



UNIVERSIDAD DE JAÉN  
*ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN*

Trabajo Fin de Grado

# **ANÁLISIS TÉCNICO, DE COSTES Y ECONÓMICO DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA INTEGRADA EN EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN**

**Alumno: Jose María García Vílchez**

Tutor: Prof. D. Diego López Talavera

Dpto.: Ingeniería Electrónica y Automática

**Agosto, 2016**





Universidad de Jaén  
Escuela Politécnica Superior de Jaén  
Departamento de Ingeniería Eléctrica

DON DIEGO LOPEZ TALABERA, tutor del proyecto fin de carrera titulado: ANÁLISIS TÉCNICO, DE COSTES Y ECONÓMICO DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA INTEGRADA EN EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN, que presenta JOSE MARÍA GARCÍA VÍLCHEZ, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Agosto de 2016

El alumno:

Los tutores:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Diego Lopez Talavera', written over a horizontal line.

JOSE MARÍA GARCÍA VÍLCHEZ

DIEGO LOPEZ TALAVERA

**Índice**

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Objetivos .....	8
1.2. Alcance del Estudio.....	8
1.3. Antecedentes .....	8
1.4. Condiciones de diseño .....	9
1.5. Estimación potencias de las instalaciones .....	10
2. LEGISLACIÓN .....	14
2.1 Real Decreto 900/2015 .....	14
2.2 Precio de la Electricidad.....	19
4. ESTIMACIÓN CONSUMOS POTENCIAS .....	22
4.1. Días laborables .....	23
4.2. Datos fines de semana y festivos.....	27
4.3. Datos periodo de vacaciones .....	31
3. GENERACIÓN DE ENERGÍA .....	33
3.1. Edificio A-4 .....	35
3.2. Edificio D-2 .....	37
3.3. Edificio D-3 .....	38
3.4. Aparcamiento Norte .....	39
3.5. Aparcamiento Sur.....	40
4. ANÁLISIS ENERGÉTICO.....	41
4.1. Análisis de generación eléctrica.....	41
4.1.1. Cargo fijo en generación .....	41
4.1.2. Costos asociados al sistema en generación.....	42
4.1.3. Cargos variables en generación .....	43
4.2. Análisis de consumo .....	50
4.2.1. Cargo fijo de consumo (TPA).....	52
4.2.2. Cargo variable de consumo (TEA).....	52
4.3. Análisis ahorro.....	60
4.3.1. Ahorro días Laborables.....	61
4.3.2. Ahorro días no laborables .....	64
5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE COSTES.....	69
5.1. Valor Actual Neto .....	72
5.2. Tasa Interna de Retorno .....	75
5.3. Período de Recuperación con Descuento.....	78

5.4. Costo Nivelado de la Energía.....	80
5.5. Análisis Tesorería.....	83
6. CONCLUSIONES.....	85
7. BIBLIOGRAFÍA.....	87

## Índice Figuras

Figura 1: Campus Universidad de Jaén .....	9
Figura 2: División Campus Universidad de Jaén.....	10
Figura 3: Edificios posibles instalaciones .....	11
Figura 4: Edificio A-4 de la Universidad de Jaén.....	12
Figura 5: Edificio D-2 de la Universidad de Jaén.....	13
Figura 6: Perfil consumo de lunes a viernes.....	26
Figura 7: Perfil consumo de Sábados, Domingos y Festivos .....	30
Figura 8: Perfil consumo del periodo de Vacaciones .....	32
Figura 9: Evolución precios Ministerio .....	51
Figura 10: Gráfica días laborables.....	64
Figura 11: Fines de semana, festivos y periodo de vacaciones .....	68
Figura 12: Gráfica INE IPC electricidad.....	71
Figura 13: Gráfica DPBT .....	80

## Índice Tablas

Tabla 1: Resumen de instalaciones en la Universidad de Jaén [1].....	13
Tabla 2: Cargo fijo por energía fotovoltaica.....	17
Tabla 3: Cargo variable por energía fotovoltaica producida .....	18
Tabla 4: Componentes asociados por energía fotovoltaica producida.....	18
Tabla 5: División de Tarifas .....	19
Tabla 6: Periodos de las Tarifas .....	20
Tabla 7: Cargo fijo y variable de la energía comprada .....	21
Tabla 8: Recargo por energía reactiva .....	21
Tabla 9: Estructura factura eléctrica.....	22
Tabla 10: Consumo eléctrico Universidad de Jaén de Lunes a Viernes .....	23
Tabla 11: Consumo eléctrico Universidad de Jaén de Sábados, Domingos y Festivos.....	27
Tabla 12: Consumo eléctrico Universidad de Jaén periodo Vacaciones.....	31
Tabla 13: Datos Irradiación global, temperaturas máx. y min. ....	35
Tabla 14: Producción energía horaria edificio A-4.....	35
Tabla 15: Cuadro pérdidas edificio A-4 .....	36
Tabla 16: Producción energía horaria edificio D-2 .....	37

Tabla 17: Cuadro pérdidas edificio D-2 .....	37
Tabla 18: Producción energía horaria edificio D-3 .....	38
Tabla 19: Cuadro pérdidas edificio D-3 .....	38
Tabla 20: Producción energía horaria Aparcamiento Norte .....	39
Tabla 21: Cuadro pérdidas edificio Aparcamiento Norte .....	39
Tabla 22: Producción energía horaria Aparcamiento Sur.....	40
Tabla 23: Cuadro pérdidas edificio Aparcamiento Sur .....	40
Tabla 24: Cuadro Precio Cargo Fijo .....	41
Tabla 25: Energía total producida al año.....	42
Tabla 26: Cuadro Precio Costes asociados .....	42
Tabla 27: Cuadro energía total producida .....	43
Tabla 28: €/h en días laborables .....	45
Tabla 29: €/h en fines de semana, festivos y periodo de vacaciones .....	47
Tabla 30: Cargo variables días laborables .....	49
Tabla 31: Cargo variable fines de semana, festivos y periodo de vacaciones .....	49
Tabla 32: Precio total termino variable .....	50
Tabla 33: Cuadro precio a pagar por la generación .....	50
Tabla 34: Precio medio de generación .....	50
Tabla 35: Cuadro precio TPA .....	52
Tabla 36: Cálculo margen comercializadora .....	53
Tabla 37: Cuadro precio consumo días laborables .....	54
Tabla 38: Coste consumo días laborables .....	56
Tabla 39: Precio hora fines de semana y festivos .....	57
Tabla 40: Precio consumo fines de semana, festivos y periodo vacaciones.....	58
Tabla 41: Cuadro precio TEA .....	59
Tabla 42: Cuadro Energía total consumida .....	59
Tabla 43: Precio total factura eléctrica .....	60
Tabla 44: Cuadro precio €/kWh comprado .....	60
Tabla 45: Cuadro energía que se dejan de consumir de la red días laborables .....	61
Tabla 46: Energía ahorrada fines de semana, festivos y periodo de vacaciones .....	65
Tabla 47: Tabla resumen generación y consumo.....	68
Tabla 48: Tabla de Ahorro .....	69
Tabla 49: Datos generales del análisis económico .....	70
Tabla 50: Datos explotación de las instalaciones.....	70
Tabla 51: Datos financiación de las instalaciones .....	72
Tabla 52: Flujos de Caja.....	73
Tabla 53: VAN .....	74
Tabla 54: TIR.....	75
Tabla 55: Cuadro financiación .....	76
Tabla 56: Coste capital y TIR neta .....	77
Tabla 57: Cuadro de flujo DPBT .....	79
Tabla 58: Flujos LEC .....	82
Tabla 59: LEC.....	82
Tabla 60: Flujos Tesorería.....	84
Tabla 61: VAN tesorería .....	84



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objetivos

El presente estudio técnico tiene como objeto la valoración técnica y económica de varias instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo conectadas a la red interior de la Universidad de Jaén.

En el estudio se tratará de discernir si el proyecto es viable desde un punto de económico y financiero, así como, determinar el coste de generación eléctrica. El estudio se desarrollará bajo el marco regulatorio actual de autoconsumo.

### 1.2. Alcance del Estudio

El alcance de este estudio técnico abarca varios aspectos diferenciados:

- El estudio del marco regulatorio actual, enfocado a obtener el precio por autoconsumo y el precio de la energía comprada a la comercializadora.
- El tratamiento de los datos de consumo horario de la Universidad de Jaén.
- La estimación de la potencia a instalar de varias instalaciones fotovoltaicas integradas en edificios de la Universidad de Jaén.
- Obtención de la energía horaria producida por estas instalaciones fotovoltaicas.
- El análisis económico en base al ahorro de la energía por la producción de las instalaciones fotovoltaicas y la posible rentabilidad de estas.
- Análisis del coste normalizado de la electricidad o Levelized Cost of Electricity (LCOE, siglas en inglés).

En este estudio no se prevé el diseño de las estructuras de sujeción de los módulos fotovoltaicos, tampoco es objeto de este estudio la forma de conexión ni las protecciones de las instalaciones fotovoltaicas.

### 1.3. Antecedentes

Debido al creciente precio de la energía eléctrica se hace necesario el estudio de diferentes formas de poder conseguir auto-abastecerse de una manera viable desde el punto de vista económico, de ahí surge la finalidad de este estudio.



Para el abastecimiento parcial de la energía eléctrica se utilizarán sistemas fotovoltaicos integrados en edificios y aparcamientos de la Universidad de Jaén, la potencia instalada será menor que la potencia contratada por la Universidad de forma que habrá que seguir comprando energía eléctrica a la compañía suministradora y se ahorrará toda la parte que se genere por las instalaciones fotovoltaicas, de esta manera es necesario un estudio de viabilidad económica, financiera y de costes de generación eléctrica en un escenario bajo el marco actual del Real Decreto 900/2015.

#### 1.4. Condiciones de diseño

Para el dimensionado de la instalación fotovoltaica se tendrán en cuenta factores como el espacio libre para la construcción, la optimización de la generación de energía y la armonización con el espacio.

Para la el dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas se estudiaran diferentes ubicaciones en los edificios de la Universidad de Jaén, además de varios aparcamientos de la misma forma, de esta forma se procurará que los módulos se encuentren en la posiciones de inclinación y azimut óptimos en los lugares donde sea posible, en el caso de que esta inclinación no pueda modificarse, como puede ser las cubiertas que se encuentran en los aparcamientos hay que adaptarse a esta situación.

A continuación, en la figura 1 se muestra una imagen de la superficie del campus de la Universidad de Jaén:



Figura 1: Campus Universidad de Jaén

Para una mejor descripción de los edificios y la situación de estos se adjunta a continuación la figura 2 donde se divide el campus en 4 áreas, también se encuentran las líneas de alta y baja tensión, centros de transformación, etc.

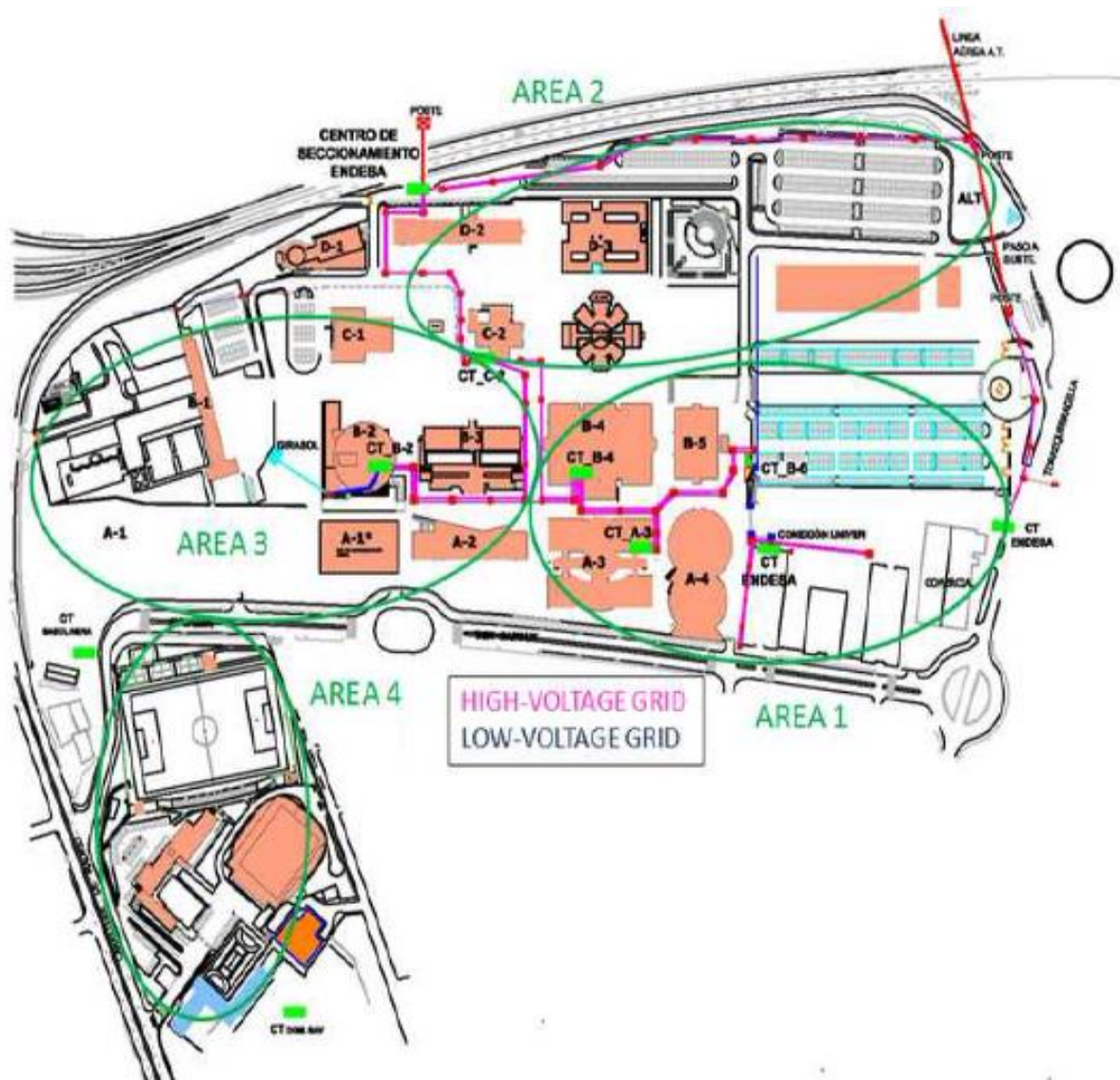


Figura 2: División Campus Universidad de Jaén

### 1.5. Estimación potencias de las instalaciones

Para poder estimar la potencia de las instalaciones lo primero que se debe conocer será la superficie disponible en las cubiertas de los edificios, para ello en la figura 3 se encuentran coloreadas las posibles situaciones en las que se puede instalar módulos fotovoltaicos.



Este estudio se centrará en la Área 1 y 2, concretamente en los aparcamientos Norte y Sur, el edificio A4, D-2 y D-3.



**Figura 3: Edificios posibles instalaciones**

Si se tiene en cuenta que en la situación que se encuentra el campus de la Universidad de Jaén, que está a una latitud de 37,789 grados norte y una longitud de 3,778 grados oeste, con ayuda de un software, en este caso se ha utilizado PVGIS, se obtiene que la inclinación óptima es  $30^\circ$  y el azimut 0, esto anterior no es aplicable para el caso de los aparcamientos pues estos ya poseen una inclinación y azimut determinados que no podrán ser modificados.

Para el edificio A-4 se puede ver, de una forma aproximada la cantidad de módulos fotovoltaicos que se podría instalar, así de esta manera se tiene la figura 4:



Figura 4: Edificio A-4 de la Universidad de Jaén

De igual forma se tendría para el edificio D-2, como se puede ver en la figura 5:

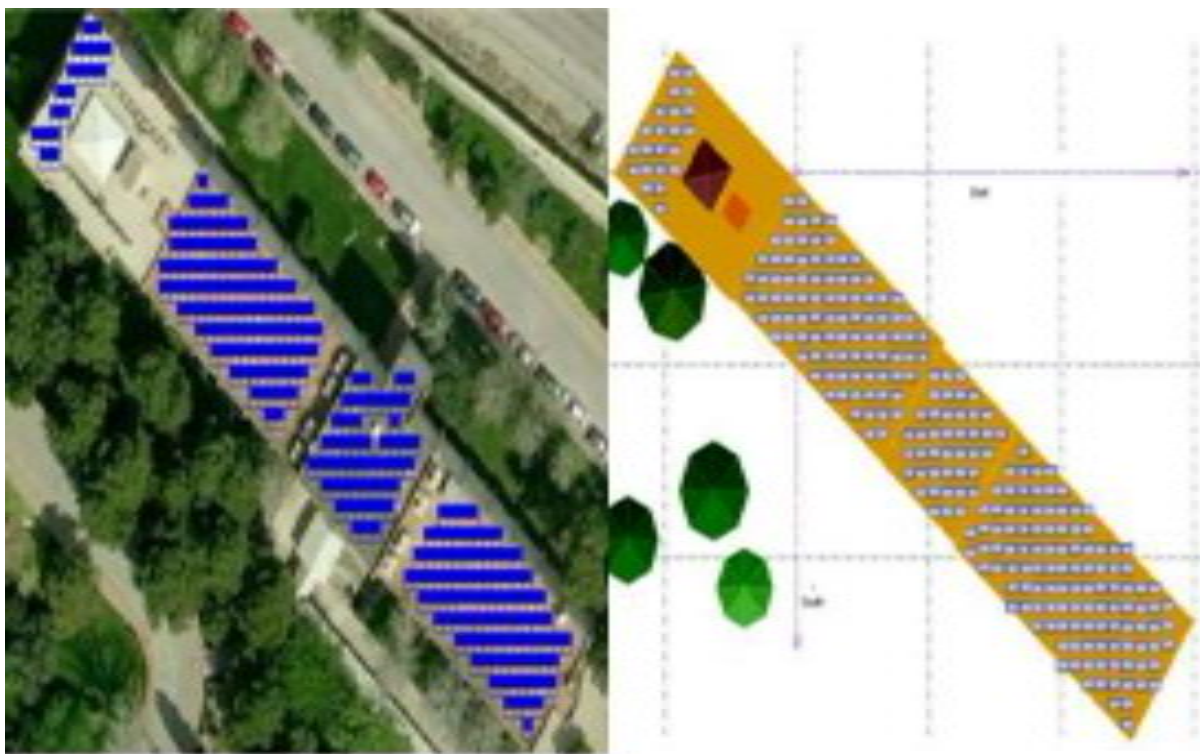


Figura 5: Edificio D-2 de la Universidad de Jaén

De la anterior manera se actuaría en los demás edificios y así se obtiene la potencia que se puede instalar en los edificios a estudiar, en la tabla 1 se ve un resumen de lo anteriormente expresado:

	Azimut (°)	Inclinación (°)	Localización	Potencia (kWp)
Área 1 (Sur del Campus)	0	30	Edificio A-4	101
	40	8	Aparcamiento Sur	330
Área 2 (Norte del Campus)	0	30	Edificio D-2	55
	0	30	Edificio D-3	91
	42	8	Aparcamiento Norte	398

Tabla 1: Resumen de instalaciones en la Universidad de Jaén [1]

## 2. LEGISLACIÓN

### 2.1 Real Decreto 900/2015

El Real Decreto 900/2015, de 9 de Octubre, “por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo”, establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, del sector eléctrico.

Es de aplicación a todas las instalaciones fotovoltaicas conectadas en el interior de una red, aun cuando no viertan energía a las redes de transporte o distribución. Se exceptúa la aplicación de este RD a las instalaciones fotovoltaicas aisladas.

En el **Título II** trata de la clasificación, requisitos de las instalaciones y calidad de servicio.

La clasificación en las modalidades de autoconsumo es:

- Modalidad **tipo 1**: corresponde a la modalidad a) definida en la Ley 24/2013. Corresponde a consumidores de energía eléctrica que disponen en su red interior de suministro de una o varias instalaciones de generación de energía eléctrica destinada al consumo propio, solo existe un único sujeto que es el consumidor.

Para poder acogerse a esta modalidad se debe cumplir:

- La potencia contratada del consumidor no será superior a 100 kW.
- La suma de las potencias instaladas de generación será igual o inferior a la potencia contratada por el consumidor.
- El titular del punto de suministro será el mismo que el de todos los equipos de consumo e instalaciones de generación conectados a su red.

Las instalaciones de generación y el punto de suministro de esta modalidad deberán cumplir los requisitos técnicos establecidos en el Real Decreto 1699/2011.



- Modalidad **tipo 2**: corresponde a las modalidades b) y c) de producción con autoconsumo definidas en la Ley 24/2013. Corresponde a consumidores de energía eléctrica que estén asociados a una o varias instalaciones de producción debidamente inscritas en el registro administrativo y conectadas en el interior de su red o que compartan infraestructura de conexión con éste o conectados a través de una línea directa. En esta modalidad existen dos sujetos, el sujeto consumidor y el productor.

Para poder acogerse a esta modalidad se debe cumplir entre otras:

- La suma de las potencias instaladas de las instalaciones de producción será igual o inferior a la potencia contratada.
- En el caso de que existan varias instalaciones de producción, el titular de todas y cada una de ellas deberá ser la misma persona física o jurídica.

Las instalaciones de producción de esta modalidad deberán cumplir los requisitos técnicos del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, para instalaciones de potencia menor de 100 kW y el Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

El **Título III** se dedica al régimen jurídico de las modalidades de autoconsumo.

Para la modalidad tipo 1 el procedimiento de conexión y acceso es el establecido en el capítulo II del Real Decreto 1699/2011.

Para la modalidad tipo 2 el procedimiento de conexión y acceso será también el regulado en el Real Decreto 1699/2011, si las instalaciones son de menos de 100 kW. El resto de instalaciones de producción se registrarán por lo dispuesto en el Real Decreto 1955/2000 y para las líneas directas se les aplicará lo recogido en el artículo 42 de la Ley 24/2013.

El **Título IV** se dedica a los requisitos de medida y gestión de la energía. Consta de dos capítulos, el Capítulo I sobre los requisitos generales de la medida en la modalidad

de autoconsumo, aquí se explica que los equipos de medida deben instalarse en las redes interiores, en los puntos más próximos al punto frontera, y tendrán la capacidad de medida de horaria.

En el Artículo 13, se especifica los requisitos particulares de medida para los acogidos a la modalidad de autoconsumo tipo 2, se clasifican en tres apartados.

- a) Con carácter general los sujetos acogidos a la modalidad tipo 2 deberán disponer de:
  1. Un equipo de medida bidireccional que mida la energía generada neta.
  2. Un equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado.
  3. Potestativamente, un equipo de medida bidireccional ubicado en el punto frontera de la instalación.
  
- b) Si la suma de las potencias instalada de las instalaciones de producción conectadas a la red interior del consumidor no es superior a 100 kW, deberán de disponer de:
  1. Un equipo de medida bidireccional que mida la energía generada neta.
  2. Un equipo de medida bidireccional ubicado en el punto frontera de la instalación.
  3. Potestativamente, un equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado.
  
- c) En el caso de que los sujetos acogidos a la modalidad tipo 2 estén unidos mediante líneas directas los equipos de medidas necesarios serán tales que puedan aplicarse el peaje de acceso sobre la potencia y energía demandada a la red, los cargos asociados a los costes del sistema se apliquen sobre todo el consumo con independencia de su procedencia y el cargo por otros servicios del sistema se aplique sobre la energía autoconsumida.

El Capítulo II trata de la gestión de la energía eléctrica producida y consumida.



En este capítulo se especifica que para poder percibir contraprestación económica por el vertido de energía a la red, la instalación deberá estar acogida a la modalidad de autoconsumo tipo 2, y que además debe disponer de un contrato de suministro en vigor con un comercializador en mercado libre o que sea un consumidor directo en mercado, de lo contrario el vertido horario pasara a ser cedido sin contraprestación.

**Título V:** Aplicación de peajes de acceso a las redes de transporte y distribución y cargos a las modalidades de autoconsumo.

Para la energía autoconsumida se aplicarán unos cargos asociados a los costes y otros cargos por otros servicios del sistema. En la disposición transitoria primera de este Real Decreto 900/2015 “Régimen económico transitorio de aplicación al autoconsumo”, se definen estos cargos. El valor actual de dichos cargos son los recogidos en la Orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre, en el anexo II y son:

- a) Los precios de los cargos fijos de aplicación en función de la potencia, en €/kW se representa en la tabla 2 para cada categoría de peajes de acceso:

PEAJE DE ACCESO	Cargo fijo (€/kW y año)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ( $P_c \leq 10$ kW)	8,682019					
2.0 DHA ( $P_c \leq 10$ kW)	8,682019					
2.0 DHS ( $P_c \leq 10$ kW)	8,682019					
2.1 A ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	15,083303					
2.1 DHA ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	15,083303					
2.1 DHS ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	15,083303					
3.0 A ( $P_c > 15$ kW)	32,083923	6,212601	14,245468			
3.1 A (1 kV a 36 kV)	36,370283	7,253411	5,046692			
6.1A (1 kV a 30 kV)	22,474651	8,056099	9,872687	11,969862	14,279130	4,911990
6.1B (30 kV a 36 kV)	14,356213	3,993364	6,899441	8,996616	11,305884	3,555405
6.2 (36 kV a 72,5 kV)	9,317256	1,583664	4,439480	6,384560	8,074483	2,464864
6.3 (72,5 kV a 145 kV)	9,452888	2,660520	3,963845	5,505622	6,894555	1,933970
6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	3,011434	0,000000	1,777750	3,495529	4,990903	0,994354

**Tabla 2: Cargo fijo por energía fotovoltaica**

- b) Los precios del término de cargo variable, en €/kW, que se aplicarán son el autoconsumo horario, correspondientes a: 1) cargos variables asociados a los costes del sistema; 2) pagos por capacidad, se adjuntan en la tabla 3 por cada categoría de peajes de acceso:

PEAJE DE ACCESO	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ( $P_c \leq 10$ kW)	0,044504					
2.0 DHA ( $P_c \leq 10$ kW)	0,058489	0,007368				
2.0 DHS ( $P_c \leq 10$ kW)	0,059269	0,007650	0,007344			
2.1 A ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	0,056200					
2.1 DHA ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	0,069426	0,016716				
2.1 DHS ( $10 < P_c \leq 15$ kW)	0,070206	0,019507	0,012602			
3.0 A ( $P_c > 15$ kW)	0,021957	0,015040	0,010183			
3.1 A (1 kV a 36 kV)	0,016699	0,011411	0,013268			
6.1A (1 kV a 30 kV)	0,012995	0,012837	0,008996	0,010431	0,011206	0,007951
6.1B (30 kV a 36 kV)	0,012995	0,009531	0,008541	0,009527	0,010623	0,007580
6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,014139	0,012915	0,009197	0,009622	0,009936	0,007470
6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,016527	0,014150	0,009832	0,009751	0,009893	0,007501
6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	0,012995	0,009871	0,008541	0,009030	0,009477	0,007328

Tabla 3: Cargo variable por energía fotovoltaica producida

c) Componente asociados a otro servicios del sistema, se muestran en la tabla 4:

COMPONENTE	PRECIO (€/kWh)
Retribución operador del mercado	0,000025
Retribución operador del sistema	0,000109
Servicio de interrumpibilidad	0,001900
Servicios de ajuste	0,004530

Tabla 4: Componentes asociados por energía fotovoltaica producida

Estarán exentos del pago de cargo variables transitorios los situados en territorio no peninsular y los acogidos a la modalidad de autoconsumo tipo 1 con potencia contratada igual o menor a 10 kW.

#### **Título VI:** Registro, inspección y régimen sancionador.

Los acogidos a la modalidad de autoconsumo de tipo 1 cuya potencia contratada sea superior a 10 kW y los consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo de tipo 2 deberán de inscribirse en la sección segunda, que se encuentra en el anexo II del RD, además el titular del punto de suministro deberá formalizar el contrato de acceso y lo acompañará con una declaración de responsabilidad. Todo ello se inscribirá en el Registro administrativo de autoconsumo de energía, este registro está gestionado por la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo [2] [3].

## 2.2 Precio de la Electricidad

El precio de venta y los periodos de tarificación de la electricidad está regido por el Real Decreto 1164/2001 donde se estructuran las tarifas según su nivel de tensión, potencia contratada y discriminación horaria, de esta manera se tiene 6 tipos de tarifas, en la tabla 5 se muestran las distintas tarifas:

### TENSIÓN DE SUMINISTRO B.T. $U < 1$ kV

Potencia Contratada kW	TARIFA	Discriminación horaria
$P_c \leq 10$	2.0 A	
	2.0 DHA	2 periodos
	2.0 DHS	3 periodos
$10 < P_c \leq 15$	2.1 A	
	2.1 DHA	2 periodos
	2.1 DHS	3 periodos
$P_c > 15$	3.0 A	3 periodos

### TENSIÓN DE SUMINISTRO A.T. $U \geq 1$ kV

Potencia Contratada kW	Tensión U kV	TARIFA	Discriminación horaria
$P_c \leq 450$	$1 \leq U \leq 36$	3.1 A	3 periodos
$P_c > 450$	$1 \leq U < 30$	6.1 A	6 periodos
	$30 \leq U < 36$	6.1.B	
	$36 \leq U < 72,5$	6.2	
	$72,5 \leq U < 145$	6.3	
	$145 \leq U$	6.4	
	Conx. Inter.	6.5	

Tabla 5: División de Tarifas

Las tarifas 2.0 A y la 2.1 A son de un solo periodo, las primeras dos filas de la tabla 6 corresponde a las tarifas que poseen 2 periodos, estas son la tarifa 2.0 DHA y la 2.1 DHA, la siguiente fila corresponde a las tarifas super-valle, estas son la 2.0 DHS y la 2.1 DHS, el siguiente cuadro corresponde con la tarifa 3.0 A, la siguiente a la 3.1 A, el último cuadro representa a las tarifas de 6 periodos.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Verano	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2
Invierno	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Verano	P2	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Verano	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Invierno	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P2	P2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Verano Lab.	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Verano S-D-F	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Invier. Lab.	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2
Invier. S-D-F	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
marzo		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1ª quincena Junio		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
2ª quincena Junio		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2
Julio		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2
Agosto		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Sábado, domingos, festivos		P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6

Tabla 6: Periodos de las Tarifas

La estructura de las tarifas consta de tres partes:

- a) Término fijo por conexión denominado término de potencia TPA = €/kW y año, posee penalizaciones por excesos de potencia (si procede)
- b) Término variable por consumo denominado término de energía TEA = €/kWh
- c) Complementos por consumo de reactiva (si procede).

El precio de estos términos se encuentra en la Orden IET/2735/2015 [3] de 17 de diciembre y se adjuntan en la tabla 7:

BAJA TENSIÓN <1 kV		P1		P2		P3	
		TPA	TEA	TPA	TEA	TPA	TEA
Pc ≤ 10 Kw	2.0A	38,043426	0,044027				
	2.0DHA	38,043426	0,062012	38,043426	0,002215		
	2.0DHS	38,043426	0,062012	38,043426	0,002879	38,043426	0,000886
10<Pc ≤ 15 kW	2.1A	44,444710	0,057360				
	2.1DHA	44,444710	0,074568	44,444710	0,013192		
	2.1DHS	44,444710	0,074568	44,444710	0,017809	44,444710	0,006596
Pc >15 Kw	3.0A	40,728885	0,018762	24,437330	0,012575	16,291555	0,004670
ALTA TENSIÓN ≥1 kV		TPA	TEA	TPA	TEA	TPA	TEA
Pc ≤ 450 kW	3.1A	59,173468	0,014335	36,490689	0,012754	8,367731	0,007805
		TPA					
Pc > 450 kW		P1	P2	P3	P4	P5	P6
	6.1 A	39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177
	6.1 B	31,020989	15,523919	11,360932	11,360932	11,360932	5,183592
	6.2	22,158348	11,088763	8,115134	8,115134	8,115134	3,702649
	6.3	18,916198	9,466286	6,927750	6,927750	6,927750	3,160887
	6.4	13,706285	6,859077	5,019707	5,019707	5,019707	2,290315
	6.5	13,706285	6,859077	5,019707	5,019707	5,019707	2,290315
		TEA					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
	6.1 A	0,026674	0,019921	0,010615	0,005283	0,003411	0,002137
	6.1 B	0,021822	0,016297	0,008685	0,004322	0,002791	0,001746
	6.2	0,015587	0,011641	0,006204	0,003087	0,001993	0,001247
	6.3	0,015048	0,011237	0,005987	0,002979	0,001924	0,001206
	6.4	0,008465	0,007022	0,004025	0,002285	0,001475	0,001018
	6.5	0,008465	0,007022	0,004025	0,002285	0,001475	0,001018

Tabla 7: Cargo fijo y variable de la energía comprada

El término de energía reactiva se aplicará si se supera un 33% el consumo de reactiva sobre la potencia activa, es decir si el  $\cos \phi$  es menor que 0,95 es ese caso el recargo sería, según la tabla 8:

Cos $\Phi$	Euro/kVArh
Cos $\Phi$ < 0,95 y hasta cos $\Phi$ = 0,80 . . . . .	0,041554
Cos $\Phi$ < 0,80 . . . . .	0,062332

Tabla 8: Recargo por energía reactiva

Además de estos términos hay que aplicarle el impuesto correspondiente, en la tabla 9 se puede ver la estructura final que tiene la factura eléctrica [4]:

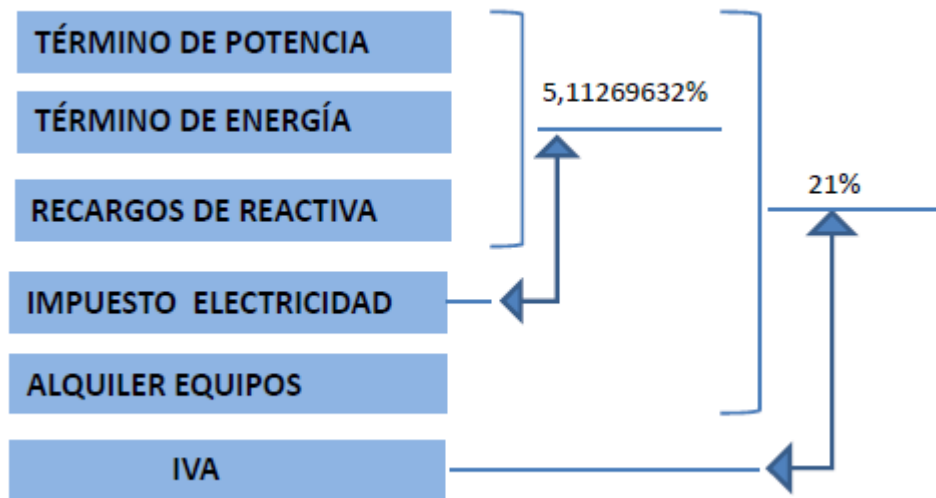


Tabla 9: Estructura factura eléctrica

#### 4. ESTIMACIÓN CONSUMOS POTENCIAS

Para la estimación de la energía consumida se utilizarán datos de consumo de la Universidad de Jaén, estos datos han sido facilitados por el departamento de Ingeniería Electrónica y Automática y corresponden al año 2012, con el tratamiento de los datos se ha podido observar que algunos meses no se disponen así que se han utilizado datos de algunos meses cuyos consumos de han estimado similares.

Para facilitar el tratamiento de los datos se utilizará un día típico del mes que es la media de los días correspondientes de un mes.

Los datos constan de la energía activa horaria demandada, de la energía reactiva y el factor de potencia para la comprobación de un posible recargo por consumo de activa.

Según se ha podido comprobar por los perfiles de carga la mejor forma de tratar los datos será agrupándolos en tres grupos por su parecido en cuanto a consumo de energía, de esta manera se tiene un grupo que serán los días laborables, estos son, de lunes a viernes, otro fines de semana y festivos, y por último, días de vacaciones.

#### 4.1. Días laborables

A continuación se adjuntan las tablas de consumos y sus perfiles, que se encuentran en la tabla 10 y una representación gráfica la figura 6 corresponde a los días laborables.

Hora	Enero			Febrero			Marzo			Abril
	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh
0	813,10	36,38	1,00	702,70	94,35	0,99	594,00	120,36	0,98	564,93
1	795,05	40,86	1,00	697,25	95,55	0,99	583,18	118,55	0,98	557,14
2	777,57	47,86	1,00	678,15	93,00	0,99	579,00	122,45	0,98	552,64
3	765,48	52,95	1,00	678,10	89,40	0,99	577,55	120,09	0,98	554,43
4	751,81	53,48	1,00	668,25	94,85	0,99	576,18	118,64	0,98	558,00
5	740,33	56,24	1,00	665,10	96,60	0,99	575,45	119,64	0,98	551,07
6	734,81	56,86	1,00	664,25	95,95	0,99	603,64	110,27	0,98	553,21
7	971,71	15,38	1,00	802,20	43,20	1,00	835,73	35,00	1,00	801,21
8	1149,48	12,29	1,00	979,45	18,50	1,00	1048,45	9,27	1,00	976,29
9	1442,38	8,05	1,00	1360,05	9,20	1,00	1561,18	3,82	1,00	1424,21
10	1987,19	0,52	1,00	1606,85	1,40	1,00	1720,64	1,27	1,00	1654,00
11	2161,43	0,52	1,00	1674,90	1,75	1,00	1747,73	1,91	1,00	1709,86
12	2262,90	0,24	1,00	1758,60	2,05	1,00	1754,27	2,36	1,00	1698,50
13	2311,00	0,05	1,00	1792,60	1,90	1,00	1662,27	3,27	1,00	1653,14
14	2217,14	0,14	1,00	1717,65	2,40	1,00	1554,00	6,45	1,00	1542,71
15	1627,14	2,71	1,00	1533,10	4,30	1,00	1298,18	12,45	1,00	1247,93
16	1553,24	4,14	1,00	1435,65	6,50	1,00	1167,27	19,00	1,00	1081,14
17	1694,29	3,71	1,00	1526,60	4,25	1,00	1262,00	16,64	1,00	1162,79
18	1716,52	3,10	1,00	1527,10	4,95	1,00	1281,91	18,27	1,00	1194,29
19	1705,52	4,10	1,00	1487,25	4,10	1,00	1308,45	19,45	1,00	1191,64
20	1618,81	5,57	1,00	1397,75	5,55	1,00	1310,82	18,27	1,00	1173,93
21	1423,19	9,62	1,00	1303,15	6,25	1,00	1250,55	15,36	1,00	1099,07
22	1187,95	14,71	1,00	1135,10	16,80	1,00	1031,91	28,09	1,00	927,07
23	878,62	27,67	1,00	749,00	88,30	0,99	665,00	109,36	0,99	605,64

Tabla 10: Consumo eléctrico Universidad de Jaén de Lunes a Viernes



Hora	Mayo			Junio			Julio			Agosto
	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh
0	597,29	111,52	0,98	776,71	73,29	1,00	813,10	36,38	1,00	0,00
1	588,48	112,71	0,98	754,90	80,71	0,99	795,05	40,86	1,00	0,00
2	578,57	117,67	0,98	744,62	80,67	0,99	777,57	47,86	1,00	0,00
3	569,57	116,33	0,98	735,67	78,86	0,99	765,48	52,95	1,00	0,00
4	565,57	121,62	0,98	723,48	81,76	0,99	751,81	53,48	1,00	0,00
5	563,14	119,95	0,98	710,24	81,10	0,99	740,33	56,24	1,00	0,00
6	560,14	119,52	0,98	723,62	74,71	0,99	734,81	56,86	1,00	0,00
7	779,14	51,90	1,00	993,52	23,29	1,00	971,71	15,38	1,00	0,00
8	815,33	39,62	1,00	1141,76	12,90	1,00	1149,48	12,29	1,00	0,00
9	1177,90	33,05	1,00	1595,76	8,71	1,00	1442,38	8,05	1,00	0,00
10	1453,86	14,48	1,00	2065,38	5,90	1,00	1987,19	0,52	1,00	0,00
11	1655,57	8,33	1,00	2215,24	5,86	1,00	2161,43	0,52	1,00	0,00
12	1743,86	7,00	1,00	2315,52	6,29	1,00	2262,90	0,24	1,00	0,00
13	1769,67	5,95	1,00	2346,67	5,76	1,00	2311,00	0,05	1,00	0,00
14	1721,95	8,43	1,00	2263,19	5,67	1,00	2217,14	0,14	1,00	0,00
15	1433,67	21,90	1,00	1952,62	4,90	1,00	1627,14	2,71	1,00	0,00
16	1411,57	23,19	1,00	1964,52	6,05	1,00	1553,24	4,14	1,00	0,00
17	1587,33	17,24	1,00	2138,05	5,33	1,00	1694,29	3,71	1,00	0,00
18	1650,38	17,57	1,00	2173,29	5,86	1,00	1716,52	3,10	1,00	0,00
19	1650,10	14,62	1,00	2122,14	5,67	1,00	1705,52	4,10	1,00	0,00
20	1495,10	22,33	1,00	1943,24	6,24	1,00	1618,81	5,57	1,00	0,00
21	1299,24	32,10	1,00	1693,57	7,19	1,00	1423,19	9,62	1,00	0,00
22	1018,67	41,43	1,00	1366,95	14,95	1,00	1187,95	14,71	1,00	0,00
23	666,14	101,67	0,99	850,19	53,24	1,00	878,62	27,67	1,00	0,00

Continuación (Tabla 10)



Hora	Septiembre			Octubre	Noviembre			Diciembre		
	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$
0	702,70	94,35	0,99	564,93	597,29	111,52	0,98	776,71	73,29	1,00
1	697,25	95,55	0,99	557,14	588,48	112,71	0,98	754,90	80,71	0,99
2	678,15	93,00	0,99	552,64	578,57	117,67	0,98	744,62	80,67	0,99
3	678,10	89,40	0,99	554,43	569,57	116,33	0,98	735,67	78,86	0,99
4	668,25	94,85	0,99	558,00	565,57	121,62	0,98	723,48	81,76	0,99
5	665,10	96,60	0,99	551,07	563,14	119,95	0,98	710,24	81,10	0,99
6	664,25	95,95	0,99	553,21	560,14	119,52	0,98	723,62	74,71	0,99
7	802,20	43,20	1,00	801,21	779,14	51,90	1,00	993,52	23,29	1,00
8	979,45	18,50	1,00	976,29	815,33	39,62	1,00	1141,76	12,90	1,00
9	1360,05	9,20	1,00	1424,21	1177,90	33,05	1,00	1595,76	8,71	1,00
10	1606,85	1,40	1,00	1654,00	1453,86	14,48	1,00	2065,38	5,90	1,00
11	1674,90	1,75	1,00	1709,86	1655,57	8,33	1,00	2215,24	5,86	1,00
12	1758,60	2,05	1,00	1698,50	1743,86	7,00	1,00	2315,52	6,29	1,00
13	1792,60	1,90	1,00	1653,14	1769,67	5,95	1,00	2346,67	5,76	1,00
14	1717,65	2,40	1,00	1542,71	1721,95	8,43	1,00	2263,19	5,67	1,00
15	1533,10	4,30	1,00	1247,93	1433,67	21,90	1,00	1952,62	4,90	1,00
16	1435,65	6,50	1,00	1081,14	1411,57	23,19	1,00	1964,52	6,05	1,00
17	1526,60	4,25	1,00	1162,79	1587,33	17,24	1,00	2138,05	5,33	1,00
18	1527,10	4,95	1,00	1194,29	1650,38	17,57	1,00	2173,29	5,86	1,00
19	1487,25	4,10	1,00	1191,64	1650,10	14,62	1,00	2122,14	5,67	1,00
20	1397,75	5,55	1,00	1173,93	1495,10	22,33	1,00	1943,24	6,24	1,00
21	1303,15	6,25	1,00	1099,07	1299,24	32,10	1,00	1693,57	7,19	1,00
22	1135,10	16,80	1,00	927,07	1018,67	41,43	1,00	1366,95	14,95	1,00
23	749,00	88,30	0,99	605,64	666,14	101,67	0,99	850,19	53,24	1,00

Continuación (Tabla 10)

En la figura 6, se representa en una gráfica los datos de consumo anteriores:

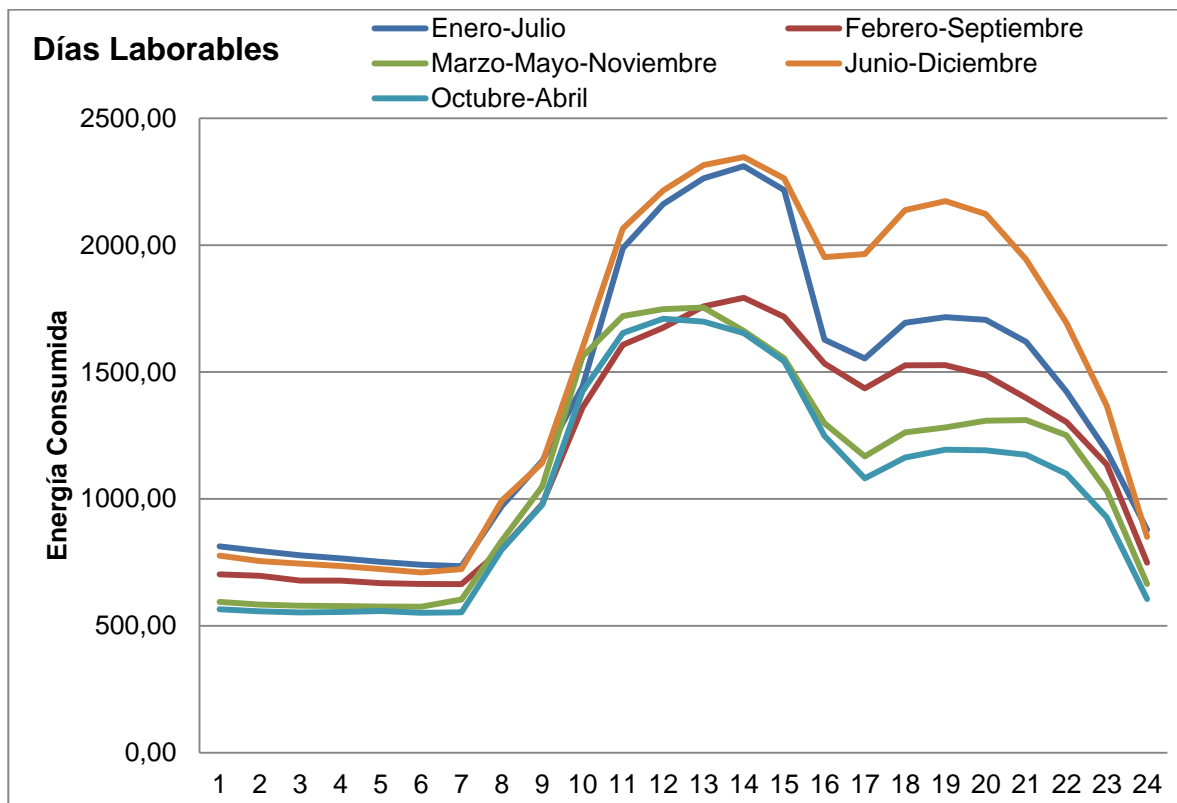


Figura 6: Perfil consumo de lunes a viernes

Como se dijo anteriormente, hay meses que tienen el mismo consumo de energía porque se han utilizado los mismos datos para varios meses. Se puede ver que todos estos meses tienen un mismo perfil de consumo, aunque la energía consumida si difiere bastante de unos meses a otros, por ejemplo los meses de más consumo son junio-diciembre y los meses de menos son octubre-abril.

## 4.2. Datos fines de semana y festivos

Los datos correspondientes a los fines de semana y festivos se encuentran en la tabla 11:

Hora	Enero			Febrero			Marzo			Abril
	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh
0	761,44	59,89	1,00	680,00	98,00	0,99	561,25	121,50	0,98	489,89
1	747,56	63,44	1,00	668,44	100,22	0,99	564,50	124,25	0,98	487,44
2	733,56	68,78	1,00	663,00	99,56	0,99	561,75	96,00	0,99	481,00
3	721,56	69,11	1,00	655,78	105,22	0,99	561,00	123,75	0,98	482,78
4	707,00	72,89	0,99	647,78	100,67	0,99	559,25	129,25	0,97	482,44
5	698,44	73,89	0,99	651,67	104,00	0,99	556,00	128,50	0,97	479,78
6	697,22	72,44	0,99	634,56	105,00	0,99	555,25	127,50	0,97	476,56
7	681,89	77,33	0,99	635,78	100,78	0,99	560,50	118,75	0,98	479,78
8	634,67	89,22	0,99	622,11	102,56	0,99	542,50	130,25	0,97	456,33
9	632,56	93,44	0,99	593,22	110,56	0,98	525,75	136,25	0,97	430,56
10	664,56	82,11	0,99	603,44	106,11	0,98	588,25	131,50	0,98	435,22
11	670,44	77,44	0,99	614,67	104,22	0,99	570,75	126,75	0,98	438,33
12	693,33	68,33	1,00	630,78	95,78	0,99	555,00	127,50	0,97	440,78
13	708,89	61,00	1,00	646,11	96,33	0,99	553,25	124,50	0,98	433,78
14	719,56	62,67	1,00	646,67	98,78	0,99	552,00	123,00	0,98	437,33
15	737,67	63,67	1,00	649,67	97,89	0,99	489,00	144,25	0,96	426,33
16	752,11	63,78	1,00	664,33	93,67	0,99	502,25	132,50	0,97	418,78
17	778,78	60,33	1,00	677,78	95,00	0,99	512,75	132,00	0,97	418,56
18	792,89	65,89	1,00	685,78	102,00	0,99	519,50	131,00	0,97	428,22
19	792,89	70,89	1,00	691,78	104,22	0,99	525,50	130,50	0,97	432,00
20	779,89	72,44	1,00	677,56	101,56	0,99	557,50	120,75	0,98	438,78
21	762,67	72,11	1,00	688,56	96,67	0,99	592,25	113,25	0,98	455,00
22	756,78	63,33	1,00	695,44	91,22	0,99	589,50	117,00	0,98	508,33
23	778,00	55,22	1,00	674,78	101,56	0,99	571,75	122,00	0,98	492,56

Tabla 11: Consumo eléctrico Universidad de Jaén de Sábados, Domingos y Festivos

Hora	Mayo			Junio			Julio			Agosto		
	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$
0	551,44	124,67	0,98	725,00	85,88	0,99	761,44	59,89	1,00	706,67	96,67	0,99
1	544,67	129,22	0,97	709,88	88,13	0,99	747,56	63,44	1,00	689,11	99,89	0,99
2	541,56	127,67	0,97	699,50	90,75	0,99	733,56	68,78	1,00	676,22	102,67	0,99
3	535,11	127,56	0,97	681,25	90,00	0,99	721,56	69,11	1,00	661,00	104,67	0,99
4	530,89	131,89	0,97	665,25	94,38	0,99	707,00	72,89	0,99	645,44	109,11	0,99
5	530,56	131,56	0,97	655,50	94,00	0,99	698,44	73,89	0,99	634,22	111,33	0,98
6	529,89	126,67	0,97	656,63	95,63	0,99	697,22	72,44	0,99	625,78	114,33	0,98
7	534,89	125,22	0,97	639,50	95,13	0,99	681,89	77,33	0,99	620,89	110,00	0,98
8	472,56	137,22	0,96	597,75	106,63	0,98	634,67	89,22	0,99	588,56	107,67	0,98
9	476,89	137,22	0,96	603,13	105,50	0,99	632,56	93,44	0,99	553,00	114,78	0,98
10	477,11	131,67	0,96	679,25	89,50	0,99	664,56	82,11	0,99	571,00	104,56	0,98
11	489,33	130,67	0,97	684,75	88,88	0,99	670,44	77,44	0,99	592,78	103,11	0,99
12	492,44	127,11	0,97	696,13	95,75	0,99	693,33	68,33	1,00	611,78	99,56	0,99
13	498,00	128,44	0,97	706,75	95,88	0,99	708,89	61,00	1,00	623,56	102,11	0,99
14	492,44	129,56	0,97	718,63	90,00	0,99	719,56	62,67	1,00	644,00	100,56	0,99
15	485,22	132,89	0,96	702,13	93,50	0,99	737,67	63,67	1,00	661,78	99,44	0,99
16	484,78	134,22	0,96	734,88	97,38	0,99	752,11	63,78	1,00	671,56	100,78	0,99
17	490,11	136,67	0,96	757,38	92,75	0,99	778,78	60,33	1,00	686,78	96,44	0,99
18	501,89	135,44	0,97	779,13	101,50	0,99	792,89	65,89	1,00	697,00	99,44	0,99
19	503,67	132,78	0,97	774,63	99,00	0,99	792,89	70,89	1,00	704,67	101,78	0,99
20	504,33	133,33	0,97	773,50	93,75	0,99	779,89	72,44	1,00	690,89	103,00	0,99
21	509,67	126,78	0,97	747,25	98,75	0,99	762,67	72,11	1,00	679,56	104,00	0,99
22	538,67	123,89	0,97	721,63	92,38	0,99	756,78	63,33	1,00	705,78	95,44	0,99
23	540,78	122,78	0,98	730,50	93,75	0,99	778,00	55,22	1,00	694,44	102,78	0,99

Continuación (Tabla 11)

Hora	Septiembre			Octubre	Noviembre			Diciembre		
	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$
0	680,00	98,00	0,99	489,89	551,44	124,67	0,98	551,44	124,67	0,98
1	668,44	100,22	0,99	487,44	544,67	129,22	0,97	544,67	129,22	0,97
2	663,00	99,56	0,99	481,00	541,56	127,67	0,97	541,56	127,67	0,97
3	655,78	105,22	0,99	482,78	535,11	127,56	0,97	535,11	127,56	0,97
4	647,78	100,67	0,99	482,44	530,89	131,89	0,97	530,89	131,89	0,97
5	651,67	104,00	0,99	479,78	530,56	131,56	0,97	530,56	131,56	0,97
6	634,56	105,00	0,99	476,56	529,89	126,67	0,97	529,89	126,67	0,97
7	635,78	100,78	0,99	479,78	534,89	125,22	0,97	534,89	125,22	0,97
8	622,11	102,56	0,99	456,33	472,56	137,22	0,96	472,56	137,22	0,96
9	593,22	110,56	0,98	430,56	476,89	137,22	0,96	476,89	137,22	0,96
10	603,44	106,11	0,98	435,22	477,11	131,67	0,96	477,11	131,67	0,96
11	614,67	104,22	0,99	438,33	489,33	130,67	0,97	489,33	130,67	0,97
12	630,78	95,78	0,99	440,78	492,44	127,11	0,97	492,44	127,11	0,97
13	646,11	96,33	0,99	433,78	498,00	128,44	0,97	498,00	128,44	0,97
14	646,67	98,78	0,99	437,33	492,44	129,56	0,97	492,44	129,56	0,97
15	649,67	97,89	0,99	426,33	485,22	132,89	0,96	485,22	132,89	0,96
16	664,33	93,67	0,99	418,78	484,78	134,22	0,96	484,78	134,22	0,96
17	677,78	95,00	0,99	418,56	490,11	136,67	0,96	490,11	136,67	0,96
18	685,78	102,00	0,99	428,22	501,89	135,44	0,97	501,89	135,44	0,97
19	691,78	104,22	0,99	432,00	503,67	132,78	0,97	503,67	132,78	0,97
20	677,56	101,56	0,99	438,78	504,33	133,33	0,97	504,33	133,33	0,97
21	688,56	96,67	0,99	455,00	509,67	126,78	0,97	509,67	126,78	0,97
22	695,44	91,22	0,99	508,33	538,67	123,89	0,97	538,67	123,89	0,97
23	674,78	101,56	0,99	492,56	540,78	122,78	0,98	540,78	122,78	0,98

Continuación (Tabla 11)

Los anteriores datos se representan gráficamente en la figura 7:

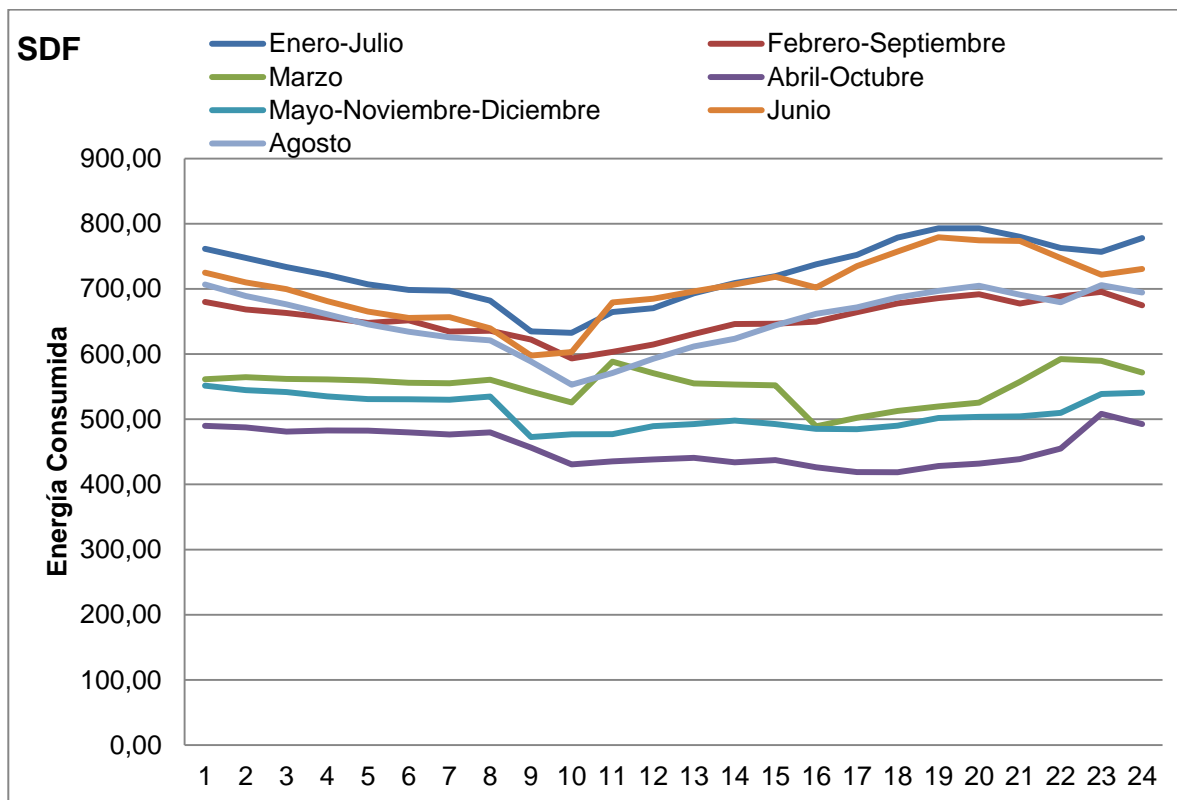


Figura 7: Perfil consumo de Sábados, Domingos y Festivos

Como ocurre con los días laborables se han agrupado los meses en los que coinciden la potencia consumida, el perfil de consumo tiene una forma distinta a los días laborables.

### 4.3. Datos periodo de vacaciones

Los datos de consumo correspondiente al periodo vacacional se muestran en la tabla 12:

Hora	Enero			Abril	Agosto			Diciembre		
	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kWh	kVArh	Cos $\phi$	kWh	kVArh	Cos $\phi$
0	688,10	104,76	0,99	523,67	688,10	104,76	0,99	688,10	104,76	0,99
1	676,43	106,00	0,99	509,33	676,43	106,00	0,99	676,43	106,00	0,99
2	659,71	110,24	0,99	510,00	659,71	110,24	0,99	659,71	110,24	0,99
3	649,62	108,62	0,99	506,33	649,62	108,62	0,99	649,62	108,62	0,99
4	637,95	110,52	0,99	511,33	637,95	110,52	0,99	637,95	110,52	0,99
5	628,48	108,67	0,99	506,67	628,48	108,67	0,99	628,48	108,67	0,99
6	622,52	106,19	0,99	512,00	622,52	106,19	0,99	622,52	106,19	0,99
7	637,14	100,24	0,99	635,50	637,14	100,24	0,99	637,14	100,24	0,99
8	671,43	101,81	0,99	756,83	671,43	101,81	0,99	671,43	101,81	0,99
9	794,90	101,86	0,99	777,33	794,90	101,86	0,99	794,90	101,86	0,99
10	928,00	78,48	1,00	870,33	928,00	78,48	1,00	928,00	78,48	1,00
11	996,14	73,90	1,00	826,33	996,14	73,90	1,00	996,14	73,90	1,00
12	1047,38	69,14	1,00	784,00	1047,38	69,14	1,00	1047,38	69,14	1,00
13	1071,24	66,38	1,00	774,83	1071,24	66,38	1,00	1071,24	66,38	1,00
14	1013,19	68,90	1,00	700,00	1013,19	68,90	1,00	1013,19	68,90	1,00
15	763,52	92,62	0,99	647,67	763,52	92,62	0,99	763,52	92,62	0,99
16	730,86	100,38	0,99	602,33	730,86	100,38	0,99	730,86	100,38	0,99
17	748,57	99,10	0,99	604,67	748,57	99,10	0,99	748,57	99,10	0,99
18	763,95	97,81	0,99	586,17	763,95	97,81	0,99	763,95	97,81	0,99
19	755,05	101,90	0,99	598,67	755,05	101,90	0,99	755,05	101,90	0,99
20	739,19	103,57	0,99	607,83	739,19	103,57	0,99	739,19	103,57	0,99
21	723,52	102,86	0,99	629,17	723,52	102,86	0,99	723,52	102,86	0,99
22	745,10	94,62	0,99	658,17	745,10	94,62	0,99	745,10	94,62	0,99
23	725,62	99,14	0,99	573,00	725,62	99,14	0,99	725,62	99,14	0,99

Tabla 12: Consumo eléctrico Universidad de Jaén periodo Vacaciones

Los anteriores datos se representan gráficamente en la figura 8:

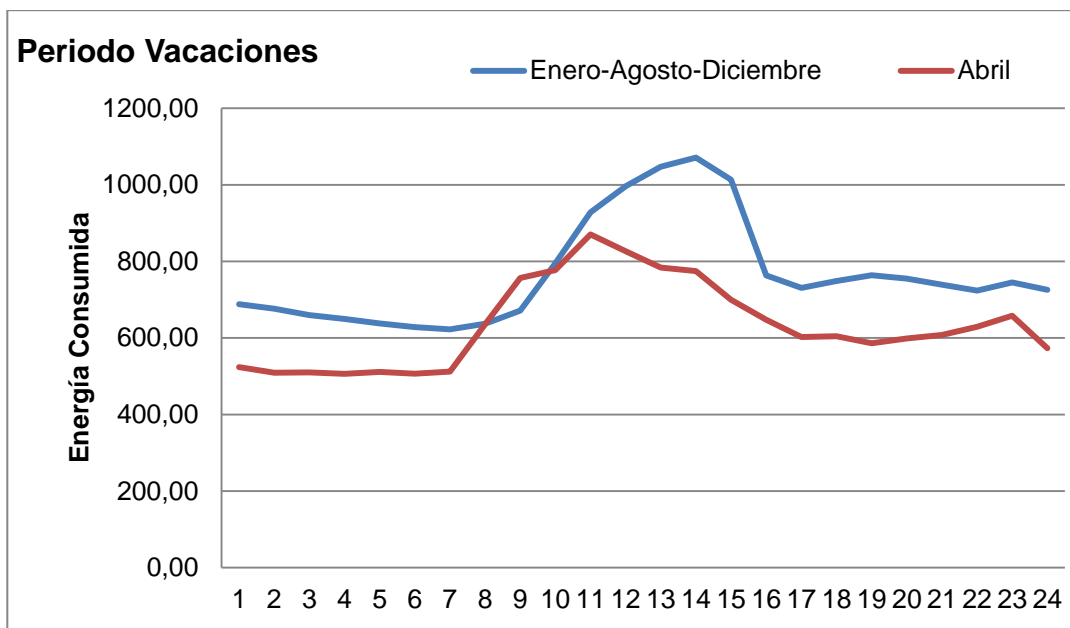


Figura 8: Perfil consumo del periodo de Vacaciones

Para el caso de los días de vacaciones que se dan entre los meses de enero, agosto y diciembre se consume la misma energía. En abril se han incluido los días de Semana Santa.



### 3. GENERACIÓN DE ENERGÍA

En el cálculo de la energía generada se ha tenido en cuenta la situación de la instalación fotovoltaica, para ello utilizando las coordenadas geográficas a través del portal de la NASA [5], se obtienen los datos de radiación, temperaturas máximas y mínimas. A partir de ello se puede empezar el cálculo de la energía generada en un día típico de cada mes, esto es un día cualquiera de un mes.

La generación de energía será estudiada para cada edificio por separado con su inclinación y azimut específico además de su potencia pico instalada y teniendo en cuenta una serie de pérdidas debidas al polvo, el inversor, sombreado, por efecto de la temperatura, etc.

Para la estimación de la energía generada, se utilizará una herramienta Excel realizada en el departamento de Ingeniería Electrónica y Automática, a la cual se le ha introducido algunas modificaciones en cuanto a la estimación de pérdidas.

Esta herramienta calcula la energía producida por una instalación fotovoltaica con el Método de Osterwarld, también descuenta a esta energía producida las diferentes pérdidas producidas en la generación y transformación de esta energía.

El Método de Osterwarld se define en la siguiente ecuación:

$$P_m = P_{m,STC} * G / G_{STC} * [1 - \gamma * (T_c - 25)]$$

Dónde:

$P_m$  = Potencia instalación (W)

$P_{m,STC}$  = Potencia instalación en condiciones estándar (W)

$G$  = Irradiancia que recibe la célula (W/m<sup>2</sup>)

$G_{STC}$  = Irradiancia en condiciones estándar (1000 W/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Coeficiente de variación de la potencia con la temperatura (°C<sup>-1</sup>)

$T_c$  = Temperatura del módulo (°C)

*(Ecuación 1)*

La herramienta permite el cálculo de la irradiancia directa que incide en el módulo, con su respectiva inclinación, y con la temperatura ambiente permite conocer la temperatura en la célula.

Los datos de partida, tabla 13, serán las coordenadas geográficas del lugar, la irradiación global promedio mensual en una superficie horizontal y las temperaturas máximas y mínimas. Estos son comunes a las distintas instalaciones.

LUGAR			
Latitud	37,789	Longitud	-3,778
	<b>H<sub>dm</sub>(0) (kWh/m2)</b>	<b>T máx (°C)</b>	<b>T min (°C)</b>
Enero	2,5	14	1,4
Febrero	3,38	18,1	2,42
Marzo	4,57	24,4	5,05
Abril	5,45	29	7,72
Mayo	6,32	35,9	12,5
Junio	7,33	44,1	18,3
Julio	7,61	48	20,9
Agosto	6,55	45,9	19,9
Septiembre	5,07	38,1	16,3
Octubre	3,52	28,4	11,7
Noviembre	2,54	19,6	6,62
Diciembre	2,1	14,7	3,27
Anual	4,75	30	10,5

Tabla 13: Datos Irradiación global, temperaturas máx. y min.

### 3.1. Edificio A-4

En el edificio A-4 se sabe que se podrán instalar 101 kWp con un acimut de 0° y 30° de inclinación de los módulos. De tal manera se tiene la energía generada en la tabla 14:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	13,4	28,6	42,0	50,4	52,7	49,1	40,1	26,8	12,5	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0,0	0,0	4,1	17,9	34,0	47,5	55,7	57,8	54,2	45,3	31,9	16,7	3,8	0,0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0,0	0,0	7,6	22,4	38,8	51,8	59,3	61,2	57,7	49,2	36,3	20,7	7,0	0,0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0,0	1,9	10,0	24,0	38,6	49,8	56,2	57,2	54,6	47,2	35,9	22,0	9,1	1,7	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0,1	3,3	11,7	25,4	39,3	49,7	55,1	56,4	53,3	46,8	36,3	23,1	10,6	3,0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0,9	3,6	13,0	28,2	43,1	54,1	60,0	61,2	58,0	50,8	39,7	25,6	11,8	3,3	0,8	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0,5	3,2	13,5	30,4	47,2	59,5	66,3	67,7	64,2	56,2	43,8	28,0	12,4	2,9	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0,0	2,3	12,2	29,3	47,0	60,4	68,0	69,9	69,9	57,7	44,2	27,4	11,4	2,1	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0,0	0,4	9,2	25,5	43,5	57,8	66,3	68,6	64,9	55,7	41,4	24,2	8,8	0,3	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	5,1	18,9	35,4	49,4	58,0	60,5	56,9	47,7	33,9	18,0	4,9	0,0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	13,9	29,3	43,6	53,1	56,4	53,1	43,6	29,3	13,9	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	10,5	23,2	33,8	40,0	41,6	38,9	32,1	21,7	9,8	0,0	0,0	0	0	0	0	0

Tabla 14: Producción energía horaria edificio A-4

En la tabla 14 se tiene los kWh generados por la instalación fotovoltaica en cada hora, como se puede ver solo genera en las horas centrales del día.

La energía total inyectada a la red interna de la Universidad en un año, desgranando las diferentes pérdidas se puede ver en la tabla 15:

Energía DC (kWh) GFV			171459
Perdidas DC	Mismatch	2,0%	
	Óhmicas DC	1,0%	
	Polvo y suciedad	2,0%	Incluidas en el modelo
	Angulares y espectrales	1,0%	Incluidas en el modelo
	Potencia Nominal	1,0%	
Total perdidas parte DC			4,0%
			Energía DC (kWh)
			164601
Perdidas imputables al inversor	Rendimiento del seguimiento del PMP	98,0%	
	Rendimiento conversión DC/AC	96,0%	
			94%
			Energía AC (kWh)
			154856
Otras perdidas	óhmicas en AC	1,5%	
	sombreado	0,0%	
	Otros (paradas, bajas irradiancias...	4,0%	
	Total otras perdidas		5,5%
			Energía inyectada a la red (kWh)
			146339

Tabla 15: Cuadro pérdidas edificio A-4

En la anterior tabla se ha mostrado la energía total en un año, a esta energía se ha ido descontando las distintas pérdidas que se explicarán a continuación.

La corriente continua posee unas pérdidas debidas a los paneles fotovoltaicos, por ejemplo las angulares por la no correcta alineación con el Sol, perdidas por polvo y suciedad, etc. Estas pérdidas representan un 4%.

Otras pérdidas son por la transformación de corriente continua a corriente alterna, estas pérdidas son generadas por el inversor y representan un 6%. Por último se tienen otras pérdidas que son por efecto óhmico, es decir por la resistividad de los materiales, bajas irradiancias y paradas, de esta manera se tiene unas pérdidas de 5,5% en esta parte.

### 3.2. Edificio D-2

Para el edificio D-2 se tiene una potencia instalada de 55 kWp, con una inclinación y azimut óptimos.

La energía obtenida por tanto se encuentra en la tabla 16:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	7,3	15,5	22,9	27,4	28,7	26,7	21,8	14,6	6,8	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0,0	0,0	2,3	9,8	18,5	25,9	30,3	31,5	29,5	24,7	17,4	9,1	2,1	0,0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0,0	0,0	4,1	12,2	21,1	28,2	32,3	33,3	31,4	26,8	19,8	11,3	3,8	0,0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0,0	1,0	5,4	13,0	21,0	27,1	30,6	31,1	29,7	25,7	19,5	12,0	5,0	0,9	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0,1	1,8	6,4	13,8	21,4	27,1	30,0	30,7	29,0	25,5	19,7	12,6	5,8	1,6	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0,5	2,0	7,1	15,4	23,5	29,4	32,7	33,3	31,6	27,7	21,6	13,9	6,4	1,8	0,4	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0,3	1,7	7,4	16,6	25,7	32,4	36,1	36,8	34,9	30,6	23,9	15,2	6,7	1,6	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0,0	1,2	6,6	16,0	25,6	32,9	37,1	38,1	38,1	31,4	24,1	14,9	6,2	1,2	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0,0	0,2	5,0	13,9	23,7	31,5	36,1	37,3	35,3	30,3	22,6	13,2	4,8	0,2	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	2,8	10,3	19,3	26,9	31,6	32,9	31,0	26,0	18,5	9,8	2,6	0,0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	7,6	16,0	23,7	28,9	30,7	28,9	23,7	16,0	7,6	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	5,7	12,6	18,4	21,8	22,7	21,2	17,5	11,8	5,3	0,0	0,0	0	0	0	0	0

Tabla 16: Producción energía horaria edificio D-2

Una vez se haya calculado la energía generada por esta instalación, en la tabla 17, se tiene la energía total generada en un año y las distintas pérdidas que se tienen.

Energía DC (kWh) GFV		93369
Perdidas DC	Mismatch	2,0%
	Óhmicas DC	1,0%
	Polvo y suciedad	2,0% Incluidas en el modelo
	Angulares y espectrales	1,0% Incluidas en el modelo
	Potencia Nominal	1,0%
Total perdidas parte DC		4,0%
		Energía DC (kWh)
		89634
Perdidas imputables al inversor	Rendimiento del seguimiento del PMP	98,0%
	Rendimiento conversión DC/AC	96,0%
		94%
		Energía AC (kWh)
		84328
Otras perdidas	óhmicas en AC	1,5%
	sombreado	0,0%
	Otros (paradas, bajas irradiancias...	4,0%
	Total otras perdidas	5,5%
		Energía inyectada a la red (kWh)
		79690

Tabla 17: Cuadro pérdidas edificio D-2

**3.3. Edificio D-3**

Procediendo de igual manera con la potencia de 91 kWp y con un azimut e inclinación óptima se tiene la energía producida, que se puede ver en la tabla 18:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	12,1	25,7	37,8	45,4	47,5	44,2	36,1	24,2	11,2	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0,0	0,0	3,7	16,2	30,6	42,8	50,1	52,1	48,9	40,8	28,7	15,0	3,5	0,0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0,0	0,0	6,9	20,2	34,9	46,6	53,4	55,1	52,0	44,4	32,7	18,7	6,3	0,0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0,0	1,7	9,0	21,6	34,8	44,9	50,6	51,5	49,2	42,5	32,3	19,8	8,2	1,5	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0,1	3,0	10,5	22,9	35,4	44,8	49,6	50,8	48,0	42,2	32,7	20,8	9,5	2,7	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0,8	3,3	11,8	25,4	38,8	48,7	54,1	55,2	52,3	45,8	35,8	23,1	10,6	2,9	0,7	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0,4	2,9	12,2	27,4	42,5	53,6	59,7	61,0	57,8	50,7	39,5	25,2	11,1	2,6	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0,0	2,0	11,0	26,4	42,3	54,5	61,3	63,0	63,0	52,0	39,9	24,7	10,3	1,9	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0,0	0,3	8,3	23,0	39,2	52,1	59,7	61,8	58,4	50,1	37,3	21,8	7,9	0,3	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	4,6	17,0	31,9	44,5	52,3	54,5	51,3	43,0	30,5	16,3	4,4	0,0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	12,5	26,4	39,2	47,9	50,8	47,9	39,2	26,4	12,5	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	9,5	20,9	30,5	36,1	37,5	35,1	29,0	19,6	8,8	0,0	0,0	0	0	0	0	0

Tabla 18: Producción energía horaria edificio D-3

En la tabla 19 se tiene la energía total generada en un año y las distintas pérdidas que se encuentran en un sistema fotovoltaico.

Energía DC (kWh) GFV		154483
Perdidas DC	Mismatch	2,0%
	Óhmicas DC	1,0%
	Polvo y suciedad	2,0% Incluidas en el modelo
	Angulares y espectrales	1,0% Incluidas en el modelo
	Potencia Nominal	1,0%
Total perdidas parte DC		4,0%
		Energía DC (kWh)
		148304
Perdidas imputables al inversor	Rendimiento del seguimiento del PMP	98,0%
	Rendimiento conversión DC/AC	96,0%
		Energía AC (kWh)
		139524
Otras pérdidas	óhmicas en AC	1,5%
	sombreado	0,0%
	Otros (paradas, bajas irradiancias...	4,0%
	Total otras pérdidas	
		Energía inyectada a la red (kWh)
		131850

Tabla 19: Cuadro pérdidas edificio D-3

### 3.4. Aparcamiento Norte

En el aparcamiento norte se tiene una potencia de 398 kWp y una inclinación de 8 grados y un azimut de 42 grados se tiene la energía producida, según la tabla 20:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	16	51	92	124	138	132	108	70	30	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	4	30	75	121	155	170	163	138	97	51	12	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	15	53	106	155	188	201	194	170	129	79	31	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	7	31	75	126	169	197	206	201	180	144	99	51	13	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	14	45	93	143	183	206	215	209	190	158	115	68	27	1	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	3	18	57	111	165	207	232	240	233	213	180	135	83	36	5	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	2	15	56	116	177	224	252	262	255	233	196	145	88	36	3	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	8	40	97	160	212	245	257	257	226	185	130	70	22	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	1	21	67	127	181	218	232	226	199	154	98	43	4	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	7	37	85	133	169	184	178	152	109	60	17	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	19	56	100	135	152	147	121	80	36	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	12	41	74	100	111	106	86	56	22	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 20: Producción energía horaria Aparcamiento Norte

En la tabla 21 se encuentra la energía total generada en un año y las diferentes pérdidas que se puede encontrar en un sistema fotovoltaico.

Energía DC (kWh) GFV			581758
Perdidas DC	Mismatch	2,0%	
	Óhmicas DC	1,0%	
	Polvo y suciedad	2,0%	Incluidas en el modelo
	Angulares y espectrales	1,0%	Incluidas en el modelo
	Potencia Nominal	1,0%	
Total perdidas parte DC			4,0%
			Energía DC (kWh)
			558488
Perdidas imputables al inversor	Rendimiento del seguimiento del PMP	98,0%	
	Rendimiento conversión DC/AC	96,0%	
			94%
			Energía AC (kWh)
			525425
Otras perdidas	óhmicas en AC	1,5%	
	sombreado	0,0%	
	Otros (paradas, bajas irradiancias...)	4,0%	
	Total otras perdidas	5,5%	
			Energía inyectada a la red (kWh)
			496527

Tabla 21: Cuadro pérdidas edificio Aparcamiento Norte

### 3.5. Aparcamiento Sur

Para el aparcamiento sur se tiene una potencia instalada de 330, con un azimut 40 grados y una inclinación de 8 grados, de esta manera se tiene la tabla 22:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	14	43	77	103	115	110	89	58	25	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	3	26	63	102	130	141	136	114	81	42	10	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	13	45	89	129	156	167	161	141	107	65	26	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	6	26	63	105	141	163	171	167	149	119	81	42	11	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	11	38	78	119	152	171	178	173	158	131	95	56	22	1	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	3	15	47	93	138	172	192	199	193	177	149	111	68	30	4	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	1	13	47	97	148	186	210	218	212	193	162	120	72	29	3	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	7	34	81	134	177	203	213	213	187	153	107	58	18	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	1	18	56	106	151	181	193	187	165	128	81	35	4	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	6	31	71	111	141	153	148	126	90	49	14	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	16	47	84	113	127	122	101	67	30	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	10	34	62	83	92	88	72	46	19	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 22: Producción energía horaria Aparcamiento Sur

En la tabla 23 se encuentra la energía total generada en un año por esta instalación, también se encuentran las pérdidas que tiene.

Energía DC (kWh) GFV			483294
Perdidas DC	Mismatch	2,0%	
	Óhmicas DC	1,0%	
	Polvo y suciedad	2,0%	Incluidas en el modelo
	Angulares y espectrales	1,0%	Incluidas en el modelo
	Potencia Nominal	1,0%	
Total perdidas parte DC			4,0%
			Energía DC (kWh)
			463962
Perdidas imputables al inversor	Rendimiento del seguimiento del PMP	98,0%	
	Rendimiento conversión DC/AC	96,0%	
			94%
			Energía AC (kWh)
			436496
Otras perdidas	óhmicas en AC	1,5%	
	sombreado	0,0%	
	Otros (paradas, bajas irradiancias...)	4,0%	
	Total otras perdidas		5,5%
			Energía inyectada a la red (kWh)
			412488

Tabla 23: Cuadro pérdidas edificio Aparcamiento Sur



## 4. ANÁLISIS ENERGÉTICO

### 4.1. Análisis de generación eléctrica

El análisis de la generación eléctrica tiene como objetivo la obtención del precio que el productor tiene que pagar por la generación, es decir, en el RD 900/2015 se estipula unos recargos asociados a la generación de energía eléctrica con tecnologías fotovoltaicas.

De esta forma en este apartado se busca obtener un precio medio en €/kWh que se ha de pagar por generar esta energía.

El cálculo de este precio se realiza sumando toda la energía generada durante un año y dividiéndola entre el precio que se ha de pagar por esta energía, la energía generada ya se ha obtenido anteriormente, para el precio de esta energía, como se comentó en el apartado legislativo consta de 3 partes, un cargo fijo, un cargo variable y un cargo debido a componentes asociados al sistema.

#### 4.1.1. Cargo fijo en generación

Para el cálculo del cargo fijo se realiza multiplicando la potencia fotovoltaica instalada por los diferentes periodos de acceso a la red, según tabla 2, y sumando el precio de acceso por periodo se obtiene el precio a pagar por año, en la tabla 24 se ha realizado este cálculo.

Potencia total instalada	975 kWp		
Termino fijo €/kW	1	22,474651 €/kW	21.912,78 €
	2	8,056099 €/kW	7.854,70 €
	3	9,872687 €/kW	9.625,87 €
	4	11,969862 €/kW	11.670,62 €
	5	14,279130 €/kW	13.922,15 €
	6	4,911990 €/kW	4.789,19 €
Total			69.775,31 €/año

Tabla 24: Cuadro Precio Cargo Fijo

**4.1.2. Costos asociados al sistema en generación**

El cálculo de los costes asociados al sistema, se realiza multiplicando la energía total generada al año por cada uno de los términos que se describió en la tabla 4, este cargo es independiente del periodo de generación.

La energía total producida al año se presenta en la tabla 25, para la energía total se ha utilizado la tabla 27 donde se encuentra la energía total producida:

	Día	Nº Días	Mes
Enero	2.166 kWh	31	67.156 kWh
Febrero	2.767 kWh	29	80.229 kWh
Marzo	3.425 kWh	31	106.175 kWh
Abril	3.740 kWh	30	112.186 kWh
Mayo	4.065 kWh	31	126.005 kWh
Junio 1 quin	4.620 kWh	15	69.307 kWh
Junio 2 quin	4.620 kWh	15	69.307 kWh
Julio	4.984 kWh	31	154.495 kWh
Agosto	4.720 kWh	31	146.320 kWh
Septiembre	4.017 kWh	30	120.511 kWh
Octubre	3.024 kWh	31	93.738 kWh
Noviembre	2.377 kWh	30	71.302 kWh
Diciembre	1.729 kWh	31	53.598 kWh
Total			1.270.329 kWh

**Tabla 25: Energía total producida al año**

Habiéndose obtenido la energía total producida en un año se multiplica por los distintos cargos y se suman, en la tabla 26 se realiza este cálculo:

Energía Generada al año		1270329 kWh/año
Componentes	€/kWh	
Operador Merc.	0,000025	31,76 €
Operador Siste	0,000109	138,47 €
Servi. Interrum	0,0019	2.413,63 €
Servicio Ajust	0,00453	5.754,59 €
Total		8.338,44 €/año

**Tabla 26: Cuadro Precio Costes asociados**

**4.1.3. Cargos variables en generación**

Para el cargo variable se procede multiplicando los kWh generados, que se encuentran en la tabla 27, por el cargo regulado en el RD 900/2015, que se presenta en la tabla 3.

Este cargo se ha de calcular teniendo en cuenta los periodos de generación, tabla 6, pues no se cobra igual un kWh generado a una hora que a otra. Para el cálculo de los cargos se multiplica el precio de la tabla 3 por la energía generada, tabla 27, también hay que tener en cuenta que para los días no laborables el cargo es solo según el periodo 6, por ello se obtendrá dos tablas una para laborables y otra para fines de semana, festivos y periodo de vacaciones, por último se ha de sumar el precio por día para las dos tablas y multiplicando por el número de días correspondientes, según si son días laborables o no, se obtiene el precio a pagar por termino variable por año.

kWh/día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Enero</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,23	163,54	271,48
<b>Febrero</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,78	99,81	220,79	339,13
<b>Marzo</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,94	153,01	289,52	410,36
<b>Abril</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,15	80,91	196,70	325,75	431,84
<b>Mayo</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	33,23	112,02	233,61	358,68	456,63
<b>Junio 1 quince</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,71	41,17	135,80	273,01	408,35	510,98
<b>Junio 2 quince</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,71	41,17	135,80	273,01	408,35	510,98
<b>Julio</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,17	35,4161	135,09	287,80	440,05	556,17
<b>Agosto</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,64	103,19	250,06	408,71	536,48
<b>Septiembre</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,38	61,00	185,46	338,98	473,35
<b>Octubre</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,18	114,88	242,24	365,58
<b>Noviembre</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,58	175,33	290,05
<b>Diciembre</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,22	131,87	218,99

Tabla 27: Cuadro energía total producida

kWh/día	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Enero</b>	350,55	382,10	361,98	295,00	193,98	85,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Febrero</b>	421,11	452,58	431,89	363,21	256,03	133,66	30,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Marzo</b>	488,87	517,29	496,69	430,66	324,46	194,32	73,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Abril</b>	497,54	516,58	500,78	443,72	351,42	233,65	114,95	28,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mayo</b>	512,67	531,27	512,26	462,46	377,57	266,68	149,19	55,44	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Junio 1 quince</b>	570,64	588,79	568,64	514,30	426,31	308,95	180,68	73,79	11,32	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Junio 2 quince</b>	570,64	588,79	568,64	514,30	426,31	308,95	180,68	73,79	11,32	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Julio</b>	624,01	645,21	623,82	563,90	465,59	333,66	190,13	71,75	6,96	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Agosto</b>	614,71	641,48	641,48	553,97	445,39	303,33	156,12	44,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Septiembre</b>	560,75	593,08	571,41	499,74	383,14	237,96	99,92	8,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Octubre</b>	451,53	485,31	464,70	393,90	282,56	153,51	43,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Noviembre</b>	377,97	417,17	399,57	328,32	218,58	100,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Diciembre</b>	280,75	304,42	288,64	236,29	154,94	64,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Continuación (Tabla 27)

La tabla 27 corresponde a los kWh generados en cada hora por todas las instalaciones fotovoltaicas en un día típico de cada mes.

En la tabla 28 se tiene el precio a pagar por hora en los días laborables por la energía generada:

€/h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Enero	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,80 €	2,10 €	3,53 €
Febrero	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,14 €	1,28 €	2,83 €	4,41 €
Marzo	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,37 €	1,60 €	3,02 €	4,28 €
Abril	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,14 €	0,64 €	2,20 €	3,65 €	4,84 €
Mayo	- €	- €	- €	- €	- €	0,01 €	0,26 €	0,89 €	2,62 €	4,02 €	5,12 €
Junio 1 quin	- €	- €	- €	- €	- €	0,06 €	0,33 €	1,08 €	2,85 €	3,67 €	4,60 €
Junio 2 quin	- €	- €	- €	- €	- €	0,06 €	0,33 €	1,08 €	3,50 €	5,24 €	6,56 €
Julio	- €	- €	- €	- €	- €	0,03 €	0,28 €	1,07 €	3,69 €	5,65 €	7,14 €
Agosto	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Septiembre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,03 €	0,49 €	1,93 €	3,05 €	4,26 €
Octubre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,21 €	1,29 €	2,71 €	4,10 €
Noviembre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,73 €	1,83 €	3,03 €
Diciembre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,62 €	1,69 €	2,85 €

Tabla 28: €/h en días laborables

€/día	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	4,56 €	4,97 €	4,65 €	3,79 €	2,49 €	1,10 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Febrero	5,47 €	5,88 €	5,54 €	4,66 €	3,29 €	1,72 €	0,39 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Marzo	5,10 €	5,40 €	5,18 €	4,49 €	3,38 €	1,75 €	0,66 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Abril	5,58 €	5,79 €	5,61 €	4,97 €	3,94 €	2,62 €	1,29 €	0,32 €	- €	- €	- €	- €	- €
Mayo	5,74 €	5,95 €	5,74 €	5,18 €	4,23 €	2,99 €	1,67 €	0,62 €	0,02 €	- €	- €	- €	- €
Junio 1 quin	5,13 €	5,30 €	5,12 €	4,63 €	4,45 €	3,22 €	1,88 €	0,77 €	0,12 €	- €	- €	- €	- €
Junio 2 quin	7,42 €	7,65 €	7,39 €	6,68 €	5,54 €	4,01 €	2,35 €	0,96 €	0,15 €	- €	- €	- €	- €
Julio	8,11 €	8,38 €	8,11 €	7,33 €	6,05 €	4,34 €	2,47 €	0,93 €	0,09 €	- €	- €	- €	- €
Agosto	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Septiembre	5,04 €	5,34 €	5,14 €	4,50 €	4,00 €	2,48 €	1,04 €	0,09 €	- €	- €	- €	- €	- €
Octubre	5,06 €	5,44 €	5,21 €	4,41 €	3,17 €	1,72 €	0,49 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Noviembre	3,94 €	4,35 €	4,17 €	3,42 €	2,28 €	0,90 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Diciembre	3,65 €	3,96 €	3,71 €	3,03 €	1,99 €	0,83 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €

Continuación (Tabla 28)

De igual forma se tiene para los fines de semana, festivos y periodo de vacaciones solo que para este caso solo se multiplica por el precio del periodo 6, de ahí se tiene la tabla 29:

€/día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Enero	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,49 €	1,30 €	2,16 €
Febrero	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,14 €	0,79 €	1,76 €	2,70 €
Marzo	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,37 €	1,22 €	2,30 €	3,26 €
Abril	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,14 €	0,64 €	1,56 €	2,59 €	3,43 €
Mayo	- €	- €	- €	- €	- €	0,01 €	0,26 €	0,89 €	1,86 €	2,85 €	3,63 €
Junio	- €	- €	- €	- €	- €	0,06 €	0,33 €	1,08 €	2,17 €	3,25 €	4,06 €
Julio	- €	- €	- €	- €	- €	0,03 €	0,28 €	1,07 €	2,29 €	3,50 €	4,42 €
Agosto	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,16 €	0,82 €	1,99 €	3,25 €	4,27 €
Septiembre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,03 €	0,49 €	1,47 €	2,70 €	3,76 €
Octubre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,21 €	0,91 €	1,93 €	2,91 €
Noviembre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,55 €	1,39 €	2,31 €
Diciembre	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,38 €	1,05 €	1,74 €

Tabla 29: €/h en fines de semana, festivos y periodo de vacaciones

€/día	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	2,79 €	3,04 €	2,88 €	2,35 €	1,54 €	0,68 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Febrero	3,35 €	3,60 €	3,43 €	2,89 €	2,04 €	1,06 €	0,24 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Marzo	3,89 €	4,11 €	3,95 €	3,42 €	2,58 €	1,55 €	0,59 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Abril	3,96 €	4,11 €	3,98 €	3,53 €	2,79 €	1,86 €	0,91 €	0,23 €	- €	- €	- €	- €	- €
Mayo	4,08 €	4,22 €	4,07 €	3,68 €	3,00 €	2,12 €	1,19 €	0,44 €	0,02 €	- €	- €	- €	- €
Junio	4,54 €	4,68 €	4,52 €	4,09 €	3,39 €	2,46 €	1,44 €	0,59 €	0,09 €	- €	- €	- €	- €
Julio	4,96 €	5,13 €	4,96 €	4,48 €	3,70 €	2,65 €	1,51 €	0,57 €	0,06 €	- €	- €	- €	- €
Agosto	4,89 €	5,10 €	5,10 €	4,40 €	3,54 €	2,41 €	1,24 €	0,35 €	- €	- €	- €	- €	- €
Septiembre	4,46 €	4,72 €	4,54 €	3,97 €	3,05 €	1,89 €	0,79 €	0,07 €	- €	- €	- €	- €	- €
Octubre	3,59 €	3,86 €	3,69 €	3,13 €	2,25 €	1,22 €	0,35 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Noviembre	3,01 €	3,32 €	3,18 €	2,61 €	1,74 €	0,80 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Diciembre	2,23 €	2,42 €	2,29 €	1,88 €	1,23 €	0,52 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €

Continuación (Tabla 29)



Ya se tiene los distintos precios a pagar en función de sus respectivos peajes ahora se procede a sumar los precios por hora para obtener el precio de un día típico de cada mes, y se multiplicará por el número de días laborables y fines de semana, festivos y periodo de vacaciones, para obtener al fin el precio por cargo variable, en la tabla 30 se realiza lo descrito para los días laborables:

	Día	Nº Días	Mes
Enero	27,97 €	20	559,35 €
Febrero	35,62 €	20	712,37 €
Marzo	35,23 €	23	810,23 €
Abril	41,59 €	19	790,13 €
Mayo	45,07 €	21	946,52 €
Junio 1 quincena	43,20 €	11	475,21 €
Junio 2 quincena	58,92 €	11	648,13 €
Julio	63,68 €	21	1.337,25 €
Agosto	- €	0	- €
Septiembre	37,38 €	22	822,44 €
Octubre	33,80 €	19	642,19 €
Noviembre	24,65 €	21	517,61 €
Diciembre	22,32 €	19	424,12 €
Total			8.685,55 €

**Tabla 30: Cargo variables días laborables**

De igual forma para los fines de semana y festivos se tiene la tabla 31:

	Día	Nº Días	Mes
Enero	17,22 €	11	189,47 €
Febrero	22,00 €	9	197,97 €
Marzo	27,23 €	8	217,86 €
Abril	29,73 €	11	327,06 €
Mayo	32,32 €	10	323,18 €
Junio	36,74 €	8	293,90 €
Julio	39,63 €	10	396,26 €
Agosto	37,53 €	31	1.163,39 €
Septiembre	31,94 €	8	255,52 €
Octubre	24,04 €	12	288,51 €
Noviembre	18,90 €	9	170,08 €
Diciembre	13,75 €	12	164,96 €
Total			3.988,15 €

**Tabla 31: Cargo variable fines de semana, festivos y periodo de vacaciones**

Los costes por término variable son en total los expresados en la tabla 32:

Precio termino variable	
Días laborables	8.685,55 €
SDF y vacaciones	3.988,15 €
Total	12.673,70 €

**Tabla 32: Precio total termino variable**

El precio total de generación se obtiene sumando los distintos costes, en la tabla 33 se realiza esta suma:

Precio de Generación	
Termino fijo	69.775,31 €
Termino variable	12.673,70 €
Costes asoc.	8.338,44 €
Total	90.787,45 €

**Tabla 33: Cuadro precio a pagar por la generación**

Por último para obtener el precio medio que se debe de pagar por la generación de un kWh se divide el precio total que se ha obtenido en la tabla 33 entre la energía total producida al año de la tabla 25, de esta forma se tiene este precio medio, esto se realiza en la tabla 34:

Precio medio €/kWh	
Precio generación	90.787,45 €
Energía generada	1.270.329 kWh
Precio medio €/kWh	0,071

**Tabla 34: Precio medio de generación**

## 4.2. Análisis de consumo

Para obtener una estimación del precio del kWh comprado a la compañía suministradora se debe de proceder de manera similar a como se ha actuado en el análisis de generación.

En el apartado de la estimación de consumo se presentó los diferentes consumos en las tablas 10, 11 y 12, estos datos se utilizarán para el cálculo de la

energía consumida en un año pues se supone este consumo no varía mucho de un año a otro.

Si se toma lo visto en el apartado de legislación, la parte de la tarifa de electricidad, la tarifa eléctrica consta de un cargo fijo TPA, un cargo variable TEA e impuestos, el TPA y el TEA esta descrito en la tabla 7, y los impuestos y estructura de la factura se encuentran en la tabla 9.

Los pequeños consumidores tienen el PVPC (Precio Voluntario Pequeño Consumidor), antes llamado TUR (Tarifa de Último Recurso), esto consiste en que el precio a pagar por cada kWh varía según el mercado eléctrico.

Para los grandes consumidores como es el caso de la Universidad de Jaén el precio a pagar varía según lo fijado por el Ministerio de Industria, por ejemplo, en la siguiente tabla se ve cómo ha evolucionado el precio de la factura en unos pocos años.

**Aumento TARIFAS ACCESO 2008-2014 (tarifa 6.1)**

		ENERO 2008 ITC/3860/2007	ENERO 2009 ITC/3801/2008	JULIO 2009 ITC/1723/2009	ENERO 2010 ITC/3519/2009	ABRIL 2011 ITC/688/2011	ENERO 2012 IET/3586/2011	ABRIL 2012 IET/843/2012	AGOSTO 2013 IET/1491/2013	FEBRERO 2014 IET/107/2014
<b>TERMINO POTENCIA (euros/kW año)</b>	P1	10,092239	10,092239	13,119911	16,26869	16,594064	16,925945	17,683102	38,102134	39,139427
	P2	5,050488	5,050488	6,565634	8,141386	8,304214	8,470298	8,849205	19,067559	19,586654
	P3	3,696118	3,696118	4,804953	5,958142	6,077305	6,198851	6,476148	13,954286	14,334178
	P4	3,696118	3,696118	4,804953	5,958142	6,077305	6,198851	6,476148	13,954286	14,334178
	P5	3,696118	3,696118	4,804953	5,958142	6,077305	6,198851	6,476148	13,954286	14,334178
	P6	1,686408	1,686408	2,19233	2,718489	2,772859	2,828316	2,954837	6,366846	6,540177
<b>TERMINO ENERGIA (euros/kWh)</b>	P1	0,019305	0,035714	0,046428	0,069642	0,071035	0,072456	0,075697	0,025967	0,026674
	P2	0,016934	0,029635	0,038526	0,052010	0,053050	0,054111	0,056532	0,019393	0,019921
	P3	0,012870	0,016988	0,022084	0,027715	0,028269	0,028834	0,030124	0,010334	0,010615
	P4	0,007307	0,009645	0,012539	0,013793	0,014069	0,014350	0,014992	0,005143	0,005283
	P5	0,004719	0,006229	0,008098	0,008908	0,009086	0,009268	0,009682	0,003321	0,003411
	P6	0,004290	0,004290	0,005577	0,005577	0,005689	0,005803	0,006062	0,00208	0,002137

**Figura 9: Evolución precios Ministerio de Industria**

Como se ve el término de potencia ha aumentado significativamente, mientras el término de energía ha disminuido, esto hace que los grandes consumidores deban de optimizar la potencia contratada y además intentar que se tenga un consumo mayor con una potencia menor.

**4.2.1. Cargo fijo de consumo (TPA)**

En la tabla 35 se incluye el cálculo del TPA, la potencia total contratada en la Universidad de Jaén es de 3200 kW, los precios por periodos se encuentran en la tabla 7, el cálculo del TPA se realiza multiplicando la potencia instalada por los distintos periodos y se suma.

	TPA	3.200 kW
P1	39,14 €/kW	125.246,17 €
P2	19,59 €/kW	62.677,29 €
P3	14,33 €/kW	45.869,37 €
P4	14,33 €/kW	45.869,37 €
P5	14,33 €/kW	45.869,37 €
P6	6,54 €/kW	20.928,57 €
		346.460,13 €

**Tabla 35: Cuadro precio TPA**

**4.2.2. Cargo variable de consumo (TEA)**

El cálculo del TEA se realiza multiplicando los precios de la energía en sus correspondientes periodos de consumo, tabla 6, por la energía consumida en ese mismo periodo, así se obtiene el precio a pagar por cada hora.

Hay un factor a tener en cuenta que el TEA representa solo el peaje a este precio habría que añadir el precio propio de la energía que se obtiene en el mercado eléctrico, que es un precio que oscila.

Esto anterior quiere decir que no se puede saber el precio de la energía de forma exacta. En este caso se dispone de una factura de la Universidad de Jaén en la cual aparecen los precios por energía del año 2011-2012, pero como se ha visto el precio del peaje a disminuido mientras que el termino de potencia ha aumentado, de manera que no se puede utilizar para poder tener un precio aproximado.

De manera que para tener un precio aproximado se muestra un ejemplo, tabla 36 [6], en donde se expone el precio que ha pagado un gran consumidor en el año 2014, es decir con el precio actual, de manera que se utilizará este precio pues incluye tanto el peaje como el precio de la electricidad.

## Ejemplo empresa industrial contrato 2014

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	
<b>Potencia contratada</b>	4500	4500	4500	4500	4500	4500	

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	TOTAL
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<b>Energía activa</b>	2000851,36	2501064,2	1250532,1	2000851,4	3751596,3	13505747	<b>25.010.642</b>
	8,0%	10,0%	5,0%	8,0%	15,0%	54,0%	100%

<b>Contrato 2013</b>	Precios potencia sin IE	38,102134	19,067559	13,954286	13,954286	13,954286	6,366846 euro / kW	
	Precios energía sin IE	11,946830	9,749776	9,092669	7,581708	7,300827	6,082257 cts euro / kWh	
	Precios energía con IE	<b>12,558</b>	<b>10,248</b>	<b>9,558</b>	<b>7,969</b>	<b>7,674</b>	<b>6,393</b> cts euro / kWh	
	Coste potencia	171459,60	85804,02	62794,29	62794,29	62794,29	28650,81	498.547 euros
	Coste energía	251259,61	256315,37	119520,23	159454,61	287901,12	863452,77	1.937.904 euros
								<b>2.436.450 euros</b>
<b>Contrato 2014</b>	Oferta potencia sin IE	38,102134	19,067559	13,954286	13,954286	13,954286	6,366846 euro / kW	
	Oferta energía con IE	<b>12,124</b>	<b>9,748</b>	<b>9,164</b>	<b>7,450</b>	<b>7,171</b>	<b>5,745</b> cts euro / kWh	
	Coste potencia	171.459,60	85.804,02	62.794,29	62.794,29	62.794,29	28.650,81	498.547 euros
	Coste energía	242.584,02	243.791,48	114.595,39	149.058,62	269.026,97	775.888,94	1.794.945 euros
	<i>Reducción coste energía</i>	-3,45%	-4,89%	-4,12%	-6,52%	-6,56%	-10,14%	<b>-7,4%</b>
	<i>Reducción coste global</i>	-2,05%	-3,66%	-2,70%	-4,68%	-5,38%	-9,82%	<b>-5,9%</b>

Tabla 36: Cálculo margen comercializadora

Una vez se tiene este precio se multiplica por los consumos horarios, y se obtiene el precio a pagar.

Como ocurría en el caso de la generación para los días laborables se aplican los periodos por hora, tabla 6, pero para los fines de semana, festivos y periodo de vacaciones se aplican únicamente el periodo 6, por ello se obtendrá dos tablas, una con los precios de días laborables y otra para el resto.

Para el precio de los días laborables se tiene la tabla 37:

€/h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Enero	46,71 €	45,68 €	44,67 €	43,98 €	43,19 €	42,53 €	42,21 €	55,82 €	112,1 €	140,6 €	240,9 €	262,1 €
Febrero	40,37 €	40,06 €	38,96 €	38,96 €	38,39 €	38,21 €	38,16 €	46,09 €	95,48 €	132,6 €	194,8 €	203,1 €
Marzo	34,13 €	33,50 €	33,26 €	33,18 €	33,10 €	33,06 €	34,68 €	48,01 €	78,11 €	116,3 €	128,2 €	130,2 €
Abril	32,46 €	32,01 €	31,75 €	31,85 €	32,06 €	31,66 €	31,78 €	46,03 €	70,01 €	102,1 €	118,6 €	122,6 €
Mayo	34,31 €	33,81 €	33,24 €	32,72 €	32,49 €	32,35 €	32,18 €	44,76 €	58,47 €	84,5 €	104,3 €	118,7 €
Junio 1 quin	44,62 €	43,37 €	42,78 €	42,26 €	41,56 €	40,80 €	41,57 €	57,08 €	85,06 €	146,2 €	189,3 €	203,0 €
Junio 2 quin	44,62 €	43,37 €	42,78 €	42,26 €	41,56 €	40,80 €	41,57 €	57,08 €	111,3 €	155,6 €	201,3 €	268,6 €
Julio	46,71 €	45,68 €	44,67 €	43,98 €	43,19 €	42,53 €	42,21 €	55,82 €	112,1 €	140,6 €	193,7 €	262,1 €
Agosto	- €	- €	- €	€	- €	- €	€	- €	- €	- €	- €	- €
Septiembre	40,37 €	40,06 €	38,96 €	38,96 €	38,39 €	38,21 €	38,16 €	46,09 €	72,97 €	124,6 €	147,3 €	153,5 €
Octubre	32,46 €	32,01 €	31,75 €	31,85 €	32,06 €	31,66 €	31,78 €	46,03 €	70,01 €	102,1 €	118,6 €	122,6 €
Noviembre	34,31 €	33,81 €	33,24 €	32,72 €	32,49 €	32,35 €	32,18 €	44,76 €	60,74 €	87,8 €	108,3 €	123,3 €
Diciembre	44,62 €	43,37 €	42,78 €	42,26 €	41,56 €	40,80 €	41,57 €	57,08 €	111,3 €	155,6 €	250,4 €	268,6 €

Tabla 37: Cuadro precio consumo días laborables

€/h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	274,4 €	225,3 €	216,1 €	158,6 €	151,4 €	165,2 €	208,1 €	206,8 €	196,3 €	138,7 €	115,8 €	85,6 €
Febrero	213,2 €	174,7 €	167,4 €	149,4 €	139,9 €	148,8 €	185,1 €	180,3 €	169,5 €	127,0 €	110,6 €	73,0 €
Marzo	130,7 €	123,8 €	115,8 €	96,7 €	107,0 €	115,6 €	117,5 €	119,9 €	120,1 €	114,6 €	76,9 €	49,5 €
Abril	121,8 €	118,5 €	110,6 €	89,5 €	77,5 €	83,4 €	85,6 €	85,5 €	84,2 €	78,8 €	66,5 €	43,4 €
Mayo	125,1 €	126,9 €	123,5 €	102,8 €	101,2 €	113,8 €	118,3 €	118,3 €	107,2 €	93,2 €	73,0 €	47,8 €
Junio 1 quin	212,2 €	215,0 €	207,4 €	145,5 €	146,4 €	159,3 €	161,9 €	158,1 €	144,8 €	126,2 €	101,8 €	63,3 €
Junio 2 quin	280,7 €	284,5 €	274,4 €	236,7 €	238,2 €	259,2 €	263,5 €	206,9 €	189,4 €	165,1 €	133,3 €	82,9 €
Julio	274,4 €	280,2 €	268,8 €	197,3 €	188,3 €	205,4 €	208,1 €	166,3 €	157,8 €	138,7 €	115,8 €	85,6 €
Agosto	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Septiembre	161,2 €	164,3 €	157,4 €	114,2 €	107,0 €	113,7 €	113,8 €	110,8 €	104,1 €	97,1 €	84,6 €	55,8 €
Octubre	121,8 €	118,5 €	110,6 €	89,5 €	77,5 €	83,4 €	85,6 €	85,5 €	84,2 €	78,8 €	66,5 €	43,4 €
Noviembre	129,9 €	131,8 €	128,3 €	106,8 €	129,4 €	145,5 €	151,2 €	151,2 €	137,0 €	119,1 €	75,9 €	49,6 €
Diciembre	280,7 €	228,8 €	220,6 €	190,3 €	191,5 €	208,4 €	263,5 €	257,3 €	235,6 €	165,1 €	133,3 €	82,9 €

Continuación (Tabla 37)

En la tabla 38 se detalla el precio total, sumando el precio a pagar por hora y multiplicando el número de días laborables de cada mes:

	Día	Nº días	Total
Enero	3.262,71 €	20	65.254,16 €
Febrero	2.784,34 €	20	55.686,81 €
Marzo	2.023,90 €	23	46.549,68 €
Abril	1.728,33 €	19	32.838,32 €
Mayo	1.892,95 €	21	39.752,03 €
Junio 1 quin	2.819,51 €	11	31.014,57 €
Junio 2 quin	3.705,58 €	11	40.761,34 €
Julio	3.359,92 €	21	70.558,26 €
Agosto	- €	0	- €
Septiembre	2.201,43 €	22	48.431,42 €
Octubre	1.728,33 €	19	32.838,32 €
Noviembre	2.111,74 €	21	44.346,45 €
Diciembre	3.597,84 €	19	68.359,00 €
Total			576.390,36 €

**Tabla 38: Coste consumo días laborables**

Como se ha dicho anteriormente se va a obtener otra tabla con los precios a pagar en los días no laborables, de esta manera se tiene en la tabla 39 los precios a pagar por hora:



€/h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Enero	43,7 €	42,9 €	42,1 €	41,5 €	40,6 €	40,1 €	40,1 €	39,2 €	36,5 €	36,3 €	38,2 €	38,5 €
Febrero	39,1 €	38,4 €	38,1 €	37,7 €	37,2 €	37,4 €	36,5 €	36,5 €	35,7 €	34,1 €	34,7 €	35,3 €
Marzo	32,2 €	32,4 €	32,3 €	32,2 €	32,1 €	31,9 €	31,9 €	32,2 €	31,2 €	30,2 €	33,8 €	32,8 €
Abril	28,1 €	28,0 €	27,6 €	27,7 €	27,7 €	27,6 €	27,4 €	27,6 €	26,2 €	24,7 €	25,0 €	25,2 €
Mayo	31,7 €	31,3 €	31,1 €	30,7 €	30,5 €	30,5 €	30,4 €	30,7 €	27,1 €	27,4 €	27,4 €	28,1 €
Junio	41,7 €	40,8 €	40,2 €	39,1 €	38,2 €	37,7 €	37,7 €	36,7 €	34,3 €	34,6 €	39,0 €	39,3 €
Julio	43,7 €	42,9 €	42,1 €	41,5 €	40,6 €	40,1 €	40,1 €	39,2 €	36,5 €	36,3 €	38,2 €	38,5 €
Agosto	40,6 €	39,6 €	38,8 €	38,0 €	37,1 €	36,4 €	36,0 €	35,7 €	33,8 €	31,8 €	32,8 €	34,1 €
Septiembre	39,1 €	38,4 €	38,1 €	37,7 €	37,2 €	37,4 €	36,5 €	36,5 €	35,7 €	34,1 €	34,7 €	35,3 €
Octubre	28,1 €	28,0 €	27,6 €	27,7 €	27,7 €	27,6 €	27,4 €	27,6 €	26,2 €	24,7 €	25,0 €	25,2 €
Noviembre	31,7 €	31,3 €	31,1 €	30,7 €	30,5 €	30,5 €	30,4 €	30,7 €	27,1 €	27,4 €	27,4 €	28,1 €
Diciembre	41,7 €	40,8 €	40,2 €	39,1 €	38,2 €	37,7 €	37,7 €	36,7 €	34,3 €	34,6 €	39,0 €	39,3 €

Tabla 39: Precio hora fines de semana y festivos

€/h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	39,8 €	40,7 €	41,3 €	42,4 €	43,2 €	44,7 €	45,6 €	45,6 €	44,8 €	43,8 €	43,5 €	44,7 €
Febrero	36,2 €	37,1 €	37,2 €	37,3 €	38,2 €	38,9 €	39,4 €	39,7 €	38,9 €	39,6 €	40,0 €	38,8 €
Marzo	31,9 €	31,8 €	31,7 €	28,1 €	28,9 €	29,5 €	29,8 €	30,2 €	32,0 €	34,0 €	33,9 €	32,8 €
Abril	25,3 €	24,9 €	25,1 €	24,5 €	24,1 €	24,0 €	24,6 €	24,8 €	25,2 €	26,1 €	29,2 €	28,3 €
Mayo	28,3 €	28,6 €	28,3 €	27,9 €	27,9 €	28,2 €	28,8 €	28,9 €	29,0 €	29,3 €	30,9 €	31,1 €
Junio	40,0 €	40,6 €	41,3 €	40,3 €	42,2 €	43,5 €	44,8 €	44,5 €	44,4 €	42,9 €	41,5 €	42,0 €
Julio	39,8 €	40,7 €	41,3 €	42,4 €	43,2 €	44,7 €	45,6 €	45,6 €	44,8 €	43,8 €	43,5 €	44,7 €
Agosto	35,1 €	35,8 €	37,0 €	38,0 €	38,6 €	39,5 €	40,0 €	40,5 €	39,7 €	39,0 €	40,5 €	39,9 €
Septiembre	36,2 €	37,1 €	37,2 €	37,3 €	38,2 €	38,9 €	39,4 €	39,7 €	38,9 €	39,6 €	40,0 €	38,8 €
Octubre	25,3 €	24,9 €	25,1 €	24,5 €	24,1 €	24,0 €	24,6 €	24,8 €	25,2 €	26,1 €	29,2 €	28,3 €
Noviembre	28,3 €	28,6 €	28,3 €	27,9 €	27,9 €	28,2 €	28,8 €	28,9 €	29,0 €	29,3 €	30,9 €	31,1 €
Diciembre	40,0 €	40,6 €	41,3 €	40,3 €	42,2 €	43,5 €	44,8 €	44,5 €	44,4 €	42,9 €	41,5 €	42,0 €

Continuación (Tabla 39)

Los precios totales para los días de fin de semana, festivos y periodo de vacaciones se encuentran en la tabla 40:

	Día	Nº días	Total
Enero	999,88 €	11	10.998,67 €
Febrero	901,95 €	9	8.117,51 €
Marzo	759,89 €	8	6.079,13 €
Abril	629,11 €	11	6.920,20 €
Mayo	704,16 €	10	7.041,58 €
Junio	967,45 €	8	7.739,61 €
Julio	999,88 €	10	9.998,79 €
Agosto	898,31 €	31	27.847,73 €
Septiembre	901,95 €	8	7.215,57 €
Octubre	629,11 €	12	7.549,31 €
Noviembre	704,16 €	9	6.337,42 €
Diciembre	967,45 €	12	11.609,41 €
Total			117.454,93 €

Tabla 40: Precio consumo fines de semana, festivos y periodo vacaciones

Sumando los dos términos anteriores se tienen el TEA, es decir, el término variable por energía en la tabla 41 se ha realizado esta suma:

Precio consumo total TEA	
Precio laborables	576.390,36 €
Precio resto días	117.454,93 €
Total	693.845,29 €

**Tabla 41: Cuadro precio TEA**

La energía total consumida, según lo obtenido en el apartado 4 de estimación de consumos, se describe en la tabla 42:

	Días laborables		
	Día	N días	Total
Enero	33.287 kWh	20	665.733 kWh
Febrero	28.541 kWh	20	570.816 kWh
Marzo	26.549 kWh	23	610.635 kWh
Abril	25.035 kWh	19	475.662 kWh
Mayo	27.352 kWh	21	574.397 kWh
Junio 1 quin	36.311 kWh	11	399.419 kWh
Junio 2 qui	36.311 kWh	11	399.419 kWh
Julio	33.287 kWh	21	699.020 kWh
Agosto	0 kWh	22	0 kWh
Septiembre	28.541 kWh	22	627.898 kWh
Octubre	25.035 kWh	19	475.662 kWh
Noviembre	27.352 kWh	21	574.397 kWh
Diciembre	36.311 kWh	19	689.906 kWh
		Total	6762966,011

	SDF y Periodo de vacaciones		
	Día	N días	Total
Enero	17.404 kWh	11	191.448 kWh
Febrero	15.700 kWh	9	141.297 kWh
Marzo	13.227 kWh	8	105.816 kWh
Abril	10.951 kWh	11	120.456 kWh
Mayo	12.257 kWh	10	122.569 kWh
Junio 1 quin	16.840 kWh	8	134.719 kWh
Julio	17.404 kWh	10	174.043 kWh
Agosto	15.636 kWh	31	484.730 kWh
Septiembre	15.700 kWh	8	125.597 kWh
Octubre	10.951 kWh	12	131.407 kWh
Noviembre	12.257 kWh	9	110.312 kWh
Diciembre	16.840 kWh	12	202.079 kWh
		Total	2.044.472 kWh

Energía consumida	
L-V	6.762.966,0 kW
SDF y vacaciones	2.044.472,3 kW
Total	8.807.438,3 kW

**Tabla 42: Cuadro Energía total consumida**

Ya se puede calcular el precio total de la factura eléctrica al año, según lo descrito en la tabla 9, de esta manera se tiene la tabla 43 donde se detalla lo anterior:

Precio Total	
TEA	693.845,29 €
TPA	346.460,13 €
TEA + TPA	1.040.305,43 €
Impuesto Ele	1.093.493,09 €
Con IVA	1.323.126,63 €

**Tabla 43: Precio total factura eléctrica**

Una vez obtenido el precio total a pagar por la energía eléctrica que se compra a la comercializadora, y como en la tabla 42 se tiene la energía total consumida se puede tener un precio medio de la energía comprada, en la tabla 44 se refleja lo dicho.

Calculo €/kWh de energía comprada	
Energía consumida	8.807.438,3 kWh
Precio total	1.323.126,63 €
Precio €/kWh	0,1502

**Tabla 44: Cuadro precio €/kWh comprado**

### 4.3. Análisis ahorro

El análisis del ahorro consiste en la obtención de la energía que se ahorrará gracias a la producción de las instalaciones fotovoltaicas, para ello se comprobará si la energía generada será consumida en su totalidad.

Debido al gran consumo existente en la Universidad de Jaén y a que la potencia fotovoltaica instalada es bastante menor, a priori, no se producirá ningún sobrante de energía, es decir, no habrá vertido a red.

**4.3.1. Ahorro días Laborables**

En la siguiente tabla, la tabla 45, se muestra la energía generada que es consumida, toda esta energía es aprovechada de modo que supone un ahorro en la factura eléctrica al no ser comprada a la comercializadora.

<b>kWh ahorrados</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Enero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	62,23 kWh	163,54 kWh
Febrero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	17,78 kWh	99,81 kWh	220,79 kWh
Marzo	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	45,94 kWh	153,01 kWh	289,52 kWh
Abril	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	17,15 kWh	80,91 kWh	196,70 kWh	325,75 kWh
Mayo	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	1,05 kWh	33,23 kWh	112,02 kWh	233,61 kWh	358,68 kWh
Junio 1 quinc	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	7,71 kWh	41,17 kWh	135,80 kWh	273,01 kWh	408,35 kWh
Junio 2 quinc	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	7,71 kWh	41,17 kWh	135,80 kWh	273,01 kWh	408,35 kWh
Julio	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4,17 kWh	35,42 kWh	135,09 kWh	287,80 kWh	440,05 kWh
Agosto	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh
Septiembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3,38 kWh	61,00 kWh	185,46 kWh	338,98 kWh
Octubre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	26,18 kWh	114,88 kWh	242,24 kWh
Noviembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	69,58 kWh	175,33 kWh
Diciembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	48,22 kWh	131,87 kWh

**Tabla 45: Cuadro energía que se dejan de consumir de la red días laborables**

kWh ahorrados	10	11	12	13	14	15	16	17
Enero	271,48 kWh	350,55 kWh	382,10 kWh	361,98 kWh	295,00 kWh	193,98 kWh	85,45 kWh	0,00 kWh
Febrero	339,13 kWh	421,11 kWh	452,58 kWh	431,89 kWh	363,21 kWh	256,03 kWh	133,66 kWh	30,54 kWh
Marzo	410,36 kWh	488,87 kWh	517,29 kWh	496,69 kWh	430,66 kWh	324,46 kWh	194,32 kWh	73,88 kWh
Abril	431,84 kWh	497,54 kWh	516,58 kWh	500,78 kWh	443,72 kWh	351,42 kWh	233,65 kWh	114,95 kWh
Mayo	456,63 kWh	512,67 kWh	531,27 kWh	512,26 kWh	462,46 kWh	377,57 kWh	266,68 kWh	149,19 kWh
Junio 1 quinc	510,98 kWh	570,64 kWh	588,79 kWh	568,64 kWh	514,30 kWh	426,31 kWh	308,95 kWh	180,68 kWh
Junio 2 quinc	510,98 kWh	570,64 kWh	588,79 kWh	568,64 kWh	514,30 kWh	426,31 kWh	308,95 kWh	180,68 kWh
Julio	556,17 kWh	624,01 kWh	645,21 kWh	623,82 kWh	563,90 kWh	465,59 kWh	333,66 kWh	190,13 kWh
Agosto	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh
Septiembre	473,35 kWh	560,75 kWh	593,08 kWh	571,41 kWh	499,74 kWh	383,14 kWh	237,96 kWh	99,92 kWh
Octubre	365,58 kWh	451,53 kWh	485,31 kWh	464,70 kWh	393,90 kWh	282,56 kWh	153,51 kWh	43,41 kWh
Noviembre	290,05 kWh	377,97 kWh	417,17 kWh	399,57 kWh	328,32 kWh	218,58 kWh	100,16 kWh	0,00 kWh
Diciembre	218,99 kWh	280,75 kWh	304,42 kWh	288,64 kWh	236,29 kWh	154,94 kWh	64,86 kWh	0,00 kWh

Continuación (Tabla 45)

kWh ahorrados	18	19	20	21	22	23	DIA	MES	Nº Días
Enero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	2.166 kWh	43.326 kWh	20
Febrero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	2.767 kWh	55.331 kWh	20
Marzo	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3.425 kWh	78.775 kWh	23
Abril	28,51 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3.740 kWh	71.051 kWh	19
Mayo	55,44 kWh	1,90 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.065 kWh	85.358 kWh	21
Junio 1 quinc	73,79 kWh	11,32 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.620 kWh	50.825 kWh	11
Junio 2 quinc	73,79 kWh	11,32 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.620 kWh	50.825 kWh	11
Julio	71,75 kWh	6,96 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.984 kWh	104.658 kWh	21
Agosto	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0 kWh	0 kWh	22
Septiembre	8,87 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.017 kWh	88.375 kWh	22
Octubre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3.024 kWh	57.452 kWh	19
Noviembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	2.377 kWh	49.911 kWh	21
Diciembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	1.729 kWh	32.851 kWh	19
							Total anual	41.533 kWh	768.738 kWh

Continuación (Tabla 45)

La tabla anteriormente mostrada es para días laborables, en la figura 10 se representa los anteriores datos de forma gráfica:

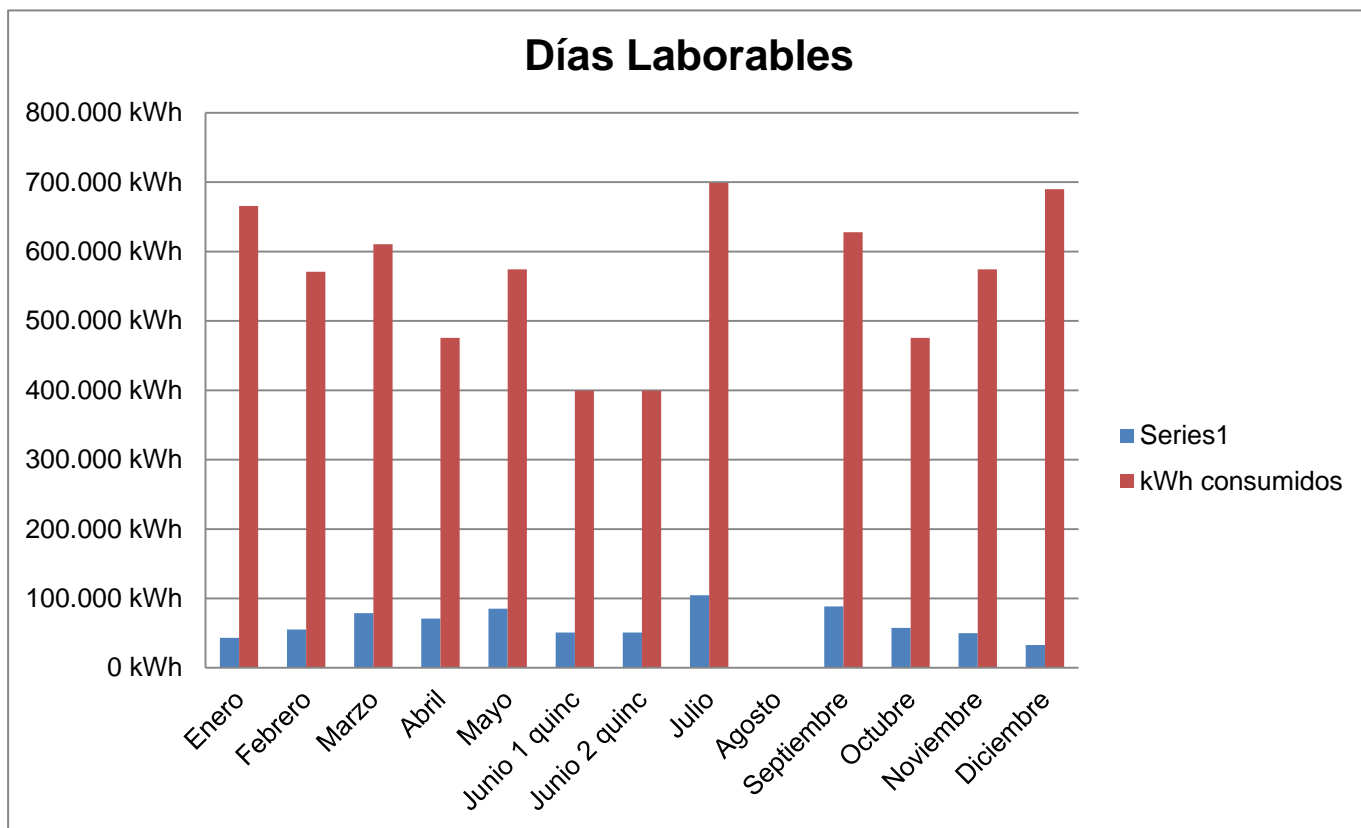


Figura 10: Gráfica días laborables

Como se ve la energía generada es bastante menor a la energía consumida, el mes de agosto se tratará como festivo en la siguiente tabla.

**4.3.2. Ahorro días no laborables**

En la tabla 46 se muestra los kWh ahorrados en los fines de semana, festivos y periodo de vacaciones.



<b>kWh Ahorrados</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Enero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	62,23 kWh	163,54 kWh
Febrero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	17,78 kWh	99,81 kWh	220,79 kWh
Marzo	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	45,94 kWh	153,01 kWh	289,52 kWh
Abril	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	17,15 kWh	80,91 kWh	196,70 kWh	325,75 kWh
Mayo	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	1,05 kWh	33,23 kWh	112,02 kWh	233,61 kWh	358,68 kWh
Junio	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	7,71 kWh	41,17 kWh	135,80 kWh	273,01 kWh	408,35 kWh
Julio	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4,17 kWh	35,42 kWh	135,09 kWh	287,80 kWh	440,05 kWh
Agosto	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	20,64 kWh	103,19 kWh	250,06 kWh	408,71 kWh
Septiembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3,38 kWh	61,00 kWh	185,46 kWh	338,98 kWh
Octubre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	26,18 kWh	114,88 kWh	242,24 kWh
Noviembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	69,58 kWh	175,33 kWh
Diciembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	48,22 kWh	131,87 kWh

Tabla 46: Energía ahorrada fines de semana, festivos y periodo de vacaciones

kWh Ahorrados	11	12	13	14	15	16	17	18
Enero	271,48 kWh	350,55 kWh	382,10 kWh	361,98 kWh	295,00 kWh	193,98 kWh	85,45 kWh	0,00 kWh
Febrero	339,13 kWh	421,11 kWh	452,58 kWh	431,89 kWh	363,21 kWh	256,03 kWh	133,66 kWh	30,54 kWh
Marzo	410,36 kWh	488,87 kWh	517,29 kWh	496,69 kWh	430,66 kWh	324,46 kWh	194,32 kWh	73,88 kWh
Abril	431,84 kWh	438,33 kWh	440,78 kWh	433,78 kWh	437,33 kWh	351,42 kWh	233,65 kWh	114,95 kWh
Mayo	456,63 kWh	489,33 kWh	492,44 kWh	498,00 kWh	462,46 kWh	377,57 kWh	266,68 kWh	149,19 kWh
Junio	510,98 kWh	570,64 kWh	588,79 kWh	568,64 kWh	514,30 kWh	426,31 kWh	308,95 kWh	180,68 kWh
Julio	556,17 kWh	624,01 kWh	645,21 kWh	623,82 kWh	563,90 kWh	465,59 kWh	333,66 kWh	190,13 kWh
Agosto	536,48 kWh	592,78 kWh	611,78 kWh	623,56 kWh	553,97 kWh	445,39 kWh	303,33 kWh	156,12 kWh
Septiembre	473,35 kWh	560,75 kWh	593,08 kWh	571,41 kWh	499,74 kWh	383,14 kWh	237,96 kWh	99,92 kWh
Octubre	365,58 kWh	438,33 kWh	440,78 kWh	433,78 kWh	393,90 kWh	282,56 kWh	153,51 kWh	43,41 kWh
Noviembre	290,05 kWh	377,97 kWh	417,17 kWh	399,57 kWh	328,32 kWh	218,58 kWh	100,16 kWh	0,00 kWh
Diciembre	218,99 kWh	280,75 kWh	304,42 kWh	288,64 kWh	236,29 kWh	154,94 kWh	64,86 kWh	0,00 kWh

Continuación (Tabla 46)

kWh Ahorrados	19	20	21	22	23	24	DIA	MES	Nº Días
Enero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	2.166 kWh	23.830 kWh	11
Febrero	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	2.767 kWh	24.899 kWh	9
Marzo	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3.425 kWh	27.400 kWh	8
Abril	28,51 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3.531 kWh	38.842 kWh	11
Mayo	55,44 kWh	1,90 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	3.988 kWh	39.882 kWh	10
Junio	73,79 kWh	11,32 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.620 kWh	36.964 kWh	8
Julio	71,75 kWh	6,96 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.984 kWh	49.837 kWh	10
Agosto	44,47 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.650 kWh	144.164 kWh	31
Septiembre	8,87 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	4.017 kWh	32.136 kWh	8
Octubre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	2.935 kWh	35.222 kWh	12
Noviembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	2.377 kWh	21.391 kWh	9
Diciembre	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	1.729 kWh	20.748 kWh	12
							Total anual	41.190 kWh	495.314 kWh

Continuación (Tabla 46)

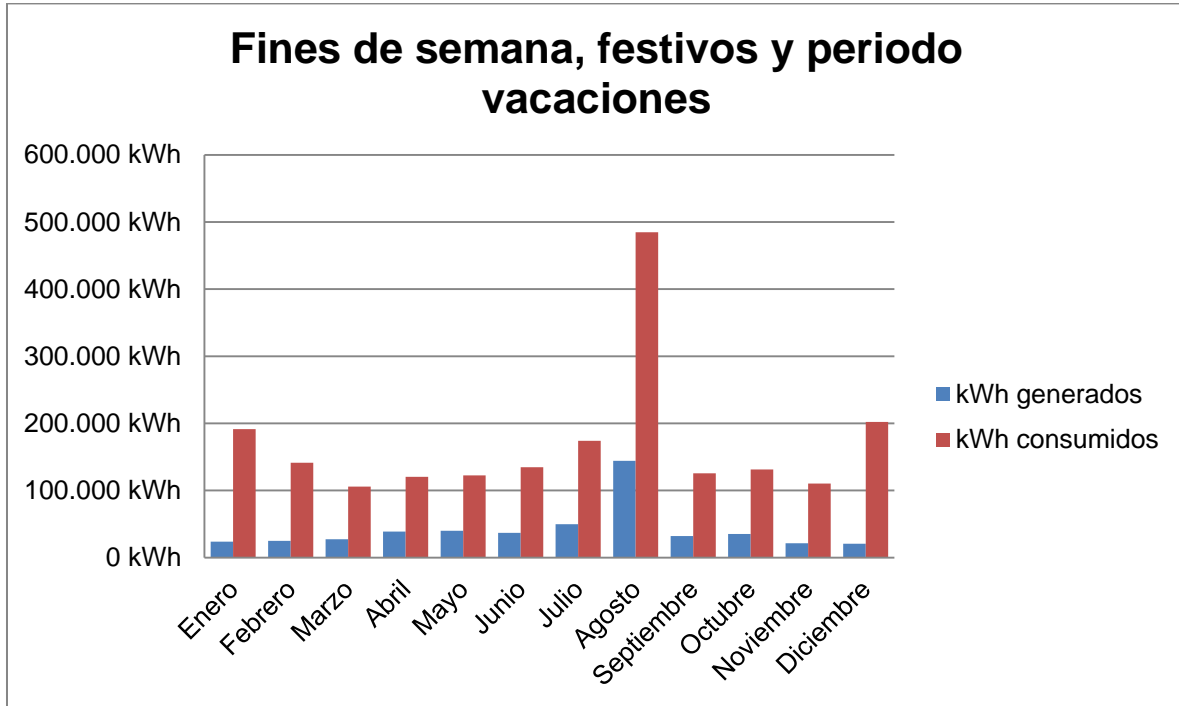


Figura 11: Fines de semana, festivos y periodo de vacaciones

En la figura 11, que representa la energía consumida en rojo y la generada en azul, para los días no laborables, se ve como la diferencia esta vez es menor entre una energía y otra esto es debido a que el consumo en estos días no laborables es bastante menor a los laborables.

Se puede representar en un cuadro resumen las energías totales y los precios a pagar, y también se puede calcular el precio unitario ahorrado por cada kWh. En la tabla 47 se indica todo esto.

	Consumo	Generación
Energía	8.807.438,3 kW	1.270.329,3 kW
Precio total	1.323.126,63 €	90.787,45 €
Precio unitario	0,150 €/kWh	0,071 €/kWh
Ahorro		0,079 €/kWh

Tabla 47: Tabla resumen generación y consumo

En la tabla 48 se realiza un análisis simple del ahorro producido, como se ha comprobado toda la energía generada será consumida así que para ver el ahorro que se obtiene cada año se multiplica por el precio neto, que es el precio por kWh de la comercializadora menos el precio a pagar por generación.

	Energía	Precio unitario	Precio
Consumo	8.807.438,3 kW	0,150 €/kWh	1.323.126,63 €
Generación-Ahorro	1.270.329,3 kW	0,079 €/kWh	<b>100.051,98 €</b>

Tabla 48: Tabla de Ahorro

El cálculo realizado es simple pues hay que tener en cuenta factores como la degradación de las instalaciones fotovoltaicas, que harán reducir esta energía generada, otro factor sería el aumento del precio del kWh por parte de la comercializadora que hará aumentar este margen de beneficio, por todo ello se realiza un análisis económico más detallado a continuación.

## 5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE COSTES

En el análisis económico se calculará el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Período de Recuperación con Descuento, (en inglés DPBT), y el Costo Nivelado de la Energía, (en inglés Levelized cost of Electricity, LCOE).

Para este análisis económico se estudiarán las instalaciones fotovoltaicas unidas como una pues aunque pueda parecer que los costos de inversión inicial son diferentes, la localización es prácticamente la misma, lo único que aumentaría el costo sería una estructura de sujeción para los edificios, pero este precio no puede ser conocido, por lo tanto se tomará un precio medio para la instalaciones.

También como los precios por generación y los ahorros han sido obtenidos por año teniendo en cuenta las instalaciones unidas, será más fácil continuar con este cálculo.

En el análisis económico se deberán de utilizar una serie de datos o parámetros que se expondrán en la tabla 49, alguno de estos datos han sido obtenidos mediante los cálculos anteriormente realizados, otros se han utilizado distintas fuentes para su obtención.

<b>Datos generales</b>	
Potencia de la instalación (kWp)	975,00
Coste instalación (€/kWp)	1.500,00 €
Coste total de la inversión (€)	1.462.500,00 €
Recursos propios para la financiación del proyecto (% de la inversión inicial)	30,00%
Recursos ajenos para la financiación del proyecto (% de la inversión)	70,00%
Recursos procedentes de subvenciones para la financiación del proyecto(% de la inversión)	
Producción eléctrica (kWh/kWp·año)	1.302,9
Impuestos	30%
Vida útil del proyecto en años	25

Tabla 49: Datos generales del análisis económico

Los datos procedentes de los cálculos realizados son la potencia de la instalación y la producción de la energía eléctrica, el coste de la instalación se toma como valor el descrito en el artículo de 2014 de la Agencia Internacional de Energía [7].

Otros datos que serán necesarios son los datos de explotación, estos son datos que incluyen los precios de la electricidad (autoconsumida), coste de mantenimiento, etc. A continuación se exponen todos ellos en la tabla 50 y se explicarán más adelante.

<b>Datos de explotación</b>	
Tarifa de venta a la red eléctrica (€/kWh)	0,07876 €
Tasa de variación interanual precio electricidad (%)	5,0%
Tasa de degradación o pérdida de potencia de la instalación (%)	0,50%
Gastos Operación y mantenimiento, seguros, gastos generales (% de la inversión inicial)	1,00%
Tasa de variación interanual de los gastos/costes: Operación y Mantenim., gastos generales.	2,00%

Tabla 50: Datos explotación de las instalaciones

El precio de ahorro de la energía eléctrica se calculó en la tabla 47, la tasa de variación del precio de la electricidad se toma según datos del Instituto Nacional de Estadística comprendidos entre el periodo 2002-2011, figura 11, del cual el promedio obtenido es del 5%, los demás datos se toman según los datos de otros estudios [8].

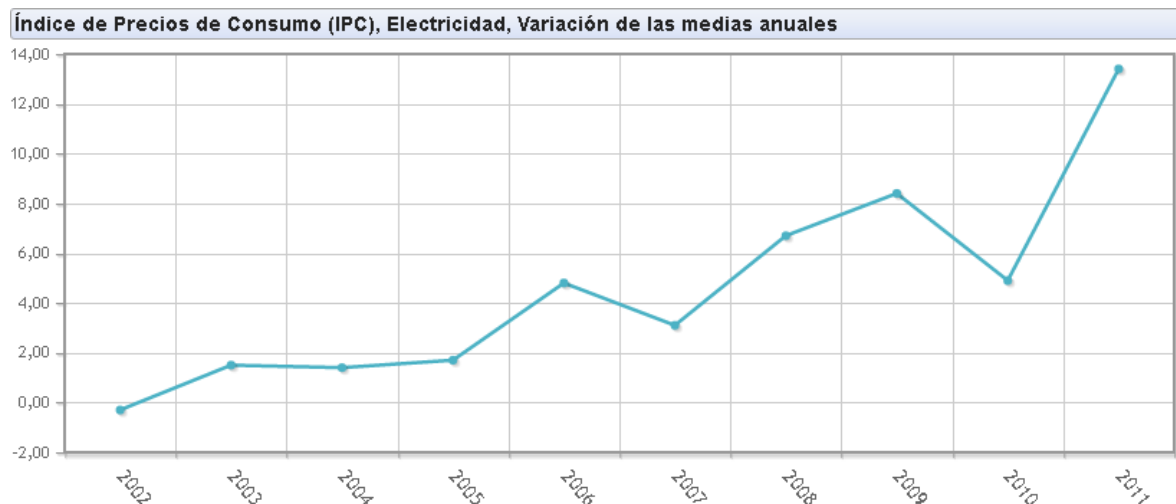


Figura 12: Gráfica INE IPC electricidad

En la siguiente tabla, la tabla 51, se muestran los datos relacionados con la financiación, o sea, las condiciones del préstamo dividendos y las cuotas de amortización financiera.

<b>Financiación</b>	
<b>Préstamo</b>	
Importe inicial de la deuda	1.023.750,00 €
Amortización en años	15
Tasa de interés	5,00%
Cuota amortización	68.250,00 €
<b>Capitales propios</b>	
Importe inicial de la deuda	438.750,00 €
Amortiz. al final de proyecto (años)	25
Dividendos sobre el CP	8,00%
Dividendos	35.100,00 €

<b>Subvención</b>	
Importe inicial de la deuda	- €
Periodo de amortización (años)	0
Cuota de amortización anual	
<b>Amortización Activos</b>	
Importe inicial	1.462.500,00 €
Periodo de amortización (años)	20
Cuota de amortización fiscal anual	73.125 €

Tabla 51: Datos financiación de las instalaciones

Como se ve en la anterior tabla, no se contempla subvención alguna, la tasa de interés [9] prevista para el préstamo será del 5% con una amortización a los 15 años. Para el capital propio se establece una rentabilidad del 8%, y una amortización a los 25 años. La amortización de activos es la inversión inicial que se prevé amortizar a los 20 años con lo que se tiene una cuota anual de 73.125 €.

### 5.1. Valor Actual Neto

El valor neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja (en inglés *cash-flow*) futuros [10].

Fórmula del VAN:

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=25} Q_t / (1+k)^t - A$$

Dónde:

A = inversión inicial €

$Q_t$  = flujos de caja en cada periodo t €

K = tipo de interés aplicado %

t = año



$$\Sigma = \text{de } t = 1 \text{ hasta } t = 25 \text{ años}$$

(Ecuación 2)

Para obtener el VAN se necesita calcular los flujos de caja, estos serán los ingresos menos los gastos, estos se le aplicará el tanto por ciento de impuestos anteriormente puestos en la tabla 51, después a la inversión se le va sumando el flujo de caja obtenido, de esta manera se tiene la última columna de la tabla 52, así ya se puede aplicar la ecuación 2.

Cash-Flow de Explotación					Dimensión Financiera de la inversión	
Periodo	Ingresos explotación	-Gastos Explotación	Cash-Flow Explotación(antes de impuestos)	Cash-Flow Explotación(después de impuestos)	-A (Inversión)	- 1.462.500,0
1	104.529,3	14.917,5	89.611,8	84.665,8	Q1	- 1.377.834,2
2	109.207,0	15.215,9	93.991,1	87.731,3	Q2	- 1.290.102,9
3	114.094,0	15.520,2	98.573,8	90.939,2	Q3	- 1.199.163,7
4	119.199,7	15.830,6	103.369,1	94.295,9	Q4	- 1.104.867,8
5	124.533,9	16.147,2	108.386,7	97.808,2	Q5	- 1.007.059,6
6	130.106,8	16.470,1	113.636,7	101.483,2	Q6	- 905.576,5
7	135.929,1	16.799,5	119.129,5	105.328,2	Q7	- 800.248,3
8	142.011,9	17.135,5	124.876,4	109.351,0	Q8	- 690.897,3
9	148.366,9	17.478,2	130.888,7	113.559,6	Q9	- 577.337,7
10	155.006,4	17.827,8	137.178,6	117.962,5	Q10	- 459.375,2
11	161.942,9	18.184,3	143.758,5	122.568,5	Q11	- 336.806,8
12	169.189,8	18.548,0	150.641,8	127.386,8	Q12	- 209.420,0
13	176.761,1	18.919,0	157.842,1	132.427,0	Q13	- 76.993,0

14	184.671,1	19.297,4	165.373,8	137.699,1	Q14	60.706,1
15	192.935,2	19.683,3	173.251,8	143.213,8	Q15	203.919,9
16	201.569,0	20.077,0	181.492,0	148.981,9	Q16	352.901,8
17	210.589,2	20.478,5	190.110,7	155.015,0	Q17	507.916,8
18	220.013,1	20.888,1	199.125,0	161.325,0	Q18	669.241,8
19	229.858,7	21.305,9	208.552,8	167.924,5	Q19	837.166,3
20	240.144,9	21.732,0	218.412,9	174.826,5	Q20	1.011.992,8
21	250.891,3	22.166,6	228.724,7	182.044,8	Q21	1.194.037,6
22	262.118,7	22.610,0	239.508,8	189.593,6	Q22	1.383.631,2
23	273.848,5	23.062,2	250.786,4	197.488,0	Q23	1.581.119,2
24	286.103,3	23.523,4	262.579,9	205.743,4	Q24	1.786.862,6
25	298.906,4	23.993,9	274.912,5	214.376,3	Q25	2.001.238,9

Tabla 52: Flujos de Caja

El VAN obtenido está en la tabla 40.

<b>Valor Actual Neto (VAN)</b>	<b>171.866,01 €</b>
--------------------------------	---------------------

Tabla 53: VAN

## 5.2. Tasa Interna de Retorno

Es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir" [11].

Fórmula del TIR:

$$0 = -A + \sum_{t=0}^{t=25} Q_t / (1+TIR)^t$$

Dónde:

A = inversión inicial €

$Q_t$  = flujos de caja en cada periodo t €

t = año

$\Sigma$  = de t = 1 hasta t = 25 años

(Ecuación 3)

El TIR se calcula con la ya obtenida tabla 52, de ahí aplicamos la ecuación 3 de ahí se tiene la el TIR tabla 54:

<b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>	<b>6,68%</b>
--------------------------------------	--------------

Tabla 54: TIR

Para calcular el TIR neto que es el TIR menos el TIR aplicado a la financiación, es decir al préstamo, para esto en la tabla 55 se obtiene los flujos y pagos por la financiación.

Préstamo					Capital Propio				Dimensión financiera de la financiación (pasivo)
Periodo	Saldo Inicial	Intereses	Amortización Financiera	Saldo Final	Importe deuda	Dividendos	Amortización deuda	Saldo deuda	-1.462.500
1	1.023.750	35.831	68.250	955.500	438.750	35.100	-	438.750	139.181
2	955.500	33.443	68.250	887.250	438.750	35.100	-	438.750	136.793
3	887.250	31.054	68.250	819.000	438.750	35.100	-	438.750	134.404
4	819.000	28.665	68.250	750.750	438.750	35.100	-	438.750	132.015
5	750.750	26.276	68.250	682.500	438.750	35.100	-	438.750	129.626
6	682.500	23.888	68.250	614.250	438.750	35.100	-	438.750	127.238
7	614.250	21.499	68.250	546.000	438.750	35.100	-	438.750	124.849
8	546.000	19.110	68.250	477.750	438.750	35.100	-	438.750	122.460
9	477.750	16.721	68.250	409.500	438.750	35.100	-	438.750	120.071
10	409.500	14.333	68.250	341.250	438.750	35.100	-	438.750	117.683
11	341.250	11.944	68.250	273.000	438.750	35.100	-	438.750	115.294
12	273.000	9.555	68.250	204.750	438.750	35.100	-	438.750	112.905
13	204.750	7.166	68.250	136.500	438.750	35.100	-	438.750	110.516
14	136.500	4.778	68.250	68.250	438.750	35.100	-	438.750	108.128
15	68.250	2.389	68.250	-	438.750	35.100	-	438.750	105.739
16					438.750	35.100	-	438.750	35.100
17					438.750	35.100	-	438.750	35.100
18					438.750	35.100	-	438.750	35.100
19					438.750	35.100	-	438.750	35.100
20					438.750	35.100	-	438.750	35.100
21					438.750	35.100	-	438.750	35.100

22					438.750	35.100	-	438.750	35.100
23					438.750	35.100	-	438.750	35.100
24					438.750	35.100	-	438.750	35.100
25					438.750	35.100	438.750	-	473.850

Tabla 55: Cuadro financiación

Aplicando el TIR en la última columna de la tabla 55 se tiene el coste del capital o pasivo, para calcular la TIR neta, se realiza restando el coste del capital o pasivo al valor de la TIR obtenido en la tabla 54, de ahí se tiene la tabla 56.

<b>Coste del capital (pasivo)</b>	<b>5,69%</b>
<b>Tasa Interna de Retorno neta (TIRneta)</b>	<b>0,99%</b>

Tabla 56: Coste capital y TIR neta

La instalación en su conjunto es factible desde el punto de vista económico, ya que el VAN es positivo y la TIR mayor que el coste del capital o pasivo. Si bien, la rentabilidad de este tipo de instalaciones no es demasiado atractiva.

### 5.3. Período de Recuperación con Descuento

El plazo de recuperación con descuento es un método de valoración de inversiones que determina el tiempo que una inversión tarda en recuperar el desembolso inicial, con los flujos de caja generados por la misma actualizados [12].

Fórmula del DPBT:

$$A = \sum_{t=0}^{t=PD} ( Q_t / ( 1 + k )^t )$$

Dónde:

A = inversión inicial €

$Q_t$  = flujos de caja en cada periodo t €

k = tipo de descuento % (coste del capital)

PD = plazo de recuperación con descuento (en años)

*(Ecuación 4)*

En la tabla 57 se tiene el flujo del DPBT:

Año	DPBT
1	- 1.382.391,2
2	- 1.303.849,8
3	- 1.226.818,4
4	- 1.151.242,8
5	- 1.077.071,4
6	- 1.004.255,4
7	- 932.748,1
8	- 862.505,6
9	- 793.485,8
10	- 725.648,9
11	- 658.957,0
12	- 593.374,1
13	- 528.865,9
14	- 465.399,8
15	- 402.944,7
16	- 341.471,1
17	- 280.950,7
18	- 221.356,9
19	- 162.664,0
20	- 104.847,6
21	- 47.884,3
22	8.247,9
23	63.570,3
24	118.103,2
25	171.866,0

Tabla 57: Cuadro de flujo DPBT

Como se ve en la tabla 57 el periodo de recuperación será entre los 21 y 22 años, esto se puede ver mejor en la figura 10 que representa una gráfica del DPBT.

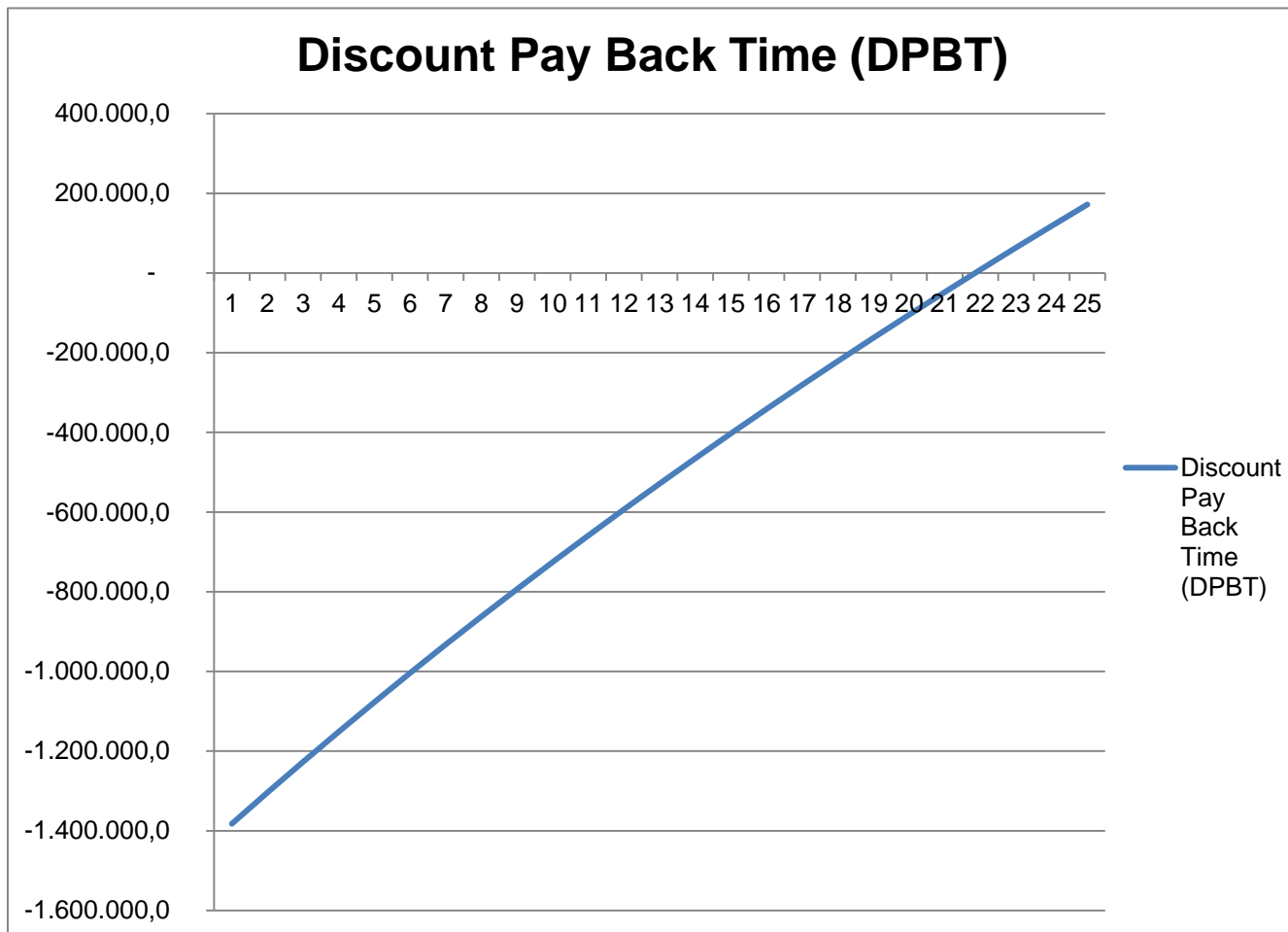


Figura 13: Gráfica DPBT

#### 5.4. Costo Nivelado de la Energía

El costo nivelado de la electricidad, también conocido como costo normalizado o costo equivalente, (abreviado como LCOE por sus siglas en inglés) es la valoración económica del costo del sistema de generación de electricidad. El LCOE se define como un valor teórico y constante (en €/kWh), de cada kWh generado a lo largo de la vida útil del sistema (instalación) [13].

Fórmula del LCOE:



$$\text{LCOE} = \frac{A + \sum_{n=1}^N \frac{G_n (1-T)}{(1+d)^n} - \sum_{n=1}^{N_d} \frac{DEP_n \cdot T}{(1+d)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{E_n (1-r_d)}{(1+d)^n}}$$

Dónde:

A = inversión €

G = gastos operación y mantenimiento en cada periodo €

DEP = depreciación

E = energía eléctrica generada kWh

d = tasa de descuento (%)

T = tasa impositiva del impuesto de sociedades

$r_d$  = tasa de degradación de potencia del sistema (%)

$N_d$  = periodo de amortización –depreciación- (años)

*(Ecuación 5)*

Para obtener el LEC se realiza la tabla 58 donde se calculan los diferentes flujos para poder aplicar la ecuación 5.

LEC				
Periodo	Electricidad generada (kWh)	Depreciación	Costes de explotación	Costes totales
1	1.263.977,7	- 21.937,5	10.442,3	- 11.495,3
2	1.257.657,8	- 21.937,5	10.651,1	- 11.286,4
3	1.251.369,5	- 21.937,5	10.864,1	- 11.073,4
4	1.245.112,7	- 21.937,5	11.081,4	- 10.856,1
5	1.238.887,1	- 21.937,5	11.303,0	- 10.634,5
6	1.232.692,7	- 21.937,5	11.529,1	- 10.408,4
7	1.226.529,2	- 21.937,5	11.759,7	- 10.177,8
8	1.220.396,5	- 21.937,5	11.994,9	- 9.942,6
9	1.214.294,6	- 21.937,5	12.234,8	- 9.702,7
10	1.208.223,1	- 21.937,5	12.479,5	- 9.458,0
11	1.202.182,0	- 21.937,5	12.729,0	- 9.208,5
12	1.196.171,1	- 21.937,5	12.983,6	- 8.953,9
13	1.190.190,2	- 21.937,5	13.243,3	- 8.694,2
14	1.184.239,3	- 21.937,5	13.508,2	- 8.429,3
15	1.178.318,1	- 21.937,5	13.778,3	- 8.159,2
16	1.172.426,5	- 21.937,5	14.053,9	- 7.883,6
17	1.166.564,3	- 21.937,5	14.335,0	- 7.602,5
18	1.160.731,5	- 21.937,5	14.621,7	- 7.315,8
19	1.154.927,9	- 21.937,5	14.914,1	- 7.023,4
20	1.149.153,2	- 21.937,5	15.212,4	- 6.725,1
21	1.143.407,5	- 21.937,5	15.516,6	- 6.420,9
22	1.137.690,4	- 21.937,5	15.827,0	- 6.110,5
23	1.132.002,0	- 21.937,5	16.143,5	- 5.794,0
24	1.126.342,0	- 21.937,5	16.466,4	- 5.471,1
25	1.120.710,2	- 21.937,5	16.795,7	- 5.141,8

Tabla 58: Flujos LEC

Una vez se tiene la tabla 45 se puede calcular el LEC que se muestra en la tabla 59.

Actualización Energía generada	15905645,76 kWh
Coste ciclo de vida útil (LCC)	1.340.191,02 €
LEC (€/kWh)	0,0843

Tabla 59: LEC

## **5.5. Análisis Tesorería**

Este análisis se realiza para poder conocer el flujo neto y acumulado monetario, a lo largo de los diferentes periodos de la vida útil del proyecto, El análisis de la tesorería nos permite conocer si un proyecto es factible desde el punto de vista financiero, es decir, de la financiación. El cuadro 60 muestra lo anteriormente dicho.

<b>Tesorería</b>				
Periodo	Dimens. Financiera Inversión	Dimens. Finan. Financiación	Tesorería Neta	Tesorería Acumulada
1	84.665,8	139.181,3	- 54.515,5	- 54.515,5
2	87.731,3	136.792,5	- 49.061,2	- 103.576,7
3	90.939,2	134.403,8	- 43.464,6	- 147.041,2
4	94.295,9	132.015,0	- 37.719,1	- 184.760,3
5	97.808,2	129.626,3	- 31.818,0	- 216.578,4
6	101.483,2	127.237,5	- 25.754,3	- 242.332,7
7	105.328,2	124.848,8	- 19.520,6	- 261.853,3
8	109.351,0	122.460,0	- 13.109,0	- 274.962,3
9	113.559,6	120.071,3	- 6.511,7	- 281.474,0
10	117.962,5	117.682,5	280,0	- 281.194,0
11	122.568,5	115.293,8	7.274,7	- 273.919,3
12	127.386,8	112.905,0	14.481,8	- 259.437,5
13	132.427,0	110.516,3	21.910,7	- 237.526,8
14	137.699,1	108.127,5	29.571,6	- 207.955,2
15	143.213,8	105.738,8	37.475,0	- 170.480,1
16	148.981,9	35.100,0	113.881,9	- 56.598,2
17	155.015,0	35.100,0	119.915,0	63.316,8
18	161.325,0	35.100,0	126.225,0	189.541,8
19	167.924,5	35.100,0	132.824,5	322.366,3
20	174.826,5	35.100,0	139.726,5	462.092,8
21	182.044,8	35.100,0	146.944,8	609.037,6
22	189.593,6	35.100,0	154.493,6	763.531,2
23	197.488,0	35.100,0	162.388,0	925.919,2
24	205.743,4	35.100,0	170.643,4	1.096.562,6
25	214.376,3	473.850,0	- 259.473,7	837.088,9

Tabla 60: Flujos Tesorería

Aplicando el VAN a la tesorería acumulada se obtiene la tabla 61.

<b>VAN (comprobación)</b>	<b>171.866,01 €</b>
---------------------------	---------------------

Tabla 61: VAN tesorería

Como la tesorería acumulada no es positiva para todos los periodos de la vida útil del proyecto (instalaciones), se dice que la instalación en su conjunto no es factible desde el punto de vista financiero. Para solventar este problema, se tendrá que cambiar la financiación de la instalación (tipo de interés, amortización, etc).

## 6. CONCLUSIONES

El estudio de viabilidad económica demuestra que la instalación en su conjunto es factible desde el punto de vista económico, ya que el VAN es positivo y la TIR mayor que el coste del capital o pasivo. Si bien, la rentabilidad de este tipo de instalaciones no es demasiado atractiva. Además, la inversión se habrá recuperado entre los 21 y 22 años, lo cual es mucho tiempo. La instalación en su conjunto no es factible desde el punto de vista financiero, pues presenta periodos con tesorería acumulada negativa. Para solventar este problema, se tendrá que cambiar la financiación de la instalación (tipo de interés, amortización, etc).

Hay que señalar que esta rentabilidad es debida a que la estimación del precio de la energía comprada a la comercializadora ha arrojado un precio del kWh comprado superior al precio de la generación. Si el precio de generación aumentase o el coste de la energía disminuyese harían que este proyecto no fuera viable.

No obstante se debe tener en cuenta que hay datos que no se han tenido en cuenta y harían reducir el margen de beneficio, por ejemplo los gastos de gestión, los soportes para la instalación fotovoltaica, que aunque se haya tenido en cuenta un precio medio este puede aumentar según cada proyecto.

Otro aspecto es el marco legislativo actual no es muy claro sobre los pasos necesarios a realizar para formalizar el alta de la instalación fotovoltaica, ni quien será quien cobre los recargos por la generación si el Ministerio o la misma comercializadora.

Como conclusión este proyecto es rentable desde el punto de vista económico, pero no desde el punto de vista financiero, aunque este último aspecto puede ser resuelto a través de la modificación de la financiación de las instalaciones estudiadas. Por tanto su construcción puede suponer un gran empuje a la Universidad de Jaén para dar un paso más en la sostenibilidad y servir de ejemplo para que en otros lugares de interés den este mismo paso hacia una energía limpia.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Talavera, D., Muñoz-Cerón, E., de la Casa, J., Ortega, M. and Almonacid, G. (2011). Energy and economic analysis for large-scale integration of small photovoltaic systems in buildings: The case of a public location in Southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), pp.4310-4319.
- [2] Boe.es. (2015). *BOE.es - Documento BOE-A-2015-10927*. [Online] Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-10927](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-10927) [Accedido 5 Mayo 2016].
- [3] Boe.es. (2015). *BOE.es - Documento BOE-A-2015-13782*. [Online] Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-13782](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-13782) [Accedido 14 Mayo 2016].
- [3] Gómez Vidal, P. (2016). *ASPECTOS LEGALES ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*. [PDF] UNIA.
- [4] Gómez Vidal, P. (2016). *PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA*. [PDF] Diputación de Jaén.
- [5] Eosweb.larc.nasa.gov. (2016). *NASA Surface meteorology and Solar Energy: Data Subset*. [online] Disponible en: [https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/subset.cgi?email=skip%40larc.nasa.gov&latmin=&lonmin=&latmax=37.79&lonmax=-3.78&month=1&tenyear=none&grid=swv\\_dwn&submit=Submit](https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/subset.cgi?email=skip%40larc.nasa.gov&latmin=&lonmin=&latmax=37.79&lonmax=-3.78&month=1&tenyear=none&grid=swv_dwn&submit=Submit) [Accedido 3 Jul. 2016].
- [6] Es.slideshare.net. (2014). *Un poco de luz sobre el precio de la electricidad en España – J M Yus...* [online] Disponible en: <http://es.slideshare.net/JoseMariaYustaLoyo/un-poco-de-luz-sobre-el-precio-de-la-electricidad-en-espaa-j-m-yusta> [Accedido 18 Agosto 2016].
- [7] Iea-pvps.org. (2014). *iea-pvps.org - National Reports*. [online] Disponible en: [http://www.iea-pvps.org/index.php?id=93&tx\\_damfrontend\\_pi1=&tx\\_damfrontend\\_pi1\[catPlus\]=&tx\\_damfrontend\\_pi1\[catEquals\]=&tx\\_damfrontend\\_pi1\[catMinus\]=&tx\\_damfrontend\\_pi1\[catPlus\\_Rec\]=58&tx\\_damfrontend\\_pi1\[catMinus\\_Rec\]=&tx\\_damfrontend\\_pi1\[treeID\]=201&tx\\_damfrontend\\_pi1\[id\]=93](http://www.iea-pvps.org/index.php?id=93&tx_damfrontend_pi1=&tx_damfrontend_pi1[catPlus]=&tx_damfrontend_pi1[catEquals]=&tx_damfrontend_pi1[catMinus]=&tx_damfrontend_pi1[catPlus_Rec]=58&tx_damfrontend_pi1[catMinus_Rec]=&tx_damfrontend_pi1[treeID]=201&tx_damfrontend_pi1[id]=93) [Accedido 9 Jul. 2016].

- [8] (SUBCLASE), I. (2016). *IPC ELECTRICIDAD (SUBCLASE) (02/06/2016) / Índice de Precios al Consumo / Precios y Costes*. [Online] Estadísticas y gráficas económicas. Tematicas.org. Disponible en: <http://tematicas.org/indicadores-economicos/precios-y-costes/indice-de-precios-al-consumo/ipc-electricidad-subclase/> [Acceso 8 Jun. 2016].
- [9] Anónimo, (2016). [Online] Disponible en: [HTTP://WWW.BDE.ES/CLIENTEBANCA/ES/AREAS/TIPOS\\_DE\\_INTERES/ENTIDADES/](HTTP://WWW.BDE.ES/CLIENTEBANCA/ES/AREAS/TIPOS_DE_INTERES/ENTIDADES/) [Accedido 8 Jun. 2016].
- [10] Anónimo, (2016). [Online] Disponible en: [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VALOR\\_ACTUAL\\_NETO](HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VALOR_ACTUAL_NETO) [Accedido 9 Jun. 2016].
- [11] Anónimo, (2016). [Online] Disponible en: [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TASA\\_INTERNA\\_DE\\_RETORNO](HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TASA_INTERNA_DE_RETORNO) [Accedido 9 Jun. 2016].
- [12] Anónimo, (2016). [Online] Disponible en: <HTTP://WWW.EXPANSION.COM/DICCIONARIO-ECONOMICO/PLAZO-DE-RECUPERACION-DESCONTADO.HTML> [Accedido 9 Jun. 2016].
- [13] Anónimo, (2016). [Online] Disponible en: <HTTP://WWW.MONOGRAFIAS.COM/TRABAJOS105/QUE-ES-COSTO-NIVELADO-ELECTRICO-LCOE/QUE-ES-COSTO-NIVELADO-ELECTRICO-LCOE.SHTML> [Accedido 9 Jun. 2016].
- Boe.es. (2011). *BOE.es - Documento BOE-A-2011-19242*. [Online] Disponible en [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-19242](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-19242) [Accedido 12 Mayo 2016].
- Energía, O., Mier, A., Bernabé, D., Echaniz, R. and artículos, T. (2014). *Siete gráficos para ponerse al día en fotovoltaica - La Marea*. [Online] Disponible en: <http://www.lamarea.com/2014/12/22/siete-graficos-para-ponerse-al-dia-en-fotovoltaica/> [Accedido 7 Jun. 2016].
- Foros Solarweb. (2012). *estudio económico y ratios €/Wp instalado*. [Online] Disponible en: <http://www.solarweb.net/forosolar/fotovoltaica-sistemas-aislados-la-red/28423-estudio-economico-ratios-wp-instalado.html> [Accedido 7 Jun. 2016].
- Fundamentos Instalaciones Fотовoltaicas. (2014). [PDF] Universidad de Jaén.



Ine.es. (2016). *Tabla246*. [Online] Disponible en:

<http://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=246> [Accedido 8 Jun. 2016].

Jesmarlo.wordpress.com. (2015). *Evolución Precio de la Electricidad 2012-2015*.

[Online] Available at: <https://jesmarlo.wordpress.com/2015/02/18/evolucion-precio-de-la-electricidad-2012-2015/> [Accedido 8 Jun. 2016].

Anónimo, (2016). [Online] Disponible en: [HTTP://ES.KRANNICH-](HTTP://ES.KRANNICH-SOLAR.COM/ES/AUTOCONSUMO/QUE-ES-LA-ENERGIA-SOLAR/DUDAS-RD-AUTOCONSUMO.HTML)

[SOLAR.COM/ES/AUTOCONSUMO/QUE-ES-LA-ENERGIA-](HTTP://ES.KRANNICH-SOLAR.COM/ES/AUTOCONSUMO/QUE-ES-LA-ENERGIA-SOLAR/DUDAS-RD-AUTOCONSUMO.HTML)

[SOLAR/DUDAS-RD-AUTOCONSUMO.HTML](HTTP://ES.KRANNICH-SOLAR.COM/ES/AUTOCONSUMO/QUE-ES-LA-ENERGIA-SOLAR/DUDAS-RD-AUTOCONSUMO.HTML) [Accedido 6 Jun. 2016].