

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

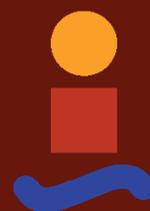
Estudio de viabilidad económica de autoconsumo eólico en una vivienda

Autora: María del Pilar Traverso Casado

Tutora: Catalina Gómez Quiles

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

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Estudio de viabilidad económica de autoconsumo eólico en una vivienda

Autora:

María del Pilar Traverso Casado

Tutora:

Catalina Gómez Quiles

Profesora Titular de Universidad

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

Sevilla, 2022

Trabajo Fin de Grado: Estudio de viabilidad económica de autoconsumo eólico en una vivienda

Autora: María del Pilar Traverso Casado

Tutora: Catalina Gómez Quiles

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

Última pieza de un largo camino donde se vive como una montaña rusa, donde adquirimos ciertos conocimientos que ponemos en práctica una vez colocado esta última pieza, un puzzle llamado Universidad. La primera pieza del puzzle empezamos a colocarla a través del miedo a lo desconocido, a lo nuevo, pero a medida que avanzamos, vamos construyendo este gran puzzle mediante el conocimiento que logramos adquirir durante su construcción, su recorrido, finalizando con la última pieza, la pieza más compleja, la más valorada, la más importante en nuestro camino, ya que aquella que cierra un ciclo para poder empezar otro.

A lo largo de este gran recorrido, debo agradecer a mis padres y hermana el gran apoyo incondicional y la gran confianza que han depositado en mí, esa confianza que yo nunca tuve en mí misma durante este largo camino. Camino que no ha sido nada fácil, donde la constancia, perseverancia, tenacidad y el no saber abandonar en los momentos difíciles son los pilares fundamentales de este gran puzzle.

A toda mi familia por estar siempre ahí, por celebrar cada triunfo y por apoyarme en cada derrota.

A mis amigos, a los que ya estaban y a los que se han unido en el camino, por esas tardes de estudios, por ser profesores en algún momento o, ser alumnos en otros.

A mi tutora, Catalina Gómez Quiles, por darme la confianza de poder realizar este proyecto y por su dedicación en resolver todas mis dudas.

Por último, agradecer a AEMET, y en especial a los empleados con los que he tenido el placer de ponerme en contacto, porque sin ellos, este proyecto no hubiera sido posible.

Gracias a todos por ser parte de mi última pieza de este gran puzzle, Universidad.

María del Pilar Traverso Casado

ETSI Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022

A lo largo de este proyecto, vamos a proceder con el estudio del beneficio y la viabilidad económica de una vivienda en la que se instala un aerogenerador de pequeña envergadura en comparación con una vivienda sin autoconsumo propio.

Para el estudio del beneficio y la viabilidad económica compararemos diferentes tipos de aerogeneradores y diferentes emplazamientos.

Por lo tanto, para la realización de este proyecto, nos centraremos:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de Abril, existente en el presente de la realización de nuestro estudio, donde podemos inyectar a la red nuestra energía sobrante y con ello obtener cierta recompensa en nuestra factura eléctrica.
- Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor vigente en el momento del estudio, así como los perfiles del pequeño consumidor y el precio de la energía excedentaria del autoconsumo.
- Año de estudio correspondiente al 2020.
- Ciudad de estudio, Sevilla, con tres distintos emplazamientos:
 - Tomares.
 - San Pablo.
 - Tablada.

Abstract

Throughout this Project, we are going to proceed with the study of the benefit and economic viability of a home in which a small wind turbine is installed in comparison with a home without its own self-consumption.

For the study of the benefit and economic viability we will compare different types of wind turbines and different locations

Therefore, to carry out this Project, we will focus on:

- Royal Decree 244/2019, of April 5, existing at the time of our study, which we can inject our surplus energy into the network and thus obtain a certain discount on our electricity bill.
- Voluntary Price for Small Consumers in force at the time of the study, as well as the profiles of small consumers and the Price of surplus energy from self consumption.
- Year of study corresponding to 2020.
- Study city, Seville, with three different locations:
 - Tomares.
 - San Pablo.
 - Tablada.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xviii
1 Objetivo	1
2 Introducción	3
2.1 <i>Autoconsumo</i>	3
2.1.1 <i>Autoconsumo mini eólico</i>	3
2.2 <i>Evolución. Marco normativo</i>	4
2.3 <i>Real Decreto 244/2019</i>	9
3 Obtención y análisis de datos	11
3.1 <i>Estudio meteorológico</i>	11
3.1.1 <i>Tomares</i>	11
3.1.2 <i>San Pablo</i>	12
3.1.3 <i>Tablada</i>	12
3.2 <i>Datos aerogeneradores.</i>	12
3.3 <i>Perfiles de consumo del pequeño consumidor</i>	13
3.4 <i>Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC)</i>	14
3.4.1 <i>Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto</i>	14
3.4.2 <i>Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)</i>	15
3.5 <i>Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)</i>	16
4 Metodología	19
4.1 <i>Velocidad del viento</i>	19
4.2 <i>Curvas de Potencia</i>	19
4.3 <i>Coste de la energía sin autoconsumo</i>	25
4.4 <i>Coste de la energía con autoconsumo</i>	26
4.5 <i>Ahorro anual</i>	27
4.6 <i>Estudio económico</i>	27
4.6.1 <i>Valor Actual Neto (VAN)</i>	27
4.6.2 <i>Tasa Interna de Retorno (TIR)</i>	28
4.6.3 <i>PayBack (PB)</i>	28
5 Resultados	31
5.1 <i>Consumidor tipo sin autoconsumo</i>	31
5.2 <i>Velocidad del viento</i>	32
5.3 <i>Consumidor tipo con autoconsumo</i>	33
5.3.1 <i>Enair 30 Pro</i>	33
5.3.2 <i>Bornay 3000</i>	35

5.3.3	Bornay 6000	37
5.3.4	Atlas X	39
5.3.5	Atlas 2.0	41
5.3.6	Zeus 3.0	43
5.3.7	MAGNUM 5	45
5.3.8	Comparativa entre usuario sin autoconsumo y con autoconsumo	47
5.4	<i>Estudio económico</i>	88
5.4.1	Datos	88
5.4.2	VAN	89
5.4.3	TIR	90
5.4.4	PayBack	90
6	Conclusiones	92
	Referencias	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Tipos de aerogeneradores	12
Tabla 3-2 Perfiles finales de consumo del pequeño consumidor	13
Tabla 3-3 Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto	15
Tabla 3-4 Término de facturación de energía del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)	16
Tabla 3-5 Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)	17
Tabla 5-1 Coste final sin autoconsumo	31
Tabla 5-2 Suma mensual de la velocidad registrada a cada hora	32
Tabla 5-3 Características Enair 30 Pro	33
Tabla 5-4 Enair 30 Pro: Coste final con autoconsumo para consumidor de 4000kWh.	34
Tabla 5-5 Enair 30 Pro: Coste final con autoconsumo para consumidor de 7589kWh	34
Tabla 5-6 Características Bornay 3000	35
Tabla 5-7 Bornay 3000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 4000kWh	36
Tabla 5-8 Bornay 3000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 7589kWh	36
Tabla 5-9 Características Bornay 6000	37
Tabla 5-10 Bornay 6000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 4000kWh	38
Tabla 5-11 Bornay 6000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 7580kWh	38
Tabla 5-12 Características Atlas X	39
Tabla 5-13 Atlas X: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh	40
Tabla 5-14 Atlas X: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kWh	40
Tabla 5-15 Característica Atlas 2.0	41
Tabla 5-16 Atlas 2.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh	42
Tabla 5-17 Atlas 2.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kWh	42
Tabla 5-18 Característica Zeus 3.0	43
Tabla 5-19 Zeus 3.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh	44
Tabla 5-20 Zeus 3.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kWh	44
Tabla 5-21 Característica MAGNUM 5	45
Tabla 5-22 MAGNUM 5: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh	46
Tabla 5-23 MAGNUM 5: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kWh	46
Tabla 5-24 Coste sin autoconsumo	47
Tabla 5-25 Coste con autoconsumo para un consumidor de 4000kWh	47
Tabla 5-26 Coste con autoconsumo para un consumidor de 7589kWh	47
Tabla 5-27 Ahorro para un consumidor de 4000kWh	48
Tabla 5-28 Ahorro para un consumidor de 7589kWh	48

Tabla 5–29 Ahorro por mes para un consumidor de 4000kWh en San Pablo	50
Tabla 5–30 Ahorro por día para un consumidor de 4000kWh en San Pablo	52
Tabla 5–31 Ahorro por hora para un consumidor de 4000kWh en San Pablo	54
Tabla 5–32 Ahorro por mes para un consumidor de 7589kWh en San Pablo	56
Tabla 5–33 Ahorro por día para un consumidor de 7589kWh en San Pablo	58
Tabla 5–34 Ahorro por horas para un consumidor de 7589kWh en San Pablo	60
Tabla 5–35 Ahorro por mes para un consumidor de 4000kWh en Tablada	63
Tabla 5–36 Ahorro por día para un consumidor de 4000kWh en Tablada	65
Tabla 5–37 Ahorro por horas para un consumidor de 4000kWh en Tablada	67
Tabla 5–38 Ahorro por mes para un consumidor de 7589kWh en Tablada	69
Tabla 5–39 Ahorro por días para un consumidor de 7589kWh en Tablada	71
Tabla 5–40 Ahorro por horas para un consumidor de 7589kWh en Tablada	73
Tabla 5–41 Ahorro por mes para un consumidor de 4000kWh en Tomares	76
Tabla 5–42 Ahorro por días para un consumidor de 4000kWh en Tomares	78
Tabla 5–43 Ahorros por horas para un consumidor de 4000kWh en Tomares	80
Tabla 5–44 Ahorro por mes para un consumidor de 7589kW en Tomares	82
Tabla 5–45 Ahorro por días para un consumidor de 7589kWh en Tomares	84
Tabla 5–46 Ahorro por horas para un consumidor de 7589kWh en Tomares	86
Tabla 5–47 Característica estudio económico Zeus 3.0	88
Tabla 5–48 Característica estudio económico MAGNUM 5	88
Tabla 5–49 VAN (€) para un consumidor de 4000kWh	89
Tabla 5–50 VAN (€) para un consumidor de 7589kWh	89
Tabla 5–51 TIR (%) para un consumidor de 4000kWh	90
Tabla 5–52 TIR (%) para un consumidor de 7589kWh	90
Tabla 5–53 PayBack (años) para un consumidor de 4000kWh	90
Tabla 5–54 PayBack (años) para un consumidor de 7589kWh	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Resumen de las modalidades y las diferentes posibilidades de autoconsumo [5]	10
Figura 4-1 Curva de Potencia Enair 30 Pro	20
Figura 4-2 Curva de Potencia Atlas X	21
Figura 4-3 Curva de Potencia Atlas 2.0	21
Figura 4-4 Curva de Potencia Zeus 3.0	22
Figura 4-5 Curva de Potencia MAGNUM 5	23
Figura 4-6 Curva de Potencia Bornay 3000	23
Figura 4-7 Curva de Potencia Bornay 6000	24
Figura 5-1 Suma mensual de la velocidad registrada a cada hora	32
Figura 5-2 Enair 30 Pro	33
Figura 5-3 Bornay 3000	35
Figura 5-4 Bornay 6000	37
Figura 5-5 Atlas X	39
Figura 5-6 Atlas 2.0	41
Figura 5-7 Zeus 3.0	43
Figura 5-8 MAGNUM 5	45
Figura 5-9 Velocidades del viento (m/s) en San Pablo en el mes de Julio	49
Figura 5-10 Velocidades del viento (m/s) en San Pablo en el mes de Diciembre	49
Figura 5-11 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en San Pablo	50
Figura 5-12 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en San Pablo	51
Figura 5-13 Ahorro por día para un consumidor 2.0A de 4000kWh en San Pablo	53
Figura 5-14 Ahorro por día para un consumidor de 4000kWh en San Pablo	53
Figura 5-15 Ahorro por hora para un consumidor 2.0A de 4000kWh en San Pablo	55
Figura 5-16 Ahorro por hora para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en San Pablo	55
Figura 5-17 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 7589kWh en San Pablo	57
Figura 5-18 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en San Pablo	57
Figura 5-19 Ahorro por día para un consumidor 2.0A de 7589kWh en San Pablo	59
Figura 5-20 Ahorro por día para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en San Pablo	59
Figura 5-21 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 7589 kWh en San Pablo	61
Figura 5-22 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en San Pablo	61
Figura 5-23 Velocidades del viento (m/s) en Tablada en el mes de Julio	62
Figura 5-24 Velocidades del viento (m/s) en Tablada en el mes de Diciembre	63
Figura 5-25 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tablada	64
Figura 5-26 Ahorro por mes para u consumidor 2.0DHAd e 4000kWh en Tablada	64

Figura 5-27 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tablada	66
Figura 5-28 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tablada	66
Figura 5-29 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tablada	68
Figura 5-30 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 4000KWh en Tablada	68
Figura 5-31 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tablada	69
Figura 5-32 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tablada	70
Figura 5-33 Ahorro por días para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tablada	72
Figura 5-34 Ahorro por días para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tablada	72
Figura 5-35 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tablada	74
Figura 5-36 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tablada	74
Figura 5-37 Velocidades del viento (m/s) en Tomares en el mes de Julio	75
Figura 5-38 Velocidades del viento (m/s) en Tomares en el mes de Diciembre	76
Figura 5-39 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tomares	77
Figura 5-40 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tomares	77
Figura 5-41 Ahorro por días para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tomares	79
Figura 5-42 Ahorro por días para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tomares	79
Figura 5-43 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tomares	81
Figura 5-44 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tomares	81
Figura 5-45 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tomares	82
Figura 5-46 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tomares	83
Figura 5-47 Ahorro por días para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tomares	85
Figura 5-48 Ahorro por días para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tomares	85
Figura 5-49 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tomares	87
Figura 5-50 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tomares	87

1 OBJETIVO

Mire vuestra merced – respondió Sancho- que aquellos que allí se parecen no son gigantes, sino molinos de vientos, y lo que en ellos parecen brazos son las aspas, que, volteadas del viento, hacen andar la piedra del molino.

- Miguel de Cervantes Saavedra -

A lo largo de estos años y a medida que se han ido implantando normativas, nosotros como pequeños consumidores, nos hemos visto respaldados ante la posibilidad de ser autoconsumidor propio. Por ello, hemos podido observar un aumento de instalaciones renovables, y más hoy en día, que durante el estudio de este proyecto se implantó unas nuevas tarifas donde prácticamente se ahoga al consumidor en un exceso de precio.

Podemos decir, que el creciente aumento de las energías renovables para el autoconsumo se lo podemos atribuir a las fotovoltaicas ya que es la más conocida y estudiada y porque aprovecha un recurso que por la ubicación de nuestro país tenemos radiación solar durante muchas horas a lo largo de todos los días.

Pero, ¿no podemos aprovecharnos de otro recurso inagotable como es el viento?, ¿no podemos recurrir a una instalación eólica a través de un pequeño aerogenerador para abastecernos en nuestra vivienda? Vamos a describir a lo largo de este proyecto, el impacto que obtendríamos en nuestra factura y la viabilidad económica a la introducción de un aerogenerador doméstico en nuestra vivienda.

En lo primero que nos vamos a centrar es en el estudio del coste anual de dos energías anuales consumidas, una energía anual común y otra energía anual real particular, de la tarifa en la que estemos acogidos y del emplazamiento. Para ello, vamos a desglosar este estudio de la siguiente manera:

- Primero veremos el coste anual que obtendríamos antes de introducir nuestra instalación eólica, a través dos modalidades de tarifa que tenemos.
- Segundo, vamos a ver el coste anual dependiendo de los emplazamientos que tenemos y de los distintos tipos de aerogeneradores a estudiar. Aquí, debemos tener en cuenta que, si nos encontramos con algún exceso de energía, dicho sobrante lo podemos inyectar a la red y esto se verá bonificado en nuestra factura con un saldo en término de energía mes a mes.
- A continuación, una vez que tenemos los costes finales anuales antes y después de introducir nuestro aerogenerador, vamos a proceder con el ahorro que podemos obtener de ello.

Por último, una vez que hemos obtenido los ahorros que podíamos obtener y quedarnos con aquellos aerogeneradores que mejor se adaptan a nuestras necesidades según el emplazamiento, vamos a proceder al estudio de la rentabilidad de estas instalaciones renovables a través de unos indicadores financieros que nos proporcionará si este estudio es viable o no.

2 INTRODUCCIÓN

Hace relativamente poco, alrededor de unas dos décadas, empezamos a ver un creciente aumento de las denominadas energías renovables, cuya función principal es la obtención de energía eléctrica a través de otro tipo de energía proveniente de fuentes naturales virtualmente inagotables como puede ser el sol, el viento, agua, etc. En un principio, dichas energías renovables fueron construyéndose a amplias escalas, pero a medida de los años, se ha ido convirtiendo en unas instalaciones indispensables para el pequeño consumidor haciendo que este consumidor se autoabastezca de su propia instalación renovable denominado así el término de autoconsumo.

Pero, ¿qué es el autoconsumo?, ¿hay alguna norma que regula dicho autoconsumo?, vamos a intentar de aclarar estas preguntas a lo largo de este capítulo.

2.1 Autoconsumo

Según la Real Academia Española, RAE, [1], la definición de autoconsumo es “consumo de bienes o recursos, especialmente agrarios, por parte de quien los produce”, es decir, de una manera más sencilla y coloquial, diremos que el autoconsumo se basa en el consumo propio de una parte o la total producción eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas al consumidor.

Este autoabastecimiento nos deja unas ciertas ventajas [2] [3]:

- Empodera a los consumidores, es decir, disminuye la dependencia del consumo de las grandes eléctricas.
- Permite obtener unos beneficios en la factura eléctrica.
- Contribuye en la lucha contra el cambio climático, reduciendo las emisiones de toneladas de CO_2 al año por cada kilovatio instalado.
- Minimiza las pérdidas en transporte y distribución de la electricidad, haciendo que el sistema eléctrico sea más eficiente.
- Impulsa la creación de puestos de trabajos verdes denominados así a aquellos empleos en las actividades de fabricación, investigación y desarrollo que contribuyen a preservar o restaurar la calidad medioambiental
- Aumenta la eficiencia energética de los edificios.

2.1.1 Autoconsumo mini eólico

La energía mini eólica [3] [4] está basada en el aprovechamiento de la energía cinética del viento a través de la fuerza que esta conlleva para hacer girar el aerogenerador y producir así la energía eléctrica. Como podemos observar, es la misma base que la energía eólica, sin embargo, difiere de su hermano mayor en su gran reducido tamaño, en que estos pequeños aerogeneradores suelen emplearse para satisfacer las necesidades domésticas y que suelen disponer de un timón que guía la orientación ya que el rotor debe estar orientado.

El funcionamiento de estos aerogeneradores es prácticamente el mismo que los grandes aerogeneradores, ya que se encuentra basado en el giro de un rotor accionado por el impulso del viento. Una vez que el rotor empieza a girar, al estar conectado a un generador mediante un eje, este generador produce electricidad en corriente alterna.

Los aerogeneradores más populares son los de eje horizontal, aunque en los últimos años se han ido introduciendo los aerogeneradores de eje vertical, ya que estos pueden instalarse si nos encontramos en espacios limitados.

Las principales ventajas que podemos obtener de este tipo de instalaciones son:

- Silencioso.
- Recurso aprovechable tanto de día como de noche en cualquier época del año.
- Se evita las pérdidas producidas en el transporte, ya que dichas instalaciones se encuentran próximas al punto de consumo.
- Su instalación es relativamente sencilla y requiere poco mantenimiento.

2.2 Evolución. Marco normativo

Una vez que hemos explicado brevemente el autoconsumo, vamos a intentar enumerar una evolución cronológica de algunas de las normas más importantes que nos han ido afectando a lo largo de estos años, los cuales se han ido modificando obteniendo así nuevas Leyes o Reales Decretos, con respecto a la energía renovable, al autoconsumo de ellas y al sistema eléctrico que conlleva la instalación de la misma [5] [6]

- Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico [7]:
 - Propósito liberalizador. Es decir, se reconoce el derecho a la libre instalación y se organiza su funcionamiento bajo el principio de libre competencia.
 - Se configura un sistema eléctrico que funcionaría bajo los principios de objetividad, transparencia y libre competencia.
 - La actividad de producción de energía eléctrica tendrá la consideración de producción en régimen especial cuando se realice desde instalaciones cuya potencia no supere los 50MW, es decir, en los casos de autoproductores, cuando se utilice como energía primaria algunas de las energías renovables no consumibles y cuando se utilicen como energía primaria residuos no renovables.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre [8]:
 - Se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
 - Transparencia en las condiciones de conexión y acceso a la red.
 - Establece los requisitos técnicos que la instalación debe cumplir dependiendo de si la potencia contratada es superior o inferior a 100kW.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto [9]:
 - Se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión junto a sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 5. Dichas instrucciones son útiles para todas aquellas instalaciones generadoras de energías renovables conectadas a baja tensión.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de Mayo [10]:
 - Se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
 - Establece el régimen jurídico y económico para aquellas instalaciones que producen energía eléctrica procedentes de materias primas como la energía renovable y los residuos.
- Real Decreto 1028/2007, de 20 de Julio [11]:
 - Se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalación es de generación eléctrica en el mar territorial.

- Real Decreto 1110/2007, de 24 de Agosto [12]:
 - Se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de Septiembre [13]:
 - Retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, 25 de mayo, para dicha tecnología.
 - Se establece un mecanismo de asignación de retribución mediante la inscripción en un registro de asignación de retribución (PREFO, PREasignación de instalaciones fotovoltaica) que dé la necesaria seguridad jurídica a los promotores.
- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de Abril [14]:
 - Se adaptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de Noviembre [15]:
 - Se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
 - Se establece la obligación de adscripción a centros de control que actuarán como interlocutores del operador del sistema para las instalaciones de potencia igual o superior a 10MW.
- Real Decreto 1614/2010, de 7 de Diciembre [16]:
 - Se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoeléctrica y eólica.
 - Se define el número de horas equivalentes de funcionamiento de una instalación de producción de energía eléctrica.
 - Las instalaciones de tecnología solar termoeléctrica y eólica tendrán derecho a percibir la cuantía correspondiente a la prima equivalente o prima hasta alcanzar el número de horas equivalentes de referencia.
- Real Decreto-Ley 14/2010, de 23 de Diciembre [17]:
 - Se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
 - Se anula la excepción del pago por el uso de las redes de transporte y distribución a los consumos por el bombeo y se establece la obligación de los productores de energía eléctrica del pago de dichos peajes.
 - Se establece que las empresas productoras del régimen ordinariamente financiarán el Plan de acción 2008-2012. Asimismo, se fijan los porcentajes de participación de cada empresa en su financiación.
- Ley 2/2011, de 4 de Marzo [18]:
 - Economía Sostenible.

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de Noviembre [19]:
 - Se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
 - Se simplifican los requisitos para las instalaciones de pequeña potencia que pretendan conectarse en puntos donde exista ya un suministro.
 - Se excluyen del régimen de autorización administrativa las instalaciones de producción con potencia nominal no superior a 100kW.
 - Se pretende el desarrollo de la generación distribuida, obteniendo beneficios para el sistema como la reducción de pérdidas en la red, la reducción de necesidades de inversiones en nuevas redes y una minimización del impacto de las instalaciones eléctricas en su entorno.
 - Se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto-Ley 1/2012, de 27 de Enero [20]:
 - Se procede a la suspensión de los procedimientos de reasignación de retribución y a la suspensión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovable y residuos.
 - Establece que, a partir de 2013, no duda aparecer déficit tarifario.
- Real Decreto-Ley 9/2013, de 12 de Julio [21]:
 - Se adaptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
 - Se habilita al Gobierno para aprobar un nuevo régimen jurídico y económico para las instalaciones de producción de energía eléctrica existentes a partir de fuentes de energía renovable, cogeneración y residuos.
 - Se establecen una serie de medidas de carácter urgente en relación al régimen retributivo de las actividades de distribución y transporte.
 - Se contemplan un conjunto de medidas en relación con el fondo para la Titulización del Déficit del Sistema Eléctrico.
 - Se prevé una disposición adicional relativa a la financiación con cargo a Presupuestos Generales del Estado únicamente de parte de extra coste de generación eléctrica de los sistemas insulares y peninsulares.
 - Se establecen determinadas medidas en relación con los pagos por capacidad.
 - Se acomete la modificación del régimen de asunción del coste del bono social.
 - Incluye determinadas medidas relativas a la revisión de los peajes de acceso, a la creación del registro de autoconsumo y a la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencias.
 - Modifica la Ley 38/1992,28 de Diciembre, de Impuestos Especiales en relación al impuesto especial sobre el carbón.
- Ley 24/2013, de 26 de Noviembre, del Sector Eléctrico [22]:
 - Establecer la regulación del sector eléctrico con la finalidad de garantizar el suministro de energía, y de adecuarlo a las necesidades de los consumidores en términos de seguridad, calidad, eficiencia, objetividad, transparencia y al mínimo coste.
 - Artículo 9, definición de autoconsumo como el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociados a los mismos.
 - Distinción de dos modalidades de autoconsumo: con excedente y sin ellos.
 - Artículo 17, Precio Voluntario al Pequeño Consumidor.

- Real Decreto 216/2014, de 28 de Marzo [23]:
 - Se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.
 - La fijación de las condiciones de oferta precio único de los comercializados de referencia para los consumidores con el derecho a los Precios Voluntarios para el Pequeño Consumidor (PVPC), asíntota como las condiciones mínimas de estos contratos.
 - Establecimiento de los criterios para designar a los comercializadores de referencia y las obligaciones de éstos en relación con el suministro a determinados colectivos de consumidores que contraten con ellos los precios que se determinen de acuerdo con dispuesto en este Real Decreto.
 - La regulación de las condiciones de los contratos de suministro con los comercializadores de referencia y su contenido mínimo.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de Mayo [24]:
 - Se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC_RAT 01 a 23.
- Real Decreto-Ley 413/2014, de 6 de Junio [25]:
 - Se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de Octubre [26]:
 - Se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
 - Conocido por el denominado “Impuestos al Sol” dado que imponía una tasa obligatoria a aquellos usuarios con instalaciones de autoconsumo por estar conectado a la red eléctrica. Este impuesto estaba exento a las instalaciones con una potencia igual o inferior a 10kW y a las instaladas en las Islas Canarias, Ceuta y Melilla, por el contrario, sí se aplicaba a estos dos conceptos:
 - Potencia instalada: aplicado si las instalaciones de autoconsumo contaban con baterías para almacenar el excedente de energía o sin la potencia instalada era mayor a 100kW.
 - Energía autoconsumida: aplicado a la diferencia existente entre la energía producida y el excedente que se inyecta a la red.
- Real Decreto-Ley 7/2016, de 23 de Diciembre [27]:
 - Se regula el mecanismo de financiación del coste del bono social y otras medidas de protección al consumidor vulnerable de energía eléctrica.
- Real Decreto 897/2017, de 6 de Octubre [28]:
 - Se regula la figura del consumidor vulnerable, el bono social y otras medidas de protección para los consumidores domésticos de energía eléctrica.
 - Artículo 1, definición de consumidor vulnerable como el titular de un punto de suministro de electricidad en su vivienda habitual que, siendo persona física, esté acogido al Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) y cumpla los restantes requisitos.

- Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de Octubre [29]:
 - Medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
 - Eliminación del denominado “Impuestos al Sol”
 - Regula el autoconsumo compartido y se reconoce el derecho a autoconsumir energía eléctrica sin cargos y peaje.
 - Simplificación administrativa y técnica.
 - Establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, como normativa de referencia para la realización de instalaciones sin vertido a red de hasta 100kW.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de Abril [30]:
 - Se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
 - Se detalla las modalidades de autoconsumo.
 - Reglamentación del autoconsumo colectivo.
 - Establece sistema de compensación para aquellos que viertan el excedente a la red.
 - Establece los equipos de medida a instalar.
- Circular 3/2020, de 15 de Enero [31]:
 - Se establece la metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad.
 - Se recoge que a partir del 1 de Junio de 2021 entra en vigor una nueva tarifa de la luz donde:
 - Los peajes anteriormente denominados como 2.0 y 2.1 se unificarán para convertirse en la nueva 2.0TD.
 - Cambio en los periodos horarios de consumo, ahora pasara a tener 3 periodos.
- Real Decreto-Ley 23/2020, de 23 de Junio [32]:
 - Se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos pata la reactivación económica.
- Real Decreto 647/2020, de 7 de Julio [33]:
 - Se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 960/2020, de 3 de Noviembre [34]:
 - Se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica.
 - Marco de las próximas subastas de instalaciones de energías renovables.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de Diciembre [35]:
 - De acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
 - Establecer los criterios y el procedimiento de aplicación a la solicitud y obtención de los permisos de acceso y de conexión a un punto de la red, por parte de los productores, transportistas, distribuidores, consumidores y titulares de instalaciones de almacenamiento.
- Real Decreto 148/2021, de 9 de Marzo [36]:
 - Se establece la metodología de cálculo de los cargos del sistema eléctrico.
 - Todos los consumidores con peaje 2.0TD pasan a tener discriminación horaria de tres periodos: punta, llano y valle.

- Real Decreto 477/2021, de 29 de Junio [37]:
 - Se aprueba la concesión directa a las Comunidades Autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla de ayudas para la ejecución de diversos programas de incentivos ligados al autoconsumo y al almacenamiento, con fuentes de energía renovable, así como a la implantación de sistemas técnicos renovables en el sector residencial, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

2.3 Real Decreto 244/2019

Durante el periodo de este proyecto, nos hemos acogido a este Real Decreto por estar vigente en nuestro año de estudio, sin embargo, durante su procedimiento, han surgido más Reales Decretos que cambiarían por completo los cálculos efectuados en el mismo, pero que en teoría no nos afectaría por estar estos decretos fuera de nuestro régimen de estudio, por lo que hemos procedido a detallar un poco más este Real Decreto 244/2019, 5 de Abril [30].

Lo primero que vamos a exponer son los diferentes tipos de autoconsumo [38] [39] [40]:

- Autoconsumo sin excedente: son todas aquellas instalaciones de autoconsumo que disponen de algún tipo de sistema anti vertido, es decir, que impide la inyección de la energía excedentaria a la red de transporte o distribución.
- Autoconsumo con excedente: todas aquellas instalaciones de autoconsumo que puedan inyectar toda la energía excedentaria a la red de transporte o distribución. Este tipo de modalidad viene definido por dos categorías:
 - Autoconsumo con excedente acogido a compensación: todos aquellos consumidores que utilicen la instalación de autoconsumo cuando sea necesaria, así como la energía de la red en los momentos que dicha instalación no sea suficiente para el abastecimiento. De igual manera, si con dicha instalación, los consumidores se encuentran con excedente de energía, estos pueden inyectar ese sobrante a la red, por lo que obtendrían una compensación en la siguiente facturación. Para ello, es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:
 - Tecnología renovable, es decir, que su fuente de energía primaria sea de dicho origen.
 - La potencia total de la instalación no supere los 100kW.
 - El consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo y servicios auxiliares.
 - El consumidor haya suscrito un contrato de compensación de excedente de autoconsumo.
 - La instalación de producción no esté sujeta a la percepción de un régimen retributivo adicional o específico.
 - Autoconsumo con excedente no acogido a compensación: todos aquellos consumidores que no cumplan con las condiciones impuestas para la modalidad anterior o que directamente no quieran acogerse a dicha modalidad.

Otro aspecto a tener en cuenta dentro de cada una de las modalidades de autoconsumo es el número de consumidores a los que se asocie la instalación de autoconsumo. Existen dos tipos de autoconsumidores:

- Autoconsumidor individual: si solo existe un consumidor asociado a la instalación renovable.
- Autoconsumidor colectivo: si existen varios consumidores asociados a la instalación renovable, y todos ellos deben permanecer a la misma modalidad de autoconsumo.

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

Figura 2-1 Resumen de las modalidades y las diferentes posibilidades de autoconsumo [5]

3 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Para realizar el estudio de este proyecto, previamente debemos conocer los datos de viento para un emplazamiento, así como los perfiles de consumo del pequeño consumidos y los precios de la energía.

3.1 Estudio meteorológico

El primer paso, es la obtención de los datos de la meteorología para nuestro año de estudio, y para ello, hemos recurrido a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) [41].

Para poder contactar con ellos, lo primero que debemos hacer es identificarnos con un registro de usuario a través de su sede electrónica [42]. Una vez estamos registrado, tenemos que ir a la pestaña “solicitud de prestaciones”, “nueva” y finalmente “usuario en general”, donde se nos abrirá una ventana llamada “cumplimentación” en la cual, vamos a tener que ir rellenando una solicitud online para pedir los datos pasados que nos interesa.

Cuando dicha solicitud llega a trámite, un empleado de AEMET se pone en contacto con el usuario, en este caso seríamos nosotros como dicho usuario, a través del correo registrado para preguntarnos unos datos específicos y la cuantía de dichos datos. En nuestro caso, al pedirles en la solicitud que queríamos un año completo de valores de vientos y no especificar qué año, nos preguntaron qué año queríamos estudiar, y pedimos concretamente el año 2019. Luego, en cuanto a la cuantía de dichos datos, al ser para un estudio de la Universidad de Sevilla, solo nos pidieron que le facilitáramos el impreso L1 completo con el sello del departamento para así ellos verificar que dichos datos son de uso académico.

Finalmente, terminada toda la documentación, nos entregan los valores pedidos a través de una hoja de datos, que nosotros, para nuestra comodidad a la hora de usar dichos valores, volcamos dichos datos a Excel.

En un principio, pedimos a AEMET que el emplazamiento que queríamos estudiar debería ser de una estación meteorológica cercana a Tomares. Y así fue, ya que nos dieron los datos de dicha estación, pero a la hora de analizar los datos, nos dimos cuenta que teníamos bastantes lagunas de información.

Nos pusimos en contacto con ellos, y al verificar que era cierto que dicha estación meteorológica tenía bastantes fallos de lectura, nos entregaron los datos de otras dos estaciones meteorológicas cercanas, como son las de San Pablo y Tablada, obteniendo al final, tres ubicaciones para nuestro estudio.

Al comienzo, pedimos el año 2019 como estudio, pero finalmente, vamos a readaptar todos los datos de viento para el año 2020. Para ello, en las tres localizaciones dadas, debemos de incluir el 29 de febrero, ya que, ahora al ser el año 2020 nuestro año de estudio, dicho año es bisiesto. Para completar dicho día, lo que hacemos es la copia de información del 28 de febrero e implementarlo al 29 de febrero.

3.1.1 Tomares

Esta primera ubicación, es la primera localización pedida y en la que más lagunas de información nos hemos encontrado, pero para seguir usando este lugar como estudio, hemos completado todas aquellas lagunas encontradas de la siguiente manera:

- Con la falta de información para el 31 de Diciembre, decidimos que sería la misma información que la del 30 de Diciembre.
- Al encontrarnos con el mes entero de Enero sin información, pensamos que lo más lógico podría ser que dicho mes, en cuanto a datos de viento se trataba, pudiera ser muy parecido al mes de Diciembre.
- También nos encontramos con la falta de datos en los días 6, 7, 8 y 9 de Marzo, y creímos conveniente que dichos datos fueran los mismos que los días 10, 11, 12 y 13 de Marzo.

3.1.2 San Pablo

En esta segunda ubicación, es la más completa en cuanto a datos se refiere a las tres localizaciones a estudiar, seguimos teniendo algunas lagunas de información, pero, podemos completar la falta de datos de la siguiente manera:

- Tenemos desinformación de las primeras 23 horas del día 31 de Julio, y para suplementar dicha información, lo que hemos hecho es trasladar esas horas del día 30 de Julio.
- A falta de las primeras cinco horas del día 1 de agosto, lo que hacemos es una copia de las primeras cinco horas del día 2 de agosto.

3.1.3 Tablada

En esta tercera ubicación, para no ser menos, también nos hemos encontrado con bastantes faltas de información, sin embargo, hemos rellenado dicha desinformación de la siguiente manera:

- Con la falta de datos de los días 14, 15, 16 y 17 de enero, transcribimos la información de los días 10, 11, 12 y 13 de enero.

3.2 Datos aerogeneradores.

El segundo paso que debemos de realizar para el estudio de nuestro trabajo, es la obtención de información de los distintos aerogeneradores domésticos a través de sus curvas de potencias.

A continuación, vamos a poner una lista con todos aquellos aerogeneradores que vamos a utilizar:

Aerogenerador	Potencia	Rotor
Enair 30 Pro [43]	3000 W	Eje Horizontal
Bornay 3000 [44]	3000 W	Eje Horizontal
Bornay 6000 [44]	6000 W	Eje Horizontal
Atlas X [45]	1000 W	Eje Vertical
Atlas 2.0 [46]	2000 W	Eje Vertical
Zeus 3.0 [47]	3000 W	Eje Horizontal
MAGNUM 5 [48]	5000 W	Eje Horizontal

Tabla 3–1 Tipos de aerogeneradores

De todos estos aerogeneradores domésticos, el Atlas X y Atlas 2.0 son aerogeneradores verticales. Estos aerogeneradores tienen como característica principal la instalación en posición vertical el eje del rotor, por lo cual, no necesitan ningún mecanismo de orientación, es decir, no importa la dirección del viento.

Todos los demás aerogeneradores domésticos son aerogeneradores de eje horizontal. Estos disponen el eje del rotor en la posición horizontal y se caracterizan por girar las palas en dirección perpendicular a la velocidad del viento, por lo que necesitan algún mecanismo de orientación.

En el siguiente apartado denominado “metodología”, vamos a profundizar más en la obtención de los datos de energía a través de los datos de la curva potencia-tiempo que nos ofrecen cada aerogenerador.

3.3 Perfiles de consumo del pequeño consumidor

El tercer paso que vamos a realizar para el estudio de este proyecto es la obtención de los perfiles de consumo del pequeño consumidor, ya que estos datos son muy importantes porque sin ellos no podemos calcular los costes anuales.

Para extraer estos datos, debemos irnos a la página de Red Eléctrica de España (REE) [49], al apartado “Clientes”, luego al apartado “Generador” y por último, en el apartado “Gestión de tus datos medidas eléctricas” [50]. Una vez dentro de dicho apartado, debemos de seleccionar “Perfiles finales de consumo – Mensual” y luego elegir qué mes y año queremos hacer el estudio. En nuestro caso, como queremos realizar el estudio de un año completo, debemos bajarnos los datos mes a mes y, por último, enlazamos todos los meses para tener un único archivo. Todos estos archivos los obtenemos de un bloc de notas y, para mayor facilidad en nuestro análisis de datos, vamos a traspasar dicha información a Excel, ya que vamos a usar dicha aplicación.

AÑO	MES	DIA	HORA	VERANO(1)/INVIERNO(0)	COEF. PERFIL A	COEF. PERFIL B	COEF. PERFIL C	COEF. PERFIL D
2020	1	1	1	0	0.000104257749	0.000171516389	0.000072640536	0.000145311647
2020	1	1	2	0	0.000087092749	0.000157125758	0.000068349998	0.000159689693
2020	1	1	3	0	0.000073681994	0.000142713583	0.000066330259	0.000156670665
2020	1	1	4	0	0.000065008266	0.000131784631	0.000064973516	0.000149531131
2020	1	1	5	0	0.000060407847	0.000126360489	0.000064485088	0.000142180339
2020	1	1	6	0	0.000058762468	0.000129258478	0.000065024272	0.000135436916
2020	1	1	7	0	0.000060053917	0.000131223299	0.000066944787	0.000130619673
2020	1	1	8	0	0.000064965653	0.000132035459	0.000069241535	0.000125130343

Tabla 3–2 Perfiles finales de consumo del pequeño consumidor

Como podemos observar, la tabla no se encuentra completa, ya que sería muy engorroso y poco visible a la hora de plasmar la información completa del año, por lo que hemos decidido coger como ejemplo las primeras 8 horas del día 1 del mes de Enero del año a estudiar. Otra cosa que observamos de los datos, es que dichos valores se encuentran en por unidad, por lo cual, para que podamos obtener los perfiles finales de consumo del pequeño consumidor en kWh, tomamos el consumo de un hogar medio en España que sería unos 4000 kWh al año de electricidad [51].

De la Tabla 3-2 podemos sacar la siguiente información de los distintos coeficientes [52]:

- Coeficiente perfil A: consumidores con peaje de acceso 2.0A y 2.1A y equipos de medida de un solo periodo.
- Coeficiente perfil B: consumidores con peaje de acceso 2.0DHA y 2.1DHA y equipo de medida adaptada al horario de dichos peajes de acceso. Discriminación horaria en dos periodos.
- Coeficiente perfil C: Consumidores con peaje de acceso 3.0A y 3.1A con medida en baja tensión y registro en 6 periodos.
- Coeficiente perfil D: consumidores con peaje de acceso 2.0DHS y 2.1DHS y equipos para medida adaptado al horario de dichos peajes de acceso. Discriminación horaria en tres periodos.

Hoy en día, con el cambio de tarifa realizado a partir del 1 de Junio del 2021, toda aquella tarifa de acceso 2.0 y 2.1 pasarán a denominarse 2.0TD, y los consumidores pasaríamos a tener una tarifa con discriminación horaria que quedaría dividida en tres periodos horarios: punta (P1), valle (P2) y supervalle (P3). Igualmente, toda aquella tarifa de acceso 3.0 se convertirá en 3.0TD y ahora pasaríamos a tener seis periodos horarios.

3.4 Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC)

Según [53] y [54], el Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) se aplica desde el 1 de abril de 2014, sustituyendo a la antigua Tarifa de Último Recurso (TUR, vigente desde el 1 de Julio de 2009 hasta el 31 de Marzo de 2014), hasta el 1 de Junio de 2021 que se hace oficial una nueva metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad, y de la cual nosotros no vamos a implementar ya que no entra en el año de estudio.

La tarifa regulada PVPC es un sistema que tiene el Gobierno para fijar el precio máximo de la luz ante el mercado eléctrico regulado acogido para todos sus clientes y que solo puede ser aplicado por las denominadas Comercializadoras de Referencia, único en todo el territorio nacional, varía cada hora y permite la posibilidad de discriminación horaria. Solo atribuido para potencias contratadas inferior o igual a los 10 kW.

Esta tarifa sigue teniendo tres componentes principales:

- El coste de producción de energía eléctrica, que se refleja en el término de consumo.
- Los cargos y los peajes de acceso a la red, fijados por el Ministerio de Industria para cubrir el coste de llevar la energía desde las centrales hasta nuestros hogares y otros cargos asociados.
- Coste de comercialización e impuestos, los cuales incluyen los costes de explotación y una retribución por dicho ejercicio.

Para nuestro estudio del PVPC vamos a hacer dos distinciones muy distintas:

- Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto, también conocida como “sin discriminación horaria” y son para aquellos equipos de medida de un solo período.
- Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA), también conocido como “con discriminación horaria” y son para aquellos equipos de media de dos periodos.

3.4.1 Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto

Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto, es la también denominada “tarifa sin discriminación horaria”, y pueden acogerse a esta tarifa todos aquellos que tengan una potencia contratada menor o igual a 10 kW.

Dicha tarifa es la más habitual del consumidor, ya que es la tarifa más simple porque cuenta con un único periodo del precio de la luz. Esto es así porque el precio de nuestra electricidad, es decir el importe y el coste de la potencia, no varía en función de la hora del día ni del consumo que se realice. [55] [56] [57].

Para la obtención de la información de este término de facturación, debemos irnos a Sistema de Información del Operador del Sistema (“e-sios”) [58], el cual es un sistema de información creada por REE para dar información y gestión de los procesos relacionados específicamente con el mercado eléctrico. Una vez dentro de dicho sistema, debemos teclear “término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto” que nos llevará a una ventana donde tendremos que poner el periodo que queremos estudiar y exportar los datos. Dichos datos lo obtenemos en formato Excel.

id	name	geoid	geoname	value	datetime
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			107,12	2020-01-01T00:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			104,07	2020-01-01T01:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			103,72	2020-01-01T02:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			100,27	2020-01-01T03:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			98,81	2020-01-01T04:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			98,1	2020-01-01T05:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			97,96	2020-01-01T06:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			97,63	2020-01-01T07:00:00+01:00
1013	Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto			97,09	2020-01-01T08:00:00+01:00

Tabla 3–3 Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto

Como podemos observar, solo hemos puesto un tramo corto de información correspondiente a las primeras 8 horas del día 1 de enero de 2020, y los datos se encuentran expresados en €/MWh.

3.4.2 Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)

Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA), comúnmente conocida como “tarifa con discriminación horaria” y como la tarifa anterior, solo se podían acoger a ella todo aquel consumidor que tuviera una potencia contratada de menor o igual a 10 kW.

Esta tarifa, como su propio nombre indica, corresponde a una tarifa de precio de la energía diferenciados en dos periodos de tiempo [55] [56]:

- Periodo punta: es aquella correspondiente con la franja horaria diurna y con el precio de la energía más encarecido.
 - ✓ Horario invierno: desde las 12h de la mañana hasta las 22h de la noche.
 - ✓ Horario verano: desde las 13h de la mañana hasta las 23h de la noche.
- Periodo valle: corresponde con la franja horaria nocturna y a su vez, con el precio de energía más económico.
 - ✓ Horario invierno: desde las 22h de la noche hasta las 12h de la mañana.
 - ✓ Horario verano: desde las 23h de la noche hasta las 13h de la mañana.

Como nos sucedía anteriormente, para poder obtener la información de este término de facturación, debemos ir a “*e-sios*” [58], pero ahora debemos teclear “Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)”, y una vez dentro de dicho término, introducimos el inicio y final del tramo de estudio que queremos estudiar y, por último, exportamos el informe obteniéndolo en formato Excel.

id	name	geoid	geoname	value	datetime
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			57,59	2020-01-01T00:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			54,69	2020-01-01T01:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			54,12	2020-01-01T02:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			50,84	2020-01-01T03:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			49,46	2020-01-01T04:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			48,79	2020-01-01T05:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			48,65	2020-01-01T06:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			48,34	2020-01-01T07:00:00+01:00
1014	Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)			48,1	2020-01-01T08:00:00+01:00

Tabla 3–4 Término de facturación de energía del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)

Observando el informe a través de las 8 primeras horas del día 1 de enero de 2020, los datos están expresados en €/MWh.

3.5 Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)

A partir del 5 de Abril de 2019, el Gobierno aprobó el Real Decreto 244/2019, que completa el marco regulatorio de autoconsumo del ya existente Real Decreto 15/2018, el cual estipulaba que cualquier consumidor que quisiera obtener una compensación por su excedente de energía vertiéndola a la red, judicialmente tendría que denominarse como productor de energía. Todo lo contrario, con el nuevo decreto, ya que ahora, las comercializadoras deberán compensar a los consumidores reduciendo su factura eléctrica mensual por la energía producida que no es autoconsumida y que vuelcan a la red eléctrica, esto pasaría a denominarse como factura neta. [59] [60]

En este nuevo Decreto regula las condiciones para el autoconsumo tanto en el precio excedentario de energía eléctrica como los sistemas de compensación de los usuarios que tengan dicho excedente, dando así, más seguridad al propio usuario.

Este nuevo marco energético, puede acogerse todo aquel que tenga una instalación de autoconsumo de potencia menor a 100 kW, es decir:

- La mayoría de las viviendas que tienen un único consumidor asociado a la instalación, denominados “individuales”.
- Las pymes, las comunidades de propietarios o en polígonos industriales, ya que en ellos existen varios consumidores asociados a la misma instalación de generación. A estos son los denominados “colectivos”.

A partir de ahora, el consumidor puede acogerse a las siguientes modalidades de autoconsumo:

- Autoconsumo sin excedente. Son aquellos que cuentan con un sistema antivertido o inyección 0, es decir, sistemas que impiden la aportación de energía a la red, tanto a la red de transporte como a la red de distribución. Sin embargo, para poder aprovechar la energía excedentaria de esta modalidad, sus instalaciones deberán estar previstas de un almacenamiento como es el caso de las baterías, de esta forma, podremos usar dicha energía posteriormente.
- Autoconsumo con excedente. En esta modalidad, carecemos de los sistemas de inyección 0 o antivertido, ya que ahora sí podremos inyectar nuestra energía sobrante a las redes de transporte y distribución. Podemos subdividirlo en dos categorías:
 - ✓ Con excedentes acogidos a compensación. Toda energía que no se consuma de forma instantánea es vertida a la red de manera que la comercializadora lo compensará en la factura del consumidor
 - ✓ Con excedentes no acogidos a compensación. Toda energía que no se consuma de forma instantánea es vertida a la red de manera que se obtenga un beneficio económico por ello, es decir, se vende obteniéndose por ella el precio del mercado eléctrico.

Como nos ha venido sucediendo con los anteriores datos respecto al término de facturación, nos vamos a “*e-sios*” [58]. Tecleamos “Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)”, y una vez dentro, debemos introducir el inicio y final de la fecha de estudio que vamos a realizar. Esta información la obtenemos a través del formato Excel.

id	name	geoid	geoname	value	datetime
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			41,13	2020-01-01T00:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			38,04	2020-01-01T01:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			36,12	2020-01-01T02:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			32,17	2020-01-01T03:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			30,73	2020-01-01T04:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			30,01	2020-01-01T05:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			30,04	2020-01-01T06:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			29,88	2020-01-01T07:00:00+01:00
1739	Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)			30,53	2020-01-01T08:00:00+01:00

Tabla 3–5 Precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC)

Igual que nos ocurría con las tablas de los precios anteriores, para una sencilla observación, solo hemos mostrado las 8 primeras horas del día 1 de Enero de 2020. Dichos datos se encuentran expresados en €/MWh.

4 METODOLOGÍA

La formulación de un problema es más importante que su solución.

- Albert Einstein -

Para la realización de este proyecto, nos hemos servido de la herramienta de Microsoft Excel y, en menor medida de MATLAB, para una resolución más sencilla. A continuación, vamos a ir detallando paso a paso el proceso de nuestro trabajo.

4.1 Velocidad del viento

La velocidad del viento, a través de AEMET, la hemos obtenido en un bloc de notas, y para poder usar estos valores, volcamos dichos datos a la herramienta de Microsoft Excel de tal forma que nos quede una matriz donde las filas son los días de un año, en nuestro caso 366 porque estamos en año bisiesto, y las columnas las hagamos corresponder a las horas que tiene un día, es decir, desde las 00 hasta las 23.

4.2 Curvas de Potencia

A continuación, vamos a detallar el procedimiento que hemos realizado para la obtención de la producción obtenida por cada aerogenerador.

Lo primero que debemos de tener en cuenta ante cualquier procedimiento, son las unidades con las que nos encontramos los datos dados, y aquí, debemos de tener en cuenta que los datos de velocidad del viento proporcionado por AEMET son valores exactos en km/h, mientras que, a través de las distintas curvas de los aerogeneradores, nos hemos encontrado estos mismos datos en m/s, por lo que optamos por pasar todos los valores de velocidad de viento a m/s.

$$1 \frac{km}{h} * \frac{1h}{3600s} * \frac{1000m}{1km} = \frac{5}{18} \frac{m}{s}$$

Para hacerlo mucho más fácil, nos vamos a ayudar de la herramienta de Microsoft Excel. Lo primero que hemos hecho es crear una columna con unos valores de velocidad del viento de 0 al 60 km/h, en la columna contigua, vamos a obtener los valores anteriores de viento, pero en m/s, para ello, vamos a usar el comando “=PRODUCTO(A1;5/18)” y de esta manera, automáticamente Excel pasa de km/h a m/s. En la columna contigua a la velocidad de viento en m/s, vamos a colocar la producción de cada aerogenerador según corresponde a su velocidad.

Una vez que tenemos lo anteriormente explicado, antes que nada, vamos a realizar una observación a simple vista de todas las curvas de potencia frente a la velocidad del viento de los diferentes aerogeneradores de estudio, y nos damos cuenta que para extraer la información que necesitamos, debemos de recurrir a dos métodos:

- Pendiente de una recta. Como podemos observar en las siguientes figuras, el método más sencillo para obtener los datos que queremos, es a través de la conocida fórmula de la pendiente de una recta:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Donde:

(x_1, y_1) : coordenadas del primer punto de la recta.

(x_2, y_2) : coordenadas del segundo punto de la recta.

Esto es así, porque nos dan información de varios puntos estratégicos y la unión de esos puntos se realiza mediante una recta, con lo cual, podemos obtener el resto de los datos muy fácilmente, aunque no por ello, sea rápida la obtención de todos estos datos.

CURVA DE POTENCIA

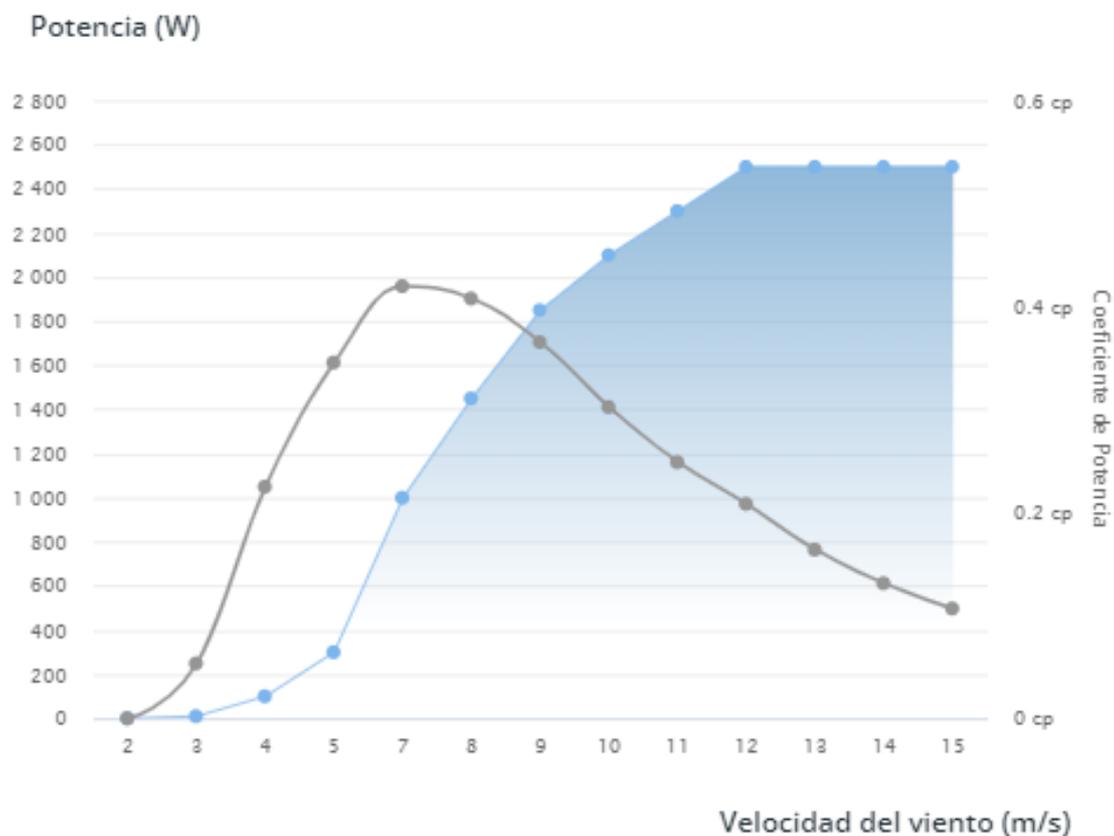


Figura 4-1 Curva de Potencia Enair 30 Pro

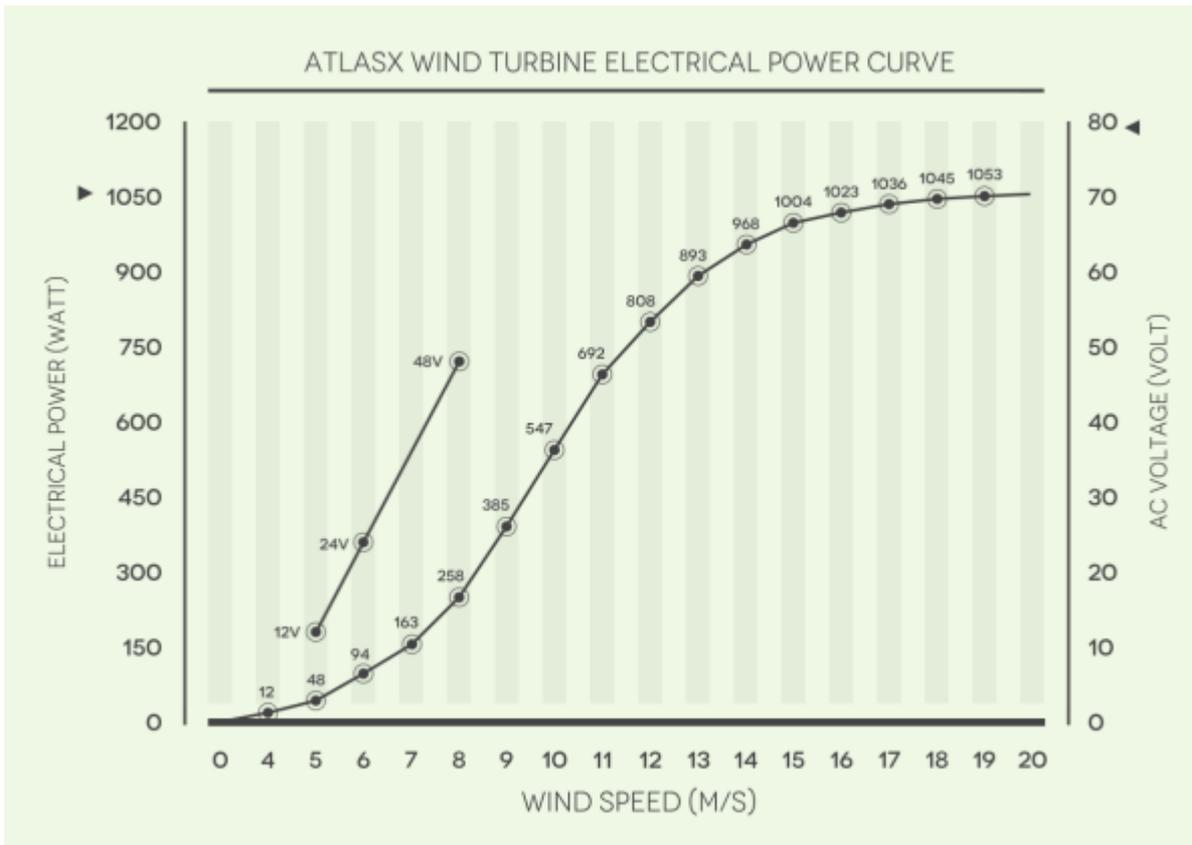


Figura 4-2 Curva de Potencia Atlas X

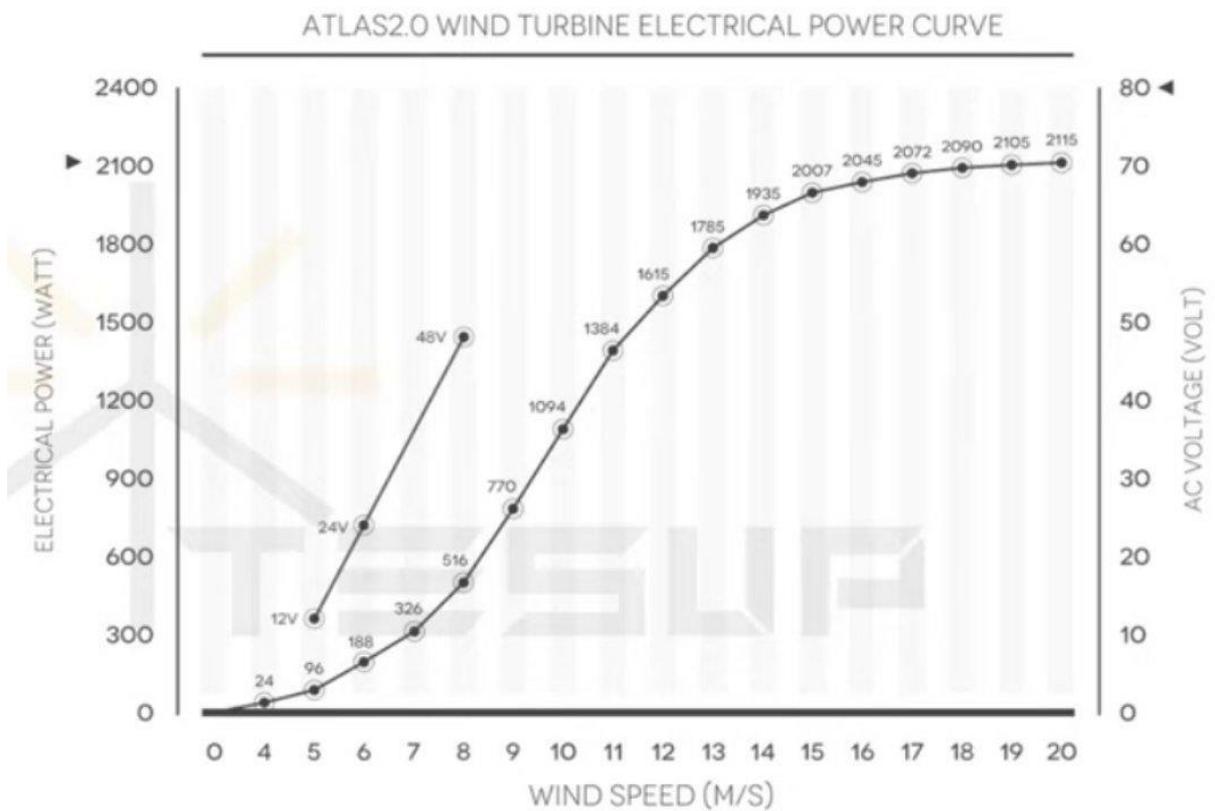


Figura 4-3 Curva de Potencia Atlas 2.0



Figura 4-4 Curva de Potencia Zeus 3.0

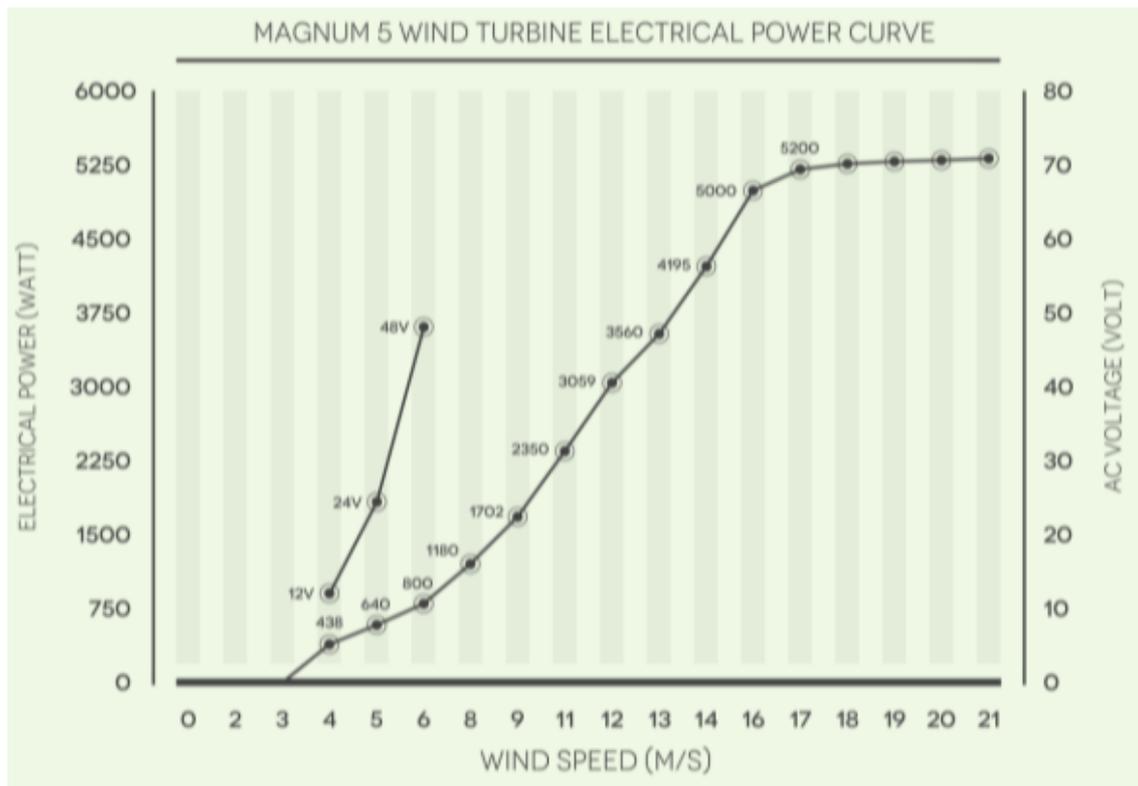


Figura 4-5 Curva de Potencia MAGNUM 5

- A través de regla y escala. Alguna de las gráficas potencia frente a la velocidad del viento no nos ha sido tan fácil a la hora de la extracción de sus datos, por lo que hemos tenido que recurrir a un método un poco ambiguo.

Lo primero que hemos tenido que realizar es una traslación de las gráficas, a través de una captura de pantalla, a un formato para poder imprimirlas. Una vez que tenemos todas ellas impresas, comprobamos qué escala tienen cada gráfica.

Por último, ayudándonos de una regla, vamos a ir con bastante precisión obteniendo las distintas distancias de las distintas velocidades en m/s para luego traspasarla a potencia con la escala que tuviera cada gráfica.



Figura 4-6 Curva de Potencia Bornay 3000

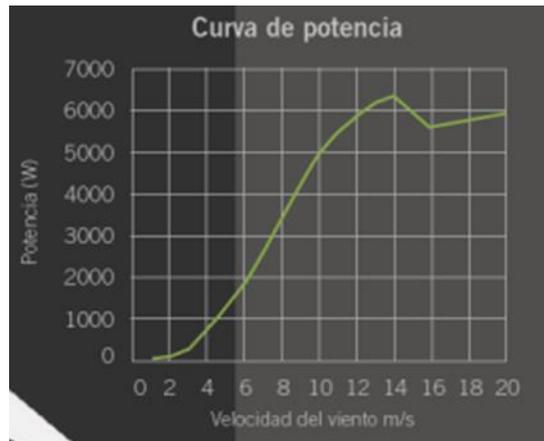


Figura 4-7 Curva de Potencia Bornay 6000

Una vez que hemos obtenido toda la producción de cada aerogenerador, vamos a obtener la producción para un año completo y nos vamos a apoyar en la hoja de Excel que hemos explicado al principio de este subapartado. Una vez que tenemos esta hoja de cálculo completa, vamos a proceder al relleno de la producción de un año completo, para ello, debemos de tener en cuenta que debemos realizar tantas hojas de Excel como aerogenerador tenemos. En total, tenemos 7 aerogeneradores, por lo que vamos a obtener 7 Excel distintos, pero también debemos recordar, que cada aerogenerador lo podemos situar en 3 ubicaciones distintas, con lo cual, tenemos que proceder 21 hojas para poder colocar cada producción de aerogenerador en su correspondiente velocidad de viento real.

Vamos a explicar muy sencillamente el párrafo anterior para un solo aerogenerador y emplazamiento, cuyo procedimiento es análogo para cualquier aerogenerador y ubicación:

- Lo primero que debemos hacer, es abrir el fichero donde tenemos la matriz de la velocidad de viento real.
- Luego, debemos abrir, si se encuentra en otro fichero distinto, el fichero donde hemos obtenido las velocidades en m/s y donde hemos colocado la producción del aerogenerador correspondiente a cada velocidad.
- Una vez que tenemos los ficheros abiertos, vamos a obtener la producción real según la matriz de la velocidad de viento real. Esta matriz nueva de producción tiene como fila a los días, 366 en nuestro caso, y las columnas correspondientes a las horas del día, desde las 00 hasta las 23. Para ello, vamos a usar dos funciones anidadas de Excel:

$SI\ ERROR(valor; valor_si_error)$ [61]

Donde:

- ✓ *Valor*: el primer argumento corresponde con el elemento que debemos comprobar en busca de un error. Podemos introducir cualquier cálculo, función, como es en nuestro caso y que explicaremos más adelante, o una celda.
- ✓ *Valor_si_error*: este segundo argumento corresponde a que mensaje queremos que nos salga en la celda si el primer argumento es erróneo. Podemos introducir valores numéricos, funciones o secuencias, pero si queremos poner algún texto, debemos de acompañarlo con comillas dobles tanto en el inicio como final del texto

$BURCARV(valor_buscado; matriz_buscar_en; indicaror_columnas; [ordenado])$ [62]

Donde:

- ✓ *Valor_buscado*: el primer argumento es el valor que queremos buscar, en nuestro caso, como vamos a recorrer la matriz de velocidad del viento, va a corresponder con la primera celda de dicha matriz.
- ✓ *Matriz_buscar_en*: el segundo argumento tenemos que dar el rango donde queremos hacer la búsqueda del valor, en nuestro caso, sería la tabla donde tenemos las velocidades de viento

en km/h y m/s y la producción del aerogenerador.

- ✓ *Indicador_columnas*: este tercer argumento, tenemos que indicar el número de la columna que queremos que nos devuelva el valor. En nuestro caso, como queremos que nos devuelva la producción, tendremos que poner el número 3, ya que nuestra tabla tendría:
 1. Velocidad de viento en km/h
 2. Velocidad de viento en m/s
 3. Producción.
- ✓ [*ordenado*]: debemos de especificar VERDADERO o FALSO según:
 - VERDADERO: si deseamos que sea una coincidencia aproximada.
 - FALSO: si deseamos que el valor sea una coincidencia exacta, este sería nuestro caso.

Una vez que hemos obtenido la matriz de producción, vamos a seguir detallando los demás datos que nos concierne. Para ello, debemos de indicar, que todos los siguientes datos, son expresados de igual manera que la producción generada por cada aerogenerador, es decir, todos ellos son expresados en Excel de forma matricial con la fila expresada en los días del año y la columna las 24h del día, desde las 00h hasta las 23h.

4.3 Coste de la energía sin autoconsumo

Ahora, vamos a proceder a detallar como podemos obtener el coste previo a instalar cualquier tipo de energía renovable, es decir, lo que denominamos “sin autoconsumo”. Debemos recordar, que estos costes sólo son referidos al término de energía, por lo cual, no se debe de contar los terminos correspondientes al peaje y a los impuestos.

Para ello, debemos de tener en cuenta nuestra energía anual consumida, los perfiles de consumo del pequeño consumidor y los Precios Voluntarios para el Pequeño Consumidor (PVPC).

Con todos estos datos a mano, lo primero que vamos a calcular es el perfil final sin autoconsumo:

$$Perfil_{fsah} = Coef_{perfilh} * Consumo$$

Donde:

- $Perfil_{fsah}$: Perfil final del consumidor sin autoconsumo.
- $Coef_{perfilh}$: Coeficiente correspondiente a los perfiles de consumo del pequeño consumidor. Debemos de saber, que en nuestro proyecto solo vamos a utilizar dos coeficientes:
 - $Coef_{perfilAh}$ = Sirve para poder calcular los perfiles denominados “sin discriminación horaria”.
 - $Coef_{perfilBh}$ Coef.perfilB = Coeficientes que lo usamos para calcular los perfiles denominados “con discriminación horaria”
- $Consumo$: Energía anual consumida por el usuario.

Una vez que hemos obtenido los perfiles finales sin autoconsumo, ahora realizaremos el coste sin autoconsumo:

$$C_{sah} = Perfil_{fsah} * PVPC$$

Donde:

- C_{sah} : Coste sin autoconsumo, es el coste que obtenemos de estudiar nuestra energía eléctrica antes de introducirle cualquier tipo de instalación renovable.
- $Perfil_{fsah}$: Perfil final del consumidor sin autoconsumo.
- $PVPC$: Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor. Aquí, debemos de diferenciar si estamos estudiando los perfiles “sin discriminación horaria” o “con discriminación horaria”.

4.4 Coste de la energía con autoconsumo

A continuación, vamos a ver el coste que obtendríamos una vez incluímos cualquier tipo de renovable a nuestras instalaciones eléctricas. Como hemos explicado en el apartado anterior, estos costes no tienen en cuenta el término de peaje ni el término correspondiente a los impuestos, es decir, solo se tiene en cuenta el término de energía.

Para poder ver este coste, debemos tener en cuenta los perfiles finales sin autoconsumo que hemos obtenido en el apartado “coste sin autoconsumo” y la energía de los aerogeneradores domésticos que hemos obtenido en el apartado “curvas de potencia”.

Lo primero que vamos a proceder a realizar es la obtención de los perfiles finales con autoconsumo:

$$Perfil_{fah} = Perfil_{fsah} - P_{aerogeneradorh}$$

Donde:

- $Perfil_{fah}$: Perfil final autoconsumo.
- $Perfil_{fsah}$: Perfil final sin autoconsumo.
- $P_{aerogeneradorh}$: Producción que hemos obtenido previamente de cada aerogenerador.

Finalmente, para poder obtener el coste con autoconsumo, debemos de observar el perfil final de autoconsumo, ya que nos podemos encontrar con dos casos muy diferentes:

- Si $Perfil_{fah} > 0$: Esto nos quiere decir que la producción de los aerogeneradores no supera el perfil final sin autoconsumo y estamos ante el caso de poder obtener beneficios pero no inyectamos excedente a la red porque no tenemos. Aquí, obtenemos el coste de autoconsumo de la siguiente manera:

$$C_{ah} = Perfil_{fah} * PVPC$$

- Si $Perfil_{fah} < 0$: En este segundo caso, como podemos observar, nos sale valores negativos que significa que obtenemos beneficios en la siguiente facturación, y esto es así porque la producción de energía obtenida a través de los aerogeneradores es superior al perfil final sin autoconsumo e inyectamos a la red la energía sobrante. Ahora, el coste de autoconsumo es un poco diferente, porque lo debemos calcular con el precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC):

$$C_{ah} = Perfil_{fah} * C_{Ex}$$

Donde:

- C_{ah} : Coste de autoconsumo.
- $Perfil_{fah}$: Perfil final autoconsumo.
- $PVPC$: Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor.
- C_{Ex} : Coste de la energía excedentaria.

4.5 Ahorro anual

Una vez que hemos obtenido los costes sin autoconsumo y los costes con autoconsumo, es simple el cálculo del ahorro anual, ya que es la diferencia de ambos costes:

$$Ahorro_{anual} = \sum_{h=1}^{8784} C_{sa_h} - C_{a_h}$$

Donde:

- $Ahorro_{anual}$: Ahorro anual después del estudio que hemos realizado de introducir una instalación renovable.
- C_{sa_h} : Coste final sin autoconsumo.
- C_{a_h} : Coste final con autoconsumo.

4.6 Estudio económico

Ahora, vamos a estudiar la viabilidad económica de nuestro proyecto a través de los indicadores más importantes para tomar la mejor decisión en cuanto a nuestra economía se refiere.

4.6.1 Valor Actual Neto (VAN)

Definición técnica: “El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor Neto Actual (VNA), valor actualizado o valor presente neto (VPN)” [63].

Para que la definición sea más sencilla de entender, el VAN es un indicador financiero que nos sirve para determinar si un proyecto es viable y rentable, y si estamos en la tesitura de elección de varios proyectos, nos determina que inversión es más rentable.

A continuación, y considerando todas las inversiones del mismo valor, procedemos al cálculo del VAN de la siguiente manera:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \quad [63]$$

Donde:

- I_0 : inversión que hemos realizado al inicio de nuestra instalación ($t=0$).
- F_t : flujos de dinero en cada periodo t . En nuestro caso, estos flujos de dinero vendrían dado por el ahorro anual que hemos ido obteniendo a lo largo de este estudio y que será constante durante el periodo de tiempo para el cálculo de dicho indicador.
- n : número de periodos de tiempo que, para nuestro estudio, vamos a considerar los años de vida útil de nuestra instalación, que como mínimo, vamos a estimarlo en 25 años [64].
- k : tipo de descuento o tipo de interés exigido a nuestra inversión, nosotros vamos a considerar un tipo de interés del 3% [65].

Dependiendo del resultado obtenido, tenemos el siguiente criterio de decisión:

- $VAN > 0$: el proyecto es rentable. Cuando el beneficio es mayor que la inversión, generamos beneficios, además de cumplir con la tasa de descuento.
- $VAN = 0$: el proyecto es rentable. El beneficio es igual a la inversión, con lo cual, solo cumplimos con la tasa de descuento ya que no obtendremos ni beneficios ni pérdidas. Nos es indiferente.
- $VAN < 0$: el proyecto no es rentable. Cuando el beneficio es menor que la inversión, ahora no cumplimos con la tasa de descuento, por lo que obtendríamos pérdidas y este proyecto debería ser rechazado.

4.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Definición técnica: “La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto” [66].

El TIR es otro indicador económico muy utilizado en la evaluación de proyectos, ya que es un método muy confiable cuando queremos determinar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto de inversión.

Para la obtención de este indicador, debemos conocer con anterioridad el valor de VAN, ya que se encuentra implícito en la resolución del TIR:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} \quad [66]$$

Donde:

- I_0 : se trata de la inversión que hemos realizado al inicio de nuestra instalación, en nuestro caso, el dinero invertido en la instalación de nuestro aerogenerador.
- F_t : representa los flujos de dinero en cada periodo t , es decir, la entrada o salida neta de dinero que, en nuestro caso, estos flujos de dinero vendrían dado por el ahorro anual que hemos obtenido del estudio.
- n : es el número de periodos de tiempo, que para nuestro estudio vamos a considerar los años de vida útil de nuestra instalación.

Una vez que hemos obtenido el valor de TIR y sabiendo que k es la tasa de descuento que hemos utilizado en el desarrollo del VAN, tenemos los siguientes criterios de selección:

- $TIR > k$: el proyecto es viable y puede ser aprobado. Aquí, la tasa de rendimiento interno que hemos obtenido es mayor que la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- $TIR = k$: el proyecto debería ser rechazado. Aunque aquí nos encontramos en una situación similar a la que producimos cuando el VAN es cero, desde el punto de vista económico, no debemos asumir un riesgo innecesario.
- $TIR < k$: el proyecto es rechazado. En este caso, la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión no es superado por la tasa de rendimiento interno.

4.6.3 PayBack (PB)

Definición técnica: “El PayBack o plazo de recuperación es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para la evaluación de inversiones” [67].

El PayBack no es otra cosa que el tiempo que tardamos, normalmente lo expresamos en años, en recuperar el dinero invertido al comienzo de cualquier inversión. Esto es muy importante a la hora de decidir si comprometerse o no ante un proyecto.

Tenemos dos procedimientos a la hora de calcular el PayBack:

- Si los flujos de caja son iguales durante todo el periodo de tiempo requerido, el PayBack lo calcularemos de la siguiente manera:

$$PayBack = \frac{I_0}{F} [67]$$

Donde:

- ✓ I_0 : se trata de la inversión inicial de nuestro proyecto, es decir, el coste que hemos desembolsado para la instalación de nuestro aerogenerador.
 - ✓ F : representa a los flujos de caja que, en nuestro caso, es el ahorro anual que hemos obtenido de nuestro estudio.
- Si, por el contrario, los flujos de caja no son iguales durante todo el periodo de tiempo requerido, debemos de obtener el PayBack de la siguiente fórmula:

$$PayBack = a + \frac{I_0 - b}{F_t} [67]$$

Donde:

- ✓ a : representa el número de periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial.
- ✓ I_0 : inversión inicial de nuestro proyecto.
- ✓ b : suma de los flujos hasta el final del periodo “a”.
- ✓ F_t : representa el valor del flujo de caja del año en que se recupera la inversión.

Es preferible que, para nuestra inversión, tengamos un plazo de recuperación lo menor posible.

En nuestro proyecto, vamos a tener unos flujos de cajas iguales durante todo el periodo de tiempo demandado.

5 RESULTADOS

Una vez que hemos explicado detalladamente el proceso de este proyecto, ahora vamos a dar una resolución de la misma. Para ello, vamos a tener diversos aerogeneradores de diferentes potencias en tres localizaciones distintas de Sevilla, y con dos energías anuales muy distintas:

- Para un pequeño consumidor de 4000kWh anual.
- Para un usuario particular real de unos 7589kWh anual.

Antes de embarcarnos con la resolución, debemos aclarar que todos los datos los hemos llevado a unas unidades de W, € y m/s para poder tener una solución más sencilla a la hora de los cálculos y del resultado.

5.1 Consumidor tipo sin autoconsumo

En primer lugar, vamos a analizar los resultados obtenidos antes de introducir cualquier instalación renovable.

Primero vamos a observar el coste final sin autoconsumo para un consumidor de potencia media y para un consumidor particular:

	Coste final sin autoconsumo (€)			
	Consumidor 4000kWh		Consumidor 7589kWh	
	2.0 A	2.0 DHA	2.0 A	2.0 DHA
Enero	41,5112311	34,325978	78,7571832	65,1249618
Febrero	32,4645388	25,1991975	61,5933462	47,8091775
Marzo	27,5913413	19,7465294	52,3476723	37,4641028
Abril	19,7623191	11,5206221	37,49406	21,8575002
Mayo	20,5286609	12,2986102	38,9480019	23,3335382
Junio	24,5512647	14,8139414	46,5798869	28,1057504
Julio	32,0833349	21,6477367	60,870107	41,0711684
Agosto	32,5139487	22,114104	61,6870891	41,9559838
Septiembre	29,4630147	20,8447234	55,8987046	39,5476514
Octubre	27,655323	20,5722709	52,4690616	39,0307409
Noviembre	33,3136012	26,9417849	63,2042299	51,1153014
Diciembre	40,1717917	33,342962	76,2159317	63,2599347
TOTAL	361,61037	263,36846	686,065275	499,675812

Tabla 5-1 Coste final sin autoconsumo

Examinando dicha tabla, estudiamos los dos distintos tipos que nos podemos encontrar a la hora de la contratación de nuestra factura, tanto “sin discriminación horaria” correspondiente al coeficiente tipo A y “con discriminación horaria” sería para el coeficiente tipo B.

Observando detenidamente, da igual si el consumidor es particular o es un consumidor de potencia media, ya que si nos encontramos ante un contrato con una tarifa PVPC en dos periodos tendríamos en nuestra factura un menor importe que si fuéramos un consumidor con un contrato de una tarifa PVPC de un periodo.

5.2 Velocidad del viento

Antes de embarcarnos en procesar los datos de la resolución una vez tenemos incluido nuestra mini instalación eólica, vamos a evaluar uno de los principales recursos que tenemos y para ello, daremos un simple vistazo a la suma mensual de los datos de la velocidad de viento, en m/s, para los distintos emplazamientos.

	Suma velocidades del viento (m/s)		
	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	2021,66667	1057,77778	1686,66667
Febrero	1852,5	910,555556	1205,833333
Marzo	2466,11111	1338,05556	1599,72222
Abril	2421,38889	1353,88889	1708,61111
Mayo	2610,55556	1486,11111	1823,33333
Junio	2652,22222	1495,27778	1733,33333
Julio	2747,5	1523,33333	1755,55556
Agosto	2354,16667	1252,5	1527,77778
Septiembre	2223,05556	1110,55556	1428,88889
Octubre	1912,22222	936,111111	1199,44444
Noviembre	2446,11111	1128,88889	1500,27778
Diciembre	2664,16667	1311,94444	1686,66667

Tabla 5-2 Suma mensual de la velocidad registrada a cada hora

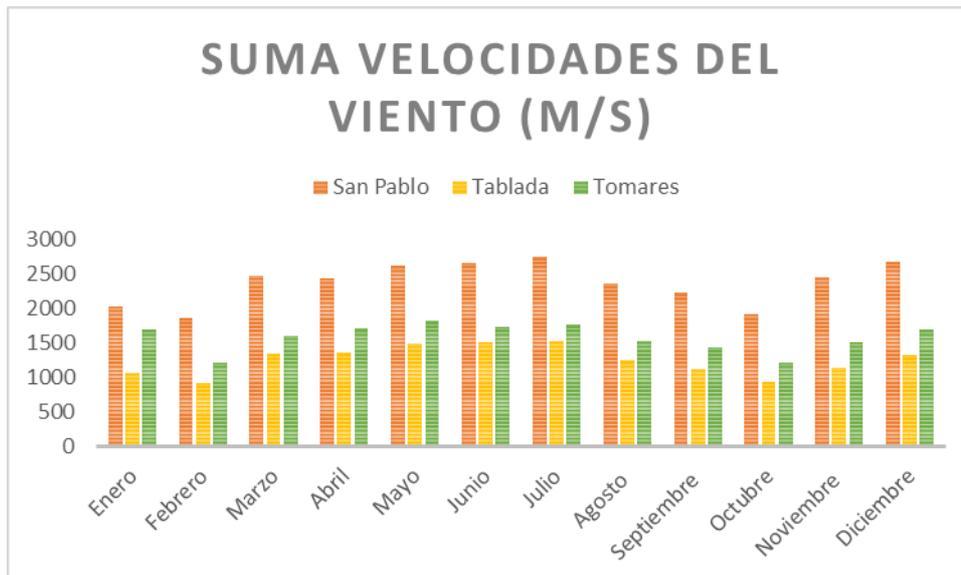


Figura 5-1 Suma mensual de la velocidad registrada a cada hora

Una vez que hemos recopilado los datos por mes y por ubicación, podemos intuir que donde mayor ahorro podemos obtener es si nos encontramos situados en San Pablo, ya que podemos observar que hace más viento que en las otras dos localizaciones.

Esta intuición puede ser desacertada ya que la velocidad no es el único aspecto a tener en cuenta en el estudio, pero si es uno de sus factores principales. En los siguientes apartados, podremos ir concluyendo con más determinación si nuestra intuición es acertada o, por el contrario, es errónea.

5.3 Consumidor tipo con autoconsumo

En segundo lugar, vamos a obtener una resolución a la introducción de cada uno de nuestros aerogeneradores domésticos tanto para un consumidor común de unos 4000kWh como para un consumidor particular de 7589kWh para los tres emplazamientos distintos de Sevilla. También debemos diferenciar para un consumidor con facturación entre uno o dos periodos.

Tenemos que tener en cuenta dos factores muy importantes:

- Aerogenerador domestico: cada aerogenerador tiene distintas características como su potencia máxima, la velocidad de arranque, etc., con lo cual, no vamos a tener ningún dato común entre ellos.
- Velocidad del viento. Este es otro factor muy importante en la determinación de nuestro estudio, ya que en los tres emplazamientos que tenemos, aun siendo de la misma provincia, se obtienen distintos valores de velocidades de viento.

Finalmente, debemos de decir que en este subapartado sólo vamos a examinar los costes una vez que hemos introducido nuestros aerogeneradores domésticos, y ya en el siguiente apartado, estudiaremos el ahorro que obtendríamos de pasar a ser un cliente con autoconsumo.

Para que sea más sencillo el análisis de los datos obtenidos, vamos a ir viendo cada aerogenerador por separado:

5.3.1 Enair 30 Pro



Figura 5-2 Enair 30 Pro

Enair 30 Pro	
Potencia	3000 W
Velocidad de arranque	2 m/s
Rango de generación eficiente	2 - 60 m/s
Número de palas	3

Tabla 5–3 Características Enair 30 Pro

A continuación, mostramos el resultado de los costes finales para un consumidor común de nuestro estudio para este aerogenerador en las tres diferentes ubicaciones y con los diferentes términos de facturación:

	Coste final consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	33,2629322	40,9027336	35,5860778	27,2167392	33,6872131	29,1076911
Febrero	26,3770563	31,7704178	30,8471835	20,3100629	24,5911583	23,8226013
Marzo	18,7187207	26,1747813	24,7659324	12,469673	18,4194536	17,2250308
Abril	11,774758	18,2045939	16,4289895	5,04668004	10,0255411	8,60710569
Mayo	11,5364165	18,8429837	17,0909576	4,87236035	10,6331386	9,16351453
Junio	13,7451198	22,7420034	21,605241	5,20103688	12,8423289	11,8634765
Julio	19,1459324	29,986612	29,5149787	9,72400915	19,2578326	18,7658803
Agosto	23,3081938	31,3397093	30,5607783	13,454978	20,7842428	19,9901444
Septiembre	21,2676567	28,5854471	26,8327145	13,397462	20,0052037	18,5368824
Octubre	22,5160431	27,0775155	26,5024855	15,7282954	19,9317325	19,3732264
Noviembre	20,1359749	32,1051034	30,3863864	15,4682418	25,7522569	24,246638
Diciembre	24,8003649	35,7838821	33,4364236	19,6766902	29,3851041	27,2366712
TOTAL	246,589169	343,515783	323,558149	162,566229	245,315206	227,938863

Tabla 5-4 Enair 30 Pro: Coste final con autoconsumo para consumidor de 4000kWh.

Igualmente, mostramos el estudio para el cliente particular:

	Coste final consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	69,1671623	78,1486857	71,4179041	56,7289909	64,479902	58,6714114
Febrero	54,2562517	60,8120525	59,7458243	41,9807955	47,1275856	46,2349402
Marzo	41,486423	50,7675853	49,0440249	28,8172512	35,9929975	34,4822554
Abril	27,027135	35,7973049	33,5779514	13,3649704	20,1167064	18,2197358
Mayo	27,6492286	37,1719436	34,9326867	13,7746884	21,469787	19,5472477
Junio	33,6933005	44,7039377	43,4692841	16,143973	25,9748495	24,7892183
Julio	45,7648153	58,7662889	58,3010208	26,2288206	38,6092054	38,1534505
Agosto	51,16263	60,4997009	59,6439481	31,3772784	40,5852141	39,7435389
Septiembre	46,3907843	54,9784467	52,716612	30,9215115	38,653382	36,8466634
Octubre	46,4828618	51,8730573	51,2305388	33,2982288	38,3336075	37,6704785
Noviembre	47,5783818	61,8878062	60,0106736	37,719452	49,7843401	48,0978316
Diciembre	58,0677165	71,0562694	67,9875252	47,3342611	58,6668741	55,8843008
TOTAL	548,726691	666,463079	642,077994	377,690222	479,794451	458,341073

Tabla 5-5 Enair 30 Pro: Coste final con autoconsumo para consumidor de 7589kWh

Como podemos observar tanto para el consumidor común de 4000kWh como para el consumidor particular de 7589kWh:

- Da igual en que emplazamiento estemos y que velocidad de viento tenemos, que podemos obtener más ahorro si contratamos el término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA)
- También podemos observar, que en el emplazamiento que mayor velocidad de viento recoge la estación meteorológica es el lugar donde podemos obtener un importe menor en nuestra factura, independientemente del tipo de factura y potencia que tengamos contratado.

5.3.2 Bornay 3000



Figura 5-3 Bornay 3000

Bornay 3000	
Potencia	3000 W
Velocidad de arranque	3,5 m/s
Rango de generación eficiente	3,5 - 60 m/s
Número de palas	2

Tabla 5–6 Características Bornay 3000

A continuación, mostraremos los costes finales obtenidos con autoconsumo después de todos los cálculos realizados previamente. Estos datos son correspondientes para un consumidor común:

	Coste final consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	31,592464	40,3923578	34,7065396	25,8474521	33,1813216	28,3519848
Febrero	25,0081903	31,4890777	30,3167731	19,2370103	24,3233725	23,3693757
Marzo	16,9511418	25,3769414	23,8207958	11,0378727	17,7005664	16,3876192
Abril	10,486506	17,416854	15,4055743	4,16264828	9,32106516	7,86940841
Mayo	10,0193787	17,9260985	15,9073036	3,81229086	9,77822534	8,1570848
Junio	11,7249717	21,604271	20,2013357	3,78874103	11,6906607	10,5503893
Julio	16,9004189	28,6770045	27,8692079	8,03603342	17,8370506	17,0944473
Agosto	21,4148349	30,4918996	29,3221052	11,9288561	19,862238	18,7092962
Septiembre	19,1961256	27,9567741	25,9627424	11,6387272	19,3666169	17,6765965
Octubre	21,0359926	26,7052298	25,802999	14,4905878	19,5407448	18,6935084
Noviembre	18,2009587	31,3315915	29,1536629	13,8000681	25,0327659	23,1736362
Diciembre	22,1325793	35,1879328	32,5132245	17,3594129	28,8374069	26,4407761
TOTAL	224,663563	334,556033	310,982264	145,139701	236,472035	216,474123

Tabla 5–7 Bornay 3000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 4000kWh

Igualmente, pero para un consumidor particular:

	Coste final consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	67,4555846	77,6383098	70,5224387	55,3634694	63,9766064	57,9103002
Febrero	52,8477175	60,5260114	59,2159271	40,8844477	46,8616081	45,7791291
Marzo	39,6294263	49,9679445	48,1012264	27,2647779	35,2296025	33,5933773
Abril	25,6599383	34,9887702	32,5172437	12,2686028	19,302143	17,2339879
Mayo	25,9871807	36,2231968	33,699617	12,4339158	20,494186	18,3612277
Junio	31,6164329	43,5580392	42,0316681	14,4084892	24,7172869	23,3072009
Julio	43,5126947	57,459166	56,6559801	24,4390468	37,1581628	36,4404525
Agosto	49,2567436	59,6514251	58,4062595	29,7216736	39,64181	38,4286371
Septiembre	44,3021882	54,3495607	51,8291491	29,0366612	38,0091036	35,9741695
Octubre	44,9671255	51,4947765	50,5329363	31,9446069	37,9068118	36,9632213
Noviembre	45,5292643	61,1159237	58,7660262	35,9957263	49,0582522	46,9737391
Diciembre	55,3184914	70,4435551	67,0513579	45,000148	58,1075804	55,0809106
TOTAL	526,082788	657,416679	629,32983	358,761566	470,463154	446,046353

Tabla 5–8 Bornay 3000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 7589kWh

Observando ambos consumidores, podemos concluir que no es importante la energía anual consumida ya que, al introducir el aerogenerador doméstico, si nos encontramos ante un contrato de una tarifa PVPC de dos periodos tendríamos un mayor ahorro que si nos encontramos ante un contrato PVPC de un periodo.

5.3.3 Bornay 6000



Figura 5-4 Bornay 6000

Bornay 6000	
Potencia	6000 W
Velocidad de arranque	3,5 m/s
Rango de generación eficiente	3,5 - 60 m/s
Número de palas	3

Tabla 5-9 Características Bornay 6000

A continuación, vamos a mostrar el coste final que hemos obtenido después de haber realizado todos los cálculos pertinentes.

En primer lugar, exponemos los costes finales con autoconsumo para un consumidor medio:

	Coste final consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	28,8566538	39,6706779	33,1713096	23,5665927	32,4710834	26,9933932
Febrero	22,8762619	31,0980536	29,5601212	17,4800066	23,9587538	22,7435206
Marzo	14,2755921	24,2820041	22,4362261	8,76371644	16,7148314	15,1467407
Abril	8,45563672	16,4321799	14,1652924	2,62839598	8,45709893	6,98198439
Mayo	7,71500904	16,7579061	14,2950932	2,01259514	8,68916512	6,78328915
Junio	8,78379106	19,9964488	18,3651593	1,64870708	10,0278803	8,81211939
Julio	13,5014254	26,9145651	25,7561004	5,45162202	15,9577099	15,0209598
Agosto	18,6603056	29,2820395	27,6853928	9,69605719	18,5567135	17,037743
Septiembre	16,0415969	27,0008688	24,5407	8,89254559	18,399599	16,2668568
Octubre	18,8184084	26,1976255	24,8609829	12,5770199	19,0093887	17,7798075
Noviembre	14,9444657	30,24882	27,4521365	10,8657888	24,0283173	21,7143489
Diciembre	16,9348279	34,1783488	30,7899589	12,6542193	27,8778435	24,8953371
TOTAL	189,863974	322,059538	293,078473	116,237267	224,148385	200,1761

Tabla 5–10 Bornay 6000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 4000kWh

En segundo lugar, exponemos los resultados obtenidos para los costes finales de un consumidor en particular:

	Coste final consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	64,4228083	76,9118158	68,7363291	52,9096794	63,2517047	56,4456089
Febrero	50,496383	60,0899141	58,3950332	39,0352225	46,4684567	45,0976301
Marzo	36,606877	48,8303309	46,5495567	24,7502539	34,1779618	32,2414584
Abril	23,2451855	33,923251	31,0695057	10,4914104	18,2843504	16,0651064
Mayo	23,2186318	34,9686315	31,8847159	10,39442	19,2382001	16,7820992
Junio	28,2290977	41,9038965	40,0583598	11,866799	22,9272205	21,3716022
Julio	39,5429683	55,6782625	54,5328342	21,4381069	35,1969468	34,2613886
Agosto	46,084607	58,4280855	56,7471632	27,1380436	38,2823028	36,693881
Septiembre	40,8912907	53,3719844	50,3332929	26,091668	37,0140933	34,540986
Octubre	42,5785898	50,9721261	49,5433283	29,8499354	37,3300707	35,9933662
Noviembre	41,8029286	60,0086041	56,9812672	32,7517831	48,0278951	45,4128658
Diciembre	49,7627729	69,2740189	65,1213689	40,0925075	57,0020025	53,4576762
TOTAL	486,88214	644,360921	609,952755	326,80983	457,201206	428,363669

Tabla 5–11 Bornay 6000: Coste final con autoconsumo para un consumidor de 7580kWh

Si observamos detenidamente los costes finales de autoconsumo para ambos clientes, podemos concluir que si nos encontramos con un contrato de tarifa denominada “con discriminación horaria” vamos a obtener un importe inferior a si nos encontramos ante una tarifa “sin discriminación horaria”.

5.3.4 Atlas X



Figura 5-5 Atlas X

Atlas X	
Potencia	1000 W
Velocidad de arranque	3 m/s
Rango de generación eficiente	3 - 50 m/s
Número de palas	12

Tabla 5-12 Características Atlas X

A continuación, vamos a mostrar los costes finales de autoconsumo que hemos obtenido una vez realizado todos nuestros cálculos.

En primer lugar, vamos a presentar estos costes para un consumidor media:

	Coste final consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	39,8969404	41,4359047	40,1343994	32,7648065	34,2446013	33,1215212
Febrero	30,9789023	32,3506042	32,1200279	24,0052068	25,1031069	24,9086672
Marzo	25,3398993	27,3744295	27,0614415	17,8215699	19,5355383	19,2213037
Abril	17,4184967	19,5240183	19,1553408	9,3703598	11,2531434	10,8622355
Mayo	18,2977635	20,2868336	19,8760409	10,1659915	12,0376286	11,6502812
Junio	22,2060697	24,3031158	24,1207134	12,3384711	14,522503	14,3373407
Julio	29,5412597	31,806008	31,7420392	18,8313086	21,3200312	21,2538377
Agosto	30,8548355	32,3626066	32,234558	20,3180991	21,9373519	21,8074827
Septiembre	27,6811349	29,3457002	28,8959557	19,2028393	20,7291636	20,3607527
Octubre	26,4933795	27,5760274	27,4907217	19,3457542	20,4769985	20,3812204
Noviembre	30,2436868	33,1366345	32,8069287	24,1592005	26,7481488	26,4346291
Diciembre	35,8304569	39,2388057	38,583892	29,5562608	32,5428528	31,9255514
TOTAL	334,782825	358,740689	354,222059	237,879868	260,451068	256,264823

Tabla 5–13 Atlas X: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh

En segundo lugar, presentamos estos mismos costes, pero para un consumidor particular:

	Coste final consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	77,1428924	78,6818568	77,341344	63,560334	65,0435851	63,920505
Febrero	60,0447715	61,4794117	61,2453515	46,5333692	47,7130869	47,5056138
Marzo	50,0168639	52,1307605	51,8177725	35,3814011	37,2531117	36,9357892
Abril	35,038524	37,2557591	36,8870816	19,4217571	21,5900215	21,1991137
Mayo	36,6631204	38,7061747	38,2932558	21,0498886	23,0725566	22,6825835
Junio	44,222905	46,331738	46,1493356	25,511422	27,8143119	27,6291497
Julio	58,3280319	60,5927802	60,5288114	38,2487066	40,7434629	40,6772694
Agosto	60,0279759	61,535747	61,4076984	40,1599789	41,7792317	41,6493625
Septiembre	54,0707254	55,7813902	55,3301093	37,8627375	39,4320917	39,0512547
Octubre	51,2847527	52,389766	52,3044603	37,73257	38,9354685	38,8396904
Noviembre	60,056912	63,0272632	62,6917244	48,1415772	50,9216653	50,586692
Diciembre	71,5610532	75,2817414	74,5798678	59,3092744	62,4598255	61,8411353
TOTAL	658,458528	683,194389	678,576813	472,913017	496,758419	492,518159

Tabla 5–14 Atlas X: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kWh

Una vez que hemos presentado todos los datos de los costes para este aerogenerador, observamos que da igual el tipo de consumidor que seamos, que siempre vamos a obtener algo de ahorro si nos encontramos ante una tarifa tipo 2.0 DHA o denominada “con discriminación horaria”.

5.3.5 Atlas 2.0



Figura 5-6 Atlas 2.0

Atlas 2.0	
Potencia	2000 W
Velocidad de arranque	5 m/s
Rango de generación eficiente	5 - 50 m/s
Número de palas	3

Tabla 5-15 Característica Atlas 2.0

A continuación, enseñamos los distintos tipos de costes finales que hemos obtenido tras la realización de varias operaciones.

En primer lugar, mostraremos los costes finales para un consumidor común:

	Coste final consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	38,3295538	41,3605793	38,9073513	31,3932749	34,1632256	31,9725177
Febrero	29,8099843	32,2379165	31,8550083	23,0501245	25,0070168	24,6822605
Marzo	23,6367437	27,157519	26,5640811	16,5536883	19,3245488	18,7726956
Abril	15,7683742	19,2857192	18,5588064	8,14207461	10,9951431	10,2864919
Mayo	16,5061084	20,0450085	19,2812305	8,69455373	11,7766492	11,0562007
Junio	20,1715504	24,0549711	23,6901663	10,4580291	14,2310692	13,8607442
Julio	27,0915237	31,5286849	31,4007483	16,4262757	20,9923301	20,8599439
Agosto	29,2079129	32,2112671	31,9551701	18,60202	21,7606028	21,5044682
Septiembre	26,1913593	29,2283874	28,3927831	17,8334542	20,6136056	19,9432081
Octubre	25,5574172	27,496733	27,3261221	18,5071289	20,3817275	20,1901717
Noviembre	27,6609454	32,95967	32,3364134	22,0072669	26,5545151	25,9887681
Diciembre	32,6831785	38,3929706	37,1942644	26,7205207	31,7960974	30,619557
TOTAL	312,614652	355,959427	347,462145	218,388412	257,596531	249,737028

Tabla 5–16 Atlas 2.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh

Y, en segundo lugar, mostraremos esos mismos costes, pero para un consumidor en concreto:

	Coste final consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	75,5286063	78,6065314	76,0127405	62,0065848	64,9622094	62,7162862
Febrero	58,64377	61,3654776	60,907514	45,4373489	47,6169968	47,2344946
Marzo	47,8734628	51,9138501	51,2878753	33,6579538	37,0421223	36,4191064
Abril	32,8359588	37,01746	36,2801064	17,622478	21,3225448	20,543919
Mayo	34,5041981	38,4643495	37,645384	19,1075859	22,8115772	22,0399615
Junio	41,8970453	46,0835933	45,7187885	23,1966785	27,5228782	27,1525532
Julio	55,7859637	60,3154571	60,1875205	35,4509818	40,4157619	40,2833756
Agosto	58,3688675	61,3844075	61,1283105	38,3639787	41,6024826	41,3427443
Septiembre	52,3523132	55,6640773	54,7674351	36,2722728	39,3165337	38,5827953
Octubre	50,1534486	52,3104716	52,1398607	36,6031736	38,8401975	38,6486417
Noviembre	57,0903423	62,8502987	62,1942837	45,5934413	50,7280316	50,1039175
Diciembre	67,6063384	74,3544319	73,0527048	55,7491208	61,6597173	60,4261648
TOTAL	632,640315	680,330406	671,322524	449,061599	493,841053	485,49396

Tabla 5–17 Atlas 2.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kW

Observando el total de todos los costes, nos damos cuenta que, en ambos tipos de clientes, donde podemos encontrar un menor coste en nuestra factura sería si tuviéramos un contrato de tarifa PVPC 2.0 DHA.

5.3.6 Zeus 3.0



Figura 5-7 Zeus 3.0

Zeus 3.0	
Potencia	3100 W
Velocidad de arranque	2 m/s
Rango de generación eficiente	2 - 50 m/s
Número de palas	3

Tabla 5-18 Característica Zeus 3.0

A continuación, exponemos los distintos datos de los costes finales con autoconsumo que hemos obtenido tras la realización de las correspondientes operaciones pertinentes.

En primer lugar, vamos a exponer dichos costes para un cliente común:

	Coste final consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	28,9507593	37,8525917	32,4188715	23,8973046	30,9724162	26,6774182
Febrero	22,5451725	29,7834259	27,7769544	17,3999084	22,941061	21,3664624
Marzo	14,7419222	22,6190008	20,751565	9,48558482	15,2967323	13,8858536
Abril	8,80359145	15,0762933	12,8909568	3,29441013	7,32315735	6,0308489
Mayo	8,05969724	15,0573428	12,945427	2,73685454	7,25881882	5,87046299
Junio	9,65549281	18,2451515	16,6370825	2,77289255	8,56018722	7,4861544
Julio	14,9956981	25,1580525	23,7709467	7,09492657	14,4929304	13,555504
Agosto	18,5570594	27,4916153	25,6577317	9,85655949	16,897188	15,3491939
Septiembre	16,1445357	25,1818117	22,7518437	9,31501766	16,6994532	14,7354522
Octubre	17,850634	24,8322023	23,0015504	11,991986	17,7080733	16,1754842
Noviembre	17,192379	28,3934953	25,7006433	13,2648301	22,4519232	20,3016097
Diciembre	21,3595897	33,4474631	30,5120496	17,2853386	27,4095104	25,0855225
TOTAL	198,856531	303,138446	274,815623	128,395613	208,011451	186,519967

Tabla 5–19 Zeus 3.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh

En segundo lugar, vamos a exponer esos mismos costes finales, pero para un cliente particular con una distinta energía consumida anual a la común:

	Coste final consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	65,6703433	75,0985438	69,1489009	53,9001624	61,7714	56,8614999
Febrero	50,873156	58,85743	56,7548852	39,3105694	45,5168284	43,8499324
Marzo	37,8981278	47,3216009	45,2806035	25,947535	32,8811606	31,1990496
Abril	24,5063838	32,7338059	30,3022641	11,4122974	17,2766494	15,3901737
Mayo	24,6554825	33,4260131	30,9997593	11,5193044	17,9553142	16,0722916
Junio	30,4011121	40,252544	38,592076	13,6905472	21,6218013	20,3233276
Julio	42,9829988	53,9448247	52,5577189	24,3886564	33,8796021	32,951635
Agosto	47,3065522	56,6644109	54,7949732	28,3556537	36,7169825	35,1289341
Septiembre	41,7184978	51,606292	48,8277561	26,9318874	35,3601669	33,1062506
Octubre	41,9781374	49,63962	47,785258	29,5646976	36,0978462	34,4934194
Noviembre	45,4086713	58,2545658	55,4566122	35,9570371	46,5144748	44,2117336
Diciembre	55,4234808	69,0957292	65,8865284	45,5573788	57,033698	54,2501685
TOTAL	508,822944	626,89538	596,387336	346,535727	442,625924	417,838416

Tabla 5–20 Zeus 3.0: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kWh

Si observamos detenidamente todos los valores expuestos anteriormente, podemos concluir que, con cualquier tipo de consumidor, tendríamos un pequeño ahorro si tenemos un contrato en nuestras tarifas de PVPC en dos periodos.

5.3.7 MAGNUM 5



Figura 5-8 MAGNUM 5

MAGNUM 5	
Potencia	5000 W
Velocidad de arranque	3 m/s
Rango de generación eficiente	3 - 50 m/s
Número de palas	3

Tabla 5-21 Característica MAGNUM 5

En seguida, vamos a mostrar los resultados obtenidos tras la realización de unos ciertos cálculos. Dichos resultados son los costes finales de autoconsumo para los dos tipos de consumidores.

En primer lugar, mostramos los costes finale para un consumidor común:

	Coste final consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	28,5734984	39,9158857	33,9716492	23,3869143	32,7256142	27,6888162
Febrero	23,2802341	31,1133165	29,7963916	17,8738062	24,0034377	22,9614958
Marzo	14,3319343	24,4099086	22,7861716	9,01292295	16,9603645	15,5738176
Abril	9,02331044	16,3430377	14,1589605	3,29046925	8,71295707	7,15372397
Mayo	7,85944926	16,8086674	14,3311898	2,29434706	9,0582271	7,07538276
Junio	8,3135339	19,9192736	18,02854	1,54790904	10,362333	8,83983409
Julio	12,3521679	26,41534	24,8196383	4,98701977	15,6879587	14,2186748
Agosto	18,0757573	29,328437	27,4665471	9,3746792	18,7374955	16,9752024
Septiembre	15,8939266	27,3921934	25,4107342	8,93643192	18,9506287	17,2136979
Octubre	19,2209487	26,4512581	25,1043055	12,989369	19,355503	18,1047238
Noviembre	15,0228764	30,5257957	27,6080581	11,0472733	24,3231492	21,9548071
Diciembre	19,157009	34,5959977	31,8292022	14,9833819	28,347818	25,8036211
TOTAL	191,104646	323,219111	295,311388	119,724524	227,225487	203,563798

Tabla 5–22 MAGNUM 5: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 4000kWh

En segundo lugar, mostramos los datos de los costes finales para un consumidor en particular:

	Coste final consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enero	63,9736067	77,1481615	69,7720123	52,5050146	63,4041334	57,0420373
Febrero	50,4725923	60,0802085	58,5265719	39,117837	46,4196173	45,1131017
Marzo	35,7460114	48,8078171	46,6154486	24,0916966	34,0829488	32,198745
Abril	22,8577326	33,4410587	30,1958302	10,4977889	17,9504884	15,5873536
Mayo	22,2157173	34,5764723	31,2423565	10,0524624	18,9664348	16,2907644
Junio	26,5077968	41,5392012	39,1923917	10,5677824	22,5448652	20,4434228
Julio	37,8402742	55,0666405	53,4491831	19,6996596	34,2713707	32,6138866
Agosto	44,9646815	58,4140105	56,4309243	25,6786724	38,1729864	36,1031641
Septiembre	40,0723994	53,6650971	51,0997169	25,2198207	37,3483387	35,272607
Octubre	42,4480174	51,1085107	49,6268892	29,6910441	37,4724408	35,9758484
Noviembre	41,1236577	60,2015886	56,8175313	32,2152101	48,0876456	45,132073
Diciembre	51,6813717	69,6296929	66,2400695	42,0385531	57,3138792	54,2144763
TOTAL	479,903859	643,67846	609,208926	321,375542	456,035149	425,98748

Tabla 5–23 MAGNUM 5: Coste final con autoconsumo para el consumidor de 7589kWh

Observando los costes finales de ambos tipos de consumidores, podemos concluir que el consumidor que tenga una contratación de una factura de PVPC 2.0 DHA podría obtener un mayor ahorro que aquel que tenga un contrato PVPC 2.0A

5.3.8 Comparativa entre usuario sin autoconsumo y con autoconsumo

Lo primero que vamos a exponer, es una recopilación de los costes que hemos obtenido anteriormente para una clara visualización de los ahorros que podemos obtener.

En primer lugar, un resumen de los costes ante cualquier instalación renovable, en estos tipos de costes, no vamos a tener muchos datos ya que es común para cualquier cliente que haya consumido tanto 4000kWh como 7589kWh.

	Coste sin autoconsumo (€)	
	2.0 A	2.0 DHA
4000kWh	361,61037	263,3684604
7589kWh	686,0652745	499,6758115

Tabla 5–24 Coste sin autoconsumo

En segundo lugar, colocamos un resumen de los costes una vez que hemos estudiado los distintos aerogeneradores que tenemos para nuestro estudio. Aquí sí que vamos a obtener variedades de datos ya que cada aerogenerador va a generar distintas potencias según las distintas velocidades de viento.

	Coste con autoconsumo para consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enair 30 Pro	246,589169	343,515783	323,558149	162,566229	245,315206	227,938863
Bornay 3000	224,663563	334,556033	310,982264	145,139701	236,472035	216,474123
Bornay 6000	189,863974	322,059538	293,078473	116,237267	224,148385	200,1761
Atlas X	334,782825	358,740689	354,222059	237,879868	260,451068	256,264823
Atlas 2.0	312,614652	355,959427	347,462145	218,388412	257,596531	249,737028
Zeus 3.0	198,856531	303,138446	274,815623	128,395613	208,011451	186,519967
MAGNUM 5	191,104646	323,219111	295,311388	119,724524	227,225487	203,563798

Tabla 5–25 Coste con autoconsumo para un consumidor de 4000kWh

	Coste con autoconsumo para consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enair 30 Pro	548,726691	666,463079	642,077994	377,690222	479,794451	458,341073
Bornay 3000	526,082788	657,416679	629,32983	358,761566	470,463154	446,046353
Bornay 6000	486,88214	644,360921	609,952755	326,80983	457,201206	428,363669
Atlas X	658,458528	683,194389	678,576813	472,913017	496,758419	492,518159
Atlas 2.0	632,640315	680,330406	671,322524	449,061599	493,841053	485,49396
Zeus 3.0	508,822944	626,89538	596,387336	346,535727	442,625924	417,838416
MAGNUM 5	479,903859	643,67846	609,208926	321,375542	456,035149	425,98748

Tabla 5–26 Coste con autoconsumo para un consumidor de 7589kWh

Una vez que hemos realizado minuciosa y gradualmente todos los cálculos, el siguiente paso que vamos a realizar será la obtención de los ahorros que obtenemos al cambiar de encontrarnos sin ningún tipo de instalaciones renovables a añadir este tipo de renovable a nuestra instalación eléctrica.

En primer lugar, vamos a mostrar los ahorros que obtendríamos si fuéramos un consumidor común con una energía consumida anual de unos 4000kWh:

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enair 30 Pro	115,021201	18,0945869	38,0522211	100,802231	0,58962514	35,4295976
Bornay 3000	136,946807	27,0543375	50,6281059	118,22876	26,8964256	46,8943373
Bornay 6000	171,746396	39,5508318	68,5318967	147,131194	39,2200757	63,19236
Atlas X	26,827545	2,86968148	7,38831087	25,4885922	2,91739227	7,10363693
Atlas 2.0	48,9957182	5,65094342	14,1482248	44,9800488	5,77192912	13,6314328
Zeus 3.0	162,753839	58,4719236	86,7947472	134,972847	55,3570092	76,8484934
MAGNUM 5	170,505724	38,3912585	66,298982	143,643937	36,1429738	59,8046629

Tabla 5–27 Ahorro para un consumidor de 4000kWh

Como podemos observar, tenemos dos aerogeneradores domésticos con los cuales podríamos obtener un mayor ahorro en nuestra facturación, aunque podemos añadir otro aerogenerador para el emplazamiento de San Pablo, ya que, si observamos bien la tabla anterior, los aerogeneradores Bornay 6000 y MAGNUM 5 no difieren mucho de sus ahorros.

En la siguiente tabla, recogemos los ahorros obtenidos pero esta vez para un consumidor un poco particular, ya que esta energía consumida anual es mucho mayor que la energía consumida anual para un consumidor común:

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Enair 30 Pro	137,338584	19,6021955	43,9872804	121,98559	19,8813602	41,3347389
Bornay 3000	159,982486	28,6485955	56,7354444	140,914246	29,2126579	53,6294584
Bornay 6000	199,183134	41,7043532	76,1125194	172,865982	42,474606	71,3121424
Atlas X	27,6067461	2,87088583	7,48846172	26,7627949	2,91739227	7,15765232
Atlas 2.0	53,4249594	5,73486845	14,7427505	50,6142127	5,83475845	14,1818515
Zeus 3.0	177,242331	59,1698942	89,6779389	153,140085	57,0498871	81,8373956
MAGNUM 5	206,161416	42,3868149	76,8563489	178,30027	43,640662	73,6883313

Tabla 5–28 Ahorro para un consumidor de 7589kWh

Como podemos visualizar, tenemos dos aerogeneradores que destacan por los ahorros que podríamos obtener de ellos a la hora de reducir nuestra factura al final de año, igual que nos pasaba con los consumidores comunes, para el emplazamiento de San Pablo, podemos instalar tanto el aerogenerador Bornay 6000 como MAGNUM 5, ya que con ambos obtendríamos unos ahorros muy parecidos.

Observando ambas tablas, concluimos que tendríamos mayor ahorro si nos encontramos con un contrato de tarifa PVPC 2.0A, que dista mucho de lo que hemos visualizado anteriormente tanto antes de la instalación de la renovable como después, ya que en ambos casos hemos observado que sería mejor que estuviéramos inscrito en una tarifa de PVPC 2.0DHA.

Pero la finalidad de este estudio no es cuanto ahorramos más, sino, con que contrato vamos a poder pagar menos, y esto lo podemos deducir a través de la Tabla 5-22 hasta la Tabla 5-28, y deducimos que pagaríamos menos con la tarifa PVPC 2.0DHA.

Ahora, para profundizar más detalladamente en todos los datos expuestos anteriormente, vamos a ir estudiando el aerogenerador que mejor se adapte a cada emplazamiento, y de esta forma, vamos a poder observar más minuciosamente el mes, día y hora en el cual obtendríamos mayores ahorros.

5.3.8.1 San Pablo

Como hemos podido ir observando a lo largo de este capítulo, este emplazamiento es el que mayor ahorro económico nos podría dar en cuanto al recibo de la facturación eléctrica, y es por ello, que es el primero que vamos a estudiar con más determinación.

Aquí nos podemos encontrar que, dependiendo el tipo de energía consumida anual, debemos de elegir entre dos aerogeneradores:

- Si somos un consumidor con una energía consumida anual tipo, deberíamos elegir el aerogenerador Bornay 6000 ya que nos ofrecería un mayor ahorro, aunque el aerogenerador MAGNUM 5 no difiere mucho de esos beneficios.
- Si, por el contrario, somos un consumidor real con un contrato de potencia particular como es en nuestro caso de 7589kW, deberíamos elegir el aerogenerador MAGNUM 5.

Para detallar mejor todos los datos, nos vamos a quedar con el aerogenerador MAGNUM 5 y estudiaremos su comportamiento para un consumidor tipo y para un caso real particular.

Una vez que hemos elegido dos aerogeneradores que nos proporcionan un mayor ahorro económico en este emplazamiento y observando la Figura 5-1, podemos intuir que vamos a tener mayores ahorros económicos en los meses correspondiente a Julio y Diciembre. A continuación, vamos a visualizar dichos meses a través de unas gráficas, donde vamos a poner las velocidades de arranque de ambos aerogeneradores elegidos.

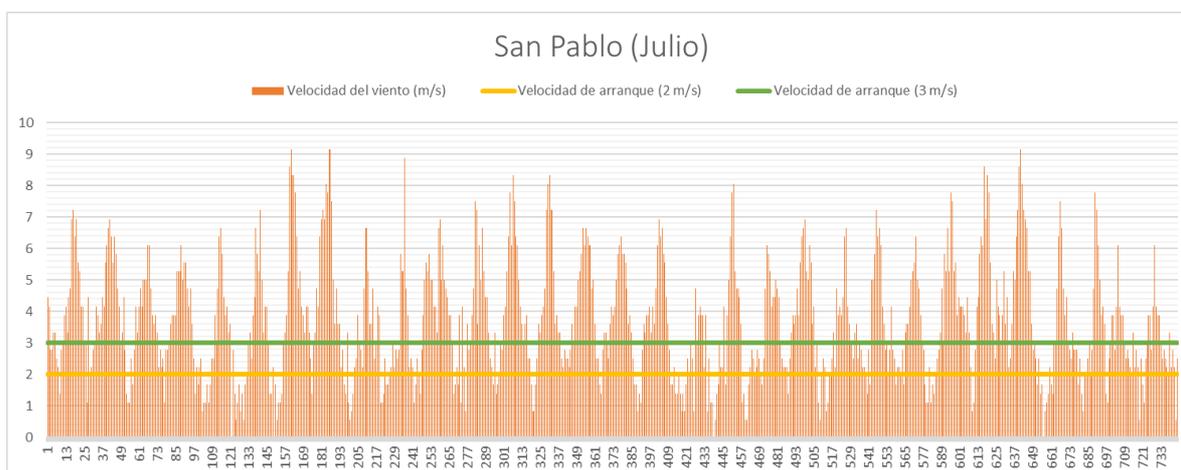


Figura 5-9 Velocidades del viento (m/s) en San Pablo en el mes de Julio

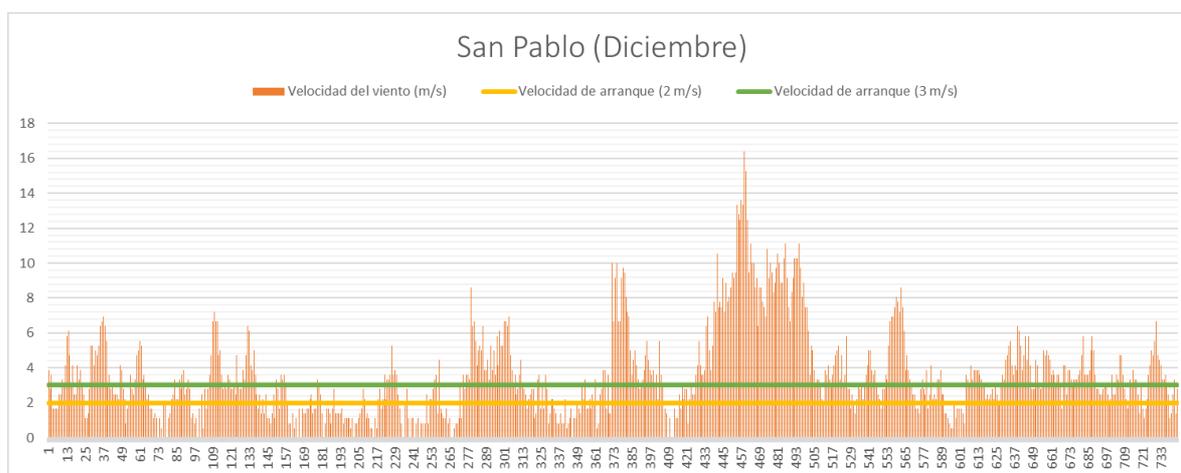


Figura 5-10 Velocidades del viento (m/s) en San Pablo en el mes de Diciembre

Observando ambas gráficas, podemos decir que el mes de Julio vamos a obtener un mayor ahorro económico comparado con el mes de Diciembre. Esto lo vamos a verificar o no, al final de este apartado.

Lo primero que vamos a estudiar en este apartado, es el de un consumidor común, y nos vamos a centrar en el estudio para todos los meses, luego particularizamos el mes que más ahorro obtenemos, y, por último, el día que obtenemos mayor aprovechamiento del aerogenerador.

A continuación, vamos a introducir los datos para los meses del año de estudio:

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
Enero	41,5112311	28,5734984	12,9377327	34,325978	23,3869143	10,9390638
Febrero	32,4645388	23,2802341	9,18430472	25,1991975	17,8738062	7,32539137
Marzo	27,5913413	14,3319343	13,259407	19,7465294	9,01292295	10,7336064
Abril	19,7623191	9,02331044	10,7390087	11,5206221	3,29046925	8,23015282
Mayo	20,5286609	7,85944926	12,6692117	12,2986102	2,29434706	10,0042631
Junio	24,5512647	8,3135339	16,2377308	14,8139414	1,54790904	13,2660324
Julio	32,0833349	12,3521679	19,7311669	21,6477367	4,98701977	16,6607169
Agosto	32,5139487	18,0757573	14,4381914	22,114104	9,3746792	12,7394248
Septiembre	29,4630147	15,8939266	13,5690881	20,8447234	8,93643192	11,9082914
Octubre	27,655323	19,2209487	8,43437437	20,5722709	12,989369	7,58290183
Noviembre	33,3136012	15,0228764	18,2907248	26,9417849	11,0472733	15,8945116
Diciembre	40,1717917	19,157009	21,0147826	33,342962	14,9833819	18,3595802
TOTAL	361,61037	191,104646	170,505724	263,36846	119,724524	143,643937

Tabla 5–29 Ahorro por mes para un consumidor de 4000kWh en San Pablo

Para visualizar estos datos de una manera más sencilla, vamos a exponer una gráfica para cada tarifa PVPC.

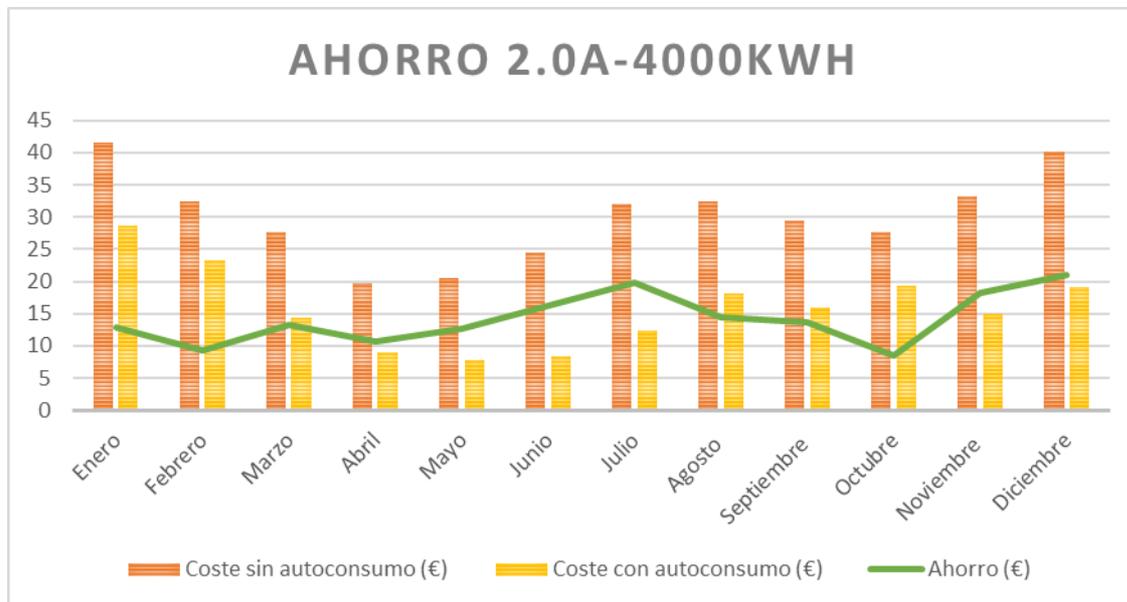


Figura 5-11 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en San Pablo

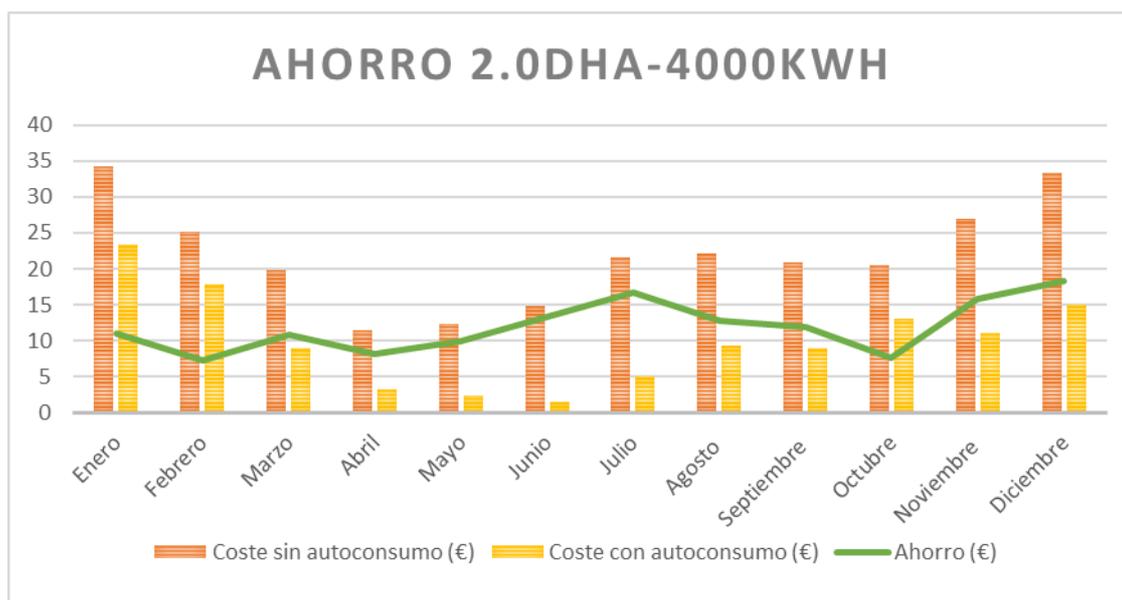


Figura 5-12 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en San Pablo

Una vez observado toda la información que tenemos, podemos decir que en el mes de diciembre es cuando obtenemos un mayor ahorro, que dista mucho si pensábamos que solo la velocidad del viento era el principal factor a tener en cuenta, porque si nos vamos a la Tabla 5-2 y a la Figura 5-1, correspondientes a la suma mensual de las velocidades del viento, podemos ver que para este emplazamiento, el mes que mayor acumulación de velocidad tuvimos fue en el mes de Julio, aunque sí que podemos decir que el siguiente mes con más acumulación de velocidad sería Diciembre. Ambos meses, lo hemos extraído y estudiado en las Figura 5-9 y Figura 5-10, y debemos disentir en nuestra conclusión, ya que pensábamos que sería el mes de Julio, aquel mes con mayores ahorros económicos.

Ahora, nos vamos a centrar en el mes de Diciembre para estudiar cómo sería el ahorro día a día.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
1	1,38821263	0,83813718	0,55007545	1,18008404	0,67441546	0,50566859
2	1,39940397	0,62495863	0,77444534	1,19052852	0,56483194	0,62569658
3	1,42274639	0,98568993	0,43705646	1,21454702	0,86561841	0,34892861
4	1,40882153	1,28548085	0,12334068	1,16949872	1,03540838	0,13409034
5	1,39520063	0,76187679	0,63332384	1,20881822	0,64440211	0,56441611
6	1,27444598	0,8099409	0,46450508	1,03963213	0,64220103	0,3974311
7	1,18178191	1,09475524	0,08702667	0,95689501	0,90938732	0,04750769
8	1,16559522	1,14965349	0,01594173	0,87599771	0,8683018	0,0076959
9	1,4313174	1,4313174	0	1,19654835	1,19654835	0
10	1,41179047	1,15445627	0,25733419	1,14961543	0,96092573	0,18868971
11	1,30267298	1,20734552	0,09532746	1,06657643	0,9629085	0,10366794
12	1,23162732	0,40613875	0,82548857	1,01363771	0,24286647	0,77077124
13	1,25877385	0,20024172	1,05853213	1,04062894	0,19617905	0,84444989
14	1,39684215	1,313112	0,08373015	1,13389374	1,06600628	0,06788746
15	1,40759784	1,38782509	0,01977276	1,1798457	1,15687667	0,02296903
16	1,46851549	-0,19710416	1,66561964	1,21494354	-0,30708504	1,52202857
17	1,56452285	0,79352494	0,7709979	1,3306148	0,69945582	0,63115898
18	1,45447833	1,17047995	0,28399838	1,25028081	0,96050999	0,28977082
19	1,37727122	-1,11087466	2,48814588	1,17393355	-1,07883654	2,25277009
20	1,26781418	-1,67001392	2,93782809	1,0504574	-1,65069592	2,70115331
21	1,38030622	-1,05564788	2,4359541	1,13452401	-1,04481014	2,17933415
22	1,33937904	0,6395836	0,69979544	1,12605383	0,5059134	0,62014043
23	1,31307118	0,93495515	0,37811603	1,10171143	0,75538176	0,34632967
24	1,08507473	0,24574018	0,83933455	0,92768945	0,21834511	0,70934434
25	0,84237179	0,74407236	0,09829943	0,67603916	0,63036695	0,04567221
26	1,12764707	0,85277175	0,27487532	0,96070158	0,76117002	0,19953156
27	1,03001678	0,26191048	0,7681063	0,82199347	0,14183637	0,6801571
28	0,99673317	0,521034	0,47569917	0,73340837	0,35196846	0,38143991
29	1,21976945	0,62213877	0,59763068	0,99230078	0,52305437	0,46924641
30	1,35513969	1,01577797	0,33936172	1,14779058	0,88610921	0,26168138
31	1,27285021	0,73773074	0,53511948	1,0837716	0,64382056	0,43995105
TOTAL	40,1717917	19,157009	21,0147826	33,342962	14,9833819	18,3595802

Tabla 5–30 Ahorro por día para un consumidor de 4000kWh en San Pablo

Como podemos observar, una vez que hemos instalado nuestro aerogenerador, hay ciertos días que nos encontramos con valores negativos, esto se debe a que nuestra instalación eólica ha superado en esos días la energía consumida y hemos invertido a la red el sobrante de electricidad con la que nos encontrábamos en esos días y que, por ello, este exceso de electricidad se nos ve compensado con una retribución en nuestra factura. Dicha retribución solo es saldada en el término de energía mes a mes, pero en nuestro caso, esto no sucede.

Vamos a expresar los valores por día en las siguientes gráficas dependiendo del tipo de tarifa que nos encontramos.

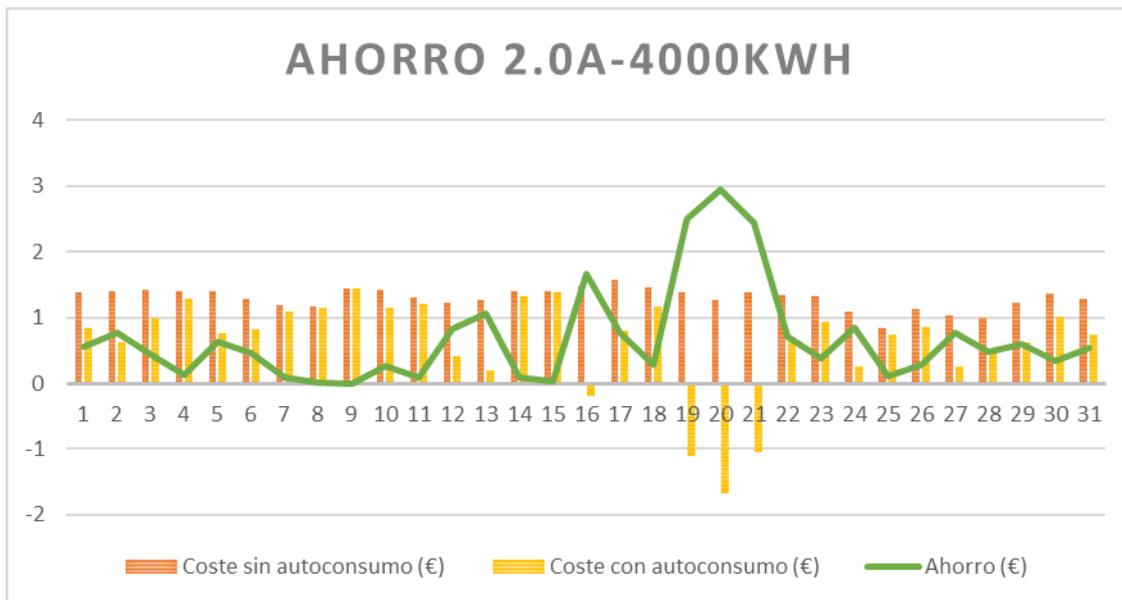


Figura 5-13 Ahorro por día para un consumidor 2.0A de 4000kWh en San Pablo

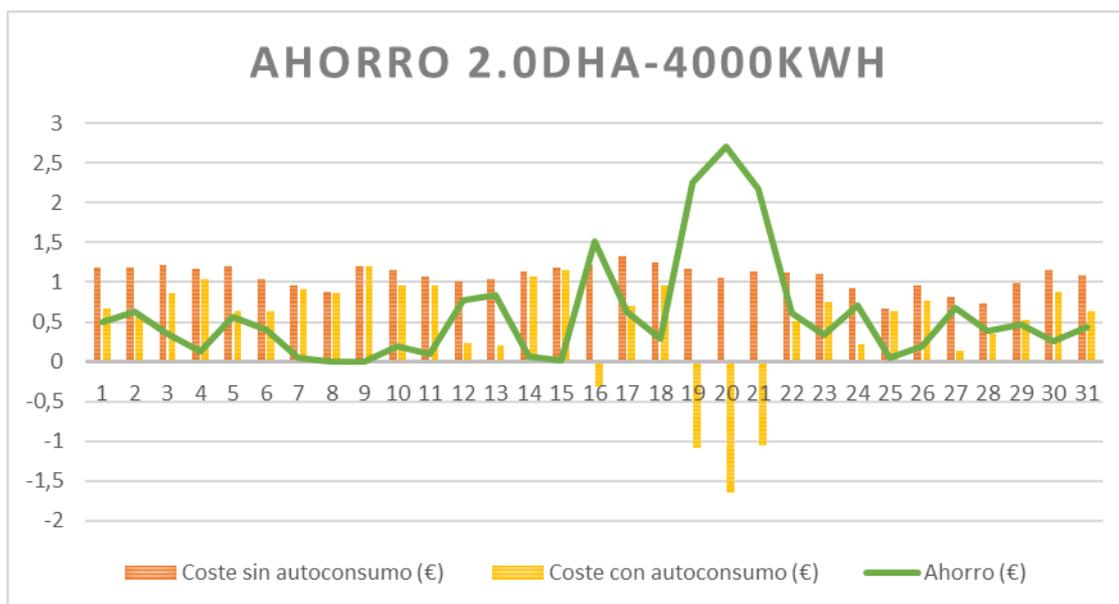


Figura 5-14 Ahorro por día para un consumidor de 4000kWh en San Pablo

En las gráficas anteriores, podemos observar muchísimo mejor que cuando tenemos costes negativos, es cuando obtenemos un mayor ahorro.

A continuación, vamos a detallar el día que mayor ahorro hemos logrado obtener y que corresponde al día con una mayor retribución por nuestra mayor producción de energía y nuestro menor consumo de esta.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
0	0,06282256	-0,1578566	0,22067916	0,05106542	-0,14657188	0,1976373
1	0,0474993	-0,14085429	0,18835359	0,03958117	-0,13134106	0,17092223
2	0,03616041	-0,16848351	0,20464392	0,03117497	-0,16011004	0,19128501
3	0,03026994	-0,15167635	0,18194629	0,02745091	-0,14369626	0,17114718
4	0,02724608	-0,10551487	0,13276096	0,02576123	-0,09768198	0,12344321
5	0,02574408	-0,05511726	0,08086134	0,02502675	-0,04731837	0,07234513
6	0,02516727	-0,07498179	0,10014906	0,02547943	-0,06657287	0,09205229
7	0,02594702	-0,06044803	0,08639505	0,02581283	-0,05205377	0,0778666
8	0,02922776	-0,06539159	0,09461935	0,02725681	-0,05700002	0,08425682
9	0,03751453	-0,05191411	0,08942864	0,02651195	-0,04745979	0,07397174
10	0,04932244	-0,05979425	0,10911669	0,02713792	-0,05983309	0,086971
11	0,06035756	-0,01519821	0,07555576	0,0305165	-0,01754298	0,04805948
12	0,06578813	-0,04386562	0,10965374	0,06426853	-0,04847673	0,11274527
13	0,06478561	-0,04044203	0,10522764	0,0540819	-0,0482028	0,10228471
14	0,06586128	-0,02206222	0,0879235	0,05320697	-0,03036863	0,0835756
15	0,06484055	-0,01974599	0,08458653	0,05192476	-0,02814131	0,08006607
16	0,06015114	-0,01847997	0,07863111	0,04788532	-0,02645255	0,07433787
17	0,06117306	-0,08841505	0,14958811	0,04804657	-0,09708475	0,14513132
18	0,06309605	-0,06346279	0,12655884	0,05189111	-0,07174904	0,12364015
19	0,07084078	-0,07449542	0,1453362	0,07389438	-0,07779719	0,15169158
20	0,0745563	-0,06109469	0,13565099	0,07944952	-0,06392334	0,14337287
21	0,0781645	-0,03331754	0,11148204	0,08315955	-0,03635825	0,11951781
22	0,07771813	-0,04469227	0,1224104	0,04027574	-0,04697514	0,08725088
23	0,0635597	-0,05270945	0,11626915	0,03959715	-0,04798406	0,08758121
TOTAL	1,26781418	-1,67001392	2,93782809	1,0504574	-1,65069592	2,70115331

Tabla 5–31 Ahorro por hora para un consumidor de 4000kWh en San Pablo

Examinando dicho día por horas, vemos que a lo largo del día hemos consumido menos energía de la que hemos generado y por ello, inyectamos el sobrante de energía a la red.

Observaremos mejor dicho día a través de unas gráficas.

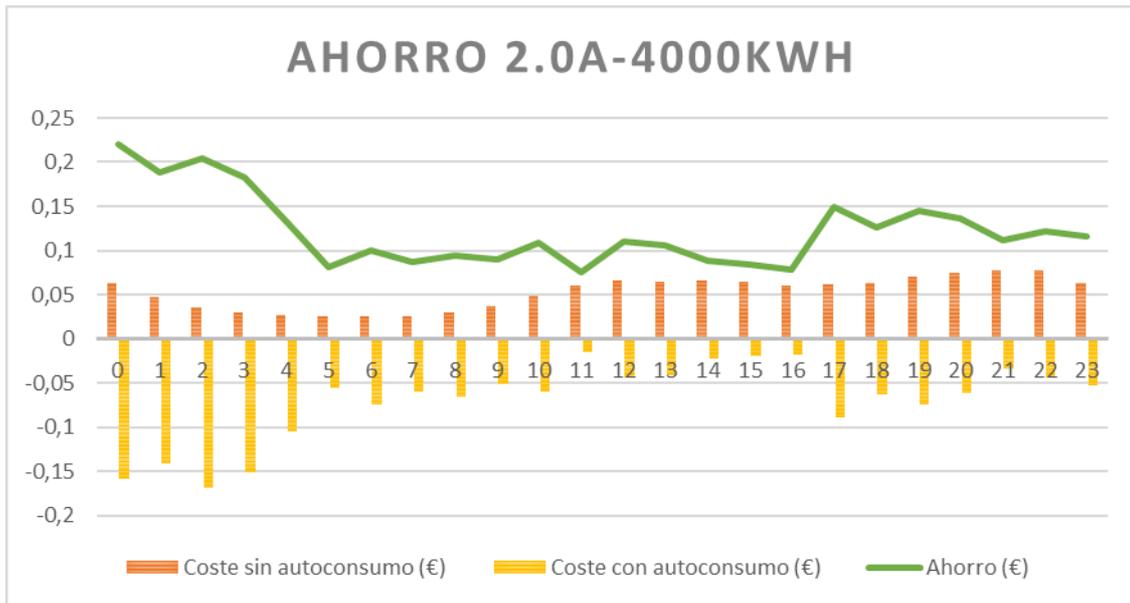


Figura 5-15 Ahorro por hora para un consumidor 2.0A de 4000kWh en San Pablo

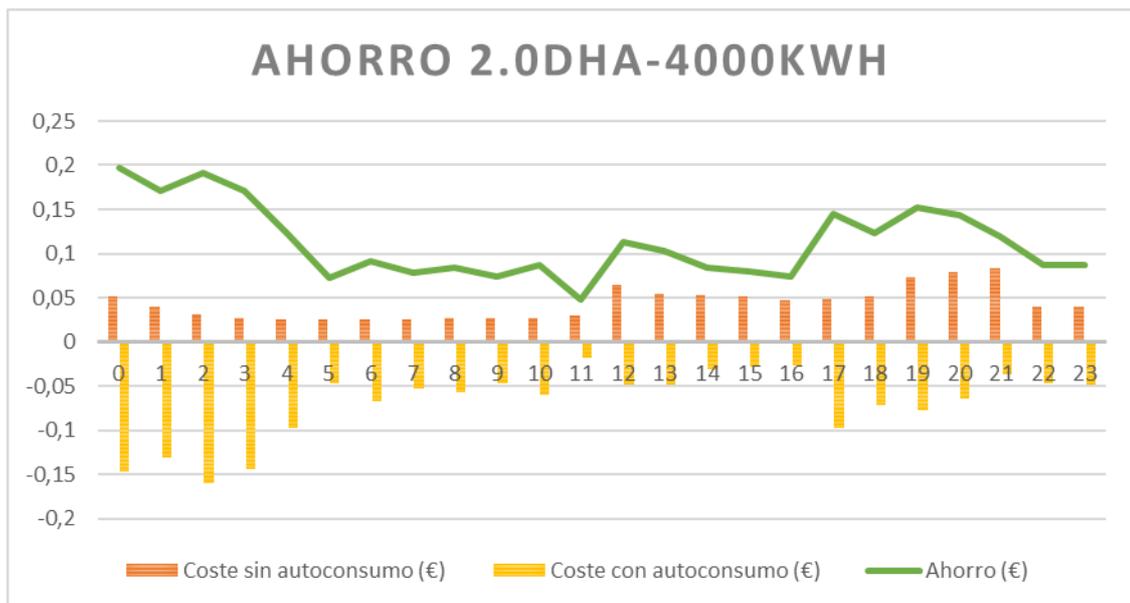


Figura 5-16 Ahorro por hora para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en San Pablo

El día con mayor ahorro, es porque hemos obtenido durante todas las horas del día unos costes con valores negativos. Si observamos bien las gráficas, cuanto más negativo sea nuestro coste, mayores ahorros obtenemos al final del día.

A continuación, vamos a proceder de la misma manera que hemos hecho anteriormente, pero esta vez lo haremos para una energía consumida anual real de 7589kWh.

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
Enero	78,7571832	63,9736067	14,7835765	65,1249618	52,5050146	12,6199472
Febrero	61,5933462	50,4725923	11,1207539	47,8091775	39,117837	8,69134054
Marzo	52,3476723	35,7460114	16,6016609	37,4641028	24,0916966	13,3724062
Abril	37,49406	22,8577326	14,6363274	21,8575002	10,4977889	11,3597113
Mayo	38,9480019	22,2157173	16,7322847	23,3335382	10,0524624	13,2810758
Junio	46,5798869	26,5077968	20,07209	28,1057504	10,5677824	17,537968
Julio	60,870107	37,8402742	23,0298329	41,0711684	19,6996596	21,3715088
Agosto	61,6870891	44,9646815	16,7224075	41,9559838	25,6786724	16,2773114
Septiembre	55,8987046	40,0723994	15,8263052	39,5476514	25,2198207	14,3278307
Octubre	52,4690616	42,4480174	10,0210442	39,0307409	29,6910441	9,33969683
Noviembre	63,2042299	41,1236577	22,0805722	51,1153014	32,2152101	18,9000913
Diciembre	76,2159317	51,6813717	24,53456	63,2599347	42,0385531	21,2213816
TOTAL	686,065275	479,903859	206,161416	499,675812	321,375542	178,30027

Tabla 5–32 Ahorro por mes para un consumidor de 7589kWh en San Pablo

Como podemos observar, para los consumidores con contrato de una tarifa 2.0A obtendríamos mayores ahorros en el mes de Diciembre, siendo este mes el segundo mes con mayor acumulación de velocidad del viento. Sin embargo, para aquellos consumidores que nos encontrásemos con una tarifa 2.0DHA, el mayor ahorro lo obtendríamos en el mes de Julio, correspondiente al mes con mayor acumulación de velocidad de viento, pero si examinamos bien los ahorros por mes, el mes de Julio y el mes de Diciembre alcanzamos unos ahorros similares. Según nuestra Tabla 5-2, dichos meses son los meses que mayores acumulaciones de velocidad de viento hemos obtenido y lo hemos expresado en la Figura 5-9 y Figura 5-10 para una mejor visualización del aprovechamiento de los vientos por hora en cuanto a la velocidad de arranque de los dos aerogeneradores elegidos como mayores ahorros económicos para este emplazamiento.

Estos ahorros por mes del año de estudio lo vamos a visualizar mejor a través de unas gráficas según el tipo de tarifa que tengamos contratado.

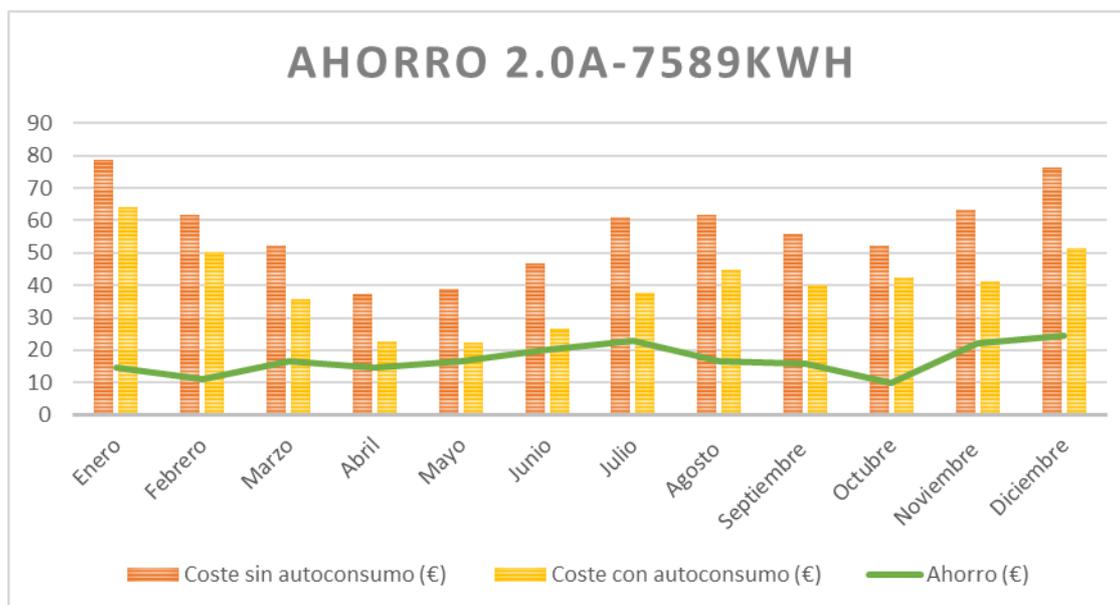


Figura 5-17 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 7589kWh en San Pablo

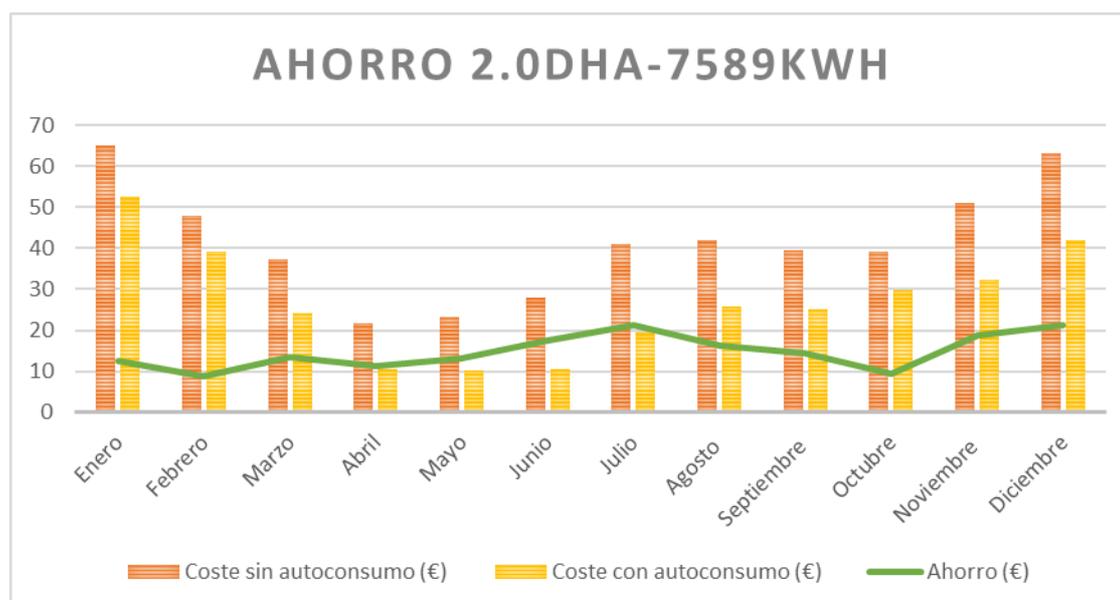


Figura 5-18 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en San Pablo

En estas gráficas, aparte de ver el pico correspondiente al mayor ahorro, podemos observar el pico correspondiente al que sería el mes que menos ganancias podríamos obtener, que difiere según a la tarifa que estemos acogidos. Si estamos con una tarifa de 2.0A el mes de Octubre sería el peor mes en cuanto a la obtención de ahorros, sin embargo, si estamos con una tarifa 2.0DHA, el mes de Febrero será dicho peor mes de aprovechamiento del aerogenerador.

Para hacer el estudio más exhaustivo del mes con mayor ahorro, hemos decidido que dicho estudio se corresponda con el mes de Diciembre, cuyos datos obtenidos los vamos a exponer a continuación.

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
1	2,6337864	2,05680976	0,57697664	2,23891445	1,66078237	0,57813208
2	2,65501918	1,70575575	0,94926343	2,25873024	1,52621333	0,73251691
3	2,69930558	2,24453378	0,4547718	2,30429934	1,91451676	0,38978258
4	2,67288665	2,54954596	0,12334068	2,21883144	2,08474111	0,13409034
5	2,64704439	1,94028045	0,70676394	2,29343036	1,56569025	0,72774011
6	2,41794263	1,88936825	0,52857438	1,97244205	1,51968758	0,45275447
7	2,24213574	2,15510907	0,08702667	1,81546906	1,76796136	0,04750769
8	2,21142553	2,1954838	0,01594173	1,66198665	1,65429074	0,0076959
9	2,71556694	2,71556694	0	2,27015135	2,27015135	0
10	2,67851946	2,41389442	0,26462504	2,18110788	1,99080725	0,19030064
11	2,47149631	2,37616885	0,09532746	2,02356214	1,91065624	0,1129059
12	2,33670493	1,41494865	0,92175628	1,92312414	1,01125414	0,91187001
13	2,38820869	1,12700981	1,26119889	1,97433326	0,95999531	1,01433795
14	2,65015876	2,56642861	0,08373015	2,15127991	2,08339244	0,06788746
15	2,67056501	2,65079225	0,01977276	2,23846226	2,21549323	0,02296903
16	2,786141	0,7694296	2,0167114	2,30505162	0,43179747	1,87325415
17	2,96829097	2,13429793	0,83399303	2,52450893	1,86463498	0,65987395
18	2,75950902	2,47497844	0,28453058	2,37209526	2,07801009	0,29408517
19	2,61302782	-0,53084336	3,14387118	2,22724542	-0,4879878	2,71523323
20	2,40536045	-1,18002876	3,5853892	1,9929803	-1,16614419	3,15912448
21	2,61878598	-0,34222756	2,96101354	2,15247568	-0,38898371	2,54145938
22	2,54113689	1,82361011	0,71752677	2,13640563	1,43514431	0,70126131
23	2,4912243	2,10372737	0,38749693	2,09022201	1,71137741	0,3788446
24	2,05865804	1,0207533	1,03790474	1,76005881	0,95870242	0,80135638
25	1,59818988	1,48103805	0,11715183	1,28261529	1,23610079	0,0465145
26	2,1394284	1,84673022	0,29269818	1,82269107	1,62315952	0,19953156
27	1,95419933	1,06887436	0,88532496	1,5595271	0,74071199	0,81881511
28	1,891052	1,34805022	0,54300178	1,39145902	1,00616121	0,38529782
29	2,31420759	1,65843027	0,65577733	1,88264265	1,34449485	0,5381478
30	2,57103877	2,21846628	0,35257249	2,17764568	1,91478222	0,26286346
31	2,41491507	1,78438886	0,63052621	2,05618567	1,60095809	0,45522758
TOTAL	76,2159317	51,6813717	24,53456	63,2599347	42,0385531	21,2213816

Tabla 5-33 Ahorro por día para un consumidor de 7589kWh en San Pablo

Visualizando la tabla correspondiente a los días del mes de Diciembre, podemos observar que tenemos ahorros con valores ceros, esto significa que hemos cubierto nuestra necesidad de potencia. También podemos observar que una vez que tenemos nuestra instalación eólica conectada, obtenemos valores negativos y esto es significativo de que, aparte de cubrir nuestras necesidades en cuanto a energía consumida, hemos sobrepasado dicha necesidad y vertemos a la red el sobrante que hemos obtenido.

Todo esto, es más visual si lo vemos a través de unas gráficas.

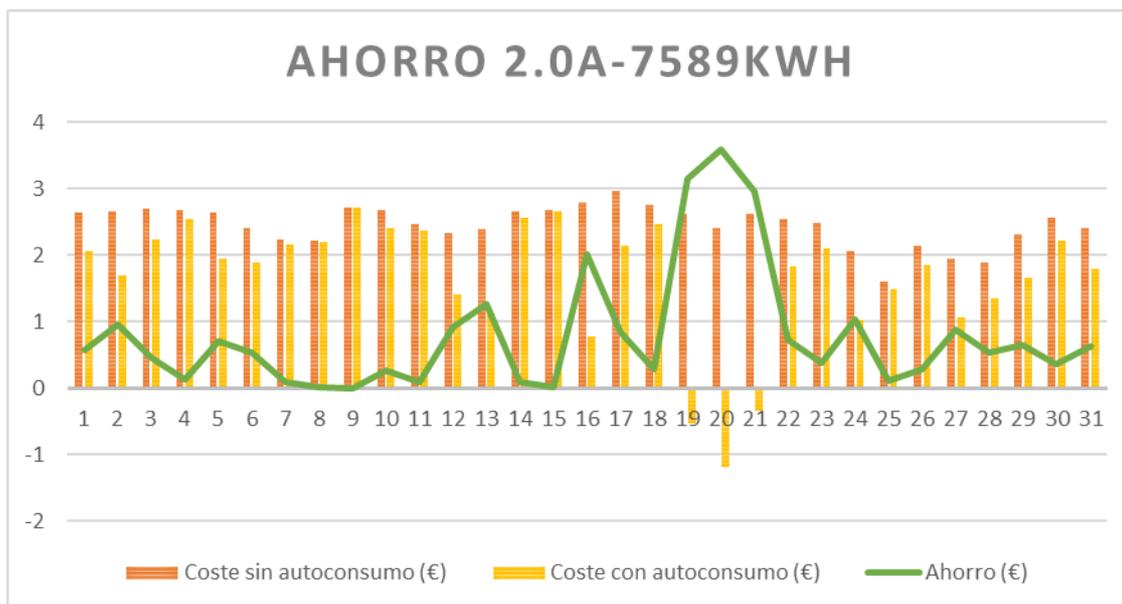


Figura 5-19 Ahorro por día para un consumidor 2.0A de 7589kWh en San Pablo

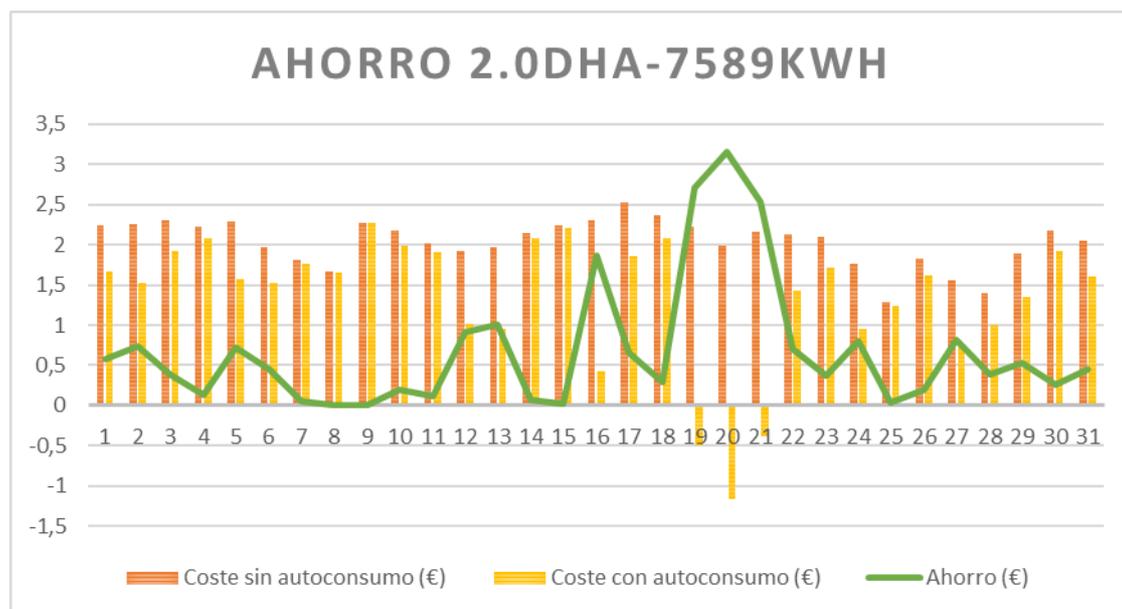


Figura 5-20 Ahorro por día para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en San Pablo

A través de las gráficas para las distintas tarifas, podemos observar claramente el pico correspondiente al día con mayor ganancia, ya que dicho día sobresale de los demás. También podemos comentar, viendo en las Figuras 5-17 y Figura 5-18 que el ahorro no es algo uniforme, sino que tiene sus picos de subida correspondiente a mayores ganancias y sus picos de bajadas, correspondiente a menores ganancias, pero en ningún momento hemos obtenido valores negativos significando esto que obtendríamos pérdidas por ello.

A continuación, vamos a detallar más, el día que hemos obtenido un mayor aprovechamiento de nuestro aerogenerador.

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
0	0,11919011	-0,13494958	0,25413969	0,09688387	-0,11353964	0,21042351
1	0,09011805	-0,12449409	0,21461214	0,07509537	-0,10644512	0,18154049
2	0,06860533	-0,15718703	0,22579236	0,05914672	-0,14130045	0,20044717
3	0,05742964	-0,14241307	0,19984271	0,05208124	-0,12727286	0,1793541
4	0,05169263	-0,09714822	0,14884085	0,04887549	-0,08228726	0,13116275
5	0,04884295	-0,04724631	0,09608927	0,04748201	-0,03244988	0,07993189
6	0,0477486	-0,06727246	0,11502106	0,04834084	-0,05131862	0,09965946
7	0,04922799	-0,05251529	0,10174328	0,04897339	-0,03658928	0,08556267
8	0,05545236	-0,05578656	0,11123892	0,05171298	-0,03986564	0,09157862
9	0,07117444	-0,03799718	0,10917162	0,0502998	-0,02954622	0,07984602
10	0,093577	-0,04118851	0,13476551	0,05148741	-0,04126219	0,0927496
11	0,11451337	0,01786977	0,09664361	0,05789742	0,00403952	0,0538579
12	0,12481652	-0,01853086	0,14334739	0,12193348	-0,0272793	0,14921278
13	0,1229145	-0,01632592	0,13924043	0,10260689	-0,03105005	0,13365694
14	0,12495531	0,00428215	0,12067316	0,10094693	-0,01403574	0,11498266
15	0,12301873	0,00925648	0,11376225	0,09851426	-0,01219189	0,11070614
16	0,11412175	0,00900868	0,10511307	0,09085042	-0,01142329	0,10227371
17	0,11606059	-0,06451504	0,18057562	0,09115635	-0,08096363	0,17211998
18	0,11970898	-0,03803343	0,15774241	0,0984504	-0,05375451	0,15220492
19	0,13440267	-0,04568231	0,18008498	0,14019612	-0,05194659	0,19214271
20	0,14145194	-0,03124131	0,17269325	0,15073561	-0,03660796	0,18734357
21	0,14829761	-0,00226213	0,15055974	0,15777446	-0,00803113	0,16580559
22	0,14745073	-0,01515368	0,1626044	0,07641315	-0,01948485	0,095898
23	0,12058863	-0,03050286	0,15109149	0,07512569	-0,02153761	0,09666329
TOTAL	2,40536045	-1,18002876	3,5853892	1,9929803	-1,16614419	3,15912448

Tabla 5–34 Ahorro por horas para un consumidor de 7589kWh en San Pablo

Podemos decir, que prácticamente hemos obtenido ahorros en cada hora del día que hemos estudiado, de ahí, que sea el día con mayor ganancia. Si nos encontramos ante una tarifa 2.0A, observamos que hay más horas en las cuales no cubrimos todo el coste, pero si parte de ellos, sin embargo, ante una tarifa 2.0DHA, prácticamente todas las horas cubrimos los costes.

Vamos a observarlos mejor a través de unas gráficas.

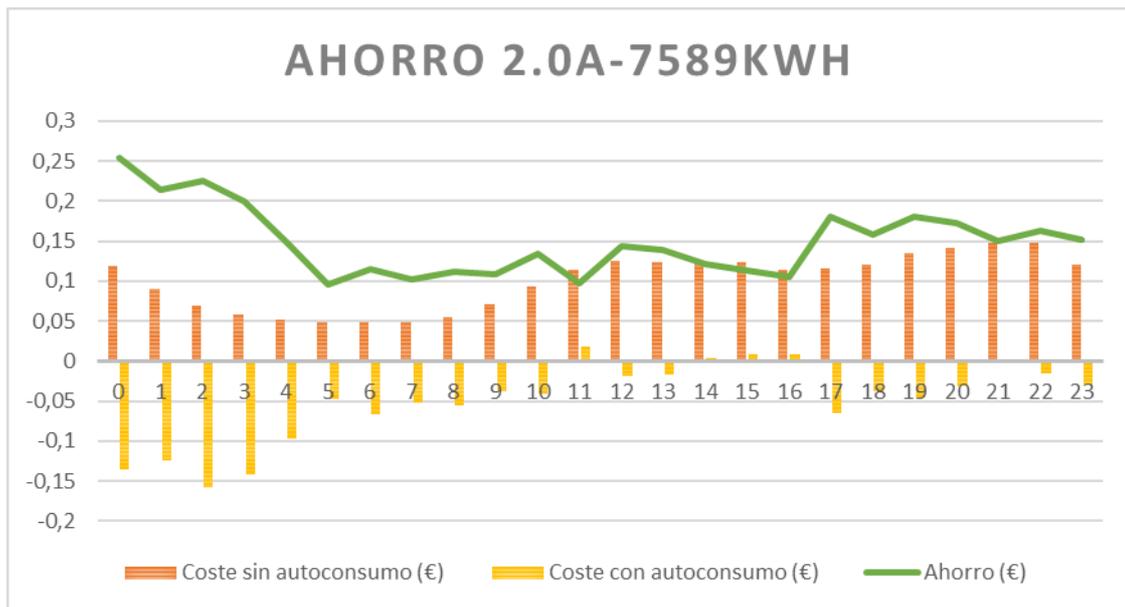


Figura 5-21 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 7589 kWh en San Pablo

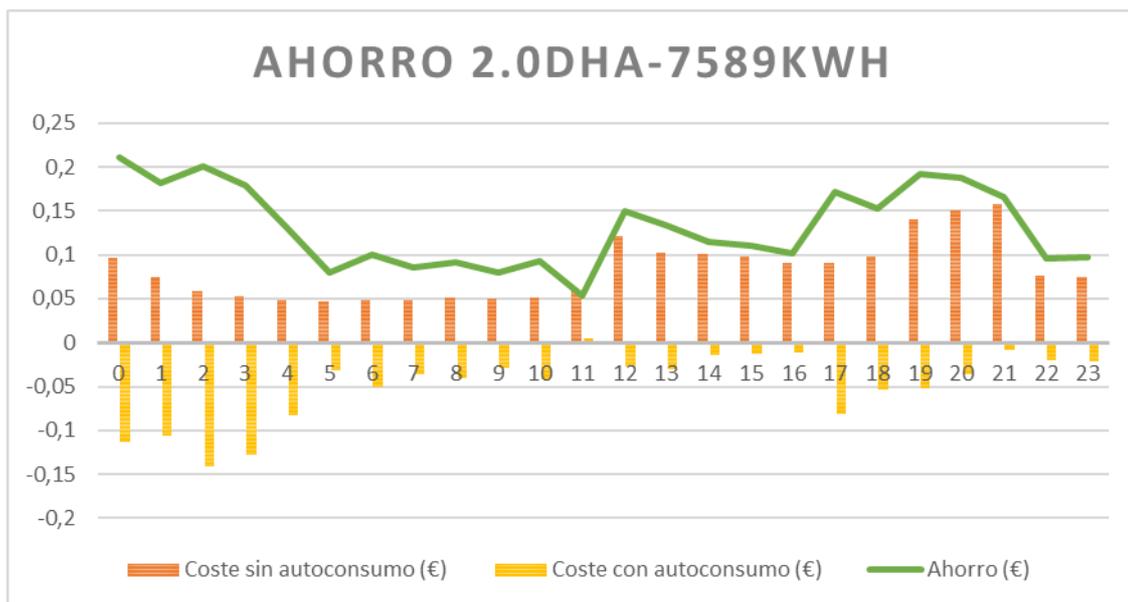


Figura 5-22 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en San Pablo

A través de las Figura 5-21 y Figura 5-22, podemos decir que cuando tenemos mayores ahorros son aquellas horas donde cualquier consumidor suele gastar lo mínimo en energía y estas horas suelen corresponder a la madrugada, las cuales, nosotros como consumidor nos encontramos en nuestro tiempo de descanso, con lo cual, obtenemos un gran exceso de energía que lo inyectamos a la red y esta se nos transforma en lo que observamos, en las mayores ganancias del día.

5.3.8.2 Tablada

En este capítulo, hemos observado que este emplazamiento es el que menor ahorro podemos obtener, pero no por ello, vamos a dejar de estudiar lo que sucede cuando le instalamos nuestro aerogenerador estrella para este lugar.

Observando la Tabla 5-27 y Tabla 5-28, correspondientes a todos los aerogeneradores según la energía consumida anual y su emplazamiento, podemos concluir que, para este lugar, el mejor aerogenerador es Zeus 3.0. Este aerogenerador nos sirve tanto si estamos contratado con una tarifa de 2.0A como si estamos ante la tarifa de 2.0DHA.

Para detallar con más precisión este aerogenerador, vamos a adentrarnos al estudio un poco más profundo en cuanto a lo que ocurriría en cada mes, luego veremos el mes que mayor ganancia obtendríamos y, por último, estudiaremos las horas del correspondiente a dicho mes y que nos proporcione el mayor ahorro del día. Todo este estudio lo haremos tanto para un consumidor que consumiera una energía anual tipo como para un consumidor con un consumo de energía anual real.

Antes de proceder al detalle del aerogenerador elegido, si nos fijamos en la Figura 5-1, podemos intuir que el mes cuyo mayor ahorro económico que podemos tener, es el mes de Julio, aunque son los meses centrales del año aquellos que podemos decir que nos proporcionan mayores ahorros, pero esto solo es una intuición, ya que la velocidad del viento no es lo único que influye para poder obtener dichos ahorros. Para ello, y observando los meses de ahorros para el emplazamiento de San Pablo, vamos a empezar con dos gráficas correspondiente a las velocidades de este emplazamiento en los meses de Julio y Diciembre, donde tendremos los cortes de arranques de los aerogeneradores más comunes, y que al finalizar este apartado, recurriremos a estas gráficas para verificar si nuestra intuición ha sido acertada o errónea.

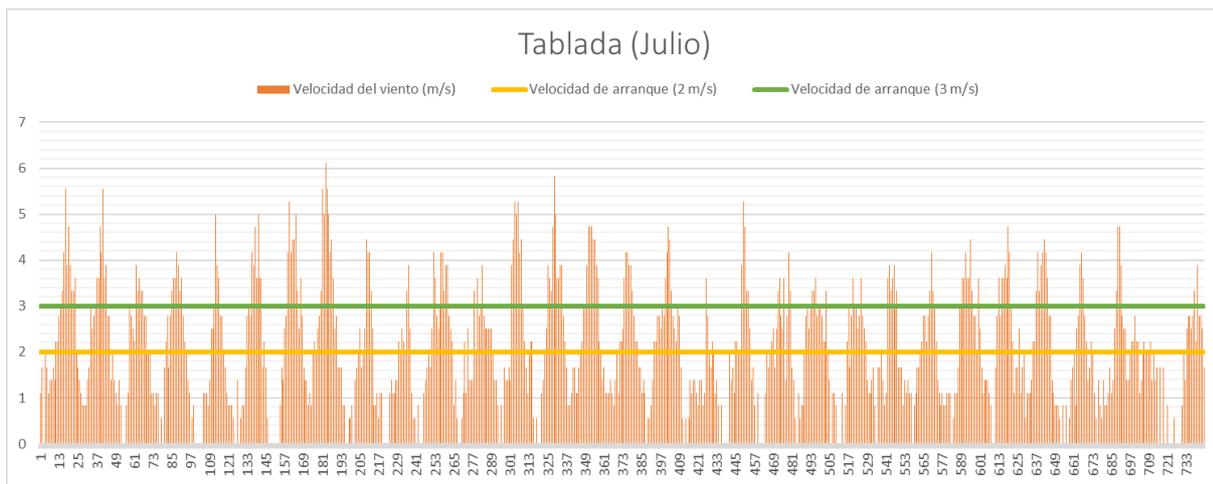


Figura 5-23 Velocidades del viento (m/s) en Tablada en el mes de Julio

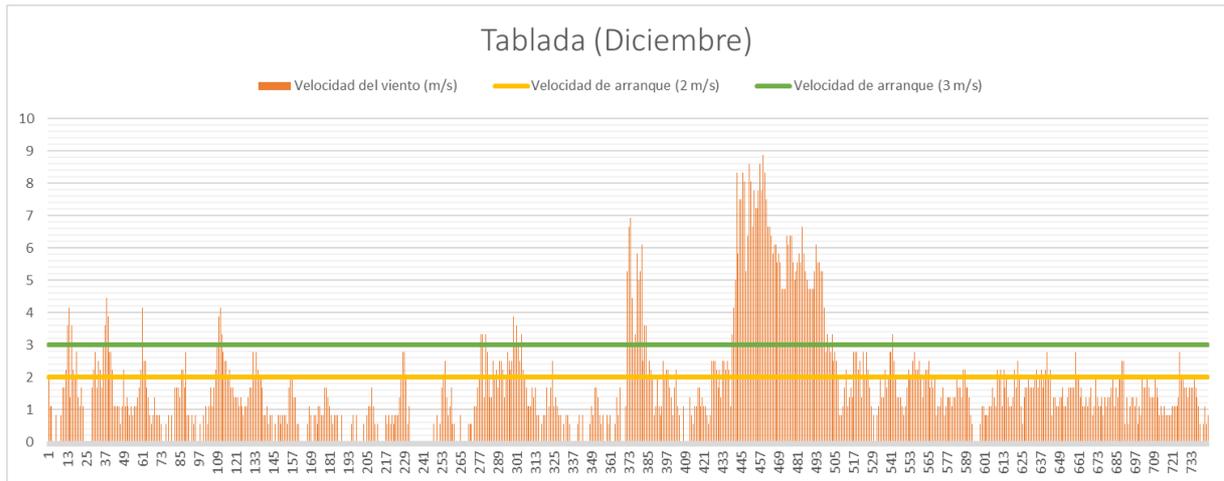


Figura 5-24 Velocidades del viento (m/s) en Tablada en el mes de Diciembre

A continuación, lo primero que vamos a ver es el estudio detallado para aquellos consumidores comunes.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
Enero	41,5112311	37,8525917	3,65863934	34,325978	30,9724162	3,35356185
Febrero	32,4645388	29,7834259	2,68111284	25,1991975	22,941061	2,25813658
Marzo	27,5913413	22,6190008	4,97234051	19,7465294	15,2967323	4,4497971
Abril	19,7623191	15,0762933	4,68602581	11,5206221	7,32315735	4,19746472
Mayo	20,5286609	15,0573428	5,47131808	12,2986102	7,25881882	5,03979137
Junio	24,5512647	18,2451515	6,30611316	14,8139414	8,56018722	6,25375421
Julio	32,0833349	25,1580525	6,92528232	21,6477367	14,4929304	7,15480633
Agosto	32,5139487	27,4916153	5,02233332	22,114104	16,897188	5,21691596
Septiembre	29,4630147	25,1818117	4,28120294	20,8447234	16,6994532	4,14527018
Octubre	27,655323	24,8322023	2,82312077	20,5722709	17,7080733	2,86419754
Noviembre	33,3136012	28,3934953	4,92010593	26,9417849	22,4519232	4,48986174
Diciembre	40,1717917	33,4474631	6,72432856	33,342962	27,4095104	5,93345163
TOTAL	361,61037	303,138446	58,4719236	263,36846	208,011451	55,3570092

Tabla 5-35 Ahorro por mes para un consumidor de 4000kWh en Tablada

Observando todos los valores, nos damos cuenta que el mes con mayor ahorro económico es el correspondiente con el mes de Julio que si observamos en la Tabla 5-2, veremos que corresponde con el mes de mayor acumulación de velocidad de viento, pero debemos de tener en cuenta, que la velocidad del viento no es el único factor que debemos de tener en cuenta, pero si podríamos decir que es el factor más determinante.

Para poder observar con más sencillez estos valores, lo vamos a observar en dos gráficas muy distintas, ya que cada gráfica se corresponde con la tarifa PVPC que nosotros como consumidores podemos contratar en nuestra factura.

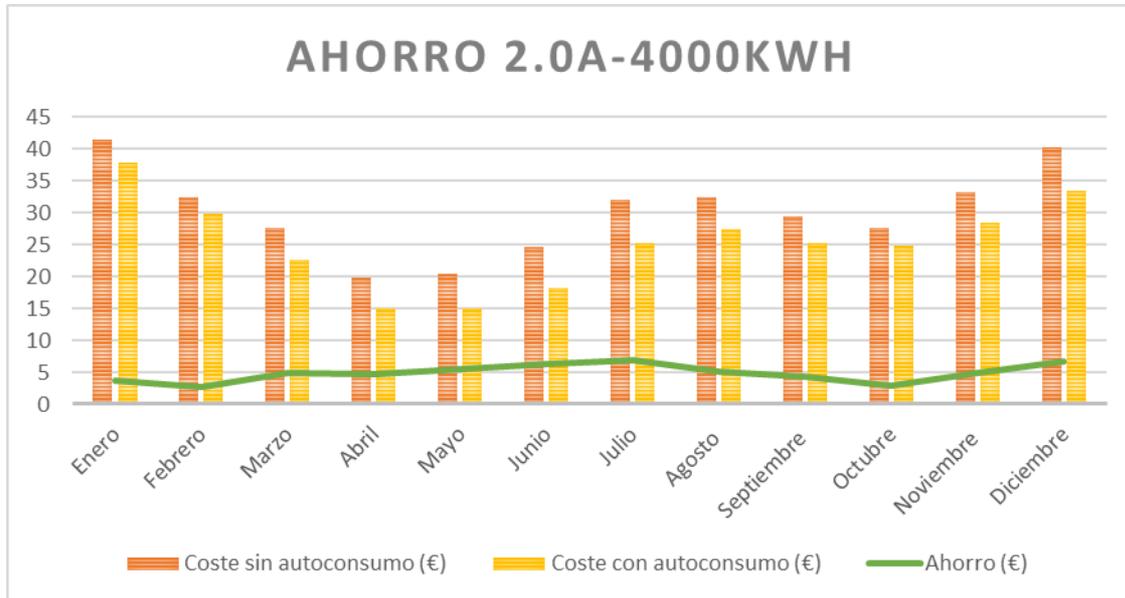


Figura 5-25 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tablada

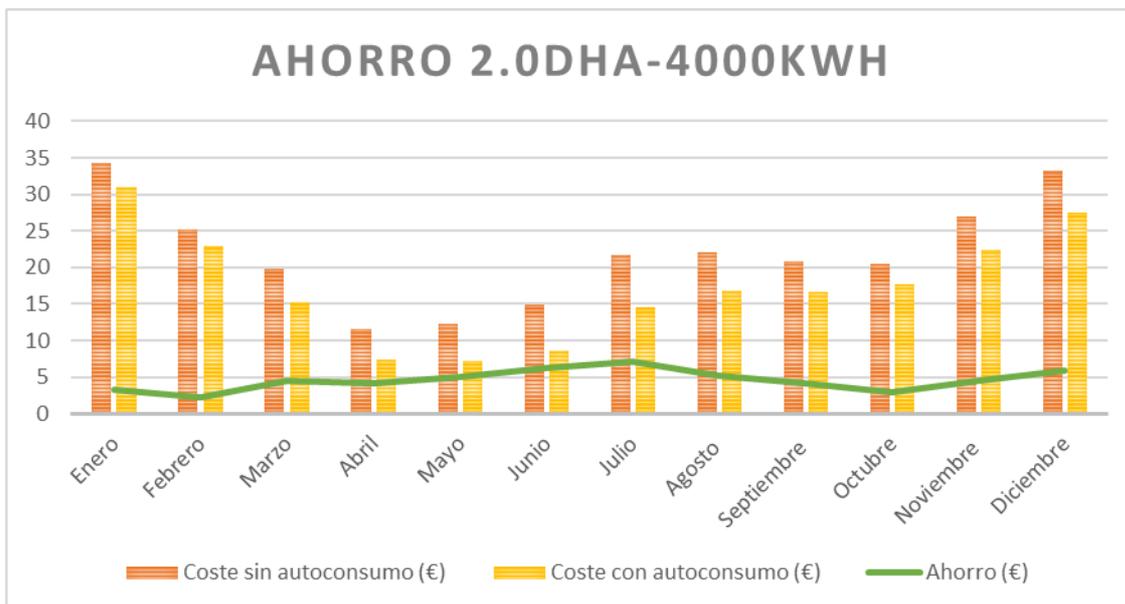


Figura 5-26 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tablada

Observando a través de ambas gráficas, decimos que aquel que tiene una mayor diferencia entre los costes antes de una instalación renovable y los costes una vez que hemos introducido dicha instalación a nuestra red, es aquel que nos proporcionaría mayores ahorros. En ambas gráficas podemos decir que esa gran diferencia la podemos observar en el mes de Julio y por ello vemos que corresponde con un pico al alza. Sin embargo, cuando dichas diferencias son muy cortas, es cuando observamos unos picos a la baja, y esto significa que en dichos meses hemos obtenido menores ahorros, aun así, seguimos obteniendo ganancias con nuestra instalación eólica.

A continuación, vamos a detallar el mes que nos da un mayor ahorro, en nuestro caso sería el correspondiente con el mes de Julio.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
1	1,04956708	0,74297061	0,30659647	0,71510329	0,40778309	0,30732019
2	1,02409845	0,73396748	0,29013097	0,69049113	0,40505975	0,28543138
3	1,00335208	0,802545	0,20080708	0,69755864	0,49455429	0,20300435
4	0,90343163	0,69130378	0,21212784	0,61910553	0,39895417	0,22015137
5	0,87099282	0,72740119	0,14359163	0,58140203	0,41199076	0,16941127
6	0,96610575	0,73869587	0,22740988	0,6208571	0,36173372	0,25912338
7	1,05489639	0,76965398	0,2852424	0,70230252	0,39486218	0,30744034
8	1,09406402	0,69047809	0,40358593	0,73529215	0,33171397	0,40357819
9	1,10512522	0,92814797	0,17697725	0,74932922	0,55445838	0,19487084
10	1,06145919	0,94887867	0,11258051	0,74193692	0,61458817	0,12734876
11	0,92586362	0,67420884	0,25165478	0,62802403	0,37867457	0,24934947
12	0,90572515	0,72267155	0,18305359	0,60206985	0,41933082	0,18273903
13	1,01531675	0,7297882	0,28552854	0,67020799	0,36261499	0,30759299
14	1,00318322	0,67470355	0,32847967	0,66728548	0,33142833	0,33585715
15	0,96943547	0,67806722	0,29136825	0,6412197	0,33501209	0,30620761
16	1,0203642	0,78917205	0,23119215	0,68158227	0,44070129	0,24088098
17	1,00003731	0,73832959	0,26170772	0,68151919	0,42217399	0,2593452
18	0,96101651	0,86227159	0,09874493	0,656662	0,56448466	0,09217735
19	0,93979212	0,74822213	0,19156999	0,63285703	0,42476543	0,2080916
20	1,05508401	0,84951357	0,20557044	0,69385146	0,50034562	0,19350584
21	1,0752019	0,8365653	0,2386366	0,71638031	0,48973752	0,22664279
22	1,11564269	0,92319665	0,19244604	0,76337525	0,5601174	0,20325785
23	1,14622963	0,94401925	0,20221038	0,78494754	0,57219077	0,21275677
24	1,0880974	0,90794053	0,18015688	0,74670878	0,55727103	0,18943775
25	0,99163495	0,7497017	0,24193326	0,68811987	0,43456931	0,25355056
26	0,97259961	0,73528467	0,23731494	0,65490639	0,40427995	0,25062644
27	1,12784624	0,85074043	0,27710581	0,75376431	0,4640102	0,28975411
28	1,10232784	0,95305317	0,14927466	0,73235944	0,56933023	0,16302921
29	1,14237556	0,95140128	0,19097428	0,75962317	0,55089631	0,20872686
30	1,18531642	1,04302297	0,14229345	0,79850676	0,6944553	0,10405146
31	1,20715163	1,02213565	0,18501598	0,8403873	0,64084205	0,19954525
TOTAL	32,0833349	25,1580525	6,92528232	21,6477367	14,4929304	7,15480633

Tabla 5-36 Ahorro por día para un consumidor de 4000kWh en Tablada

Observando la tabla anteriormente expuesta, podemos observar que no tenemos valores negativos por lo cual, no hemos inyectado nuestra energía sobrante a la red, pero eso no significa que no hayamos obtenido ganancias, ya que en todos los días hemos obtenido, aunque sea un poquito de ganancia.

Estos valores serán mejor visualizados a través de unas gráficas.

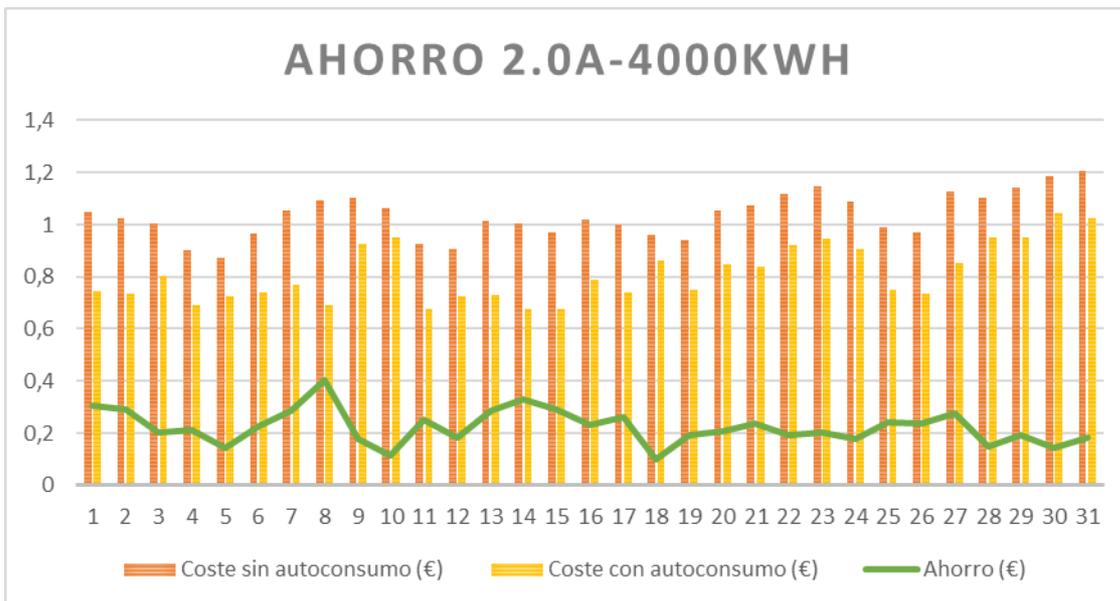


Figura 5-27 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tablada

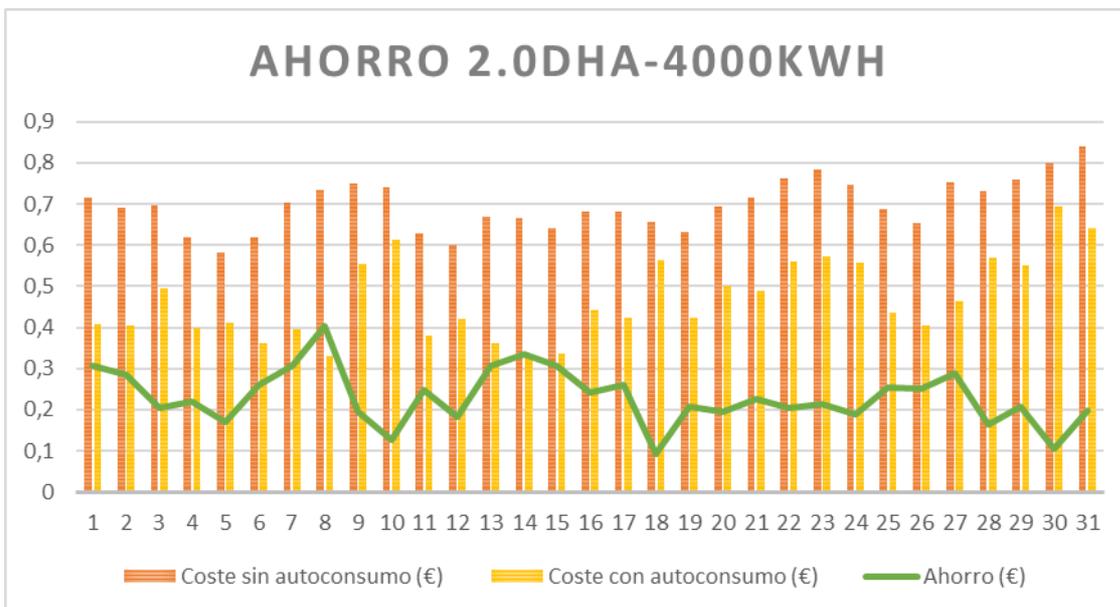


Figura 5-28 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tablada

A través de estas gráficas, podemos observar muy bien los puntos máximos y mínimos que serían aquellos puntos correspondientes, en este caso, a los días de mayor y menos ganancia que hemos obtenido. También se ve muy bien el ahorro, si observamos detenidamente la diferencia que existe entre las barras correspondientes a los costes sin autoconsumo con las barras que corresponden a los costes con autoconsumo.

Otra cosa que podemos decir es el día que mayor ahorro hemos obtenido, y en este caso sería el propio 8 de Julio, por lo que vamos a estudiar el comportamiento de ese día.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
0	0,04730956	0,04246185	0,00484771	0,02492286	0,02263155	0,00229131
1	0,03771973	0,03497161	0,00274812	0,02102266	0,01976169	0,00126097
2	0,03121949	0,02847044	0,00274906	0,01878892	0,01752857	0,00126035
3	0,02735043	0,02735043	0	0,01714716	0,01714716	0
4	0,0256428	0,02485417	0,00078863	0,01675115	0,0163871	0,00036405
5	0,02664652	0,02664652	0	0,01928131	0,01928131	0
6	0,02704288	0,01956475	0,00747814	0,02011875	0,01626484	0,00385391
7	0,02815325	0,01852364	0,00962962	0,01832671	0,01339225	0,00493446
8	0,03217178	0,02483568	0,0073361	0,01404387	0,01029045	0,00375342
9	0,03803947	0,02612757	0,0119119	0,01592812	0,00982639	0,00610173
10	0,04415332	0,02995114	0,01420218	0,01776572	0,01048637	0,00727935
11	0,04936921	0,03030969	0,01905952	0,01920317	0,00939017	0,009813
12	0,05174645	0,00828752	0,04345893	0,04539001	-0,00217752	0,04756753
13	0,05432955	0,01890438	0,03542517	0,04632977	0,00419636	0,04213341
14	0,05842889	0,00733312	0,05109577	0,04824774	-0,00432192	0,05256966
15	0,05902961	0,01590737	0,04312224	0,04840058	-0,00100271	0,04940328
16	0,05676535	0,02138737	0,03537798	0,04593622	0,00385	0,04208622
17	0,0558576	0,02935884	0,02649876	0,04453838	0,01300986	0,03152852
18	0,05654955	0,02710705	0,0294425	0,04464648	0,00960281	0,03504368
19	0,05659905	0,03517802	0,02142103	0,04473372	0,01924743	0,02548629
20	0,05611377	0,04405487	0,0120589	0,04484024	0,03051141	0,01432883
21	0,05593267	0,04152593	0,01440674	0,04547179	0,02835758	0,01711422
22	0,05838602	0,05315482	0,00523119	0,02292141	0,02024501	0,0026764
23	0,05950706	0,05421133	0,00529573	0,03053542	0,02780781	0,0027276
TOTAL	1,09406402	0,69047809	0,40358593	0,73529215	0,33171397	0,40357819

Tabla 5–37 Ahorro por horas para un consumidor de 4000kWh en Tablada

Ahora, si estudiamos detalladamente las horas, podemos observar que después de nuestra instalación eólica, tenemos algunos valores negativos y esto es porque correspondería a que nuestra instalación renovable ha producido más energía de la que hemos podido consumir y para obtener mayores ahorros decidimos inyectar nuestro sobrante a la red. Si bien, ahora observamos el ahorro de esos días con valores negativos, nos damos cuenta que son los días que mayores ganancias hemos obtenidos. De esos mismos ahorros, podemos ver que hemos obtenido valores de cero, eso significa que hemos producido la misma energía que hemos consumido y, por lo tanto, esos días no tenemos ahorro alguno.

A continuación, todos estos valores lo vamos a visualizar a través de dos gráficas, cada una correspondiente a las dos tarifas de PVPC que nos podemos encontrar.

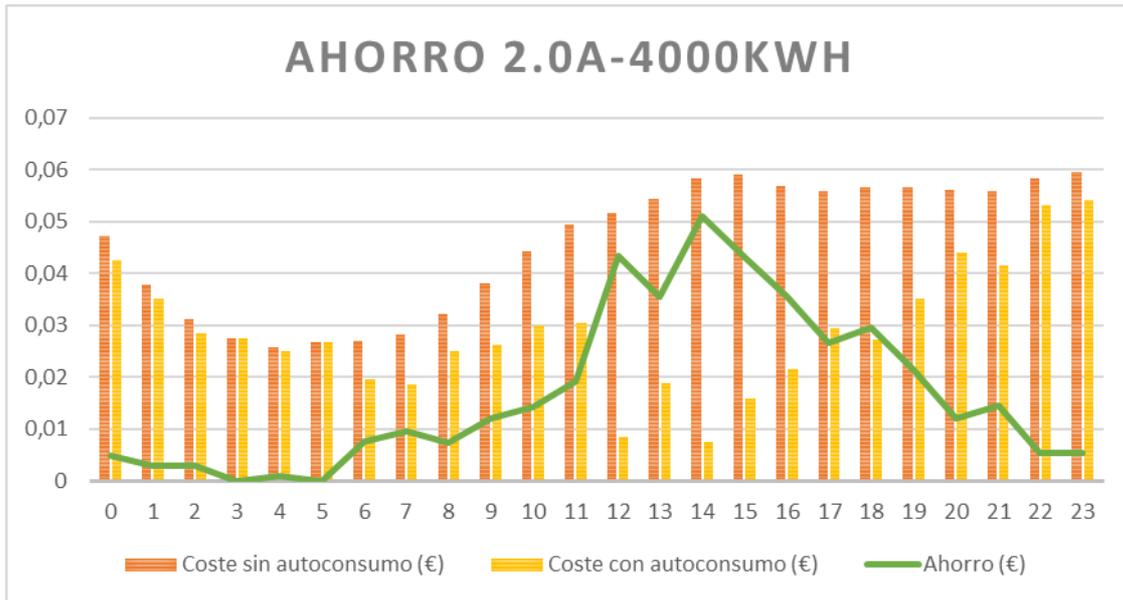


Figura 5-29 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tablada

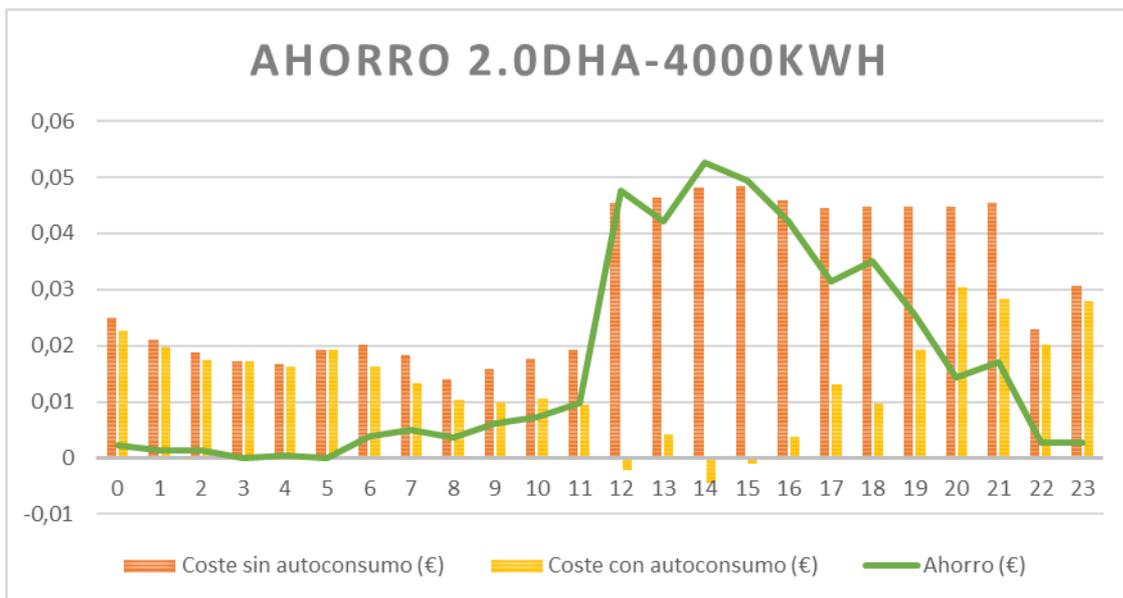


Figura 5-30 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 4000KWh en Tablada

A través de la Figura 5-29 y Figura 5-30, podemos obtener, a simple vista, bastante más información que solo a través de sus valores expresados en tablas.

Lo primero que nos podría llamar la atención es la línea que corresponde al ahorro, ya que a las primeras horas del día no hemos obtenido casi nada de ahorro y, sin embargo, en las horas intermedias es cuando mayor ahorro obtenemos, esto es así por la diferencia entre los costes sin autoconsumo y los costes con autoconsumo que es muy visual dicha diferencia a través de las barras de las gráficas.

Una vez que ya hemos estudiado los ahorros para un consumidor tipo, ahora vamos a hacer el mismo estudio, pero esta vez para un consumidor en concreto que tiene consume una energía anual real de 7589kWh.

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
Enero	78,7571832	75,0985438	3,65863934	65,1249618	61,7714	3,35356185
Febrero	61,5933462	58,85743	2,73591622	47,8091775	45,5168284	2,29234916
Marzo	52,3476723	47,3216009	5,02607146	37,4641028	32,8811606	4,58294217
Abril	37,49406	32,7338059	4,76025414	21,8575002	17,2766494	4,58085084
Mayo	38,9480019	33,4260131	5,5219888	23,3335382	17,9553142	5,37822397
Junio	46,5798869	40,252544	6,32734285	28,1057504	21,6218013	6,48394906
Julio	60,870107	53,9448247	6,92528232	41,0711684	33,8796021	7,19156635
Agosto	61,6870891	56,6644109	5,02267818	41,9559838	36,7169825	5,23900131
Septiembre	55,8987046	51,606292	4,29241261	39,5476514	35,3601669	4,18748444
Octubre	52,4690616	49,63962	2,82944162	39,0307409	36,0978462	2,93289467
Noviembre	63,2042299	58,2545658	4,94966409	51,1153014	46,5144748	4,60082662
Diciembre	76,2159317	69,0957292	7,12020257	63,2599347	57,033698	6,22623669
TOTAL	686,065275	626,89538	59,1698942	499,675812	442,625924	57,0498871

Tabla 5-38 Ahorro por mes para un consumidor de 7589kWh en Tablada

Para un consumidor particular, podemos decir que según el tipo de tarifa que tengamos contratado, tendríamos diferente mes de ahorro. Si estamos ante un contrato sin discriminación horaria, el mes que más ahorro podríamos obtener sería el mes de Diciembre, pero si nos detenemos a ver el valor obtenido es el mes de Julio, no vemos mucha diferencia y esto lo observamos en la Figura 5-23 y Figura 5-24. Sin embargo, si estamos ante un contrato con discriminación horaria, el mes que más ahorro obtenemos es el correspondiente al mes de Julio, y aunque ahora veamos el mes de Diciembre para ver si difiere mucho de este ahorro, observamos que si hay más diferencia entre estos dos meses de esta tarifa que de la tarifa 2.0A, por lo cual, más adelante estudiaremos los ahorros del mes de Julio para ambas tarifas.

A continuación, para poder visualizar todos estos valores de una forma más sencilla, vamos a representarlos a través de dos gráficas, cada gráfica corresponde con las dos tarifas que hemos estado estudiando.

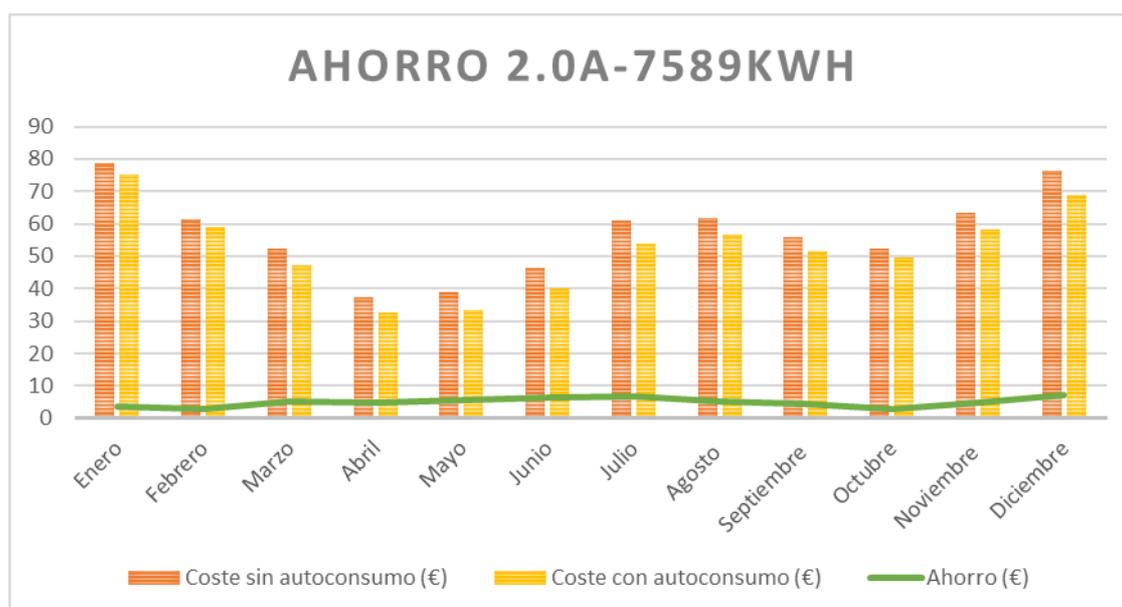


Figura 5-31 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tablada

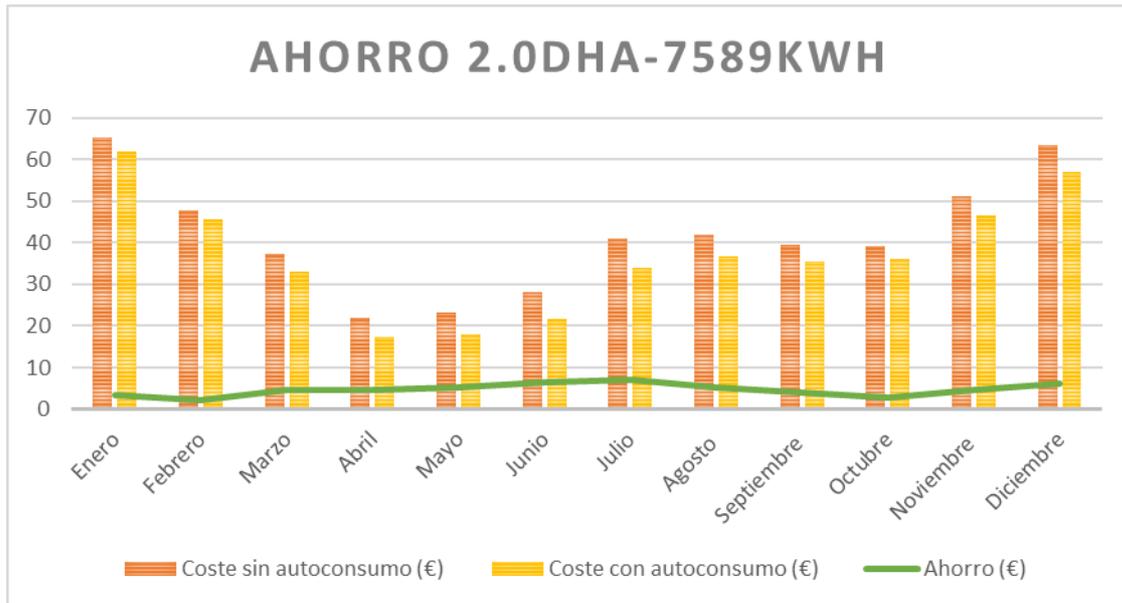


Figura 5-32 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tablada

A través de la Figura 5-31 y Figura 5-32, es muy sencillo observar mejor todos los datos. Podemos decir, que los meses de Enero y Diciembre son los meses que mayor facturación tenemos, sin embargo, los meses de Abril y Mayo son los meses que menos coste tenemos en nuestra factura. Aun así, si observamos detenidamente, ninguno de estos meses corresponde con el mes que mayor ahorro hemos obtenido. Dicho mes es el mes de Julio, y esto es debido a que hemos obtenido una producción mayor con nuestra instalación eólica, uno de los factores que hace que este mes sea así, es que hemos obtenido una acumulación de mayor velocidad de viento como podemos apreciar en la Tabla 5-2 o Figura 5-1.

Ahora, desglosaremos dicho mes en sus días y así, de esta forma poder observar que ocurre cada día.

	Ahorro consumidor de 7589kW (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
1	1,99129115	1,68469468	0,30659647	1,35672971	1,04525393	0,31147578
2	1,94297078	1,65283982	0,29013097	1,3100343	1,02044197	0,28959233
3	1,90360974	1,70280266	0,20080708	1,32344313	1,12043877	0,20300435
4	1,71403566	1,50190781	0,21212784	1,17459797	0,9544466	0,22015137
5	1,65249112	1,50889949	0,14359163	1,103065	0,9334369	0,16962811
6	1,83294414	1,60553425	0,22740988	1,17792113	0,91879775	0,25912338
7	2,00140217	1,71615977	0,2852424	1,33244346	1,02500312	0,30744034
8	2,07571296	1,67212703	0,40358593	1,39503304	0,97723106	0,41780198
9	2,09669882	1,91972157	0,17697725	1,42166486	1,22679402	0,19487084
10	2,01385344	1,90127293	0,11258051	1,40763983	1,28029107	0,12734876
11	1,75659475	1,50493997	0,25165478	1,1915186	0,94216913	0,24934947
12	1,71838703	1,53533344	0,18305359	1,14227702	0,95953799	0,18273903
13	1,9263097	1,64078116	0,28552854	1,2715521	0,9616144	0,3099377
14	1,90328937	1,5748097	0,32847967	1,26600738	0,92247424	0,34353315
15	1,83926145	1,54789319	0,29136825	1,21655407	0,91034647	0,30620761
16	1,93588597	1,70469383	0,23119215	1,29313197	1,05225099	0,24088098
17	1,89732078	1,63561306	0,26170772	1,29301229	1,03366708	0,2593452
18	1,82328858	1,72454366	0,09874493	1,24585199	1,15367464	0,09217735
19	1,7830206	1,59145061	0,19156999	1,200688	0,98861424	0,21207375
20	2,00175813	1,79618769	0,20557044	1,31640968	1,12290384	0,19350584
21	2,0399268	1,8012902	0,2386366	1,35915254	1,13250975	0,22664279
22	2,1166531	1,92420705	0,19244604	1,4483137	1,24505584	0,20325785
23	2,17468417	1,97247379	0,20221038	1,48924172	1,27648496	0,21275677
24	2,0643928	1,88423592	0,18015688	1,41669323	1,22725548	0,18943775
25	1,88137942	1,63944616	0,24193326	1,30553543	1,05198487	0,25355056
26	1,84526461	1,60794967	0,23731494	1,24252116	0,99189472	0,25062644
27	2,13980628	1,86270047	0,27710581	1,43007933	1,14032522	0,28975411
28	2,09139149	1,94211682	0,14927466	1,38946895	1,22643974	0,16302921
29	2,16737203	1,97639775	0,19097428	1,44119507	1,23246821	0,20872686
30	2,24884157	2,10654812	0,14229345	1,51496696	1,4109155	0,10405146
31	2,29026844	2,10525246	0,18501598	1,59442481	1,39487956	0,19954525
TOTAL	60,870107	53,9448247	6,92528232	41,0711684	33,8796021	7,19156635

Tabla 5–39 Ahorro por días para un consumidor de 7589kWh en Tablada

Lo primero que podemos decir es que estos valores son muy pequeños, como hemos indicado al inicio de este subapartado, este emplazamiento es el que menor ahorro obtenemos, de ahí que tengamos unos valores muy pequeños. Aun así, podemos explicar que en ningún momento hemos tenido valores negativos después de nuestra instalación eólica, con lo cual, no hemos obtenido más producción de la que hemos consumido y, por tanto, en este mes no hemos inyectado energía a la red. También podemos observar en el ahorro, que no hemos obtenido valores de cero, y esto quiere decir que en ningún momento hemos llegado a producir la misma energía que consumimos. De todos modos, en todos los días hemos obtenido ahorros, aunque reducidos. Sí que podemos destacar, que el día que mayor ahorro hemos obtenido es el 8 de Julio, el cual, estudiaremos sus horas después de ver todos estos valores a través de unas gráficas.

A continuación, veremos las gráficas por horas para dicho mes, dependiendo de sus tarifas PVPC.

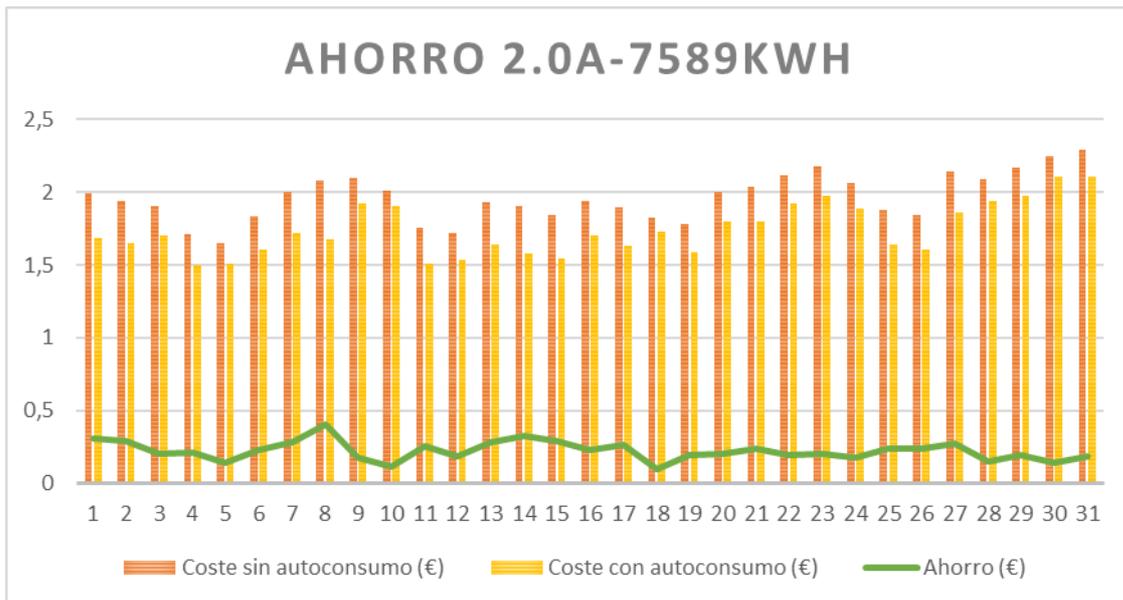


Figura 5-33 Ahorro por días para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tablada

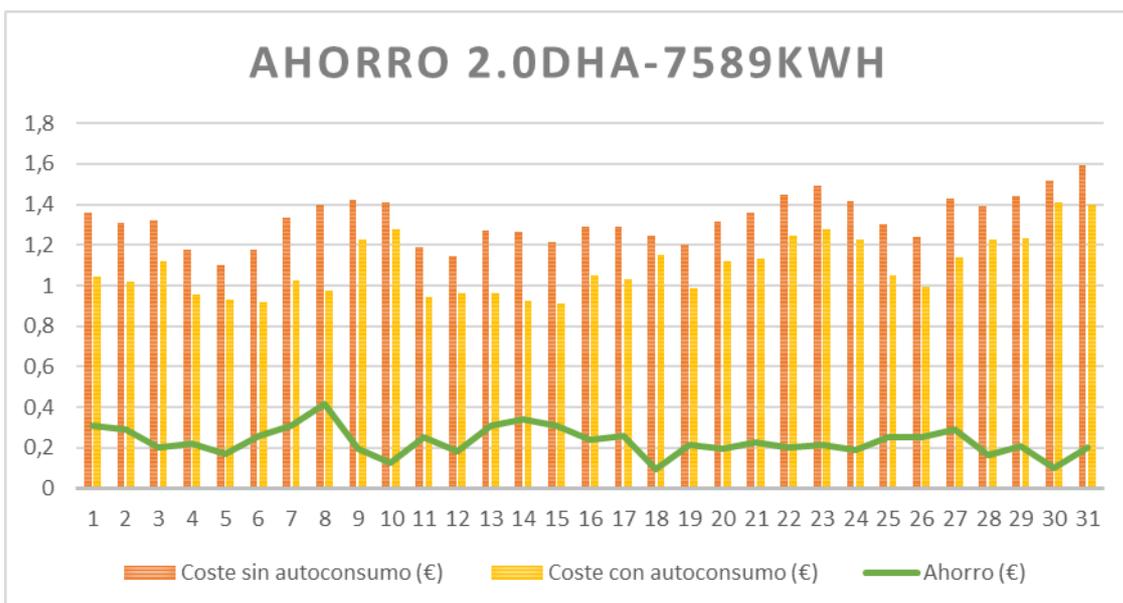


Figura 5-34 Ahorro por días para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tablada

Observando la Figura 5-33 y Figura 5-34, lo que más podría llamar la atención es el bajo ahorro que obtenemos después de instalar nuestra renovable, pero en nuestro caso, debemos decir, que nuestra fuente de renovable es la velocidad del viento y en este emplazamiento, no hace suficiente viento como para poder sacar un buen aprovechamiento de nuestra instalación eólica, pero esto no quita que podamos tener ahorros y si vemos en las dos graficas expuestas, el día 8 es el día que presenta un pico considerable que corresponde mayor ahorro.

Podemos decir que los costes antes de cualquier instalación son altas, pero después de la instalación, dichos costes no se rebajan mucho, por eso, no podemos apreciar mucha diferencia entre ambos costes, que sería lo que llamamos ahorro.

Como para ambas tarifas tenemos el mismo día con mayor ahorro, vamos a estudiar que ocurre en dicho día a través de sus horas.

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
0	0,08975806	0,08491035	0,00484771	0,0472849	0,04499359	0,00229131
1	0,07156376	0,06881564	0,00274812	0,03988524	0,03862427	0,00126097
2	0,05923118	0,05648212	0,00274906	0,03564728	0,03438693	0,00126035
3	0,0518906	0,0518906	0	0,03253244	0,03253244	0
4	0,04865081	0,04786218	0,00078863	0,03178112	0,03141707	0,00036405
5	0,05055511	0,05055511	0	0,03658146	0,03658146	0
6	0,05130711	0,04382897	0,00747814	0,0381703	0,03431639	0,00385391
7	0,05341376	0,04378415	0,00962962	0,03477035	0,02983588	0,00493446
8	0,06103791	0,05370181	0,0073361	0,02664474	0,02289132	0,00375342
9	0,07217039	0,06025849	0,0119119	0,03021962	0,02411789	0,00610173
10	0,08376989	0,06956771	0,01420218	0,03370601	0,02642666	0,00727935
11	0,09366573	0,07460621	0,01905952	0,03643321	0,02662022	0,009813
12	0,09817596	0,05471703	0,04345893	0,0861162	0,03447052	0,05164569
13	0,10307673	0,06765156	0,03542517	0,08789915	0,04576574	0,04213341
14	0,11085421	0,05975844	0,05109577	0,09153802	0,03072844	0,06080958
15	0,11199393	0,06887168	0,04312224	0,091828	0,040519	0,051309
16	0,10769806	0,07232008	0,03537798	0,08715249	0,04506627	0,04208622
17	0,10597584	0,07947707	0,02649876	0,08450044	0,05297192	0,03152852
18	0,10728863	0,07784614	0,0294425	0,08470554	0,04966187	0,03504368
19	0,10738255	0,08596152	0,02142103	0,08487105	0,05938475	0,02548629
20	0,10646185	0,09440295	0,0120589	0,08507314	0,07074431	0,01432883
21	0,10611826	0,09171152	0,01440674	0,08627136	0,06915714	0,01711422
22	0,11077287	0,10554168	0,00523119	0,04348765	0,04081125	0,0026764
23	0,11289976	0,10760403	0,00529573	0,05793332	0,05520572	0,0027276
TOTAL	2,07571296	1,67212703	0,40358593	1,39503304	0,97723106	0,41780198

Tabla 5–40 Ahorro por horas para un consumidor de 7589kWh en Tablada

Para el día 8 de Julio del año que estamos estudiando, podemos decir que después de introducir nuestra instalación eólica a nuestro hogar, no hemos obtenido en ningún momento del día más producción de energía que la consumida por nosotros como consumidor, y esto se vería expuesto en valores negativos después de la instalación. Pero sí que hemos observado, que en algún momento del día hemos obtenido una producción igual a la que consumimos, y esto se observa en el ahorro a través de un valor cero, significando que estas horas no obtenemos ningún ahorro, pero tampoco nos cuesta nada esa hora de consumo.

Esto lo vamos a visualizar de una forma más sencilla a través de unas gráficas, dependiendo de la tarifa que tengamos contratada.

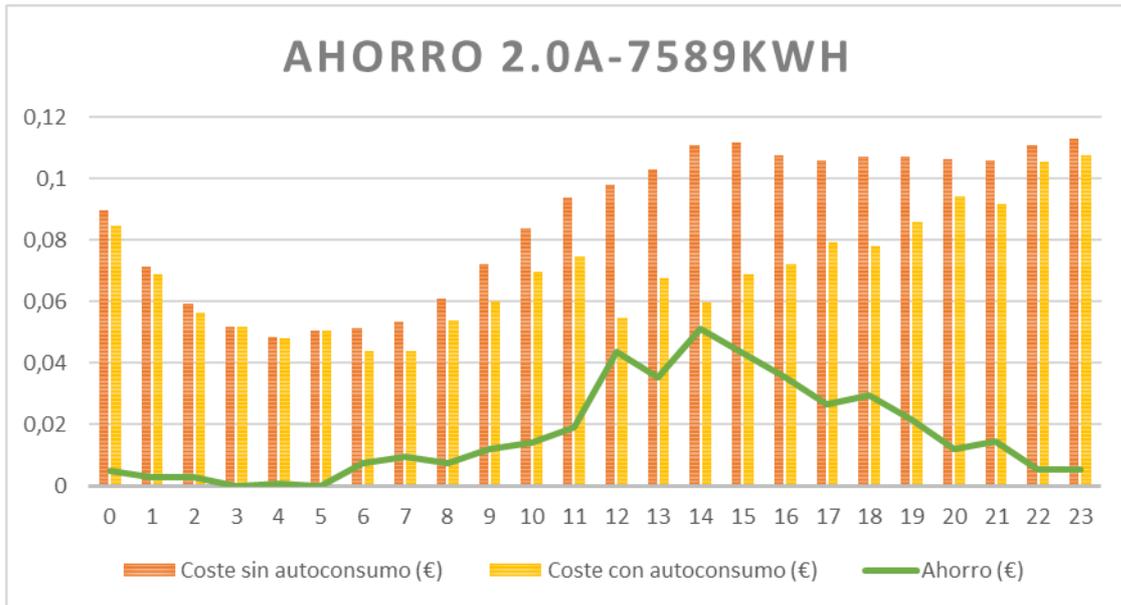


Figura 5-35 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tablada

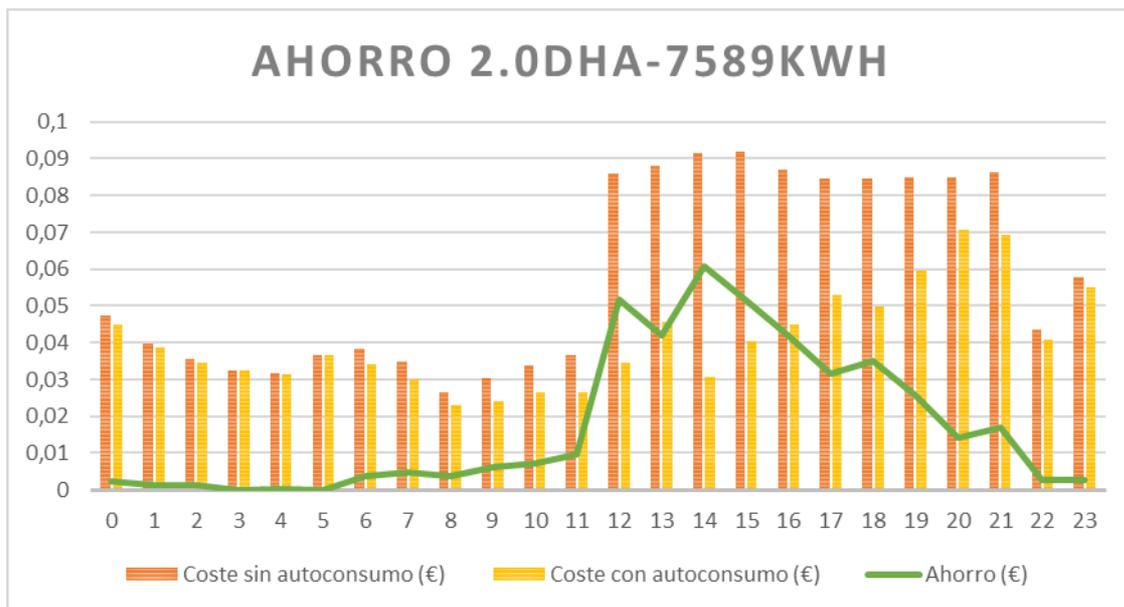


Figura 5-36 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tablada

Observando, debemos de discutir dichas graficas por separado, ya que, a simple vista, no podemos decir lo mismo de una que de otra.

De la Figura 5-35, que es correspondiente a si estamos con un contrato de tarifa 2.0A, podemos decir que sus costes antes del autoconsumo, son altos, aunque más altos son a partir de la mañana hacia adelante, y que justo ahí, es cuando el coste después del autoconsumo se hace más pequeño y es por eso que observamos dicha diferencia muy notablemente, llegando a ver el pico máximo de ahorro a las 14:00 de la tarde.

Para la Figura 5-36, correspondiente a si nos encontramos con una tarifa de 2.0DHA, debemos decir que sus costes antes del autoconsumo en la madrugada son muy pequeños, justos prácticamente los mismos costes que nos proporcionaría una vez puesto en marcha nuestra renovable. Sin embargo, si observamos las horas de la mañana en adelante, ya podemos observar una diferencia notable entre ambos costes que culmina con el máximo beneficio sobre las 14.00 de la tarde.

Para ambas tarifas, podemos decir que su máximo ahorro corresponde con la misma hora, que es a las 14:00 de la tarde.

5.3.8.3 Tomares

Una vez que hemos estudiados los dos emplazamientos anteriores, vamos a estudiar el último de los lugares que tenemos para nuestro estudio. Para ello, y una vez que hemos estudiado el ahorro para todos los aerogeneradores que teníamos, nos damos cuenta en la Tabla 5-27 y Tabla 5-28, que con el aerogenerador que mayor ahorro obtendríamos para esta ubicación, independientemente de la tarifa PVPC que tengamos contratada y de si somos un consumidor tipo o uno particular, es el correspondiente al denominado Zeus 3.0.

Como hemos ido realizando en las ubicaciones anteriores, vamos a estudiar dicho aerogenerador para observar el ahorro que podemos obtener a lo largo de los meses del año de estudio, luego vamos a detallar por días, el mes que mayor ahorro podemos obtener y, por último, vamos a especificar las horas del día que mayor ganancia obtenemos.

Si observamos la Figura 5-1, podemos intuir que vamos a obtener unos mayores ahorros en los meses centrales del año, pero visualizando los datos obtenidos en los emplazamientos anteriores, debemos de intuir que estos meses serán los correspondientes a Julio y Diciembre, con lo cual, vamos a exponer unas gráficas de dichos meses donde vamos a poder observar con más determinación todos los días que podemos aprovecharnos de nuestra instalación eólica, ya que veremos el corte de la velocidad de arranque para los aerogeneradores más comunes que hemos estudiado, incluido nuestro aerogenerador estrella para este emplazamiento.

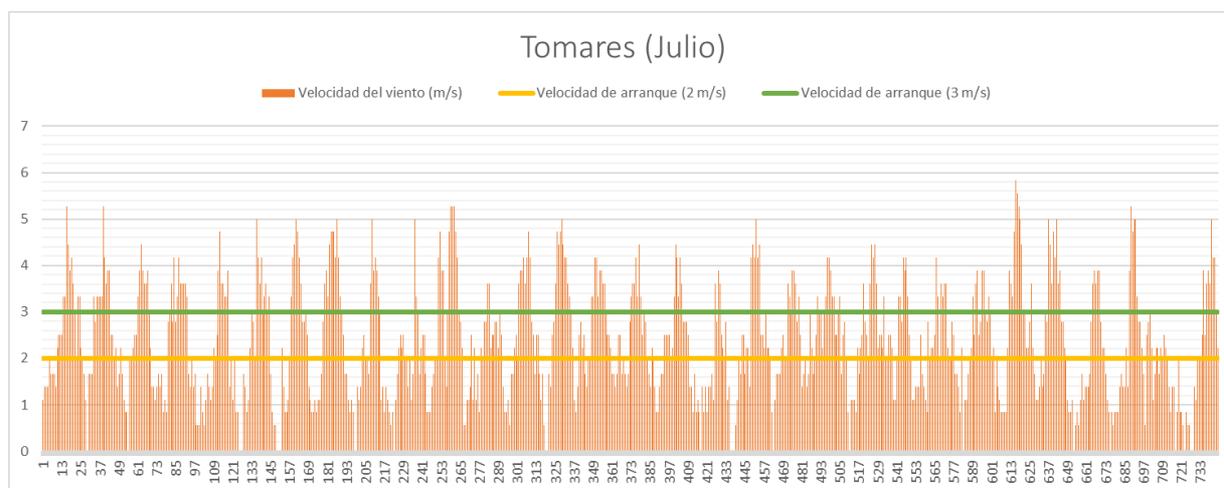


Figura 5-37 Velocidades del viento (m/s) en Tomares en el mes de Julio

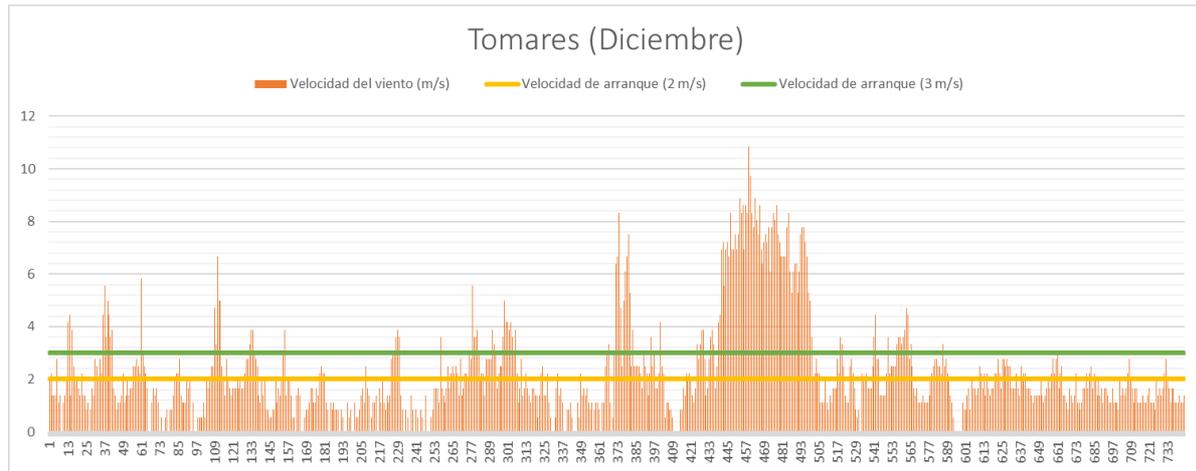


Figura 5-38 Velocidades del viento (m/s) en Tomares en el mes de Diciembre

A continuación, vamos a comenzar con el estudio de los consumidores tipo.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
Enero	41,5112311	32,4188715	9,09235955	34,325978	26,6774182	7,64855982
Febrero	32,4645388	27,7769544	4,6875844	25,1991975	21,3664624	3,83273512
Marzo	27,5913413	20,751565	6,83977629	19,7465294	13,8858536	5,86067571
Abril	19,7623191	12,8909568	6,8713623	11,5206221	6,0308489	5,48977317
Mayo	20,5286609	12,945427	7,58323393	12,2986102	5,87046299	6,4281472
Junio	24,5512647	16,6370825	7,91418212	14,8139414	7,4861544	7,32778704
Julio	32,0833349	23,7709467	8,31238819	21,6477367	13,555504	8,09223265
Agosto	32,5139487	25,6577317	6,8562169	22,114104	15,3491939	6,76491013
Septiembre	29,4630147	22,7518437	6,71117092	20,8447234	14,7354522	6,10927112
Octubre	27,655323	23,0015504	4,65377261	20,5722709	16,1754842	4,39678667
Noviembre	33,3136012	25,7006433	7,61295792	26,9417849	20,3016097	6,64017518
Diciembre	40,1717917	30,5120496	9,65974206	33,342962	25,0855225	8,25743957
TOTAL	361,61037	274,815623	86,7947472	263,36846	186,519967	76,8484934

Tabla 5-41 Ahorro por mes para un consumidor de 4000kWh en Tomares

Observando los meses del año de estudio en la Tabla 5-41, podemos decir que hemos ido obteniendo unos ciertos ahorros. El mes que destaca por su mayor ganancia, corresponde con el mes de Diciembre, cuyo mes no corresponde con el mes que mayor acumulación de velocidad de viento hemos tenido, véase la Tabla 5-2, por lo cual, la velocidad del viento no es el único factor que debemos de tener en cuenta para este estudio, pero si el más importante.

Podemos observar todos estos valores de una manera más sencilla a través de unas gráficas donde diferenciamos las dos tarifas que podemos acogernos como consumidores.

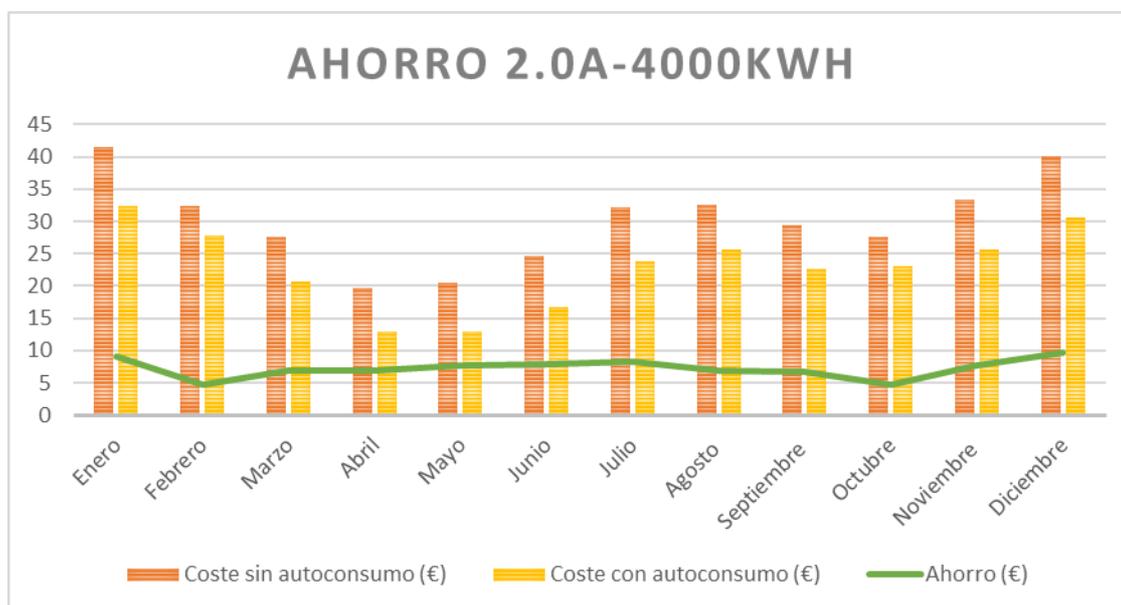


Figura 5-39 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tomares

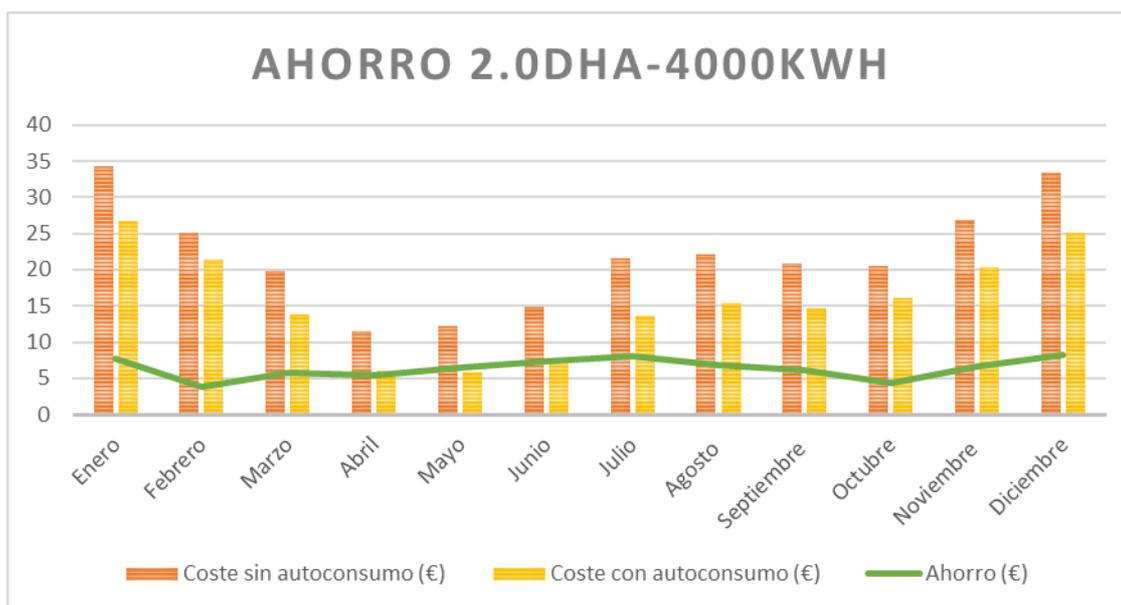


Figura 5-40 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tomares

Como podemos observar en ambas la Figura 5-39 y Figura 5-40, tenemos un ahorro un poco homogéneo y no observamos los picos tan visuales de máximo y mínimo como hemos podido ir viendo en el emplazamiento de Tablada, pero sí que podemos observar dicho ahorro en la diferencia entre los costes antes del autoconsumo y los costes una vez que hemos instalado nuestro aerogenerador. Podemos decir que, en el segundo trimestre, los costes son menores que en otros meses del año. Y como meses que destacan por su mayor ahorro, serían los meses de Enero, Julio y Diciembre, destacando Diciembre por su mayor ahorro, véase la Figura 5-1.

A continuación, vamos a estudiar más exhaustivamente el mes de Diciembre.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
1	1,38821263	1,16773819	0,22047444	1,18008404	0,96620383	0,21388022
2	1,39940397	1,07804107	0,3213629	1,19052852	0,88394466	0,30658386
3	1,42274639	1,18352417	0,23922221	1,21454702	1,00692744	0,20761958
4	1,40882153	1,3272952	0,08152633	1,16949872	1,08886514	0,08063358
5	1,39520063	1,08774096	0,30745967	1,20881822	0,89583388	0,31298434
6	1,27444598	1,04730371	0,22714227	1,03963213	0,84256705	0,19706507
7	1,18178191	1,08108951	0,10069241	0,95689501	0,88400084	0,07289417
8	1,16559522	1,10992979	0,05566543	0,87599771	0,84381495	0,03218276
9	1,4313174	1,39091141	0,040406	1,19654835	1,15258756	0,04396078
10	1,41179047	1,25497167	0,1568188	1,14961543	1,02789148	0,12172396
11	1,30267298	1,21662962	0,08604336	1,06657643	0,97718902	0,08938741
12	1,23162732	0,91139012	0,3202372	1,01363771	0,73076631	0,2828714
13	1,25877385	0,83211153	0,42666232	1,04062894	0,6914542	0,34917474
14	1,39684215	1,28572708	0,11111506	1,13389374	1,05088898	0,08300477
15	1,40759784	1,37065012	0,03694772	1,1798457	1,13974039	0,04010531
16	1,46851549	0,73625227	0,73226322	1,21494354	0,53512852	0,67981502
17	1,56452285	1,28831559	0,27620726	1,3306148	1,10620738	0,22440742
18	1,45447833	1,24758077	0,20689757	1,25028081	1,03986696	0,21041385
19	1,37727122	0,0205407	1,35673052	1,17393355	0,02614627	1,14778728
20	1,26781418	-0,35699644	1,62481062	1,0504574	-0,33875201	1,38920941
21	1,38030622	0,27269837	1,10760785	1,13452401	0,21307417	0,92144984
22	1,33937904	1,15758657	0,18179247	1,12605383	0,95126454	0,17478929
23	1,31307118	1,07660074	0,23647045	1,10171143	0,88341619	0,21829524
24	1,08507473	0,77474912	0,31032562	0,92768945	0,72667991	0,20100954
25	0,84237179	0,71223559	0,1301362	0,67603916	0,61113754	0,06490162
26	1,12764707	0,97263153	0,15501554	0,96070158	0,82930618	0,1313954
27	1,03001678	0,86594963	0,16406714	0,82199347	0,70525801	0,11673545
28	0,99673317	0,8827538	0,11397936	0,73340837	0,65064809	0,08276027
29	1,21976945	1,09766759	0,12210186	0,99230078	0,8934681	0,09883268
30	1,35513969	1,25043359	0,1047061	1,14779058	1,0670583	0,08073229
31	1,27285021	1,16799605	0,10485416	1,0837716	1,00293857	0,08083303
TOTAL	40,1717917	30,5120496	9,65974206	33,342962	25,0855225	8,25743957

Tabla 5-42 Ahorro por días para un consumidor de 4000kWh en Tomares

Observando el mes de Diciembre en la Tabla 5-42 y una vez instalada nuestra renovable, podemos decir que solo en un día hemos superado la producción a través de la renovable de la que hemos podido consumir y esto se refléjela en que hemos tenido un día con valor negativo que significa que hemos inyectado nuestro exceso de energía a la red y, por consiguiente, se nos ha bonificado a través del coste después de la instalación. Esto también se ve reflejado en el ahorro, ya que, observando la columna del ahorro, vemos que dicho día es el que mayor ahorro hemos obtenido.

Para poder observar bien todo lo expuesto anteriormente, vamos a expresar todos los datos a través de dos gráficas.

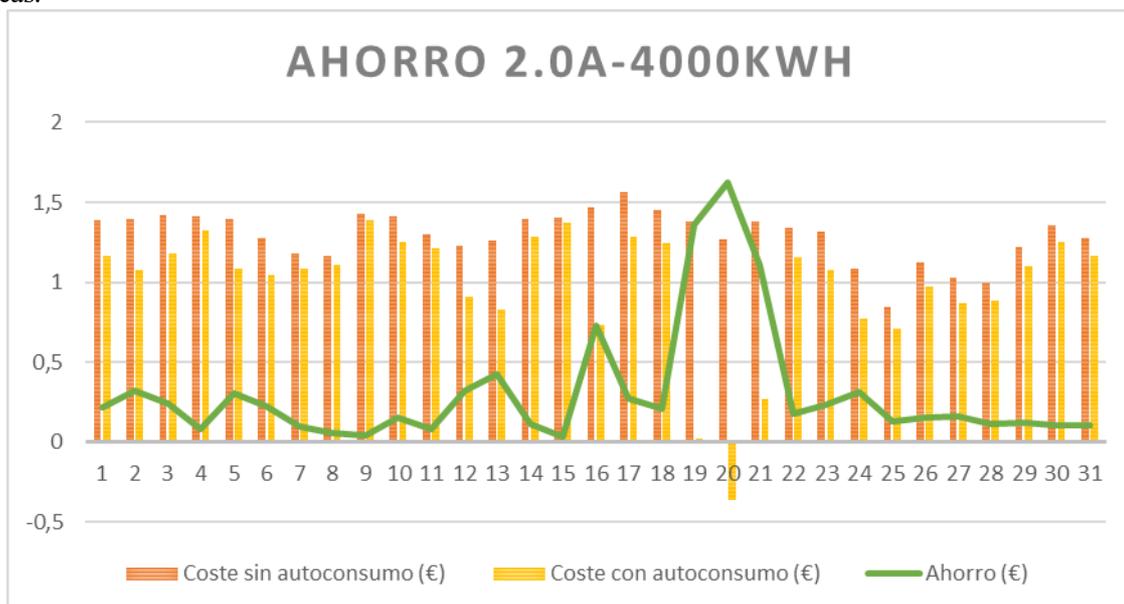


Figura 5-41 Ahorro por días para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tomares

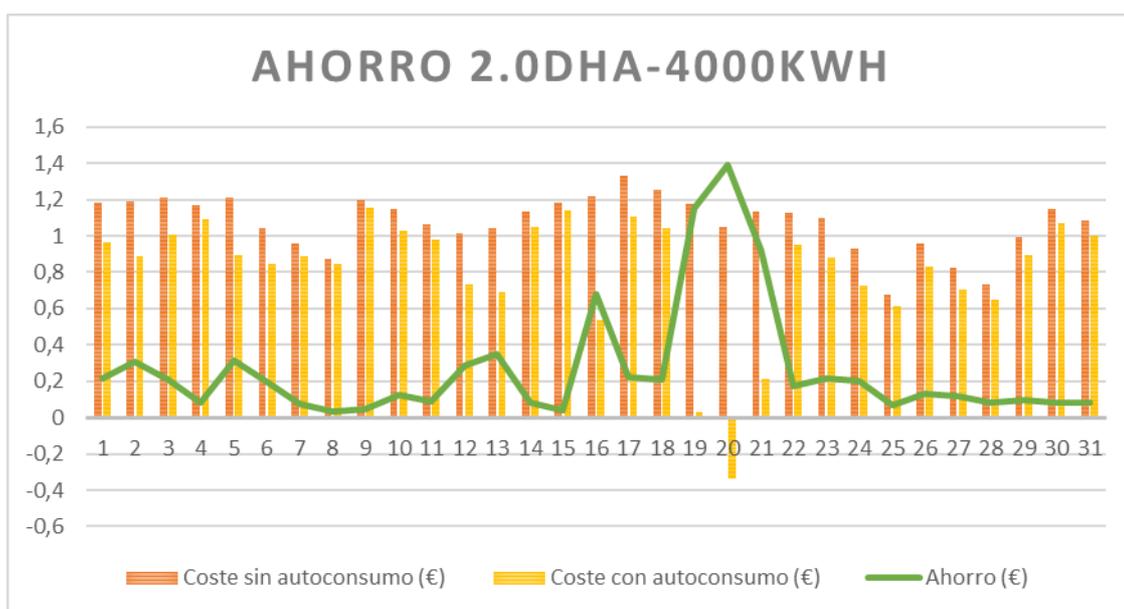


Figura 5-42 Ahorro por días para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tomares

Como podemos observar en las Figuras 5-41 y Figura 5-42, ahora si nos encontramos con unos ahorros irregulares a lo largo de todo el mes de Diciembre, con un pico de máxima que es bastante claro y que si observamos detenidamente, hay una gran diferencia entre el coste antes del autoconsumo y el coste una vez que nos abastecemos de nuestra renovable, que justamente ese día corresponde a unos costes en valores negativos porque hemos tenido exceso de producción y lo hemos vertido a la red.

Ahora, vamos a estudiar más a fondo que es lo que ha ocurrido ese día que hemos tenido que inyectar nuestro excedente a la red.

	Ahorro consumidor de 4000kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
0	0,06282256	-0,0206977	0,08352026	0,05106542	-0,00941298	0,0604784
1	0,0474993	-0,02097929	0,0684786	0,03958117	-0,01146606	0,05104723
2	0,03616041	-0,04500042	0,08116083	0,03117497	-0,03662695	0,06780192
3	0,03026994	-0,03397527	0,06424521	0,02745091	-0,02599519	0,0534461
4	0,02724608	-0,02293438	0,05018047	0,02576123	-0,01510149	0,04086272
5	0,02574408	-0,01922734	0,04497141	0,02502675	-0,01142845	0,0364552
6	0,02516727	-0,02790927	0,05307654	0,02547943	-0,01950035	0,04497977
7	0,02594702	-0,02071179	0,04665881	0,02581283	-0,01231753	0,03813036
8	0,02922776	-0,01770917	0,04693693	0,02725681	-0,0093176	0,0365744
9	0,03751453	-0,02925433	0,06676886	0,02651195	-0,02480001	0,05131196
10	0,04932244	-0,00922769	0,05855013	0,02713792	-0,00926653	0,03640445
11	0,06035756	-0,00099596	0,06135352	0,0305165	-0,00334074	0,03385723
12	0,06578813	-0,0056262	0,07141432	0,06426853	-0,01023731	0,07450585
13	0,06478561	-0,00709661	0,07188223	0,0540819	-0,01485739	0,06893929
14	0,06586128	-0,00354389	0,06940517	0,05320697	-0,0118503	0,06505727
15	0,06484055	-0,00806584	0,07290639	0,05192476	-0,01646116	0,06838593
16	0,06015114	0,0038918	0,05625934	0,04788532	-0,006373	0,05425832
17	0,06117306	-0,01390223	0,07507529	0,04804657	-0,02257194	0,0706185
18	0,06309605	-0,02026111	0,08335716	0,05189111	-0,02854736	0,08043847
19	0,07084078	-0,01335738	0,08419816	0,07389438	-0,01665915	0,09055354
20	0,0745563	-0,01760353	0,09215983	0,07944952	-0,02043218	0,09988171
21	0,0781645	-0,00334184	0,08150634	0,08315955	-0,00638255	0,0895421
22	0,07771813	-0,00031439	0,07803253	0,04027574	-0,00259726	0,04287301
23	0,0635597	0,00084742	0,06271228	0,03959715	0,00679145	0,03280569
TOTAL	1,26781418	-0,35699644	1,62481062	1,0504574	-0,33875201	1,38920941

Tabla 5–43 Ahorros por horas para un consumidor de 4000kWh en Tomares

Al observar el día de mayor ahorro, una vez que estamos en el uso de nuestra instalación del aerogenerador, podemos decir que prácticamente ese día cubrimos, en casi todas las horas, nuestro consumo de energía, por eso, dichos costes después de introducir el autoconsumo están reflejado con valores negativos.

Para poder explicar y ver más sencillamente todos estos valores, lo vamos a realizar a través de dos gráficas correspondiente a todos los valores expuestos anteriormente.

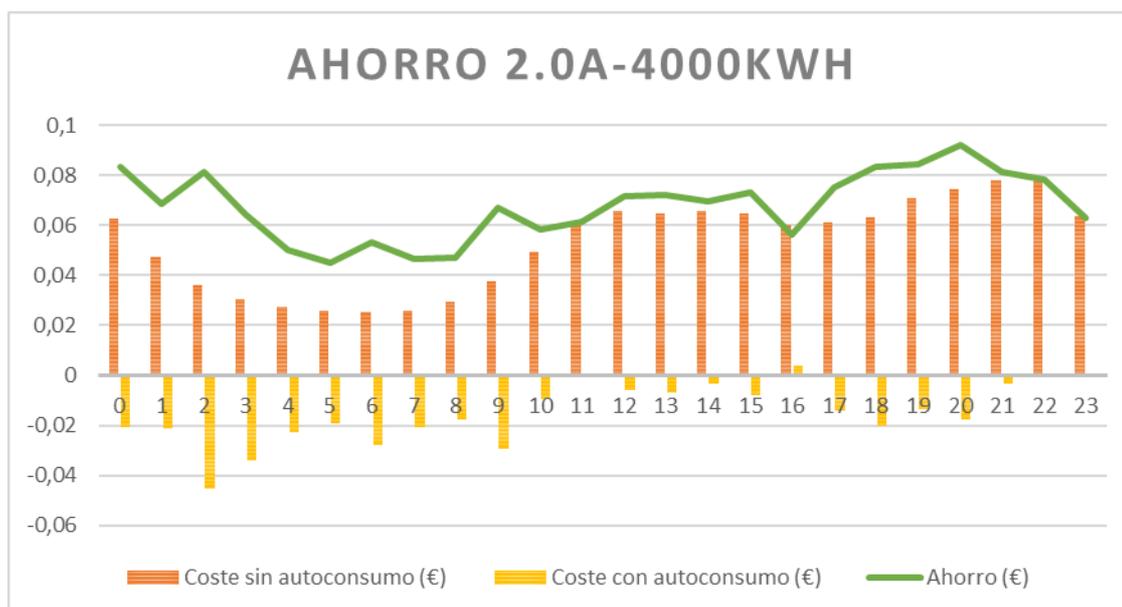


Figura 5-43 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 4000kWh en Tomares

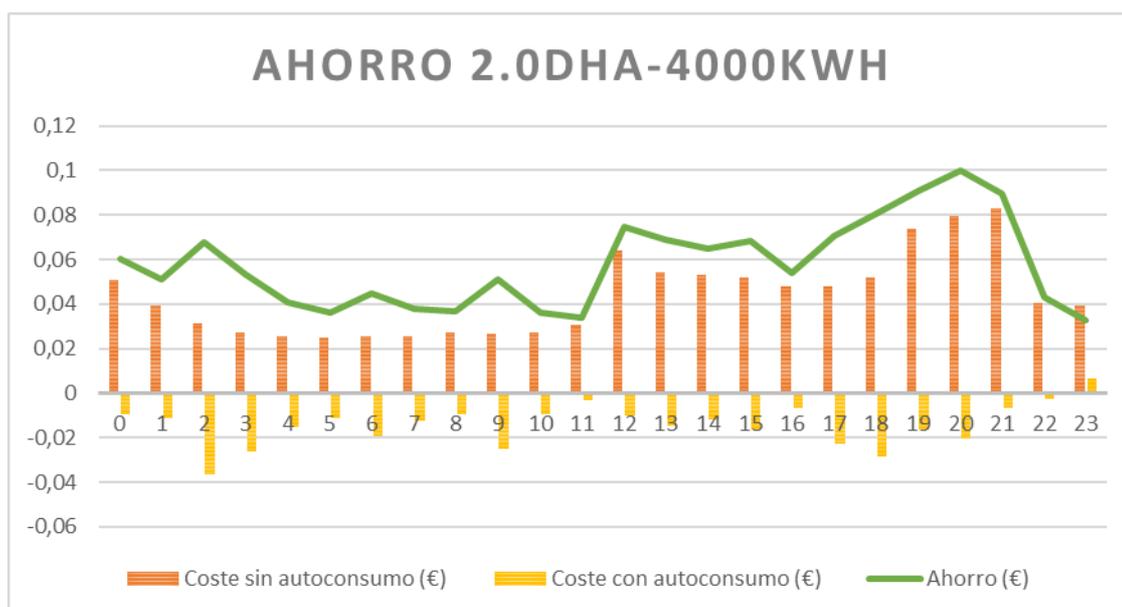


Figura 5-44 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 4000kWh en Tomares

A través de las gráficas podemos ver perfectamente la diferencia entre costes sin autoconsumo y los costes con autoconsumo, y como podríamos pensar, el valor más negativo de los costes con autoconsumo no es aquel que pudiéramos obtener mayor ahorro, ya que no solo debemos de tener en cuenta los costes después de la instalación renovable, sino la diferencia entre los costes antes y después, por eso, cuanto más diferencia tengamos, mayor será nuestro ahorro. Es por esto, que la mayor diferencia que podemos observar se encuentra en la hora 20:00 de dicho día.

A continuación, vamos a realizar el mismo estudio, pero esta vez para un consumidor real particular, ya que esta energía consumida difiere de la energía consumida por un consumidor tipo.

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
Enero	78,7571832	69,1489009	9,60828228	65,1249618	56,8614999	8,26346188
Febrero	61,5933462	56,7548852	4,83846104	47,8091775	43,8499324	3,95924516
Marzo	52,3476723	45,2806035	7,06706887	37,4641028	31,1990496	6,26505321
Abril	37,49406	30,3022641	7,19179589	21,8575002	15,3901737	6,46732652
Mayo	38,9480019	30,9997593	7,94824259	23,3335382	16,0722916	7,2612466
Junio	46,5798869	38,592076	7,98781086	28,1057504	20,3233276	7,78242281
Julio	60,870107	52,5577189	8,31238819	41,0711684	32,951635	8,11953342
Agosto	61,6870891	54,7949732	6,89211592	41,9559838	35,1289341	6,82704964
Septiembre	55,8987046	48,8277561	7,07094848	39,5476514	33,1062506	6,4414008
Octubre	52,4690616	47,785258	4,68380369	39,0307409	34,4934194	4,53732154
Noviembre	63,2042299	55,4566122	7,74761777	51,1153014	44,2117336	6,90356777
Diciembre	76,2159317	65,8865284	10,3294033	63,2599347	54,2501685	9,0097662
TOTAL	686,065275	596,387336	89,6779389	499,675812	417,838416	81,8373956

Tabla 5-44 Ahorro por mes para un consumidor de 7589kW en Tomares

Para un consumidor particular de 7589kWh, podemos decir que a lo largo del año de estudio y en este emplazamiento, obtuvimos unos ahorros no muy altos, pero considerables. Es por esto, que vamos a considerar como mes de estudio, el mes de Diciembre, ya que es el mes con una mayor diferencia entre sus costes, con lo cual, es el mes que obtenemos mayores ganancias.

Para observar estos valores del año con mayor claridad, lo debemos de visualizar a través de las dos gráficas siguientes.

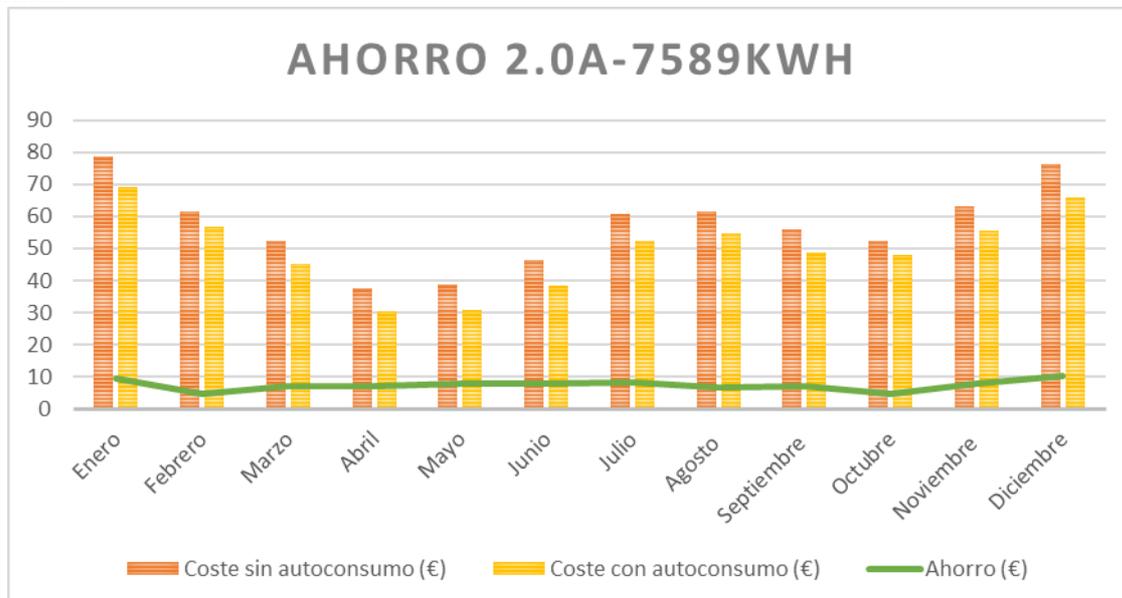


Figura 5-45 Ahorro por mes para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tomares

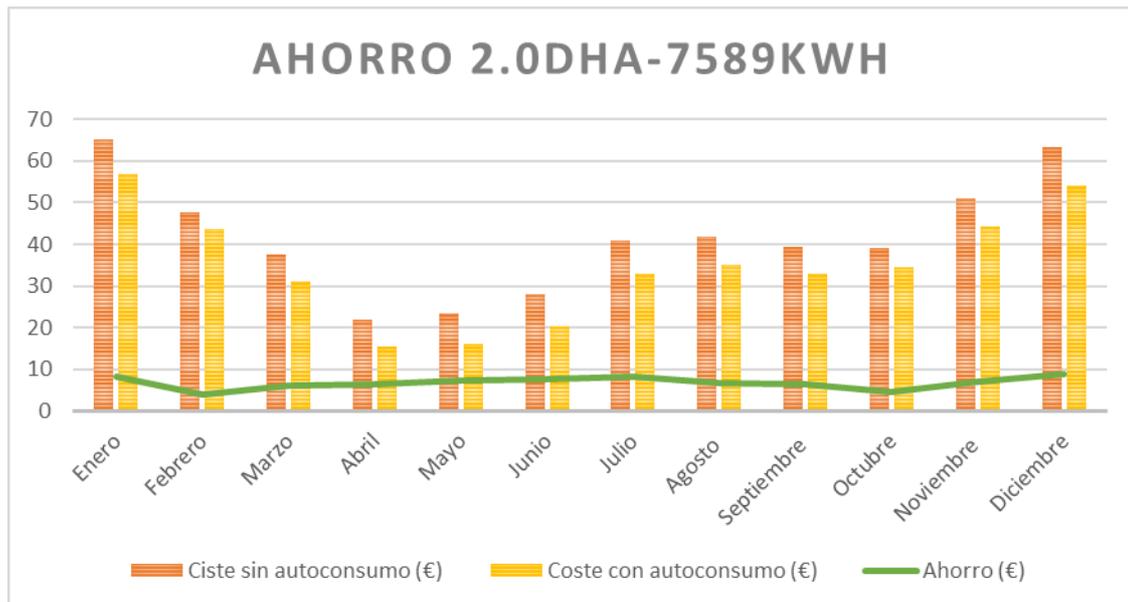


Figura 5-46 Ahorro por mes para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tomares

Visualizando la Figura 5-45 y Figura 5-46, podemos decir que el ahorro a lo largo del año es bastante homogéneo y que es un poco difícil de decir cuál sería el mes que mayor ahorro podemos obtener con nuestro aerogenerador. Pero observando muy detalladamente la diferencia entre los costes antes y después del autoconsumo, nos aventuramos a decir que el mes que obtenemos mayores ahorros corresponde con Diciembre, aunque podríamos haber pensado que hubiera sido en los meses donde ambos costes son muy bajos, pero eso no significa que el ahorro sea mayor, ya que el ahorro se corresponde con la diferencia de estos costes.

Ahora, vamos a estudiar el mes de Diciembre a través del ahorro que podemos obtener en sus días.

	Ahorro consumidor de 7589kW (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
1	2,6337864	2,41331197	0,22047444	2,23891445	2,02503424	0,21388022
2	2,65501918	2,33365628	0,3213629	2,25873024	1,95214638	0,30658386
3	2,69930558	2,46008337	0,23922221	2,30429934	2,09667976	0,20761958
4	2,67288665	2,59136032	0,08152633	2,21883144	2,13819786	0,08063358
5	2,64704439	2,33958472	0,30745967	2,29343036	1,96922926	0,32420109
6	2,41794263	2,19080036	0,22714227	1,97244205	1,77537698	0,19706507
7	2,24213574	2,14144333	0,10069241	1,81546906	1,74257488	0,07289417
8	2,21142553	2,1557601	0,05566543	1,66198665	1,62980389	0,03218276
9	2,71556694	2,67516095	0,040406	2,27015135	2,22619057	0,04396078
10	2,67851946	2,52170066	0,1568188	2,18110788	2,05938392	0,12172396
11	2,47149631	2,38545295	0,08604336	2,02356214	1,93417473	0,08938741
12	2,33670493	2,01646773	0,3202372	1,92312414	1,64025274	0,2828714
13	2,38820869	1,96154637	0,42666232	1,97433326	1,62515852	0,34917474
14	2,65015876	2,5390437	0,11111506	2,15127991	2,06827514	0,08300477
15	2,67056501	2,63361728	0,03694772	2,23846226	2,19835695	0,04010531
16	2,786141	2,02914618	0,75699483	2,30505162	1,54652755	0,75852407
17	2,96829097	2,69208371	0,27620726	2,52450893	2,30010151	0,22440742
18	2,75950902	2,55261145	0,20689757	2,37209526	2,16168142	0,21041385
19	2,61302782	1,10684353	1,50618429	2,22724542	0,85588992	1,37135551
20	2,40536045	0,45289477	1,95246568	1,9929803	0,30106538	1,69191491
21	2,61878598	1,34446626	1,27431972	2,15247568	1,09489874	1,05757694
22	2,54113689	2,35934442	0,18179247	2,13640563	1,96161634	0,17478929
23	2,4912243	2,25475386	0,23647045	2,09022201	1,87192677	0,21829524
24	2,05865804	1,74722346	0,31143458	1,76005881	1,55904927	0,20100954
25	1,59818988	1,46805368	0,1301362	1,28261529	1,21771367	0,06490162
26	2,1394284	1,98441286	0,15501554	1,82269107	1,69129567	0,1313954
27	1,95419933	1,79013219	0,16406714	1,5595271	1,44279165	0,11673545
28	1,891052	1,77707264	0,11397936	1,39145902	1,30869875	0,08276027
29	2,31420759	2,19210573	0,12210186	1,88264265	1,78380997	0,09883268
30	2,57103877	2,46633267	0,1047061	2,17764568	2,0969134	0,08073229
31	2,41491507	2,31006091	0,10485416	2,05618567	1,97535264	0,08083303
TOTAL	76,2159317	65,8865284	10,3294033	63,2599347	54,2501685	9,0097662

Tabla 5-45 Ahorro por días para un consumidor de 7589kWh en Tomares

Aun siendo el mes que mayor ganancia podemos obtener, podemos decir que cada día obtenemos unos ahorros muy pequeños, incluso podemos decir que no hay ningún día en los que tengamos bonificación alguna, ya que no producimos más de lo que consumimos y por tanto no inyectamos absolutamente nada de energía a la red, y esto es visible si obtuviéramos valores negativos después de nuestra instalación. Pero podemos observar que el día 2 de este mes de estudio es el que mayores ahorros podemos obtener.

Para observar mejor dichos valores, vamos a visualizarlo a través de dos gráficas.

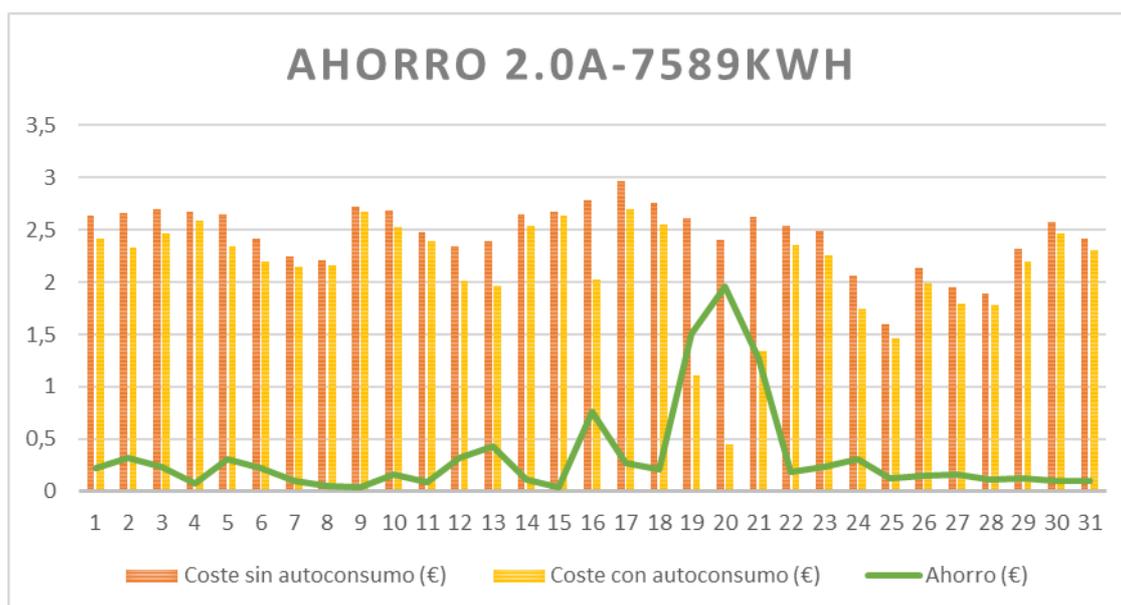


Figura 5-47 Ahorro por días para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tomares

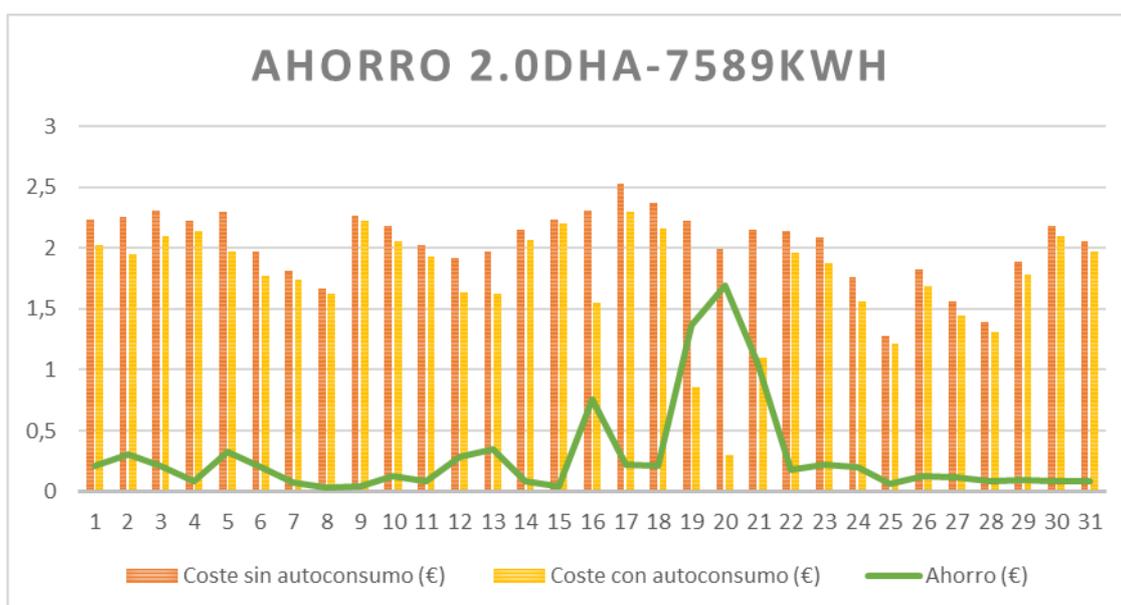


Figura 5-48 Ahorro por días para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tomares

Ahora, en la Figura 5-47 y Figura 5-48, correspondiente a los días del mes de Diciembre, sí que podemos observar perfectamente al pico de máximo ahorro que corresponde con el día 20. Si observamos dicho pico, veremos claramente la diferencia que nos encontramos al restar los costes antes del autoconsumo a los costes después del autoconsumo. Otra cosa que podemos decir, es que dicha diferencia, correspondiente al ahorro, es relativamente bajo a lo largo de todos los días a diferencia del día 20 que es bastante alto.

A continuación, vamos a detallar dicho día para poder ver cómo sería el ahorro por horas.

	Ahorro consumidor de 7589kWh (€)					
	2.0 A			2.0 DHA		
	Antes	Después	Ahorro	Antes	Después	Ahorro
0	0,11919011	0,00543651	0,1137536	0,09688387	0,03276187	0,064122
1	0,09011805	-0,00461909	0,09473714	0,07509537	0,0191578	0,05593757
2	0,06860533	-0,03370394	0,10230927	0,05914672	-0,01781736	0,07696408
3	0,05742964	-0,024712	0,08214164	0,05208124	-0,00957178	0,06165303
4	0,05169263	-0,01456773	0,06626036	0,04887549	0,00044027	0,04843522
5	0,04884295	-0,01135639	0,06019934	0,04748201	0,00519536	0,04228665
6	0,0477486	-0,02019994	0,06794854	0,04834084	-0,00424611	0,05258695
7	0,04922799	-0,01277905	0,06200704	0,04897339	0,00471309	0,04426031
8	0,05545236	-0,00810414	0,0635565	0,05171298	0,01115702	0,04055597
9	0,07117444	-0,0153374	0,08651184	0,0502998	-0,00688644	0,05718624
10	0,093577	0,0223061	0,07127091	0,05148741	0,01219955	0,03928786
11	0,11451337	0,05177793	0,06273544	0,05789742	0,02293598	0,03496144
12	0,12481652	0,04591971	0,07889681	0,12193348	0,02981563	0,09211785
13	0,1229145	0,04102338	0,08189113	0,10260689	0,00649357	0,09611333
14	0,12495531	0,05028952	0,07466579	0,10094693	0,01310233	0,0878446
15	0,12301873	0,03819463	0,08482409	0,09851426	-0,00051174	0,099026
16	0,11412175	0,05786241	0,05625934	0,09085042	0,02474622	0,06610421
17	0,11606059	0,02296038	0,0931002	0,09115635	-0,00645081	0,09760716
18	0,11970898	0,01150599	0,10820299	0,0984504	-0,01055283	0,10900323
19	0,13440267	0,03409544	0,10030724	0,14019612	0,02357427	0,11662185
20	0,14145194	0,02744953	0,11400241	0,15073561	0,01796336	0,13277225
21	0,14829761	0,06258616	0,08571145	0,15777446	0,05780298	0,09997148
22	0,14745073	0,0689904	0,07846033	0,07641315	0,03272317	0,04368998
23	0,12058863	0,05787635	0,06271228	0,07512569	0,04231999	0,03280569
TOTAL	2,40536045	0,45289477	1,95246568	1,9929803	0,30106538	1,69191491

Tabla 5-46 Ahorro por horas para un consumidor de 7589kWh en Tomares

Observando el día 20 de Diciembre del año de estudio a través de sus horas, podemos ver porque sería el día que más ahorro podemos obtener, y es porque una vez instalado nuestra renovable, nos hemos encontrado que en algunas horas del día obtuvimos más producción de la que hemos consumido y por ello, el exceso que tenemos de energía la hemos inyectado a la red y eso hace que obtengamos una bonificación que se traduce en un aumento, ya sea pequeño, de nuestras ganancias y que vendrá reflejado en la factura de la luz.

Para ver mejor todo lo expuesto, vamos a observar detalladamente las gráficas que a continuación exponemos.

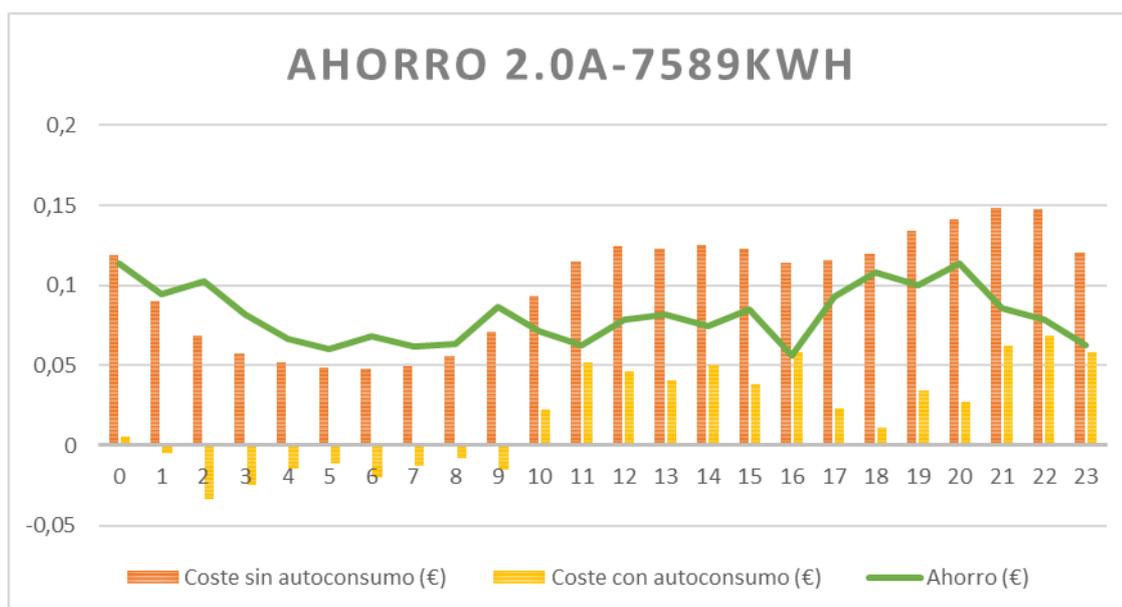


Figura 5-49 Ahorro por horas para un consumidor 2.0A de 7589kWh en Tomares

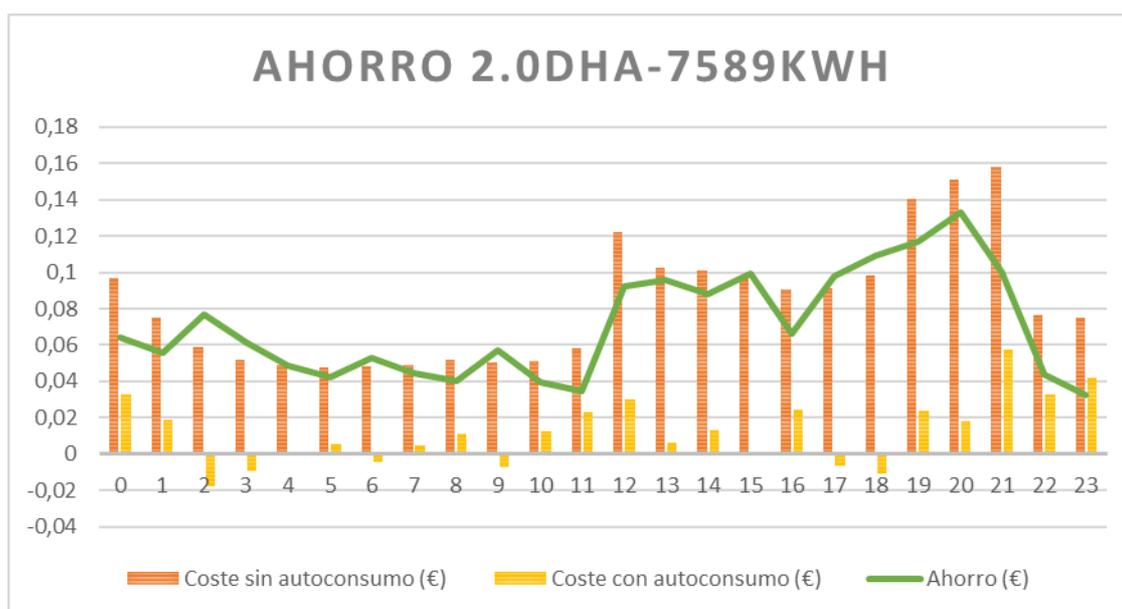


Figura 5-50 Ahorro por horas para un consumidor 2.0DHA de 7589kWh en Tomares

Observando detalladamente las gráficas, podemos decir que si estamos con un contrato de tarifa 2.0A, hemos obtenido a lo largo del día más bonificaciones porque hemos inyectado mucho más excedente de energía que si nos encontramos ante una tarifa 2.0DHA. También podemos concluir que para las tarifas 2.0A, tenemos dos picos de máximo ahorro que corresponde con las horas 00:00 y 20:00, sin embargo, si nos encontramos en la tarifa 2.0DHA sólo tenemos una hora con mayor ahorro, que correspondería con las 20:00. En ambas tarifas podemos observar que tenemos unos costes antes del autoconsumo bastantes grandes en comparación con los costes con autoconsumo que son bastantes pequeños.

5.4 Estudio económico

A continuación, expondremos la resolución que hemos obtenido para la obtención de un resultado factible o no a la hora de instalar una instalación renovable de las características de nuestro estudio.

Para la obtención de dicha solución, nos vamos a centrar en los tres emplazamientos en cuyas instalaciones hemos utilizado solo dos aerogeneradores más destacados en su mayor ahorro en nuestra factura.

5.4.1 Datos

Antes de adentrarnos a dar una resolución numérica de los indicadores financieros más importantes para ver si nuestro estudio es factible o no, vamos a introducir todos los datos importantes para poder realizar los cálculos pertinentes de cada uno de los indicadores financieros que hemos utilizado.

Zeus 3.0	
Inversión inicial	2.100€ [68]
Ahorro	Vease Tabla 5-49 y Tabla 5-50
Vida útil	25 años [64]
Tipo de interés (k)	3% [65]

Tabla 5–47 Característica estudio económico Zeus 3.0

MAGNUM 5	
Inversión inicial	2.340€ [69]
Ahorro	Vease Tabla 5-49 y Tabla 5-50
Vida útil	25 años [64]
Tipo de interés (k)	3% [65]

Tabla 5–48 Característica estudio económico MAGNUM 5

A continuación, vamos a mostrar unas tablas con los ahorros que hemos obtenidos dependiendo del aerogenerador elegido y del emplazamiento estudiado. Debemos de tener en cuenta los dos tipos de consumidor que estamos estudiando.

	Ahorro consumidor de 4000kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	162,753839	58,4719236	86,7947472	134,972847	55,3570092	76,8484934
MAGNUM 5	170,505724	38,3912585	66,298982	143,643937	36,1429738	59,8046629

Tabla 5–49 Ahorro(€) para un consumidor de 4000kWh

	Ahorro consumidor de 7589kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	177,242331	59,1698942	89,6779389	153,140085	57,0498871	81,8373956
MAGNUM 5	206,161416	42,3868149	76,8563489	178,30027	43,640662	73,6883313

Tabla 5–50 Ahorro(€) para un consumidor de 7589kWh

Hemos supuesto, que el ahorro será nuestro flujo de dinero en cada año de la vida útil de nuestros aerogeneradores, con lo cual, decimos que estos flujos van a considerarse constantes durante todo el periodo de tiempo del estudio. Sabemos que en la vida real, los flujos de dinero no van a permanecer constantes, pero es una consideración que hacemos para este estudio.

5.4.2 VAN

Lo primero que vamos a analizar es el Valor Actual Neto si nos encontramos siendo un consumidor común:

	VAN (€) consumidor de 4000kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	1814,35704	-693,704533	-12,5184865	1146,20247	-768,620659	-251,733666
MAGNUM 5	1760,79593	-1416,66022	-745,457661	1114,74895	-1470,73323	-901,651112

Tabla 5–51 VAN (€) para un consumidor de 4000kWh

Como podemos observar, el proyecto no es rentable a no ser que nos encontremos en el emplazamiento de San Pablo, justamente esa ubicación es la que mayores velocidades de viento hemos obtenidos.

Ahora, vamos a analizar dicho factor económico si somos un consumidor particular:

	VAN (€) consumidor de 7589kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	2162,8166	-676,917794	56,8245276	1583,13874	-727,905621	-131,746669
MAGNUM 5	2618,34319	-1320,56397	-491,544733	1948,26085	-1290,40797	-567,738034

Tabla 5–52 VAN (€) para un consumidor de 7589kWh

Para este caso, no nos debe sorprender el resultado obtenido ya que hemos obtenido la misma conclusión que para un consumidor común y el proyecto solo es rentable si nos encontramos en la ubicación de San Pablo, para el resto de los emplazamientos no nos saldría rentable y, por el contrario, estaríamos ante unas considerables pérdidas.

5.4.3 TIR

Una vez que hemos finalizado nuestro estudio del Valor Actual Neto, vamos a proceder a realizar el estudio del siguiente factor económico como es la Tasa Interna de Retorno.

Como hemos efectuado anteriormente, primero vamos a estudiarlo para un consumidor particular:

	TIR (%) consumidor de 4000kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	5,90227949	-2,61233532	0,2533649	4,0385104	-2,98026748	-0,67307361
MAGNUM 5	5,26737374	-5,93680752	-2,4939611	3,60784181	-6,28761117	-3,1854399

Tabla 5–53 TIR (%) para un consumidor de 4000kWh

Como podemos observar, nuestro estudio solo podría ser aceptado si nos encontramos en el emplazamiento donde obtenemos más velocidades de viento, es decir, en San Pablo. Por el contrario, para las otras dos ubicaciones, solo sería aceptable si nos encontramos con el aerogenerador Zeus 3.0, en Tomares y con un contrato de 2.0 A, siendo rechazado todas las demás opciones.

A continuación, vamos a proceder al estudio de la Tasa Interna de Retorno si nos encontramos ante un contrato de potencia particular:

	TIR (%) consumidor de 7589kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	6,81705708	-2,53174562	0,50959929	5,27544976	-2,77858834	-0,19963641
MAGNUM 5	7,29499482	-5,34997421	-1,46197089	5,72531371	-5,17438605	-1,76115846

Tabla 5–54 TIR (%) para un consumidor de 7589kWh

Una vez obtenido los resultados, podemos observar que nos ocurre exactamente lo mismo que si estuviéramos con un contrato de un consumidor de energía anual tipo, es decir, solo debemos aceptar este proyecto si nos encontramos en la ubicación de San Pablo.

5.4.4 PayBack

Por último, vamos a ver el tiempo de recuperación que podemos obtener en las diferentes ubicaciones y contrato, sabiendo que la mínima vida útil de los aerogeneradores es de 25 años.

En primer lugar, vamos a estudiar dicho tiempo si nos encontrásemos con un consumidor de energía consumida anual tipo.

	PayBack (años) consumidor de 4000kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	12,9029215	35,9146727	24,1950126	15,5586849	37,9355755	27,3264954
MAGNUM 5	13,7238795	60,9513751	35,2946596	16,2902804	64,742874	39,1273839

Tabla 5–55 PayBack (años) para un consumidor de 4000kWh

Observando los resultados obtenidos y viendo la vida útil, debemos decir que este estudio solo sería conveniente si nos encontramos en San Pablo.

A continuación, procedemos a mostrar los resultados obtenidos si somos un cliente con un contrato de un consumidor real particular.

	PayBack (años) consumidor de 7589kWh					
	2.0 A			2.0 DHA		
	San Pablo	Tablada	Tomares	San Pablo	Tablada	Tomares
Zeus 3.0	11,8481854	35,4910217	23,4171305	13,7129348	36,8098888	25,6606407
MAGNUM 5	11,3503295	55,2058466	30,4464112	13,1239286	53,6197182	31,755367

Tabla 5-56 PayBack (años) para un consumidor de 7589kWh

Visualizando los resultados, podemos concluir lo mismo que hemos venido haciendo en los anteriores factores económicos y que solo podría ser factible este estudio si nos encontrásemos en el emplazamiento de San Pablo.

Si observamos detenidamente la Tabla 5-55 y Tabla 5-56 podemos deducir que, independientemente del consumidor y en nuestra zona de emplazamiento, difícilmente vamos a poder recuperar la inversión que hemos depositado para la instalación minieólica, incluso, podemos observar que en algunos lugares no vamos a amortizar esta instalación antes de su vida útil. Si, por ejemplo, estuviéramos hablando de una instalación fotovoltaica, sucedería todo lo contrario, ya que, con estas instalaciones, podemos recuperar nuestra inversión antes de los 10 años de su instalación. [70]

6 CONCLUSIONES

Una vez finalizado este proyecto y teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Distintos tipos de aerogeneradores domésticos, es decir, aerogeneradores a pequeña escala y con pequeñas potencias.
 - Aquí debemos de tener en cuenta que, si la velocidad es muy baja, estos aerogeneradores no arrancan, con lo cual, no nos proporciona ningún tipo de beneficio el tener dicha instalación incluida en nuestra red eléctrica.
 - Por la zona que hemos estudiado, debemos decir que es más conveniente el tener una instalación fotovoltaica antes que una instalación mini eólica, ya que tenemos una buena ubicación donde el sol incide muchas horas al día y podemos tener un buen aprovechamiento de ello, sin embargo, no solemos obtener velocidades de viento tan altas como para poder aprovecharnos de un aerogenerador doméstico, ya que la mayoría de las horas, estaría apagado o funcionando a poco rendimiento porque no se llega a la velocidad mínima de arranque o velocidades de máximo aprovechamiento. También debemos de comentar que una instalación fotovoltaica tarda sobre unos 7-8 años en amortizarse, mientras que, como hemos visto en este estudio, una instalación minieólica se podría amortizar más allá de sus años de vida útil.
- Distintos emplazamientos que, aunque se encuentren en la misma ciudad no significa que su velocidad hubieran sido las mismas y, de hecho, hemos observado que distan mucho los tres lugares estudiados.
- Dos niveles de consumo anual.
 - El primero de ellos sería la contratación de un consumidor tipo que sería la energía promedio consumida en la gran mayoría de los hogares, correspondiente a unos 4000kWh.
 - El segundo, correspondiente a un consumidor real en particular cuyo consumo es de unos 7589kWh.
- Dos tipos de facturación de PVPC:
 - Término de facturación de energía activa del PVPC peaje por defecto.
 - Término de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA).

Vamos a explicar nuestras conclusiones sacados de este estudio:

- Si nos encontramos justo antes de nuestra instalación renovable, nos da igual en qué emplazamiento estemos y qué potencia contratada tengamos porque siempre nos sería más rentable tener un contrato con una tarifa 2.0DHA, correspondiente a dos periodos.
- Justo después de instalar cualquiera de nuestros aerogeneradores, observamos lo mismo que nos ocurría si no tuviéramos dicha instalación, con lo cual, nos da igual en que ubicación nos encontremos y que consumo tengamos que seguimos pagando menos si estamos contratado con una tarifa de 2.0DHA, correspondiente a dos periodos.

- Por el contrario de lo que hemos ido observando anteriormente, cuando estamos ante un contrato de una tarifa 2.0A, correspondiente a un periodo, es cuando mayor ahorro obtenemos en nuestra factura de la luz, sin embargo, debemos decir que esta tarifa no es la más económica, sino la que más diferencia económica nos proporciona entre instalar o no una minieólica. Podemos decir:
 - Los aerogeneradores de ejes verticales, prácticamente no nos dan nada de ahorro en comparación con aquellos aerogeneradores de ejes horizontales.
 - Observando las características de los generadores en los que mayores ahorros hemos obtenido, podemos concluir que no solo debemos de tener en cuenta la máxima potencia que estos aparatos nos puedan proporcionar, sino que también debemos de tener en cuenta la velocidad de arranque, ya que cuanto menos velocidad de arranque tengamos, antes podemos beneficiarnos de estos aerogeneradores, ya que por nuestra ubicación, no solemos tener muchas rachas de vientos continuado como para poder obtener el máximo rendimiento de nuestras instalaciones.
- Una vez que hemos estudiado detalladamente los tres emplazamientos con el correspondiente aerogenerador que mejor le conviene, hemos concluido:
 - Los meses que mayor acumulación de velocidad de viento hemos obtenido, son aquellos meses que nos han dado mayores ahorros, pero este factor no es el único que nos determina este ahorro económico, ya que tenemos que tener en cuenta el factor del coste de excedente si nos encontramos en situación de inyectar dicho excedente a la red o si por el contrario, debemos de usar tanto nuestra propia producción como la proveniente de la red, entonces debemos de tener en cuenta el factor del PVPC correspondiente.
 - Podemos decir que nos encontramos ante escasos días en los que inyectamos nuestra energía excedentaria a la red o dicha producción iguala a nuestro consumo, con lo cual, no obtenemos tantos beneficios como podíamos intuir antes de realizar este estudio.
- Una vez realizado el estudio económico para los dos aerogeneradores que nos proporcionan una mayor rentabilidad e independientemente de nuestra potencia contratada y tarifa, debemos de concluir que este estudio solo nos sería rentable si nos encontrásemos en la ubicación con mayores velocidades de viento registrados, por el contrario, sería nefasto hacer una inversión de este calibre si estamos en zonas donde las velocidades de viento son bajas.
- Concluimos que ante una instalación de estas características como son los aerogeneradores domésticos, no encontramos el ahorro que nos podríamos esperar, por lo que podemos pensar que aún le queda un largo recorrido como le ha ido ocurriendo a las fotovoltaicas. Debemos pensar que a estas instalaciones les quedan años de estudios para que podamos beneficiarnos de ellas por completo, pero no debemos de olvidarnos de que ya están más presente en nuestro entorno de lo que nos hubiéramos imaginado hace unos cuantos años atrás.

REFERENCIAS

- [1] <https://dle.rae.es/autoconsumo>.
- [2] <https://www.appa.es/appa-autoconsumo/que-es-el-autoconsumo/>.
- [3] <https://www.iberdrola.com/innovacion/autoconsumo-electrico>.
- [4] <https://www.appa.es/appa-autoconsumo/tecnologia-autoconsumo/>.
- [5] https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_11227_per_2011-2020_def_93c624ab.pdf.
- [6] <https://www.magnuscmd.com/es/la-historia-en-espana-del-autoconsumo-con-excedentes-compensados/>.
- [7] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-25340>.
- [8] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-24019>.
- [9] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>.
- [10] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-10556>.
- [11] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-14657>.
- [12] <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/08/24/1110>.
- [13] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-15595>.
- [14] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-7581>.
- [15] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-17976>.
- [16] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-18915>.
- [17] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-19757>.
- [18] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-4117>.
- [19] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19242>.
- [20] R. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-1310#:~:text=A%2D2012%2D1310->.
- [21] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-7705.

- [22] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-13645>.
- [23] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-3376.
- [24] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-6084.
- [25] R. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6123#:~:text=A%2D2014%2D6123->.
- [26] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-10927.
- [27] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2016-12267>.
- [28] R. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-11505#:~:text=A%2D2017%2D11505-.
- [29] <https://www.boe.es/eli/es/rdl/2018/10/05/15>.
- [30] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089.
- [31] C. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-1066#:~:text=A%2D2020%2D1066->.
- [32] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2020-6621>.
- [33] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-7439>.
- [34] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-13591>.
- [35] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2020-17278>.
- [36] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-4239>.
- [37] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-10824>.
- [38] <https://anpier.org/wp-content/uploads/2020/09/ANUARIO-ANPIER-2020.pdf>.
- [39] <https://d500.epimg.net/descargables/2021/02/15/c4a82b0ed8d55b461eda2fab6f5950e0.pdf#page142>.
- [40] https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Guia_para_el_fomento_del_autoconsumo_en_municipios_andaluces.pdf.
- [41] <http://www.aemet.es/es/portada>.
- [42] <https://sede.aemet.gob.es/AEMET/es/GestionPeticiones/selectLogin>.
- [43] <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e30pro>.
- [44] https://www.monsolar.com/pdf/catalogo_aerogeneradores_bornay.pdf.
- [45] <https://drive.google.com/file/d/1z1RopVrjRZ1jEKoYLr0wtlFKpDhymB76/view>.
- [46] <https://drive.google.com/file/d/17r5SIbENYvV4hX0e8zZoYOhl169Y1tlr/view>.

- [47] https://drive.google.com/file/d/1eHlu1yJW_nzQ3RrRG39d2KFJDOfdVcIe/view.
- [48] https://drive.google.com/file/d/1-ji9XG2_iqink3ASZyXP5yZiu5R2TV4h/view.
- [49] <https://www.ree.es/es>.
- [50] <https://www.ree.es/es/clientes/generador/gestion-medidas-electricas/consulta-perfiles-de-consumo>.
- [51] <https://guiaenergia.idae.es/el-consumo-energia-en-espana/>.
- [52] <https://www.boe.es/boe/dias/2019/12/30/pdfs/BOE-A-2019-18675.pdf>.
- [53] <https://www.endesa.com/es/conoce-la-energia/energia-y-mas/pvpc-precio-voluntario-pequeno-consumidor>.
- [54] <https://energia.gob.es/electricidad/contratacion-suministro/Paginas/precio-voluntario.aspx>.
- [55] <https://tarifaluzhora.es/comparador/tarifas-electricas/2-0>.
- [56] <https://www.rankia.com/blog/luz-y-gas/2833465-que-significan-tarifas-peaje-por-defecto-eficiencia-dos-2-periodos-vehiculo-electrico>.
- [57] <https://atlas-energia.com/blog/guia-tarifa-20a/>.
- [58] <https://www.esios.ree.es/es>.
- [59] <https://greening-e.com/el-precio-del-excedente-vertido-a-la-red-y-sistemas-de-compensacion/>.
- [60] <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/autoconsumo>.
- [61] <https://support.microsoft.com/es-es/office/funci%C3%B3n-si-error-c526fd07-caeb-47b8-8bb6-63f3e417f611>.
- [62] <https://support.microsoft.com/es-es/office/funci%C3%B3n-buscarv-0bbc8083-26fe-4963-8ab8-93a18ad188a1>.
- [63] <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>.
- [64] <https://www.enair.es/es/>.
- [65] https://clientebancario.bde.es/pcb/es/menu-horizontal/productoservici/relacionados/tiposinteres/guia-textual/tiposinteresrefe/Tabla_tipos_de_interes_legal.html.
- [66] <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>.
- [67] <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>.
- [68] <https://www.tesup.es/product-page/zeus3-viento-turbina-generador-cargador-12v-24v-48v-hogar-amazon-Espana>.

[69] <https://www.tesup.es/product-page/aerogenerador-magnum5-5kw-12v-24v-48v-Espana>.

[70] i.

https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/27/companias/1653668154_907138.html#:~:text=Entre%20siete%20y%20diez%20a%C3%B1os.