorro Impuesto electricidad	AHORRO TOTAL sin IVA	IVA	AHORRO TOTAL con IVA
ENERO	6,20 €	852,99 €	0,00 €	859,19 €	43,93 €	903,12 €	189,65 €	1.092,77 €
FEBRERO	31,09 €	1.005,70 €	0,00 €	1.036,79 €	53,01 €	1.089,80 €	228,86 €	1.318,66 €
MARZO	66,99 €	1.644,07 €	8,74 €	1.719,81 €	87,93 €	1.807,74 €	379,62 €	2.187,36 €
ABRIL	1.179,73 €	425,76 €	28,51 €	1.634,00 €	83,54 €	1.717,54 €	360,68 €	2.078,23 €
MAYO	1.237,61 €	473,66 €	52,81 €	1.764,08 €	90,19 €	1.854,27 €	389,40 €	2.243,67 €
JUNIO	1.381,08 €	559,22 €	63,96 €	2.004,26 €	102,47 €	2.106,73 €	442,41 €	2.549,14 €
JULIO	1.394,05 €	562,27 €	52,23 €	2.008,55 €	102,69 €	2.111,24 €	443,36 €	2.554,60 €
AGOSTO	1.398,90 €	512,47 €	36,99 €	1.948,36 €	99,61 €	2.047,98 €	430,08 €	2.478,05 €
SEPTIEMBRE	1.271,56 €	394,05 €	24,01 €	1.689,62 €	86,39 €	1.776,01 €	372,96 €	2.148,97 €
OCTUBRE	1.131,40 €	317,16 €	11,14 €	1.459,70 €	74,63 €	1.534,33 €	322,21 €	1.856,53 €
NOVIEMBRE	0,08 €	1.040,33 €	0,09 €	1.040,50 €	53,20 €	1.093,70 €	229,68 €	1.323,38 €
DICIEMBRE	0,00 €	1.007,89 €	0,00 €	1.007,89 €	51,53 €	1.059,42 €	222,48 €	1.281,90 €
TOTAL	9.098,70 €	8.795,57 €	278,49 €	18.172,75 €	929,12 €	19.101,87 €	4.011,39 €	23.113,26 €

Tabla 4.38. Ahorro total del precio de la energía para la Central de 137 kWp.

Se conseguiría un ahorro de 223.086,9881 kWh, que corresponde a un ahorro en la factura de 19.101,87 € sin IVA. Si representamos ambas tablas gráficamente:

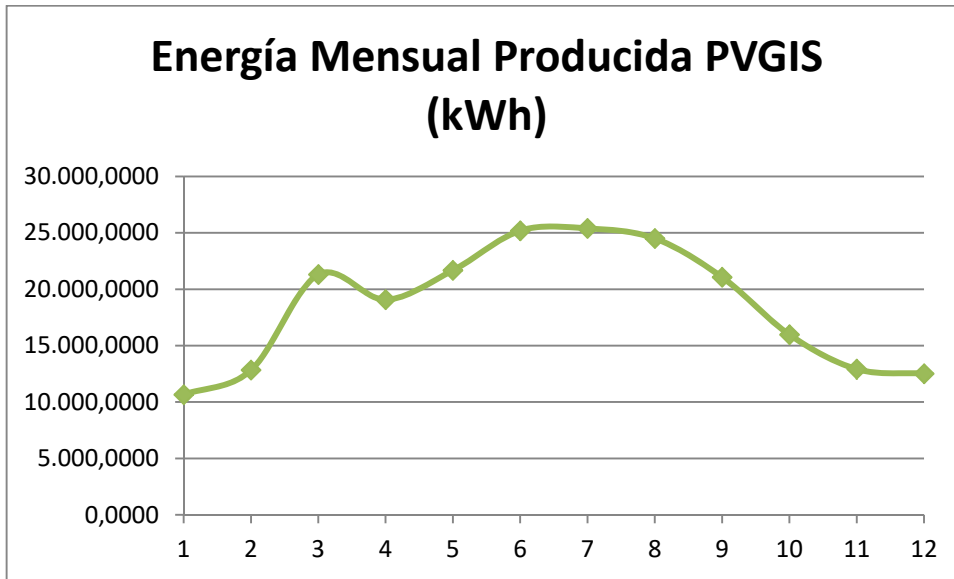


Figura 4.26.- Energía Mensual Poducida por la Central de 137 kWp

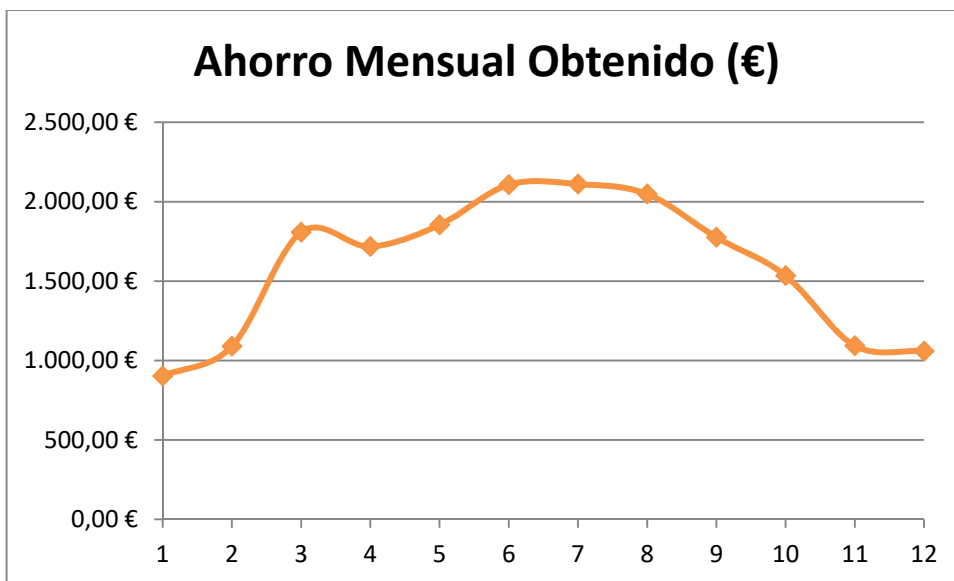


Figura 4.27.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 137 kWp

Para analizar la rentabilidad del Proyecto, se parten de la tabla 4.2. Se obtienen los siguientes datos:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	112.914,00	130.815,00
VAN (€)	191.169,06 €	88.798,49 €
TIR (%)	15,84	14,88
Pay Back (años)	7,53	8,01
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.39. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp.

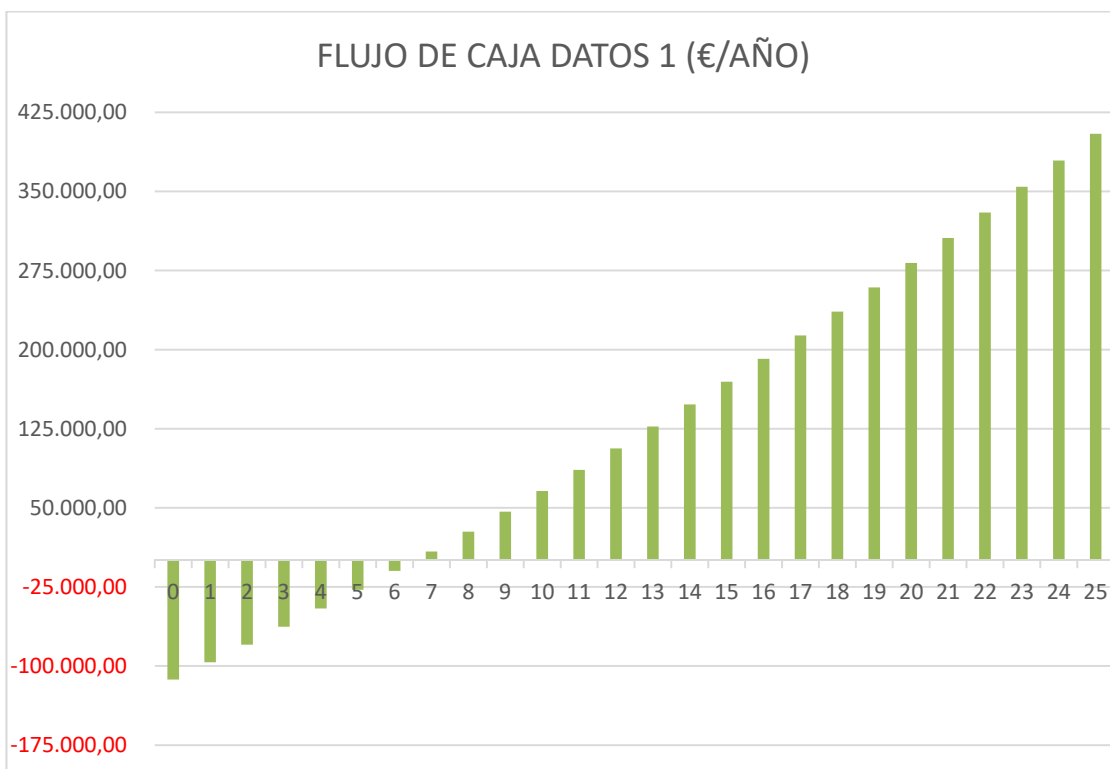


Figura 4.28.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 137 kWp

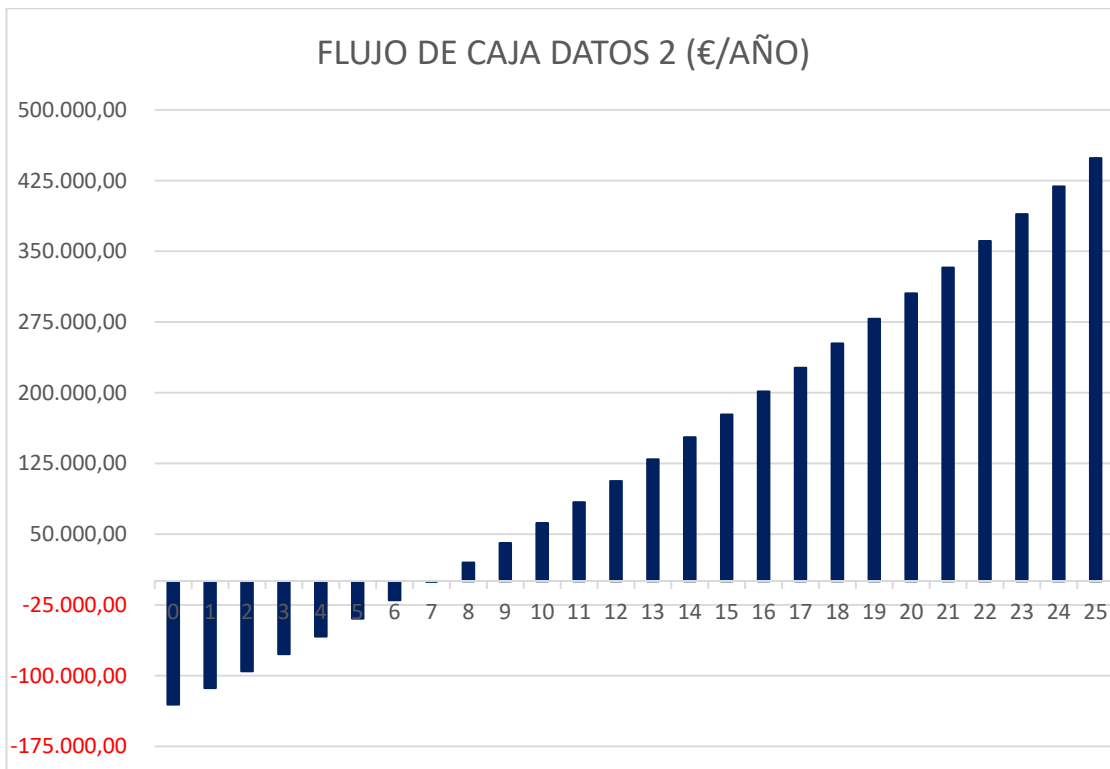


Figura 4.29.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 137 kWp

4.3.7 Central Fotovoltaica de 175 kWp

El séptimo valor de potencia pico instalada que se ha estudiado es de 175,50 kWp.

Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 4.2.2, se ha obtenido la siguiente producción horaria promedio:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,918157	6,230986	7,742006
7:00	0,000000	0,000000	6,194470	19,955110	29,832564	34,843945
8:00	6,063696	16,501901	39,919796	50,270220	53,357662	64,160693
9:00	31,875839	43,790578	73,334487	71,878190	76,133259	93,384368
10:00	52,270467	69,398872	102,081385	94,003182	95,926376	114,585003
11:00	66,604062	83,950062	122,654572	98,569692	99,107851	127,847831
12:00	75,707643	89,414345	121,108643	108,447465	112,223418	129,718837
13:00	72,654792	89,480188	116,504656	97,068757	109,519247	126,823088
14:00	56,625527	75,204050	109,335482	93,174413	98,744962	118,679536
15:00	44,490892	59,661346	90,865069	73,285173	89,824297	100,389977
16:00	29,114827	40,962851	63,413471	60,030360	66,064314	78,428260
17:00	2,824758	15,676991	28,534488	34,298902	39,380105	50,391725
18:00	0,000000	0,000000	1,975507	8,094762	13,914829	19,825824
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,647481	2,862580
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	5,035321	1,349991	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	29,494869	23,429646	15,947450	6,501879	0,067099	0,000000
8:00	61,875073	57,555395	50,011944	36,096614	23,779783	10,694744
9:00	88,645559	86,956401	76,980852	62,934186	49,671824	41,948349

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
10:00	109,434383	109,846639	101,994515	77,186767	71,869182	66,414805
11:00	121,595742	123,776412	116,296830	94,831879	88,556890	82,747286
12:00	128,781901	129,979263	126,331803	94,612504	90,422223	83,680551
13:00	126,837246	126,955625	118,662160	92,403070	83,660733	82,356093
14:00	118,279017	116,582952	109,664333	83,560475	67,847188	70,908455
15:00	100,597506	99,512066	89,562097	62,067274	50,303916	50,079831
16:00	79,720252	74,621807	59,774773	37,504351	22,626221	25,648079
17:00	51,237792	43,580103	27,502898	9,141908	0,037908	0,000000
18:00	19,925872	12,694935	2,090966	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	2,527086	0,206977	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.40. Datos de producción horaria promedio de la Central de 175 kWp

Multiplicando los valores de la tabla 4.40 por el número de días de cada mes, obtenemos la producción horaria promedio mensual:

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	27,544700	193,160570	232,260190
7:00	0,000000	0,000000	192,028580	598,653300	924,809490	1.045,318350
8:00	187,974570	462,053219	1.237,513680	1.508,106590	1.654,087510	1.924,820800
9:00	988,151000	1.226,136182	2.273,369100	2.156,345690	2.360,131030	2.801,531040
10:00	1.620,384490	1.943,168418	3.164,522950	2.820,095460	2.973,717650	3.437,550090
11:00	2.064,725910	2.350,601748	3.802,291740	2.957,090750	3.072,343390	3.835,434920
12:00	2.346,936930	2.503,601655	3.754,367930	3.253,423957	3.478,925960	3.891,565100
13:00	2.252,298560	2.505,445272	3.611,644330	2.912,062710	3.395,096650	3.804,692630
14:00	1.755,391340	2.105,713390	3.389,399930	2.795,232400	3.061,093830	3.560,386080
15:00	1.379,217650	1.670,517694	2.816,817140	2.198,555200	2.784,553220	3.011,699320
16:00	902,559630	1.146,959819	1.965,817600	1.800,910800	2.047,993740	2.352,847790
17:00	87,567500	438,955749	884,569120	1.028,967050	1.220,783250	1.511,751740
18:00	0,000000	0,000000	61,240730	242,842860	431,359700	594,774730
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	20,071920	85,877410

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	PRODUCCIÓN HORARIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	156,094950	41,849720	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	914,340950	726,319040	478,423510	201,558260	2,012980	0,000000
8:00	1.918,127250	1.784,217230	1.500,358320	1.118,995020	713,393480	331,537050
9:00	2.748,012330	2.695,648420	2.309,425550	1.950,959770	1.490,154730	1.300,398810
10:00	3.392,465870	3.405,245800	3.059,835460	2.392,789790	2.156,075450	2.058,858970
11:00	3.769,468010	3.837,068770	3.488,904900	2.939,788250	2.656,706700	2.565,165870
12:00	3.992,238920	4.029,357150	3.789,954100	2.932,987620	2.712,666680	2.594,097090
13:00	3.931,954630	3.935,624360	3.559,864810	2.864,495180	2.509,821980	2.553,038880
14:00	3.666,649520	3.614,071520	3.289,930000	2.590,374740	2.035,415640	2.198,162090
15:00	3.118,522680	3.084,874060	2.686,862900	1.924,085490	1.509,117490	1.552,474750
16:00	2.471,327810	2.313,276020	1.793,243180	1.162,634870	678,786620	795,090450
17:00	1.588,371560	1.350,983190	825,086940	283,399160	1,137240	0,000000
18:00	617,702040	393,542980	62,728980	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	78,339670	6,416280	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.41. Datos de producción horaria promedio mensual de la Central de 175 kWp

Los datos anteriores están representados gráficamente en el Anexo I. Con los datos de la tabla 4.41 se puede obtener el ahorro promedio mensual para cada hora, multiplicando los valores de dichas tablas por el precio de la energía del período horario correspondiente:

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	0,000000	0,000000	0,000000	1,598529	11,629232	14,819361
7:00	0,000000	0,000000	11,144187	34,742246	55,678155	66,696537
8:00	15,140036	37,215152	99,673064	121,467429	129,103184	147,964825
9:00	79,588646	98,756687	183,103967	173,678551	184,210587	215,359294
10:00	130,510628	156,508614	254,880172	227,138949	232,101636	264,251351
11:00	166,299219	189,324517	306,247984	266,948410	261,719108	316,929658
12:00	189,029341	201,647588	302,388056	293,699594	296,354047	321,567807
13:00	181,406883	201,796079	290,892669	262,883549	289,213006	314,389361
14:00	141,384485	169,600474	272,992439	252,336810	260,760808	294,201823
15:00	111,086327	134,548507	226,874903	198,472372	237,203558	248,862738
16:00	72,694860	92,379585	158,332847	145,050759	159,847959	180,868115
17:00	7,905068	39,626291	79,853593	82,876093	95,283353	116,211380
18:00	0,000000	0,000000	5,528446	19,559292	33,668056	45,721523
19:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,566633	6,601568
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6:00	9,706921	2,568652	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7:00	56,859206	44,580010	30,596619	14,198973	0,116821	0,000000
8:00	145,890841	136,394486	116,088725	100,160125	57,458851	26,702989
9:00	209,011070	206,068843	178,689493	174,628458	120,021532	104,738021
10:00	258,027562	260,314015	236,751709	214,176221	173,656785	165,826678
11:00	309,797498	315,783086	287,126407	272,377261	213,979128	206,606155
12:00	328,106148	331,608035	311,901853	271,747169	218,486312	208,936362
13:00	323,151623	323,894014	292,966194	265,401207	202,148592	205,629411
14:00	301,347257	297,430858	270,751369	240,003400	163,938482	177,046569

	AHORRO HORARIO PROMEDIO MENSUAL (€)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
15:00	256,298905	253,878965	221,120756	178,270369	121,548850	125,040974
16:00	187,966722	176,838385	138,750398	104,066285	54,671511	64,038970
17:00	120,809952	103,275910	63,840277	25,366775	0,102663	0,000000
18:00	46,981799	30,084393	4,853592	0,000000	0,000000	0,000000
19:00	5,958437	0,490493	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23:00	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Tabla 4.42. Datos de ahorro horario mensual de la Central de 175 kWp

Siendo los precios para cada período según los datos de facturación del Cliente:

	P1 (€/kWh) Precio E.	P2 (€/kWh) Precio E.	P3 (€/kWh) Precio E.
ENERO	0,090274	0,080543	0,058034
FEBRERO	0,090274	0,080543	0,058034
MARZO	0,090274	0,080543	0,058034
ABRIL	0,090274	0,080543	0,058034
MAYO	0,085186	0,078051	0,060205
JUNIO	0,082632	0,076872	0,063805
JULIO	0,082186	0,076059	0,062186
AGOSTO	0,082298	0,076445	0,061378
SEPTIEMBRE	0,082297	0,077374	0,063953
OCTUBRE	0,092652	0,089509	0,070446
NOVIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034
DICIEMBRE	0,090274	0,080543	0,058034

Tabla 4.6. Precio de la energía para cada período y cada mes

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados de ahorro de energía y ahorro del gasto en energía:

	P1 (kWh) E. Ahorrada	P2 (kWh) E. Ahorrada	P3 (kWh) E. Ahorrada	Subtotal (kWh) E. Ahorrada
ENERO	87,567500	13.497,640080	0,000000	13.585,2076
FEBRERO	438,955749	15.914,197397	0,000000	16.353,1531
MARZO	945,809850	26.015,744400	192,028580	27.153,5828
ABRIL	16.936,460477	6.737,172990	626,198000	24.299,8315
MAYO	18.765,730700	7.734,427150	1.117,970060	27.618,1279
JUNIO	21.541,328140	9.271,603510	1.277,578540	32.090,5102
JULIO	21.871,299630	9.421,880660	1.070,435900	32.363,6162
AGOSTO	21.906,241660	8.544,084120	768,168760	31.218,4945
SEPTIEMBRE	19.875,352170	6.490,842970	478,423510	26.844,6187
OCTUBRE	15.644,521070	4.515,988820	201,558260	20.362,0682
NOVIEMBRE	1,137240	16.462,138770	2,012980	16.465,2890
DICIEMBRE	0,000000	15.948,823960	0,000000	15.948,8240
TOTAL	138.014,404186	140.554,544827	5.734,374590	284.303,3236

Tabla 4.43. Ahorro total de consumo de energía para la Central de 175 kWp.

	P1 Ahorro Energía (€)	P2 Ahorro Energía (€)	P3 Ahorro Energía (€)	SUBTOTAL AHORRO ENERGÍA (€)	Ahorro Impuesto electricidad	AHORRO TOTAL sin IVA	IVA	AHORRO TOTAL con IVA
ENERO	7,91 €	1.087,14 €	0,00 €	1.095,05 €	55,99 €	1.151,03 €	241,72 €	1.392,75 €
FEBRERO	39,63 €	1.281,78 €	0,00 €	1.321,40 €	67,56 €	1.388,96 €	291,68 €	1.680,65 €
MARZO	85,38 €	2.095,39 €	11,14 €	2.191,91 €	112,07 €	2.303,98 €	483,84 €	2.787,81 €
ABRIL	1.501,48 €	542,63 €	36,34 €	2.080,45 €	106,37 €	2.186,82 €	459,23 €	2.646,05 €
MAYO	1.577,35 €	603,68 €	67,31 €	2.248,34 €	114,95 €	2.363,29 €	496,29 €	2.859,58 €
JUNIO	1.760,20 €	712,73 €	81,52 €	2.554,45 €	130,60 €	2.685,05 €	563,86 €	3.248,91 €
JULIO	1.776,73 €	716,62 €	66,57 €	2.559,91 €	130,88 €	2.690,79 €	565,07 €	3.255,86 €
AGOSTO	1.782,91 €	653,15 €	47,15 €	2.483,21 €	126,96 €	2.610,17 €	548,14 €	3.158,30 €
SEPTIEMBRE	1.620,62 €	502,22 €	30,60 €	2.153,44 €	110,10 €	2.263,54 €	475,34 €	2.738,88 €
OCTUBRE	1.441,98 €	404,22 €	14,20 €	1.860,40 €	95,12 €	1.955,51 €	410,66 €	2.366,17 €
NOVIEMBRE	0,10 €	1.325,91 €	0,12 €	1.326,13 €	67,80 €	1.393,93 €	292,73 €	1.686,66 €
DICIEMBRE	0,00 €	1.284,57 €	0,00 €	1.284,57 €	65,68 €	1.350,24 €	283,55 €	1.633,79 €
TOTAL	11.594,28 €	11.210,03 €	354,94 €	23.159,25 €	1.184,06 €	24.343,31 €	5.112,10 €	29.455,41 €

Tabla 4.44. Ahorro total del precio de la energía para la Central de 175 kWp.

Se conseguiría un ahorro de 284.303,3236 kWh, que corresponde a un ahorro en la factura de 24.343,31 € sin IVA. Si representamos ambas tablas gráficamente:

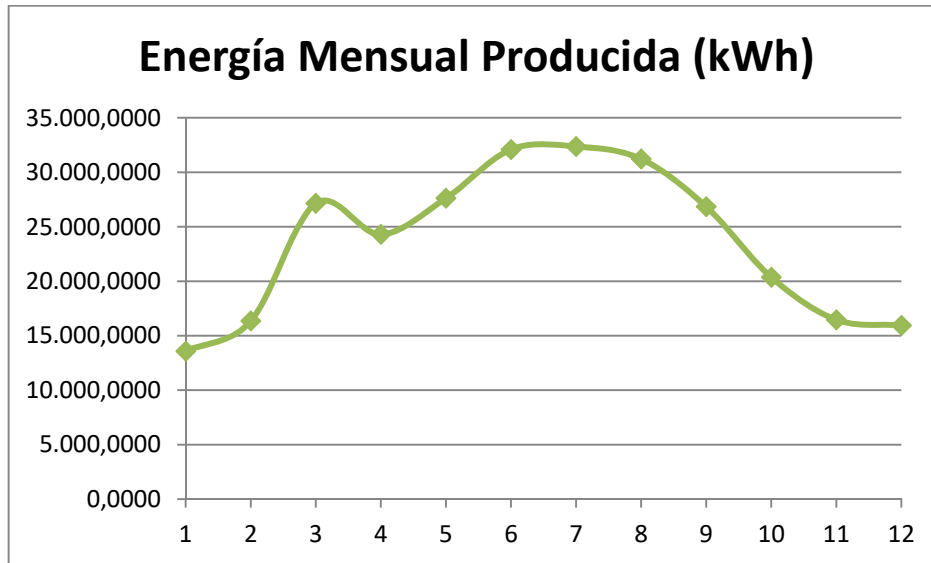


Figura 4.30.- Energía Mensual Poducida por la Central de 175 kWp

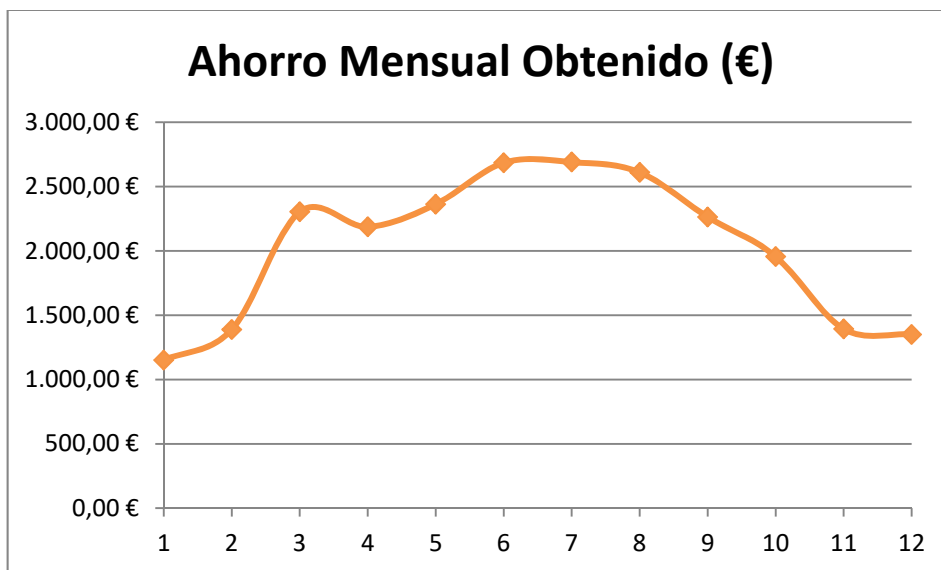


Figura 4.31.- Ahorro Mensual Obtenido por la Central de 175 kWp

Para analizar la rentabilidad del Proyecto, se parten de la tabla 4.2. Se obtienen los siguientes datos:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	143.910,00	166.725,00
VAN (€)	243.607,54 €	113.148,84 €
TIR (%)	15,84	14,88
Pay Back (años)	7,53	8,01
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.45. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp.

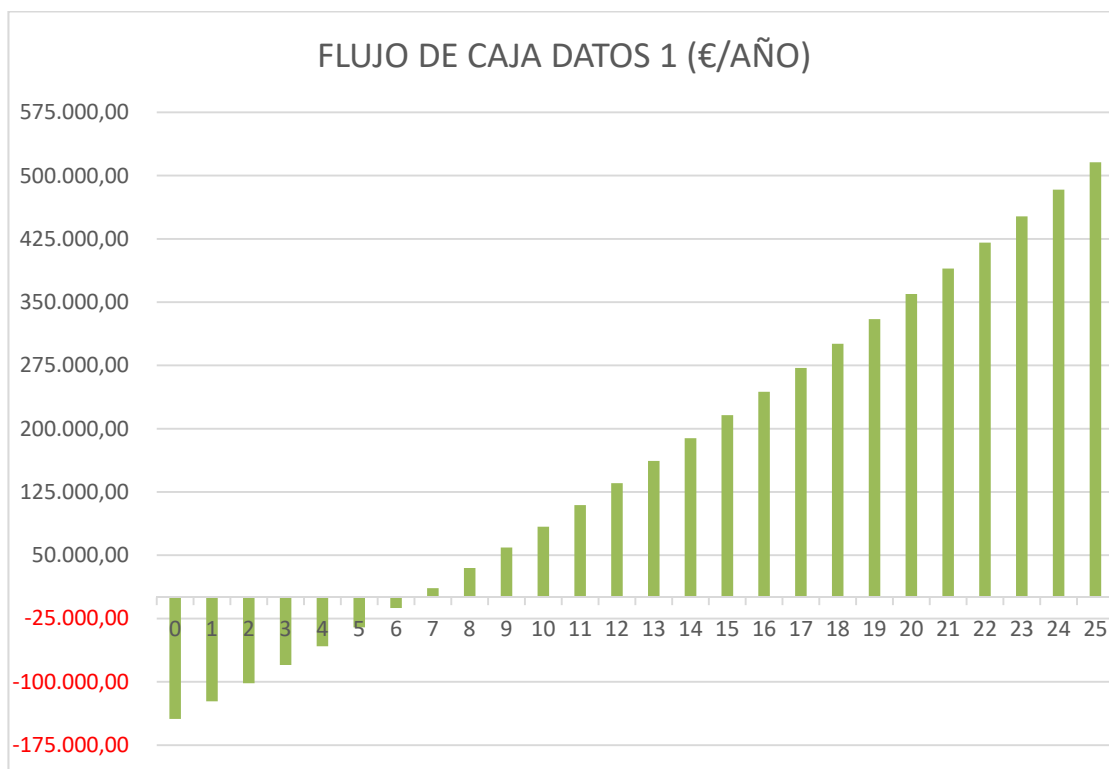


Figura 4.32.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 1 por la Central de 175 kWp

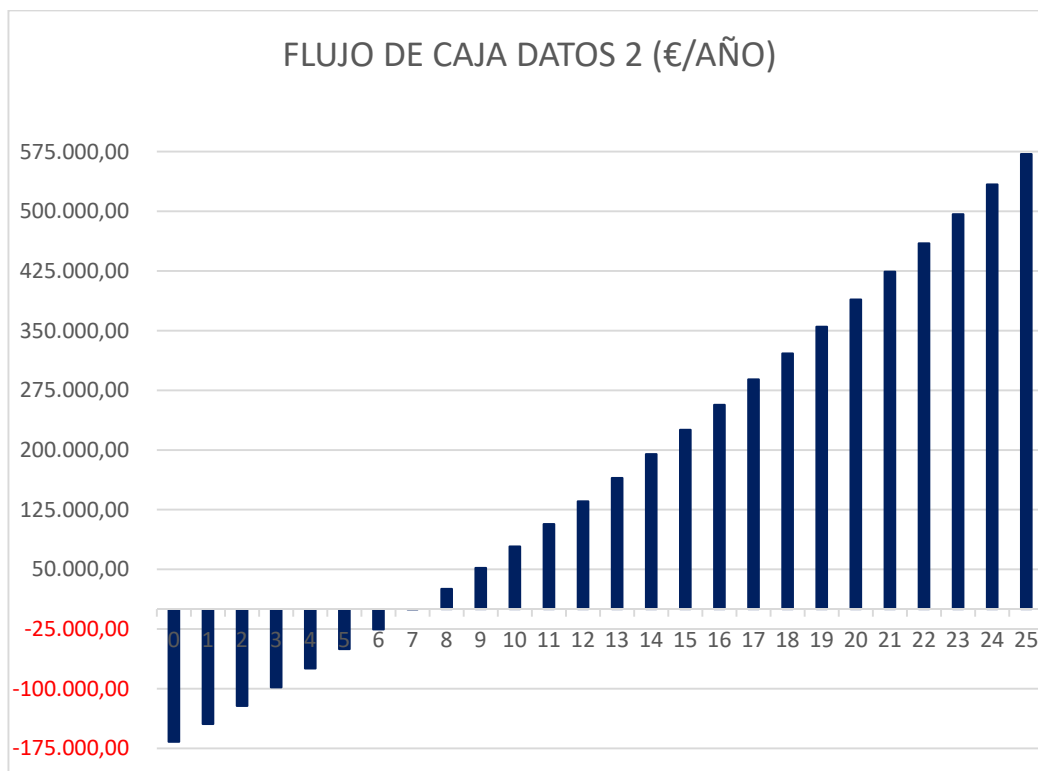


Figura 4.33.- Flujo de Caja obtenido con los Datos 2 por la Central de 175 kWp

4.4 Análisis comparativa

Los resultados obtenidos partiendo de los datos establecidos en [11] (Datos 1) de la tabla 4.2., se puede observar como a medida que crece la potencia instalada aumenta a su vez la Inversión Inicial, los Ahorros Anuales y el VAN:

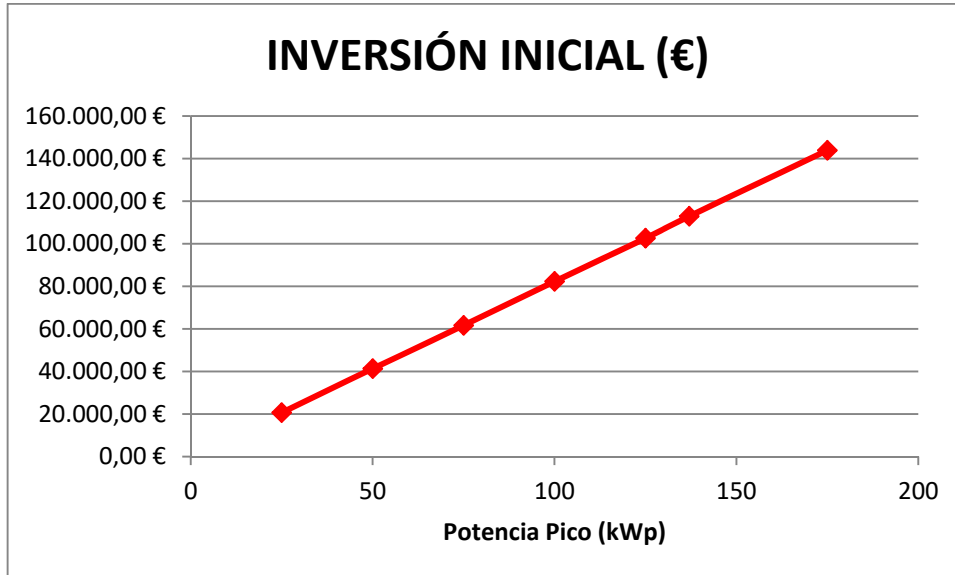


Figura 4.34.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1



Figura 4.35.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1

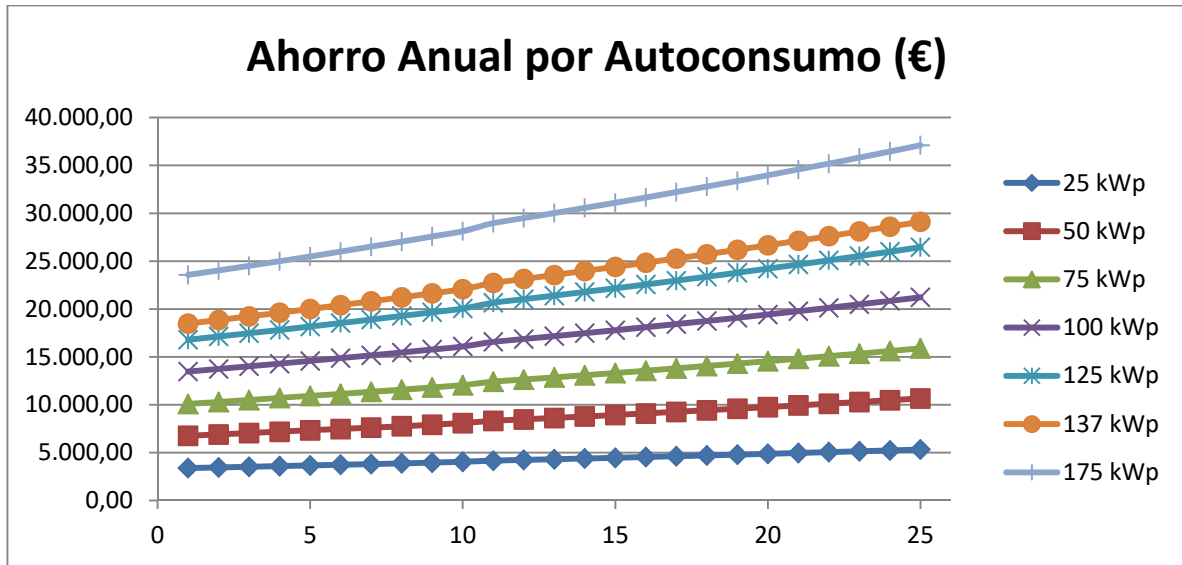


Figura 4.36.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada a partir de Datos 1

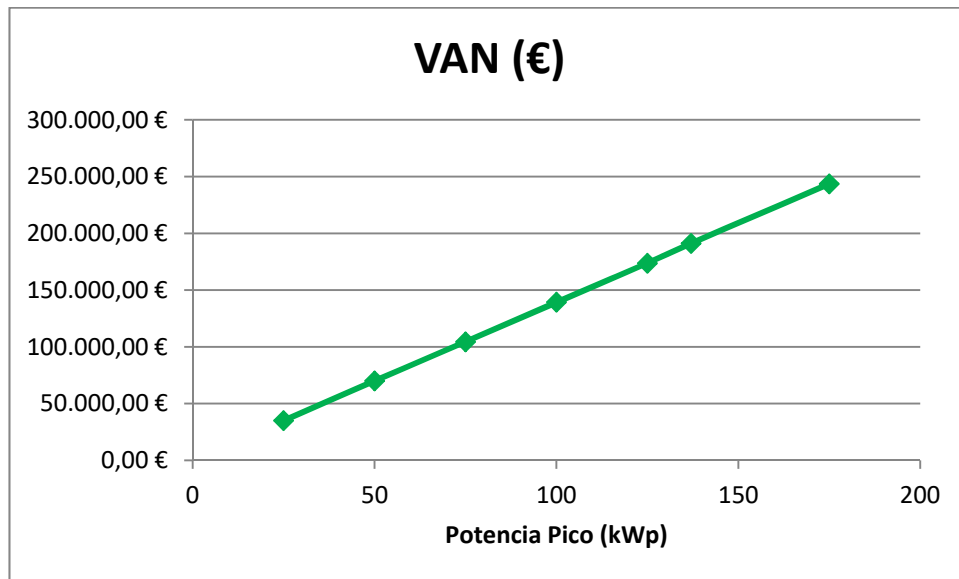


Figura 4.37.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1

Se puede observar cómo el crecimiento de las variables mencionadas sigue un comportamiento prácticamente lineal, lo que justifica que el TIR, el LCOE y el Pay Back permanezca prácticamente constante para todas las potencias, ya que los costes y los ahorros obtenidos varían de una forma prácticamente igual al variar las potencias.

Si se parte de los datos basados en la experiencia y en información facilitada por empresas del sector fotovoltaico (Datos 2) de la tabla 4.2., se obtienen resultados muy similares en relación a cómo evolucionan los datos en función de la potencia:

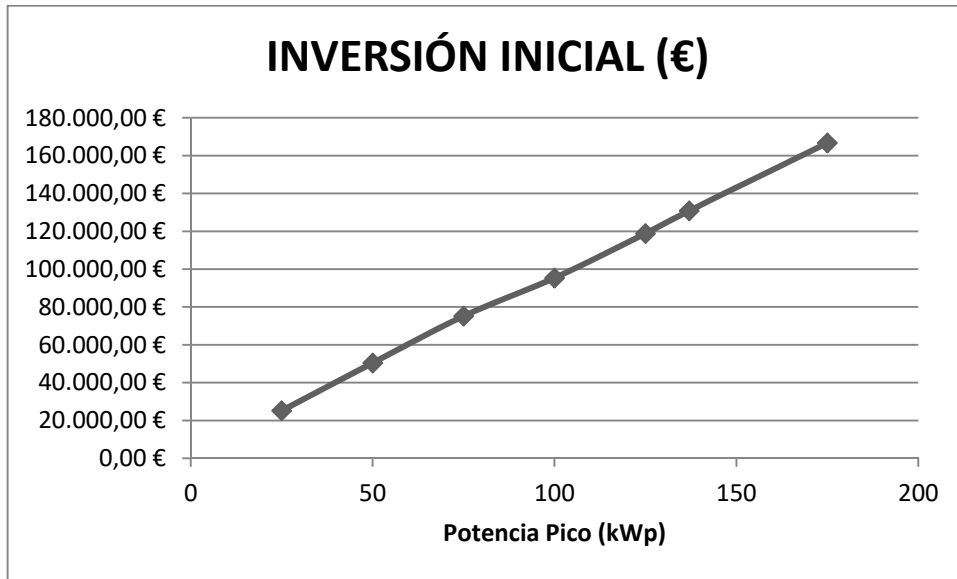


Figura 4.38.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2

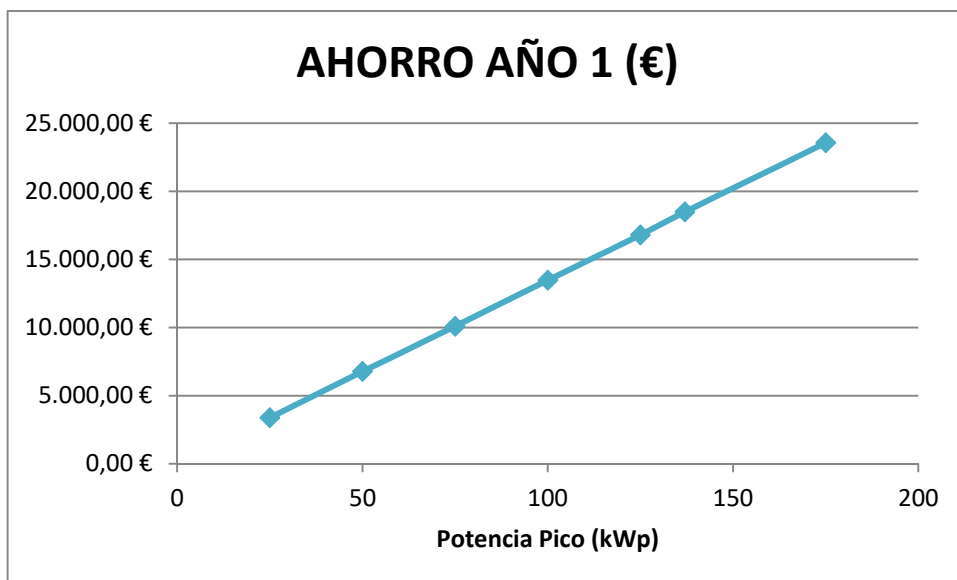


Figura 4.39.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2

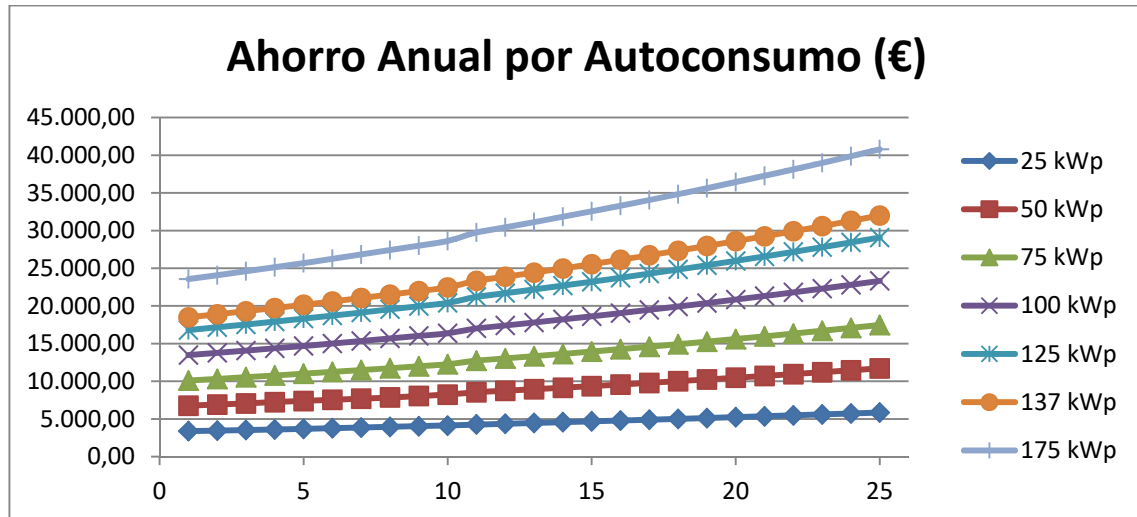


Figura 4.40.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada a partir de Datos 2

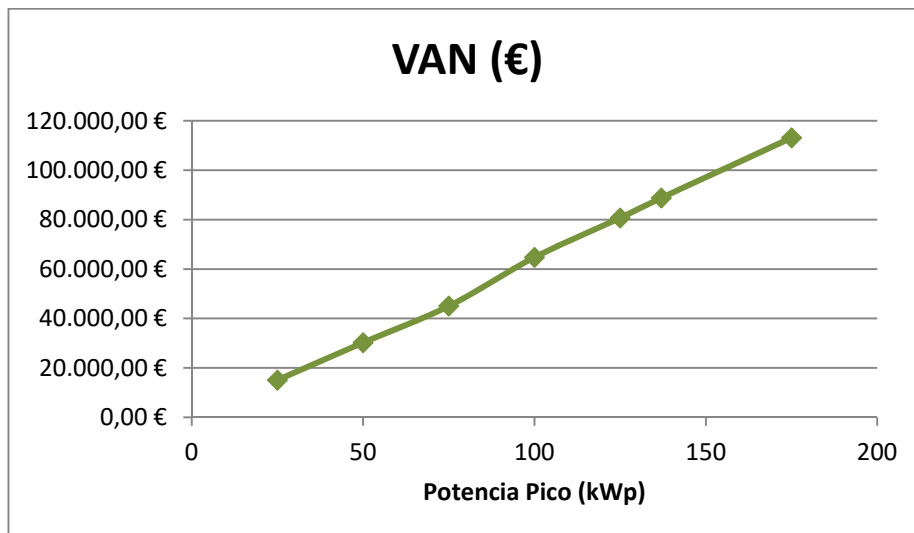


Figura 4.41.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2

Para esta opción (Datos 2), la inversión inicial es mayor que en el primer caso, ya que se valoraba el kWp de construcción a un mayor precio. Esto, unido a que se adopta un mayor porcentaje de degradación del panel, a que en el Segundo caso se adopta una tasa de descuento del 8% (el doble del valor empleado en el caso Datos 1) hace que el VAN y los ahorros a lo largo de la vida útil de la Central disminuyan respecto al primer caso. Sin embargo, el ahorro en el primer año es exactamente igual, ya que solo depende de la producción de la planta y el precio de compra de la energía, que es el mismo para ambos casos.

Además, en esta segunda opción, el aumento del VAN y la Inversión Inicial tienen un comportamiento algo menos lineal que en el primer caso debido al escalón del precio del kWp (hasta plantas de 100 kW es 1.000.000 €/MWp y para plantas de más de 100 kW es de 950.000 €/MWp) mientras que en el primer caso ese coste inicial es siempre el mismo (820.000 €/MWp).

Hay que tener en cuenta que los datos tomados de [11], están basados en kits de autoconsumo para pequeños consumidores domésticos, con pocos gastos de instalación, por eso hay diferencia entre los resultados obtenidos con esos datos y los Datos 2, estando estos últimos basados en instalaciones algo mayores y con más gastos de instalación.

4.5 Análisis de Sensibilidad

En este apartado hemos planteado nuevos escenarios que se dan en la realidad, como puede ser la obtención de una subvención pública, contratar un modelo de renting para la financiación de la planta y estableciendo un ahorro en la potencia facturada, estimado en un 15% del ahorro en energía y basado en la experiencia y en la información suministrada por las empresas del sector.

4.5.1 Obtención de subvención pública

Para desarrollar este apartado, hemos supuesto que la administración pública concede una subvención a fondo perdido del 30% de la inversión inicial. Se escoge este valor debido a que es el porcentaje máximo que concede IDEA en su nueva convocatoria de subvenciones.

Así, se obtendrían los siguientes resultados (la inversión inicial hace referencia al flujo de caja del año 0):

- Central de 25 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	20.664,00	25.200,00
VAN (€)	40.936,02	22.077,54
TIR (%)	22,44	20,03
Pay Back (años)	5,66	6,26
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.46. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con subvención.

- Central de 50 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	41.328,00	50.400,00
VAN (€)	81.982,69	44.227,44
TIR (%)	22,47	20,05
Pay Back (años)	5,65	6,26
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.47. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con subvención.

- Central de 75 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	61.623,00	75.150,00
VAN (€)	122.171,74	65.900,29
TIR (%)	22,46	20,04
Pay Back (años)	5,65	6,26
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.48. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y con subvención.

- Central de 100 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	82.287,00	95.332,50
VAN (€)	163.091,49	91.219,28
TIR (%)	22,45	21,04
Pay Back (años)	5,65	6,01
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.49. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con subvención.

- Central de 125 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	102.582,00	118.845,00
VAN (€)	203.091,53	113.694,21
TIR (%)	22,45	21,03
Pay Back (años)	5,65	6,02
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.50. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con subvención.

- Central de 137 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	112.914,00	130.815,00
VAN (€)	223.740,41	125.135,99
TIR (%)	22,45	21,03
Pay Back (años)	5,65	6,02
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.51. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con subvención.

- Central de 175 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	143.910,00	166.725,00
VAN (€)	285.120,04	159.461,34
TIR (%)	22,45	21,03
Pay Back (años)	5,66	6,02
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.52. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con subvención.

- Estudio comparativo:

La introducción de una subvención, solo afecta al VAN (aumentándolo), y por tanto al TIR (aumentándolo también), ya que es una ayuda económica que se concede en el inicio de la inversión, reduciendo el flujo de caja del año 0 y los flujos de cajas acumulados, lo que provoca una disminución del Pay-Back y del LCOE. Con la introducción de la obtención de la subvención se consigue reducir la inversión inicial necesaria para la instalación de la Central. Sin embargo, los ahorros obtenidos no se ven afectados ya que depende de la generación

de la Central, al igual que los costes que ocasiona la Central.

Los resultados obtenidos partiendo de los datos establecidos en [11](Datos 1) de la tabla 4.2., se puede observar como el VAN y la inversión inicial aumenta para todas las potencias respecto a la situación original:

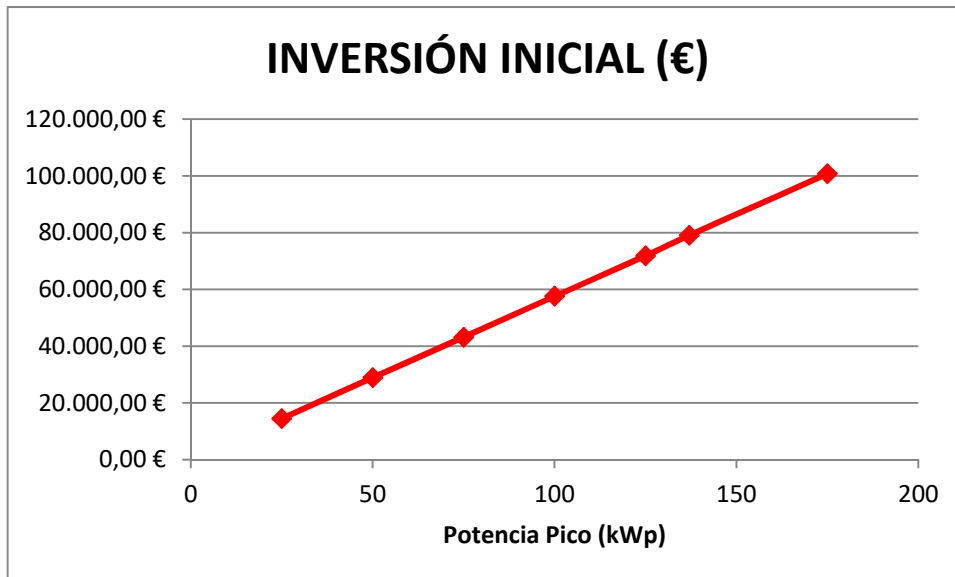


Figura 4.42.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con subvención pública.

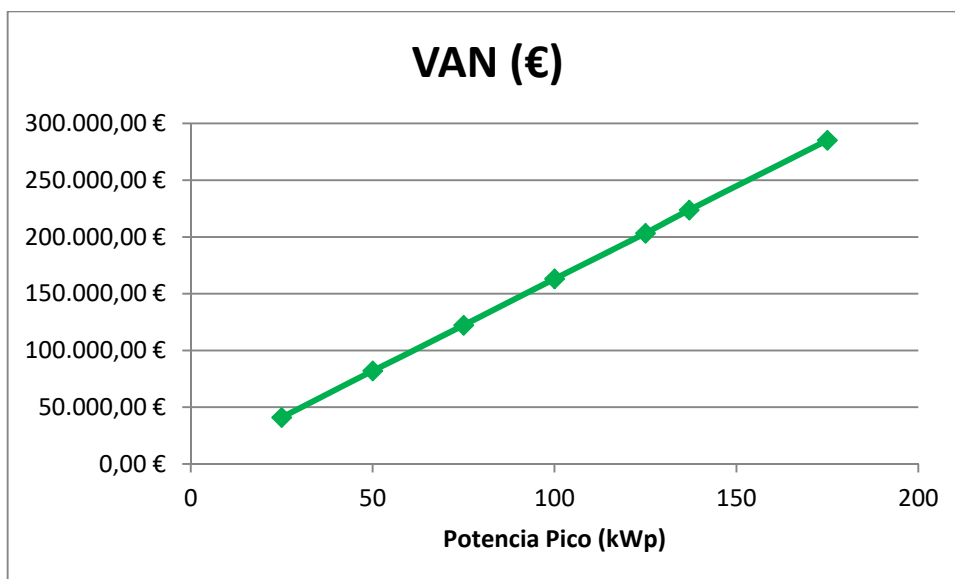


Figura 4.43.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con subvención pública.

Si se parte de los datos basados en la experiencia y en información facilitada por empresas del sector fotovoltaico (Datos 2) de la tabla 4.2., se obtienen resultados muy similares en relación a cómo evolucionan los datos en función de la potencia:

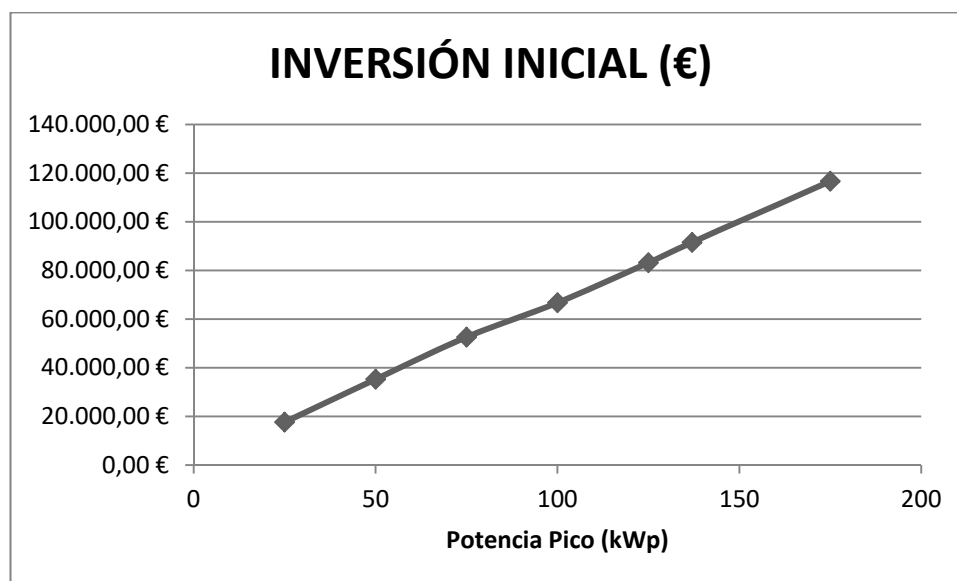


Figura 4.44.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con subvención pública.

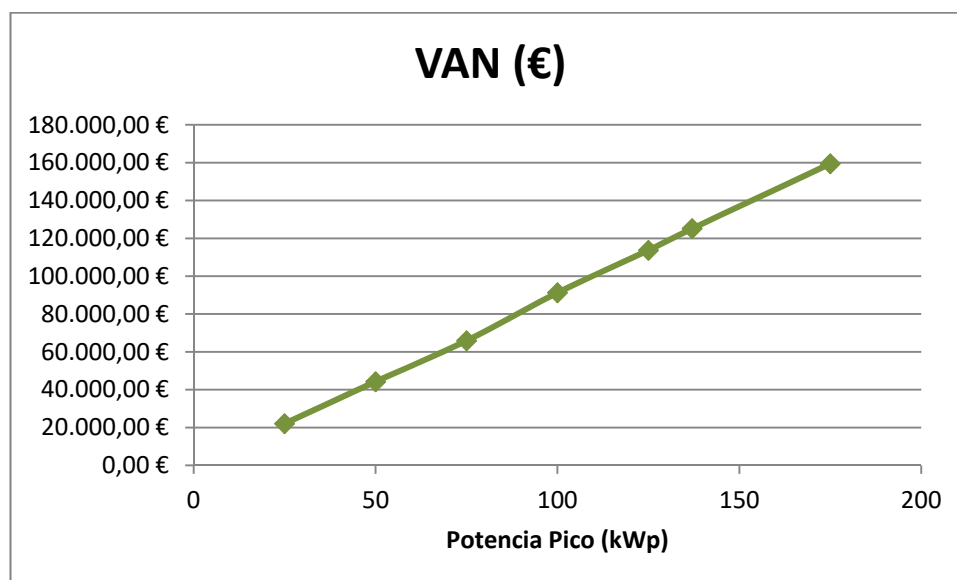


Figura 4.45.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con subvención pública.

4.5.2 Ahorros en potencia

Para este apartado, basándonos en la experiencia y en la información suministrada por empresas del sector, hemos estimado que con la instalación de una central fotovoltaica se consiguen unos ahorros en la potencia facturada correspondientes al 15% de los ahorros en términos de coste de energía.

Los resultados obtenidos son los siguientes (la inversión inicial hace referencia al flujo de caja del año 0):

- Central de 25 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	20.664,00	25.200,00
VAN (€)	44.327,58	21.161,69
TIR (%)	18,51	16,37
Pay Back (años)	6,63	7,41
LCOE (€/kWh)	0,05	0,07

Tabla 4.53. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con ahorros de potencia.

- Central de 50 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	41.328,00	50.400,00
VAN (€)	88.781,53	42.466,02
TIR (%)	18,53	16,38
Pay Back (años)	6,63	7,40
LCOE (€/kWh)	0,05	0,07

Tabla 4.54. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con ahorros de potencia.

- Central de 75 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	61.623,00	75.150,00
VAN (€)	132.299,30	63.267,36
TIR (%)	18,52	16,38
Pay Back (años)	6,63	7,41
LCOE (€/kWh)	0,05	0,07

Tabla 4.55. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y ahorros de potencia.

- Central de 100 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	82.287,00	95.332,50
VAN (€)	176.608,30	89.092,73
TIR (%)	18,51	17,22
Pay Back (años)	6,63	7,11
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.56. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con ahorros de potencia.

- Central de 125 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	102.582,00	118.845,00
VAN (€)	220.126,08	111.039,90
TIR (%)	18,51	17,21
Pay Back (años)	6,63	7,11
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.57. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con ahorros de potencia.

- Central de 137 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	112.914,00	130.815,00
VAN (€)	242.280,58	122.213,00
TIR (%)	18,51	17,21
Pay Back (años)	6,63	7,11
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.58. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con ahorros de potencia.

- Central de 175 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	143.910,00	166.725,00
VAN (€)	308.744,09	155.732,32
TIR (%)	18,51	17,21
Pay Back (años)	6,63	7,11
LCOE (€/kWh)	0,05	0,06

Tabla 4.59. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con ahorros de potencia.

- Estudio comparativo:

La introducción de los ahorros de potencia, comparándolo con la situación inicial, hace que los indicadores económicos tengan mejores resultados, aumentando el VAN y la TIR, y disminuyendo el Pay Back y el LCOE. Esto es debido a que con los ahorros de potencia se consiguen mayores flujos de caja positivos.

Los resultados obtenidos partiendo de los datos establecidos en [11] de la tabla 4.2., se puede observar como el VAN y los ahorros aumentan para todas las potencias. Sin embargo la inversión inicial no se ve afectada:



Figura 4.46.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con ahorros de potencia

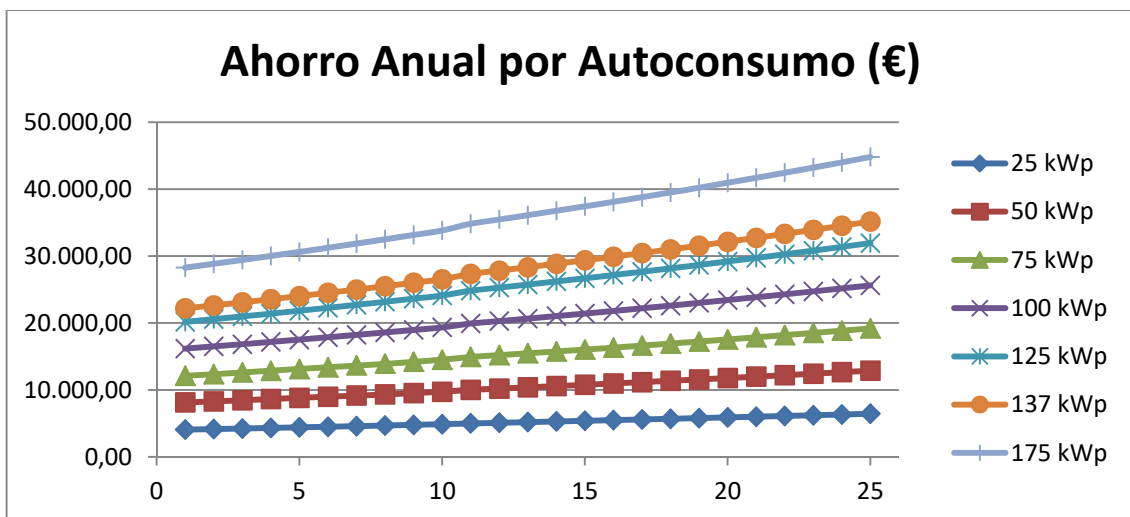


Figura 4.47.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada a partir de Datos 1 y con ahorros de potencia

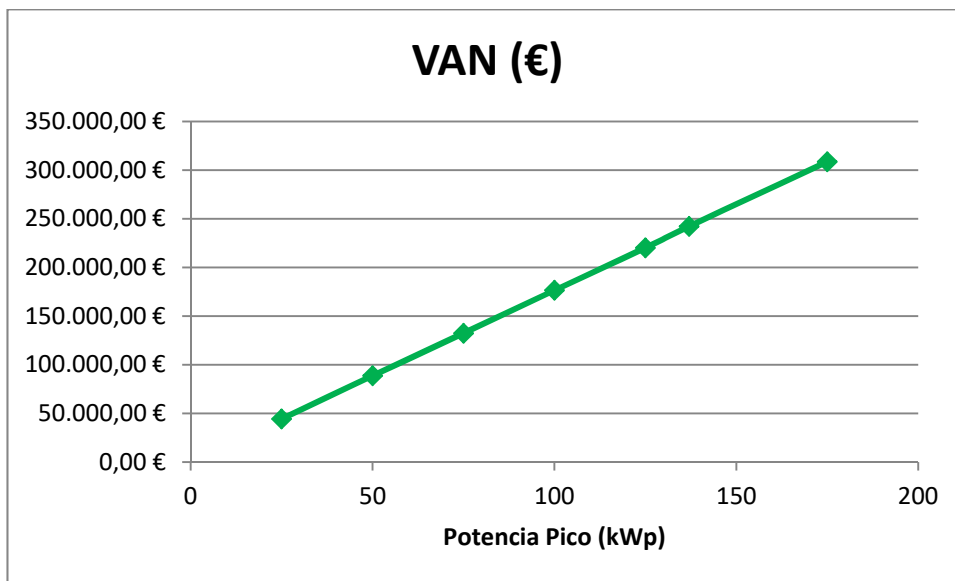


Figura 4.48.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con ahorros de potencia.

Si se parte de los datos basados en la experiencia y en información facilitada por empresas del sector fotovoltaico (Datos 2) de la tabla 4.2., se obtienen las mismas conclusiones:

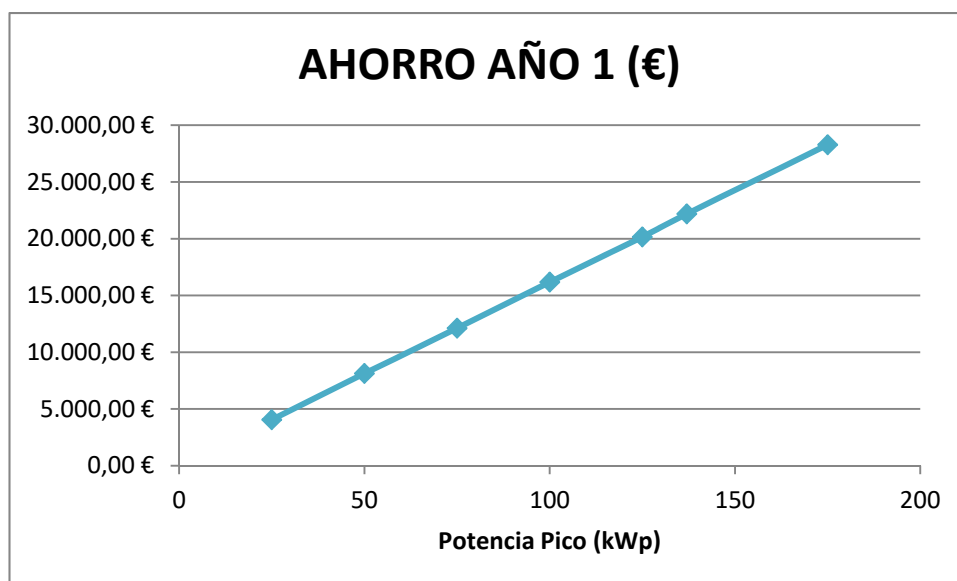


Figura 4.49.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con ahorros de potencia

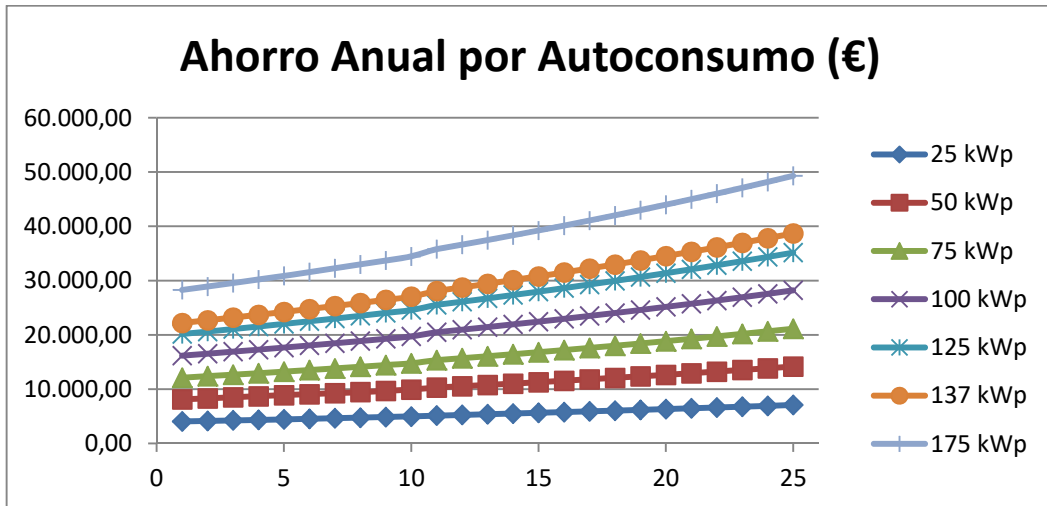


Figura 4.50.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada a partir de Datos 2 y con ahorros de potencia

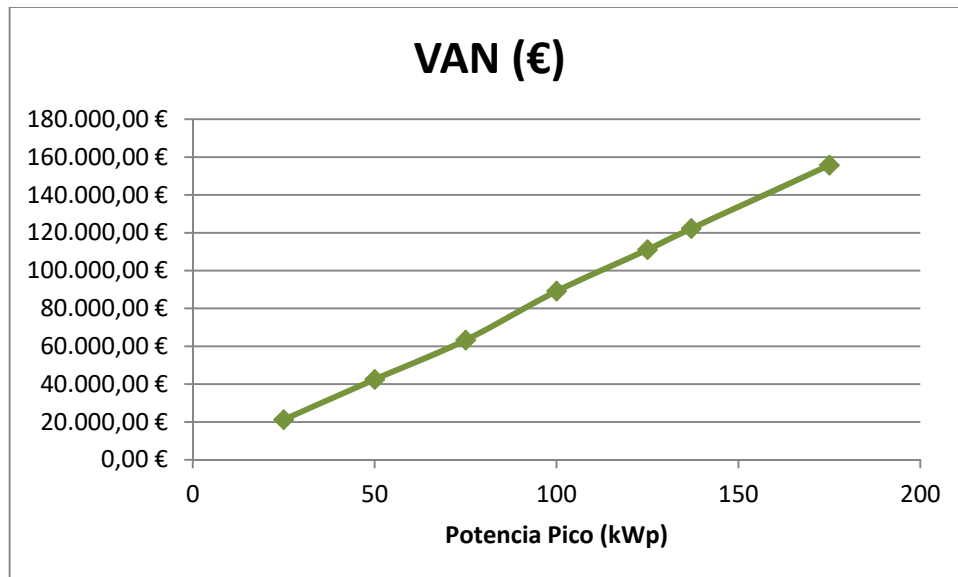


Figura 4.51.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con ahorros de potencia.

4.5.3 Modelo de renting

Una opción común para financiar la instalación de una Central Solar Fotovoltaica es contratar un Renting con alguna entidad financiera, es decir, dicha entidad financiera se hace cargo de costear la instalación a cambio de que el Cliente le pague una cantidad al año (como si fuera un alquiler) con un tipo de interés.

Se ha supuesto un modelo de Renting con un tipo de interés anual del 2% y un período de amortización de 10 años con unos fondos propios del 20%. Esto quiere decir, que durante los 10 primeros años de vida de la Central se paga de Renting una cantidad correspondiente al 80% de la inversión inicial (100%-20% de los fondos propios) multiplicado por el tipo interés y el número de

años y dividido todo por el período de amortización.

Los resultados obtenidos son los siguientes (la inversión inicial hace referencia al flujo de caja del año 0):

- Central de 25 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	4.132,80	5.040,00
VAN (€)	35.399,54	18.713,62
TIR (%)	32,06	25,84
Pay Back (años)	7,32	6,62
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.60. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con renting.

- Central de 50 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	8.265,60	10.080,00
VAN (€)	70.061,15	37.499,61
TIR (%)	32,11	25,88
Pay Back (años)	7,15	6,59
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.61. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con renting.

- Central de 75 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	12.324,60	15.030,00
VAN (€)	105.661,16	55.868,62
TIR (%)	32,09	25,86
Pay Back (años)	7,22	6,60
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.62. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y con renting.

- Central de 100 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	16.457,40	19.066,50
VAN (€)	141.044,43	78.493,46
TIR (%)	32,08	28,23
Pay Back (años)	7,26	6,79
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.63. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con renting.

- Central de 125 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	20.516,40	23.769,00
VAN (€)	175.795,86	97.829,74
TIR (%)	32,07	28,23
Pay Back (años)	7,28	6,80
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.64. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con renting.

- Central de 137 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	22.582,80	26.163,00
VAN (€)	193.487,49	107.673,66
TIR (%)	32,07	28,23
Pay Back (años)	7,29	6,80
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.65. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con renting.

- Central de 175 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	28.782,00	33.345,00
VAN (€)	246.562,40	137.205,44
TIR (%)	32,06	28,22
Pay Back (años)	7,31	6,81
LCOE (€/kWh)	0,04	0,05

Tabla 4.66. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con renting.

- Estudio comparativo:

La introducción del Renting, comparándolo con la situación inicial, hace que los indicadores económicos tengan mejores resultados, aumentando el VAN y la TIR, y disminuyendo el Pay Back . Con la introducción del Renting, se consigue reducir la inversión inicial aumentando los costes de los flujos de caja de los 10 primeros años de vida de la Central. Los ahorros no se ven alterados ya que dependen de la producción de la Central.

Los resultados obtenidos partiendo de los datos establecidos en el artículo “Profitability of household photovoltaic self-consumption in Spain”, de Juan Manuel Roldán Fernández, Manuel Burgos Payán y Jesús Manuel Riquelme Santos (Datos 1) de la tabla 4.2., son los siguientes:

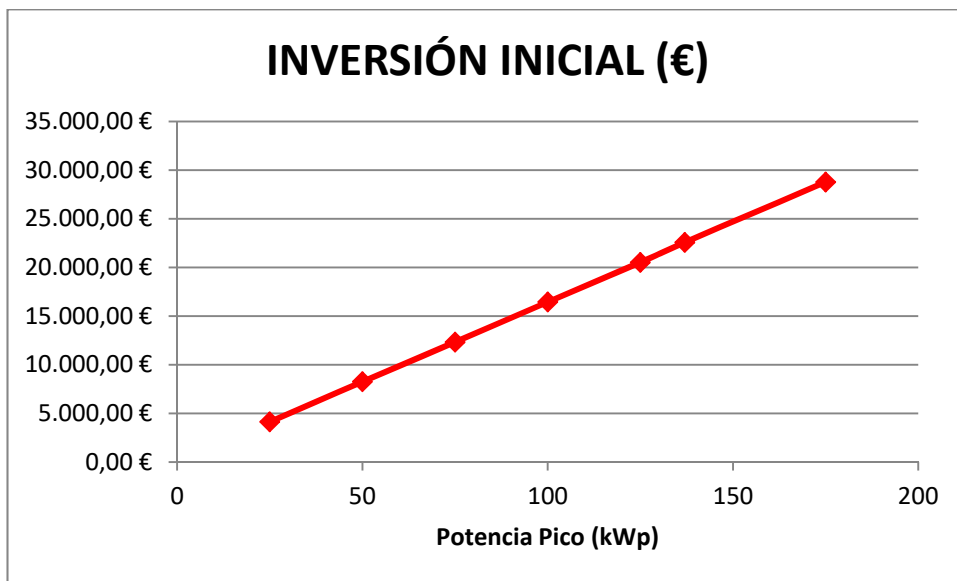


Figura 4.52.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con renting

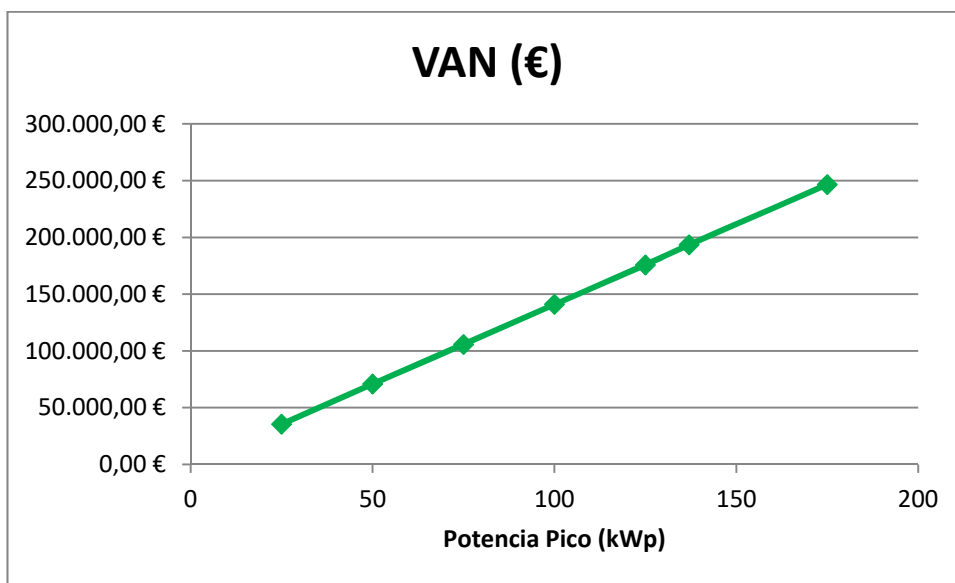


Figura 4.53.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con renting.

Si se parte de los datos basados en la experiencia y en información facilitada por empresas del sector fotovoltaico (Datos 2) de la tabla 4.2., se obtienen las mismas conclusiones:

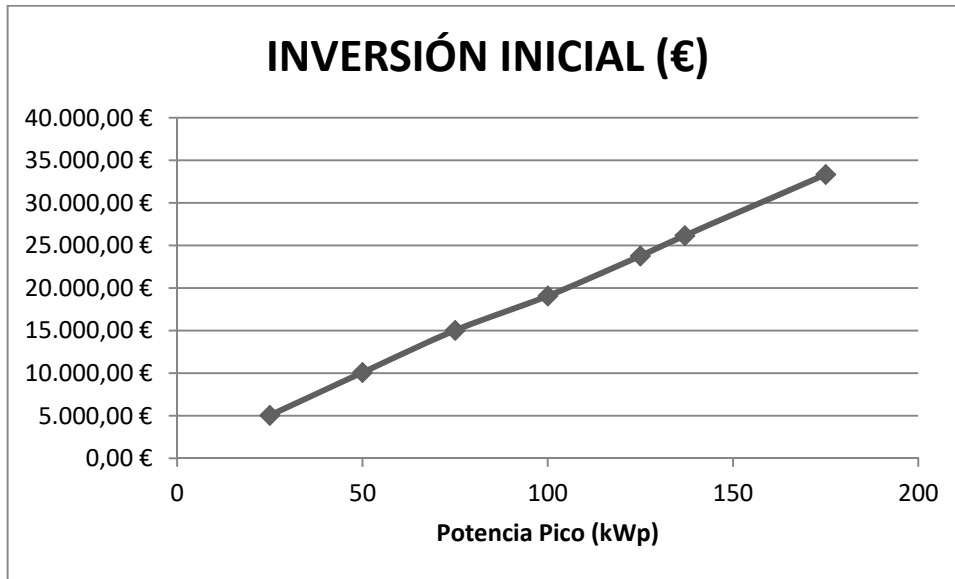


Figura 4.54.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con renting

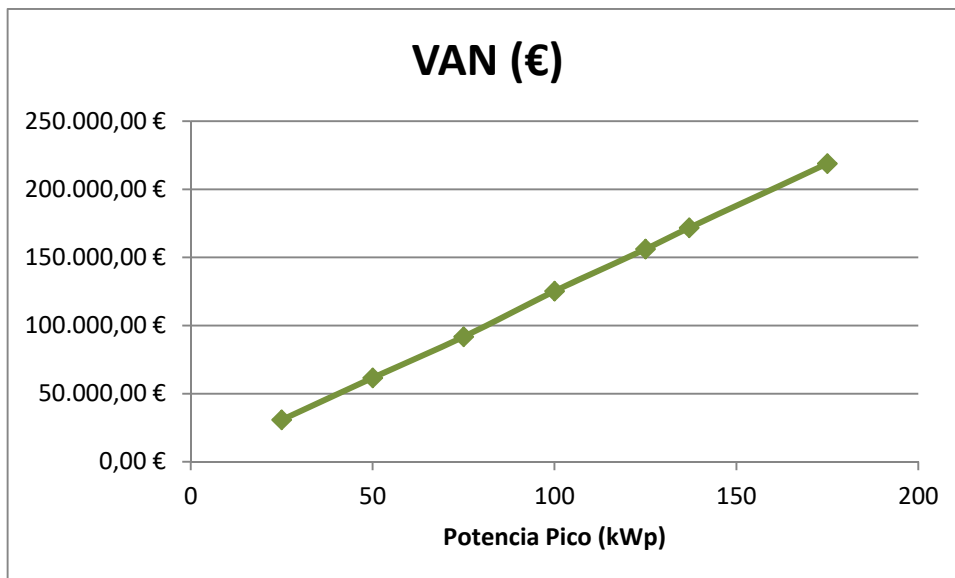


Figura 4.55.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con renting.

4.5.4 Combinación de los tres supuestos

En este apartado se van a presentar los resultados que se obtendrían si se diesen las tres situaciones anteriores a la vez, es decir, se obtiene la subvención, se contrata un Renting y se obtienen ahorros en la potencia facturada.

Los resultados obtenidos son los siguientes (la inversión inicial hace referencia al flujo de caja del año 0):

- Central de 25 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	2.892,96	3.528,00
VAN (€)	50.585,35	30.736,95
TIR (%)	76,49	61,32
Pay Back (años)	2,55	4,61
LCOE (€/kWh)	0,04	0,04

Tabla 4.67. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 25 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.

- Central de 50 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	5.785,60	7.056,00
VAN (€)	101.297,07	61.556,54
TIR (%)	76,60	61,41
Pay Back (años)	2,55	4,58
LCOE (€/kWh)	0,04	0,04

Tabla 4.68. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 50 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.

- Central de 75 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	8.627,22	10.521,00
VAN (€)	150.960,87	91.732,68
TIR (%)	76,55	61,37
Pay Back (años)	2,55	4,59
LCOE (€/kWh)	0,04	0,04

Tabla 4.69. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 75 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.

- Central de 100 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	11.520,18	13.346,55
VAN (€)	201.527,64	125.202,79
TIR (%)	76,53	66,64
Pay Back (años)	2,55	3,35
LCOE (€/kWh)	0,04	0,04

Tabla 4.70. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 100 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.

- Central de 125 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	14.361,48	16.638,30
VAN (€)	251.191,44	156.056,02
TIR (%)	76,51	66,63
Pay Back (años)	2,55	3,35
LCOE (€/kWh)	0,04	0,04

Tabla 4.71. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 125 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.

- Central de 137 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	15.807,96	18.314,10
VAN (€)	276.474,82	171.763,13
TIR (%)	76,51	66,62
Pay Back (años)	2,55	3,35
LCOE (€/kWh)	0,04	0,04

Tabla 4.72. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 137 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.

- Central de 175 kWp:

	Datos 1	Datos 2
Inversión Inicial (€)	20.147,40	23.341,50
VAN (€)	352.324,99	218.884,43
TIR (%)	76,50	66,61
Pay Back (años)	2,55	3,35
LCOE (€/kWh)	0,04	0,04

Tabla 4.73. Valores de los indicadores económicos obtenidos con la Central de 175 kWp y con subvención, ahorro de potencia y renting.

- Estudio comparativo:

La introducción de los tres supuestos a la vez, comparándolo con la situación inicial, hace que los indicadores económicos tengan mejores resultados, aumentando considerablemente el VAN y la TIR, y disminuyendo mucho el Pay Back. El LCOE disminuye pero no considerablemente. Con la introducción de los tres supuestos, se consigue reducir la inversión inicial (aumentando los costes de los flujos de caja de los 10 primeros años de vida de la Central), por el efecto de la subvención y el renting, y aumentando los ahorros obtenidos.

Los resultados obtenidos partiendo de los datos establecidos en el artículo [11] de la tabla 4.2., son los siguientes:

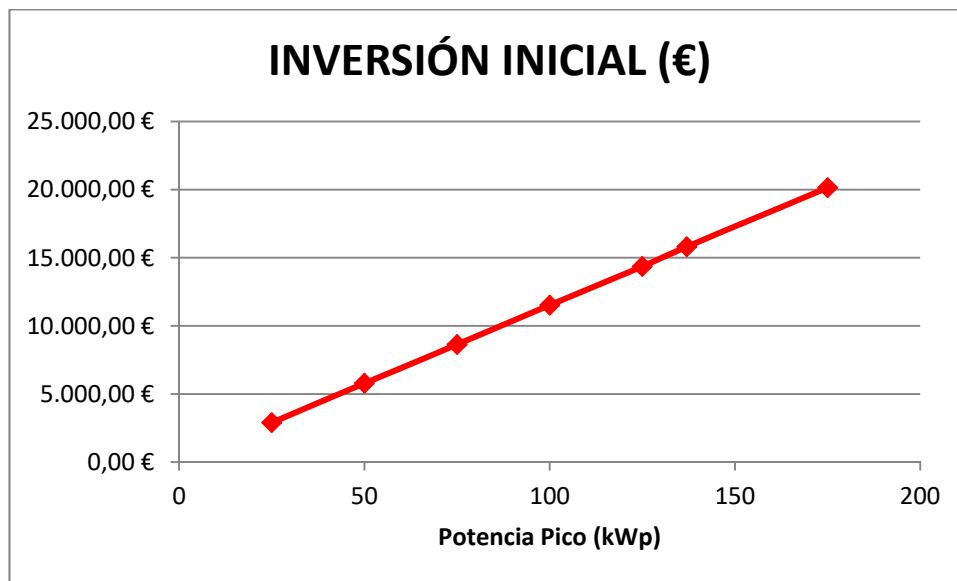


Figura 4.56.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con subvención, ahorro de potencia y renting

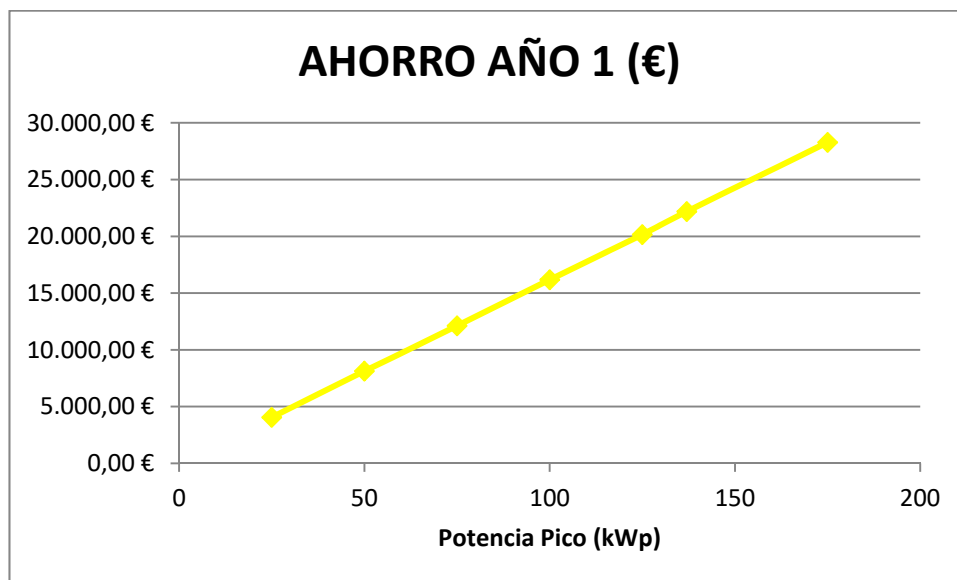


Figura 4.57.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con subvención, ahorros de potencia y renting

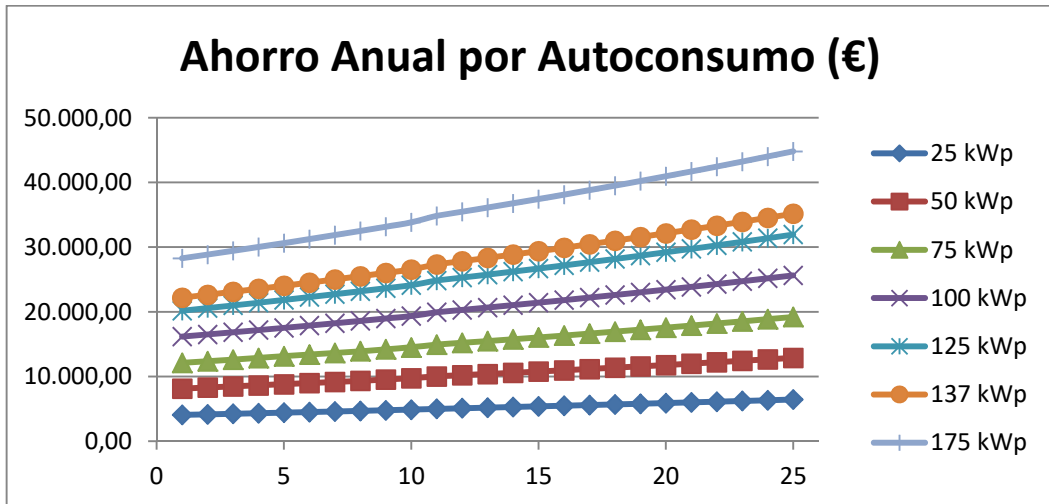


Figura 4.58.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada a partir de Datos 1 y con subvención, ahorros de potencia y renting

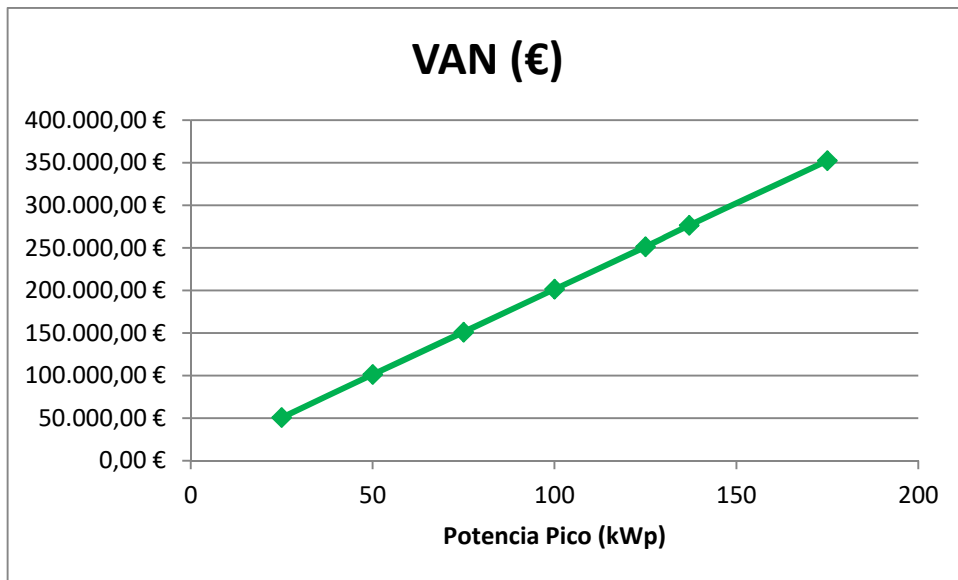


Figura 4.59.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con subvención, ahorro de potencia y renting

Si se parte de los datos basados en la experiencia y en información facilitada por empresas del sector fotovoltaico (Datos 2) de la tabla 4.2., se obtienen las mismas conclusiones:

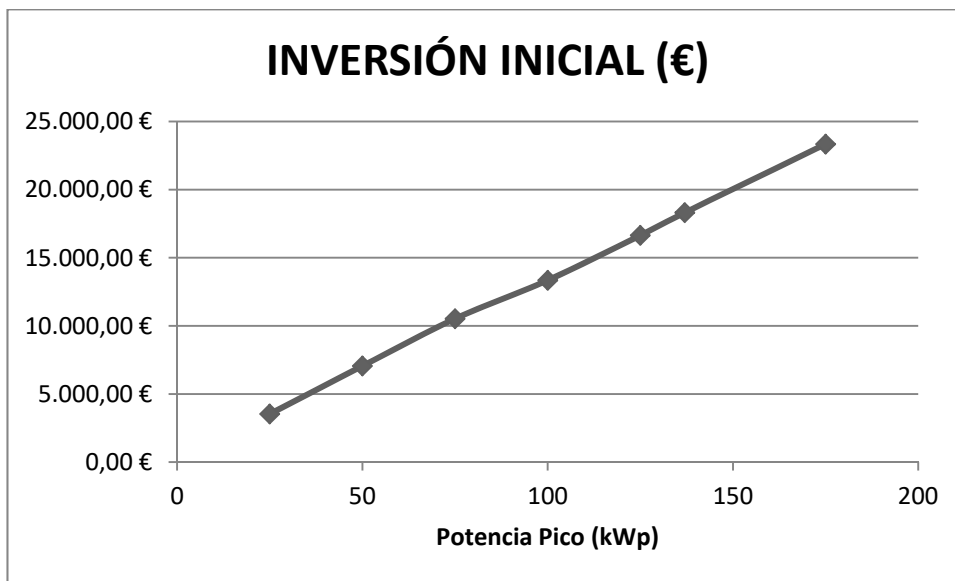


Figura 4.60.- Evolución de inversión inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con subvención, ahorro de potencia y renting

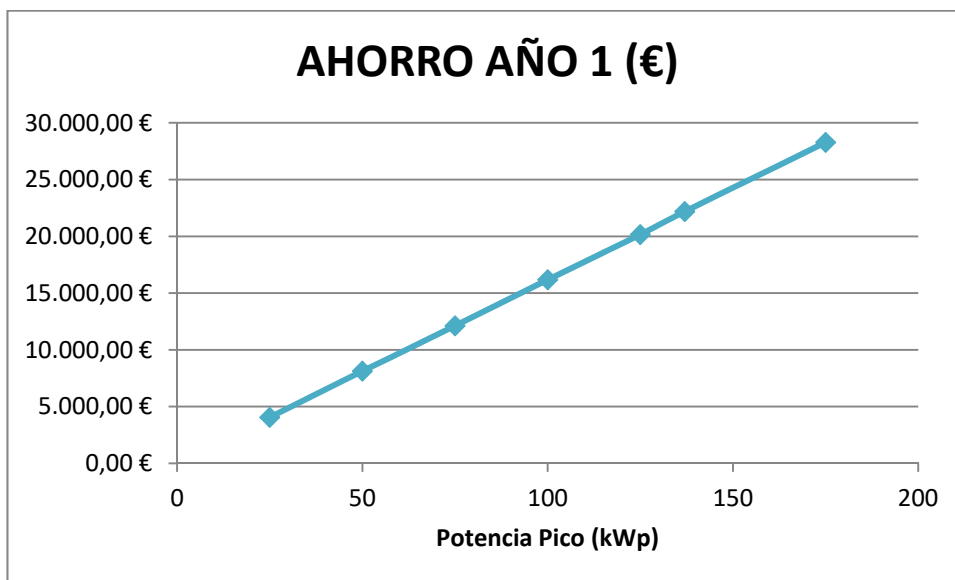


Figura 4.61.- Evolución del ahorro inicial frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 2 y con subvención, ahorros de potencia y renting

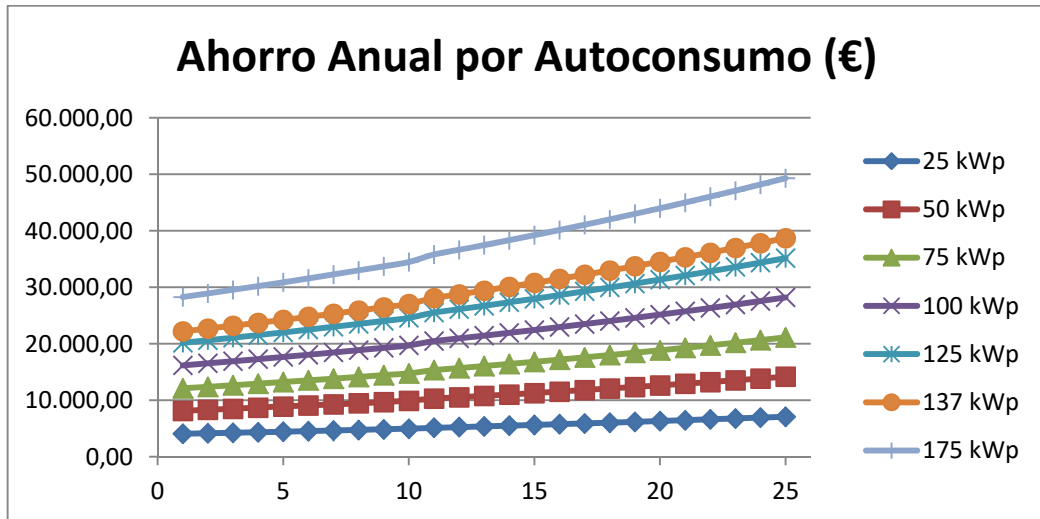


Figura 4.62.- Evolución del ahorro anual por autoconsumo calculada a partir de Datos 2 y con subvención, ahorros de potencia y renting

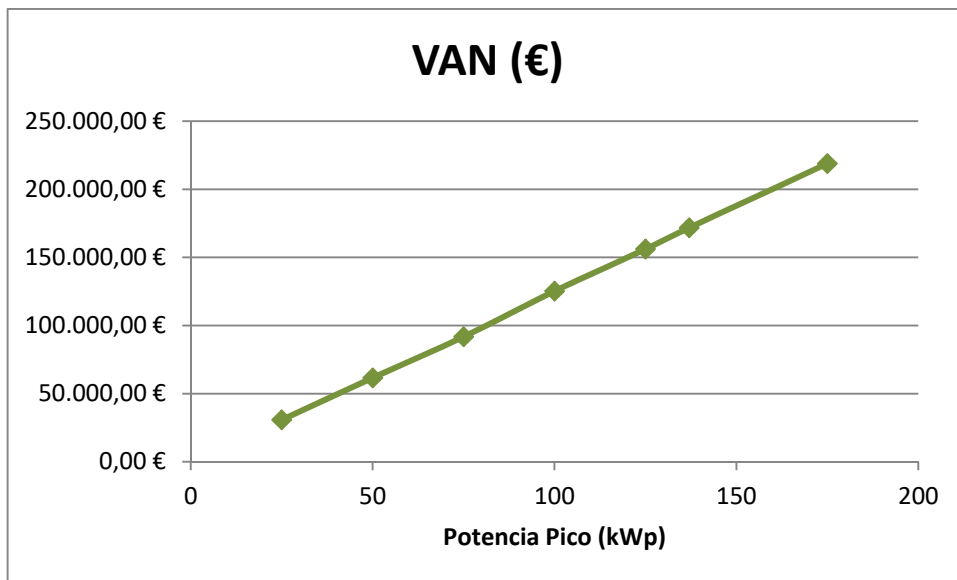


Figura 4.63.- Evolución del VAN frente a potencia instalada calculada a partir de Datos 1 y con subvención, ahorro de potencia y renting

5 ESTUDIO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En este capítulo se muestran los cálculos realizados para analizar la viabilidad técnica y económica de la solución adoptada, así como una descripción de la tramitación administrativa a seguir por el Cliente en caso de ejecutar la Central de Autoconsumo y se analizan los ahorros y la eficiencia energética de la solución adoptada. Analizadas las instalaciones y las distintas opciones comentadas en apartados anteriores, se propone una Central Solar Fotovoltaica en Autoconsumo sin excedentes de 137,70 kWp, quedando a disposición del Cliente para evaluar dicha Medida de ahorro y Eficiencia Energética.

5.1 Procedimiento Administrativo

Para el desarrollo de una Central en el formato de Autoconsumo sin Excedentes, es necesario completar unos procedimientos administrativos definidos en la normativa de aplicación, establecidas por las Administraciones Públicas y la Empresa Distribuidora de la zona. Cada uno de estos procedimientos requiere de una documentación técnica.

Las fases y trámites considerados en el procedimiento de autorización de una Central Interconectada son [19]:

(a) Procedimientos Administrativos según RD15/2018 (en caso de conexión a Red de distribución):

1. Aval de acceso a Red (si procede);
2. Solicitud de Reconocimiento en Régimen Especial (si procede);
3. Solicitud de punto de acceso (si procede);
4. Solicitud de Punto de conexión a la compañía eléctrica (si procede);
5. Realización de Proyectos o Memoria Técnica (según potencia eléctrica de la Central para la Solicitud de Aprobación del Proyecto de Ejecución);
6. Solicitud de Autorización Administrativa (según potencia de la instalación);
7. Solicitud de Aprobación de Proyecto de Ejecución (según potencia de la instalación);
8. Solicitud de Inclusión en Régimen Especial (si procede);
9. Solicitud de licencia de obras y actividad (puede estar exenta dependiendo de la potencia de la instalación);
10. Contrato (técnico/tipo) con la compañía distribuidora;
11. Notificación al Registro de Empresas Acreditadas (REA) de la Junta de Andalucía;
12. Acta de puesta en servicio de la instalación;
13. Certificado de encargado de la lectura;
14. Inscripción definitiva en el registro de las instalaciones acogidas al Régimen Especial (si procede);
15. Solicitud de Licencia de Apertura (Puede estar exentas dependiendo de la potencia de la Central); y

(b) Normativa de Aplicación:

Las normativas esenciales que regulan este tipo de instalaciones son las siguientes:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico;
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión;

- Real Decreto 1955/2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica;
- Real Decreto 1699/2011, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica (Regula todas las condiciones técnicas a cumplir por las instalaciones sin distinguir si estas dedican la energía producida a venta o a autoconsumo);
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo; y
- Normas particulares y de normalización de la Compañía Distribuidora de Energía Eléctrica (según comunidad autónoma).
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Cualquier otra normativa o reglamento de aplicación al Proyecto.

5.2 Estudio Técnico de la Central Solar Fotovoltaica en Autoconsumo

A continuación, se describe el proyecto de Centrales Fotovoltaicas de Autoconsumo que inicialmente se propone. No obstante, esta propuesta es orientativa siendo necesario realizar visitas a las instalaciones para evaluar los puntos indicados en el presente estudio.

5.2.1 Solución Técnica

El presente estudio tiene por objeto fijar las condiciones técnicas y económicas que se proponen para la realización de una Central, la cuales, según nuestros cálculos y las tarifas contratadas por el Cliente, debería ser de una potencia pico de 137 kWp, teniendo en cuenta las limitaciones de las cubiertas y que potencias superiores producirían energía eléctrica en exceso y el objetivo es evitar verter energía a la red.

La cubierta estudiada en la nave situada más al Norte nos permite instalar una planta solar fotovoltaica de 72 kWp, con un total de 160 módulos de 450kWp de potencia cada uno. Se colocarán alineados con el perímetro de la cubierta sobre una estructura portante inclinada.

En la cubierta de la nave adosada a la anterior, debido a las sombras que ejerce la estructura central de la nave que no es propiedad del Cliente, solo se pueden instalar 38 paneles de 450 Wp, obteniéndose una potencia fotovoltaica de 17,1 kWp.

Por último, la cubierta estudiada en la nave más al Sur permite instalar una planta solar fotovoltaica de 48,6 kWp compuesta por 108 módulos de 450 Wp cada uno.

En total, la Centra Fotovoltaica planteada está compuesta por 306 módulos de 450 Wp, dando una potencia total de 137,70 kWp.

Teniendo en cuenta el consumo actual del Cliente anualmente es aproximadamente de 1.510.865 kWh/año, la Central Fotovoltaica tendría una producción de energía eléctrica de 244.860,00

kWh/año.

En la realización de la instalación fotovoltaica se buscará en todo momento la optimización energética de la misma, para lo cual se utilizarán equipos y materiales de la más alta calidad que además permitirán garantizar en todo momento la seguridad tanto de las personas como de la propia red y los restantes sistemas que están conectados a ella.

5.2.2 Descripción Técnica de las Instalaciones

La instalación fotovoltaica para autoconsumo instantáneo estará constituida de la siguiente forma:

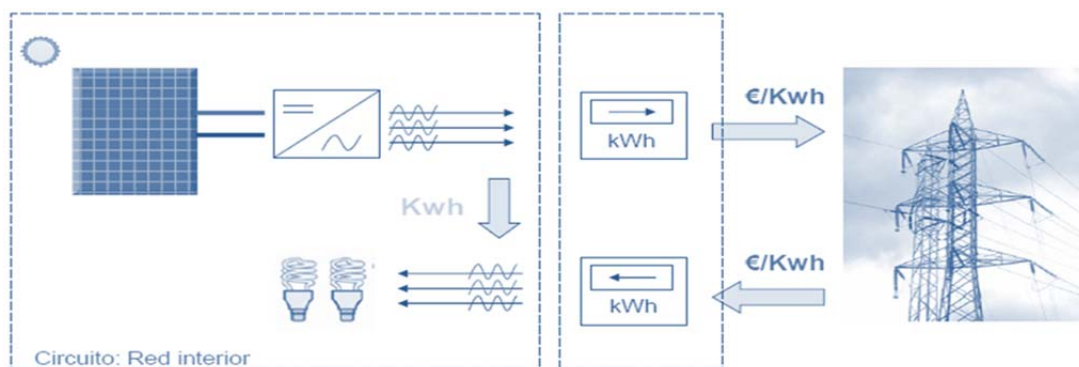


Figura 5.1.- Esquema Central Solar Fotovoltáica para Autoconsumo [19]

La generación en un esquema de autogeneración, cubre total o parcialmente la demanda, y el excedente se vierte a la red, aunque el Sistema planteado bloquea en frontera para evitar esta situación.

Los componentes son los mismos que en el modelo de venta a red convencional, los cuales se describen a continuación.

5.2.2.1 Generador Fotovoltáico

El módulo fotovoltaico, está especialmente diseñado para aplicaciones de conexión a red. Están fabricados con células de silicio monocristalino perc, de elevado rendimiento. Cumplen con todas las especificaciones de calidad y seguridad requeridas a los módulos fotovoltaicos destinados a aplicaciones de conexión a red.

La potencia de los Módulos será de 450 Wp, de alta calidad y tendrá las siguientes características:

URE-FAK450H8C	
Características físicas	
Altura	2.094 mm
Anchura	1.038 mm
Profundidad	40 mm
Peso	24,0 Kg
Rango de temperaturas	-40 / +85 °C
Humedad (sin condensación)	0-100%
Características eléctricas	
Eficiencia del módulo	20,70 %
Tensión MPP	40,94 Vdc
Intensidad MPP	11,00 A
Intensidad de cortocircuito	11,53 A
Tensión a circuito abierto	49,48 A
Coeficiente de temperatura para la intensidad de cortocircuito	0,048 %/°C
Coeficiente de temperatura para la tensión a circuito abierto	-0,27 %/°C
Coeficiente de temperatura para la tensión máxima	-0,35 %/°C
Reducción de la eficiencia desde irradiación de 1.000W/m ² a 200 W/m ²	3,5±2%
Protecciones	
Grado de protección IP 68	
Contra el polvo y la suciedad	
Contra sobre influencias externas	
Contra cortocircuitos y sobrecargas en la salida	
Contra fallos de aislamiento	
Protección funcionamiento en isla	

Tabla 5.1.- Características físicas del módulo de 450Wp

5.2.2.2 Estructura Soporte

La estructura soporte tiene las funciones principales de servir de soporte y fijación segura de los módulos fotovoltaicos, así como proporcionarles una inclinación y orientación adecuadas, para obtener un máximo aprovechamiento de la energía solar incidente. En el diseño de la estructura también se buscará la facilidad de montaje y desmontaje de los paneles y se tendrá en cuenta la realización de labores de mantenimiento y/o sustitución de los mismos.

Los módulos fotovoltaicos se montan de forma rápida y sencilla utilizando el sistema de pre-montaje previamente realizado en la estructura.

Este tipo de estructura posee una larga vida útil, un mantenimiento prácticamente nulo y es de gran resistencia frente a acciones agresivas de agentes ambientales (aluminio y/o Acero Galvanizado en caliente).

La estructura soporte irá conectada a tierra con motivo de reducir el riesgo asociado a la acumulación de cargas estáticas.

La estructura soporte ira lastrada, es decir, no se realizarán perforaciones sobre la cubierta. En caso de realizar perforaciones, se evaluará con el Cliente el modelo de impermeabilización a llevar a cabo con el objetivo de afectar lo menos posible a la cubierta existente.

5.2.2.3 Sistema de Acondicionamiento de Potencia

Para la conversión de la corriente continua generada por el generador fotovoltaico, en corriente alterna de las mismas características (tensión y frecuencia) que la de la red se utilizarán inversores trifásicos conectados al generador fotovoltaico. De esta forma se adecua la corriente generada por el sistema fotovoltaico, a las características de la corriente que circula por la red siendo posible la operación en paralelo de ambos sistemas.

El inversor se caracteriza por ser tecnológicamente muy avanzado y cumplir con los requerimientos técnicos y de seguridad necesarios para su interconexión a la red de baja tensión, así como con las directivas Comunitarias sobre seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

Los inversores serán de 33 kW (AC) y tendrán las siguientes características:

Ingeteam Ingecon Sun 33 TL M	
Características físicas	
Altura	735 mm
Anchura	706 mm
Profundidad	268 mm
Peso	62,5 Kg
Rango de temperaturas	-25 / +65 °C
Humedad (sin condensación)	0-100%
Características eléctricas	
Modo	Trifásico
Eficiencia máxima	98,50 %
Valores de entrada (DC)	
Rango de tensiones MPP	200 / 820 Vdc
Máxima tensión	1000 Vdc
Intensidad nominal	40,0 A
Valores de salida (AC)	
Potencia nominal ($cT_{amb.} < 45^{\circ}C$)	33 kW
Máxima corriente eficaz	48,0 A
Tensión	3 / N / PE o 3 / PE, 304/528 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz
Distorsión armónicos (para $P_{sal} > 30\% \cdot P_{nom}$)	< 3 %
Factor de potencia (seleccionable)	0-1 ind/cap
Protecciones	
Grado de protección IP 65	
Contra polarización inversa	
Contra sobretensiones transitorias en la entrada y salida	
Contra cortocircuitos y sobrecargas en la salida	
Contra fallos de aislamiento	
Refrigeración de aire regulada	
Protección funcionamiento en isla	

Tabla 5.2.- Características físicas del inversor de 33kW

5.2.3 Monitorización

El sistema de monitorización permite tener una visualización y control de parámetros, registros de datos, etc. y así poder controlar la planta a distancia.

5.2.4 Seguridad y Protecciones

A la hora de diseñar correctamente una instalación fotovoltaica conectada a la red ha de

garantizarse, por un lado, la seguridad de las personas, tanto usuarios como operarios de la red, y por otro, que el normal funcionamiento del sistema fotovoltaico no afecte a la operación ni a la integridad de otros equipos y sistemas conectados a dicha red.

La instalación fotovoltaica cumple con lo dispuesto sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.2.5 Elementos de Medida

En cuanto a los elementos de medida la instalación fotovoltaica contará con un contador bidireccional de energía encargado de medir la energía producida por el sistema fotovoltaico y de medir los consumos que pudieran producirse por parte de la instalación fotovoltaica.

Los contadores utilizados estarán debidamente homologados y cumplirán con la normativa vigente para este tipo de dispositivos (instrucción MIE BT 015, ITC-BT-16 y RD 1663/2000), así como las normas particulares de conexión a la red de la compañía eléctrica, a la que se realice la evacuación de energía.

5.2.6 Puesta a tierra de la Instalación

La estructura soporte, y con ella los módulos, se conectarán a tierra con motivo de reducir el riesgo asociado a la acumulación de cargas estáticas.

Con esta medida se consigue limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas, permitir a los diferenciales la detección de corrientes de fuga, así como propiciar el paso a tierra de las corrientes de falta o descarga de origen atmosférico.

A esta misma tierra se conectarán también las masas metálicas de la parte de alterna (fundamentalmente el inversor). Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

5.2.7 Cableado

Como norma general los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para asegurar caídas de tensión inferiores al 1,5 % en la parte de CC, y del 2,5% en la parte de CA, incluidas las posibles pérdidas por terminales intermedios, y los límites de calentamiento recomendados por el fabricante de los conductores, según se establece en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [19].

La instalación fotovoltaica debe cumplir con lo dispuesto sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, así como las normas particulares de la compañía eléctrica.

5.2.8 Conexión a Red

Para realizar la conexión a red se tienen que cumplir las consideraciones técnicas referentes a protecciones y seguridad de acuerdo a la normativa vigente, así como los requerimientos exigidos por la Empresa Distribuidora, en este caso Endesa.

La conexión a la red de las instalaciones fotovoltaicas será trifásica en baja tensión.

En cuanto a la calidad de la señal generada por la instalación fotovoltaica, el inversor garantiza un $\cos \phi > 0,98$ y una distorsión armónica $< 3\%$, en el caso del inversor.

5.2.9 Infraestructura de Evacuación y Centro de Transformación

Inicialmente se ha propuesto una planta fotovoltaica en régimen de autoconsumo sin excedentes.

Al ser un proyecto de una planta de autoconsumo sin excedentes, se conectará la planta al punto de enganche de Baja Tensión interno, instalando un dispositivo antivertido junto al interruptor de cabecera.

5.2.10 Solución Técnica de montaje Mecánico

Podrán existir distintas técnicas de montaje mecánico, dependiendo del tipo de cubierta o suelo que tengamos, así como orientación y en el lugar (emplazamiento) donde se encuentre.

El formato de amarre de la estructura soporte será mediante lastre, similar al que se indica a continuación:



Figura 5.2.- Estructura Soporte

La fijación se realizará mediante lastre. Unos pernos irán anclados al macizo de hormigón (lastre), a los cuales se fijará la estructura necesaria para la instalación FV.

Se utilizarán carriles galvanizados en caliente o de aluminio anodizado.

Otra modalidad de anclado es directamente a la cubierta de la instalación, la cual quedará perfectamente impermeabilizada. La solución que se adopte será consensuada con el Cliente.

5.3 Estudio Fotovoltaico de la Instalación

Para el cálculo de la producción fotovoltaica de la instalación de 137,70 kWp se ha empleado la herramienta PVSYST. Esta herramienta proporciona una estimación más acertada sobre la producción de la Central Solar Fotovoltaica, ya que tiene en cuenta el rendimiento del módulo fotovoltaico que se introduzca, los inversores, etc.

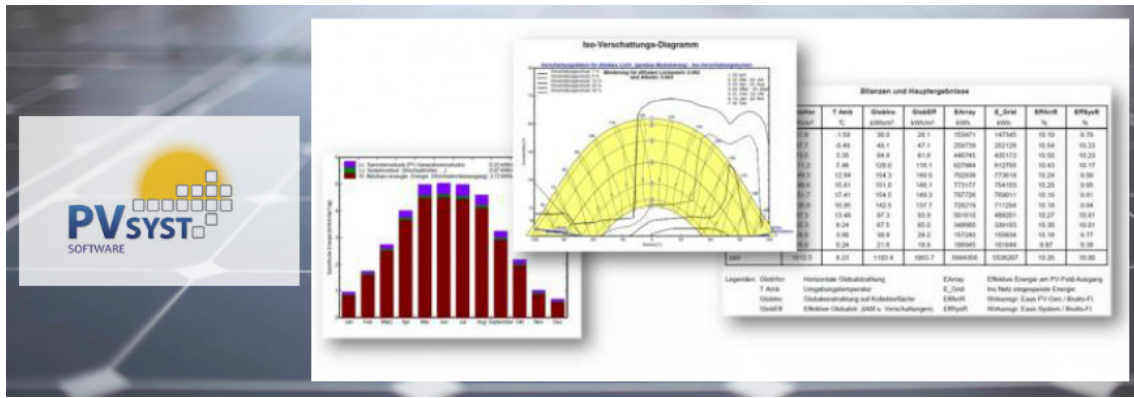


Figura 5.3.- Software de Cálculo de Potencia Fotovoltaica

Los resultados presentados en este estudio están calculados siguiendo un procedimiento automatizado con los datos proporcionados por el Cliente y pueden diferir y no coincidir 100% con la realidad. Es decir, la herramienta informática se basa en una base de datos externa correspondiente a la producción solar de cada día del año según la localidad que si bien, son muy exactos, pueden variar sensiblemente con los valores reales en cada caso particular. Aun así, podemos afirmar que el procedimiento de gestión utilizado por el sistema informático reproduce un modelo muy cercano a la realidad y que en la mayoría de los casos la tasa de error puede considerarse despreciable.

Lo primero que hay que hacer al realizar una simulación con PVSYST es introducir los datos meteorológicos del emplazamiento de la Central, introduciendo las coordenadas del lugar.

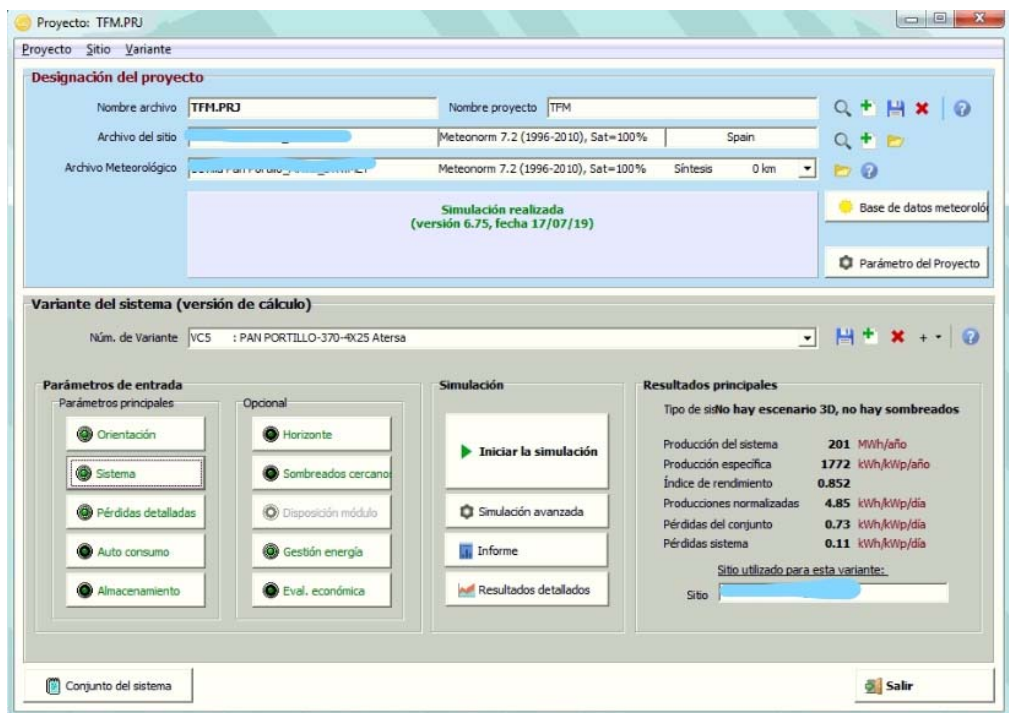


Figura 5.4.- Menú Inicial del software PVSYST

Tras ello, se selecciona la orientación de los paneles, de forma que estén lo más orientados al sur posible y que la inclinación del plano coincida lo máximo posible con la latitud del emplazamiento, pues así se reducen pérdidas. Se deja un Plano Inclinado Fijo pues es el que produce más para el

caso de estudio.

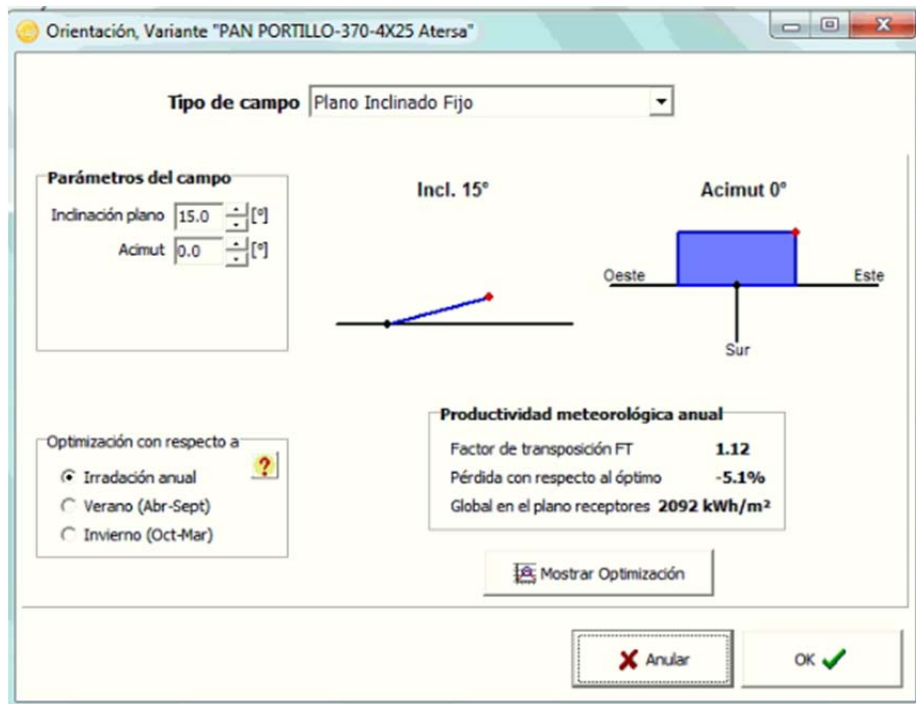


Figura 5.5.- Menú Orientación del software PVSYS

Una vez definida la orientación, definimos el Sistema, introduciendo el número de paneles que nos da tras estudiar la superficie de las cubiertas (en este caso 306 paneles) y se introduce la potencia pico deseada (que es igual al número de paneles por la potencia pico del panel que se va a emplear).

Tras ello seleccionamos el módulo fotovoltaico que nos interesa entre las distintas opciones que ofrece el programa y se hace lo mismo con el inversor.

Al seleccionar el inversor y el número de inversores hay que intentar que la relación P_{nom} esté en torno al 1,05-1,10 y que no salga ningún tipo de aviso en el rectángulo de la esquina inferior derecha.

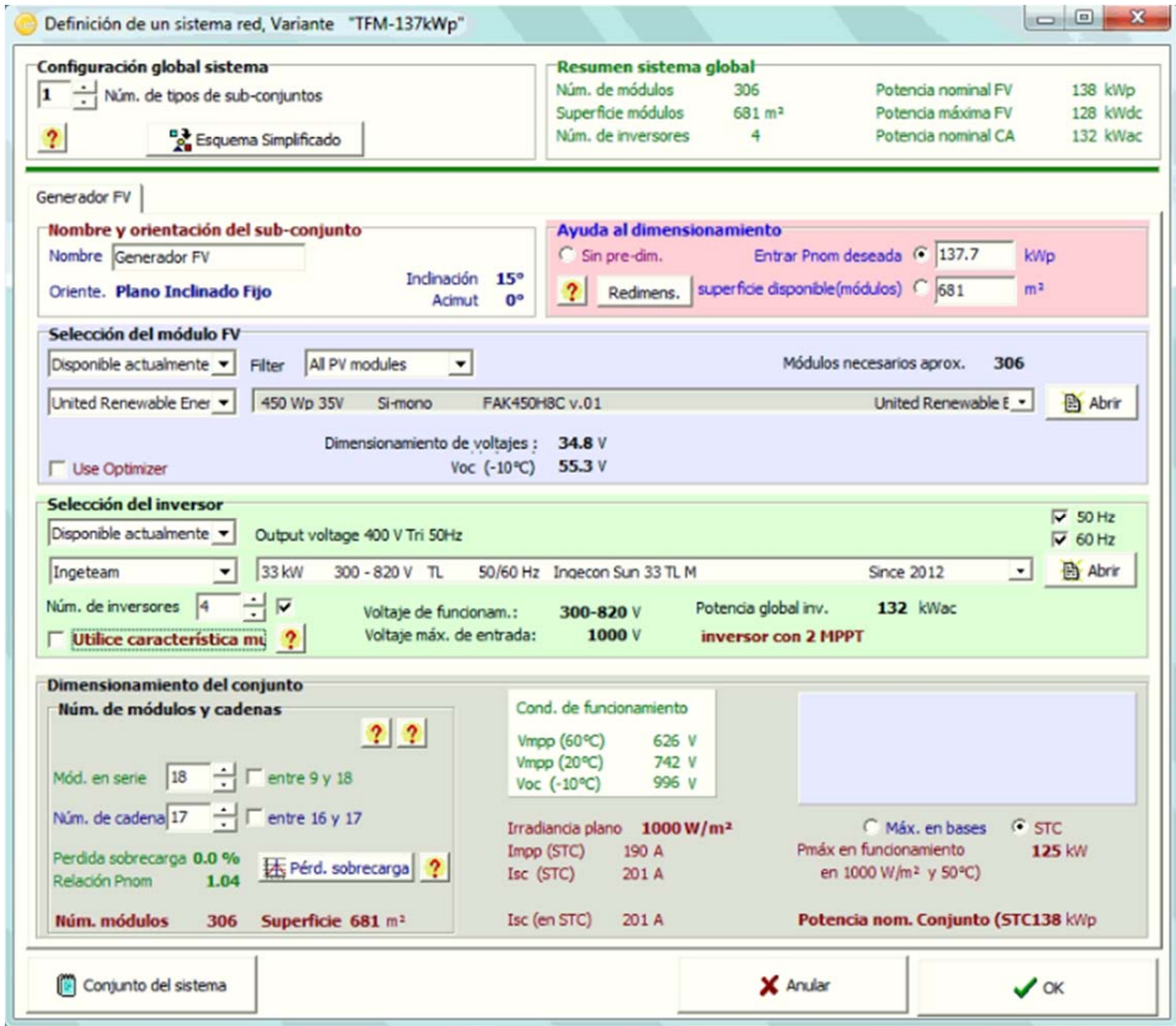


Figura 5.6.- Menú Sistema del software PVSYS

El programa devuelve el número de paneles en serie, 18, y el número de cadenas totales, 17, así como la potencia nominal del Sistema, en nuestro caso 132 kW.

Finalmente, se le da a simular, obteniéndose los datos de producción y las pérdidas del Sistema, tal y como se observa en el Anexo III del presente Proyecto.

5.3.1 Estudio Central Solar Fotovoltaica Sin Excedentes

Teniendo en cuenta la documentación aportada, se ha establecido la potencia pico máxima a instalar para que no haya excedente de energía eléctrica que se vierta a la red. Independientemente de esto, debido al consumo tan elevado de energía de la nave, nunca va a haber excedentes, ya que no hay superficie disponible en las cubiertas para instalar una Central de una potencia que produzca la energía suficiente para que eso ocurra.

La tabla 5.1. presenta los datos del estudio realizado que justifican la potencia pico máxima a instalar en la Central Solar:

Cliente:	INDUSTRIA ALIMENTARIA
Ubicación:	SEVILLA
Tarifa:	3.1A

Energía Total Consumida Anual (kWh)	1.510.865,00
Energía Consumida Anual P1 (kWh):	316.707,00
Energía Consumida Anual P2 (kWh):	529.350,00
Energía Consumida Anual P3 (kWh):	664.808,00

Potencia Nominal Central (kW):	132,00
Potencia Pico Central (kW):	137,70
Número de Módulos	306,00
Pérdidas Sistema (%)³:	10,70
Performance Ratio (PR):	85,55
Energía Ahorrada (%):	16,21

Energía Autoconsumida Anual (kWh)	244.860,00
Energía Autoconsumida Anual P1 (kWh):	118.877,03
Energía Autoconsumida Anual P2 (kWh):	121.044,57
Energía Autoconsumida Anual P3 (kWh):	4.938,40
Energía Vertida al Pool (kWh):	0,00
Energía Generada (kWh)	244.860,00

Tabla 5.3.- Potencia Central Autoconsumo sin Excedente

Se ha tenido en cuenta para el estudio una situación conservadora de un coeficiente de rendimiento de la Central ("PR") del 85,55%, según el estudio PVSYST que se adjunta como Anexo III en la Proyecto.

En la siguiente tabla se desglosa el autoconsumo de energía por meses y períodos para el estudio de generación realizado.

Meses/Períodos	P1	P2	P3
01	97,98	15.102,02	0,00
02	385,72	13.984,28	0,00
03	734,60	20.206,25	149,15
04	15.026,12	5.969,07	554,81
05	18.101,12	7.460,50	1.078,38
06	17.620,78	7.584,16	1.045,06
07	18.875,07	8.131,14	923,79
08	17.690,04	6.899,64	620,32

³ Pérdidas del sistema desde el generador hasta la línea de interconexión.

Meses/Periodos	P1	P2	P3
09	15.614,72	5.099,42	375,86
10	14.044,83	4.054,22	180,95
11	1,01	14.587,21	1,78
12	0,00	12.650,00	0,00
TOTAL	118.877,03	121.044,57	4.938,40

Tabla 5.4.- Generación de Energía Eléctrica en kWh por Período y Mes

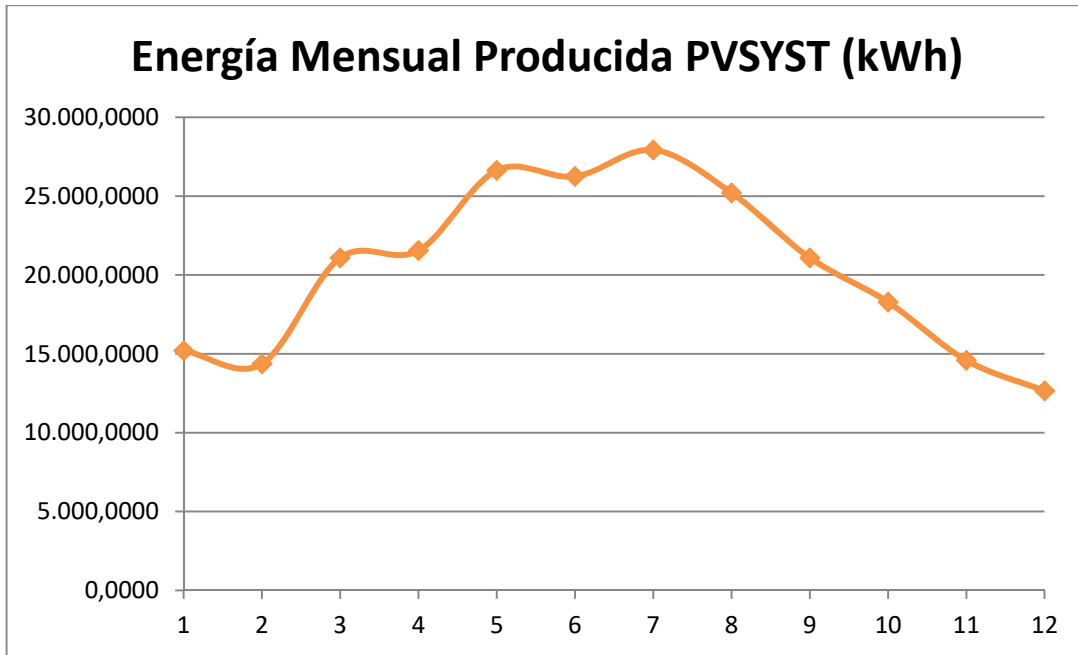


Figura 5.7.- Energía Mensual Producida según software PVSYST

Teniendo en cuenta los datos anteriores y los datos de la opción Datos 1 del apartado 4.2, nos encontramos que la amortización de la instalación será aproximadamente de 5 años:

Conceptos	Situación Actual	Situación Futura
Inversión (€)^(5.1)	0,00	112.914,00
Consumo (kWh)	1.510.865,00	1.266.005,00
Coste Término Energía (€/año)	109.924,79	89.962,18
Ahorro Total (€/año)	0,00	23.977,63
Ahorro Término Energía (€/año)	0,00	19.962,18
Ahorro por Exceso de Potencia (€/año)	0,00	0,00
Ahorro Impuesto Eléctrico (€/año) ^(5.2)	0,00	1.020,63
Ahorro Término de Potencia (€/año) ^(5.3)	0,00	2.994,39
Mantenimiento (€/año)	0,00	2.754,00
VAN (tasa de descuento de 4%) sin subvención (€)		284.670,41
VAN (tasa de descuento de 4%) con subvención (€)		317.241,75
TIR sin subvención (%)		20,57
TIR con subvención (%)		28,86
LCOE sin subvención (€/kWh)		0,05
LCOE con subvención (€/kWh)		0,04
Amortización sin subvención (años)		6,09
Amortización con subvención (años)^(5.4)		4,62

Tabla 5.5.- Tabla de Amortización de la Inversión según Datos 1

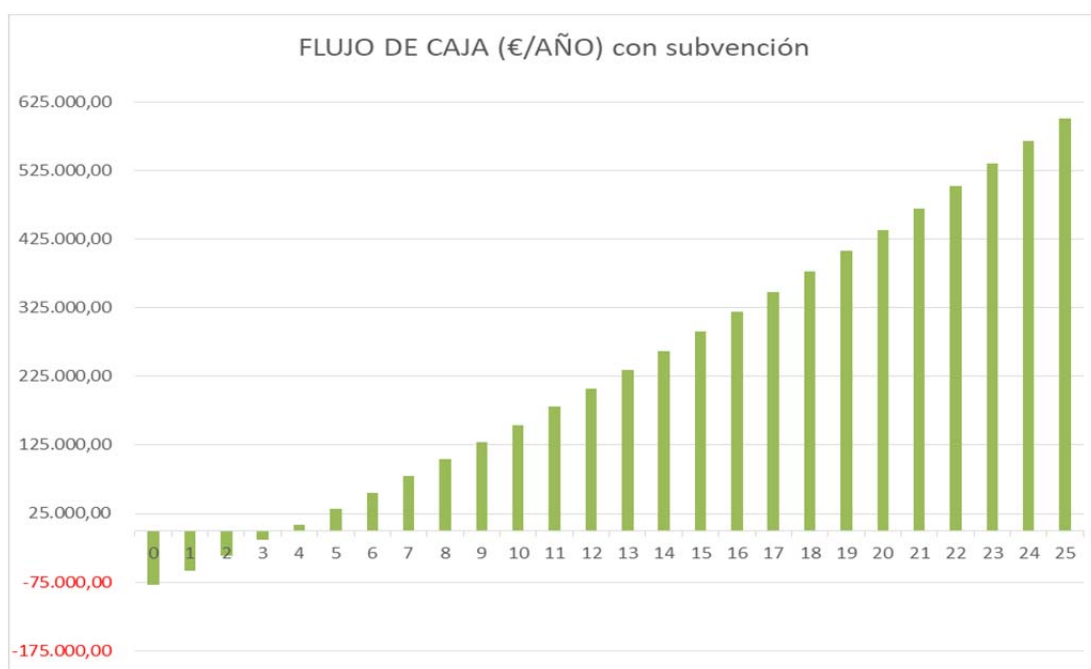


Figura 5.8.- Flujos de Caja obtenidos según los Datos 1 con subvención pública

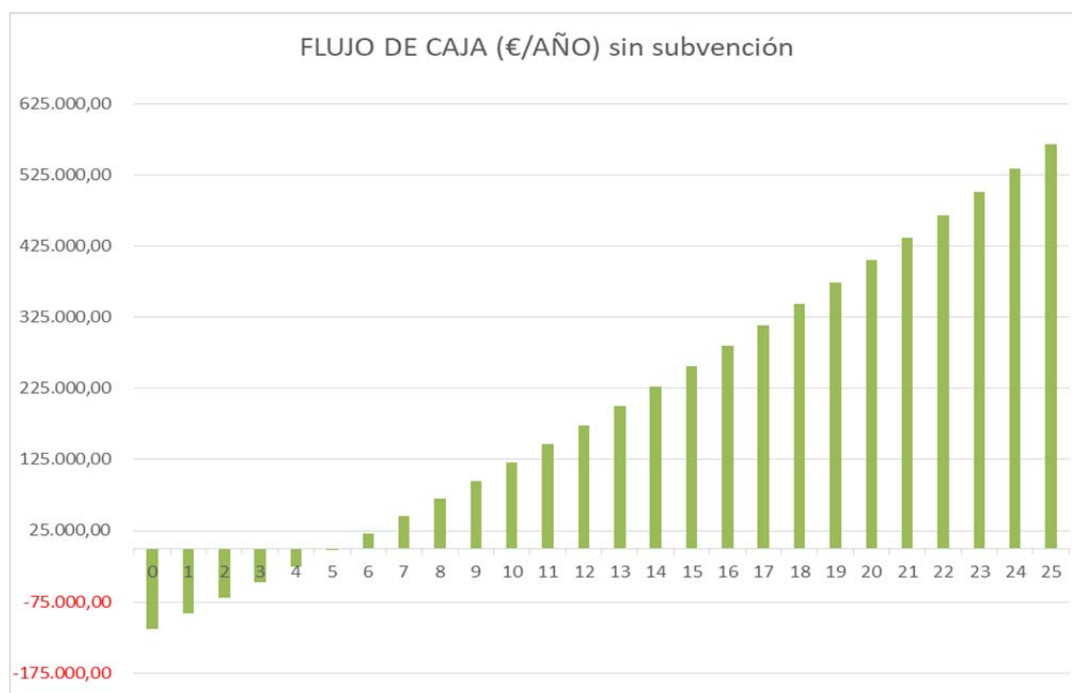


Figura 5.9.- Flujos de Caja obtenidos según los Datos 1 sin subvención pública

Teniendo en cuenta los datos anteriores y los datos de la opción Datos 2 del apartado 4.2, nos encontramos que la amortización de la instalación será aproximadamente de 6 años:

Conceptos	Situación Actual	Situación Futura
Inversión (€)^(5.1)	0,00	130.815,00
Consumo (kWh)	1.510.865,00	1.266.005,00
Coste Término Energía (€/año)	109.924,79	89.962,18
Ahorro Total (€/año)	0,00	43.293,48
Ahorro Término Energía (€/año)	0,00	19.962,18
Ahorro por Exceso de Potencia (€/año)	0,00	0,00
Ahorro Impuesto Eléctrico (€/año) ^(5.2)	0,00	1.020,63
Ahorro Término de Potencia (€/año) ^(5.3)	0,00	2.994,39
Mantenimiento (€/año)	0,00	1.652,00
VAN (tasa de descuento de 8%) sin subvención (€)		150.214,97
VAN (tasa de descuento de 8%) con subvención (€)		186.552,47
TIR sin subvención (%)		19,05
TIR con subvención (%)		26,64
LCOE sin subvención (€/kWh)		0,06
LCOE con subvención (€/kWh)		0,04
Amortización sin subvención (años)		6,55
Amortización con subvención (años)^(5.4)		4,96

Tabla 5.6.- Tabla de Amortización de la Inversión según Datos 2

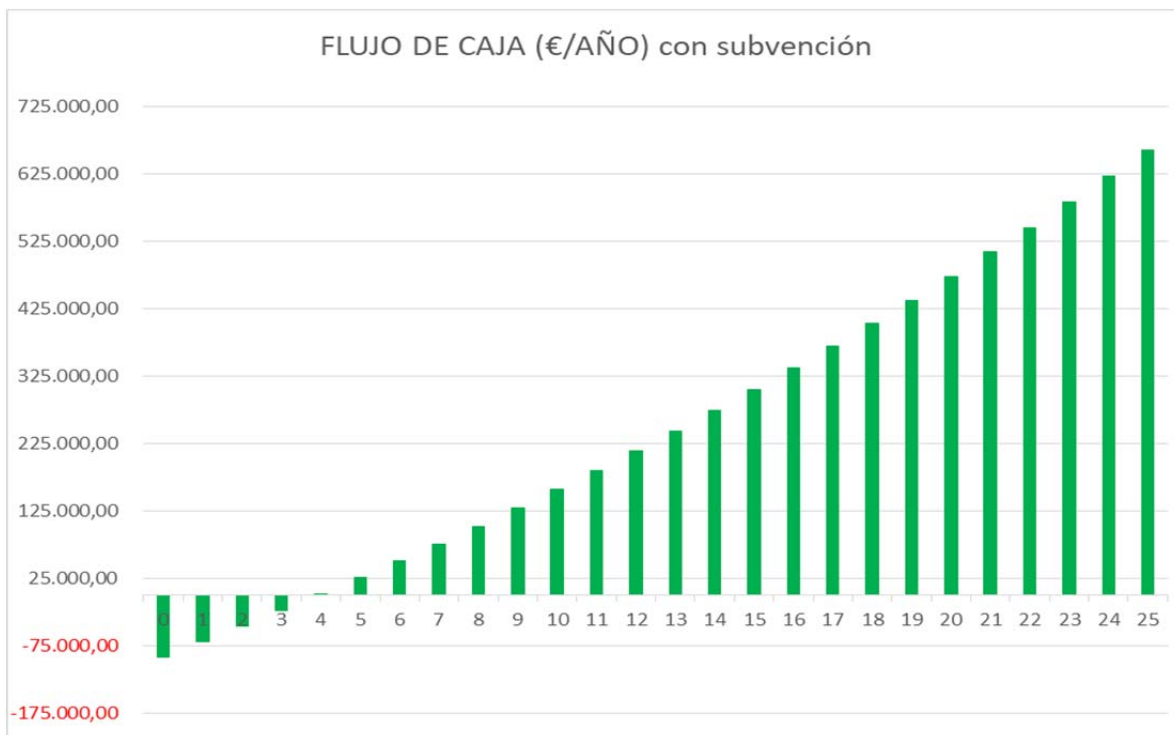


Figura 5.10.- Flujos de Caja obtenidos según los Datos 2 con subvención pública

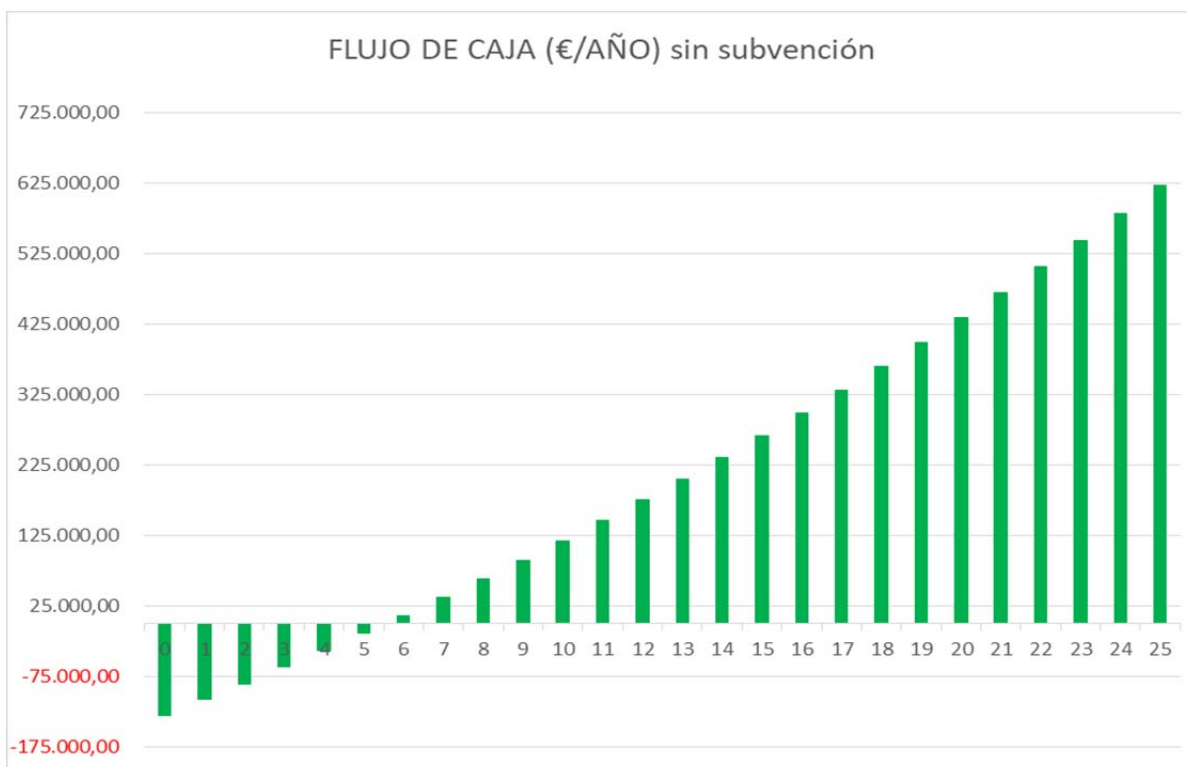


Figura 5.11.- Flujos de Caja obtenidos según los Datos 2 sin subvención pública

Es importante indicar que la instalación tiene una vida útil de **treinta (30) años**.

Notas:

(5.1) Este presupuesto es orientativo ya que será necesario analizar la resistencia de las estructuras existentes.

(5.2) El Ahorro del Impuesto Eléctrico se obtiene de multiplicar el Coste del Término de Energía por 0,0511269632.

(5.3) Se ha estimado que se producirá un ahorro por la reducción de la potencia contratada de en torno un 15% del ahorro en energía y ahorro económico. Dicha cantidad se tendrá que evaluar con el Cliente por procesos de producción.

(5.4) Se plantea una subvención a fondo perdido del 30%.

5.3.2 Cálculos Justificativos de la Instalación

En este apartado se presentan las principales formulas y ecuaciones necesarias para calcular, al menos de forma preliminar, una Central Solar Fotovoltaica.

5.3.2.1 Cálculo de Sombras

Para poder estimar el número de paneles que caben en la cubierta y poder hacer la implantación de los mismos que se muestra en el plano del Anexo II del presente documento, hay que tener en cuenta las dimensiones de los mismos, para ver cuantos caben a lo largo y a lo ancho de la cubierta, y las sombras que ejercen las cubiertas (pues son a dos aguas) y las que se ejercen los paneles entre sí.

Por ello, se calcula la distancia entre paneles y la distancia entre el fin de una cubierta y la primera fila de paneles de la cubierta contigua usando el método del solsticio de invierno.

Dicha distancia "d", viene marcada por la latitud del lugar de instalación, ya que en función de este parámetro varía el ángulo de incidencia solar. Esta distancia deberá garantizar un mínimo de cuatro horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Para ello se utiliza la siguiente expresión [20]:

$$d = \frac{h}{\tan (61 - \text{latitud})} = k * h$$

Siendo:

- h: altura máxima del obstáculo (panel, agua de la cubierta, etc).

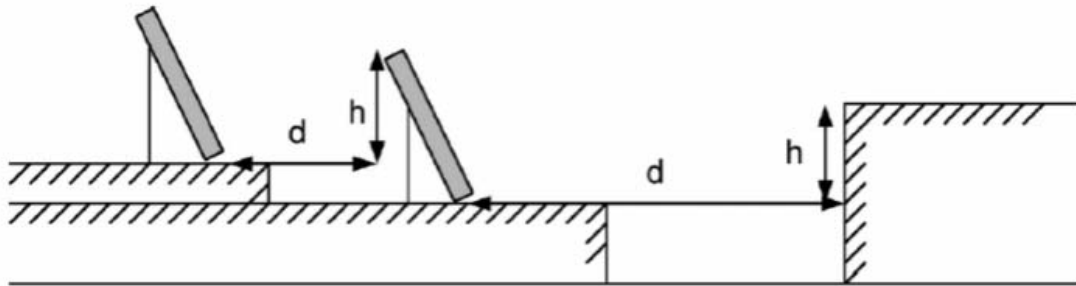


Figura 5.12.- Ilustración para el cálculo de sombras [20]

Si la altura corresponde con la altura de la fila de paneles anterior, esa altura se calcula como [20]:

$$h = A * \text{seno } \alpha$$

Siendo:

- A: longitud del panel.
- α : ángulo de inclinación del panel.

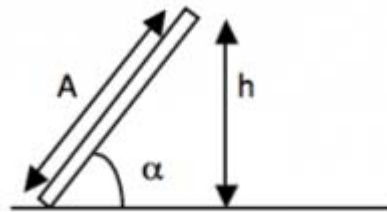


Figura 5.13.- Dimensiones de un panel fotovoltaico [20]

5.3.2.2 Configuración de la Central

El generador fotovoltaico, tal como se ha mencionado anteriormente, se divide en cuatro grupos de strings de 34,425 kWp.

Cada uno de los grupos se configura en 4 strings en paralelo de 18 módulos cada uno, conectados en serie entre sí. Cada grupo tiene que contar con un cuadro de protección en corriente continua.

La instalación propuesta es de 132 kW nominales de generación en autoconsumo, la solución propuesta es subdividir la instalación en cuatro de 33 kW cada una, así alcanzamos los 132 kW. El estudio lo haremos en base a una de estas cuatro plantas de 33 kW.

El estudio lo hemos realizado sobre un campo generador para un inversor de 33 kW y extrapolamos los resultados a los otros tres, ya que son exactamente iguales.

Conociendo el rango de tensiones en el que el inversor trabaja con seguimiento del punto de máxima potencia, en este caso entre 300 V y 820 V, para el inversor de 33 kW se determina el número de paneles en serie (NPS), para esto se tienen las dos ecuaciones siguientes:

$$NPS \cdot V_{minp} > 300 \text{ V}$$

$$NPS \cdot V_{maxp} < 820 \text{ V}$$

Donde V_{minp} y V_{maxp} es la tensión mínima y máxima respectivamente que alcanza el módulo en Sevilla.

La temperatura máxima y mínima del panel se determina con un nivel de irradiancia de 1000 W/m² y 100 W/m² respectivamente, con la temperatura ambiente máxima y mínima alcanzable en la localidad, que en este caso, Sevilla, son 45 °C y 3° C, esta será:

$$T_{MAXPFV} = T_{amb} + \frac{T_{ONC}-20}{800} \times I = 75^{\circ}\text{C}$$

$$T_{MINPFV} = T_{amb} + \frac{T_{ONC}-20}{800} \times I = 6^{\circ}\text{C}$$

Son estas dos temperaturas las que determinan los valores de tensiones máximas y mínimas de los paneles fotovoltaicos, que serán:

$$V_{maxp} = V_{mp} + \frac{\partial V_{mp}}{\partial T} \times (T_{MIN_panel} - 25) = 43,15\text{V}$$

$$V_{minp} = V_{mp} + \frac{\partial V_{mp}}{\partial T} \times (T_{MAX_panel} - 25) = 33,14\text{V}$$

Luego las condiciones para determinar el número de paneles en serie son:

$$NPS > \frac{300}{V_{minp}} \Rightarrow NPS > 9,05$$

$$NPS < \frac{820}{V_{maxp}} \Rightarrow NPS < 19,00$$

El número total de paneles (NTP) se puede conocer debido a que la potencia del generador fotovoltaico está fijada (34,425 kWp), y la potencia de los módulos es de 450 Wp.

$$NTP = \frac{34.425}{450} = 76,5$$

Además el NPP debe cumplir que multiplicado por la intensidad de cortocircuito de cada módulo sea inferior a la intensidad máxima admisible por el inversor, en este caso, 40 A.

$$NPP = 11,53 \Rightarrow NPP < 40$$

Para determinar la configuración de los paneles se tienen que cumplir que el NPP y NPS deben ser números enteros así como las siguientes ecuaciones:

$$9,05 < NPS < 19,00$$

$$NPP < 11,53$$

$$76,5 = NPS \cdot NPP$$

La solución de este sistema de ecuaciones no es única, y por tanto se selecciona la de máximo rendimiento que corresponde a:

NPS = 18

NPP = 4

Haciendo lo mismo en los 4 grupos tendríamos en total 304 paneles y la planta es de 306 paneles. Los dos paneles que faltan se pueden conectar a cualquiera de los 4 grupos (un panel a un grupo y el restante a otro grupo).

6 ALCANCE DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

A continuación, se desglosa todo lo que se ha de realizar para una instalación de este tipo.

6.1 Estudios, Ingeniería y Tramitación

Según el R.D. 244/2019, del 5 de abril y El Manual de la Secretaría General de Industria, Energía y Minas para la Tramitación Administrativa de las Instalaciones de Generación de Energía Eléctrica en Régimen de Autoconsumo en la Comunidad Autónoma de Andalucía, para una instalación de las características de la instalación que se estudia en el presente Proyecto es necesario realizar:

- Solicitud de Reconocimiento en Régimen Especial;
- Redacción Proyecto de Ejecución;
- Solicitud de Autorización Administrativa;
- Solicitud de Aprobación de Proyecto de Ejecución;
- Solicitud de inscripción en el Registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica
- Solicitud de licencia de obras y actividad;
- Notificación al REIA;
- Acta de puesta en servicio de la instalación;
- Certificado de la instalación;
- Inspección inicial por OCA;
- Certificado Final de Obra;
- Certificado de encargado de la lectura;
- Inscripción definitiva en el registro de las instalaciones de autoconsumo de energía eléctrica;
- Solicitud de Licencia de Apertura; y
- Otras tramitaciones que puedan surgir.

6.2 Instalación, Puesta en Marcha y Legalización de la Central

Para una correcta ejecución de la Central será necesario llevar a cabo:

- Dirección de obra;
- Suministro y montaje de estructura soporte. Se incluyen herrajes, posicionamiento y fijación;
- Montaje y conexionado de módulos fotovoltaicos e inversores;
- Suministro y montaje de elementos de maniobra y protección, cajas de conexiones, cuadro de contadores, cableado y material eléctrico necesario para las Centrales propuestas;
- Suministro y montaje monitorización de la Central;
- Tramitación y Legalización de la Central;
- Notificación al REIA; y
- Acta de puesta en servicio de la instalación;
- Solicitud del Certificado de encargado de la lectura;
- Inscripción definitiva en el registro de las instalaciones de autoconsumo eléctrico;
- Solicitud de Licencia de Apertura.

6.3 Programa de Ejecución

El plazo de ejecución del proyecto se estima entre cuatro y seis meses, siendo dicho período variable dependiendo del período de tramitación de licencia de construcción y demás permisos. En este sentido, el proyecto lo dividiremos en una serie de fases que se describen a continuación en los hitos del proyecto [19].

El proyecto se desarrollará mediante actuaciones y por cada actuación se definirán las principales tareas que a continuación se describen y cuyo período de ejecución se establece en Cronograma 7.1.

No obstante, el período de ejecución dependerá del tipo de proyecto a ejecutar y los plazos propuestos por el Cliente.

Se establecen como Hitos (“H”) del Proyectos:

- (Hito H.1) Firma del Contrato de Servicio;
- (Hito H.2) Entrega de Informe de Progreso Mensual;
- (Hito H.3) Entrega del Cálculo Justificativo Estructura;
- (Hito H.4) Entrega del Proyecto de la Central;
- (Hito H.5) Obtención de la Licencia de Obra;
- (Hito H.6) Entrega de última Certificación de Obra;
- (Hito H.7) Entrega del Proyecto “as built” y Certificado Fin de Obra;

(Hito H.8) Inscripción en el Registro de Instalación de Autoconsumo;

(Hito H.9) Devolución de Aval (si procede).

En el siguiente programa de actividades se establecen los plazos de ejecución de cada una de las actividades y tareas anteriormente definidas.

Actividades / Meses	01	02	03	04	05	06
A0: Coordinación Proyecto	1XXX	XXX2	XXX2	XXX2	XXX2	XXX2
A1: Tramitación Administrativa	XXXX	XXXX			XXXX	XXXX
T11: Tramitación administrativa licencia de obra	XX	XXX5				
T12: Gestión de impuestos sobre construcción instalaciones y obras		XX				
T13: Otras tramitaciones y licencias		XXXX				
T14: Inscripción registro instalación autoconsumo					XX10	
T15: Gestión devolución aval						XX12
A2: Ingeniería	XXXX	XXXX				
T21: Proyecto de Ingeniería	XXXX	XXX4				
T22: Cálculo Justificativo de resistencia estructural	XXX3					
A3: Suministro y montaje de estructura			XXXX			

Actividades / Meses	01	02	03	04	05	06
T31: Suministro estructuras			XXXX			
T32: Montaje estructuras			XXXX			
A4: Módulos fotovoltaicos e inversores			XXXX	XX		
T41: Suministro de módulos fotovoltaicos			XXXX	XX		
T42: Suministro de inversores						
A5: Ejecución de obra			XXXX	XXXX		
T51: Obra civil (zanjas canalizaciones y arquetas)			XX			
T52: Montaje de paneles			XXXX	XXXX		
T53: Montaje de inversores			XX	XXXX		
T54: Instalación eléctrica hasta entrada a inversores			XXXX	XX		
T55: Suministro materiales			XXXX			
T56: Instalación eléctrica hasta cuadro y conexión red interna				X6		
A6: Dirección de Obra y Puesta en Marcha			XXXX	XXXX	XXXX	
T61: Dirección facultativa			XXXX	XXXX	XXXX	

Actividades / Meses	01	02	03	04	05	06
T62: Proyecto "as Built"					XXXX	
T63: Coordinación seguridad y salud			XXXX	XXXX	XXXX	
T64: Certificado final de obra					X7	
A7: Telemonitorización				XXX		
T71: Suministro de equipos				X		
T72: Montaje equipamiento				XX		
A8: Trabajos de conexionado					XX	
T81: Cuadro general conexiones				X	X	
T82: Protecciones				XX	X	
T83: Equipos de medida					X	

Tabla 6.1.- Programa de Actividades

Nota 6.1.- Las (X) representan semanas laborables de trabajo; (número) hitos y entregables del proyecto y (>) Que la actividad continúa en el tiempo.

6.4 Valoración Económica de los Trabajos

La propuesta económica para el alcance descrito en la presente propuesta para los edificios bajo estudio será o de Ciento Doce Mil Novecientos Catorce Euros (112.914,00€), o de Ciento Treinta Mil Ochocientos Quince Euros (130.815,00 €), IVA no incluido, salvo error u omisión de la propuesta, para la Central de 137 kWp.

ID	Concepto (todas las partidas incentivables)	Importe (€)
01	Proyecto de Ingeniería	12.500,00 ⁴
02	Estudio Estructural	2.500,00 en caso de disponer proyecto estructural (en caso de ser necesario el levantamiento de planos se tendrá un sobrecoste de 600 €)
03	Centrales Solares Fotovoltaica 137,7 kWp	112.914,00 o 130.815,00
04	Refuerzo Estructural	No incluido en el precio.

Tabla 6.2.- Valoración económica de los trabajos

Nota:

6.2.- El precio de la Central Solar es estimado según experiencia e información aportada por empresas del sector. No obstante, dicho precio podrá variar debido al proyecto que finalmente se apruebe por parte del Cliente y las fluctuaciones de los precios de los equipos en el mercado, los cuales dependerá de la fecha de ejecución.

No se encuentra incluido:

- Visados de colegios profesionales.
- Proyectos de otras instalaciones.
- Reparación de cuadros eléctricos.
- Refuerzo de estructuras.
- Impuesto sobre el valor añadido.
- Pagos de tasas y licencias administrativas.
- Cualquier estudio o trabajo no incluido en el alcance de los trabajos definidos en la presente propuesta.
- Coordinador de seguridad y salud.

⁴ Según datos basados en la experiencia y en información aportada por empresas del sector

7 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se pretendía analizar la viabilidad económica de una Central Solar Fotovoltaica en las cubiertas de las naves de un Cliente del sector industrial y realizarle una breve propuesta técnica.

Para ello, primero se ha llevado a cabo una recopilación de los datos de consumo y facturación del cliente, pudiéndose observar cierto comportamiento estacional en el consumo. Luego, mediante la herramienta PVGIS, se ha calculado la producción horaria de energía que generaría una central en las cubiertas de las naves del Cliente, probando varias opciones de potencia. Con la obtención de los datos horarios, se ha podido calcular la producción de un día promedio de cada mes y, con ello, la producción mensual, observándose como los meses de abril a agosto son los meses de mayor producción.

A continuación, se han estudiado las cubiertas de las naves del Cliente, teniendo en cuenta las limitaciones que presentaban, para ver cuántos paneles y, por tanto, cuánta potencia se podía instalar. Así, se ha podido comprobar que con la superficie disponible no se podía cubrir completamente el consumo de energía eléctrica del Cliente con una Central Solar Fotovoltaica.

Para analizar la viabilidad económica de las instalaciones, se han partido de dos series de datos distintas de costes de construcción, tasa de descuento, costes de mantenimiento, etc.: los Datos 1 y los Datos 2. Se ha podido observar cómo, tanto partiendo de los llamados Datos 1 como de los llamados Datos 2, a medida que sube la potencia instalada, el VAN obtenido es mayor y por tanto la instalación de la central es más rentable. Esto es debido a que, aunque a mayor potencia la inversión inicial a realizar es mayor, la energía producida crece en mayor medida y, por tanto, los ahorros obtenidos también. Sin embargo, los demás indicadores calculados (TIR, Pay-Back y LCOE) se han mantenido constantes, debido a que el comportamiento de los Flujos de Caja y los Costes Variables de las distintas opciones calculadas era el mismo. Por tanto, se puede decir que a cuanto mayor potencia instalada, más rentable es la instalación de autoconsumo, siempre que sea una planta sin excedentes.

Es importante señalar que para instalaciones por encima de los 100 kW nominales, la normativa vigente saca a este tipo de instalaciones del mecanismo de compensación por excedentes simplificado. Esto quiere decir que, si hay excedentes, la venta de los mismos va a tener mayores costes asociados (impuestos, peajes, darse de alta como generador, etc.). Debido al gran consumo que tiene el Cliente y la potencia que se puede instalar en la superficie disponible, no va a haber excedentes (tal y como se puede comprobar en las gráficas de consumo horario y producción horaria del Anexo I del presente documento). Aun así, se ha supuesto que estas instalaciones siguen el mismo régimen retributivo que las de potencia nominales inferiores a los 100 kW.

Además, para ver cómo se comportan estos indicadores, se han analizado tres situaciones reales: la obtención de una subvención a fondo perdido del 30% del valor de la inversión inicial a realizar para instalar la Central Solar Fotovoltaica, la financiación de la Central Solar a través de un modelo de Renting, y la obtención de ahorros en el término de potencia en la facturación de electricidad. En los tres casos, los indicadores mejoraban haciendo el proyecto más estable. Esto es gracias a que con la subvención y el Renting, se consigue disminuir la inversión inicial a realizar (aunque con el Renting se compensa con un aumento de los costes durante los años que se tenga contratado el Renting), y que con los ahorros de potencia aumentan los Flujos de Caja positivos, lo que favorece al VAN. En estos casos, el indicador que menos se ha visto afectado ha sido el LCOE ya que la

introducción de estas tres situaciones no varía la producción fotovoltaica y, salvo el Renting, no modifican los costes que origina la Central. A su vez, se ha podido observar como el aumentar más los ahorros tiene un efecto más positivo en el VAN que disminuir la inversión inicial y que, sin embargo, el disminuir la inversión inicial tiene un efecto más positivo en la TIR y el Pay-Back.

Teniendo en cuenta las limitaciones de superficie originadas por las cubiertas de la nave, que solo permitían la instalación de 306 paneles fotovoltaicos y una potencia instalada de 137 kWp, con 4 inversores de 33 kW cada uno, se ha hecho un análisis de esa Central más en profundidad. Para ello, se ha empleado la herramienta PVSYST, que tiene en cuenta todos los parámetros que introducen los paneles y los inversores de la Central (pérdidas, rendimientos, orientación, organización de los paneles...), obteniéndose nuevos datos de producción para volver así hacer un estudio de viabilidad económica más preciso. Así, se ha obtenido una producción de 244.860,00 kWh, lo que origina unos ahorros de 23.977,63 € en el primer año de vida de la planta. El VAN obtenido para esta Central ha sido de 284.670,41 € partiendo de los Datos 1, y de 150.214,97 € partiendo de los Datos 2, valores que aumentaban al introducir la subvención del 30%. Además se obtiene una TIR del 20,57% con los Datos 1 y de 19,05% con Datos 2, además de un Pay-Back de 6,09 y 6,55 años respectivamente (con la obtención de la subvención el Pay-Back baja a 4,62 y 4,96 años) y un LCOE de 0,05 y 0,06 €/kWh respectivamente.

Luego se ha descrito el procedimiento administrativo necesario para realizar la instalación de esta Central, mencionando las actividades a realizar y el cronograma de las mismas. También se ha indicado una solución técnica preliminar, indicando el tipo de cableado más adecuado, un resumen de la puesta a tierra que se ejecutaría, la estructura soporte más indicada para este tipo de centrales, y las características que los módulos fotovoltaicos y los inversores deben tener, entre otras cosas.

Teniendo en cuenta los estudios realizados, y siendo consciente de que son aproximaciones, pues al depender este tipo de centrales de generación de las condiciones climáticas no se pueden hacer cálculos a priori muy exactos, la decisión de llevar a cabo o no la instalación de la Central Solar Fotovoltaica es decisión del Cliente. En caso de que el Cliente mostrara interés por la propuesta que aquí se evalúa, habría que estudiar la solución con mayor detalle, realizando el Proyecto de Ingeniería de la instalación, con mediciones en campo. Por tanto, los datos y precios establecidos en el presente documento son meramente orientativos.

Con la realización de este trabajo se ha podido observar como la potencia fotovoltaica ha sufrido demasiados altibajos a lo largo de los años, lo que hace necesario un desarrollo más estable a futuros, con una regulación específica y más flexible. También se ha podido comprobar la importancia de la aparición de una figura que ayude en la financiación de las Centrales, ya sea mediante subvenciones públicas o mediante entidades financieras con modelo de Renting, para así poder hacer más accesible a los consumidores industriales la posibilidad de instalar una Central de Autoconsumo en sus instalaciones.

Como trabajos futuros, se podría estudiar qué pasaría si en la nave estudiada se pudiese instalar una nave que provocara excedentes, analizando como varía la rentabilidad económica en ese caso. También se podría realizar una serie de propuestas para mejorar y agilizar la tramitación necesaria, mediante la digitalización de los procesos, y proponer mejoras para la regulación de este tipo de instalaciones. Por último, el trabajo a futuro más lógico a realizar sería dar el siguiente paso del estudio realizado, y llevar a cabo el Proyecto de Ejecución de la Central Solar Fotovoltaica.

8 REFERENCIAS

- [1] Iñaki de las Rivas Villarroya, (2019) *Promoción de un Parque Solar Fotovoltaico y Estudio de su Viabilidad Económica*. Universidad Politécnica de Madrid.
- [2] Red Eléctrica de España. (2019) *El Sistema Eléctrico Español. Comprometidos con la energía inteligente*.
- [3] Gómez-Expósito, A., Conejo, A.J., Cañizares, C., editors. (2009) *Electric energy systems: Analysis and Operation*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [4] <https://www.esios.ree.es/es/mapas-de-interes>
- [5] <https://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>
- [6] European Commission. External Costs. Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport.
- [7] Unión Española Fotovoltaica, UNEF, (2020) *El Sector Fotovoltaico Hacia Una Nueva Era. Informe Anual UNEF 2020*.
- [8] José Luis Martínez Ramos, "Tema 1: Tecnologías de generación", Programación de la Generación y Mercados de Energía Eléctrica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Sevilla.
- [9] <https://ecovive.com/centrales-segun-la-afluencia-del-caudal/>
- [10] Juan Manuel Roldán Fernández, "Tema 1: Introducción", Generación Eléctrica Renovable, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Sevilla.
- [11] Roldán Fernández, J.M., Burgos Payán, M., Riquelme Santos, J.M., (2020). Profitability of household photovoltaic self-consumption in Spain, 23(4). www.elsevier.com/locate/jclepro
- [12] Junta de Andalucía, Manual de la Secretaría General de Industria, Energía y Minas para la Tramitación Administrativa de las Instalaciones de Generación de Energía Eléctrica en Régimen de Autoconsumo en la Comunidad Autónoma de Andalucía, Junio de 2019.
- [13] https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_netto
- [14] <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-netto.html>
- [15] https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_interna_de_retorno

-
- [16] <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- [17] <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>
- [18] <https://www.energyavm.es/que-es-el-levelized-cost-of-energy-lcoe/>
- [19] Francisco José Ibáñez de Navarra Quintero, (2019) *Proyecto de Ejecución y Detalle de Planta Fotovoltaica de Autoconsumo de 100 kW en Fábrica de Pan Portillo (Sevilla)*
- [20] <https://tecnosolab.com/noticias/distancia-entre-filas-de-paneles-solares/>
- [21] <https://selectra.es/autoconsumo/info/normativa/impuesto-sol>
- [22] IDEA, (2019) *Guía IDEA 021: Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo (edición v2.1)*.

ANEXO I. GRÁFICAS Y TABLAS DE CONSUMO Y PRODUCCIÓN

En este anexo se presentan las gráficas de consumo horario promedio de la nave del Cliente, las tablas de producción de un día promedio de cada mes para las distintas potencias fotovoltaicas probadas, y las gráficas de producción horaria mensual para cada potencia probada en el apartado 4.2.3. del presente proyecto.

Gráficas de consumo horario

En las siguientes gráficas se representan el consumo horario promedio para un día promedio de cada mes:

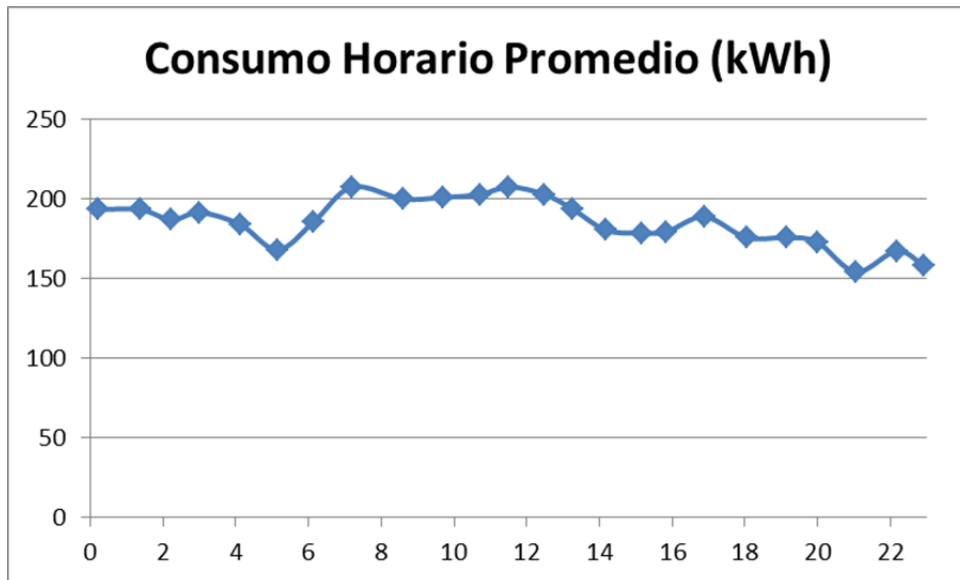


Figura I.1. Consumo horario promedio mes de enero.

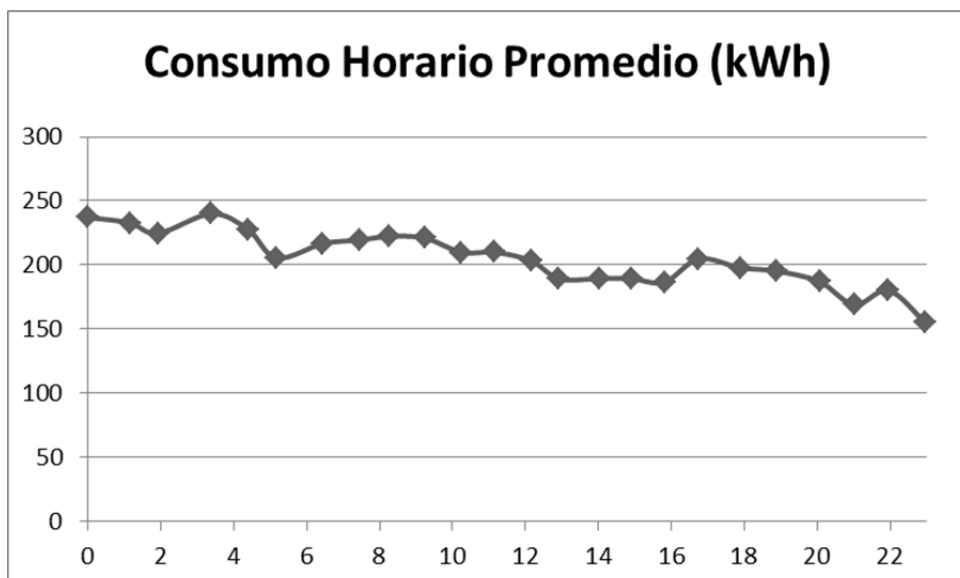


Figura I.2. Consumo horario promedio mes de febrero.

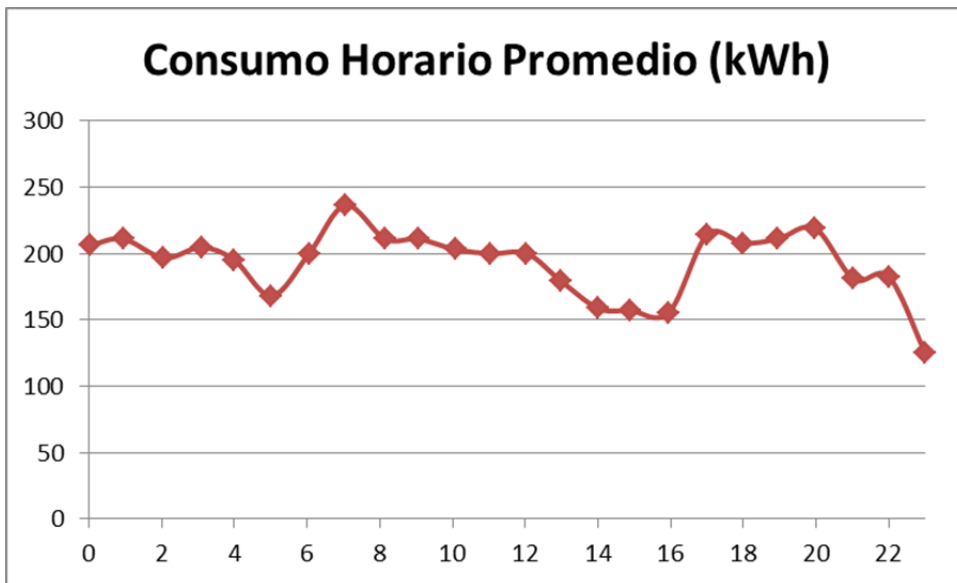


Figura I.3. Consumo horario promedio mes de marzo.

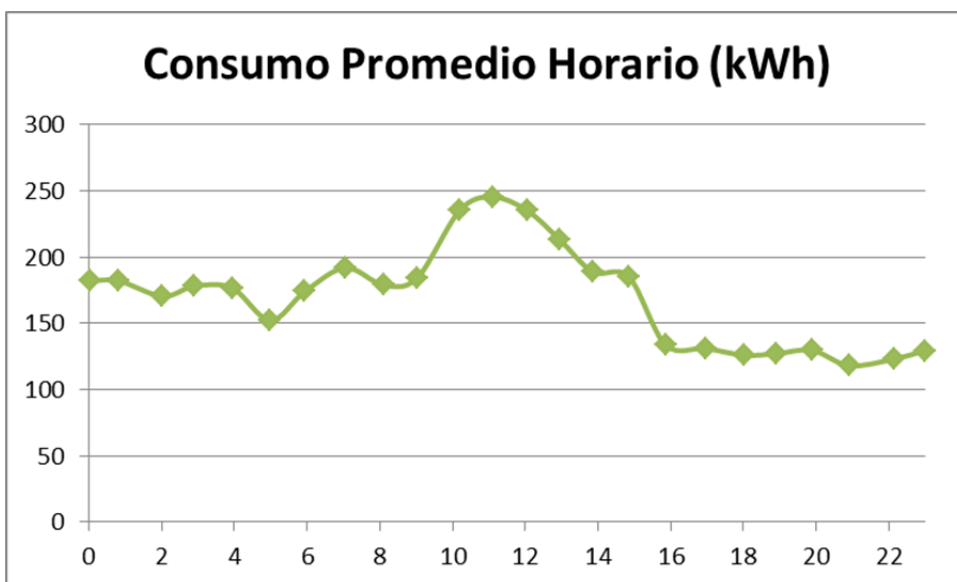


Figura I.4. Consumo horario promedio mes de abril.

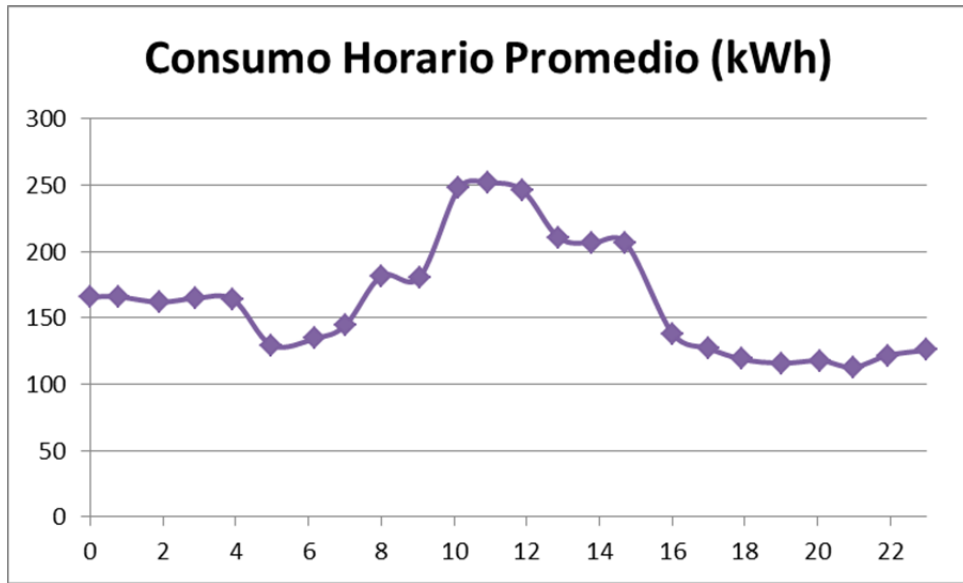


Figura I.5. Consumo horario promedio mes de mayo.

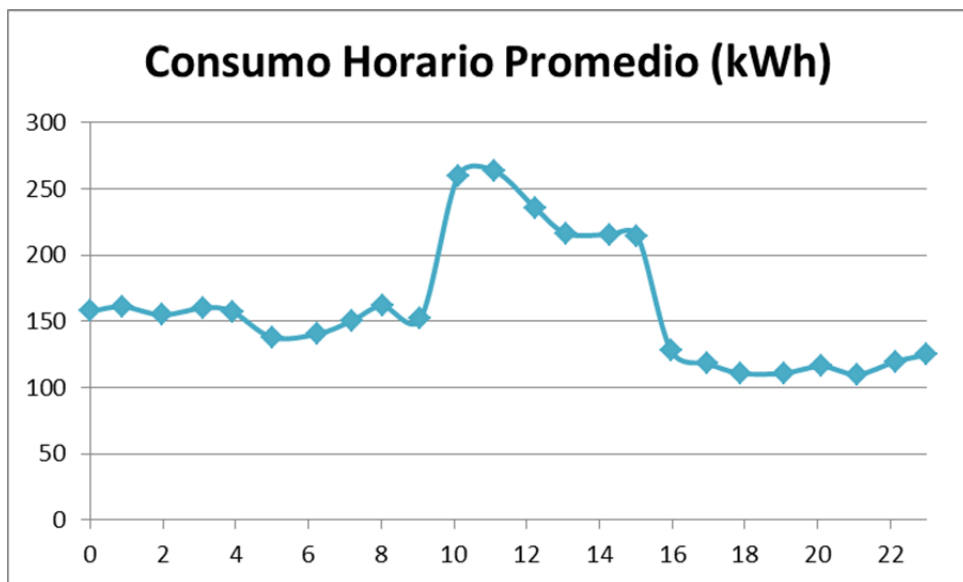


Figura I.6. Consumo horario promedio mes de junio.

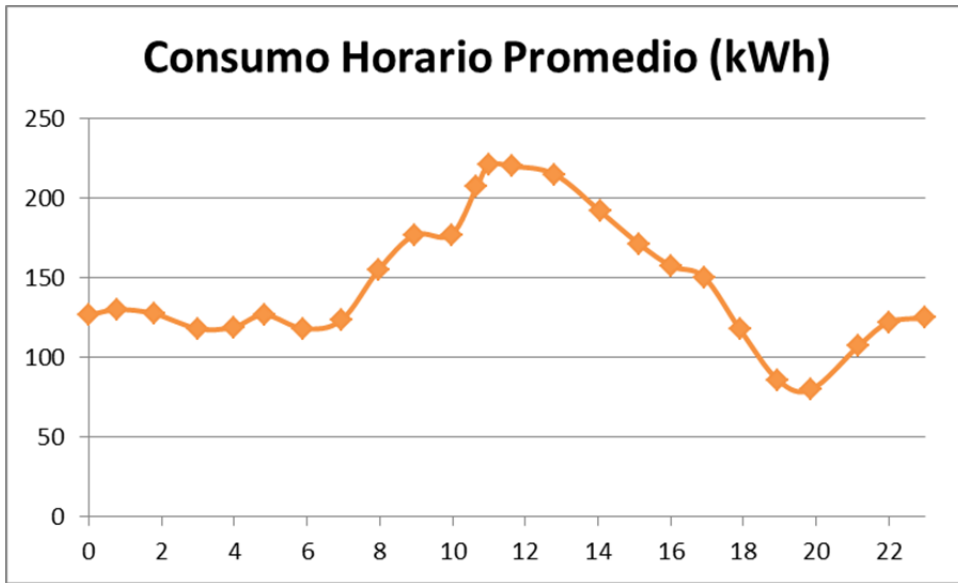


Figura I.7. Consumo horario promedio mes de julio.

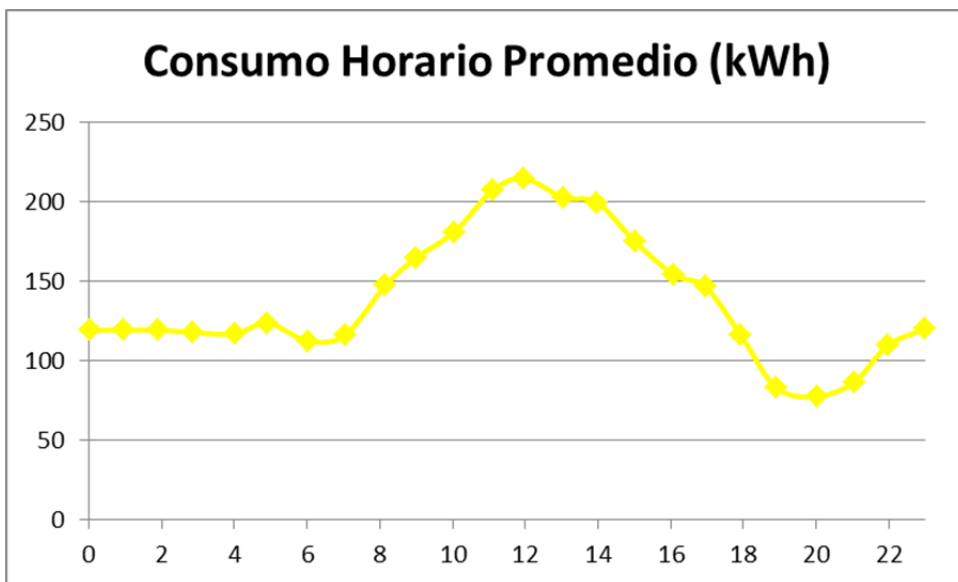


Figura I.8. Consumo horario promedio mes de agosto.

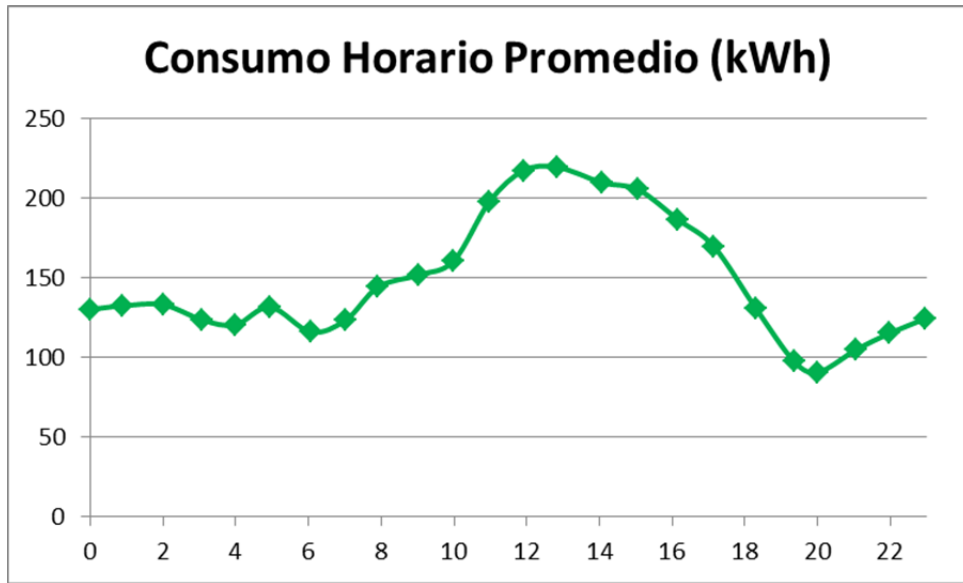


Figura I.9. Consumo horario promedio mes de septiembre.

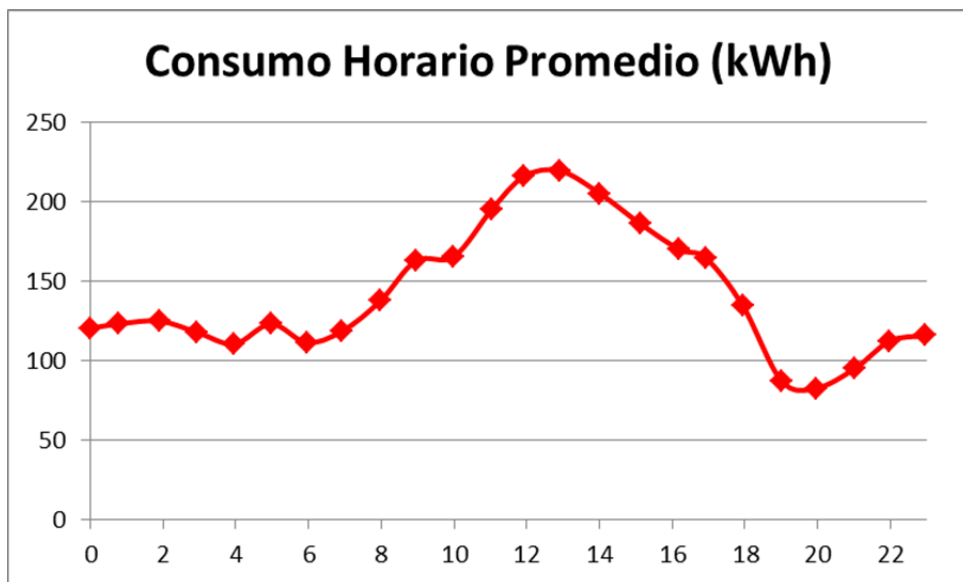


Figura I.10. Consumo horario promedio mes de octubre.

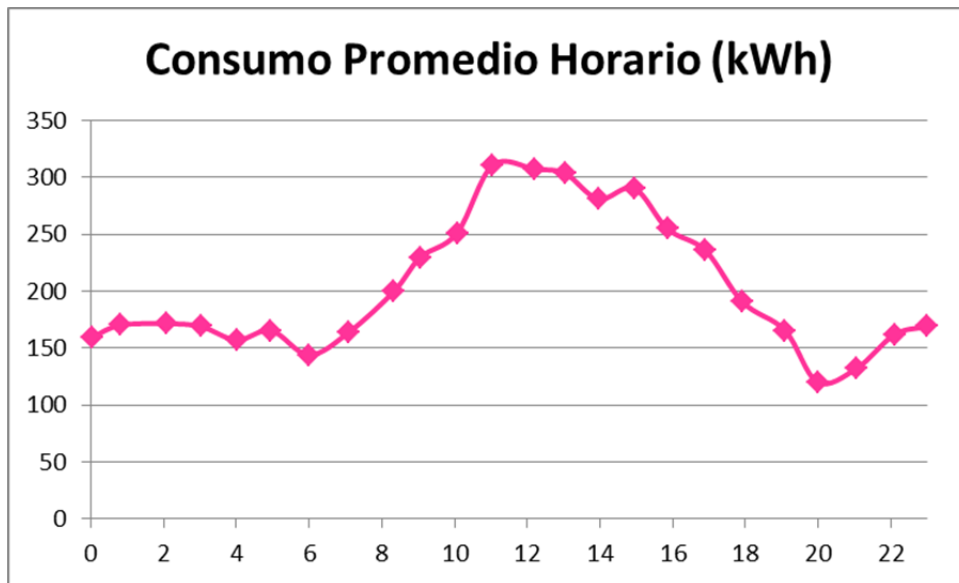


Figura I.11. Consumo horario promedio mes de noviembre.

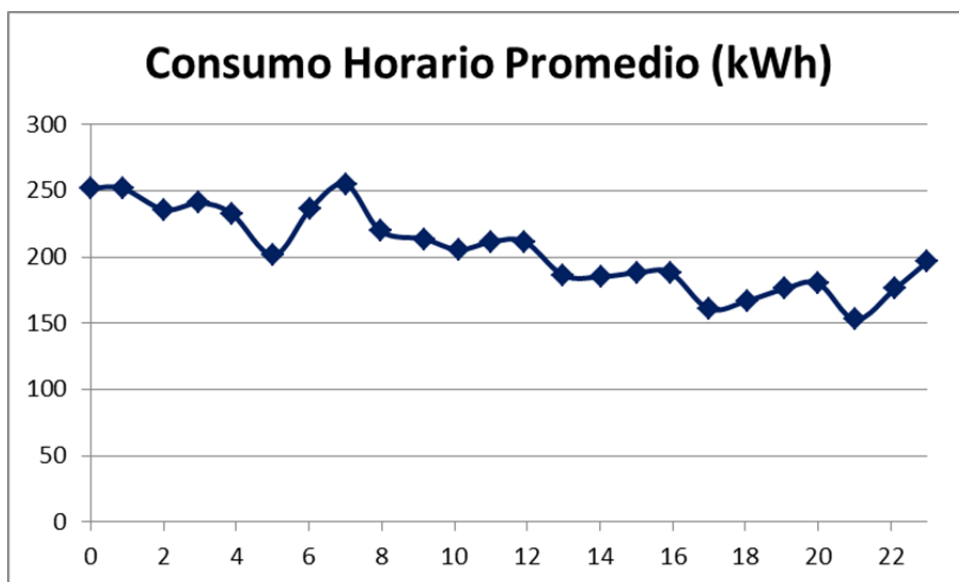


Figura I.12. Consumo horario promedio mes de diciembre.

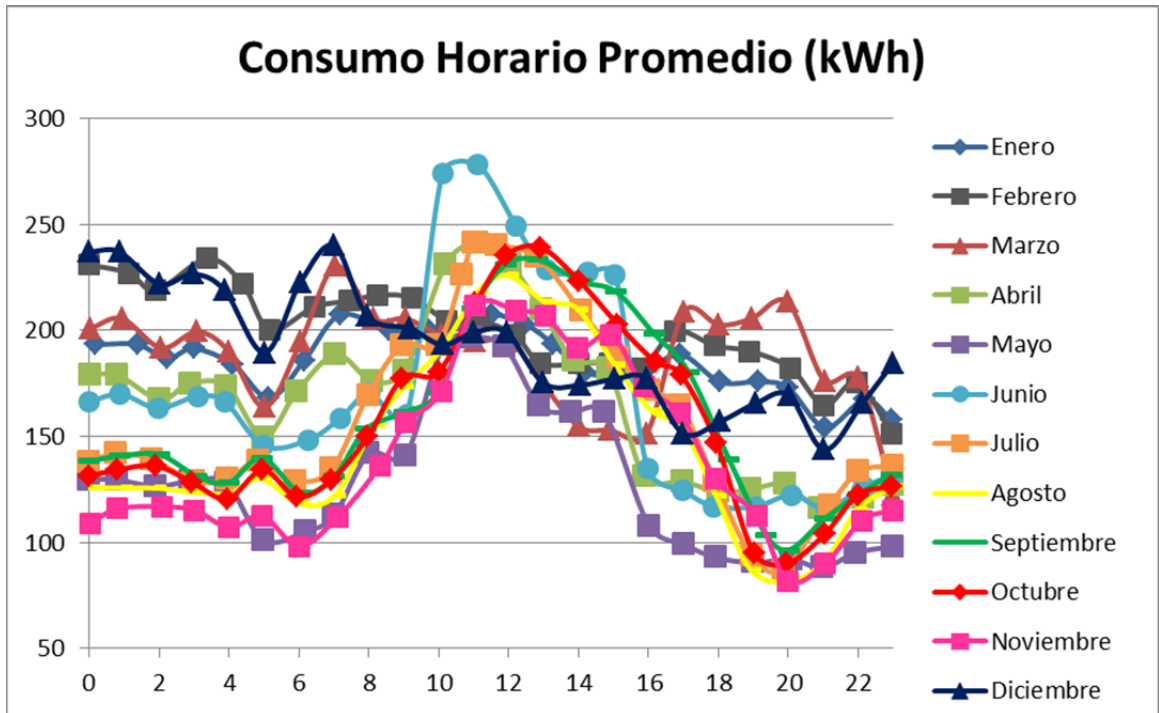


Figura I.13. Consumo horario promedio todos los meses.

Tablas de producción de un día promedio

En las siguientes tablas se representan la producción horaria de un día promedio calculada a partir de los datos delm PVGIS, para cada mes y cada opción de potencia fotovoltaica:

Central de 25 kWp

Producción Horaria (kWh)												
Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0,13183767	0,89470484	1,11167233	0,72302032	0,19384516	0	0	0	0
7:00	0	0	0,88946194	2,865349	4,28365097	5,003233	4,23516	3,36425645	2,28989067	0,93360387	0,009635	0
8:00	0,870683871	2,36950379	5,73207258	7,21828767	7,6616129	9,21281733	8,88462645	8,26436419	7,18120133	5,18310355	3,414533	1,53565516
9:00	4,577043226	6,28787793	10,5300803	10,32097	10,9319545	13,4090373	12,7285919	12,4860477	11,0536613	9,03670484	7,13236433	6,02335355
10:00	7,505503226	9,96496552	14,65784	13,4978923	13,7740442	16,4532313	15,7136552	15,7728497	14,6453663	11,0832284	10,319677	9,53648452
11:00	9,563659677	12,0543693	17,611939	14,1535963	14,2308713	18,357638	17,459901	17,7730232	16,6990317	13,6168848	12,7158613	11,8816616
12:00	10,87084	12,8389838	17,3899587	15,487391	16,1141316	18,6262943	18,491759	18,6636894	18,139951	13,5853845	12,983704	12,015669
13:00	10,43248323	12,8484376	16,7288739	13,938078	15,7258406	18,2104953	18,2125284	18,2295252	17,038669	13,2681329	12,0128233	11,8254903
14:00	8,130845806	10,79853	15,6994535	13,3788893	14,1787632	17,0411633	16,9836539	16,7401165	15,7466733	11,9984271	9,74216067	10,1817268
15:00	6,388435806	8,56675724	13,0472916	10,5229997	12,8978474	14,4149713	14,4447697	14,2889113	12,860198	8,91222323	7,22312633	7,19095032
16:00	4,180590323	5,88184552	9,10552484	8,61974433	9,48615774	11,261493	11,4470106	10,7149255	8,583045	5,38523935	3,248895	3,68280097
17:00	0,405605806	2,25105517	4,09725903	4,92497033	5,65457935	7,23573433	7,35722161	6,25765613	3,94913367	1,31268387	0,00544333	0
18:00	0	0	0,28366194	1,162324	1,99802613	2,846785	2,86115097	1,82286161	0,30024133	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0,09297161	0,411038	0,36286355	0,02971968	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla I.1. Producción horaria día promedio de cada mes. Central de 25 kWp.

Gráficas de producción horaria mensual

En las siguientes ráficas se representan la producción horaria mensual de un día promedio calculada con el software PVGIS, para cada mes y cada opción de potencia fotovoltaica:

Central de 25 kWp

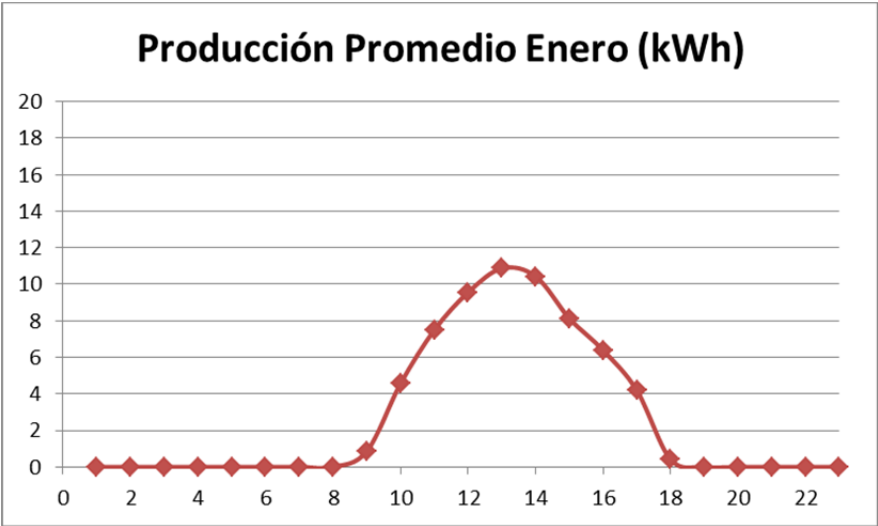


Figura I.14. Producción horaria día promedio de enero.Central de 25 kWp.

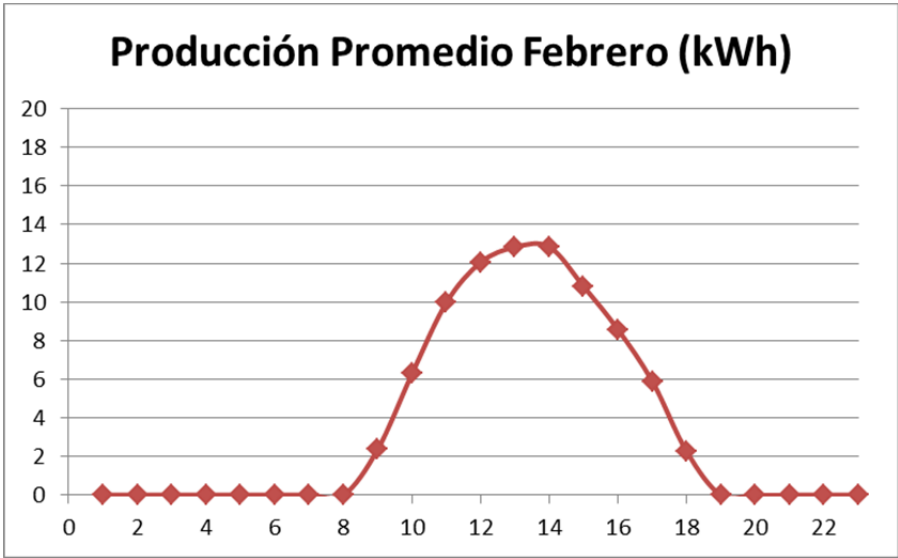


Figura I.15. Producción horaria día promedio de febrero.Central de 25 kWp.

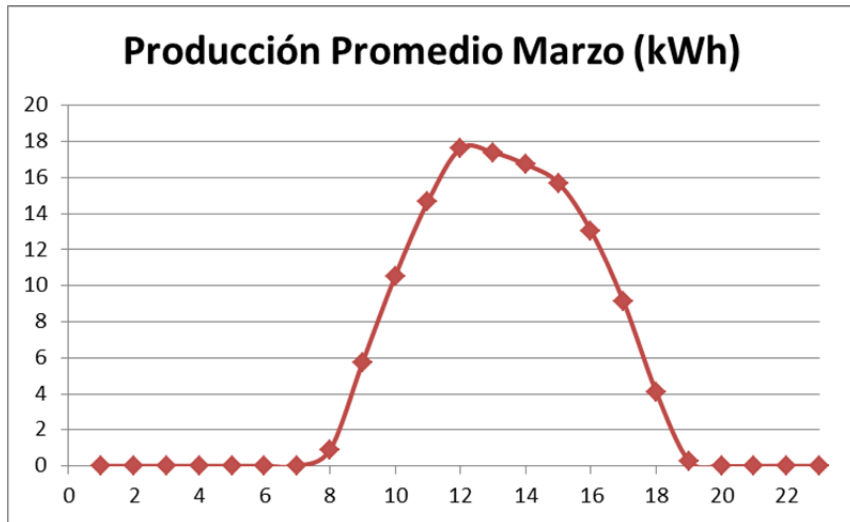


Figura I.16. Producción horaria día promedio de marzo. Central de 25 kWp.

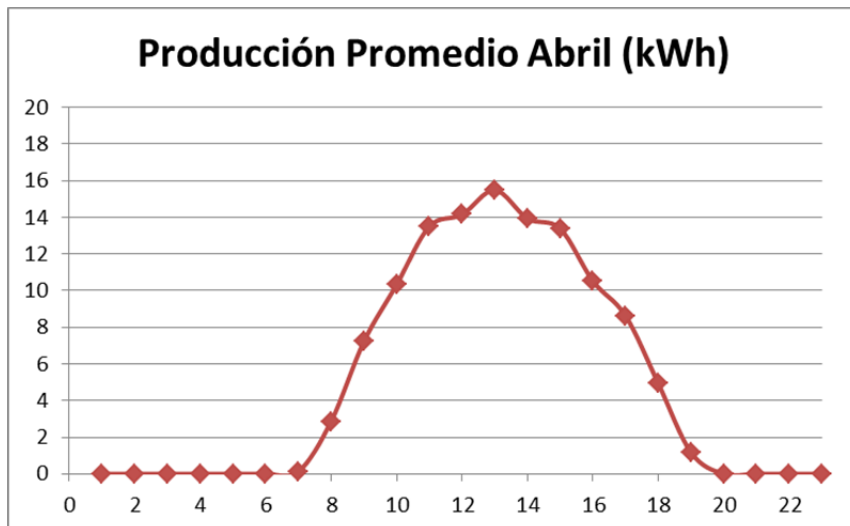


Figura I.17. Producción horaria día promedio de abril. Central de 25 kWp.

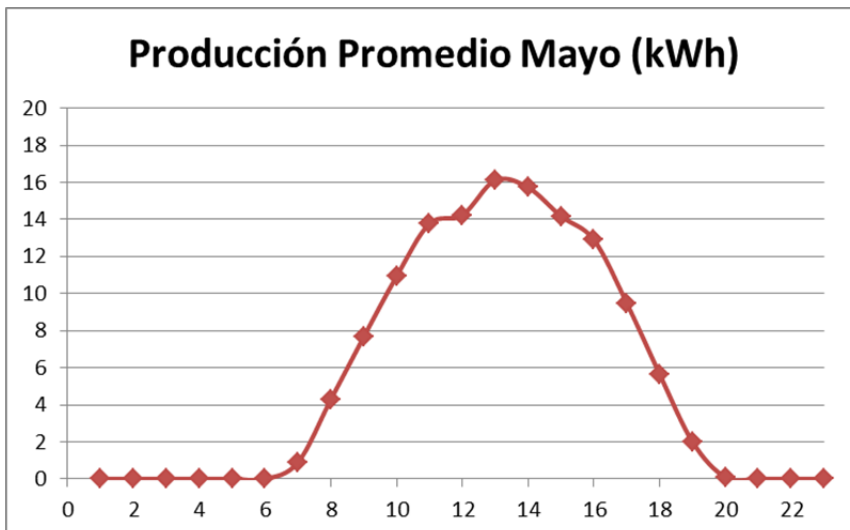


Figura I.18. Producción horaria día promedio de mayo.Central de 25 kWp.

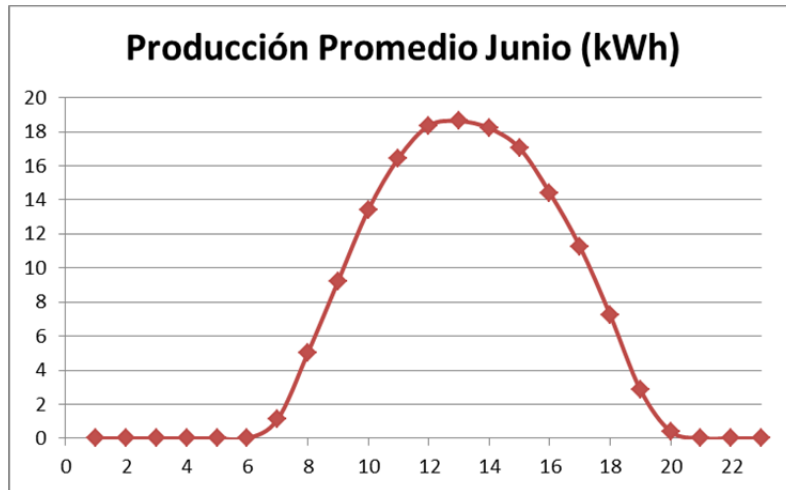


Figura I.19. Producción horaria día promedio de junio.Central de 25 kWp.

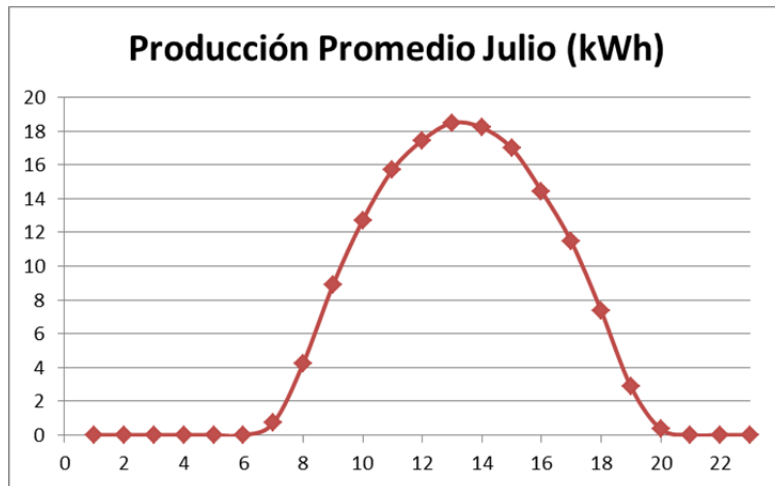


Figura I.20. Producción horaria día promedio de julio.Central de 25 kWp.

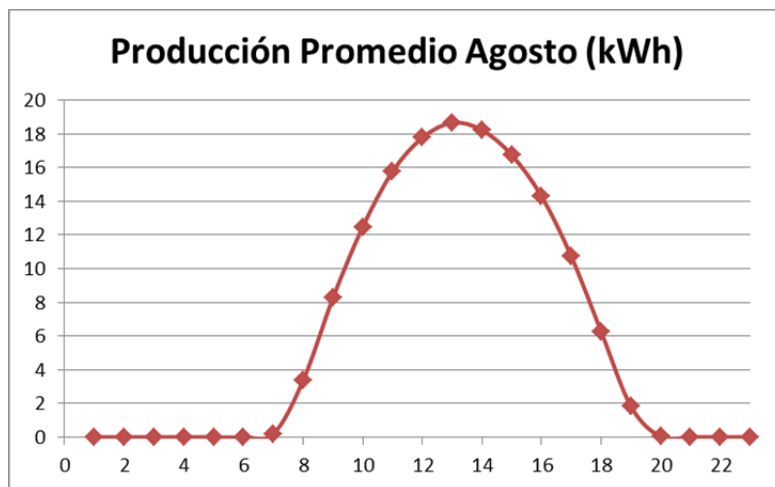


Figura I.21. Producción horaria día promedio de agosto.Central de 25 kWp.

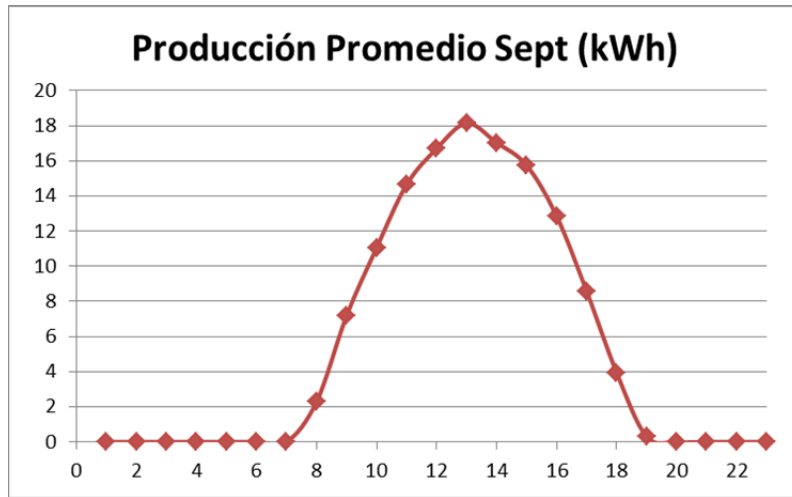


Figura I.22. Producción horaria día promedio de septiembre. Central de 25 kWp.

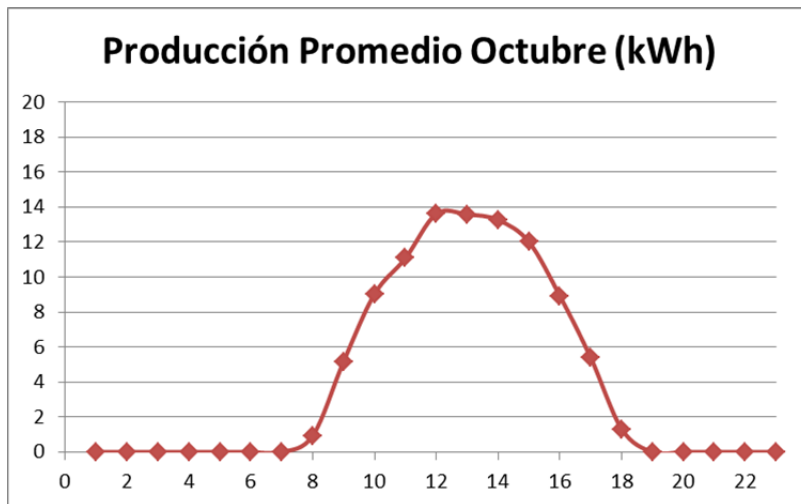


Figura I.23. Producción horaria día promedio de octubre. Central de 25 kWp.

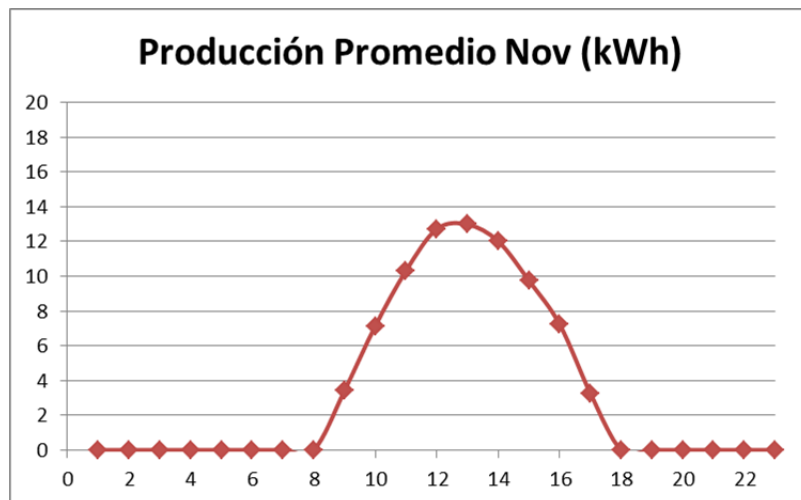


Figura I.24. Producción horaria día promedio de noviembre. Central de 25 kWp.

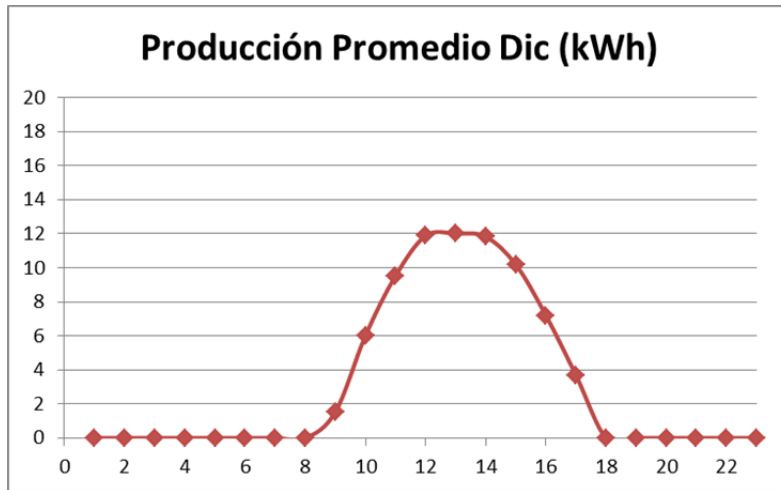


Figura I.25. Producción horaria día promedio de diciembre.Central de 25 kWp.

Central de 50 kWp

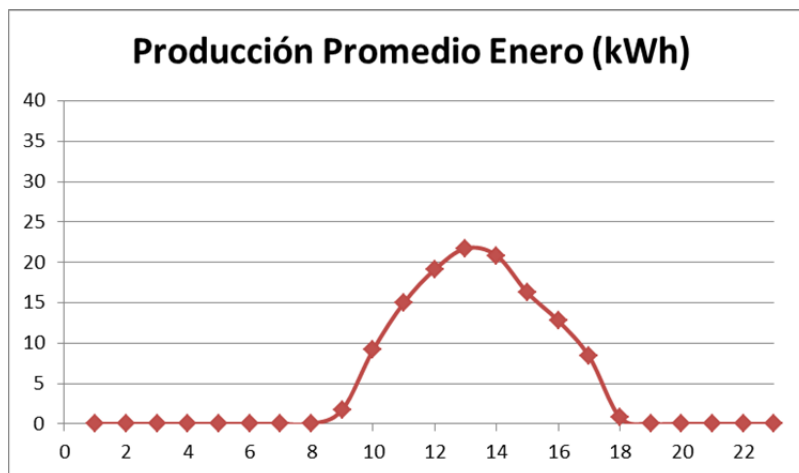


Figura I.26. Producción horaria día promedio de enero.Central de 50 kWp.

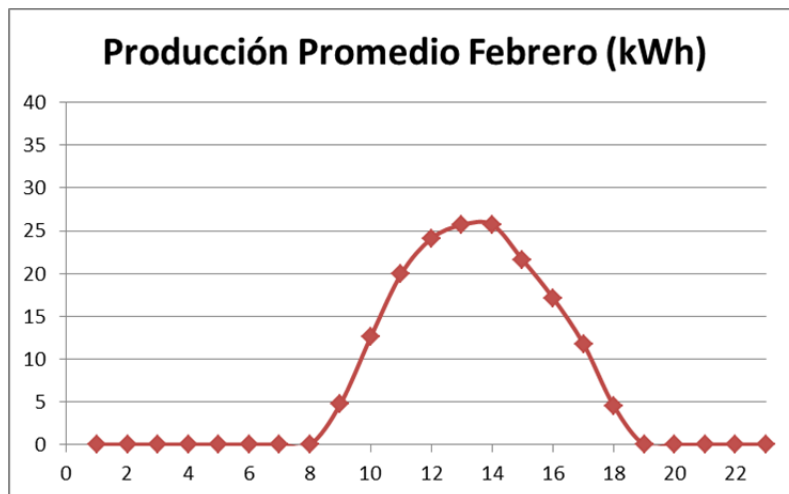


Figura I.27. Producción horaria día promedio de febrero.Central de 50 kWp.

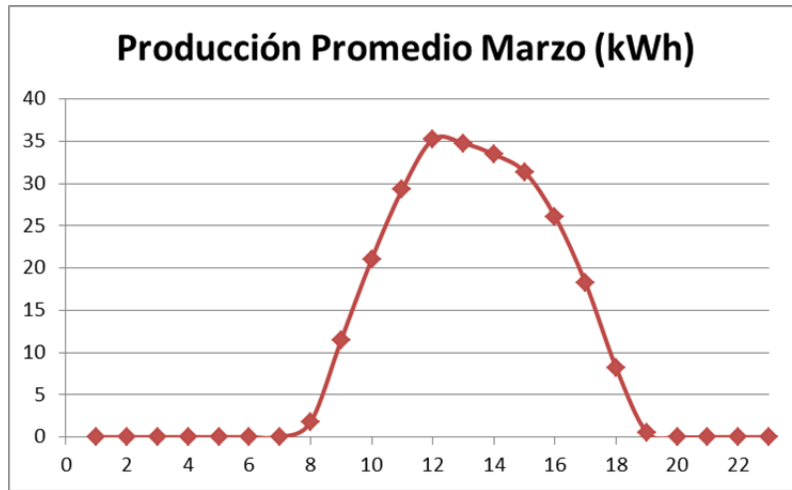


Figura I.28. Producción horaria día promedio de marzo. Central de 50 kWp.

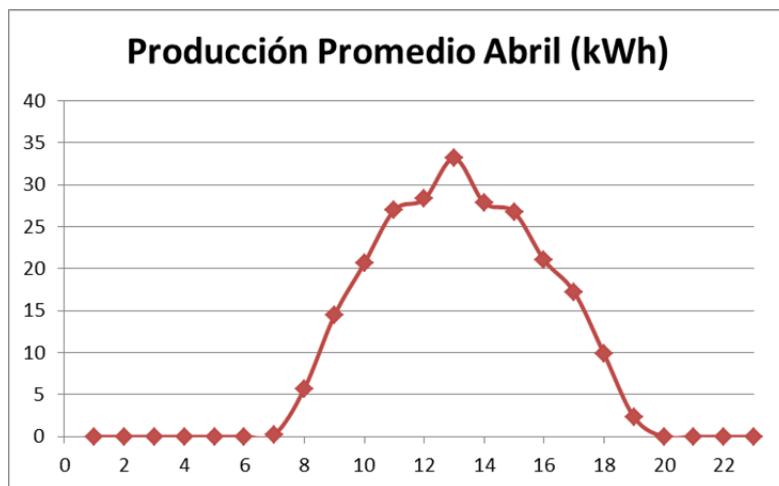


Figura I.29. Producción horaria día promedio de abril. Central de 50 kWp.

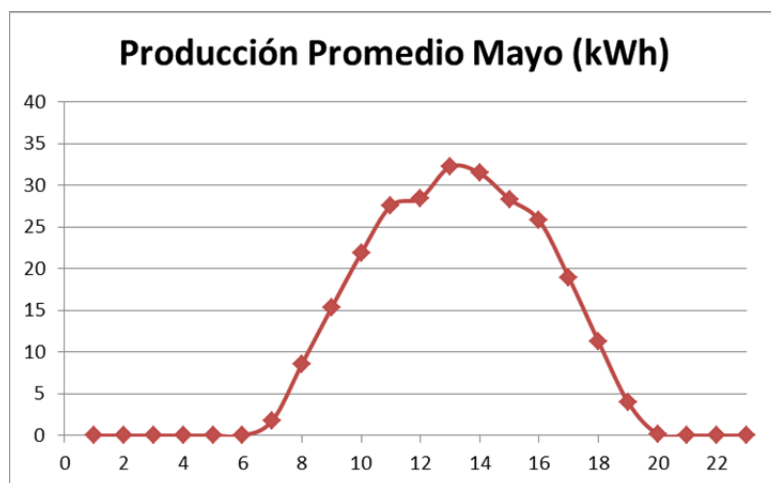


Figura I.30. Producción horaria día promedio de mayo. Central de 50 kWp.

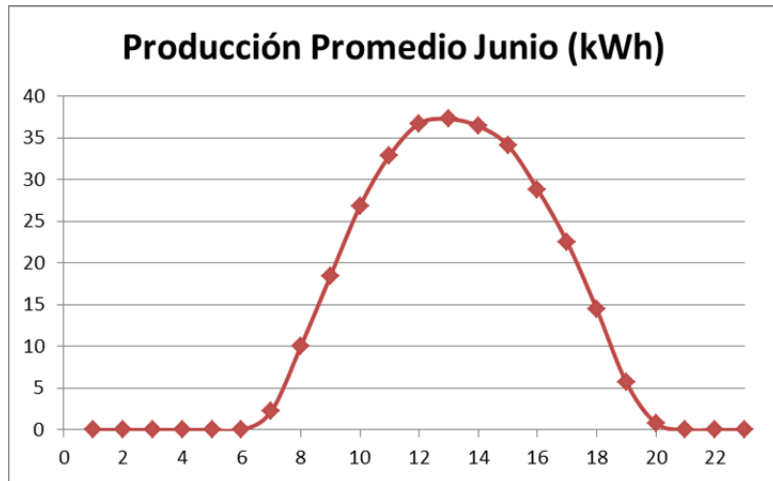


Figura I.30. Producción horaria día promedio de junio.Central de 50 kWp.

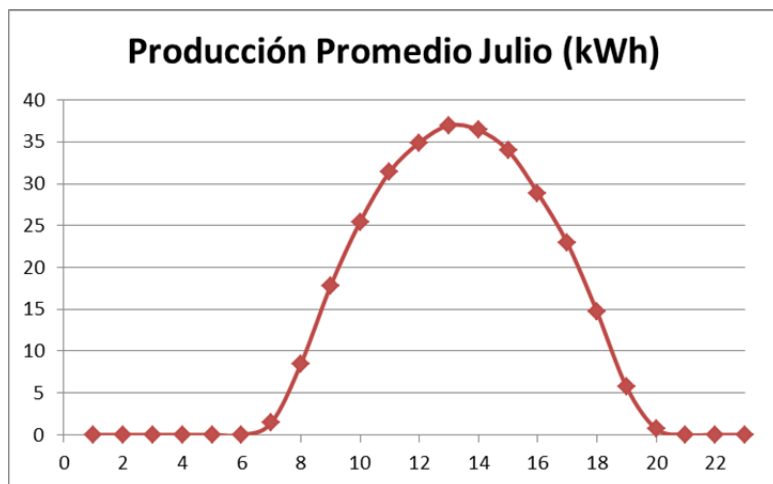


Figura I.33. Producción horaria día promedio de julio.Central de 50 kWp.

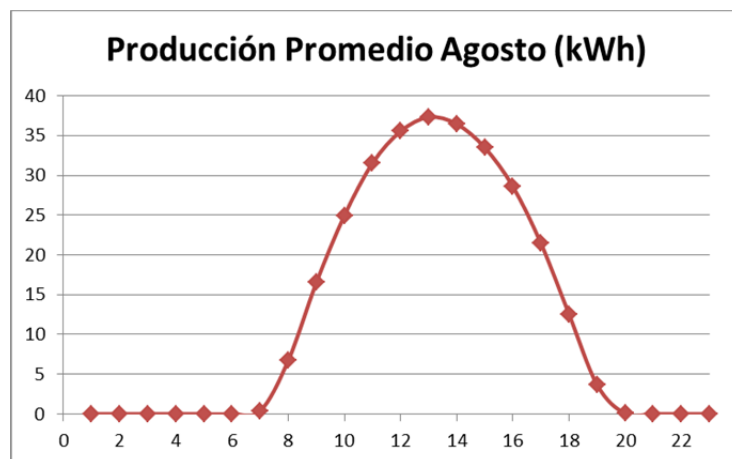


Figura I.34. Producción horaria día promedio de agosto.Central de 50 kWp.

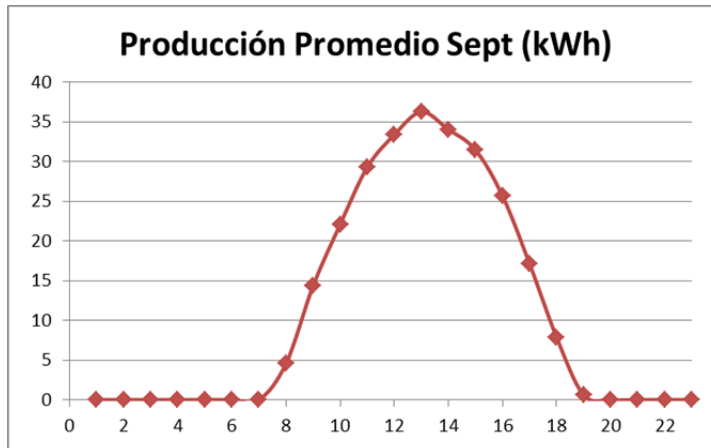


Figura I.35. Producción horaria día promedio de septiembre. Central de 50 kWp.

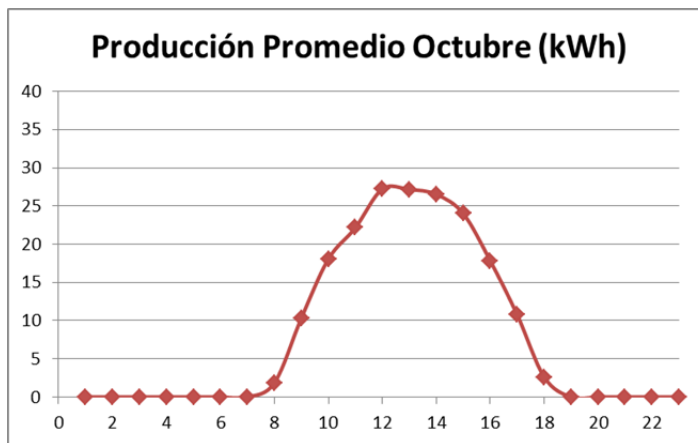


Figura I.36. Producción horaria día promedio de octubre. Central de 50 kWp.

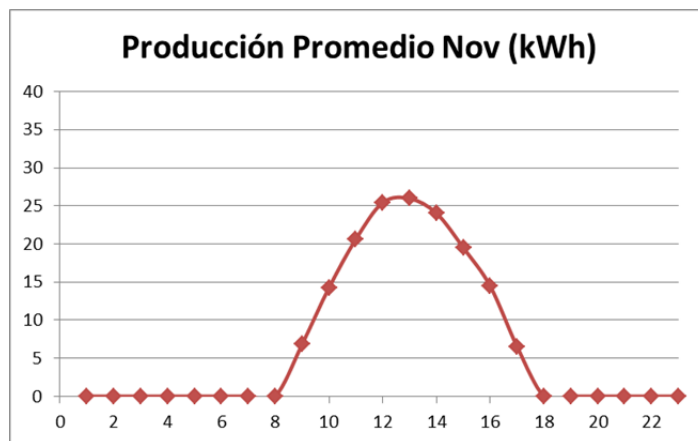


Figura I.37. Producción horaria día promedio de noviembre. Central de 50 kWp.

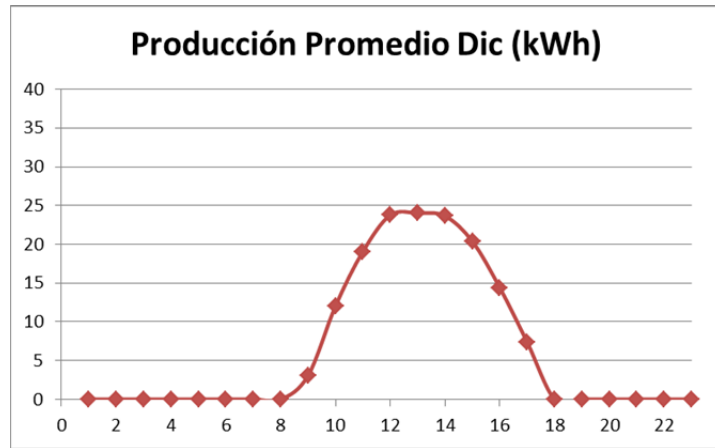


Figura I.38. Producción horaria día promedio de diciembre. Central de 50 kWp.

Central de 75 kWp

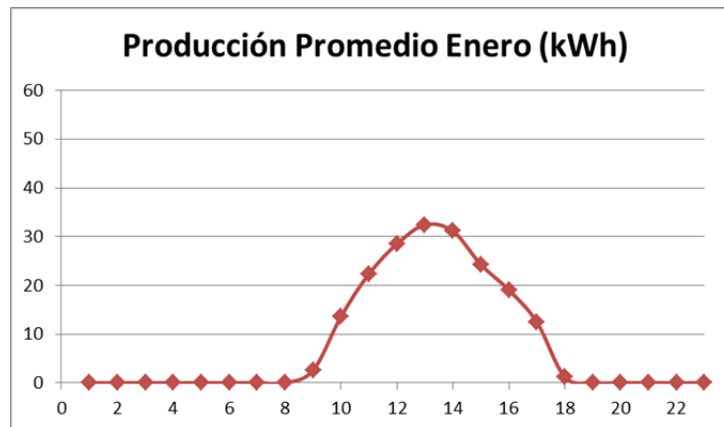


Figura I.39. Producción horaria día promedio de enero. Central de 75 kWp.

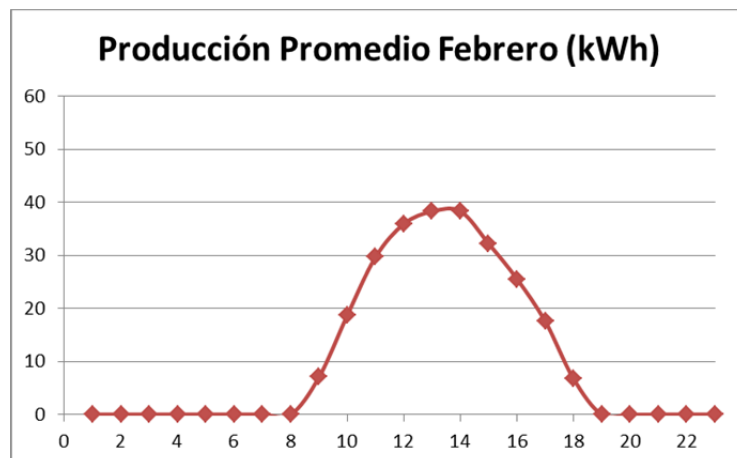


Figura I.40. Producción horaria día promedio de febrero. Central de 75 kWp.

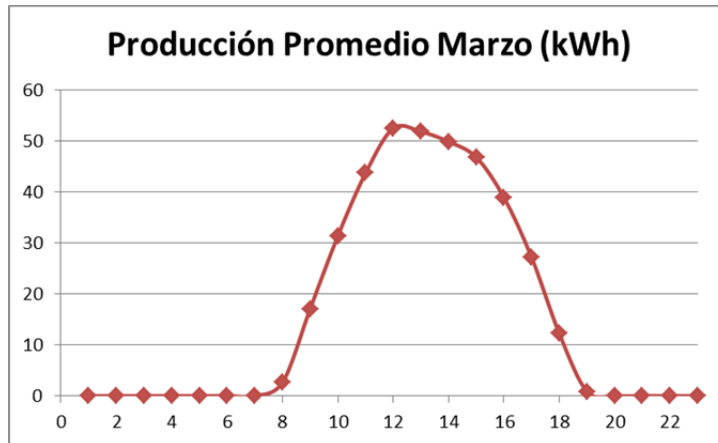


Figura I.41. Producción horaria día promedio de marzo. Central de 75 kWp.

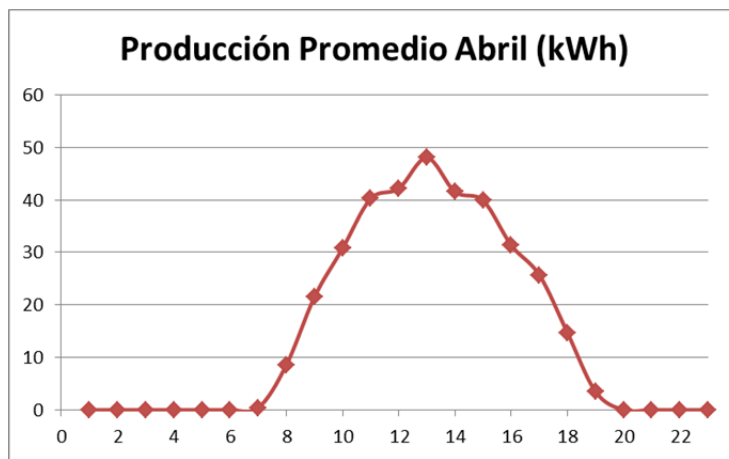


Figura I.42. Producción horaria día promedio de abril. Central de 75 kWp.

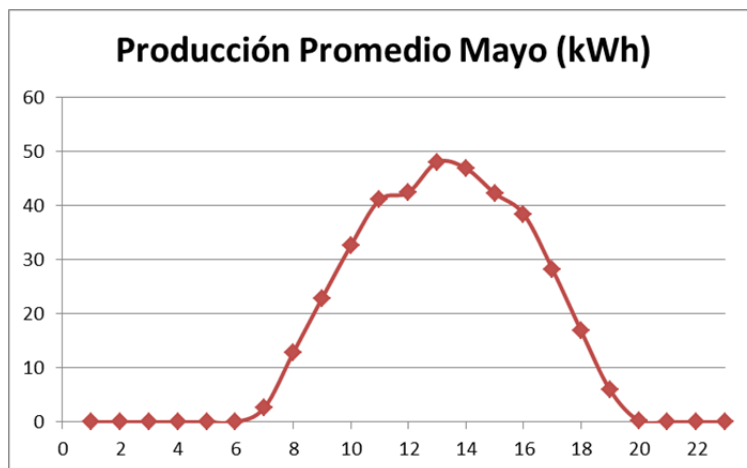


Figura I.43. Producción horaria día promedio de mayo. Central de 75 kWp.

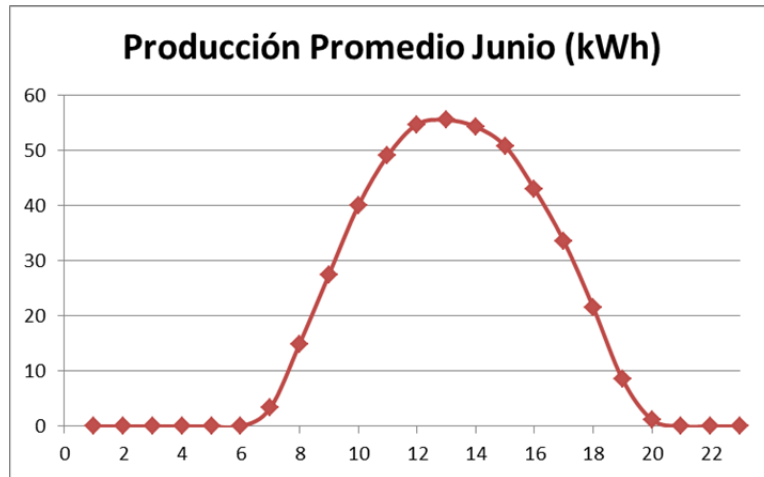


Figura I.44. Producción horaria día promedio de junio.Central de 75 kWp.

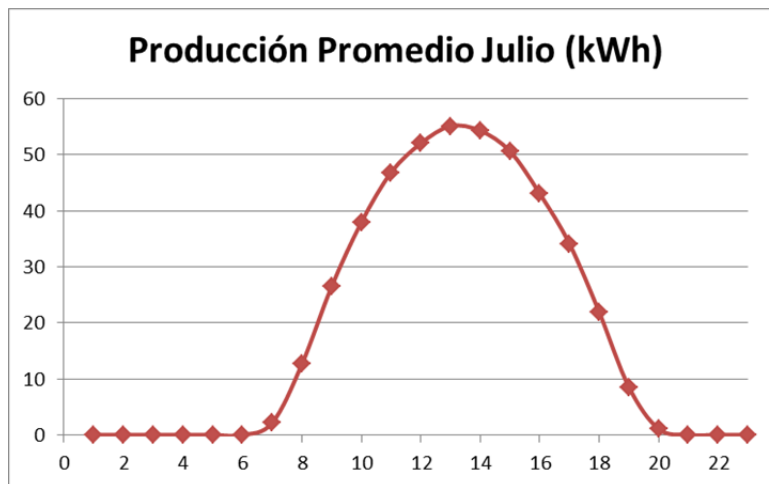


Figura I.45. Producción horaria día promedio de julio.Central de 75 kWp.

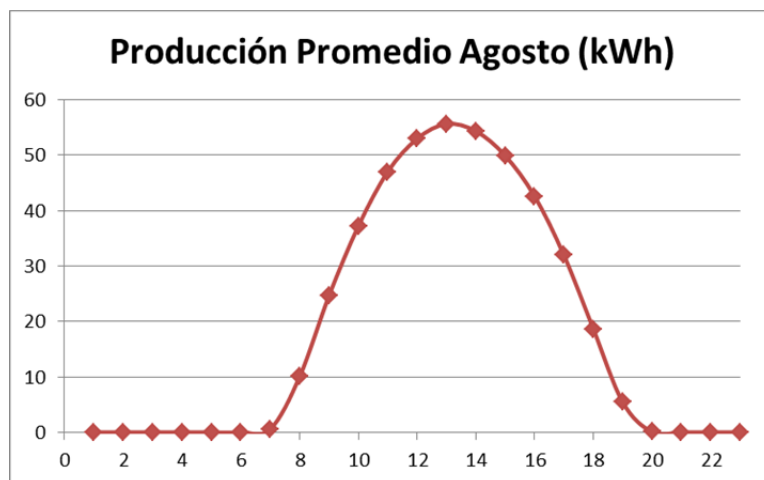


Figura I.46. Producción horaria día promedio de agosto.Central de 75 kWp.

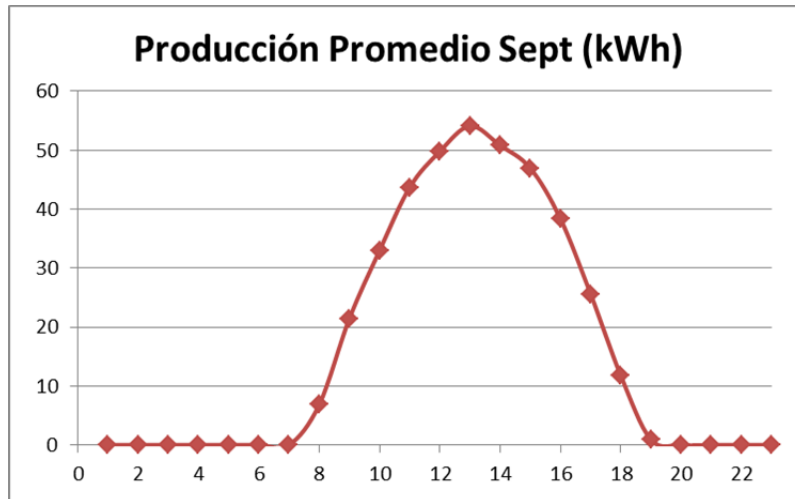


Figura I.47. Producción horaria día promedio de septiembre. Central de 75 kWp.

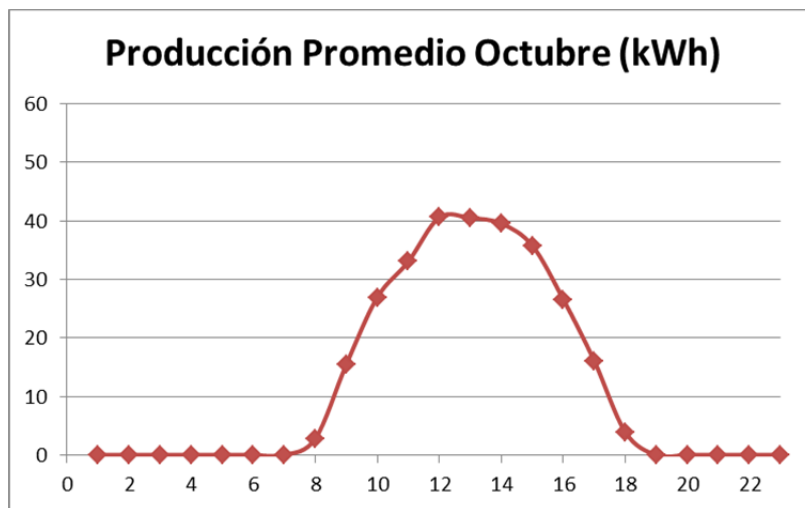


Figura I.48. Producción horaria día promedio de octubre. Central de 75 kWp.

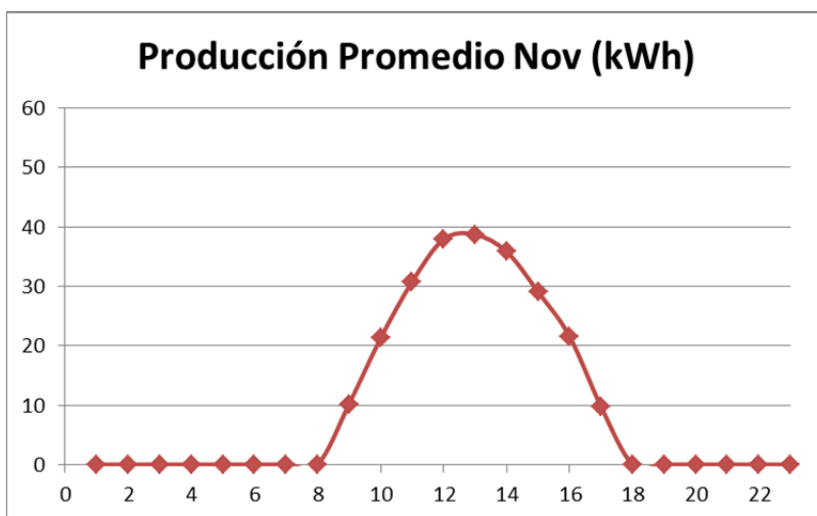


Figura I.49. Producción horaria día promedio de noviembre. Central de 75 kWp.

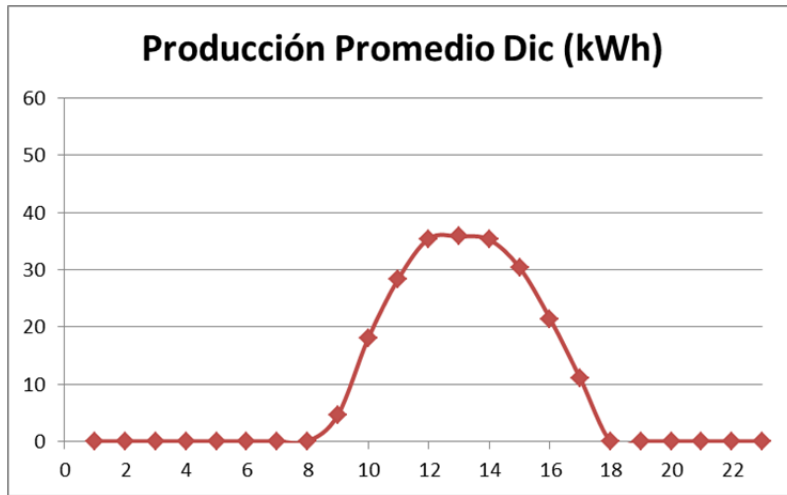


Figura I.50. Producción horaria día promedio de diciembre. Central de 75 kWp.

Central de 100 kWp

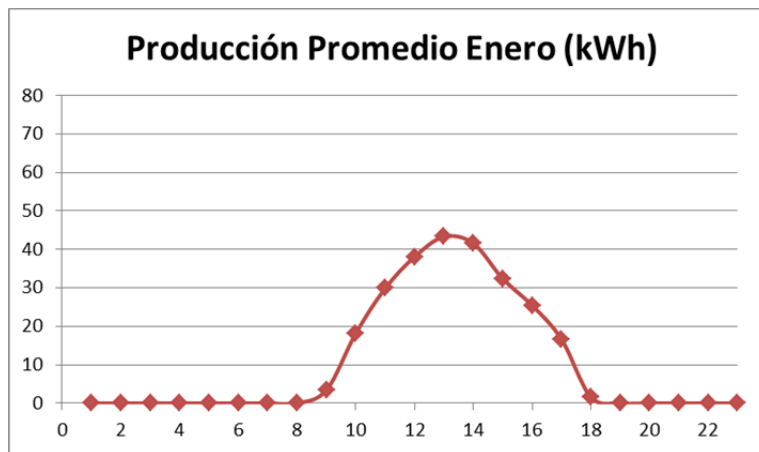


Figura I.51. Producción horaria día promedio de enero. Central de 100 kWp.

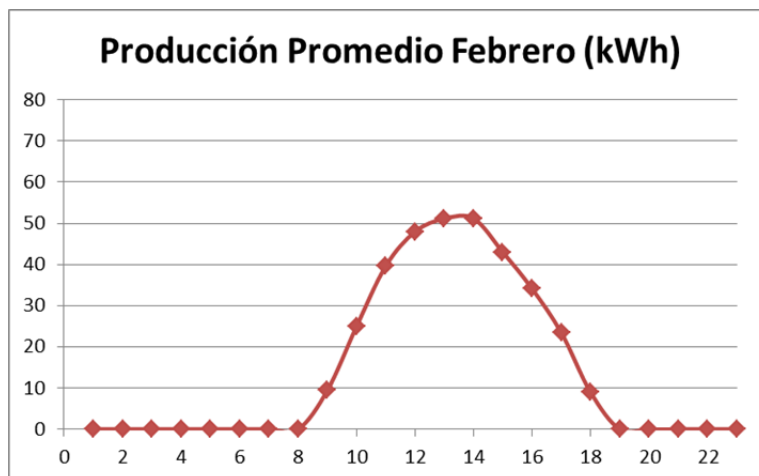


Figura I.52. Producción horaria día promedio de febrero. Central de 100 kWp.

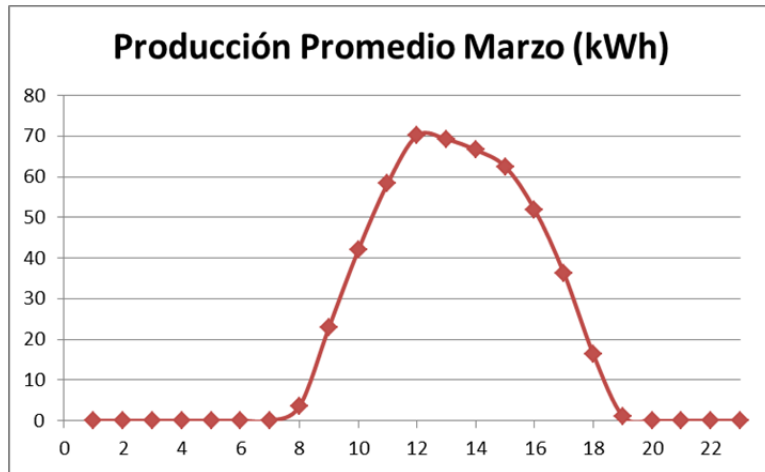


Figura I.53. Producción horaria día promedio de marzo. Central de 100 kWp.

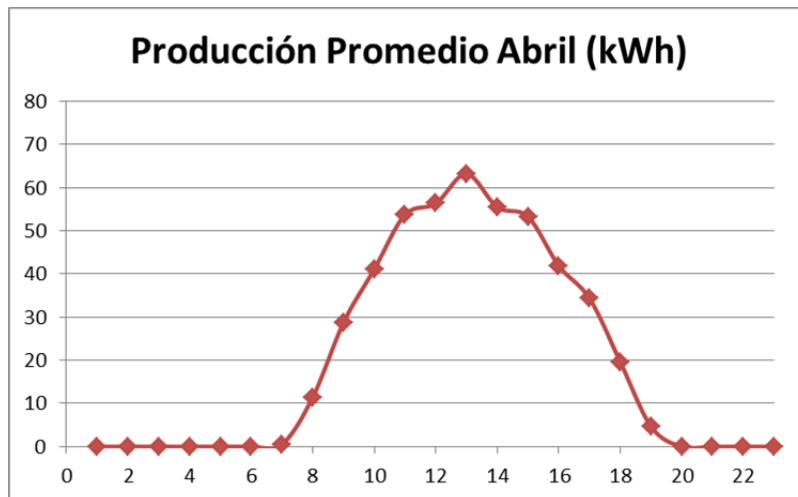


Figura I.54. Producción horaria día promedio de abril. Central de 100 kWp.

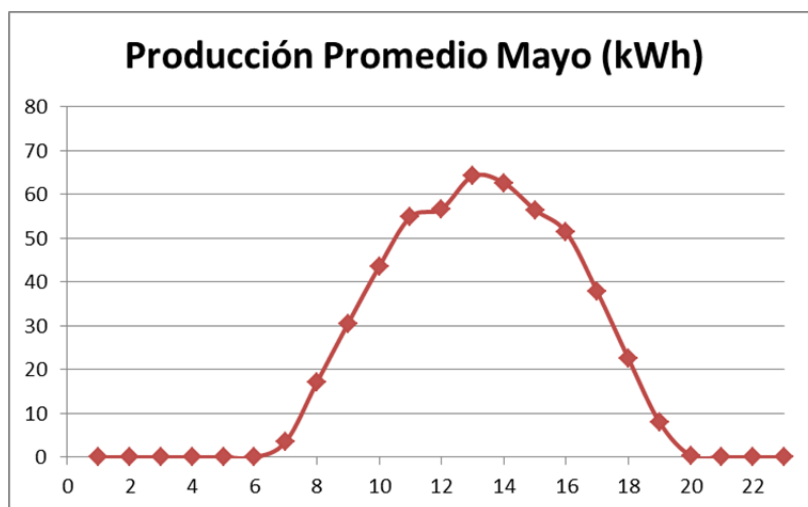


Figura I.55. Producción horaria día promedio de mayo. Central de 100 kWp.

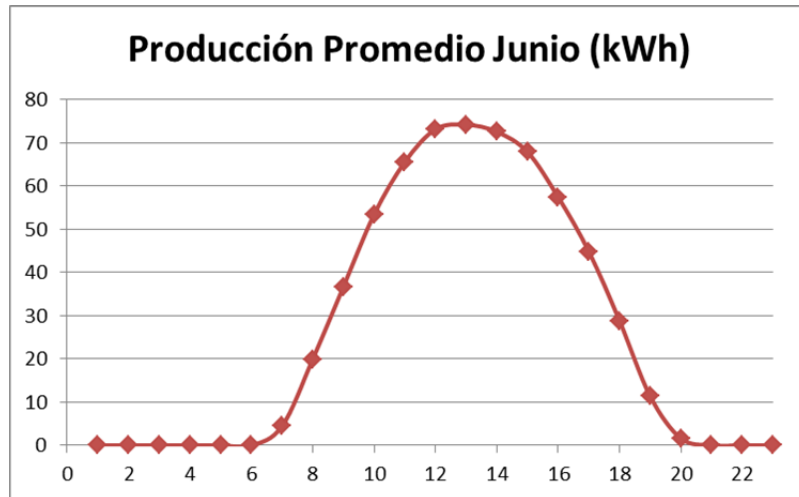


Figura I.56. Producción horaria día promedio de junio. Central de 100 kWp.

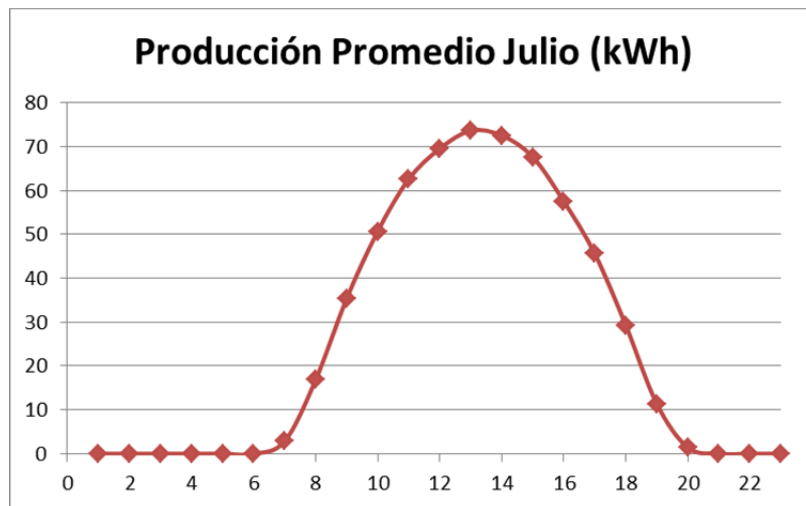


Figura I.57. Producción horaria día promedio de julio. Central de 100 kWp.

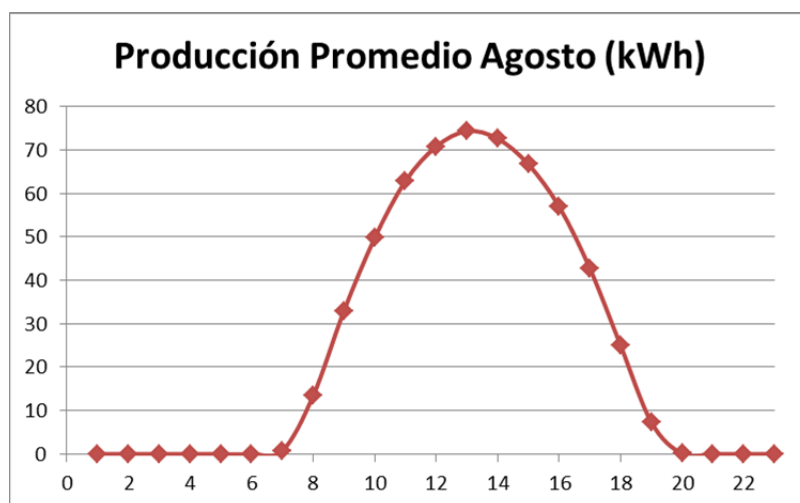


Figura I.58. Producción horaria día promedio de agosto. Central de 100 kWp.

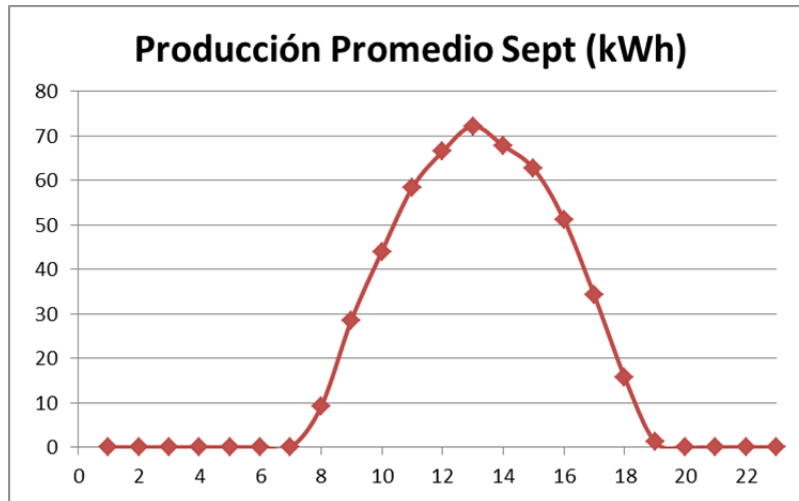


Figura I.59. Producción horaria día promedio de septiembre. Central de 100 kWp.

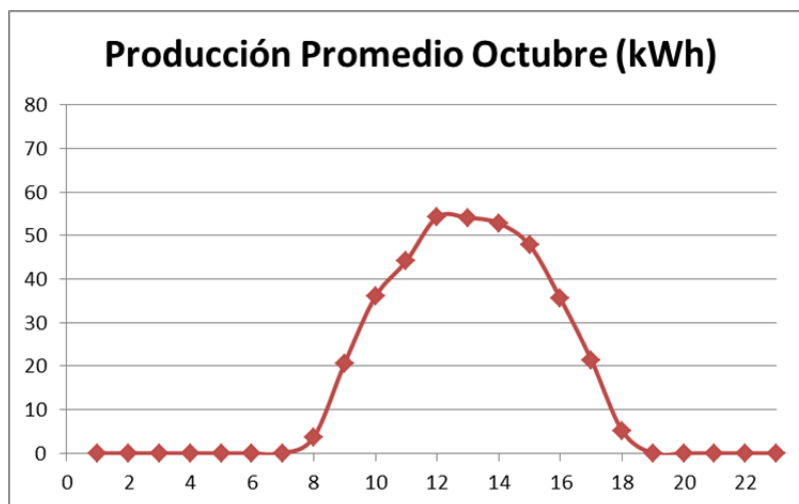


Figura I.60. Producción horaria día promedio de octubre. Central de 100 kWp.

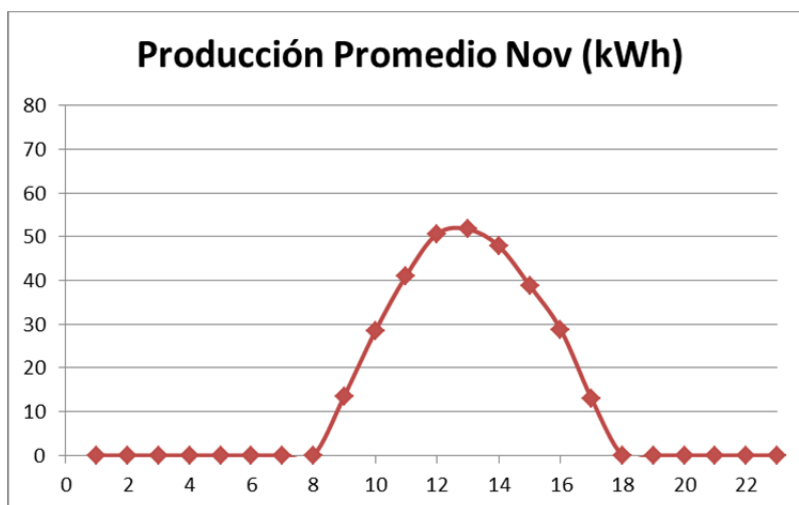


Figura I.61. Producción horaria día promedio de noviembre. Central de 100 kWp.

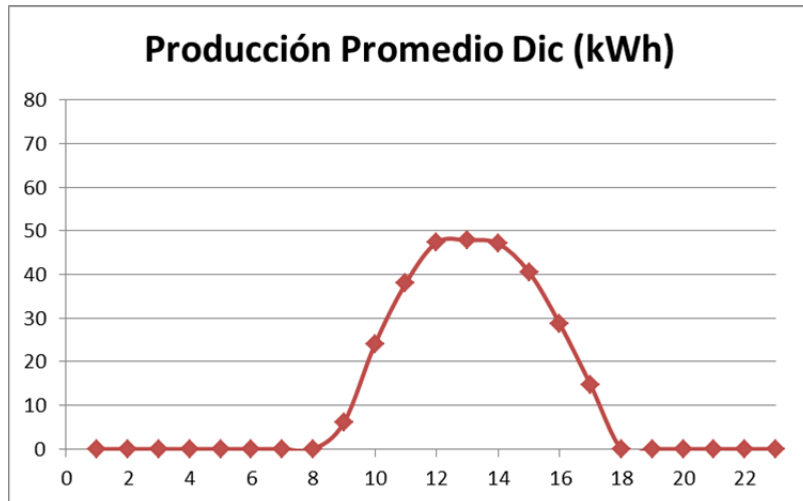


Figura I.62. Producción horaria día promedio de diciembre. Central de 100 kWp.

Central de 125 kWp

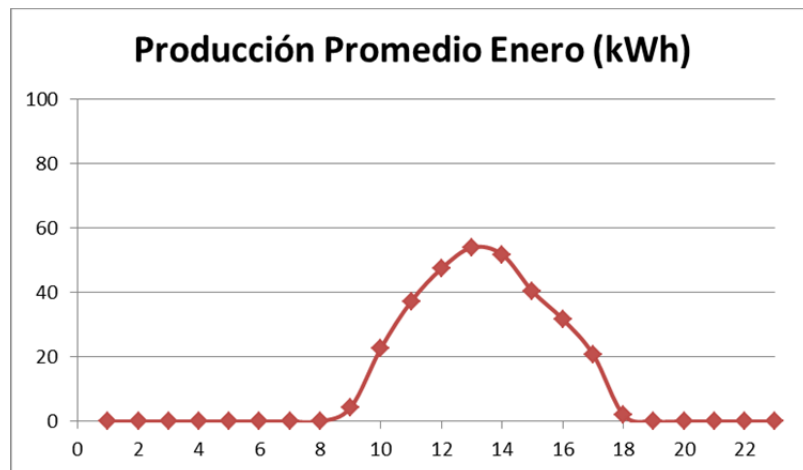


Figura I.63. Producción horaria día promedio de enero. Central de 125 kWp.

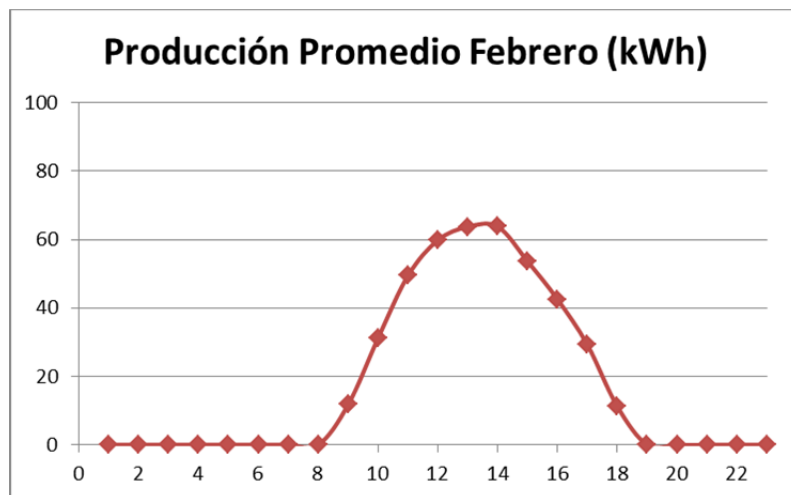


Figura I.64. Producción horaria día promedio de febrero. Central de 125 kWp.

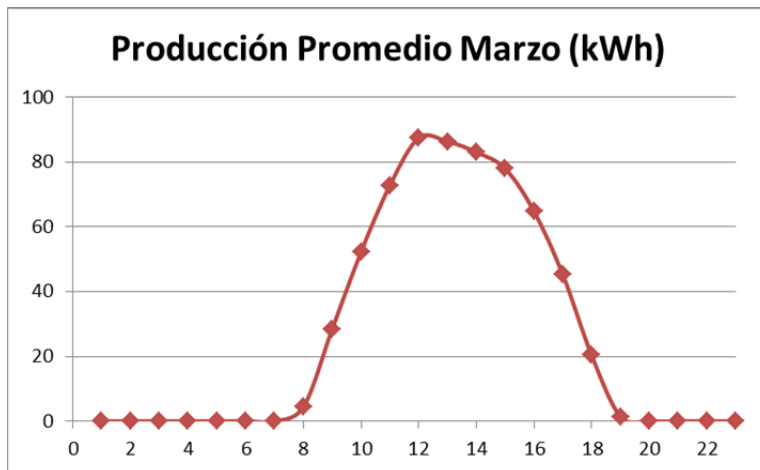


Figura I.65. Producción horaria día promedio de marzo. Central de 125 kWp.

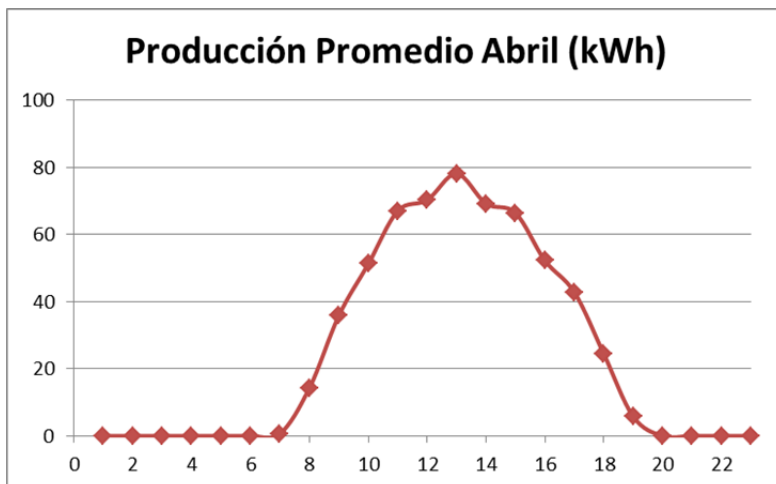


Figura I.66. Producción horaria día promedio de abril. Central de 125 kWp.

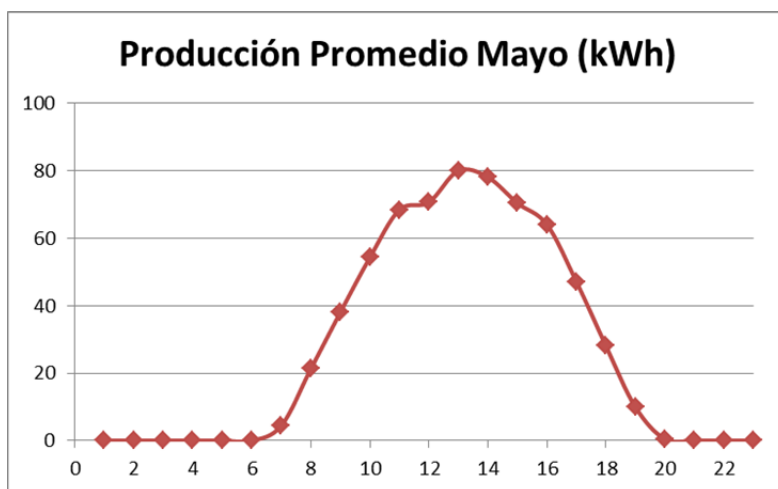


Figura I.67. Producción horaria día promedio de mayo. Central de 125 kWp.

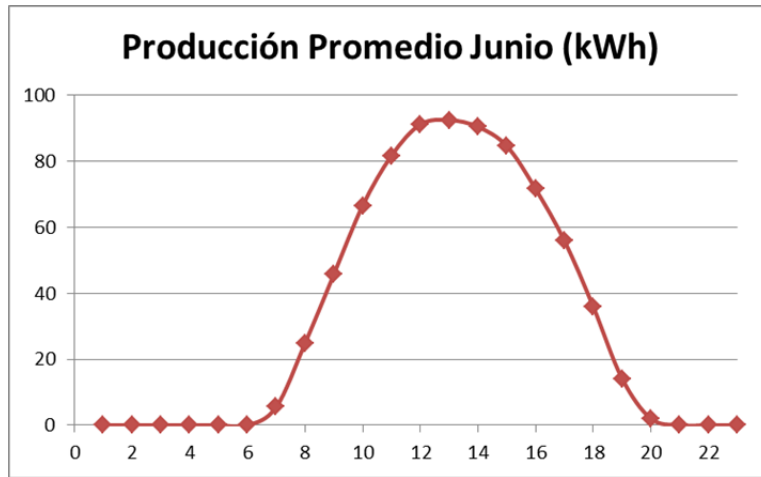


Figura I.68. Producción horaria día promedio de junio. Central de 125 kWp.

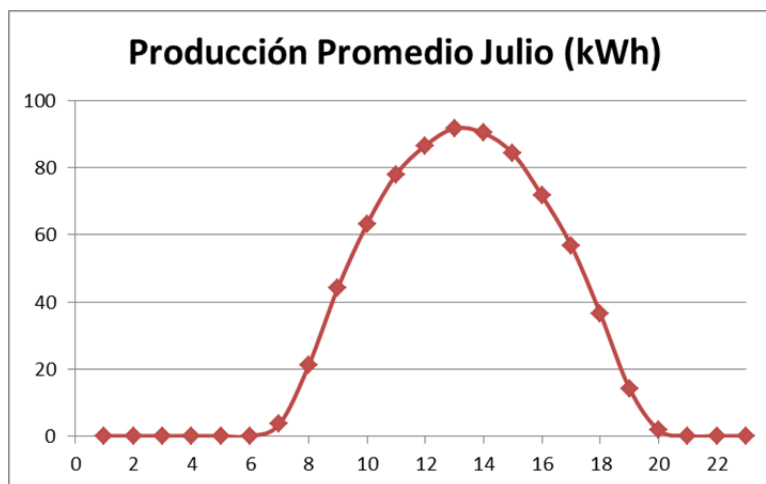


Figura I.69. Producción horaria día promedio de julio. Central de 125 kWp.

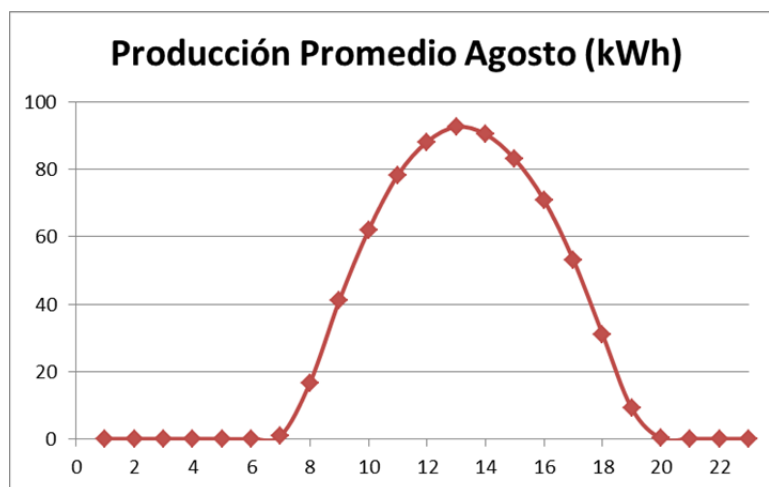


Figura I.70. Producción horaria día promedio de agosto. Central de 125 kWp.

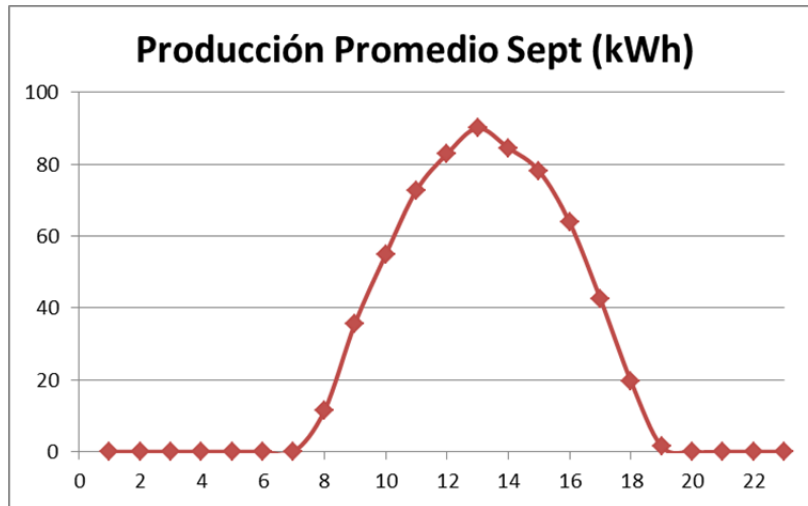


Figura I.71. Producción horaria día promedio de septiembre. Central de 125 kWp.

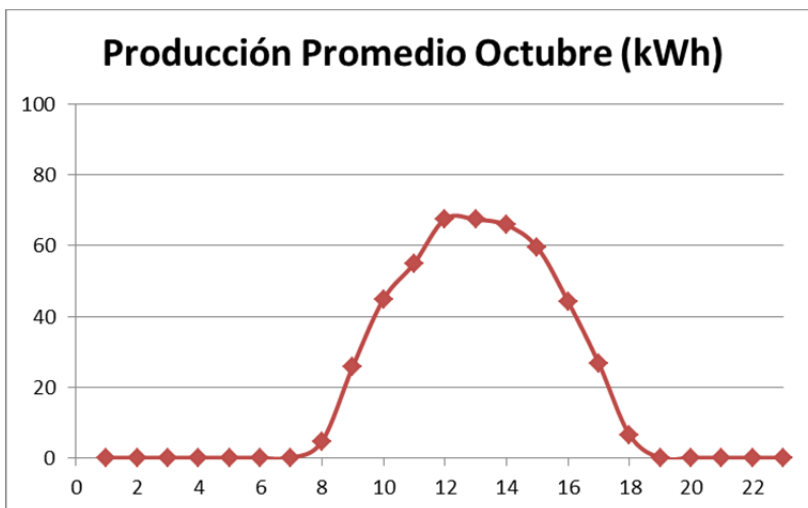


Figura I.72. Producción horaria día promedio de octubre. Central de 125 kWp.

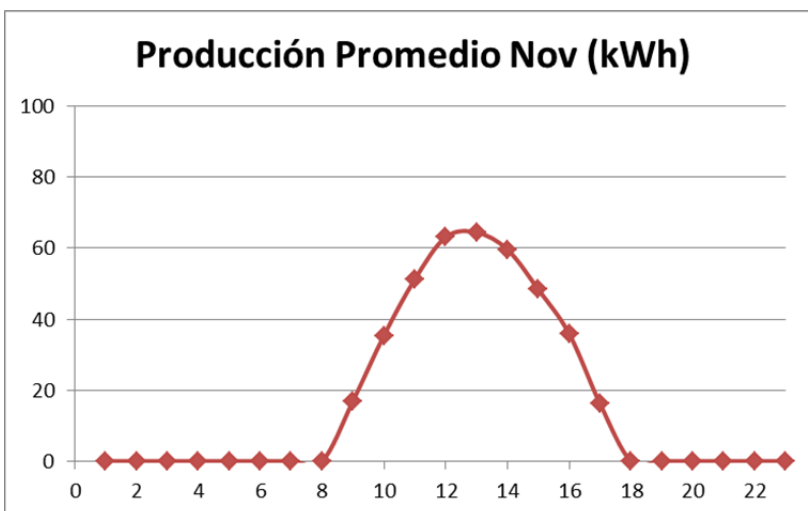


Figura I.73. Producción horaria día promedio de noviembre. Central de 125 kWp.

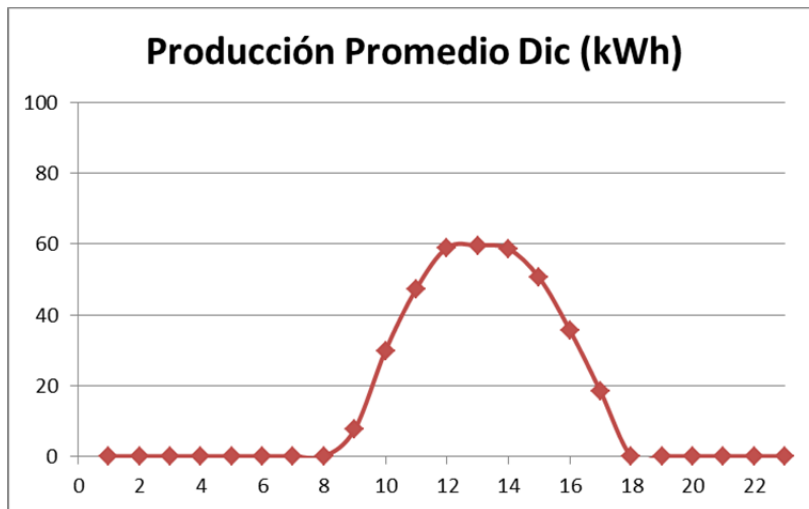


Figura I.74. Producción horaria día promedio de diciembre. Central de 125 kWp.

Central de 137 kWp

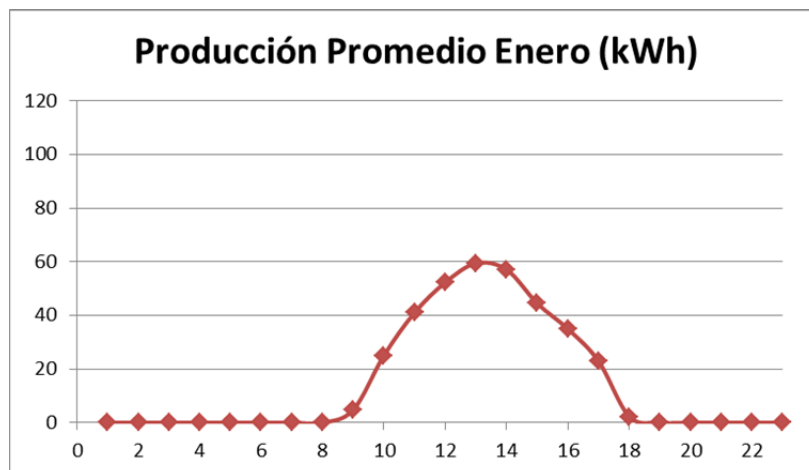


Figura I.75. Producción horaria día promedio de enero. Central de 137 kWp.

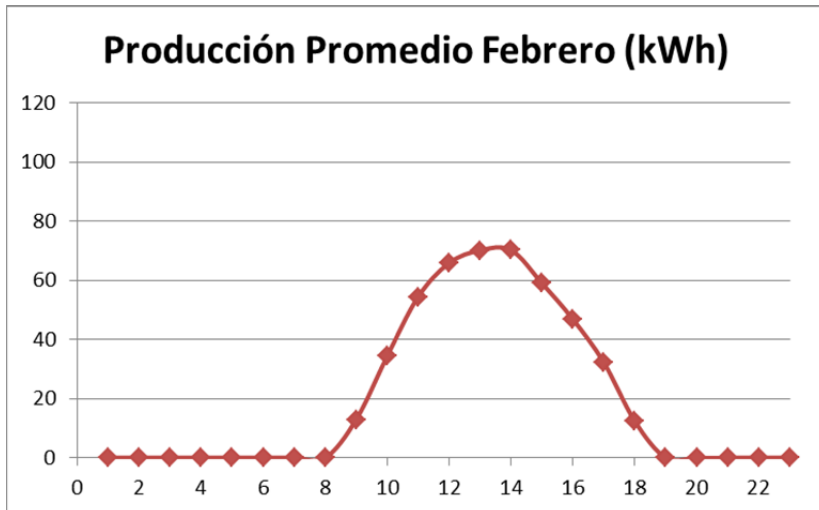


Figura I.76. Producción horaria día promedio de febrero. Central de 137 kWp.

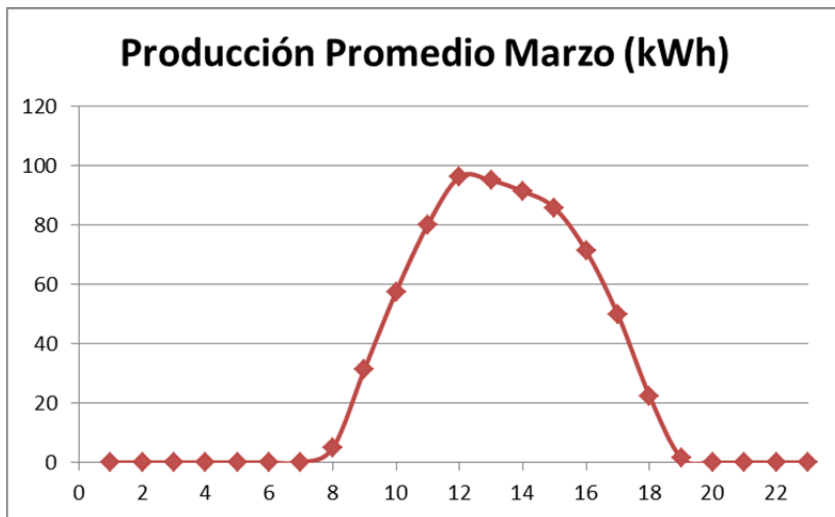


Figura I.77. Producción horaria día promedio de marzo. Central de 137 kWp.

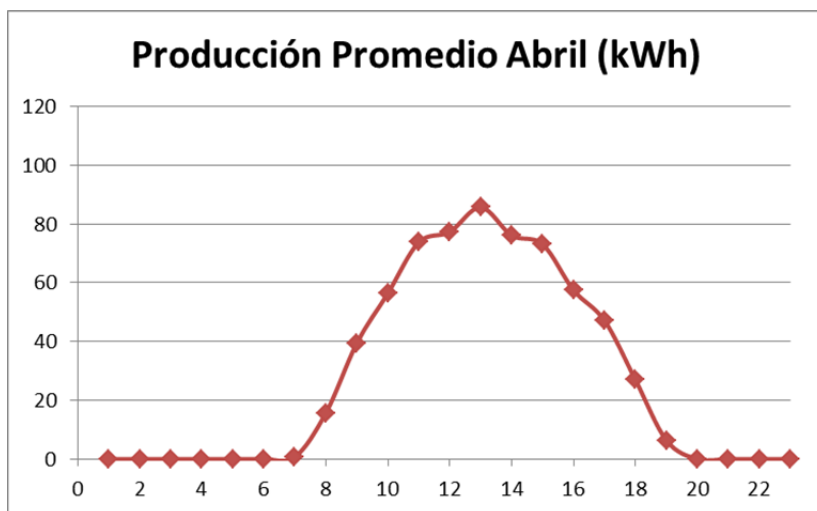


Figura I.77. Producción horaria día promedio de abril. Central de 137 kWp.

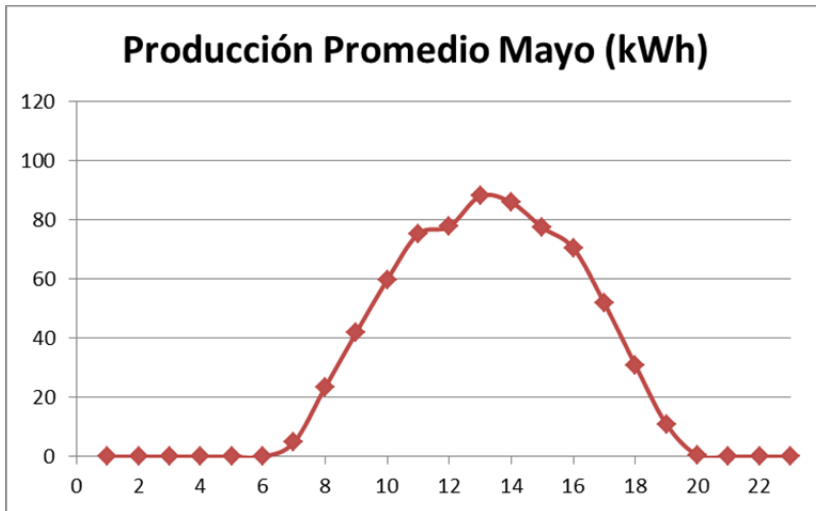


Figura I.78. Producción horaria día promedio de mayo. Central de 137 kWp.

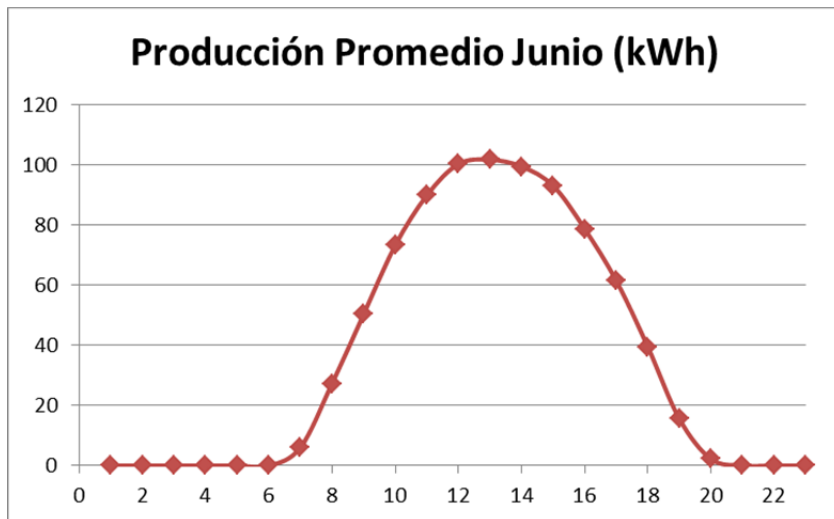


Figura I.79. Producción horaria día promedio de junio. Central de 137 kWp.

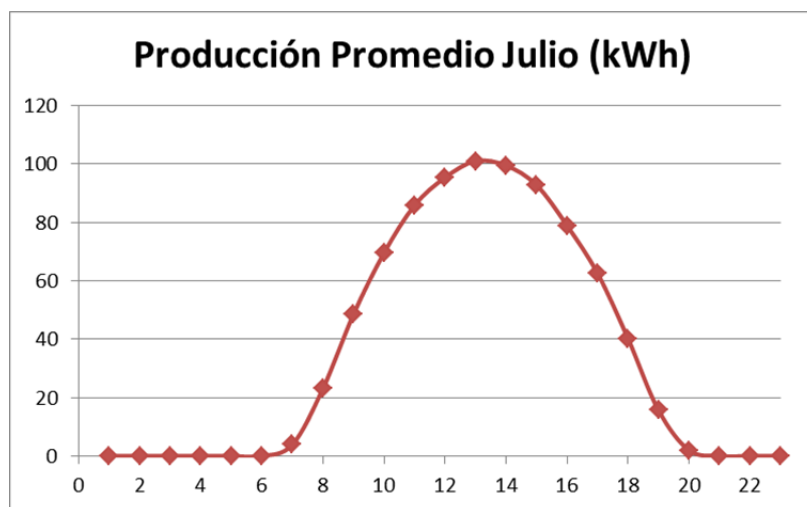


Figura I.80. Producción horaria día promedio de julio. Central de 137 kWp.

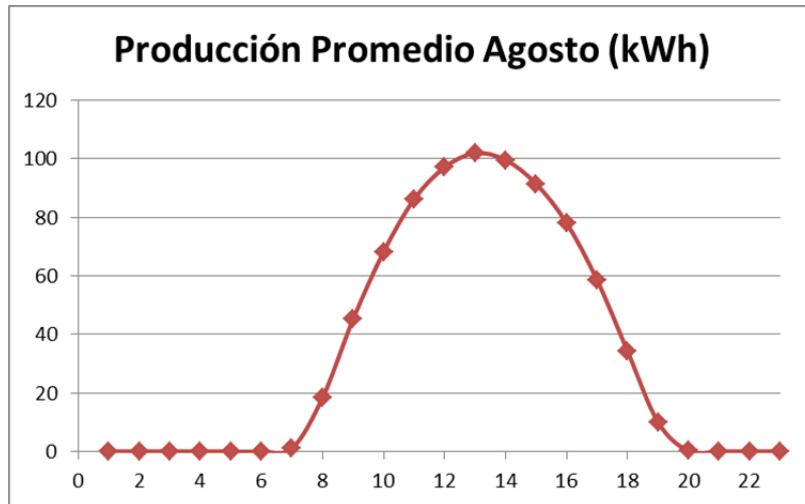


Figura I.81. Producción horaria día promedio de agosto. Central de 137 kWp.

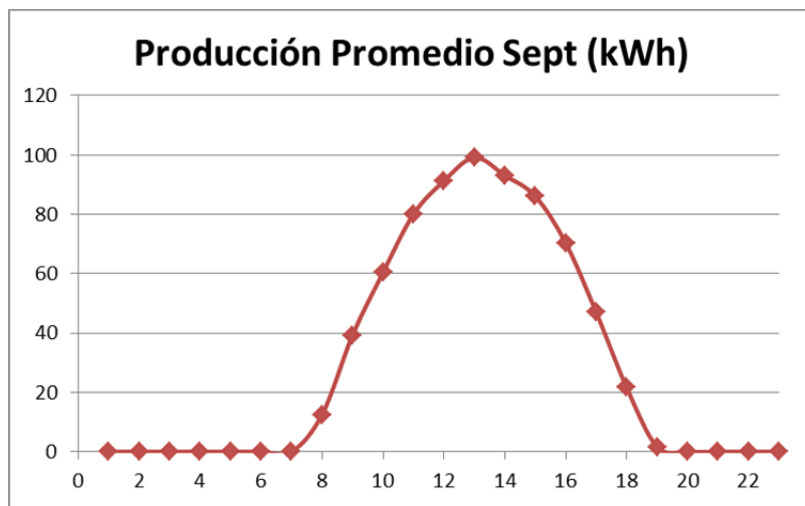


Figura I.82. Producción horaria día promedio de septiembre. Central de 137 kWp.

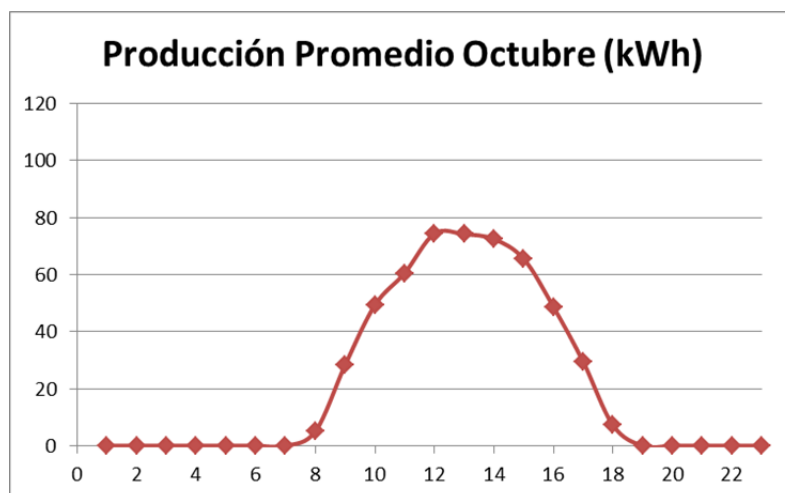


Figura I.83. Producción horaria día promedio de octubre. Central de 137 kWp.

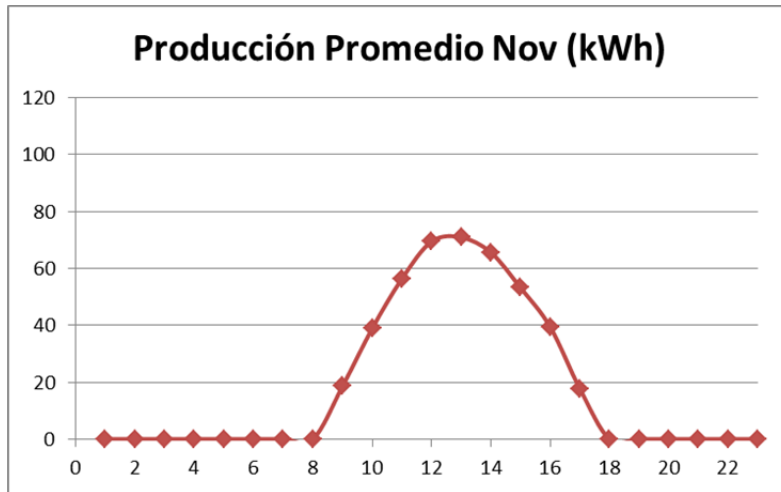


Figura I.84. Producción horaria día promedio de noviembre. Central de 137 kWp.

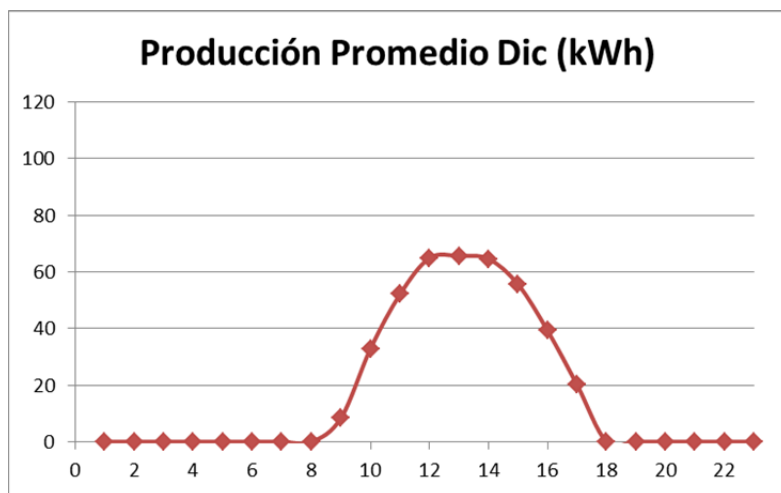


Figura I.85. Producción horaria día promedio de diciembre. Central de 137 kWp.

Central de 175 kWp

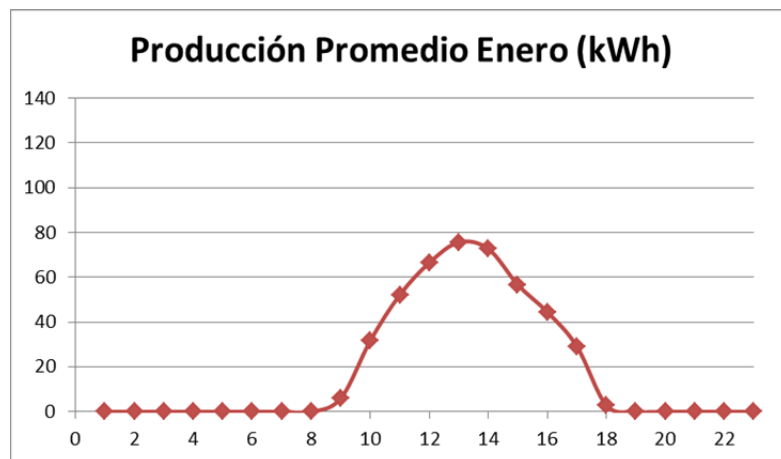


Figura I.86. Producción horaria día promedio de enero. Central de 175 kWp.

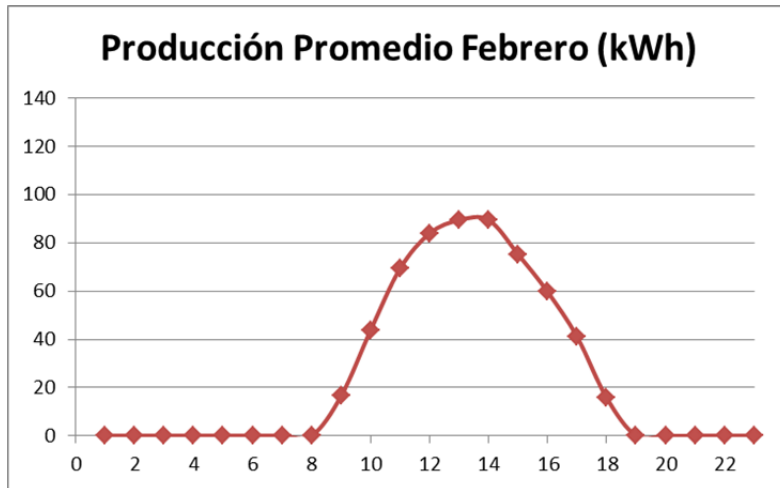


Figura I.87. Producción horaria día promedio de febrero. Central de 175 kWp.

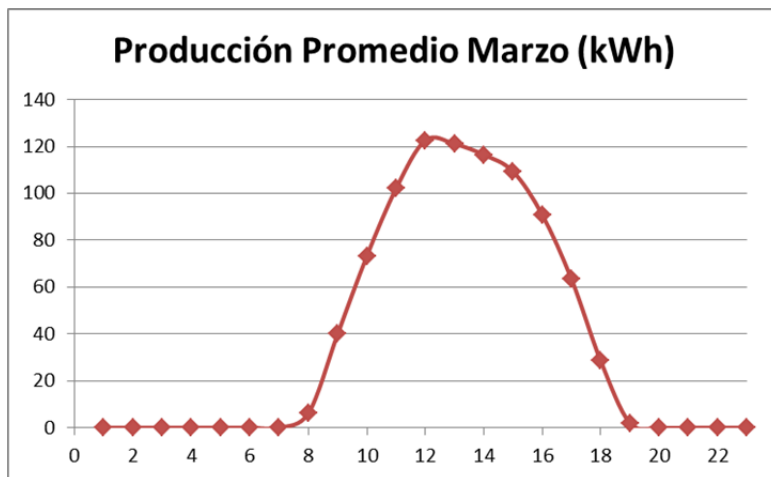


Figura I.88. Producción horaria día promedio de marzo. Central de 175 kWp.

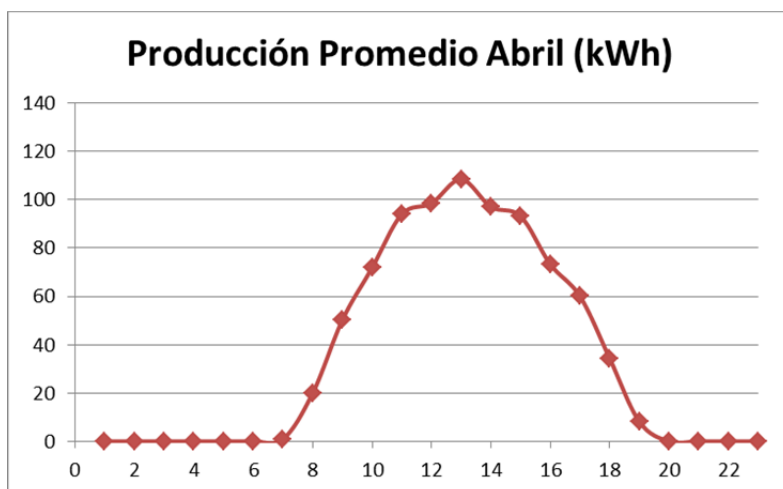


Figura I.89. Producción horaria día promedio de abril. Central de 175 kWp.

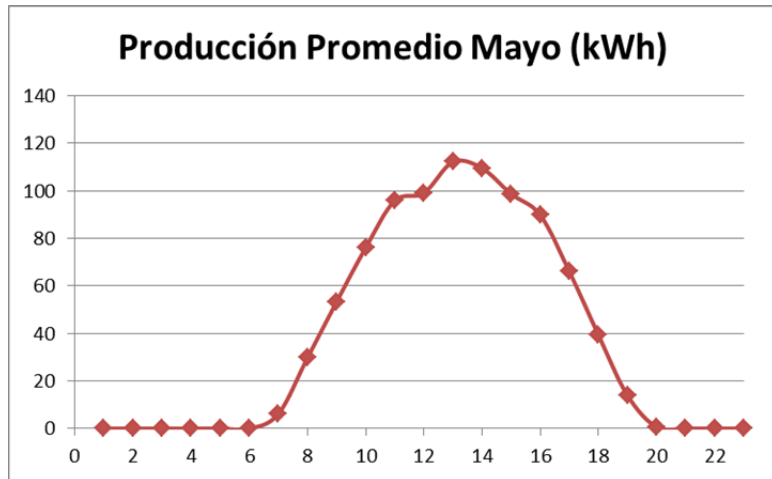


Figura I.90. Producción horaria día promedio de mayo. Central de 175 kWp.

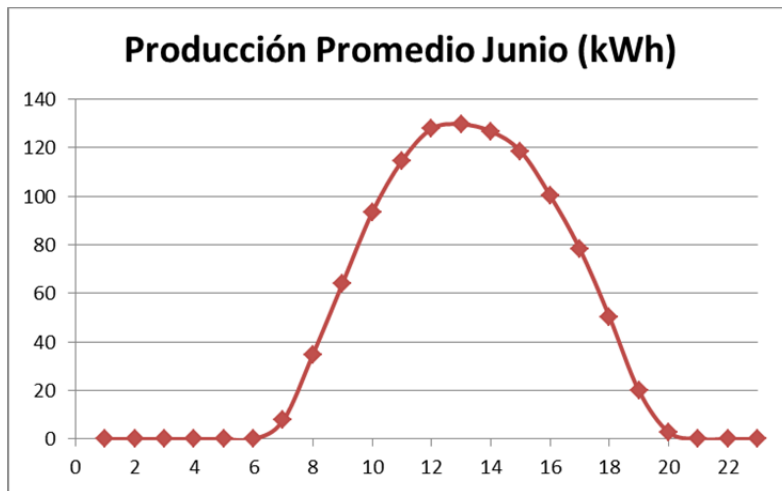


Figura I.91. Producción horaria día promedio de junio. Central de 175 kWp.

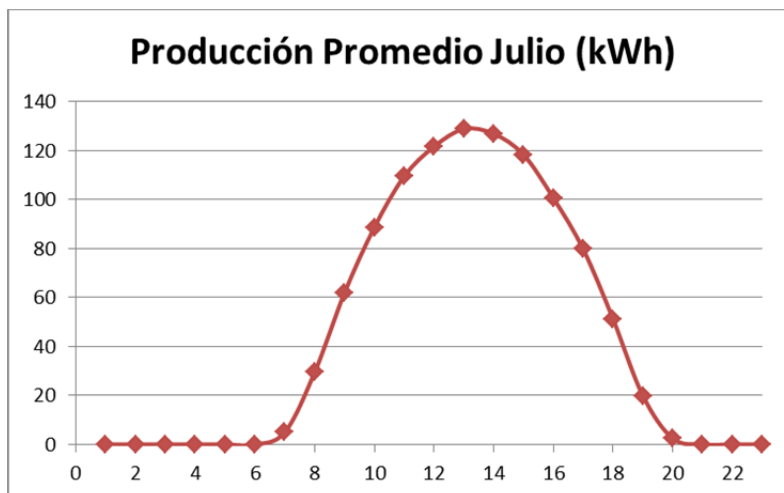


Figura I.92. Producción horaria día promedio de julio. Central de 175 kWp.

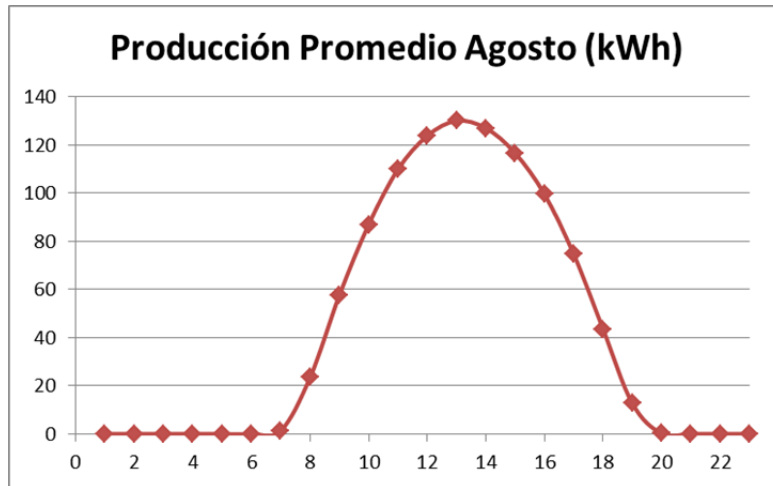


Figura I.93. Producción horaria día promedio de agosto. Central de 175 kWp.

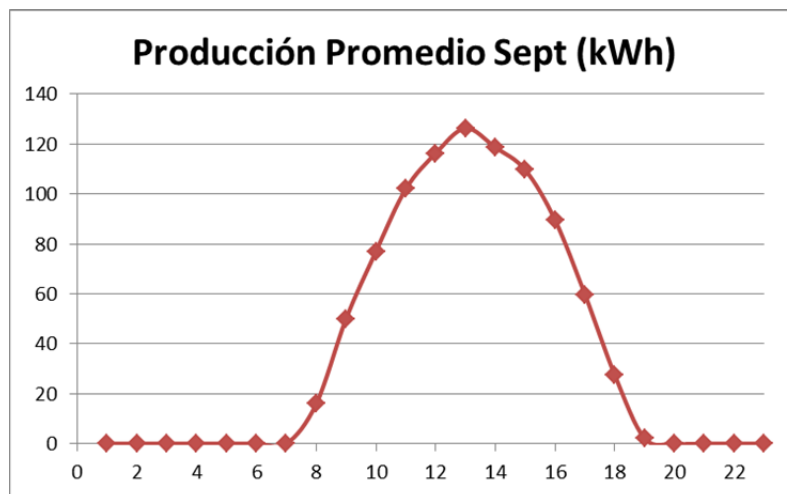


Figura I.94. Producción horaria día promedio de septiembre. Central de 175 kWp.

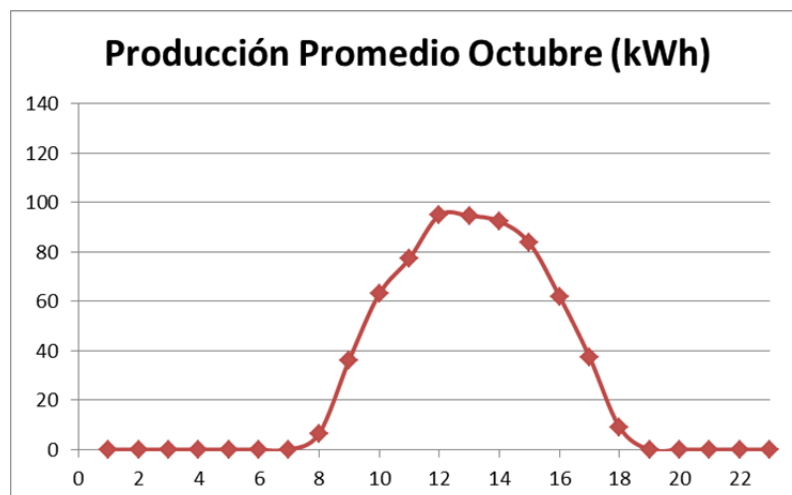


Figura I.95. Producción horaria día promedio de octubre. Central de 175 kWp.

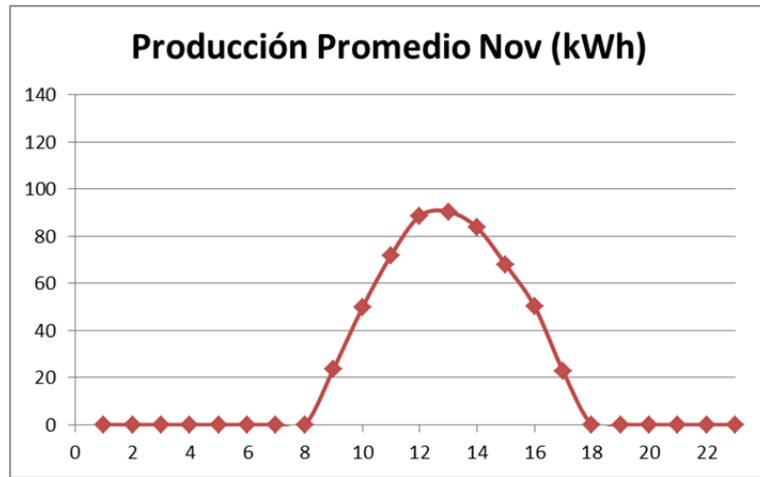


Figura I.96. Producción horaria día promedio de noviembre. Central de 175 kWp.

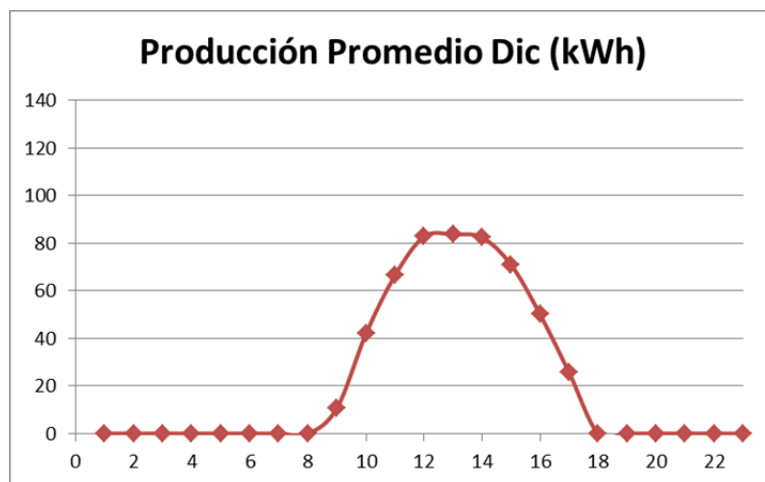
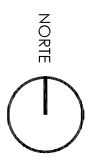
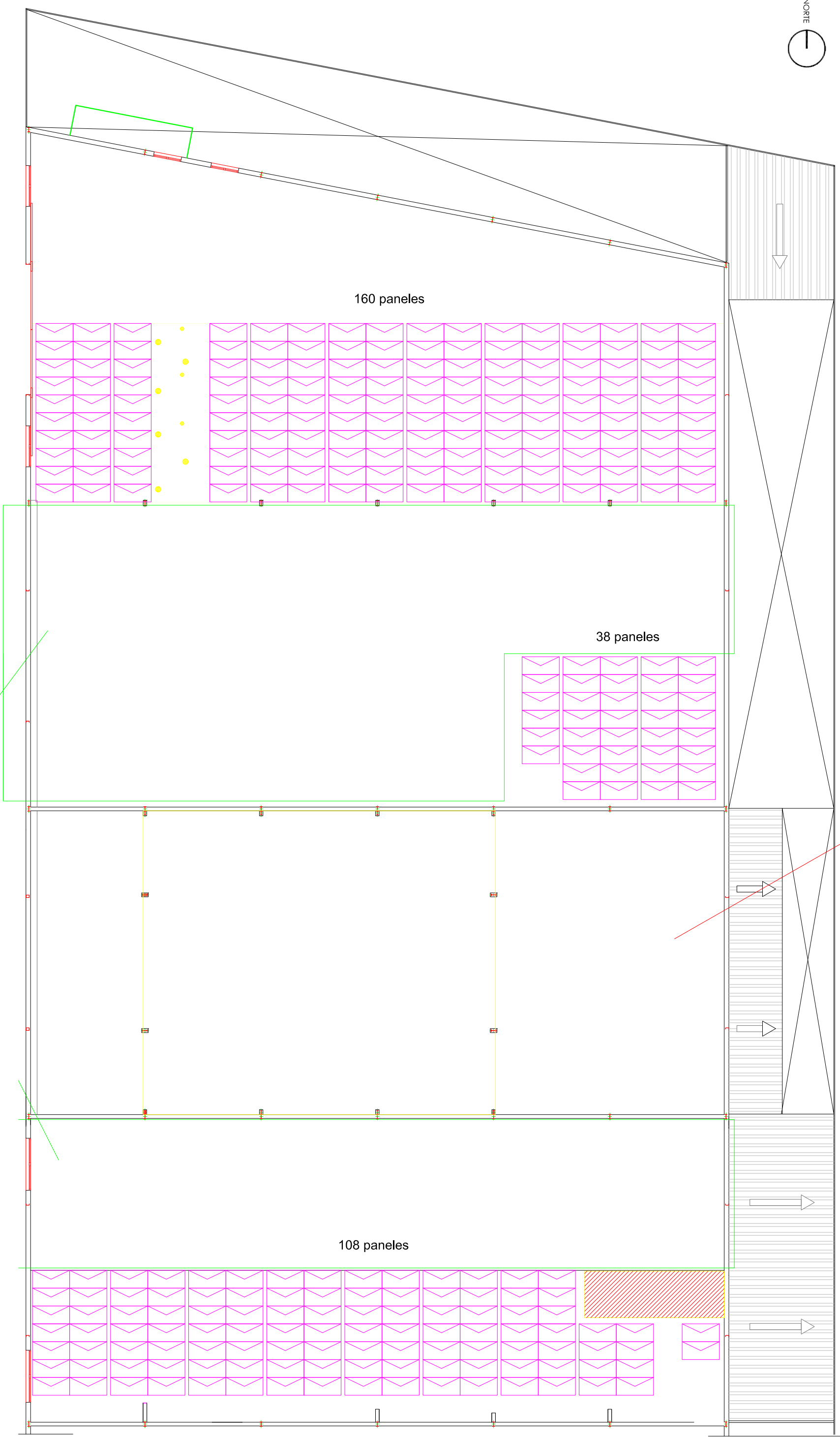


Figura I.97. Producción horaria día promedio de diciembre. Central de 175 kWp.

ANEXO II. PLANOS DE IMPLANTACIÓN



PANELES UBICADOS EN LA CUBIERTA DE LAS NAVES



160 paneles

38 paneles

108 paneles

Esta nave no es propiedad del cliente

SOMBRA

PROYECTO:	TFM-VIABILIDAD ECONOMICA	CLIENTE:	INDUSTRIA ALIMENTARIA,
	AUTOCOSNUMO FV	SITUACION:	CP: 41007 SEVILLA
REALIZÓ:	FRANCISCO JAVIER MORA GARCIA		
	INGENIERO INDUSTRIAL - PRECOLEGADO Nº: 6.896		
FECHA:	NOVIEMBRE 2020	REVISION:	01
DOCUMENTO:	UBICACIÓN PANELES FV	FORMATO:	A3
		ESCALA:	1/200
		PLANO Nº:	01

ANEXO III. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN PVSYST

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : TFM

Sitio geográfico Sevilla Pan Portillo País España

Ubicación Latitud 37.41° N Longitud -5.95° W
 Tiempo definido como Hora Legal Huso horario UT+1 Altitud 0 m
 Albedo 0.20

Datos meteorológicos: Sevilla Pan Portillo Meteororm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Síntesis

Variante de simulación : TFM-137kWp

Fecha de simulación 15/11/20 11h24

Parámetros de la simulación Tipo de sistema **No hay escenario 3D, no hay sombreados**

Orientación plano captador Inclinación 15° Acimut 0°

Modelos empleados Transposición Perez Difuso Perez, Meteororm

Horizonte Sin horizonte

Sombreados cercanos Sin sombreado

Necesidades del usuario : Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV

Módulo FV Si-mono Modelo **FAK450H8C v.01**
 Parámetros definidos por el usuario Fabricante United Renewable Energy

Número de módulos FV En serie 18 módulos En paralelo 17 cadenas

Núm. total de módulos FV Núm. módulos 306 Pnom unitaria 450 Wp

Potencia global del conjunto Nominal (STC) **138 kWp** En cond. de funciona. 125 kWp (50°C)

Caract. funcionamiento del conjunto (50°C) U mpp 655 V I mpp 190 A

Superficie total Superficie módulos **681 m²** Superficie célula 604 m²

Inversor Modelo **Ingecon Sun 33 TL M**
 Base de datos PVSyst original Fabricante Ingeteam

Características Voltaje de funcionam. 300-820 V Pnom unitaria 33.0 kWac

Paquete de inversores Núm. de inversores 4 unidades Potencia total 132 kWac
 Relación Pnom 1.04

Factores de pérdida del conjunto FV

Suciedad del conjunto Fracción de pérdidas 3.0 %

Factor de pérdidas térmicas U_c (const) 29.0 W/m²K U_v (viento) 1.0 W/m²K / m/s

Pérdida óhmica en el Cableado Res. global conjunto 53 mOhm Fracción de pérdidas 1.4 % en STC

LID - "Light Induced Degradation" Fracción de pérdidas 1.0 %

Pérdida Calidad Módulo Fracción de pérdidas -0.3 %

Pérdidas de "desajuste" Módulos Fracción de pérdidas 1.0 % en MPP

Pérdidas de "desajuste" cadenas Fracción de pérdidas 0.10 %

Efecto de incidencia, perfil definido por el usuario (IAM): Perfil personalizado

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.987	0.964	0.930	0.880	0.810	0.653	0.000

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : TFM

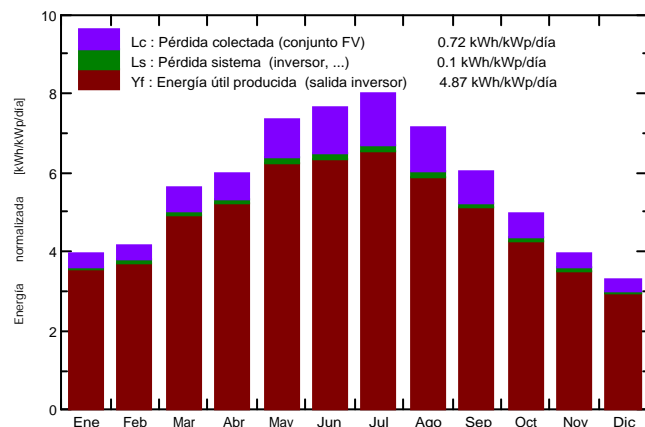
Variante de simulación : TFM-137kWp

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	FAK450H8C v.01	Pnom	450 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	306	Pnom total	138 kWp
Inversor	Modelo	Ingecon Sun 33 TL M	Pnom	33.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	4.0	Pnom total	132 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

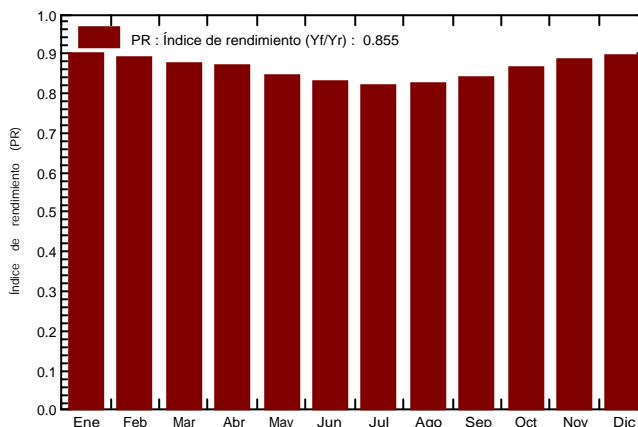
Resultados principales de la simulación

Producción del sistema	Energía producida	244.9 MWh/año	Produc. específica	1778 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	85.55 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 138 kWp



Índice de rendimiento (PR)



TFM-137kWp

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	88.5	25.11	11.31	122.4	115.8	15.50	15.20	0.902
Febrero	94.0	34.01	13.25	117.0	111.2	14.67	14.37	0.892
Marzo	152.5	48.46	16.08	175.0	166.5	21.51	21.09	0.875
Abril	168.7	71.37	17.80	179.8	170.9	22.00	21.55	0.870
Mayo	224.5	71.87	22.24	228.2	217.1	27.18	26.64	0.848
Junio	230.9	66.30	26.65	229.8	218.8	26.80	26.25	0.830
Julio	246.4	56.55	28.79	247.5	235.9	28.51	27.93	0.820
Agosto	211.1	66.64	28.71	222.0	211.4	25.72	25.21	0.825
Septiembre	162.1	55.17	24.76	181.7	173.0	21.52	21.09	0.843
Octubre	126.5	41.47	20.90	153.6	146.1	18.65	18.28	0.864
Noviembre	90.0	29.64	14.86	119.5	113.2	14.88	14.59	0.886
Diciembre	73.6	27.56	12.04	102.2	96.5	12.90	12.65	0.899
Año	1868.9	594.16	19.82	2078.6	1976.3	249.85	244.86	0.855

Leyendas: GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del conjunto
T_Amb	T amb.	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Índice de rendimiento

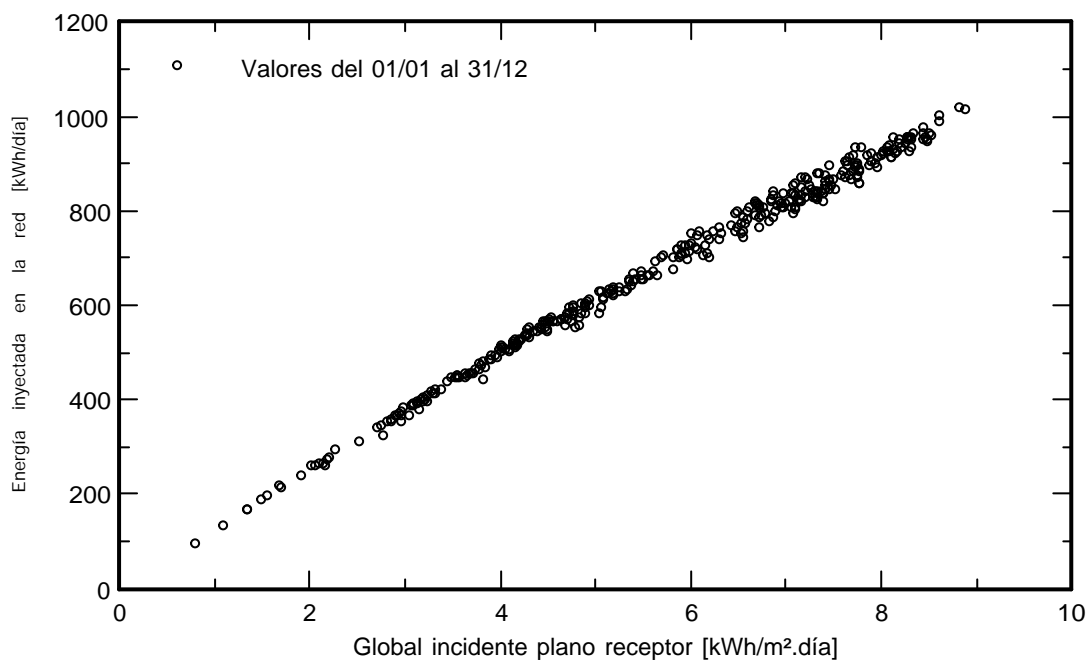
Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

Proyecto : TFM

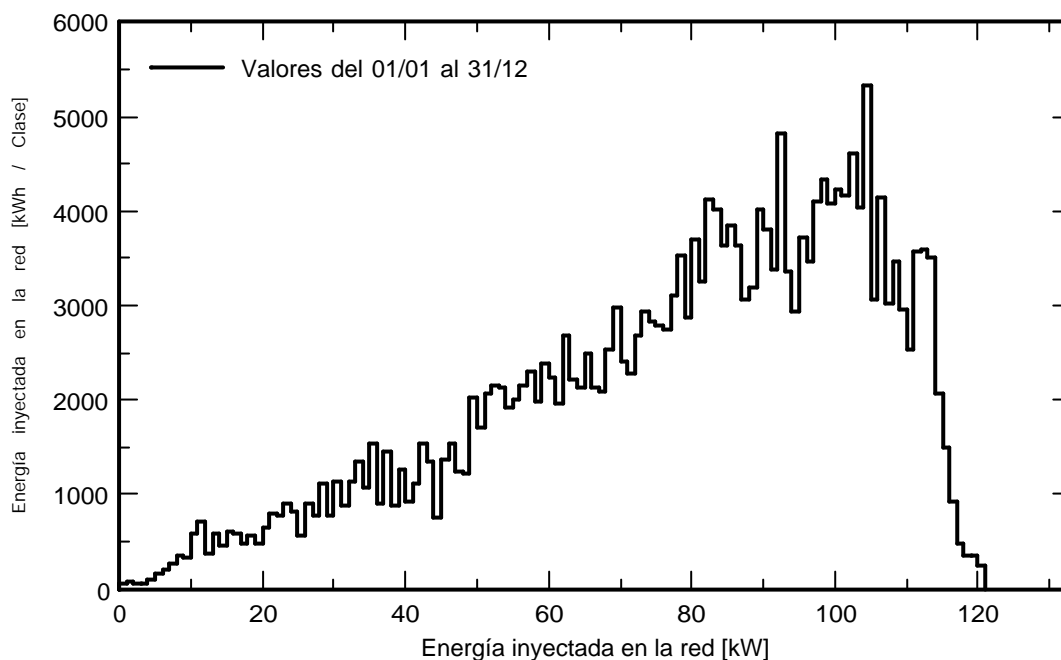
Variante de simulación : TFM-137kWp

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	FAK450H8C v.01	Pnom	450 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	306	Pnom total	138 kWp
Inversor	Modelo	Ingecon Sun 33 TL M	Pnom	33.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	4.0	Pnom total	132 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución Potencia de Salida del Sistema



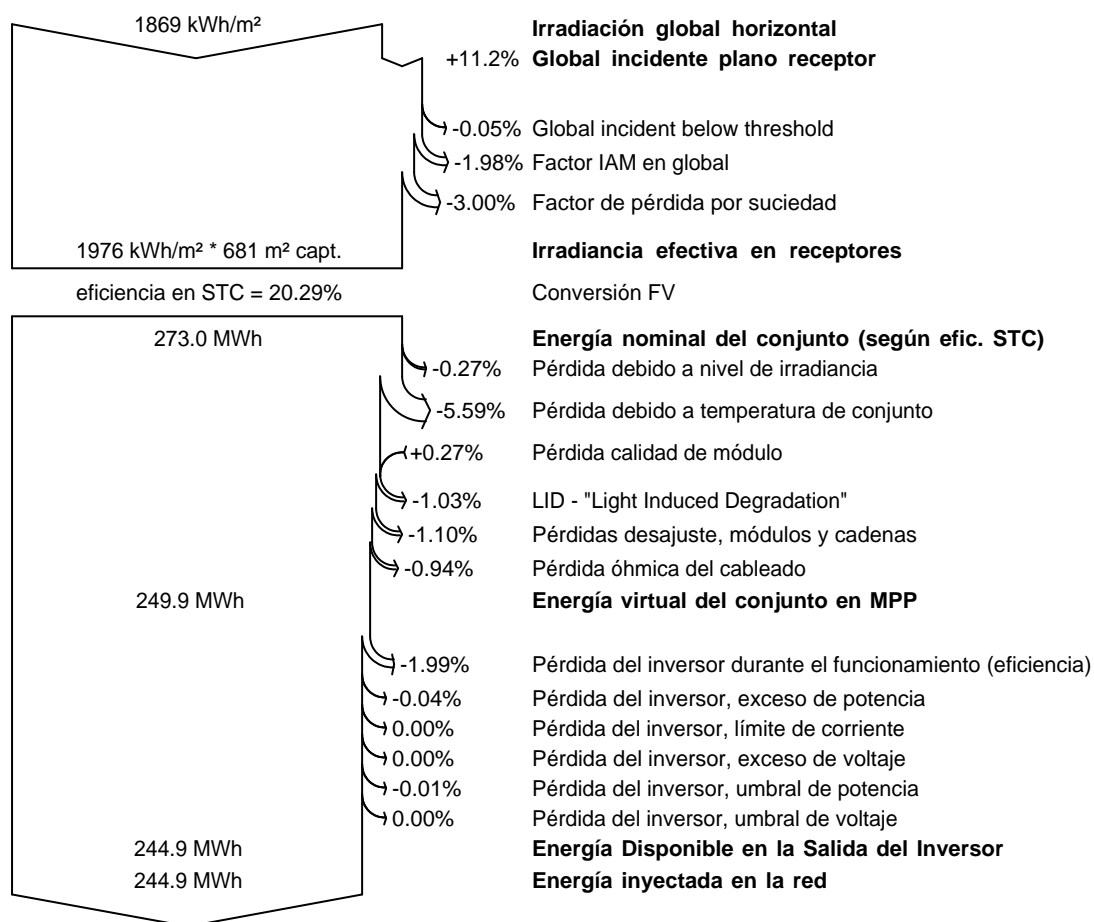
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : TFM

Variante de simulación : TFM-137kWp

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	FAK450H8C v.01	Pnom	450 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	306	Pnom total	138 kWp
Inversor	Modelo	Ingecon Sun 33 TL M	Pnom	33.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	4.0	Pnom total	132 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Evaluación P50 - P90

Proyecto : TFM

Variante de simulación : TFM-137kWp

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	FAK450H8C v.01	Pnom 450 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	306	Pnom total 138 kWp
Inversor	Modelo	Ingecon Sun 33 TL M	Pnom 33.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	4.0	Pnom total 132 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Evaluación de la previsión de la probabilidad de producción

La distribución de la probabilidad de producción del sistema para diferentes años depende principalmente de los datos meteorológicos utilizados para la simulación, y depende de las siguientes opciones:

Origen de los datos meteorológicos	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100%		
Datos meteorológicos	Tipo	Promedios mensuales	Síntesis Promedio plurianual
Desviación especificada	Cambio climático	0.0 %	
Variabilidad de un año al otro	Varianza	2.5 %	

La varianza de la distribución de probabilidad depende también de las incertidumbres de ciertos parámetros del sistema

Desviación especificada	Parám./modelo de módulo FV	1.0 %	
	Incertidumbre eficiencia inversor	0.5 %	
	Incertidumbres ensuciado y desajuste	1.0 %	
	Incertidumbre de la degradación	1.0 %	
Variabilidad global (meteorología y sistema)	Varianza	3.1 %	(suma cuadrática)

Probabilidad de producción anual	Variabilidad	7.5 MWh
	P50	244.9 MWh
	P90	235.2 MWh
	P95	232.5 MWh

Probability distribution

