



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

ÍNDICE

<i>MEMORIA</i>	3
<i>PRESUPUESTO</i>	35
<i>IMPACTO AMBIENTAL</i>	45
<i>ANEXOS</i>	49
<i>PLANOS</i>	121

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Objetivos	7
2. Introducción	9
3. Necesidades energéticas de la vivienda	13
3.1 Potencia de las luminarias utilizadas.....	13
3.2 Consumo para la instalación conectada a red.....	13
3.3 Consumo para la instalación aislada de red	14
4. Número de paneles y su disposición	15
4.1 Instalación conectada a red.....	15
4.2 Instalación aislada de red.....	16
5. Instalación fotovoltaica conectada a red	17
5.1 Inversor.....	17
5.2 Cableado	18
5.3 Protecciones	20
5.4 Puesta a tierra	23
6. Instalación solar fotovoltaica aislada de red	25
6.1 Regulador	25
6.2 Banco de baterías	26
6.3 Inversor.....	26
6.4 Cableado	27
6.5 Protecciones	28
6.6 Toma de tierra	29
7 Legislación y normativa	31
8 Bibliografía.....	34

1. Objetivos

El proyecto tiene como objetivo el establecimiento de una vivienda con fuente de energía solar fotovoltaica, tanto conectada a red como aislada.

La vivienda estará situada en el País Vasco, en la ciudad de San Sebastián. Será una vivienda unifamiliar, con los paneles colocados en el tejado a una inclinación de 45º y orientada hacia el Sur.

El documento tiene como finalidad garantizar el abastecimiento de todo el consumo eléctrico de la vivienda con energía solar, el cálculo de todos los componentes necesarios para el buen funcionamiento de la parte fotovoltaica, y el cálculo de la instalación eléctrica interior de la vivienda, cumpliendo con la normativa vigente y velando por la seguridad de las personas.

Se ha tratado de optimizar energéticamente la instalación, dotando a la vivienda de electrodomésticos de alta eficiencia, iluminación de bajo consumo (LED) e inversores y reguladores de alto rendimiento. También se ha calculado el cableado atendiendo a varios criterios, uno de ellos el de sección de máximo rendimiento, para evitar al máximo las pérdidas por efecto Joule.

También se le proporciona a la vivienda aislada de red una autonomía de 6 días, con las baterías suficientes para dicho cometido.

La memoria contiene todos los cálculos que justifican lo mencionado en los párrafos precedentes, además de planos que indican la instalación eléctrica interior, la colocación de los módulos solares en el tejado y los diagramas unifilares necesarios.

Se ha realizado un presupuesto para ver el coste y la viabilidad económica del proyecto, con precios de mercado.

La iluminación de la casa cumple con unos niveles de luxes recomendados. Para ello se ha utilizado software especializado para medir la cantidad de iluminación en las diferentes zonas de la casa, y obtener una cantidad adecuada de intensidad lumínica para las diferentes tareas.

2. Introducción

Se va a hacer una breve introducción sobre la producción y consumo de energía en España, para poder entender los motivos de realización de este trabajo. Primero veremos el saldo energético español a lo largo de los últimos años:

Fecha Actualización: 25/06/2014

IV.7. PRODUCCIÓN E INTERCAMBIOS INTERNACIONALES DE ENERGÍA ELÉCTRICA. SISTEMA PENINSULAR
Gigawatios hora (GWh)

	Régimen Ordinario				Régimen Especial (*)						Saldo ext. =			Consumo E. Eléctrica corregido(2)	
	Hidrául.	Nuclear	Térmica	TOTAL	Cons. generac.		Otras renov.		Cogener. y resto	TOTAL	Gener. neta	Cons. bombeo (1)	Importac. - Exportac.		Deman. transp.
					Hidrául.	Eólica	Hidrául.	Eólica							
2007	26.352	55.102	142.369	223.823	-8.753	4.125	27.249	2.846	23.328	57.548	272.619	-4.432	-5.750	262.436	267.710
2008	21.428	58.973	139.939	220.341	-8.338	4.638	31.758	5.073	26.576	68.045	280.048	-3.803	-11.040	265.206	269.542
2009	23.862	52.761	114.223	190.846	-7.117	5.454	37.889	9.003	28.466	80.811	264.540	-3.794	-8.086	252.660	256.854
2010	38.653	61.990	88.526	189.169	-6.673	6.824	43.208	10.003	30.789	90.825	273.321	-4.458	-8.333	260.530	263.820
2011	27.571	57.731	94.222	179.525	-7.247	5.294	42.105	13.209	32.051	92.660	264.937	-3.215	-6.090	255.632	261.342
2012	19.455	61.470	93.314	174.239	-7.661	4.645	48.140	16.020	33.493	102.298	268.875	-5.593	-11.200	252.083	255.691
2013	33.970	56.827	64.897	155.695	-6.270	7.099	54.338	17.420	31.989	110.846	260.271	-7.226	-6.732	246.313	250.163
2014 (3)	21.385	25.002	15.928	62.315	-2.149	3.707	25.570	6.661	10.281	46.219	106.385	-3.453	-1.603	101.328	107.044

Tabla 1: Producción e intercambios de energía. Ministerio de Industria Energía y Comercio.

De una manera más gráfica, podemos ver la información de la tabla anterior de la siguiente manera:

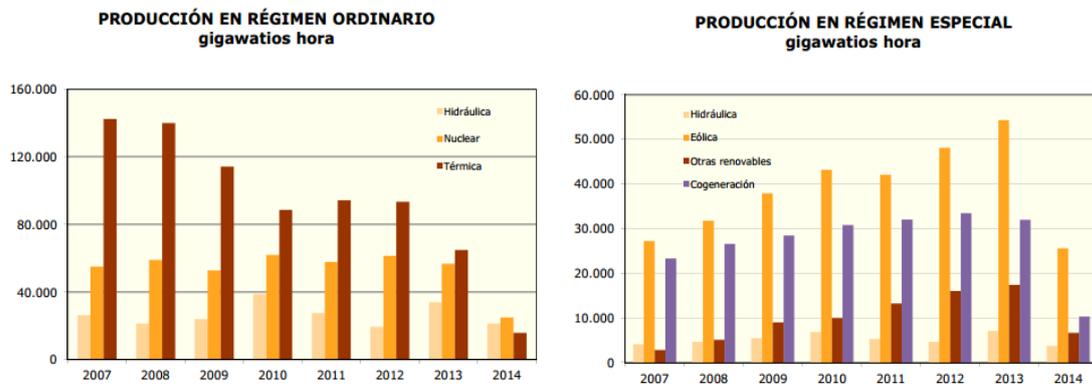
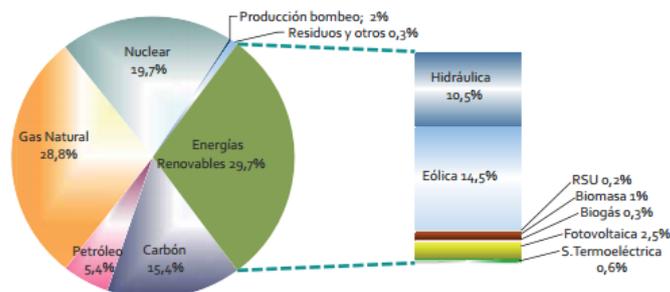


Gráfico 1: Producción de la energía en España. Ministerio de Industria Energía y Comercio.

El siguiente gráfico, nos muestra el desglose de toda la producción de energía Española:



FUENTE: Ministerio de Industria, Energía y Turismo - IDAE

Gráfico 2: Desglose de la energía Española en el año 2011. Libro de la Energía 2011.

Queda patente que la producción de energía solar fotovoltaica es muy pequeña en el país (año 2011). En el Gráfico 1: Producción de la energía en España., se puede ver que la dependencia de las centrales térmicas para la generación de energía ha descendido considerablemente desde el año 2007, pero aun así, siguen representando un porcentaje elevado en cuanto a producción.

Mención especial tiene la energía eólica, que sin duda es el máximo exponente de generación de energía renovable del país, llegando a superar a veces a la energía nuclear.

España además se trata de un país altamente dependiente energéticamente:

Fecha Actualización: 09/04/2014

IV.2 A. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA (1)
Miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep)

	Carbón	Petróleo	Gas Nat.	Nuclear	Hidráulica	Eol. y solar (1)	Biom. y res.(1) (2)	Total	Grado de auto-abastecimiento (%)
2006	6.048	142	63	15.669	2.232	2.095	5.088	31.336	21,7
2007	5.455	145	16	14.360	2.349	2.518	5.446	30.288	20,6
2008	4.193	129	14	15.369	2.009	3.193	5.441	30.349	21,4
2009	3.810	107	12	13.750	2.271	4.002	6.325	30.278	23,3
2010	3.296	125	45	16.155	3.638	4.858	6.209	34.326	26,4
2011	2.648	102	45	15.042	2.631	5.061	6.354	31.883	24,6
2012	2.462	145	52	16.019	1.767	6.679	6.244	33.368	25,9
2013	1.688	385	50	14.785	3.163	7.663	6.014	33.748	27,9

Tabla 2: Producción energía primaria. Ministerio de Industria Energía y Comercio.

Fecha Actualización: 09/04/2014

IV.2 B. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (1)
Miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep)

	Carbón	Petróleo	Gas Nat.	Nuclear	Hidráulica	Eol. y solar (1)	Biom. y res.(1) (2)	Saldo (3)	Total
2006	17.868	70.789	31.227	15.669	2.232	2.095	5.088	-282	144.687
2007	20.037	71.238	31.778	14.360	2.349	2.518	5.450	-494	147.235
2008	13.504	68.506	34.903	15.369	2.009	3.193	5.678	-949	142.213
2009	9.663	63.473	31.219	13.750	2.271	4.002	6.511	-697	130.193
2010	7.248	61.160	31.123	16.155	3.638	4.858	6.622	-717	130.088
2011	12.698	58.372	28.930	15.042	2.631	5.061	7.231	-524	129.441
2012	15.510	53.978	28.184	16.019	1.767	6.679	7.734	-963	128.909
2013	10.531	52.934	26.077	14.785	3.163	7.663	6.543	-579	121.117

Tabla 3: Consumo de energía primaria. Ministerio de Industria Energía y Comercio.

Como vemos en la Tabla 2, el grado de autoabastecimiento (producción de energía para suplir el consumo en el propio país en tanto por ciento) no llega al 30%, teniendo que importar la mayoría de las materias primas (productos derivados del petróleo principalmente como vemos en la gráfica siguiente).

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA POR TIPOS
miles de tep

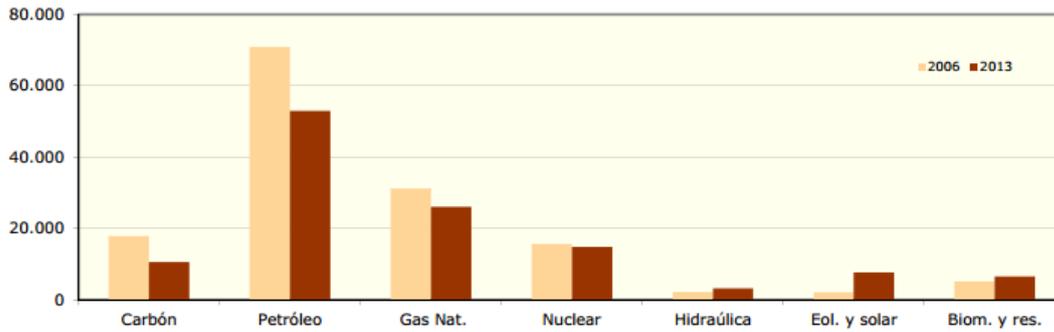


Gráfico 3: Consumo de energía. Ministerio de Industria Energía y Comercio.

España sólo dispone como materias primas el carbón (reserva disminuyendo), uranio y energías renovables. Así pues para evitar esta dependencia tan importante de los hidrocarburos, cualquier ayuda a la producción de energía que evite utilizar éstos productos en las centrales térmicas convencionales, será muy útil para el país.

El principal problema de la energía solar fotovoltaica, es que se trata de una energía muy costosa, pero esta tendencia está mejorando notablemente con el paso de los años, donde el abaratamiento de los paneles solares puede hacer competitiva este tipo de energía:

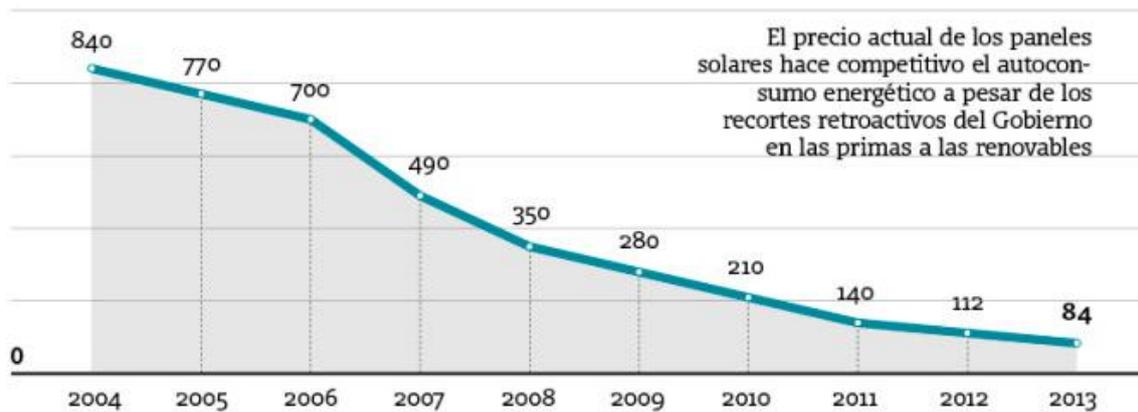


Figura 1: Evolución de los precios en los paneles solares (€) de un panel de 140W.

Fuente: Lamarea.com

3. Necesidades energéticas de la vivienda

Para comenzar con el dimensionado de la instalación y el cálculo de los distintos elementos que la componen, debemos plantearnos el consumo que debemos abastecer a la vivienda.

Como nuestro trabajo utilizamos un software para ver la iluminación de la casa, primero hemos de averiguar la potencia de las luminarias que vamos a utilizar.

3.1. Potencia de las luminarias utilizadas

La vivienda debe tener una iluminación adecuada. Se pretende llegar a unos niveles mínimos de iluminancia:

Tarea/Lugar	Luxes (lx)
Pasillos	50
Actividades	300+
Iluminación general	100-150

Tabla 4: Objetivos de iluminación.

La lista y el total de potencia de todas las lámparas utilizadas se muestran en la siguiente tabla:

Iluminación	Potencia nominal (W)	Número	Total Potencia (W)
Ropero, Terraza, y entrada	25	3	75
Garaje	31	1	31
Cuarto Baño Inferior	20,4	1	20,4
Trastero	13,4	1	13,4
Habitaciones	37	2	74
Cuarto Baterías-Inversores-reguladores, Vestíbulo	16,3	2	32,6
Encimeras	22,1	2	44,2
Comedor Cocina	29,5	2	59
Habitación Matrimonio, Sala estar, Cuarto Baño Superior	29	4	116
Flexos	8	7	56
Pasillos, Cocina, Comedor	6,8	13	88,4
Suma Total	-	-	610

Tabla 5: Total de potencia en la iluminación de la vivienda.

3.2. Consumo para la instalación conectada a red.

Para el consumo conectado a red, se pretende conseguir que durante todo el año, los paneles sean capaces de suministrar toda la energía consumida por la vivienda.

Esta energía es:

- El consumo de todas las cargas conectadas a la vivienda.
- Las pérdidas en el inversor.
- Pérdidas en la instalación (pérdidas por efecto joule y rendimiento de la instalación eléctrica general)

Sabiendo la potencia nominal y las horas de utilización anuales de cada carga, podemos obtener el consumo de la vivienda.

El consumo viendo la tabla 3.4 de los anexos, es de 3096832 Wh anuales.

Aplicando el rendimiento a este consumo, obtenemos el consumo real de la instalación, cuyo valor es de 4424045,7 Wh.

3.3. Consumo para la instalación aislada de red

Para este consumo, en lugar de tener en cuenta el consumo durante todo el año, se ha optado por otro criterio. Ya que en este tipo de instalación no podemos obtener energía de la red cuando tenemos una falta de energía, debemos garantizar que incluso en el día más desfavorable (máximo consumo de energía) dispongamos de los paneles necesarios para hacer frente a dicho consumo.

El día más desfavorable, aparecerá en el mes de diciembre, que es el mes donde obtenemos menos producción de energía por panel al día.

Este consumo máximo al día es:

- Consumo máximo supuesto de los electrodomésticos e iluminación.
- Rendimiento del regulador.
- Rendimiento del inversor.
- Rendimiento de las baterías y de la instalación eléctrica.

El rendimiento total de la instalación será de 0,7.

El consumo medio de un día es de 8484,47 Wh. Por tanto se ha supuesto un consumo máximo diario de 10000 Wh.

Aplicando los rendimientos a dicho valor, obtenemos el rendimiento real de la instalación, de 14285,71 Wh/día.

4. Número de paneles y su disposición

Ahora pasamos a analizar la producción de energía que nos dan los paneles para hacer frente al consumo propuesto en el apartado anterior.

4.1. Instalación conectada a red

La producción de energía de un panel anualmente es de 407654,72 Wh. Este valor lo obtenemos sabiendo los datos de radiación que reciben los módulos solares. Con la radiación podemos sacar la potencia que proporciona cada panel. El modelo de panel elegido es A-300P GSE con 300W de potencia pico. La tensión de máxima potencia que nos proporcionan los paneles es de 36,19 V y la intensidad de potencia máxima es de 8,34A.

Para esta instalación hacen falta 11 paneles.

La potencia máxima instalada es de 3300W.

Los paneles se pueden conectar en paralelo o en serie:

- Conexión en serie: Las tensiones se suman, y la intensidad se mantiene. La ventaja de esta conexión es que la intensidad al ser baja, las pérdidas en los conductores serán menores, pero a cambio, tendremos tensiones peligrosas.
- Conexión en paralelo: Las intensidades se suman y las tensiones se mantienen. En este caso, la tensión será muy baja, siendo segura para las personas, pero a cambio tendremos pérdidas por efecto joule mayores.

Conectaremos nuestros paneles dependiendo de la cantidad de intensidad y de voltaje que deseemos a la entrada del inversor.

El inversor que se va a utilizar en la instalación conectada a red, tiene los siguientes requisitos de entrada:

Voltaje de entrada	150 – 600 V
Intensidad de entrada	15 A
Potencia máxima instalada solar	4000 W

Tabla 6: Requerimientos del inversor de la instalación conectada a red.

Conectaremos los paneles en serie, esto nos dará:

Voltaje Total (V)	Intensidad Total (A)
398,09	8,34

Tabla 7: Voltaje e intensidad proporcionados por el conjunto de los paneles en conectada a red.

Con lo cual cumplimos con los valores que recibe el inversor.

En este caso, al estar en serie, deberemos tener especial cuidado con la tensión que aparece. El control de aislamiento en esta instalación será muy importante, para evitar situaciones peligrosas.

4.2. Instalación aislada de red

En este caso, debemos fijarnos de la producción que nos da un panel en el día más desfavorable del año, para poder atender al criterio de dimensionado mencionado en el apartado 3.3 Este día aparece en diciembre, donde el valor de energía que nos proporciona un panel al día es de 642,627 Wh.

Ahora el número de paneles necesarios para hacer frente al consumo máximo diario es de 23 paneles.

Los paneles irán conectados al regulador de carga, para que éste pueda proporcionar la tensión adecuada a las baterías.

El regulador de carga elegido admite una intensidad de entrada de 250A.

Conectaremos los módulos solares en paralelo, dando:

Voltaje Total (V)	Intensidad Total (A)
36,19	191,82

Tabla 8: Voltaje e intensidad proporcionados por el conjunto de los paneles en aislada de red.

Cumpliendo con el requisito del regulador. En este caso, la tensión que entregan los paneles no es peligrosa (menos de 50V), pero tendremos unas pérdidas mayores.

5. Instalación fotovoltaica conectada a red

La instalación tendrá el siguiente esquema:

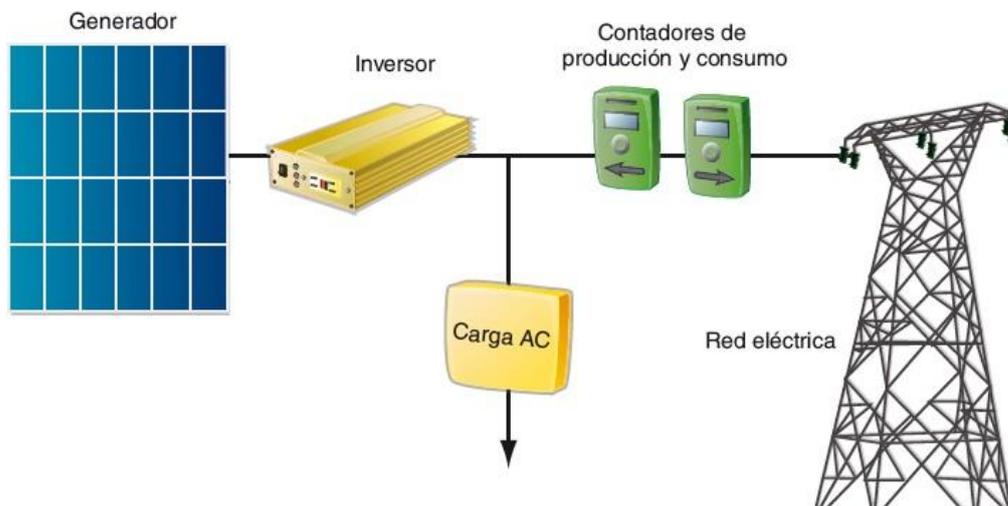


Imagen 1: Esquema instalación fotovoltaica aislada de red.

En el vemos 2 partes claramente diferenciadas:

- Parte de la instalación en corriente continua: Del generador fotovoltaico al inversor.
- Parte de la instalación en corriente alterna: Del inversor al resto de la vivienda

Una vez elegidos los paneles, procedemos a seleccionar los restantes elementos de la instalación.

Para el conexionado de la instalación conectada a red, se tendrá en cuenta lo visto en Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (PCT-C-REV - julio 2011), y en el Real Decreto 1699/2011.

5.1. Inversor

El inversor tiene que ser capaz de soportar la tensión de voltaje que proviene de los paneles fotovoltaicos. Éste está en torno a 24-30 V reales cada uno (ya que el panel rara vez trabaja a su potencia nominal). El inversor tiene que soportar la potencia instalada de los paneles. Como hemos visto en el apartado 4.1 esto se cumple para el inversor PR37S/S0.

El inversor tiene que garantizar que la electricidad vertida a la red eléctrica tenga unos niveles aceptables de estabilidad. Proporcionará una tensión de 230V y 50Hz de frecuencia.

Según el RD 1699/2011 de 18 de Noviembre, el funcionamiento de la instalación no debe provocar averías en su conexionado a la red, por tanto el inversor tiene que entregar una señal con una máxima y mínima frecuencia, y una máxima y mínima tensión a la red.

Parámetro	Umbral de protección	Tiempo máximo de actuación
Sobretensión –fase 1.	Un + 10%	1,5 s
Sobretensión – fase 2.	Un + 15%	0,2 s
Tensión mínima.	Un - 15%	1,5 s
Frecuencia máxima.	50,5 Hz	0,5 s
Frecuencia mínima.	48 Hz	3 s

Tabla 9: Condiciones de funcionamiento para los inversores conectados a red.

El inversor proporciona:

- 230 V +/- 2%
- 50 Hz +/- 0,2%

Dando unos rangos de:

Parámetro	Rango
Voltaje	240,6-225,4 V
Frecuencia	50,1-49,9 Hz

Tabla 10: Rangos de voltaje y frecuencia dados a la red eléctrica.

Que entran dentro de los límites permitidos por la legislación.

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, que deben estar certificadas por el fabricante, y también deben incorporar las siguientes protecciones:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.
- No funcionarán en modo isla.

La caracterización de los inversores se harán según:

- UNE-EN 62093.
- UNE-EN 61683.
- IEC 62116.

5.2. Cableado

El cableado de la instalación se calculará atendiendo a los criterios de:

- Caída de tensión máxima.
- Criterio térmico de los conductores.
- Criterio de sección de máximo rendimiento.

Hay dos partes para el cableado, la parte de corriente continua que irá desde los paneles solares hasta el inversor, y la parte de corriente alterna, que es la parte de toda la instalación interior de la vivienda y el tramo correspondiente del inversor a la red eléctrica.

Los conductores en la parte de corriente alterna serán de cobre, aislados y con una tensión asignada de 450/750 V, como mínimo.

Los conductores utilizados son EXZHELLENT XXI 750V HO7Z1-K (AS) de General Cable.

Los conductores en la parte de corriente continua deberá ser de doble aislamiento y adecuado para el uso a la intemperie.

Se utilizarán los cables específicos para las instalaciones fotovoltaicas. Los cables elegidos son:

- EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC para secciones menores de 35 mm².
- EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC para secciones mayores de 35 mm².

Estos cables incluyen resistencias contra:

- Temperaturas extremas, de 120°C a -40°C.
- Resistencia a los rayos ultravioletas.
- Resistencia al OZONO.
- Resistencia a la absorción de agua.

Para establecer la sección de acuerdo a los tres criterios antes mencionados se tendrán en cuenta:

- La máxima caída de tensión.
 - Tramo de corriente continua: Según el PCT-C-REV - julio 2011, ha establecido una caída de tensión máxima del 1,5%.
 - Tramo de corriente alterna del inversor al CGP: Caída de tensión máxima del 1,5%, también vista por el PCT-C-REV - julio 2011.
 - Tramo de corriente alterna del CGP al resto de la vivienda: Para esto hay que atender al REBT, donde establece que la máxima caída de tensión que puede aparecer en el tramo más alejado de la vivienda es de un 3%.
- La conductividad del material: La conductividad del material será a la temperatura más desfavorable, en este caso 70 °C, donde se produce la degradación del PVC protector de los cables. El conductor eléctrico será de cobre, con una conductividad de 48,47 S/m.
- Intensidad del tramo.
- Longitud de la línea.
- Máxima intensidad permitida para la sección seleccionada (criterio térmico).
- Pérdidas por efecto Joule en el cableado (criterio de máximo rendimiento).

Para la instalación de los cables y de los tubos y canales protectores, se tiene en cuenta las ITC-BT-20 e ITC-BT-21 (Instrucciones Técnicas Complementarias) del REBT.

Los tubos en canalizaciones fijas superficiales (tramo de paneles a inversor) deben cumplir unas características mínimas recogidas en el REBT (tipos de protecciones).

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1, para tubos rígidos, y UNE-EN 50.086-2-2 para tubos curvables. En nuestro caso, utilizaremos tubos curvables.

Los tubos en canalizaciones empotradas (resto de la instalación eléctrica) deben cumplir las siguientes características mínimas:

El cumplimiento de las características para canalizaciones empotradas se realizará de acuerdo a las normas UNE-EN 50.086 -2-1, para tubos rígidos, UNE-EN 50.086 -2-2, para tubos curvables y UNE-EN 50.086 -2-3, para tubos flexibles. En este caso, usaremos tubos flexibles.

Las secciones y tubos utilizados en la red interior de la vivienda, vienen dados en el REBT. En nuestro caso, al hacer los cálculos para mejorar el rendimiento de la instalación, el circuito C3 (horno y cocina) tiene unos valores distintos a los mínimos que nos da el REBT.

Las secciones utilizadas y el tubo corrugado correspondiente se muestran en la siguiente tabla:

Tramo	Sección (mm ²)	Diámetro Tubo
Placas a inversor	10	25
Inversores a CGP	2,5	16
C1	1,5	16
C2	2,5	20
C3	16	32
C4	4	20
C5	2,5	20

Tabla 11: Secciones y diámetros instalación conectada a red.

5.3. Protecciones

Las protecciones de la instalación se pondrán contra:

- Protección contra contactos directos.
- Protección contra contactos indirectos.
- Protección contra sobrecorrientes.
- Protección contra cortocircuitos.
- Limitador de tensión y frecuencia máxima y mínima del inversor.

Para la protección contra contactos directos e indirectos, se tendrán en cuenta lo expuesto en el ITC-BT-24 en el cual nos indica los diferentes tipos de protección existentes.

Para los contactos directos se ha utilizado la protección por aislamiento de las partes activas, las cuales sólo serán accesibles destruyéndolas, protecciones por barreras o envolventes, que posean como mínimo el grado de protección IP XXB, según UNE 20.324.

Para la protección de contactos indirectos en la red interior de la vivienda, se utilizará la protección por corte automático de la alimentación. Este corte está destinado a impedir un contacto prolongado ante una tensión de contacto peligrosa. Debe existir una adecuada coordinación con la puesta a tierra de la vivienda, tan como se ve en el ITC-BT-08.

La tensión límite convencional es de 50V en condiciones normales. La conexión a red de la parte en corriente alterna, se trata de un esquema TT (neutro del transformador conectado a tierra y conexión de las partes metálicas de la instalación conectadas a tierra). Por tanto, se deberá calcular la resistencia adecuada para no superar los 50 V a la intensidad que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. En nuestro caso se trata de un dispositivo de corriente diferencial-residual de sensibilidad 30mA.

Para la parte de corriente continua, el esquema es un IT. En esta parte ya hemos visto que aparecen tensiones peligrosas. Se dispondrá de un control de aislamiento conectado al negativo de los paneles solares, el cual nos avisará cuando aparezca un primer defecto de

aislamiento, para poder corregirlo lo más rápido posible y no poner en peligro la salud de las personas.

Al elegir las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos se tendrá en cuenta lo expuesto en el ITC-BT-22 e ITC-BT-23.

Las sobrecargas pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia
- Cortocircuitos
- Descargas eléctricas atmosféricas

Protección contra sobrecargas: el límite de intensidad de corriente admisible en el conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados a las características de funcionamiento adecuadas.

Protección contra cortocircuitos: En el origen de todo circuito se dispondrá de un dispositivo con capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en algún punto de su conexión.

La norma UNE20.460 -4 -43 es la que recoge todos los requisitos para los dispositivos de protección.

La elección de los interruptores automáticos y de los fusibles se elegirá dependiendo de la cantidad máxima admisible de corriente que puede soportar el interruptor, y de la intensidad que se espera que recorra la línea. Se escogerán interruptores automáticos con una intensidad nominal que tenga un valor entre las dos corrientes antes mencionadas.

El ITC-BT-25 nos indica el número de circuitos interiores y la protección general de la instalación. Los dispositivos generales de protección y mando se encuentran en el ITC-BT-17.

Según estas 2 instrucciones técnicas, elegiremos los dispositivos de protección del cuadro general de la vivienda. Esta dispondrá:

- Interruptor de control de potencia: Es el encargado de evitar que se pase de la potencia contratada. Al ser electrificación básica, nuestra potencia contratada será de 5750W
- Interruptor general automático: Independiente del interruptor de control de potencia, con una intensidad nominal mínima de 25 A con protección contra sobrecargas y cortocircuitos
- Interruptor diferencial que garantizan la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos para cada circuito independiente.

Para la protección de la parte solar fotovoltaica, se escogerán fusibles en cada polo del generador fotovoltaico con función seccionadora, aparte del ya mencionado control de aislamiento.

En resumen los dispositivos de protección serán los siguientes:

Parte de corriente alterna:

- En el cuadro general de la vivienda

Tipo de protección	Características
Interruptor Control de Potencia	In 25 A
Interruptor general automático	In 25 A Poder de corte 6 kA
Interruptor diferencial	Sensibilidad 30mA
IA C1	10
IA C2	16
IA C3	25
IA C4	20
IA C5	2016

Tabla 12: Protecciones Cuadro general de la vivienda de la instalación conectada a red.

Parte de corriente continua:

- El inversor

Según el fabricante, el inversor dispone protecciones contra sobrecorrientes, temperaturas elevadas, tensión de entrada fuera del rango, protecciones para el control de frecuencia y tensión máxima y mínima y protección contra el funcionamiento en isla, con lo cual garantizamos que proporcione electricidad a la red eléctrica con las suficientes protecciones para cumplir el PCT-C-REV - julio 2011, y en el RD 1699/2011.

Un interruptor general manual con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora. Este dispositivo será accesible en todo momento por la empresa para hacer la desconexión manual.

- Módulos solares fotovoltaicos

Entre los paneles y los inversores se dispondrán de fusibles con una intensidad nominal de 10A.

Los módulos solares también dispondrán de diodos de derivación para evitar las posibles averías en sus células y sus circuitos por sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP65 (protección de elementos a la intemperie).

Todos los módulos tendrán los soportes y la carcasa metálica conectadas a tierra. El negativo irá conectado a un control de aislamiento, para evitar el contacto con tensiones peligrosas. El dispositivo deberá incorporar alguna señal acústica o visual que nos indique que se ha producido un primer defecto.

5.4. Puesta a tierra

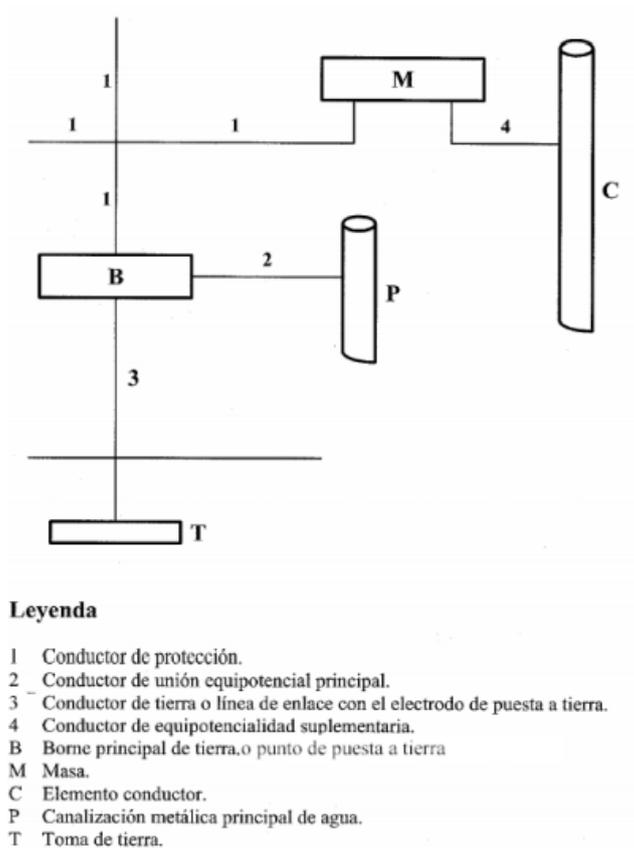


Imagen 2: Esquema de una instalación de puesta a tierra.

Para la puesta a tierra de la instalación seguimos el ITC-BT-18.

La puesta a tierra es el cálculo de la resistencia de puesta a tierra y de los conductores de protección. Se establecen para limitar la tensión que puede aparecer en las partes activas, y por tanto, son un elemento de protección tanto para las personas como para la apartada a la que está conectada. Mediante la instalación de puesta a tierra se permite el paso de las corrientes de defecto o de las de descarga de origen atmosférico al terreno.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como la de alterna, irán conectadas a una única tierra.

La resistencia de puesta a tierra se tendrá en cuenta el tipo de esquema de la instalación. En la instalación conectada a red tenemos un esquema TT para la parte de corriente alterna de la instalación. El cálculo de este valor de resistencia lo encontramos en el ITC-BT-24, que es el necesario para calcular nuestro interruptor diferencial.

La puesta a tierra se hará siempre que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la empresa distribuidora.

La resistividad del terreno es de 50 Ohm, al tratarse de suelo arcilloso. Este valor lo sacamos del ITC-BT-18.

Así pues, sabiendo que la tensión máxima de contacto es de 50V y que nuestro diferencial tiene una sensibilidad de 30mA, la resistencia de puesta a tierra es de 1666,66 Ohm. Este es un

valor muy elevado, para mayor seguridad se ha tratado de conseguir una resistencia de puesta a tierra de 37 Ohm.

Utilizando picas verticales, será necesaria una pica vertical de 2 m de longitud de acero cobreado de 18 mm de diámetro. Las normas de aplicación serán la UNE-EN 62.305 y UNE-EN 50.164/2.

En el caso de la parte de corriente continua, se trata de un esquema IT. Conectaremos todas las masas metálicas de esta parte, con la puesta a tierra obtenida en la parte de corriente alterna.

El conductor de tierra es la parte de la instalación de puesta a tierra que une la toma de tierra con las plaquetas de conexionado de tierra de los diferentes elementos que se quieren proteger.

En nuestro caso se ha elegido un conductor de 35 mm² de cobre de 5 m de longitud enterrado.

En la instalación también se deben disponer de bornes principales de tierra para poder unir los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.

Los conductores de protección se elegirán de acuerdo a la sección de la fase que se pretenda proteger.

Si la sección de un conductor, da un valor no normalizado, se escogerá el inmediatamente superior a este.

Las secciones de los cables para las tomas de tierra serán diferentes para los tramos:

Tramo	Sección del conductor (mm ²)
Placas a inversor	10
Inversor a CGP	2,5
C1	1,5
C2	2,5
C3	16
C4	4
C5	2,5

Tabla 13: Secciones de los conductores de protección para la instalación conectada a red.

6. Instalación solar fotovoltaica aislada de red

En este caso el esquema eléctrico será el siguiente:

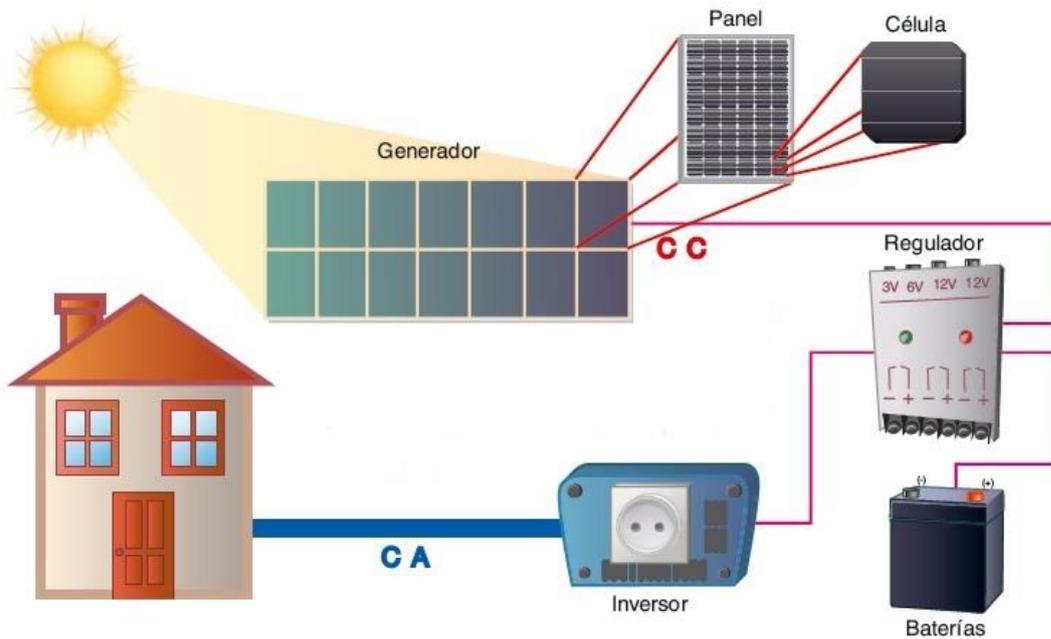


Imagen 2: Esquema de la instalación fotovoltaica aislada de red.

Se seguirá lo dispuesto en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (PCT-A-REV - febrero 2009).

6.1. Regulador

Para la elección del regulador se tendrá en cuenta la tensión que proporcionará el regulador (tensión de funcionamiento de la instalación) y la intensidad de entrada que puede soportar, que es la máxima que proporcionará el grupo fotovoltaico.

Nuestra tensión de funcionamiento será de 24V, y la intensidad de entrada se ha descrito en el apartado 4.2.

El regulador utilizado es un LEO3 250A 24V de ATERSA.

Debe asegurar la protección contra las sobredescargas y sobrecargas de las baterías.

Los reguladores estarán protegidos contra cortocircuitos en la línea de consumo.

El regulador de carga debería estar protegido contra la desconexión accidental del banco de las baterías.

Las caídas de tensión internas deberán ser menores al 2%.

Las pérdidas de energía diarias por el autoconsumo serán menores al 3% del consumo diario total de energía.

6.2. Banco de baterías

El banco de baterías seleccionado debe ser capaz de proporcionar una autonomía de 6 días a la instalación. Para este dato se ha tenido en cuenta el lugar de la instalación (clima, días nublados). También se ha supuesto que durante este intervalo de tiempo, la radiación que recibe el sistema y por tanto la producción de energía es nula. Utilizamos esto como un factor de seguridad, ya que incluso en los días nublados se recibe cierta cantidad de radiación.

Las baterías se dimensionan para evitar ciclos de descarga mayores al 80% de la energía almacenada en la batería. Esto se hace así para aumentar la vida útil de la vivienda, ya que ésta disminuye considerablemente cuantos más ciclos profundos de descarga hagan las baterías.

El banco de baterías debe suministrar un voltaje de funcionamiento de 24V.

Para ello, las baterías utilizadas Rolls con una capacidad de 1284 Ah cada una.

La capacidad que debe almacenar la instalación teniendo en cuenta el dimensionado para evitar el ciclo mayor al 80% es de 3787,7 Ah.

El número de baterías necesarias será de 3.

La autodescarga del acumulador no excederá el 6% de su capacidad por mes.

La vida del acumulador será de al menos 1000 ciclos, cuando se producen ciclos de descarga de entre el 20% y el 50%.

6.3. Inversor

En el caso de la instalación aislada de red, los inversores deben proporcionar toda la potencia que consume la instalación, ya que en este caso no disponemos de la red eléctrica para tomar la energía que nos falte.

La red interior de la vivienda (que es la misma para las dos instalaciones fotovoltaicas) es de electrificación básica con una potencia de 5750W.

Se seleccionará un inversor que sea capaz de suministrar más que esa potencia, y que tenga un rango de tensiones de entrada válido para que pueda funcionar con el banco de baterías.

Según el PCT-A-REV - febrero 2009, el inversor debe proporcionar una tensión y una frecuencia entre una variación de tensión máxima y mínima del 5%, y una variación del 2% respectivamente, siendo la tensión 230V y la frecuencia 50 Hz.

El inversor seleccionado es Invertek C3-6000-242 24v del fabricante RICH ELECTRIC, proporcionándonos una potencia continua de 6000W.

Este inversor proporciona una variación de tensión y de frecuencia de:

- Tensión +/- 4%.
- Frecuencia +/- 1,5%.

Por lo tanto es válido para cumplir el pliego de condiciones de instalaciones aisladas de red.

El rendimiento será superior al 85% cuando trabaja a su potencia nominal.

6.4. Cableado

El cableado sigue los mismos criterios de selección antes vistos:

- Criterio por caída de tensión.
- Criterio térmico.
- Criterio sección de máximo rendimiento

Las caídas de tensión máximas serán:

- Parte de corriente continua: Por el PCT-A-REV - febrero 2009 se establece una caída de tensión de 1,5%
- Parte de corriente alterna hasta el CGP: Por el PCT-A-REV - febrero 2009, caída de tensión de 1,5%.
- Parte de corriente alterna del CGP al resto de la vivienda: Por el REBT se establece una caída máxima de tensión de 3%.

Aquí aparecen dos nuevos tramos que antes no teníamos:

- Tramo del regulador a las baterías: en el que deberemos tener en cuenta la máxima corriente que puede circular proveniente de los reguladores.
- Tramo de las baterías al inversor: donde la máxima intensidad que recorre el tramo está fijada por la potencia instalada.

La sección de los conductores y sus tubos protectores en el interior de la vivienda serán exactamente los mismos que los calculados en la instalación conectada a red.

El tipo de instalación será superficial para los tramos de las placas a reguladores, de los reguladores a las baterías, y de éstas a los inversores.

El resto utilizará canalizaciones empotradas.

En este caso, la parte de corriente continua, va desde los paneles, pasando por el regulador, a las baterías, y luego al inversor.

La parte de corriente alterna irá desde el inversor a la vivienda.

Los conductores utilizados son los mismos que los vistos en la instalación conectada a red:

- EXZHELLENT XXI 750V HO7Z1-K (AS) para la parte de alterna.
- EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC para secciones menores de 35 mm² para corriente continua.
- EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC para secciones mayores de 35 mm² para corriente continua.

Las secciones de los conductores y diámetro de los tubos protectores son los siguientes:

Tramo	Sección cables	Diámetro tubos
Placas a regulador	50	50
Regulador a baterías	95	63
Baterías a inversor	50	50
Inversor a CGP	50	50
C1	1,5	16
C2	2,5	20
C3	16	32
C4	4	20
C5	2,5	20

Tabla 14: Secciones de los conductores y tubos protectores utilizados en la instalación aislada de red.

6.5. Protecciones

En este caso, tenemos más elementos a los que deberemos poner protección (baterías y reguladores). Al tratarse de una instalación aislada, no es necesario colocar un interruptor de control de potencia y por tanto el control de frecuencia y tensión que proporciona el inversor no es tan importante.

En esta instalación, la parte de corriente continua no supera los 50V. Los paneles al estar en paralelo, tienen una tensión de máxima potencia de 36,19V, y a partir del regulador, la tensión es de 24V. Esto quiere decir que no aparecen tensiones peligrosas para las personas en la parte de corriente continua.

Las protecciones en el CGP son las mismas que las protecciones en la instalación conectada a red, lo único diferente que esta vez el CGP no tiene ICP.

Protecciones de la parte de corriente alterna:

Tipo de protección	Características
Interruptor general automático	In 25 A Poder de corte 6 kA
Interruptor diferencial	Sensibilidad 30mA
IA C1	In 10
IA C2	In 16
IA C3	In 25
IA C4	In 20
IA C5	In 16

Tabla 15: Protecciones en el CGP de la instalación aislada de red.

Las protecciones en la parte de la instalación solar son:

Tramo	Protección utilizada
Paneles a regulador	Fusible de In 200 A
Regulador a baterías	Fusible de In 200 A
Baterías a inversor	Fusible de In 30 A

Tabla 16: Protecciones parte fotovoltaica de la instalación aislada de red.

La parte de corriente continua, al tratarse de un esquema IT, la dotaremos de un sistema de control de aislamiento, para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación. Este dispositivo incorporará algún tipo de señal acústica o visual que nos avise del primer fallo de defecto.

Los módulos solares fotovoltaicos tendrán diodos para evitar el mal funcionamiento de los mismos, para que no se produzcan flujos de corrientes indeseados.

El inversor dispondrá a la salida un relé de control de tensión ante la aparición de un cortocircuito en el tramo del inversor al CGP. En la instalación aislada, la aparición de este cortocircuito no es peligrosa, ya que la máxima intensidad nos la proporciona el conjunto de paneles solares. Ante un cortocircuito no saltan las protecciones, pero no funciona nada en la instalación.

6.6. Puesta de tierra

Para el dimensionado de la toma de tierra, hay que tener en cuenta los esquemas de puesta a tierra de la instalación:

- Continua: Esquema IT.
- Alterna: Esquema TN-S.

Conectaremos todas las partes metálicas de la instalación de corriente continua a la toma de tierra, dotando a la parte fotovoltaica de la instalación de un control de aislamiento, como se ha mencionado antes.

Las partes activas de la parte en alterna, se conectarán a la arqueta de conexión a tierra por medio de conductores de protección.

En este caso la resistencia a tierra máxima para los esquemas TN es de 2 Ohm.

Se instalarán 13 picas verticales para llegar a tal resistencia de tierra.

Los conductores de protección a tierra serán los mismos en la red interior de la vivienda, pero para los otros tramos de la instalación podrán ser diferentes, teniendo en cuenta ITC-BT-18 y poniendo secciones normalizadas:

Tramo	Sección del conductor (mm ²)
Placas a regulador	75
Regulador-Baterías-Inversor	50
Inversor a CGP	25
C1	1,5
C2	2,5
C3	16
C4	4
C5	2,5

Tabla 17: Sección de los conductores de protección en la instalación aislada de red.

Para el tramo que se encuentra en el cuarto de las baterías-inversor-regulador se ha optado por unir todos los equipos con el mismo conductor de protección, ya que se tratan de distancias muy cortas entre unos y otros. Se ha escogido la sección de fase con mayor cantidad de intensidad para el dimensionado del conductor de protección (tramo del regulador a las baterías).

7. Legislación y normativa

Las principales leyes que regulan la generación fotovoltaica en nuestro país son las siguientes:

- Real Decreto-ley 2/2013, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero.
- Ley 15/2012, de medidas para la sostenibilidad energética.
- Real Decreto-ley 1/2012, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- Real Decreto 1699/2011, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto-ley 14/2010 por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- Real Decreto 1565/2010 por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto-ley 6/2009 por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 1578/2008 de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica.
- Real Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

La normativa siguiente se deberá tener en cuenta a la hora de elegir los distintos elementos de las instalaciones solares fotovoltaicas.

Normativa banco de baterías.

- CEI 62093:2005 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- CEI 62124:2004 Equipos fotovoltaicos (FV) autónomos. Verificación de diseño.
- UNE-EN 61427:2005 Acumuladores para sistemas de conversión fotovoltaicos de energía (PVES). Requisitos generales y métodos de ensayo.
- CEI 62093:2005 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 62093:2006 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 62509:2012 y IEC 62509:2010 Controladores de carga de baterías para instalaciones fotovoltaicas. Comportamiento y rendimiento.
- CEI 60364-7-712:2002 Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7-712: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV).

Normativa con los módulos o paneles solares FV.

- CEI 62093:2005 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 50380:2003 Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 61853-1:2011 Ensayos del rendimiento de módulos fotovoltaicos y evaluación energética. Parte 1: Medidas del funcionamiento frente a temperatura e irradiancia y determinación de las características de potencia.

- UNE-EN 61701:2012 Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (FV).
- UNE-EN 60891:2010 Dispositivos fotovoltaicos. Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos.
- UNE-EN 60904-5:2012 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 5: Determinación de la temperatura equivalente de la célula (TCE) de dispositivos fotovoltaicos por el método de la tensión de circuito abierto.
- UNE-EN 60904-3:2009 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: Fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos de uso terrestre con datos de irradiancia espectral de referencia.
- UNE-EN 60904-1:2007 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica corriente-tensión de dispositivos fotovoltaicos.
- UNE-EN 61730-2:2007/A1:2013 Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos para ensayos.
- UNE-EN 61730-1:2007/A1:2013 Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos. Parte 1: Requisitos de construcción.
- UNE-EN 50548:2012/A1:2013 Cajas de conexiones para módulos fotovoltaicos.

Normativa referente a inversores.

- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.
- UNE-EN 62109-2:2013 Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos.
- UNE-EN 50530:2011 Rendimiento global de los inversores fotovoltaicos.
- UNE-EN 50524:2010 Información de las fichas técnicas y de las placas de características de los inversores fotovoltaicos.
- CEI 60364-7-712:2002 Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7-712: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV).
- CEI 62093:2005 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- IEC.60947-7-1 Aparata de baja tensión. Bloques auxiliares. Conductores eléctricos.
- IEC.60947-7-2 Aparata de baja tensión. Bloques de conexión para conductores eléctricos.

Normativa con la conexión a red de la instalación fotovoltaica.

- Real Decreto 1110/2007 por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico
- Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Report EUR 16338 EN. 1995 Guidelines for Assessment of Photovoltaic Plants. Document A. Photovoltaic System Monitoring'. Criterios para monitorización en instalaciones fotovoltaicas. Recomendado en el pliego de condiciones técnicas de IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).
- UNE-EN 62466 Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema

- UNE-EN 61727:1996 Sistemas fotovoltaicos. Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica.
- UNE-EN 62446:2011 Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- UNE 206006:2011 IN Ensayos de detección de funcionamiento en isla de múltiples inversores fotovoltaicos conectados a red en paralelo.
- IEC.60947-7-1 Aparata de baja tensión. Bloques auxiliares. Conductores eléctricos.
- CEI 60364-7-712:2002 Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7-712: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV).
- CEI 62093:2005 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- Directiva 2009/28/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
- Real Decreto 1699/2011, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

Normativas para el cableado, conexionado y puesta a tierra.

- UNE-EN 61724:2000 Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- UNE-EN 50548:2012/A1:2013 Cajas de conexiones para módulos fotovoltaicos.
- CEI 60364-7-712:2002 Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7-712: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV).
- CEI 62093:2005 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- REBT (Reglamento electrotécnico de baja tensión) y las ITC (Instrucciones técnicas complementarias).
- UNE 20460-5-523:20004 Tablas para la instalación del cableado. Intensidad de referencia para circuitos eléctricos. Criterio térmico.
- UNE-EN 50.086-2-1, para tubos rígidos, y UNE-EN 50.086-2-2 para tubos curvables, UNE-EN 50.086-2-3 para tubos flexibles.

Todo lo relacionado con la red interior de la vivienda (cableado, protecciones, puesta a tierra) se ha tenido en cuenta el REBT, que es el reglamento que nos indica como proceder para que la instalación cumpla las condiciones de seguridad y funcionalidad establecidas.

Relé de control de aislamiento cumple con:

- IEC 255
- EN 61 557
- VDE 0413

8. Bibliografía

1. Unión Española Fotovoltaica www.unef.es/
2. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión *REBT*
3. Real Decreto 1699/2011 *regulación de la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.*
4. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red *PCT-C-REV - julio 2011.*
5. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red *PCT-A-REV - febrero 2009.*
6. Páginas web relativas a energía fotovoltaica, www.solarweb.net/, www.suelosolar.es/, www.solar-instruments.es/
7. Páginas web relativas a precios de material eléctrico, www.todoelectronico.es/, www.wholesolar.com/
8. Ministerio de Industria Energía y Turismo, *datos relativos a consumos y producción de energía en España*, www.minetur.gob.es/
9. Ministerio de Industria Energía y Turismo, *Libro de la Energía 2011.*
10. José Roger Folch ; Carlos Roldán Porta (2010): *Tecnología eléctrica. Tercera edición. Ed Síntesis*
11. ATERSA www.atersa.es/
12. Hager www.hager.es/
13. Red Eléctrica de España www.ree.es/
14. ABB www.abb.com/
15. General Calbe www.generalcable.es/

PRESUPUESTO

ÍNDICE PRESUPUESTO

1. Presupuesto instalación conectada a red.	39
1.1 Instalación fotovoltaica.	39
1.2 Puesta a tierra	39
1.3 Red interior de la vivienda	40
1.4 Total	41
2. Presupuesto aislada de red.....	41
2.1 Instalación fotovoltaica	41
2.2 Puesta a tierra	42
2.3 Red interior de la vivienda	43
2.4 Coste adicional de compra de nuevas baterías.....	44
2.5 Total	44

1. Presupuesto instalación conectada a red
1.1. Instalación fotovoltaica

	Descripción	Fabricante	Rendimiento	Precio unitario (€)	Precio de partida (€)
Ud	Placas solares fotovoltaicas A-300P GSE	ATERSA	11	300	3300
Ud	Inversor solar PR37S/S0	Nedap Energy Systems	1	2845	2845
m	EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC de 10 mm2	General cable	20	3,68	73,6
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 2,5 mm2	General cable	24,05	0,54	12,98
m	Tubo corrugado de PVC 25	Aiscan	10	0,576	5,76
m	Tubo corrugado de PVC 20	Aiscan	12,025	0,4235	5,09
Ud	Diodos	LITTELFUSE	11	1,56	17,16
Ud	Repercusión por montaje del módulo fotovoltaico en la vivienda		11	15	165
Ud	Repercusión por material eléctrico para la conexión del módulo fotovoltaico		11	38	418
Ud	Dispositivo de control de aislamiento VIGILOHM	Schneider Electric	1	63,12	63,12
Ud	Fusible 10 A	Genérico	1	1,36	1,36
h	Oficial 1º electricista		3,609	17,82	64,31
h	Ayudante de electricista		3,609	16,1	58,10
%	Medios auxiliares		2		140,58
%	Costes indirectos		3		210,88
	TOTAL				7380,97

1.2. Puesta a tierra

	Descripción	Fabricante	Rendimiento	Precio unitario (€)	Precio de partida (€)
Ud	Electrodo de toma de tierra de acero cobreado de 2 m de longitud y 18 mm de diámetro	INGESCO	1	18	18
Ud	Conductor de puesta a tierra de 35 mm2 de cobre.	Genérico	5	2,81	14,05
Ud	Grapa abarcón para conexión de pica	Genérico	1	1	1
Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, con tapa de registro	Genérico	1	74	74
Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica	INGESCO	1	46	46
Ud	Saco de 5kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de las puestas a tierra	Genérico	0,333	3,5	1,16
Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra	Genérico	1	1,15	1,15
h	Retrocargadora sobre neumáticos de 70kW	-	0,003	36,43	0,11
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 10 mm2	General Cable	50	2,05	102,5
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 4 mm2	General Cable	13,805	0,85	11,73
	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 16 mm2	General Cable	14,8	5,77	85,39
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 2,5 mm2	General Cable	174,39	0,54	94,17

m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 1,5 mm2	General Cable	183,005	0,37	67,71
h	Oficial 1º electricista	-	1,04	17,82	18,53
h	Ayudante electricista	-	1,04	16,1	16,74
h	Peón ordinario de construcción	-	0,001	15,92	0,063
%	Medios auxiliares		2		11,04
%	Costes indirectos		3		16,56
	TOTAL				579,94

1.3. Red interior de la vivienda

	Descripción	Fabricante	Rendimiento	Precio unitario (€)	Precio de partida (€)
Ud	Caja empotrable para alojamiento del interruptor del control de potencia	ABS	1	27,98	27,98
Ud	Interruptor de control de potencia 25 A	HAGER	1	20,81	20,81
Ud	Interruptor diferencial, sensibilidad 30mA	HAGER	1	63,13	63,13
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 10 A	HAGER	1	43,47	43,47
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 16 A	HAGER	2	44,24	88,48
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 20 A	HAGER	1	45,59	45,59
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 25 A	HAGER	2	46,41	92,82
Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro	Genérico	10	1,79	17,9
Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro	Genérico	3	2,29	6,87
Ud	Caja de empotrar universal, enlace por los 2 lados	Genérico	45	0,25	11,25
Ud	Caja de empotrar universal, enlace por los 4 lados	Genérico	20	0,47	9,4
Ud	Caja de empotrar para toma de 25A, especial para toma de corriente en cocinas	Genérico	1	2,01	2,01
Ud	Interruptor con marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	15	5,84	87,6
Ud	Doble interruptor con marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	2	8,98	17,96
Ud	Conmutador de gama básica, marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	11	6,22	68,42
Ud	Conmutador de cruce de gama básica, marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	3	11,44	34,32
Ud	Pulsador	Genérico	1	6,58	6,58
Ud	Base de enchufe de 16 A 2P+T	SIMON	33	6,22	205,25
Ud	Base de enchufe de 25 A 2P+T	SIMON	1	11,75	11,75
m	Tubo corrugado de PVC 16	Aiscan	183,005	0,3872	70,85
m	Tubo corrugado de PVC 20	Aiscan	176,125	0,4235	74,58
m	Tubo corrugado de PVC 32	Aiscan	14,095	0,8784	12,38
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 1,5 (mm2)	General cable	366,01	0,37	135,42

m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 2,5 (mm2)	General cable	324,64	0,54	175,30
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 16 (mm2)	General cable	28,19	5,77	162,65
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) 4 (mm2)	General cable	27,61	0,85	23,46
Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas	-	4	1,48	5,92
h	Oficial 1ª Electricista	-	20,5	17,82	365,31
h	Ayudante de electricista	-	20,5	16,1	330,05
%	Medios auxiliares		2		44,35
%	Costes indirectos		3		66,52
	TOTAL				2328,43

1.4. Total

Concepto		Coste (€)
Coste instalación fotovoltaica		7380,97
Coste puesta a tierra		579,94
Coste instalación interior		2328,43
Suma costes parciales		10289,35
Beneficio Industrial	6%	617,36
Coste con beneficio industrial		10906,71
IVA	21%	2290,41
Coste total de la instalación		13.197,12

2. Presupuesto aislada de red

2.1. Instalación fotovoltaica

	Descripción	Fabricante	Rendimiento	Precio unitario (€)	Precio de partida (€)
Ud	Placas solares fotovoltaicas A-300P GSE	ATERSA	23	300	6900
Ud	Relé control de tensión cero	CRYDOM	1	61,39	61,39
Ud	Diodos	LITTELFUSE	23	1,56	35,88
Ud	Inversor Invertek C3-6000-242 24V	Rich Electric	1	2623,55	2623,55
Ud	Regulador Leo3	ATERSA	1	1120	1120
Ud	Rolls Battery Bank, de 1284 Ah de capacidad y 24 V	Rolls	3	3308,08	9924,24
m	EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) de 50 mm2	General cable	4	17,45	69,8
m	EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) de 150 mm2	General cable	20	45,47	909,4
m	EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) de 95 mm2	General cable	8	31,69	253,52
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 50mm2	General cable	24,04	15,14	363,96
m	Tubo corrugado de PVC 50	Aiscan	12,02	1,56	18,75
m	Tubo corrugado de PVC 63	Aiscan	3	1,8	5,4
m	Tubo corrugado de PVC 75	Aiscan	10	2,75	27,5
Ud	Repercusión por montaje del módulo	A	23	15	345

fotovoltaico en la vivienda					
Ud	Repercusión por material eléctrico para la conexión del módulo fotovoltaico	A	23	38	874
Ud	Fusible 200	Genérico	2	1,38	2,76
	Fusible 30	Genérico	1	1,21	1,21
Ud	Dispositivo de control de aislamiento VIGILOHM	Schneider Electric	1	63,12	63,12
h	Oficial 1º electricista		3,609	17,82	64,31
h	Ayudante de electricista		3,609	16,1	58,10
%	Medios auxiliares		2		474,43
%	Costes indirectos		3		711,65
	TOTAL				24907,99

2.2. Puesta a tierra

	Descripción	Fabricante	Rendimiento	Precio unitario (€)	Precio de partida (€)
Ud	Electrodo de toma de tierra de acero cobreado de 2 m de longitud y 18 mm de diámetro	INGESCO	13	18	234
Ud	Conductor de puesta a tierra de 35 mm ² de cobre.	Genérico	5	2,81	14,05
Ud	Grapa abarcón para conexión de pica	Genérico	13	1	13
Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, con tapa de registro	Genérico	1	74	74
Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica	INGESCO	1	46	46
Ud	Saco de 5kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de las puestas a tierra	Genérico	5,328	3,5	18,64
Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra	Genérico	4	1,15	4,6
h	Retrocargadora sobre neumáticos de 70kW	-	0,048	36,43	1,74
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 95 mm ²	General Cable	10	28,03	280,3
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 50 mm ²	General Cable	15,14	4	60,56
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 25 mm ²	General Cable	8,66	14,02	121,41
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 4 mm ²	General Cable	13,805	0,85	11,73
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 16 mm ²	General Cable	14,8	5,77	85,39
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 2,5 mm ²	General Cable	174,39	0,54	94,17
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 1,5 mm ²	General Cable	183,005	0,37	67,71
h	Oficial 1º electricista	-	1,04	17,82	18,53
h	Ayudante electricista	-	1,04	16,1	16,74
h	Peón ordinario de construcción	-	0,001	15,92	0,063

%	Medios auxiliares		2		23,25
%	Costes indirectos		3		34,88
	TOTAL				1220,8

2.3. Red interior de la vivienda

	Descripción	Fabricante	Rendimiento	Precio unitario (€)	Precio de partida (€)
Ud	Caja empotrable para alojamiento del interruptor del control de potencia	ABS	1	27,98	27,98
Ud	Interruptor diferencial, sensibilidad 30mA	HAGER	1	63,13	63,13
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 10 A	HAGER	1	43,47	43,47
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 16 A	HAGER	2	44,24	88,48
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 20 A	HAGER	1	45,59	45,59
Ud	IA magnetotérmico con poder de corte 6kA y IN de 25 A	HAGER	2	46,41	92,82
Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro	Genérico	10	1,79	17,9
Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro	Genérico	3	2,29	6,87
Ud	Caja de empotrar universal, enlace por los 2 lados	Genérico	45	0,25	11,25
Ud	Caja de empotrar universal, enlace por los 4 lados	Genérico	20	0,47	9,4
Ud	Caja de empotrar para toma de 25A, especial para toma de corriente en cocinas	Genérico	1	2,01	2,01
Ud	Interruptor con marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	15	5,84	87,6
Ud	Doble interruptor con marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	2	8,98	17,96
Ud	Conmutador de gama básica, marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	11	6,22	68,42
Ud	Conmutador de cruce de gama básica, marco de color blanco y embellecedor de color blanco	SIMON	3	11,44	34,32
Ud	Pulsador	Genérico	1	6,58	6,58
Ud	Base de enchufe de 16 A 2P+T	SIMON	33	6,22	205,25
Ud	Base de enchufe de 25 A 2P+T	SIMON	1	11,75	11,75
m	Tubo corrugado de PVC 16	Aiscan	183,005	0,3872	70,85
m	Tubo corrugado de PVC 20	Aiscan	176,125	0,4235	74,58
m	Tubo corrugado de PVC 32	Aiscan	14,095	0,8784	12,38
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 1,5 (mm ²)	General cable	366,01	0,37	135,42
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 2,5 (mm ²)	General cable	324,64	0,54	175,30
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) de 16 (mm ²)	General cable	28,19	5,77	162,65
m	Cable de 750 V HO7Z1-K (AS) 4 (mm ²)	General cable	27,61	0,85	23,46

Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas	-	4	1,48	5,92
h	Oficial 1º Electricista	-	20,5	17,82	365,31
h	Ayudante de electricista	-	20,5	16,1	330,05
%	Medios auxiliares		2		43,93499
%	Costes indirectos		3		65,90249
	TOTAL				2306,587

2.4. Coste adicional de compra de nuevas baterías

	Descripción	Fabricante	Rendimiento	Precio unitario (€)	Precio de partida (€)
Ud	Rolls Battery Bank, de 1284 Ah de capacidad y 24V	Rolls	3	3308,08	9924,24

2.5. Total

Concepto		Coste (€)
Coste instalación fotovoltaica		24907,99
Coste puesta a tierra		1220,8
Coste instalación interior		2306,58
Coste adicional baterías		9924,24
Suma costes parciales		38359,62
Beneficio Industrial	6%	2301,57
Coste con beneficio industrial		40661,20
IVA	21%	8538,85
Coste total de la instalación		49.200,05

IMPACTO AMBIENTAL

Impacto Ambiental

La instalación de instalaciones con tecnología de energía renovable, es un aspecto muy positivo para el medio ambiente. El aspecto más favorable en la generación de energía por medio de paneles fotovoltaicos, es que esta misma energía no está producida por otras contaminantes, tales como la energía nuclear o la producida en las centrales térmicas de hidrocarburos (que representan la mayor proporción de producción de energía mundial).

Se va a tratar de dar un valor objetivo de la cantidad de CO₂ que hemos ahorrado con la instalación solar, siempre suponiendo que esta misma generación de energía se produce con la combustión de hidrocarburos.

Para empezar, hay que obtener la cantidad de emisiones de CO₂ que produce dicha combustión:

Por cada 1 Tep (Tonelada equivalente de petróleo) se producen las siguientes emisiones:

- Gas natural: 2,1 toneladas de CO₂.
- Gas-oil: 2,9 toneladas de CO₂.
- Carbón: 3,8 toneladas de CO₂.

Un Tep es la cantidad de energía contenida en una tonelada de petróleo. Esta energía es de:

1 Tec=29300000000 Julios=8138,9 kWh

Nuestro consumo estimado en el apartado 1.1 es de 3096,83 kWh cada año.

Para ver la cantidad que necesitamos de Tec al año, es fácil de obtener siguiendo la siguiente ecuación:

$$Tec_{nec} = \frac{P_{anual}}{P_{1Tec}} \quad (1)$$

La relación da 0,3804.

Para ver las distintas cantidades que “ahorramos” de emisiones de CO₂ dependerá del hidrocarburo seleccionado:

$$E_{ahorrada} = Tec_{nec} \times E_{hc} \quad (2)$$

Siendo:

- $E_{ahorrada}$ la cantidad de emisiones en toneladas de CO₂.
- Tec_{nec} 0,3804.
- E_{hc} la cantidad de emisiones del hidrocarburo por cada 1 Tec.

Haciendo los cálculos, las emisiones ahorradas cada año son:

Hidrocarburo	Emisiones (Toneladas CO ₂)
Gas natural	0,7988
Gas-oil	1,103
Carbón	1,4455

Tabla 18: Emisiones de CO₂ ahorradas al año por la instalación de una vivienda solar fotovoltaica.

Vemos que es claramente beneficioso. Como ya se ha dicho en el apartado 2 de la memoria, la generación en España depende mucho de las centrales térmicas. Con la instalación de paneles solares fotovoltaicos en viviendas, se reduce en gran medida la cantidad emitida a la atmósfera de gases perjudiciales de efectos invernaderos (aquí solo se ha calculado el CO₂, pero muchos otros también son generados con la combustión, tales como óxidos de azufre (SO_x o de nitrógeno (NO_x). Estos gases producen entre otras cosas, lluvia ácida.

Hay que decir que estos mismos gases nocivos, son producidos en la generación de paneles solares, pero estas emisiones son muy reducidas en comparación a las evitadas por utilizar este tipo de energía.

En la construcción de paneles, se utilizan elementos como el aluminio, el vidrio, el acero y el silicio. Los tres primeros son elementos comunes en la industria, y el silicio obtenido en la arena, es muy abundante en el mundo. El impacto material es mínimo.

La incidencia sobre el suelo o sobre el agua (ríos, acuíferos subterráneos, etc) es nula, el panel solar no produce ningún contaminante para el suelo, al contrario que las centrales térmicas, que tienen implicaciones importantes en el clima (incremento de la temperatura del agua, por ejemplo).

La incidencia sobre la flora y la fauna es también nula, y además, si los módulos solares se instalan sobre viviendas, se evitan muchas instalaciones de tendido eléctrico, que son perjudiciales para las aves.

La superficie ocupada es prácticamente nula, al ir instalados los paneles solares sobre los tejados o estar integrados en los edificios.

ANEXOS

ÍNDICE ANEXOS

1 Cálculos justificativos	53
1.1 Cálculo del consumo	53
1.1.1 Cálculo del consumo para la instalación conectada a red.....	53
1.1.2 Cálculo del consumo para la instalación aislada de red.....	53
1.2 Cálculo de la radiación solar y de la potencia entregada por las placas.....	54
1.3 Cálculo de los distintos elementos de las instalaciones	55
1.3.1 Instalación conectada a red	55
1.3.1.1 Número de paneles solares	55
1.3.1.2 Cálculo del inversor y disposición de los paneles	55
1.3.1.3 Cálculo del cableado y de los tubos protectores.....	57
1.3.1.4 Protecciones.....	71
1.3.1.5 Toma de tierra.....	72
1.3.2 Cálculo instalación aislada de red.....	74
1.3.2.1 Cálculo del número de paneles solares.....	74
1.3.2.2 Reguladores y disposición de los paneles solares.....	74
1.3.2.3 Banco de baterías.....	75
1.3.2.4 Inversores.....	76
1.3.2.5 Cableado	77
1.3.2.6 Protecciones.....	81
1.3.2.7 Toma de tierra.....	82
2 Iluminación.....	83
2.1 Cuarto de las baterías.....	85
2.2 Garaje.....	86
2.3 Vestíbulo.....	86
2.4 Sala de estar	87
2.5 Trastero	88
2.6 Salón comedor.....	88
2.7 Cuarto de baño 1	95
2.8 Pasillo superior	95
2.9 Cuarto de baño 2	96
2.10 Ropero	97
2.11 Habitación de matrimonio.....	97
2.12 Habitación 1	100
2.13 Habitación 2	102
2.14 Zona escritorio.....	104
2.15 Zona lectura	105
3 Tablas de datos.....	107
Tabla 3.1: Datos de radiación solar media al día en W/m^2	108
Tabla 3.2: Datos de intensidad proporcionada por panel y total mensual y anual.....	109
Tabla 3.3: Datos de Wh producidos por panel y total de energía mensual y anual	110
Tablas 3.4 Consumo de la vivienda.....	111
Tablas 3.5 Longitudes cables eléctricos.....	114
Tablas 3.6 Pérdidas por efecto Joule	116
4 Ejemplo de cálculo de longitudes	119

1. Cálculos justificativos

1.1. Cálculo del consumo

1.1.1. Cálculo del consumo para la instalación conectada a red

El criterio utilizado para el dimensionado de la instalación, es el abastecimiento del consumo total anual de la vivienda. Para estimar el consumo anual, se han seleccionado las distintas cargas de las que dispondrá la instalación. Se ha dispuesto una tabla en los anexos (tabla 12.4) en la cual se indica el consumo anual de cada una de las cargas. En algunas de ellas el propio fabricante ya nos da su consumo anual, pero para el resto, la potencia se estima sabiendo la potencia nominal del electrodoméstico, y las horas de funcionamiento que tenemos pensado darle a dicho electrodoméstico durante todo el año.

Así pues la fórmula a utilizar será

$$PotAnual = P \times t \quad (3)$$

Siendo:

- PotAnual la potencia anual de la carga.
- P la potencia nominal de la carga.
- t el tiempo de funcionamiento de la carga anual.

La solución de todas las ecuaciones para cada carga están recogidas en esa misma tabla.

Y la suma de todas ellas nos da la potencia anual total, con un valor de 3096832W.

Para calcular la energía real total, habrá que aplicarle unos rendimientos a dicha potencia anual.

$$Potanual_{real} = \frac{Potanual}{n_{inst}} \quad (4)$$

Siendo:

- Potanual 3096832 Wh.
- n_{inst} el rendimiento de la instalación 0,7.

Dando una potencia por horas totales de 4424054,7 Wh.

1.1.2. Cálculo del consumo para la instalación aislada de red

El criterio utilizado para el dimensionado de la instalación aislada, es el abastecimiento del consumo incluso en el día más desfavorable. Para ello debemos calcular cual es el día en el que obtenemos menor potencia del sol. La tabla que nos indica esto la encontramos en anexos (tabla 12.3).

Se ve que el día más desfavorable se da en diciembre.

El consumo de un día común, lo obtenemos dividiendo la potencia anual total calculada en 1.1.1 entre 365.

Este consumo diario medio es de 8484,47 Wh.

Se ha supuesto un valor máximo diario de consumos de electrodomésticos de 10000Wh.

Como en el apartado anterior, hay que aplicarle el rendimiento:

$$P_{diariareal} = \frac{P_{diaria}}{n_{inst}} \quad (5)$$

Siendo:

- P_{diaria} 10000 Wh.
- n_{inst} el rendimiento de la instalación 0,7

Dando un valor de potencia en horas de 14385,718 Wh.

1.2. Cálculo de la radiación solar y de la potencia entregada por las placas

Para calcular la potencia que nos suministran las placas, primero debemos contar con los datos de radiación que recibe nuestra zona. Estos datos se adjuntan en la tabla 12.1 de los anexos.

Para el cálculo de la potencia que nos suministran las placas a cada hora del día de cada mes, suponiendo una temperatura de funcionamiento de 25°C, entraremos en la curva característica del panel solar de irradiación varia.

Sabiendo la tensión de máxima potencia, 36,19 V, y la radiación solar a cada hora (tabla de radiación solar 12.1) podemos calcular la intensidad que proporciona cada panel solar a cada hora del día. Sabiendo la intensidad ya podemos sacar la potencia según la siguiente ecuación:

$$P = V_{mp} \times I \quad (6)$$

Siendo:

- P la potencia que nos proporciona la placa a cada hora.
- V_{mp} la tensión de máxima potencia (36,19V)
- I la intensidad a cada hora del panel solar según la radiación recibida.

Los resultados los encontramos en la tabla 12.3 de los anexos en los que están calculados las potencias por día, las potencias por mes según:

$$P_{mes} = P_{día} \times n_{días} \quad (7)$$

Siendo:

- P_{mes} la potencia de la placa total ese mes.
- P_{dia} la potencia que nos da la placa al día (promediado del mes).
- n_{dias} el número de días de dicho mes

Y la potencia total anual por placa sumando todas las potencias de cada mes, dando un valor de 407654,72 Wh.

1.3. Cálculo de los distintos elementos de las instalaciones

1.3.1. Instalación conectada a red

1.3.1.1. Número de paneles solares

Para conocer el número de paneles solares se necesita conocer el consumo anual de la instalación, y la potencia que nos proporciona cada panel solar, además de las pérdidas por rendimiento de la instalación eléctrica y de los inversores.

Sabiendo todo esto, el número de paneles es:

$$N_{paneles} = \frac{Pot_{anual}}{n_{inst} \times P_{panel}} \quad (8)$$

Siendo:

- Pot_{anual} la potencia anual demandada.
- n_{inst} el rendimiento de la instalación.
- P_{panel} la potencia que nos suministra un panel anualmente.

El rendimiento de la instalación (pérdidas por efecto Joule en los conductores, etc) se ha fijado en 0,7.

La potencia anual demandada es de 3467897 W, y la producción anual por panel es de 407654,72 W (tabla 3.3). Sabiendo todos los datos, el número de paneles es de 10,85.

Redondeando hacia arriba tenemos 11 paneles.

1.3.1.2. Cálculo del inversor y disposición de los paneles

Para la selección del inversor o inversores, se deben tener en cuenta la tensión de entrada del inversor, la intensidad que pueden soportar y la potencia que pueden recibir de los paneles . Se elegirá el inversores para que soporten valores superiores a los nominales por motivos de seguridad.

El inversor escogido es PR37S/S0 del fabricante Nedap Energy Systems.

Numéricamente, podemos representar las condiciones y los resultados así:

- Requisito de tensión:

$$V_{min} \leq V_{panel} \times n_{serie} \leq V_{adm} \quad (9)$$

Siendo:

- V_{panel} es la máxima tensión que puede proporcionar el panel (tensión de máxima potencia 36,19 V)
- $V_{m\acute{a}x}$ la máxima tensión admisible a la entrada (600V).
- $V_{m\acute{i}n}$ la máxima tensión admisible a la entrada (150V).
- $n_{paneles}$ el número de paneles conectados en serie (11).

La tensión de los paneles nos da 398,09 V, cumpliendo el requisito de tensión.

- Requisito de intensidad a la entrada de los inversores

$$I_{m\acute{a}x} \times n_{paralelo} \leq I_{adm} \quad (10)$$

Siendo:

- $I_{m\acute{a}x}$ la intensidad máxima que proporcionan los paneles 8,34 A.
- $n_{paralelo}$ el número de paneles en paralelo, 1 en nuestro caso.
- I_{adm} la intensidad admisible del inversor (16 A).

Los paneles proporcionan una intensidad menor, así que se cumple el requisito de intensidad.

- Requisito de potencia a la entrada de los inversores

$$P_{m\acute{a}x} \times n_{paneles} \leq P_{adm} \quad (11)$$

Siendo:

- $P_{m\acute{a}x}$ la potencia máxima que proporciona un panel, 300W.
- $n_{paneles}$ el número de paneles conectados entre sí (11 paneles).
- P_{adm} la potencia admisible del inversor 4000W.

La máxima potencia instalada es de 3300W, por tanto también cumplimos el requisito de potencia a la entrada del inversor.

Con los datos, vemos que cumplen los requisitos.

1.3.1.3. Cálculo del cableado y de los tubos protectores

Para este cálculo debemos asegurarnos de cumplir con los tres criterios mencionados anteriormente.

Primero empezaremos con el criterio de tensión, luego con el térmico, y por último el rendimiento de sección máxima, ya que este último aunque aumentemos la sección sabemos que cumpliremos con los dos anteriores.

Criterio de máxima caída tensión admisible en la línea.

Para el criterio de máxima caída de tensión admisible, calcularemos la sección que garantiza esa misma caída de tensión.

La sección del circuito interior de la vivienda mínimo, ya viene determinada en el REBT. De todas maneras se ha calculado la sección atendiendo a los criterios descritos para comprobar que no se superan en ningún momento. Estas secciones las podemos encontrar en la siguiente tabla:

Circuito	Sección mínima (mm ²)	Diámetro del tubo protector (mm)
C1 Iluminación	1,5	16
C2 Tomas de uso general	2,5	20
C3 Cocina y horno	6	25
C4 Lavadora y lavavajillas	4	20
C5 Baño y cuarto de cocina	2,5	20

Tabla 19: Secciones y diámetros de tubos protectores mínimos dependiendo del circuito según el REBT.

Utilizaremos dos fórmulas distintas para el cálculo de la sección, dependiendo del tramo que vayamos a calcular.

Fórmula 1	Fórmula 2
Placas al inversor	Circuito C2
Inversor a CGP	Circuito C5
Circuito C1	-
Circuito C3	-
Circuito C4	-

Tabla 20: Clasificación de los circuitos por fórmula a utilizar.

La fórmula 1 es la siguiente:

$$S = \frac{2 \times I \times l}{C \times \Delta V} \quad (12)$$

Siendo:

- S la sección que garantiza que no se incumpla la caída de tensión máxima.
- C la conductividad.
- l la longitud de la línea.
- I la intensidad que recorre la línea.
- ΔV es la máxima caída de tensión en dicho tramo.

La conductividad será la misma para todos los tramos, y es la que se da en el cobre (material de los conductores) a la temperatura de 70°C. Se escoge este valor de temperatura porque es el límite al cual empieza a degradarse el PVC que recubre los conductores. Dicha conductividad es de 48,47 (Ohm·mm²/m)⁻¹.

La máxima caída de tensión dependerá de la máxima variación porcentual (1,5% o un 3%) y de la tensión nominal de la línea. Se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta V = \frac{V\% \times V_{nom}}{100} \quad (13)$$

Siendo:

- ΔV la máxima caída de tensión.
- V% la variación porcentual.
- V_{nom} la tensión nominal del tramo.

Ahora pasamos a calcular la intensidad que recorre cada tramo.

- Intensidad en el tramo de las placas a los inversores

La intensidad en este tramo es la calculada en (8), 8,34 A.

- Intensidad de los inversores al CGP

La máxima intensidad que puede circular por este tramo, es la que proporcionan los inversores. Según la fórmula:

$$I = \frac{P}{V_{nom}} \quad (14)$$

Siendo:

- P la potencia nominal máxima que puede proporcionar el inversor, 3700W.
- V_{nom} la tensión nominal del tramo, 230V que es la tensión que proporciona el inversor.

Haciendo los cálculos nos da una intensidad de 16,08 A.

- Intensidad en el circuito C1 Iluminación.

Para el cálculo de esta intensidad, se ha supuesto que toda la potencia instalada en iluminación está conectada al mismo tiempo. La fórmula utilizada será la misma que (14).

Siendo:

- I la intensidad que recorre el circuito C1 en A.
- P la potencia total instalada en iluminación, que es la suma de las potencias de todas las luminarias en W.
- V_{nom} la tensión nominal de la instalación (230V).

Si queremos ver la potencia desglosada, lo podemos encontrar en la tabla 3.4 de los anexos.

La potencia instalada total será de 554 W (61-56 la potencia de los flexos que pertenecen al circuito C2, tomas de corriente generales).

Haciendo los cálculos, la intensidad que recorre el circuito C1 es de 2,4 A.

- Intensidad en el circuito C3 Horno y cocina.

Se utiliza la misma fórmula que en el circuito C1, sólo que en este caso le aplicaremos unos factores de simultaneidad y de uso. Éstos son para el circuito C3 de 0,5 y 0,75 respectivamente. Los valores podemos encontrarlos en el ITC-BT-26.

En este caso, la potencia será de:

Aparato	Número	Potencia nominal (W)	Potencia total (W)
Horno	1	3580	3580
Inducción de 14 cm de diámetro	2	1400	2800
Inducción de 21 cm de diámetro	2	2200	4400
Total instalado	-	-	10780

Tabla 21: Potencia instalada del circuito C3.

La intensidad será:

$$I = \frac{Fu \times Fs \times P}{V_{nom}} \quad (15)$$

Siendo:

- Fu el factor de utilización.
- Fs el factor de simultaneidad.
- P la potencia instalada en el circuito (10780 W).
- V_{nom} la tensión nominal del circuito (230V).

Haciendo el cálculo, la intensidad del circuito C3 es de 17,56 A.

- Intensidad en el circuito C5

Se procederá del mismo modo que en el circuito C4.

La potencia instalada será de:

Aparato	Potencia (W)
Lavavajillas	2400
Lavadora	2200
Total instalado	4600

Tabla 22: Potencia instalada en el circuito C5.

Se utilizará la fórmula (15), sólo que en esta ocasión el factor de simultaneidad es de 0,66 y el factor de uso de 0,75.

La intensidad será de 9,9 A.

En la siguiente tabla se indican las longitudes, las intensidades, las tensiones nominales y la máxima variación de tensión de cada tramo.

Tramo	Vnom (V)	%V	Intensidad (A)	Longitud (m)
Placas a inv	36,19 (Tensión máxima potencia de los paneles)	1,5	16,68	10
Inv a CGP	230	1,5	25,17	12,02
C1	230	3	2,4	23,29
C3	230	3	17,57	14,08
C4	230	3	9,9	11,11

Tabla 23: Tabla-resumen para utilizar la ecuación (12).

Las longitudes se han supuesto siempre para el tramo más alejado al que llega el circuito en cuestión. Se ha incluido un ejemplo de cálculo de longitudes en el anexo 13.

También se ha incluido la longitud de cada tramo y cada electrodoméstico de la casa en la tabla 3.5 de los anexos.

Conociendo estos datos, la conductividad del cobre y utilizando las ecuaciones (12) y (13) podemos calcular la sección de cada tramo.

Tramo	Sección (mm ²)
Placas a inversores	6,33
Inversores a CGP	2,
C1	0,33
C3	1,47
C4	0,65

Tabla 24: Secciones mínimas para los tramos que utilizan la fórmula 1.

Como vemos, las secciones C1, C2 y C3 que cumplen con el criterio de caída de tensión son menores que las indicadas en el REBT, así que utilizaremos estas. También hay que seleccionar las secciones de conductores normalizadas. Escogeremos las inmediatamente superiores.

Tramo	Sección normalizada (mm ²)
Placas a inversores	16
Inversores a CGP	4
C1	1,5
C3	6
C4	4

Tabla 25: Secciones que garantizan la máxima caída de tensión admisible.

Nos faltan por calcular las secciones para los circuitos C2 y C5. Para esto utilizaremos la siguiente fórmula:

$$S = \frac{200}{C \times \varepsilon \times V^2} \times \left(\sum_{i=1}^n L_{oi} \times P_i \right) \quad (16)$$

Esta fórmula se utiliza para conocer la sección en líneas que tienen la sección uniforme con múltiples cargas, como es el caso de los circuitos C2 y C5. También se podría haber utilizado para el circuito C1, pero al tratarse de una potencia tan baja, se ha optado por suponer que toda la potencia se encontraba al final de la línea. Cada carga estará a su correspondiente distancia.

Los símbolos utilizados significan:

- S la sección de la línea en mm².
- C la conductividad (48,47 (Ohm·mm²/m)⁻¹).
- ε la variación de tensión máxima (en este caso es la misma para los 2 circuitos, 3).
- V la tensión nominal de la línea (230V).
- L la longitud de la carga.
- P la potencia de la carga.
- 200 al ser la longitud el doble y tener la ε como un valor porcentual.

A la multiplicación de las longitudes y las potencias suelen denominarse “momentos eléctricos”. Podemos encontrar las potencias y las longitudes en los anexos, tablas 3.4 y 3.5 respectivamente.

Para el caso del circuito C2, se ha multiplicado el sumatorio de los momentos eléctricos, por el factor de simultaneidad que nos da el REBT para dicho circuito. Este coeficiente es de 0,2.

La fórmula para el circuito C2 queda de la siguiente manera:

$$S = \frac{200}{C \times \varepsilon \times V^2} \times \left(\sum_{i=1}^n L_{oi} \times P_i \right) \times F_s \quad (17)$$

Donde lo único que se ha incluido es el factor de simultaneidad. Para el circuito C5 se ha supuesto el momento más desfavorable, que es con factor de simultaneidad 1 (todos los electrodomésticos del circuito enchufados al mismo tiempo) y factor de uso 1 (todos los electrodomésticos utilizando su potencia nominal).

Conociendo todos los datos, podemos calcular la sección que cumple el criterio de tensión:

Tramo	Sección (mm ²)
C2	0,82
C5	1,19

Tabla 26: Secciones mínimas para los tramos que utilizan la fórmula 2.

Vemos que incluso en estos supuestos, la sección es menor que la mínima que nos indica el REBT. Así pues, las secciones normalizadas quedan:

Tramo	Sección normalizada (mm ²)
C2	2,5
C5	2,5

Tabla 27: Secciones normalizadas que garantizan la máxima caída de tensión admisible.

Una vez visto el criterio de máxima caída de tensión admisible, pasamos a ver el criterio térmico.

Criterio térmico

Para ello utilizaremos las tablas de la norma UNE 20460-5-523:20004.

Las 3 tablas que utilizaremos son las siguientes:

- Tabla 52-B1 para saber el método de instalación.
- Tabla A52-1 que nos indica las intensidades admisibles dependiendo de la sección del conductor, material y revestimiento.
- Tabla 52-D1 para corrección de la intensidad para temperaturas ambientes distintas de 30°C.

En nuestro caso se trata de conductos en mampostería, por tanto el método de instalación es el B1, se ha utilizado aislamiento de PVC, y el número de conductores es 2 (uno de fase y otro el neutro, o en el caso de la parte de corriente continua, un cable al terminal positivo, y otro al negativo).

Nuestra instalación tendrá una temperatura ambiente más desfavorable de 35°C. Vemos que para revestimiento del conductor de PVC, el factor de corrección es de 0,94.

Con la sección de cada tramo, vemos la intensidad que admite, y a ésta, le aplicaremos el factor de corrección para ver la intensidad real que puede soportar. Esta intensidad la compararemos con la máxima intensidad de línea que puede aparecer en la línea y comprobaremos que no la supera. En caso de que la intensidad de línea supere la intensidad admitida, se pasará a la sección de la línea inmediatamente superior (que esta cumplirá el criterio de máxima caída de tensión).

En la siguiente tabla se recogen los datos necesarios para aplicar el criterio térmico:

Tramo	Sección (mm ²)	I adm (A)	I corregida (A)	I línea (A)	Cumple
Placas a inversor	10	54	50,76	8,34	Si
Inversor a CGP	2,4	31,31	29,14	16,08	Si
C1	1,5	17	15,98	0,9	Si
C2	2,5	23	21,62	1,86	Si
C3	6	40	37,6	17,57	Si
C4	4	31	29,14	9,9	Si
C5	2,5	23	21.62	4,26	Si

Tabla 28: Datos para el criterio térmico de la instalación conectada a red.

Donde:

- Sección es la sección supuesta en el apartado de caída de tensión
- I adm es la intensidad admisible, la obtenemos según lo descrito en el párrafo anterior. I corregida se obtiene:

$$I_{corregida} = I_{adm} \times f \quad (18)$$

Con f el factor de corrección por temperatura 0,94.

- I línea la corriente máxima de la línea.
- La columna "Cumple", es un Si cuando:

$$I_{admitida} > I_{corregida} \quad (19)$$

La Intensidad de línea la podemos encontrar en la sección de cálculo por criterio de máxima caída de tensión.

Para los circuitos C2 y C5 no tenemos la intensidad de línea. Se ha calculado de la misma manera que en los circuitos C3 y C4.

El circuito C2:

- La potencia instalada es de: 8582,6W.
- Factor de utilización 0,25.
- Factor de simultaneidad 0,2.
- Tensión nominal 230V.

Aplicando estos datos a la ecuación (15) obtenemos una intensidad de 1,86 A.

El circuito C5:

- La potencia instalada es de: 4903 W.
- Factor de utilización 0,5.
- Factor de simultaneidad 0,4.
- Tensión nominal 230V.

Al igual que en el circuito C2, utilizando la ecuación (15) la intensidad del circuito C5 es de: 4,26 A.

La potencia instalada es la suma de los diferentes electrodomésticos de cada circuito. Podemos encontrar dicha potencia desglosada en los anexos, tabla 3.4.

Si vemos la Tabla 28 y comparamos el resultado del circuito C1 con el obtenido con criterio de máxima caída de tensión admisible en la línea, vemos que se trata de un valor inferior. Esto es porque se han aplicado los respectivos valores de factor de simultaneidad y factor de uso para dicho circuito (en el cálculo de la intensidad para ver la máxima caída de tensión se han aplicado coeficientes de uso y simultaneidad iguales a 1). Según el REBT dichos factores valen 0,75 y 0,5 respectivamente.

Multiplicando estos coeficientes por 2,4 A obtenemos el valor de intensidad máximo del circuito C1.

La fórmula es la siguiente:

$$I_{corr} = Fu \times Fs \times I \quad (20)$$

Aplicando los datos, el resultado es 0,9 A para el circuito C1.

Resumiendo, el criterio térmico también se cumple para todos los tramos de la instalación y no hace falta aumentar la sección nominal.

El siguiente criterio es el de sección de máximo rendimiento.

Criterio de sección de máximo rendimiento

Para este criterio, lo que debemos calcular son las pérdidas que tenemos en cada tramo, y como sabemos el precio de cada kWh perdido, podemos comprobar si sale más rentable aumentar la sección para disminuir las pérdidas, aunque nos cueste más la instalación del cableado de mayor sección.

La fórmula que calcula las pérdidas por efecto Joule del conductor es:

$$P = \frac{I^2 \times l \times 2}{S \times C} \quad (21)$$

Así pues, las pérdidas en cada línea serán:

- I la intensidad que circula por la línea (A).
- l la longitud de la línea (m).
- Multiplicar por 2, ya que la distancia que recorre la intensidad es de ida y vuelta.
- S la sección de la línea (mm²).
- C la conductividad del cobre a 70°C, como ya se ha comentado anteriormente.

La longitud que toma la línea depende de la posición del electrodoméstico, o en el caso de que haya varios grupos de paneles, habrá que multiplicarlos por el número de grupos.

Se ha adjuntado un ejemplo para ver cómo se calcula la longitud de cualquier electrodoméstico, y se tendrá en cuenta lo expuesto en la página 51 a las longitudes al CGP o a los puntos de acceso.

La Intensidad de corriente eléctrica que utiliza cada electrodoméstico la podemos calcular

$$I = \frac{P}{Vn} \quad (22)$$

Siendo:

- I la intensidad anual de la línea (A).
- P la potencia nominal del electrodoméstico (W).
- Vn la tensión nominal de línea (230V).

La intensidad de los circuitos que no forman parte de la vivienda es más difícil de obtener, ya que depende de la intensidad de radiación y de las horas de funcionamiento de la instalación (algo imposible de conocer con certeza). Para estos tramos se ha hecho un supuesto. Aplicando la tabla adjunta 3.2 que nos muestra toda la cantidad en Ah que produce cada panel durante la vida útil de la instalación (30 años), se ha supuesto una media de intensidad para cada hora durante todo el tiempo de funcionamiento de la instalación.

$$I_{panel} = \frac{I}{T_{tot}} \quad (23)$$

Siendo:

- I la intensidad total que produce un panel durante los 30 años (337928,75 Ah)
- T_{tot} lo aplicado en la ecuación (25) para dichos tramos.

La I_{panel} es igual a: 1,2858 A.

En la instalación conectada a red, tenemos dos tramos distintos a los de la red interior. Su intensidad será la I_{panel} multiplicado por el número de paneles conectados en paralelo:

Tramo	n_{paralelo}	Intensidad (A)
Placas a inversores	1	1,2858
Inversores a CGP	1	1,2858

Tabla 29: Número de Intensidad promedio de cada hora de vida útil de la instalación para los tramos expuestos.

Una vez obtenida la intensidad con (22) o con la Tabla 29 y por tanto la potencia con (21) (se adjunta la tabla 3.6 con dichos valores), calculamos los kWh utilizados durante la vida útil de la instalación.

$$P_{tot} = \frac{P \times T_{tot}}{1000} \quad (24)$$

Siendo:

- P_{tot} las pérdidas totales en kWh (por eso dividimos entre 1000).
- P las pérdidas por efecto Joule calculadas con (21).
- T_{tot} todo el tiempo que esté circulando la intensidad durante la vida útil de la instalación (h).

Para sacar todo este tiempo, se ha supuesto una vida útil de la instalación de 30 años. Sabiendo las horas de funcionamiento al día, y multiplicando por 365 días, tenemos la P_{tot} de cada carga de la vivienda.

Puesto que muchos electrodomésticos no trabajan siempre a su potencia nominal, se ha hecho un supuesto estimativo de horas trabajando a dicha potencia.

$$T_{tot} = 365\text{días} \times Th\text{días} \times 30\text{años} \quad (25)$$

Que para el caso de los tramos que no sean de la red interior de la vivienda, $Th\text{días}$ toma el valor de 24 horas.

Ahora sólo nos falta sacar el coste de la instalación en €, ya que sabemos el precio por kWh.

$$\text{Coste} = P_{tot} \times \text{PreciokWh} \quad (26)$$

El precio del kWh se ha fijado en 0,150938 €/kWh. Sumando las distintas pérdidas para cada tramo, y repitiendo las fórmulas (21),(24) y (26) para una sección del conductor nominal inmediatamente mayor, obtenemos el precio en € que perdemos tanto para la sección supuesta en un primer momento, y una hipotética sección de mayor rendimiento.

Tramo	Coste Sección (€)	Coste Sección Mayor (€)	Diferencia (€)
Placas a inversor	4,28	2,67	1,607
Inversor a CGP	13,74	8,58	5,15
C1	0,6138	5,30E-04	0,61
C2	35,66	22,25	13,41
C3	339,50	203,70	135,80
C4	13,65	9,10	4,55
C5	5,97	3,733	2,24

Tabla 30: Coste por pérdidas efecto Joule.

El siguiente paso es sacar el coste de la compra de los cables. El precio de cada metro de cable en el apartado de corriente alterna es el siguiente:

Conductor (sección mm ²)	Precio por metro (€)
1,5	0,37
2,5	0,54
4	0,85
6	1,17
10	2,05
16	5,77
25	8,66
35	12,03
50	15,14
70	21,31
95	28,03
120	35
150	42
185	50

Tabla 31: Precio de los conductores para corriente alterna.

Y el precio de los tubos corrugados, que depende de la sección de los cables que va a alojar:

Tubo Protector (mm)	Precio por metro (€)
16	0,3872
20	0,4235
25	0,576
32	0,8784
40	1,186
50	1,56
63	1,8
75	2,75

Tabla 32: Precio tubos corrugados protectores.

Los precios de los conductores para la parte de la instalación que funciona en corriente continua son los siguientes:

Conductor (sección mm ²)	Precio por metro (€)
2,5	1,38
4	2,2
6	2,76
10	3,68
16	6,78
25	9,47
35	13,78
50	17,45
70	24,54
95	31,69
120	38,45
150	45,47
185	53,64

Tabla 33: Precio de los conductores para corriente continua.

Al igual que hemos hecho con los costes por pérdidas por efecto Joule en los conductores, sacamos el coste de comprar los diferentes cables y tubos protectores.

El coste de la instalación será:

$$Coste_{inst} = (C_c \times l) + \left(C_t \times \frac{l}{2} \right) \quad (27)$$

Siendo:

- C_c el coste del cable con la sección seleccionada de cada tramo.
- C_t el coste del tubo seleccionado para cada tramo.
- l la longitud a comprar de dicho tramo (teniendo en cuenta que el tubo será la mitad del cable que aloja, ya que éste no es de ida y vuelta).

El tubo superficial corresponde el tramo de placas al inversor. El resto de la instalación utiliza canalizaciones empotradas.

Sabiendo la sección y que el número de conductores por el tubo serán 3 (fase, neutro y conductor de protección de puesta a tierra), podemos elegir el diámetro del tubo tanto para la sección elegida en un primer momento que cumple los criterios térmicos y de caída de tensión, como para la sección inmediatamente superior:

Tramo	Sección (mm ²)	Tubo protector (mm)	Sección mayor (mm ²)	Tubo sección mayor (mm)
Placas a inversor	10	25	16	32
Inversor a CGP	2,5	16	4	20
C1	1,5	16	2,5	20
C2	2,5	20	4	20
C3	6	25	10	25
C4	4	20	6	25
C5	2,5	20	4	20

Tabla 34: Secciones y secciones mayores propuestos para el cálculo del criterio de sección de máximo rendimiento.

Para el cálculo de la longitud en la ecuación (27), muchos de los circuitos utilizarán la longitud utilizada para el cálculo de las pérdidas por efecto Joule (21), pero para otros como el circuito de iluminación, la longitud a comprar de cable es mucho mayor, ya que se tienen que tener en cuenta la longitud de los cables de conmutación y cruzamiento del circuito.

La forma de calcular esta longitud es medir sobre el plano las longitudes de los diferentes circuitos, y sumarles las longitudes de cable hacia el piso superior de la vivienda, y hasta los distintos puntos de utilización del circuito.

- La longitud hacia el piso superior se ha supuesto de 3m.
- La longitud hacia el punto de utilización del circuito C1 y C5 es de 1,5m aproximadamente.
- La longitud de los cables por cruzamiento y conmutación del circuito C1 se ha supuesto de 50m.
- La longitud hacia el punto de utilización del circuito C2, C3 y C4 se ha supuesto de 2,5m.
- La longitud desde la caja general de protección hacia el canal por donde circulan los circuitos es de 0,5m.

Así pues la longitud a comprar en metros será:

$$L = 2 \times (L_{cgp} + l_{plano} + l_{piso} + l_{conm} + (ntomas \times l_{utilización})) \quad (28)$$

Siendo:

- L_{cgp} la longitud desde la caja general (circuitos C1-C5).
- l_{plano} la longitud de cada línea medida sobre el plano.
- l_{piso} longitud al subir de piso (sólo circuitos C1, C2, C5).
- N_{tomas} el número de tomas de cada circuito.
- $l_{utilización}$ la longitud de utilización de cada circuito.
- Multiplicar por 2 ya que el cable a comprar es el doble (ida y vuelta).
- l_{conm} la longitud adicional del circuito C1.

En resumen y haciendo los cálculos:

Tramo	lplano	Lcgp	lpiso	ntomas	lconm	lutilización	L compra (m)
Placas a inversor	15	-	-	-	-	-	100 (10x2x5)
Inversor a CGP	12,02	0,5	-	-	-	-	24,05
C1	10,9	0,5	3	16	50	1,5	366,01
C2	71,4	0,5	3	24	-	2,5	269,8
C3	11,09	0,5	-	1	-	2,5	28,19
C4	8,3	0,5	-	2	-	2,5	27,61
C5	14,42	0,5	3	5	-	1,5	54,84

Tabla 35: Longitudes a comprar en la instalación conectada a red.

Ahora ya podemos aplicar la fórmula (26) sabiendo las longitudes y los costes por sección de cada circuito.

Tramo	Coste instalación (€)	Coste instalación sección mayor (€)	Diferencia (€)
Placas a inversor	86,776	202,576	115,8
Inversor a CGP	18,078732	33,229728	15,150996
C1	206,28	275,15	68,86
C2	202,82	286,43	83,64
C3	41,3	75,74	34,63
C4	29,31	40,25	10,94
C5	42,49	59,49	17

Tabla 36: Costes de instalación del cableado.

Una vez sacadas las diferencias entre el coste de las 2 secciones, podemos obtener el coste neto de cada tramo. Según la siguiente fórmula:

$$C_n = Dif_{inst} - Dif_{pérdidas} \quad (29)$$

Siendo:

- C_n el coste neto en €.
- $Dif_{pérdidas}$ las obtenidas en la última columna de la tabla 30.
- Dif_{inst} las obtenidas en la última columna de la tabla 36.

Si el valor de C_n es positivo, no será rentable utilizar una sección mayor y por tanto nos quedaremos con la calculada. Si el valor de C_n es negativo, se pasará a utilizar una sección mayor ya que será más rentable aunque cueste más la instalación. Para estos casos, se procederá de la misma manera, suponiendo una sección mayor hasta encontrar la sección óptima.

Tramo	Cn (€)
Placas a inversor	114,19
Inversor a CGP	9,997
C1	68,25
C2	70,22
C3	-101,16
C4	6,38
C5	14,76

Tabla 37: Diferencia entre el coste de instalación y el coste por pérdidas.

Hay que recalculer el tramo del circuito de cocina C3. Se ha iterado hasta encontrar la solución correcta.

Tramo	Sección (mm ²)	Diámetro tubo (mm)	Coste Instalación (€)	Coste energético (€)	Cn (€)
C3	16	32	175,05	127,31	47,75

Tabla 38: Secciones que garantizan que el coste por pérdidas de Joule son menores que el coste de la instalación del cableado.

Una vez terminados los cálculos, las secciones a utilizar y los tubos quedan de la siguiente manera:

Tramo	Sección (mm ²)	Diámetro Tubo
Placas a inversor	10	25
Inversores a CGP	2,5	16
C1	1,5	16
C2	2,5	20
C3	16	32
C4	4	20
C5	2,5	20

Tabla 39: Resumen del cableado seleccionado.

1.3.1.4. Protecciones

Para la elección de los fusibles y de los interruptores automáticos utilizaremos la siguiente ecuación:

$$I_b \leq I_N \leq I_Z \quad (30)$$

Siendo:

- I_b la intensidad de funcionamiento de la línea (A).
- I_N la intensidad nominal del mecanismo de protección (A).
- I_Z la intensidad corregida que soporta el conductor de la línea (A).

La intensidad de funcionamiento de la línea la tenemos calculada en el criterio térmico.

La intensidad corregida se obtiene aplicando las tablas utilizadas en el criterio térmico. Para las secciones que no hemos cambiado al aplicar el criterio de sección de máximo rendimiento,

este valor lo encontramos en la Tabla 28. Para las secciones en las que se ha cambiado la sección, se calcula del mismo modo que el visto en el apartado anterior, criterio térmico.

Tramo	Nueva I_z (A)
C3	68,62

Tabla 40: Nuevas intensidades admisibles para las secciones cambiadas en el último criterio.

Tramo	Protección a utilizar	I_b	I_z	Seleccionado (I_N)
Placas a inv	Fusible	8,34	50,78	10
IGA	IA	-	-	25
C1	IA	-	-	10
C2	IA	-	-	16
C3	IA	-	-	25
C4	IA	-	-	20
C5	IA	-	-	16

Tabla 41: Protecciones de la instalación conectada a red.

Los IA para el cuadro general de la vivienda vienen dados por el REBT ITC-BT-25.

El interruptor diferencial seleccionado es de una sensibilidad de 30mA. Esto lo indica el REBT, ya que debe cumplir que sea de una sensibilidad de 30mA o inferior. Se dispondrá uno de ellos en el CGP de la vivienda.

1.3.1.5. Toma de tierra

Para el dimensionado de la toma de tierra se seguirá lo dispuesto en el ITC-BT-18 (puesta a tierra) y en el ITC-BT-24 (protección contra contactos indirectos)

El valor de la resistencia de toma de tierra debe cumplir la siguiente ecuación:

$$V_C = I_d \times R_A \quad (31)$$

Siendo:

- V_c la tensión máxima de contacto permitida (V).
- I_d la intensidad de actuación de la protección diferencial (30mA).
- R_A la resistencia que debemos colocar.

El valor seguro de tensión es 50V según el REBT. Con este valor de tensión y de intensidad, nuestra resistencia a tierra es de 1666,66 Ohm.

Este es un valor demasiado elevado, para mayor seguridad se pretende conseguir una resistencia de 37 Ohm.

La resistencia se consigue con picas verticales. La resistencia de una pica vertical responde a esta ecuación:

$$R_T = \frac{\rho}{L} \quad (32)$$

Siendo:

- ρ la resistividad del terreno (Ohm·m).
- L la longitud necesaria de la pica de puesta a tierra.

La resistividad del terreno es de 50 Ohm·m.

Sabiendo la resistencia máxima que se quiere obtener, y la resistividad del terreno, la longitud de la pica aplicando la fórmula (32) es de 1,351 m.

Se han utilizado picas de 2m de longitud. Para obtener el número de picas:

$$N_{picas} = \frac{L}{L_{pica}} \quad (33)$$

Siendo:

- L la longitud obtenida en la fórmula (32).
- L_{pica} la longitud de picas que vamos a utilizar.

Nos da un resultado de 0,675 picas, que al redondear a un número entero debemos instalar 1 pica.

La sección de los conductores de protección se seleccionarán dependiendo de la sección de fase por el que transcurre la corriente eléctrica.

Este conductor se escogerá teniendo en cuenta la sección de fase a la que van a proteger.

Se tratan de conductores del mismo material de fabricación que los de fase.

Tramo	Sección Conductor de protección (mm ²)
Placas	10
Inversor al CGP	2,5
C1	1,5
C2	2,5
C3	16
C4	4
C5	2,5

Tabla 42: Sección de conductores de protección escogidos para la instalación conectada a red.

Nos falta calcular la sección del conductor de tierra. Este conductor es el que une la plaqueta de conexión en bornes de tierra de toda la instalación con los electrodos. Tendrá una longitud de 5 m. La sección debe tener como mínimo 25 mm² al tratarse de un conductor de cobre no protegido contra la corrosión.

Se ha elegido un conductor de tierra de 35 mm² de cobre.

1.3.2. Cálculo instalación aislada de red

La gran mayoría de los cálculos serán iguales a los descritos en el apartado de cálculos de la instalación conectada a red. En esta ocasión deberemos calcular 2 componentes más: el banco de baterías y los reguladores.

1.3.2.1. Cálculo del número de paneles solares.

Los paneles solares deben proporcionar todo el consumo descrito en el apartado 3.3.

Así pues, el número de paneles para esta instalación se calcula:

$$n_{\text{paneles}} = \frac{P_{\text{diaria}}}{n_{\text{inst}} \times P_{\text{mesdesf}}} \quad (34)$$

Siendo:

- P_{diaria} potencia diaria máxima en la instalación aislada de red (10000 Wh).
- N_{inst} el rendimiento general de la instalación, 0,7.
- P_{mesdesf} la potencia que aporta el panel en el día del mes de Diciembre. El valor está en la tabla anexa 3.3 y su valor es de 642,62 Wh.

El número de paneles es de 22,23.

Redondeando al número entero superior, son 23 los paneles a instalar.

1.3.2.2. Reguladores y disposición de los paneles solares.

Para el cálculo de los reguladores, debemos tener en cuenta la intensidad máxima que permite la entrada de estos y que la tensión que nos puede dar sea la misma que la utilizada en las baterías.

$$I_{\text{reg}} > I_{\text{mod}} \quad (35)$$

Y

$$V_{\text{reg}} = V_{\text{bat}} \quad (36)$$

Nuestro regulador se trata de un Leo3 250A 24V de ATERSA. Tiene una intensidad máxima a la entrada de 250 A y produce una tensión de funcionamiento de la instalación de 24V.

Nuestra tensión de funcionamiento de la instalación es de 24V (tensión de las baterías). La intensidad que proviene de los módulos depende del número de paneles instalados y de su disposición.

Para la intensidad de este tramo utilizamos la ecuación (10).

La intensidad máxima es de 8,34 A y el número máximo de paneles en paralelo es 23.

Así pues esta intensidad es de 191,82 A.

El regulador elegido admite 250 A a la entrada, cumpliendo la ecuación (35).

1.3.2.3. Banco de baterías

Las baterías deben soportar una autonomía de 6 días sin ninguna producción de energía por parte de los paneles solares. Esto no es cierto, ya que siempre se produce energía incluso en días nublados, pero se ha utilizado como margen de seguridad.

Las baterías seleccionadas son Rolls Battery Bank de 1284 Ah y una tensión de funcionamiento de 24 V .

Para obtener la energía que se debe almacenar en esos 6 días, utilizamos la siguiente ecuación:

$$Ah = \frac{P_{día} \times n_{días}}{V_{bat}} \quad (37)$$

Siendo:

- Ah los amperios a la hora que deberá almacenar el banco de baterías.
- $P_{día}$ la potencia media al día utilizada por la instalación (Wh).
- $n_{días}$ el número de días de autonomía (6 días).
- V_{bat} la tensión de las baterías seleccionadas (24V).

Para el cálculo de la potencia media al día, dividiremos la potencia anual de la instalación entre el número total de días y el rendimiento de la instalación.

$$P_{diaria} = \frac{P_{totalanual}}{n_{inst} \times 365días} \quad (38)$$

Siendo:

- $P_{totalanual}$ 3096832Wh.
- n_{inst} rendimiento de la instalación: 0,7.

El valor de esta potencia diaria es de 12120,67 Wh.

Ahora ya podemos aplicar la ecuación (37), que nos da un valor de capacidad de 3030,16 Ah.

Para dotar al banco de baterías de una vida útil de funcionamiento mayor, se procura que la profundidad de descarga no sea mayor del 80%.

$$Ah_{80\%} = \frac{Ah}{0,8} \quad (39)$$

Los Ah mayorados, nos dan un valor de 3787,7 Ah.

Falta calcular el número de baterías necesarias para la instalación. La capacidad de las baterías seleccionadas es de 1284 Ah.

$$n_{bat} = \frac{Ah_{80\%}}{Cap} \quad (40)$$

Siendo:

- n_{bat} el número de baterías a instalar.
- $Ah_{80\%}$ el valor obtenido en (39).
- Cap la capacidad unitaria de cada batería.

El número de baterías que debemos poner en la instalación aplicando (40) es de 2,95. Incrementando al entero inmediatamente superior, son 3 las baterías a instalar.

1.3.2.4. Inversores

Para los inversores se realizarán cálculos para ver el rango de tensiones que aceptan a la entrada y la potencia de suministro a la vivienda.

El inversor utilizado es un Invertek C3-6000-24 de Rich Electric.

Para el criterio de tensión:

$$V_{\min} \leq V_{bat} \leq V_{\max} \quad (41)$$

Los inversores seleccionados tienen un rango de entrada de entre 19-32 V como nos indica el fabricante y la tensión de batería al ser de 24V cumplimos con este requisito.

La potencia instalada en la vivienda en el caso de aislada, es la misma que la conectada a red. Al tratarse de electrificación básica, tenemos una potencia contratada de 5750 W.

El inversor debe cumplir:

$$P_{vivienda} \leq P_{inv} \quad (42)$$

Siendo:

- $P_{vivienda}$ 5750
- P_{inv} la potencia que proporcionar el inversor de forma continua (6000W)

También cumplimos este requisito, así que el inversor elegido es válido.

1.3.2.5. Cableado

Para el cableado debemos repetir los tres criterios vistos en la selección de cableado en la instalación conectada a red.

La selección del conductor y de los tubos protectores de los circuitos interiores de la vivienda de C1 a C5 son los mismos

Empezamos por el criterio de caída de tensión.

Criterio de caída de tensión máxima admisible

Hay que aplicar la ecuación (21). Primero calcularemos las intensidades que circulan por los distintos tramos.

- Intensidad de placas al regulador.

Esta intensidad ya se ha obtenido antes, con un valor de 191,82 A.

- Intensidad del regulador a las baterías.

La intensidad en este caso es la misma que la intensidad que se recibe del conjunto de paneles solares (191,28 A).

- Intensidad de las baterías al inversor.

La intensidad que recorre esta línea es:

$$I = \frac{\left(\frac{P_{inv}}{n_{inv}}\right)}{V_{red}} \quad (43)$$

Siendo:

- P_{inv} la potencia que proporciona el inversor, 6000W.
- n_{inv} el rendimiento del inversor. El fabricante nos indica que es de 0,9.
- V_{bat} la tensión de funcionamiento de la red eléctrica (230V).

La intensidad entonces es de 28,98 A.

- Inversor al CGP

La intensidad que circula por esta línea se obtiene modificando la ecuación (43).

$$I = \frac{P_{inv}}{V_{red}} \quad (44)$$

Como vemos, es la misma que (43), sólo que en esta no se tiene en cuenta el rendimiento del inversor, al haberse “pagado” a la entrada del mismo.

En este caso la intensidad es de 26,08 A.

En la siguiente tabla vemos los distintos tramos, las longitudes, variación de tensión máxima, intensidades y la tensión nominal de la línea.

Tramo	Vnom (V)	%V	Intensidad (A)	Longitud (m)
Placas a reguladores	36,19 (Tensión máxima potencia de los paneles)	1,5	191,82	10
Reguladores a baterías	24	1,5	158,46	4
Baterías a Inversores	24	1,5	37	2
Inversores a CGP	230	1,5	34,78	12,02

Tabla 43: Resumen para aplicar la ecuación de pérdidas por Joule (21).

Aplicando las ecuaciones (12) y (13) obtenemos la sección correspondiente para cada tramo.

Tramo	Sección (mm ²)
Placas a reguladores	145,80
Reguladores a baterías	87,94
Baterías a inversores	6,64
Inversores a CGP	3,75

Tabla 44: Secciones que garantizan el criterio de caída de máxima tensión admisible.

Y ahora utilizando secciones normalizadas:

Tramo	Sección (mm ²)
Placas a reguladores	150
Reguladores a baterías	95
Baterías a inversores	10
Inversores a CGP	4

Tabla 45: Secciones normalizadas que cumplen el primer criterio en la instalación aislada de red.

Criterio térmico

Para el cálculo por criterio térmico se utilizarán las tablas de la norma UNE 20460 5.523 (2004).

Para tramos en continua con secciones mayores a 35 mm² se ha utilizado el conductor EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) que tiene revestimiento de XLPE. El factor de corrección de temperatura en este caso es de 0,96.

Tramo	Sección (mm ²)	I adm (A)	I corregida (A)	I línea (A)	Cumple
Placas a reguladores	150	395	379,2	191,82	Si
Reguladores a baterías	95	328	314,88	191,82	Si
Baterías a Inversores	10	54	50,76	28,98	Si
Inversores a CGP	4	31	29,14	26,08	Si

Tabla 46: Tabla con las intensidades máximas admisibles para cada tramo.

Procedemos ahora a aplicar el criterio de máximo rendimiento de sección.

Criterio de máximo rendimiento

Se utilizarán las ecuaciones desde la (21) hasta la (29), siguiendo el mismo procedimiento que el utilizado en el apartado 1.3.1.3 en la sección criterio de máximo rendimiento.

Al aplicar la ecuación (21) necesitamos conocer la longitud de los nuevos tramos.

Las longitudes se pueden ver en la tabla anexa 3.5.

Tramo	Coste Sección (€)	Coste Sección Mayor (€)	Diferencia (€)
Placas a reguladores	201,5382164	163,4093647	38,12885176
Reguladores a baterías	63,64364729	50,38455411	13,25909319
Baterías a inversores	266,1779831	166,3612394	99,81674365
Inversores a CGP	3533,800115	2355,866743	1177,933372

Tabla 47: Coste de los conductores de las secciones propuestas

Para los tubos protectores de la instalación a utilizar seguimos el REBT. El tipo de instalación de las canalizaciones es superficial para los tramos desde las placas a los inversores, y empotradas para el resto de la instalación.

Tramo	Sección (mm ²)	Tubo protector (mm)	Sección mayor (mm ²)	Tubo sección mayor (mm)
Placas a reguladores	150	75	185	75
Reguladores a baterías	95	63	120	63
Baterías a inversores	10	25	16	32
Inversores a CGP	4	20	6	25

Tabla 48: Secciones y diámetros propuestos para los cálculos.

Esta es la tabla con las diferentes longitudes a comprar, teniendo en cuenta lo visto en la ecuaciones (28) y en la tabla de distancias del anexo 3.5.

Tramo	lplano	Lcgp	lplano	ntomas	lconm	lutilización	L compra (m)
Placas a reguladores	10	-	-	-	-	-	20
Reguladores a baterías	4	-	-	-	-	-	8
Baterías a inversores	2	-	-	-	-	-	4
Inversores a CGP	11,52	0,5	-	-	-	-	24,04

Tabla 49: Longitudes a comprar de la instalación aislada de red

Aplicando (27) teniendo en cuenta los precios correspondientes:

Tramo	Coste inst (€)	Coste inst sección mayor (€)	Diferencia (€)
Placas a reguladores	936,9	1100,3	163,4
Reguladores a baterías	260,72	314,8	54,08
Baterías a inversores	15,87	28,87	13,01
Inversores a CGP	25,53	35,06	9,52

Tabla 50: Coste de la compra de conductores y tubos corrugados.

Y sacando la diferencia entre la sección propuesta y la sección inmediatamente mayor, vemos si es rentable aumentarla.

Aplicando (29):

Tramo	Cn (€)
Placas a reguladores	125,27
Reguladores a baterías	40,82
Baterías a inversores	-86,81
Inversores a CGP	-1168,40

Tabla 51: Coste neto de la instalación de los conductores.

Hay que sacar las secciones óptimas para los tramos de las baterías al inversor, y de éste al CGP. Se ha iterado hasta encontrar las secciones.

Dichas secciones quedan de la siguiente manera:

Tramo	Sección (mm ²)	Diámetro tubo (mm)	Coste Instalación (€)	Coste energético (€)	Cn (€)
Baterías a inversores	50	50	72,92	53,23	19,684
Inversores a CGP	50	50	382,86	282,70	100,159

Tabla 52: Secciones que garantizan que el coste de pérdidas es menor al de instalación.

Y en resumen, la sección del conductor seleccionada y su tubo protector quedan reflejados en la tabla que sigue:

Tramo	Sección (mm ²)	Diámetro Tubo (mm)
Placas a baterías	150	75
Reguladores a baterías	95	63
Baterías a inversores	50	50
Inversores a CGP	50	50
C1	1,5	16
C2	2,5	20
C3	16	32
C4	4	20
C5	2,5	20

Tabla 53: Resumen de las secciones utilizadas para la instalación aislada de red.

Recordamos que las secciones y tubos protectores de la red interior de la vivienda, son las mismas que las obtenidas en el cálculo de cableado para la instalación conectada a red.

1.3.2.6. Protecciones

Calculamos las nuevas intensidades admisibles para los tramos a los que hemos cambiado la sección:

Tramo	Nueva I_z
Baterías a inversores	198,72
Inversores a CGP	198,72

Tabla 54: Nuevas intensidades admisibles para las secciones calculadas en el criterio de máximo rendimiento.

Utilizando la ecuación (30) calculamos los fusibles a utilizar.

Las protecciones a utilizar en la vivienda aislada de red son:

Tramo	Protección a utilizar	I_b	I_z	Seleccionado (I_N)
Placas a reguladores	Fusible	191,82	379,2	200
Reguladores a baterías	Fusible	191,82	314,88	200
Baterías a inversores	Fusible	28,98	198,72	30
IGA	IA	-	-	25
C1	IA	-	-	10
C2	IA	-	-	16
C3	IA	-	-	25
C4	IA	-	-	20
C5	IA	-	-	16

Tabla 55: Protecciones de la instalación aislada de red.

Los IA de la red interior de la vivienda son los dispuestos en el REBT. En este caso no tenemos interruptor de control de potencia, pero nuestro interruptor general automático será de 25 A

de I_n porque se ha diseñado la instalación como si fuera de electrificación básica de 5750W. Se pone también un diferencial de 30mA de sensibilidad en el CGP de la vivienda.

1.3.2.7. Toma de tierra

La toma de tierra tiene que tener una resistencia menor de 2 Ohm, al ser la parte de alterna un esquema de distribución TN-S.

En este caso utilizando las ecuaciones (31) y (32) se calcula las longitud de pica vertical que necesitamos. Dicha longitud es de 25 m. Al utilizar picas de 2m, la ecuación (33) nos indica el número de picas necesarias.

El resultado de la ecuación (34) es de 12,5, por tanto se instalarán 13 picas verticales de 2m.

Los conductores de puesta a tierra se calcularán de la misma manera que en el apartado 1.3.1.5.

Tramo	Sección del conductor de protección (mm ²)
Placas	75
Regulador-Baterías-Inversor	50
Inversor al CGP	25
C1	1,5
C2	2,5
C3	16
C4	4
C5	2,5

Tabla 56: Secciones de los conductores de protección en la instalación aislada de red.

la sección del conductor de tierra será la misma que en la instalación conectada a red. Este conductor tendrá una longitud de 5 m y la sección será de 35 mm² de cobre.

2. Iluminación

La iluminación de la vivienda se ha calculado utilizando el programa Dialux.

El resultado general se puede ver en las dos imágenes que siguen, cada una referente a un piso de la vivienda:

Planta baja:

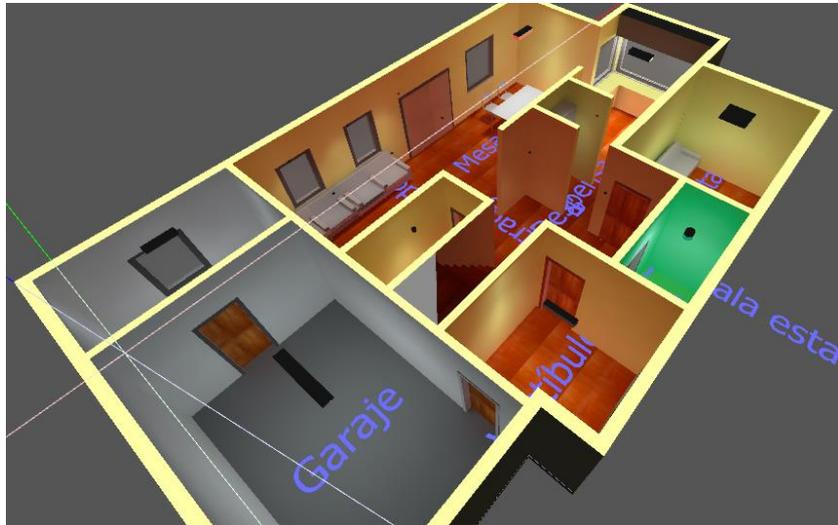


Imagen 3: Vista general de la planta baja de la vivienda con el programa Dialux.

Planta superior:

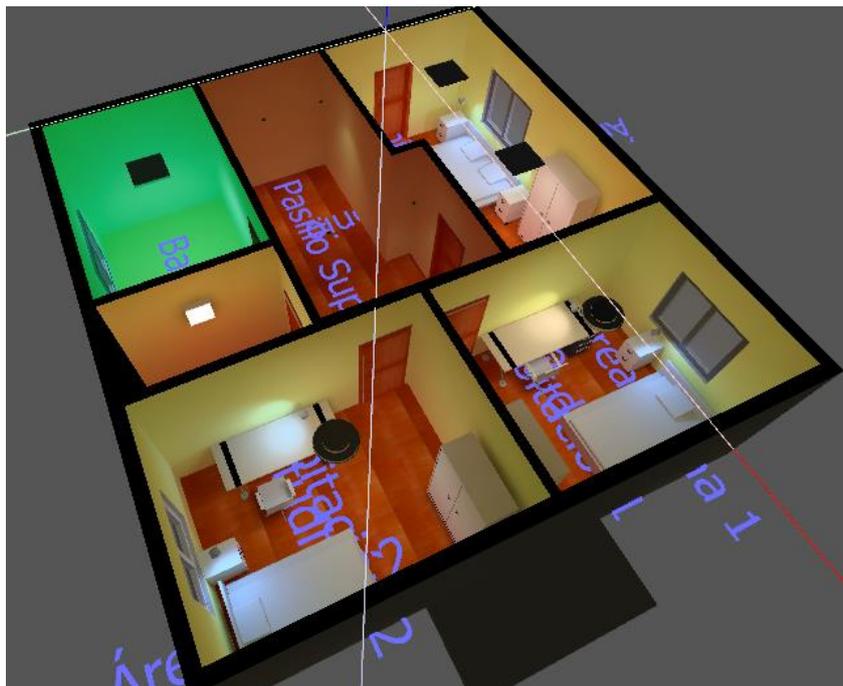


Imagen 4: Vista general de la planta superior de la vivienda con el programa Dialux.

Se ha tratado de conseguir lo siguiente:

Tarea/Lugar	Luxes (lx)
Pasillos	50
Actividades	300+
Iluminación general	100-150

Tabla 57: Objetivos de iluminación.

Así pues en los lugares donde sólo sea una estancia momentánea (pasillos), al menos se conseguirá 50 luxes.

Las actividades realizadas en las encimeras de la cocina, en los escritorios, zonas de lectura en la cama o la mesa de comedor, se pretende conseguir más de 300 luxes.

La iluminación general de las habitaciones, será como mínimo de 100 luxes.

Se deben explicar dos conceptos para entender los cálculos realizados con el software:

- Escenas de luz: El programa utiliza distintas simulaciones dependiendo de la cantidad de luminarias que estén activas en ese momento. A cada conjunto de luminarias activas en el momento del cálculo, es una escena de luz diferente.
- Plano útil: Es el plano espacial en el que se hace la medición de luxes. Por norma general, este se dispone a 0,8 m del suelo, pero en algunos casos, se ha dispuesto un plano útil distinto.

Las escenas de luz propuestas son las siguientes:

- Todas las luces activadas.
- Luz de la mesa del comedor.
- Luces de la cocina.
- Luz de escritorio.
- Luz de cama.
- Luces del salón.
- Luces de pasillos.
- Luces de la habitación de matrimonio.
- Luz de la habitación 1.
- Luz de la habitación 2.

Los planos útiles propuestos son los siguientes:

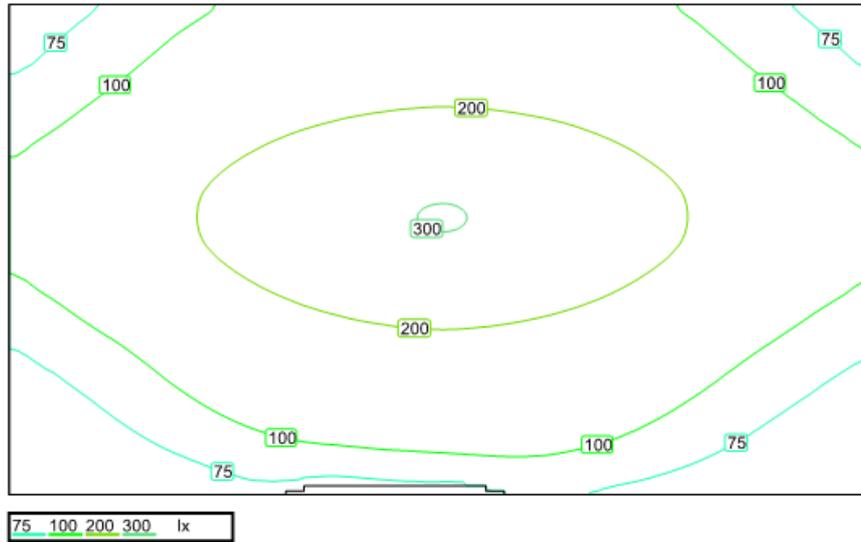
- Plano útil general de 0,8m.
- Plano útil ropero de 1,0m.
- Plano útil de la despensa 1,5m.

A continuación se dispondrán distintas imágenes sacadas del programa, mostrando la cantidad de luxes en la habitación correspondiente (por medio de isolíneas) para la escena de luz indicada. También se indican las luminarias utilizadas.

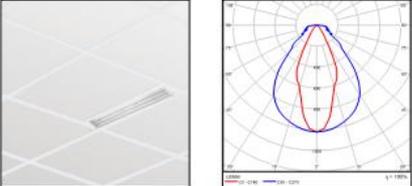
2.1. Cuarto de las baterías

Escena de luz: Todas las luces activadas.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias:

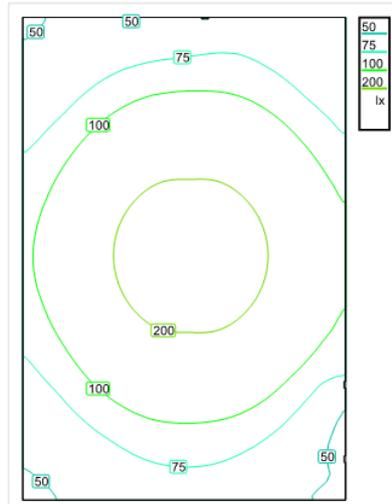
Nº	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting RC300B L600 1xLED10-4000 P0 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.85% Flujo luminoso: 1288 lm, Potencia: 16.3 W	

Flujo luminoso total: 1288 lm, Potencia total: 16 W

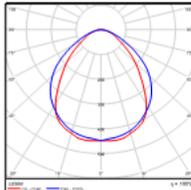
2.2. Garaje

Escena de luz: Todas las luces activadas.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

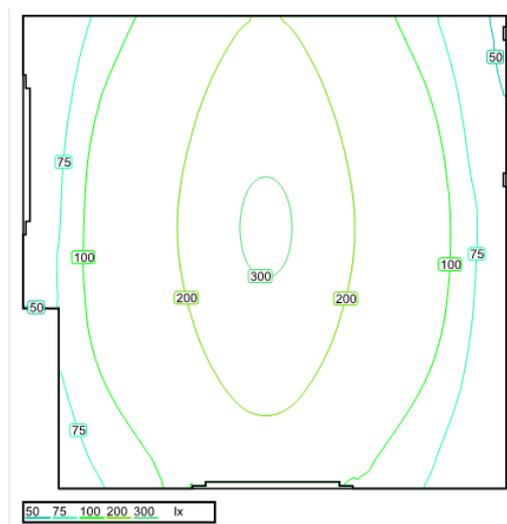
N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting SM120V W20L120 1xLED26S/840 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.97% Flujo luminoso: 2599 lm, Potencia: 31.0 W	 

Flujo luminoso total: 2599 lm, Potencia total: 31 W

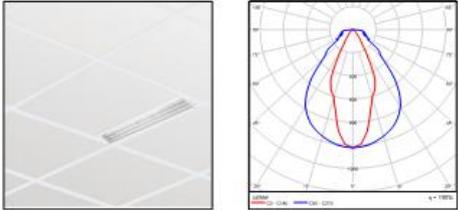
2.3. Vestíbulo

Escena de luz: Todas las luces activadas.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

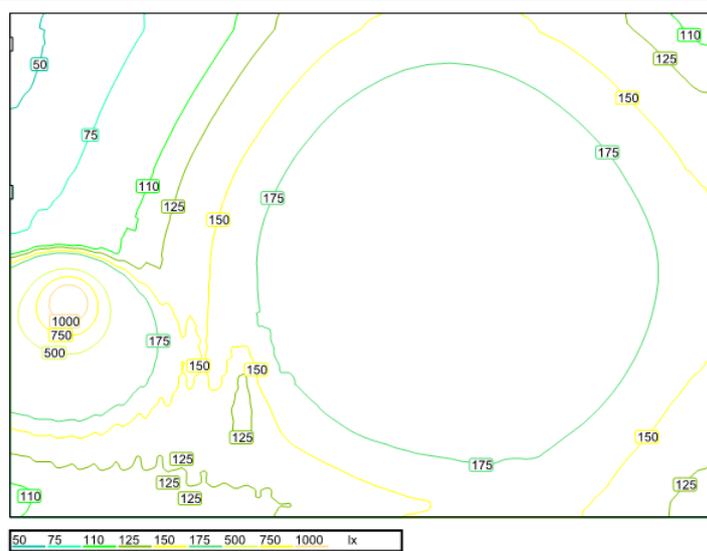
Nº	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting RC300B L600 1xLED10-4000 P0 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.85% Flujo luminoso: 1288 lm, Potencia: 16.3 W	

Flujo luminoso total: 1288 lm, Potencia total: 16 W

2.4. Sala de estar

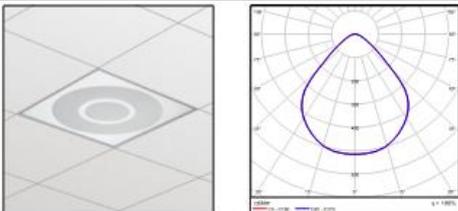
Escena de luz: Todas las luces activadas.

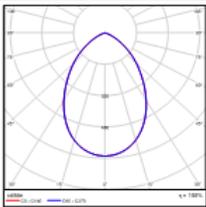
Plano útil: 0,8m.



En la imagen vemos el efecto que tiene el flexo en la parte izquierda de la imagen, que aumenta los luxes hasta los 1000.

Luminarias utilizadas:

Nº	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting BBS560 1xLED20S/840 AC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.97% Flujo luminoso: 1999 lm, Potencia: 29.0 W	

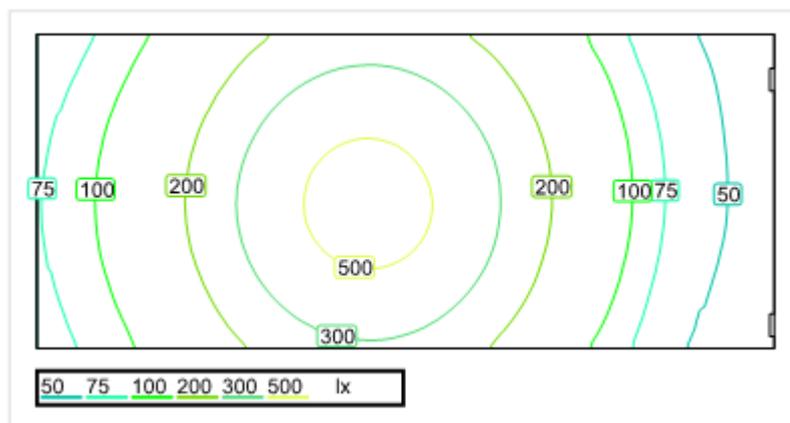
N°	Número de unidades		
2	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W	 

Flujo luminoso total: 2369 lm, Potencia total: 37 W

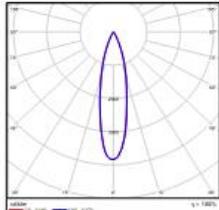
2.5. Trastero

Escena de luz: Todas las luces activadas.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting RS110B 1xLED6-25-/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.91% Flujo luminoso: 673 lm, Potencia: 13.4 W	 

Flujo luminoso total: 673 lm, Potencia total: 13 W

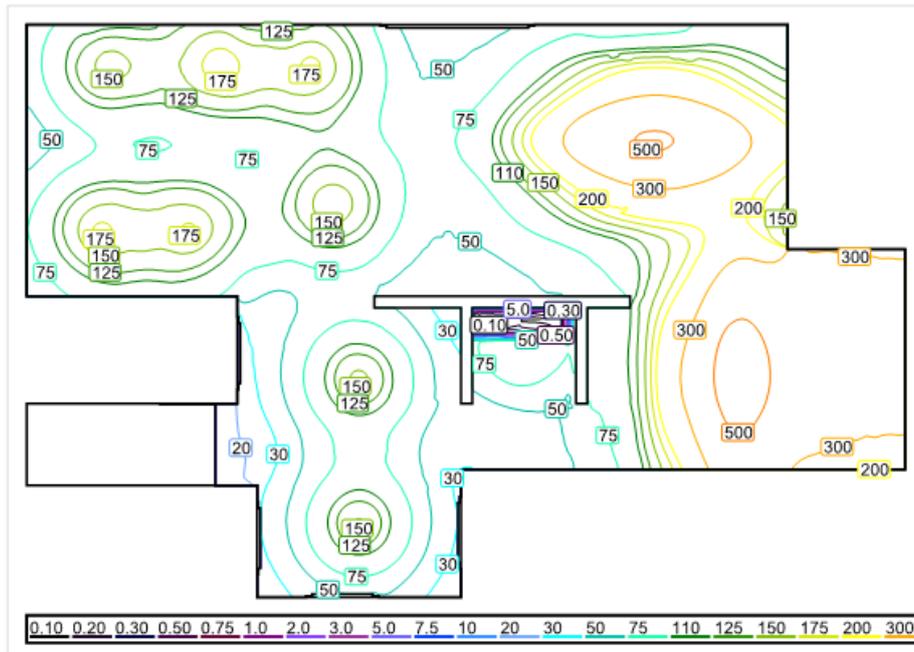
2.6. Salón comedor

Esta es la habitación más grande de la casa, ya que comprende la zona del salón, el comedor, la cocina y el pasillo inferior.

Primero se dará una imagen general.

Escena de luz: Todas las luces activadas.

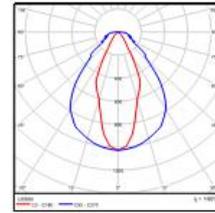
Plano útil: 0,8m.



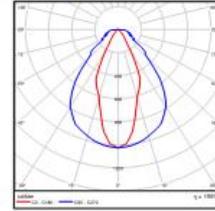
Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades	Descripción	Foto	Diagrama
1	1	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W		
2	1	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W		
3	6	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W		
4	1	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W		

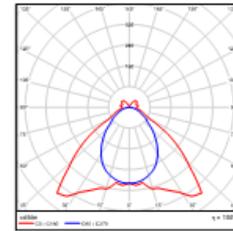
5 1 Philips Lighting RC300B L600 2xLED10-4000 P0
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.85%
 Flujo luminoso: 2237 lm, Potencia: 29.5 W



6 1 Philips Lighting RC300B L600 2xLED10-4000 P0
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.85%
 Flujo luminoso: 2237 lm, Potencia: 29.5 W



7 2 Philips Lighting WT460C L700 1xLED19S/840 WB
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.92%
 Flujo luminoso: 1927 lm, Potencia: 22.1 W

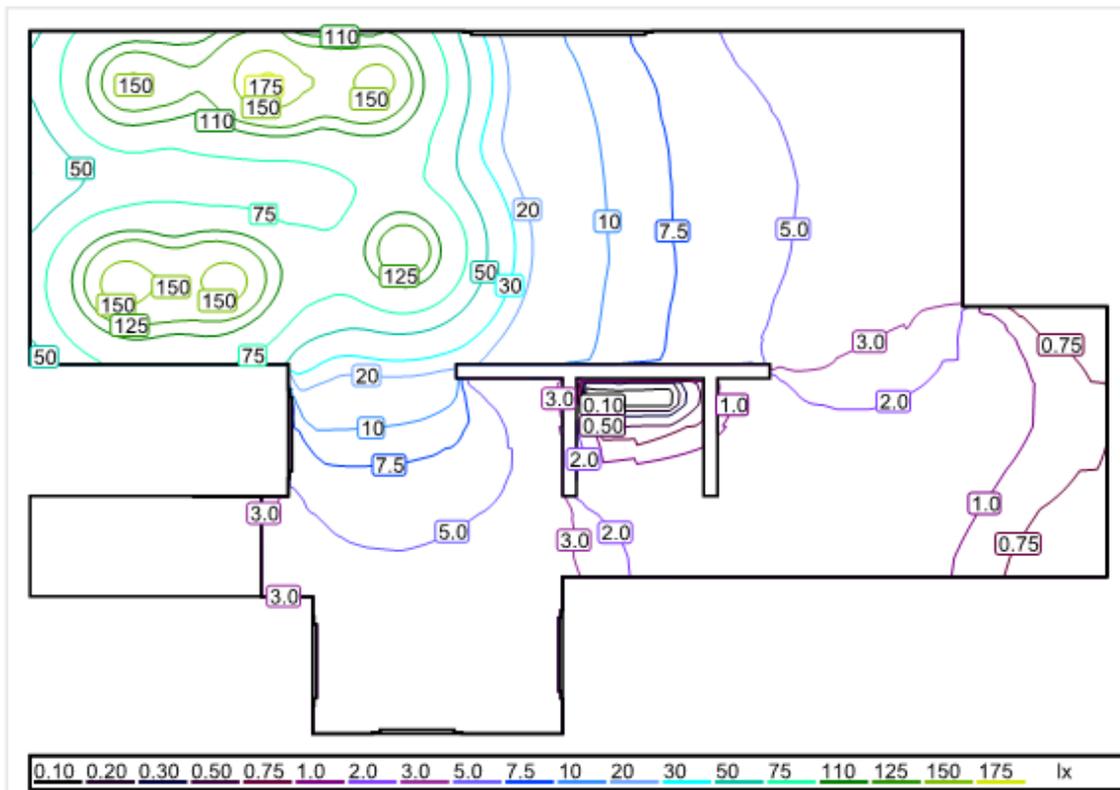


Flujo luminoso total: 10936 lm, Potencia total: 164 W

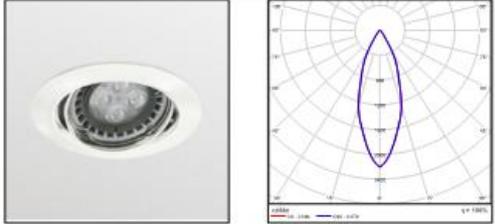
Zona salón

Escena de luz: Luces comedor.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades		
1	6	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W	

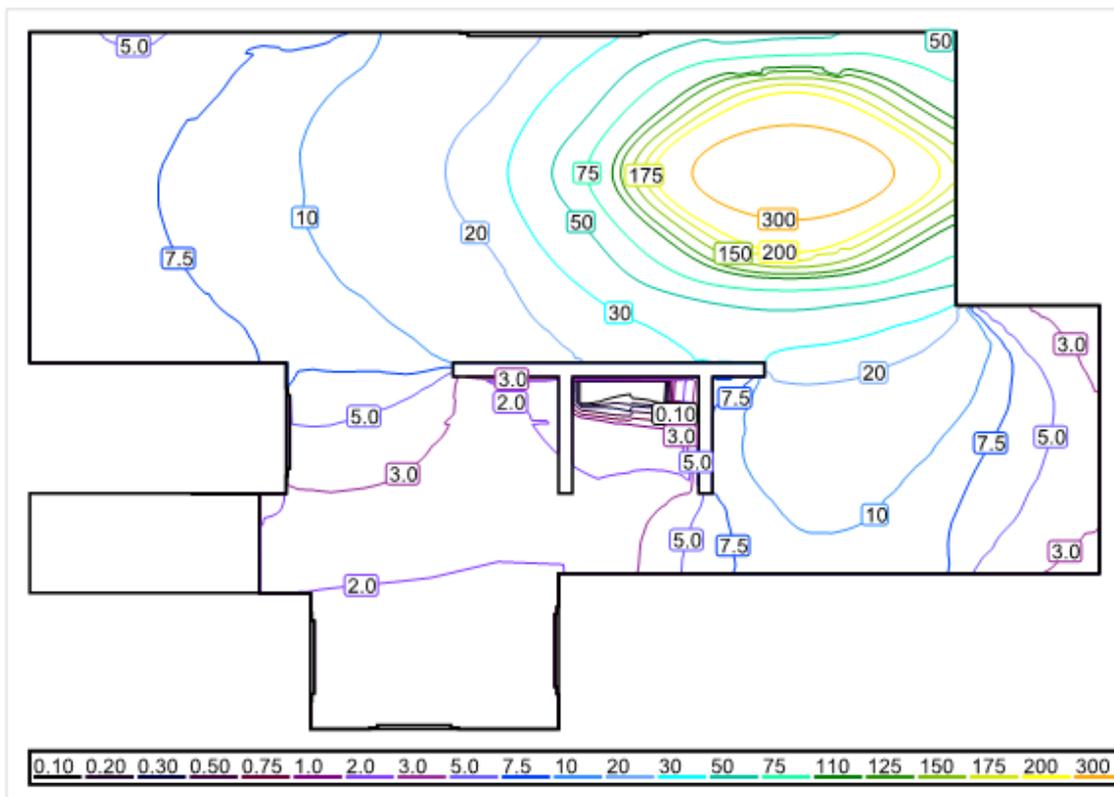
Flujo luminoso total: 1740 lm, Potencia total: 41 W

Las luminarias están enfocadas hacia el mueble del televisor y el sofá, las dos zonas de actividad que tiene el salón, consiguiendo el mínimo de 100 luxes.

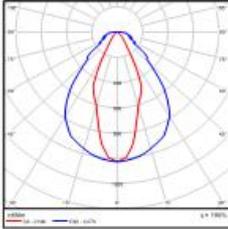
Zona mesa del comedor

Escena de luz: Luz de la mesa del comedor.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

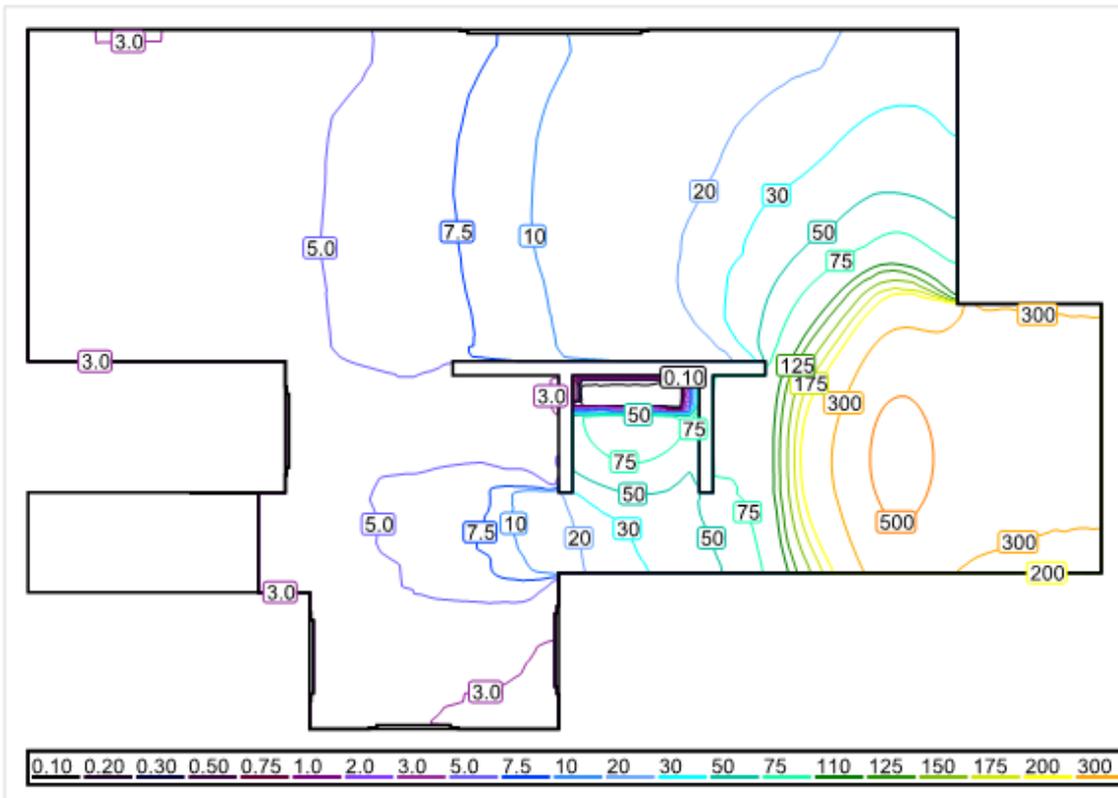
N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting RC300B L600 2xLED10-4000 P0 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.85% Flujo luminoso: 2237 lm, Potencia: 29.5 W	 

Flujo luminoso total: 2237 lm, Potencia total: 30 W

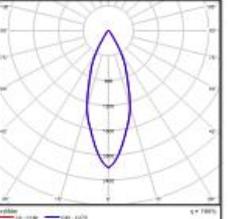
Zona cocina

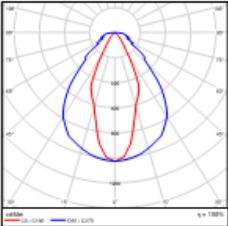
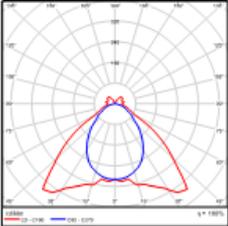
Escena de luz: Luces de la cocina.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W	 

2	1	Philips Lighting RC300B L600 2xLED10-4000 P0 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.85% Flujo luminoso: 2237 lm, Potencia: 29.5 W		
3	2	Philips Lighting WT460C L700 1xLED19S/840 WB Grado de eficacia de funcionamiento: 99.92% Flujo luminoso: 1927 lm, Potencia: 22.1 W		

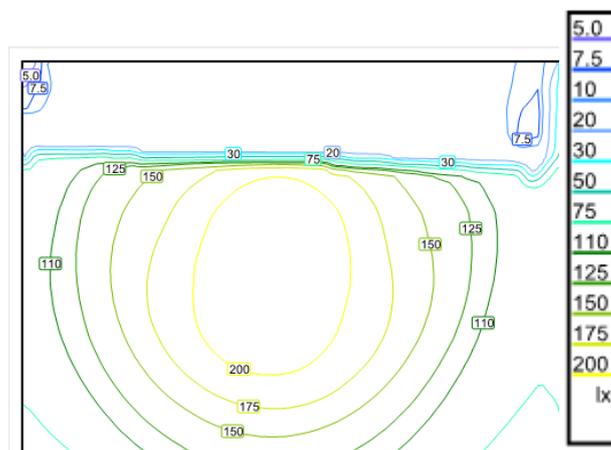
Flujo luminoso total: 6380 lm, Potencia total: 81 W

Zona despena

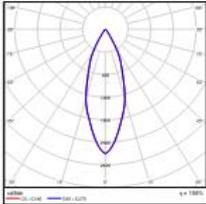
La luminaria se dispone para que ilumine el estante donde se guardan los alimentos. Se pretende que tenga una buena cantidad de luxes a la altura del plano útil.

Escena de luz: Luces de la cocina.

Plano útil: 1,5m.



Luminarias utilizadas:

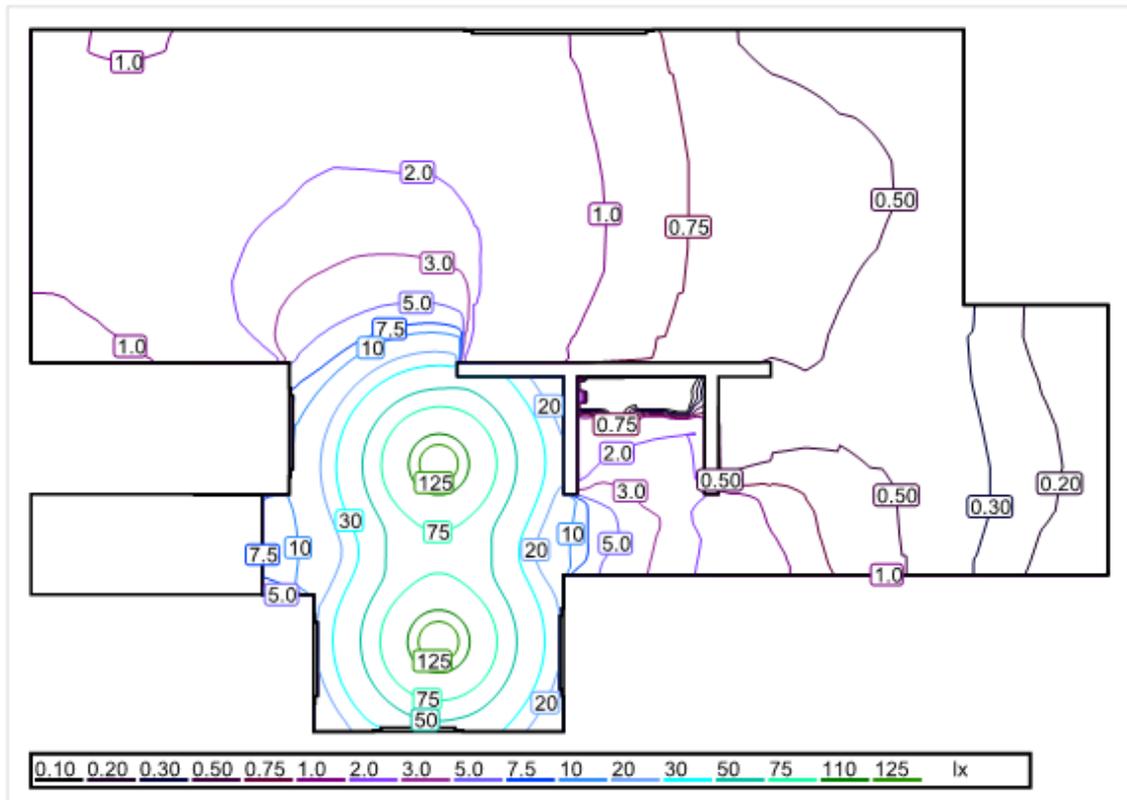
Nº	Número de unidades			
1	1	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W		

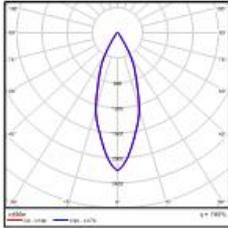
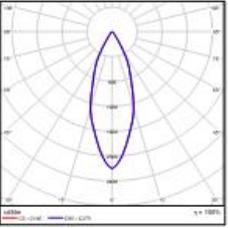
Flujo luminoso total: 290 lm, Potencia total: 7 W

Zona pasillo

Escena de luz: Luces del pasillo.

Plano útil: 0,8m.



N°	Número de unidades	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W		
1	1	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W		

Flujo luminoso total: 580 lm, Potencia total: 14 W

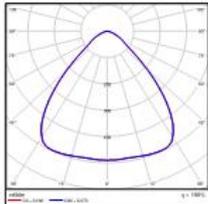
2.7. Cuarto de baño 1

Escena de luz: Todas las luces.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

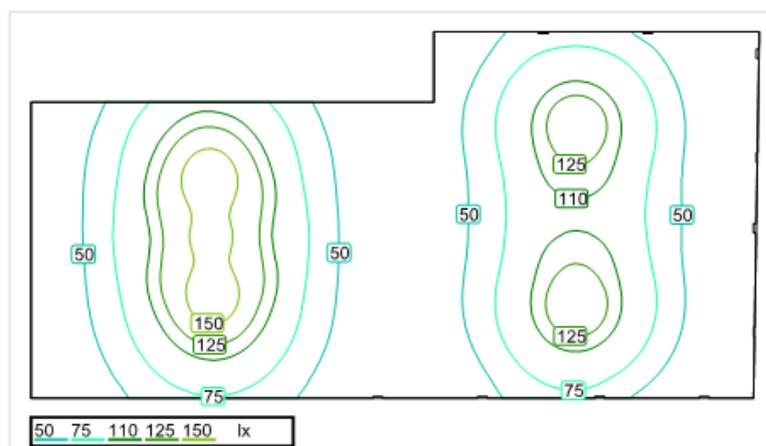
N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting BBS160 D170 1xRDLM1100/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.95% Flujo luminoso: 897 lm, Potencia: 20.4 W	 

Flujo luminoso total: 897 lm, Potencia total: 20 W

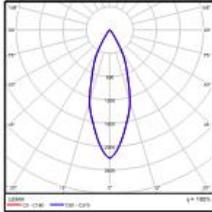
2.8. Pasillo superior

Escena de luz: Luces de pasillos.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

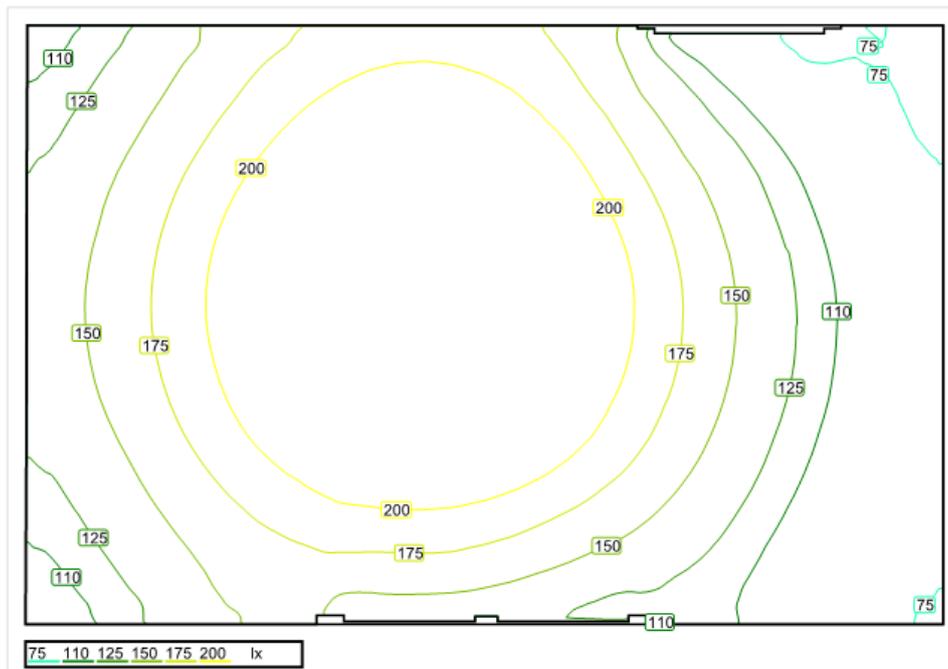
N°	Número de unidades		
1	4	Philips Lighting BBG463 1xLED-40-4200-GU10 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso: 290 lm, Potencia: 6.8 W	 

Flujo luminoso total: 1160 lm, Potencia total: 27 W

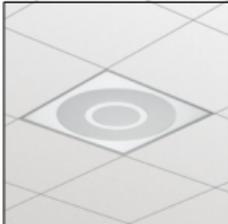
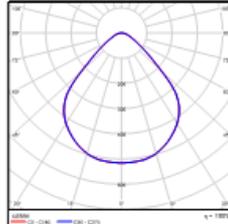
2.9. Cuarto de baño 2

Escena de luz: Todas las luces.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

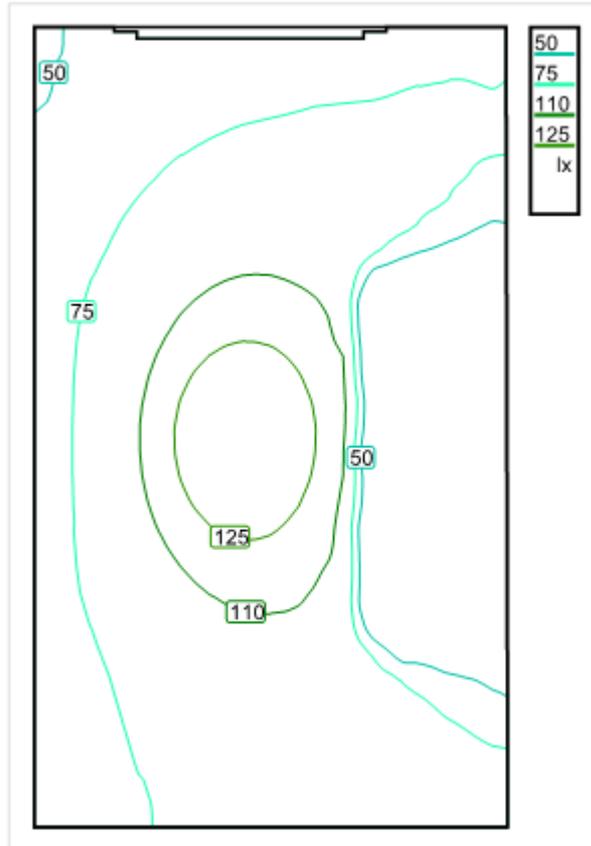
N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting BBS560 1xLED20S/840 AC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.97% Flujo luminoso: 1999 lm, Potencia: 29.0 W	 

Flujo luminoso total: 1999 lm, Potencia total: 29 W

2.10. *Ropero*

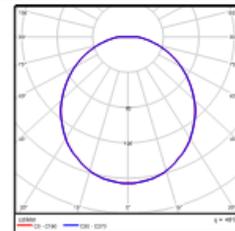
Escena de luz: Todas las luces.

Plano útil: 1m.



Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades	
1	1	Philips Lighting BCG620 1xTL5C22W HF Grado de eficacia de funcionamiento: 47.75% Flujo luminoso: 860 lm, Potencia: 25.0 W

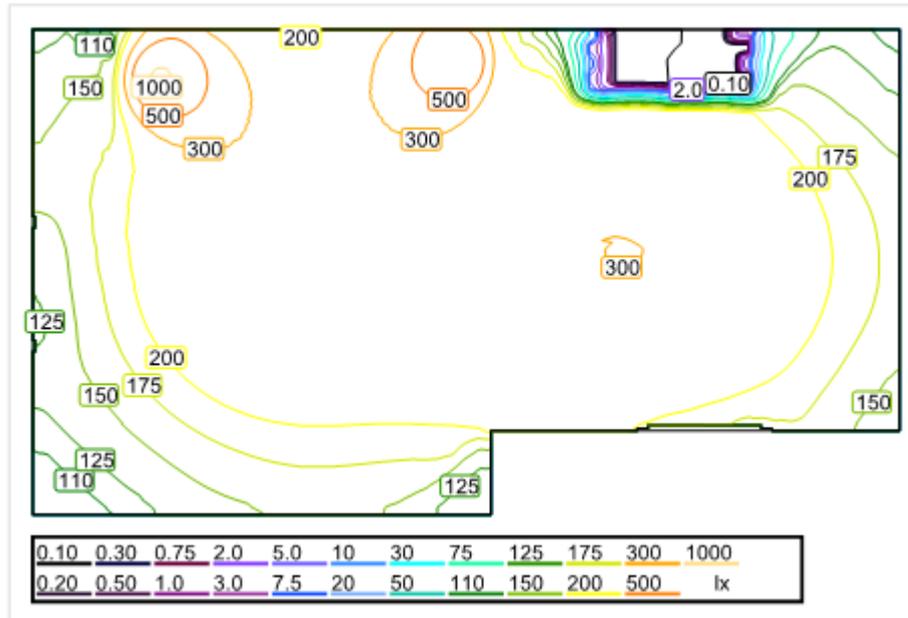


Flujo luminoso total: 860 lm, Potencia total: 25 W

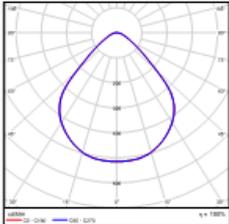
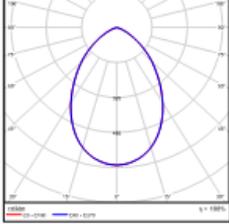
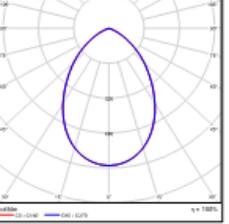
2.11. *Habitación de matrimonio*

Escena de luz: Todas las luces.

Plano útil: 0,8m.



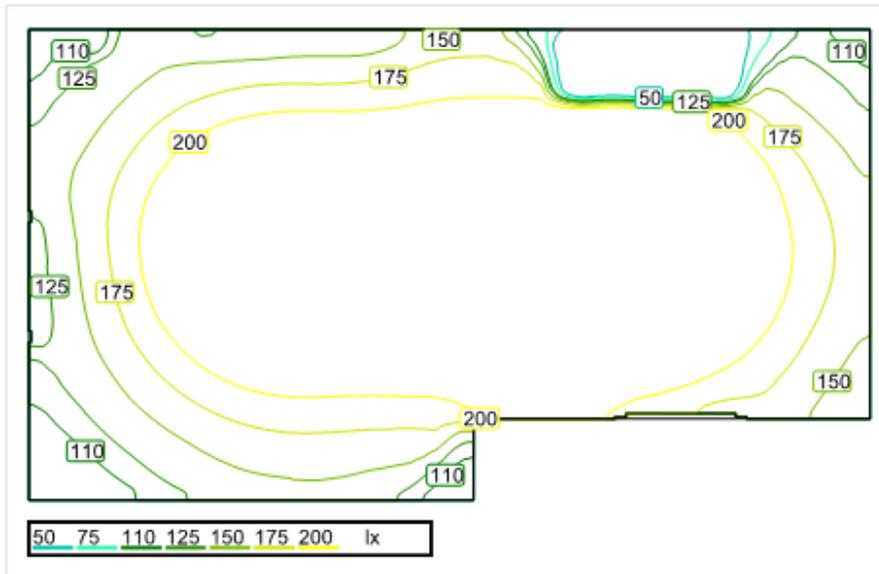
Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades	Descripción	Imagen	Diagrama de distribución
1	2	Philips Lighting BBS560 1xLED20S/840 AC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.97% Flujo luminoso: 1999 lm, Potencia: 29.0 W		
2	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W		
3	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W		

Flujo luminoso total: 4737 lm, Potencia total: 74 W

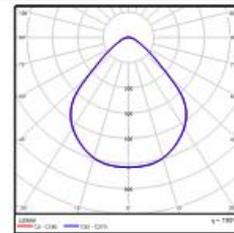
Escena de luz: Luces de la habitación de matrimonio.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades	Philips Lighting BBS560 1xLED20S/840 AC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.97% Flujo luminoso: 1999 lm, Potencia: 29.0 W
1	2	

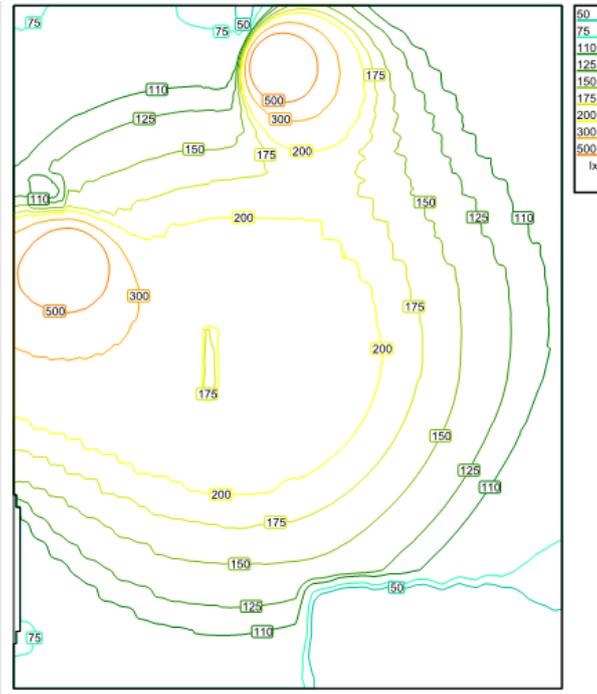


Flujo luminoso total: 3999 lm, Potencia total: 58 W

2.12. Habitación 1

Escena de luz: Todas las luces.

Plano útil: 0,8m.



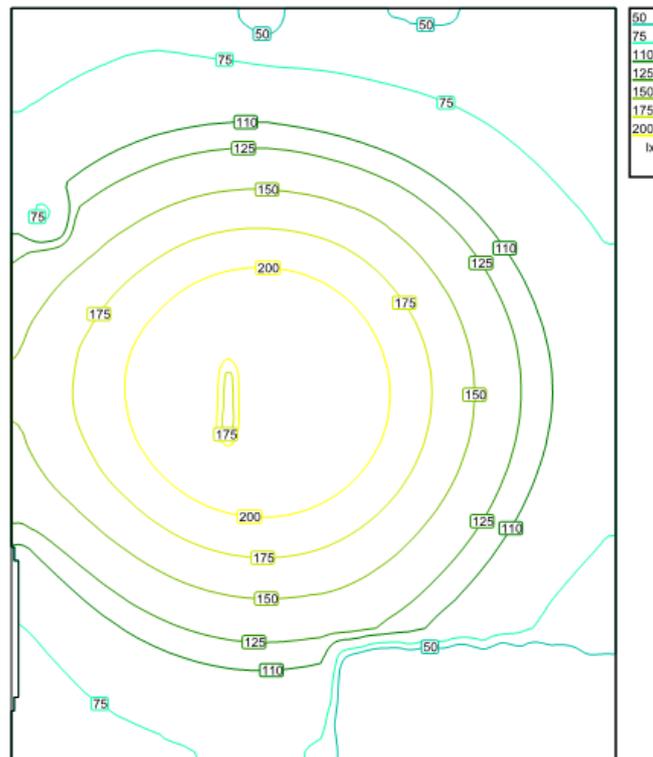
Luminarias utilizadas:

Nº	Número de unidades			
1	1	Philips Lighting BBS561 1xLED2000/NW-4000 PC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.82% Flujo luminoso: 1996 lm, Potencia: 37.0 W		
2	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W		
3	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W		

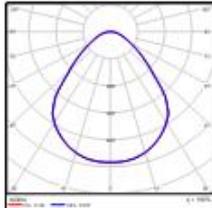
Flujo luminoso total: 2735 lm, Potencia total: 53 W

Escena de luz: Luz habitación 1.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

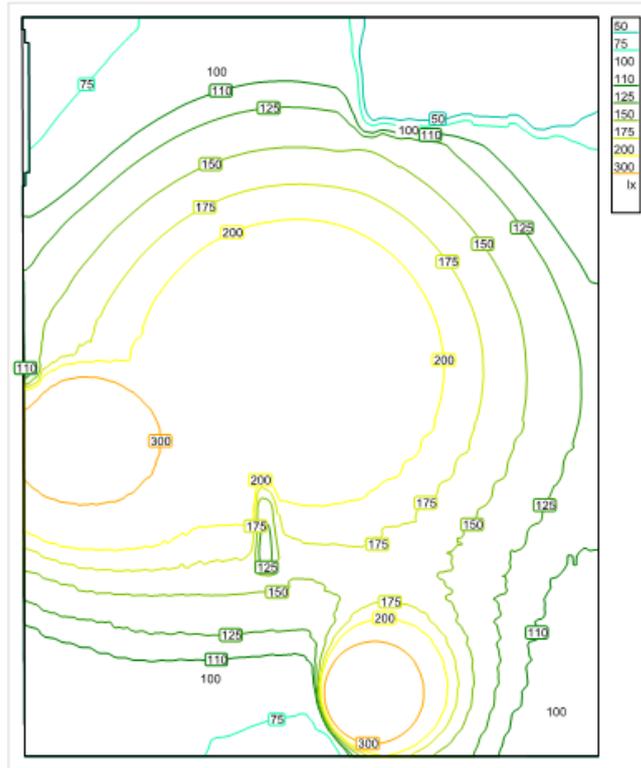
N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting BBS561 1xLED2000/NW-4000 PC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.82% Flujo luminoso: 1996 lm, Potencia: 37.0 W	 

Flujo luminoso total: 1996 lm, Potencia total: 37 W

2.13. Habitación 2

Escena de luz: Todas las luces.

Plano útil: 0,8m.



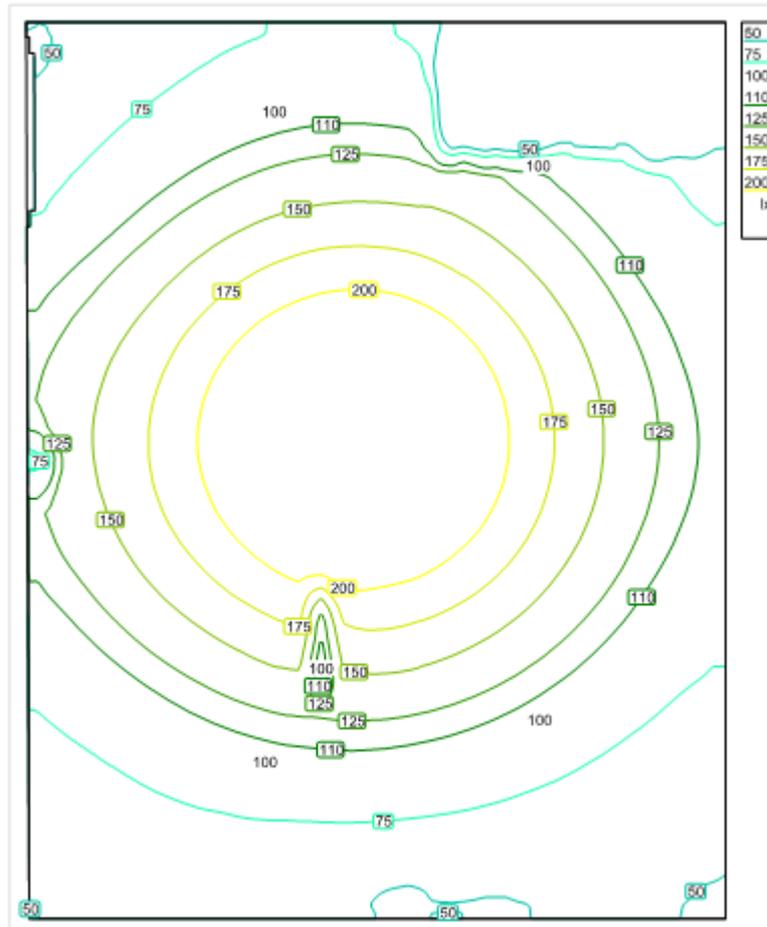
Luminarias utilizadas:

Nº	Número de unidades	Descripción de la luminaria	Imagen de la luminaria	Diagrama de distribución de luz
1	1	Philips Lighting BBS561 1xLED2000/NW-4000 PC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.82% Flujo luminoso: 1996 lm, Potencia: 37.0 W		
2	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W		
3	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W		

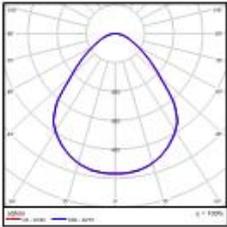
Flujo luminoso total: 2735 lm, Potencia total: 53 W

Escena de luz: Luz habitación 2.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting BBS561 1xLED2000/NW-4000 PC-MLO-C Grado de eficacia de funcionamiento: 99.82% Flujo luminoso: 1996 lm, Potencia: 37.0 W	 

Flujo luminoso total: 1996 lm, Potencia total: 37 W

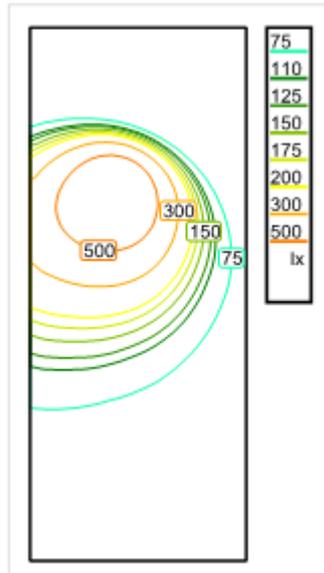
La casa dispone de varios escritorios, y también se han supuesto zonas de lectura en la cama.

El salón de estar y las dos habitaciones menores disponen de escritorio, mientras que las zonas de lectura se encuentran en las tres habitaciones.

2.14. Zona escritorio

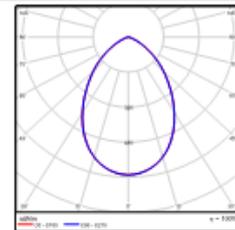
Escena de luz: Luz escritorio.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

N°	Número de unidades	
1	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99,76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W

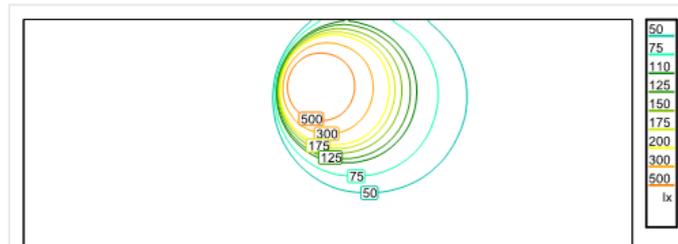


Flujo luminoso total: 369 lm, Potencia total: 8 W

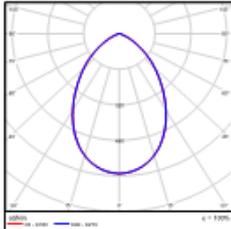
2.15. Zona lectura

Escena de luz: Luz de lectura.

Plano útil: 0,8m.



Luminarias utilizadas:

Nº	Número de unidades		
1	1	Philips Lighting FS400D 1xLED5/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.76% Flujo luminoso: 369 lm, Potencia: 8.0 W	 

Flujo luminoso total: 369 lm, Potencia total: 8 W

Para saber la disposición de las luces de una manera más clara y la distribución de las habitaciones y muebles, se puede encontrar esta información en el plano correspondiente al circuito C1 (Planos 5 y 6).

3. TABLAS DE DATOS

Tabla 3.1: Datos de radiación solar media al día en W/m^2

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	31	45	39	15	0	0	0	0
6:00	0	0	37	60	86	93	89	67	25	0	0	0
7:00	0	51	135	185	204	211	211	189	157	83	0	0
8:00	122	194	282	323	330	335	340	326	319	232	129	107
9:00	249	323	412	445	440	443	453	448	467	369	246	236
10:00	343	420	509	536	523	525	538	541	581	474	335	328
11:00	400	479	528	590	572	573	589	596	650	537	388	381
12:00	415	495	583	605	583	587	603	611	669	554	403	396
13:00	389	468	557	580	563	564	580	586	637	525	378	372
14:00	323	400	488	516	505	507	520	521	556	451	316	308
15:00	220	294	382	417	415	418	427	420	433	337	219	208
16:00	29	159	246	289	299	305	309	292	278	194	36	23
17:00	0	14	100	151	173	180	179	156	119	26	0	0
18:00	0	0	10	40	69	80	74	49	12	0	0	0
19:00	0	0	0	0	17	33	26	5	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3.2: Datos de intensidad proporcionada por panel y total de intensidad mensual y anual

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0,07955236	0,19618679	0,10107765	0,05130975	0	0	0	0
6:00	0	0	0,09447361	0,33561757	0,5	0,55606521	0,54667035	0,35587179	0,0768168	0	0	0
7:00	0	0,2	0,94722299	1,5092567	1,51997789	1,8	1,8	1,54155844	0,9886709	0,43628074	0	0
8:00	0,77714838	1,55	2,04476375	2,5	2,55567836	2,6	2,64321636	2,52135949	2,56642719	1,97507599	0,90577508	0,58378005
9:00	2,07239569	2,5	3,13368334	3,18762089	3,14921249	3,17419177	3,2185134	3,18109975	3,24614534	2,63096159	1,9	1,84749931
10:00	2,90135397	3,22895828	4,1	4,15059409	4,11577784	4,13009119	4,18563139	4,24948881	4,79353413	3,28784195	2,6	2,58159713
11:00	3	3,9	4,2	4,84111633	4,70737773	4,72221608	4,83597679	4,87582205	5,25349544	4,19422492	2,867643	2,81130146
12:00	3,21221332	4	4,8	4,9	4,8	4,81387124	4,89113015	4,95855209	5,40610666	4,44589666	3,02763194	2,98947223
13:00	2,91434098	3,4	4,49516441	4,76651009	4,51036198	4,54791379	4,76651009	4,81201989	5,20801326	4,16935618	2,76720088	2,73614258
14:00	2,3	3	4,01215805	4,3	4,26670351	4,28576955	4,31649627	4,32680298	4,45280464	3,20840011	2,54241503	2,51240674
15:00	1,9	2,3	2,80049737	3,21	3,20243161	3,2185134	3,29162752	3,23810445	3,35904946	2,61613705	1,90077369	1,62445427
16:00	0,1	1	1,9	2,26858248	2,2133186	2,27560099	2,34288477	2,25440729	1,93829787	1,55990605	0,09781708	0,07037856
17:00	0	0,05	0,5	1,04987566	1,35111909	1,42821221	1,4032882	1,09276043	0,9	0,08234319	0	0
18:00	0	0	0,03039514	0,17988395	0,38101686	0,45531915	0,42743852	0,2867643	0,04084001	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0,05401216	0,08328267	0,0715391	0,01621995	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (Ah/día)	19,1774523	25,1289583	33,0583587	37,1990578	37,4065405	38,287234	38,8420006	37,7621415	38,2302017	28,6064244	18,6092567	17,7570323
Nº días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Total (Ah/mes)	594,501022	703,610832	1024,80912	1115,97173	1159,60275	1148,61702	1204,10202	1170,62639	1146,90605	886,799157	558,277701	550,468002

Total Anual (Ah)	11264,2918
Total vida útil instalación (30 años) (Ah)	337928,754

Tablas 3.4 Consumo de la vivienda

Circuito C1 Iluminación.

	Pot nominal (W)	Número	Total Pot (W)	Intensidad (A)	Fs	Fu	Horas día (total del conjunto)	I·Fs·Fu (A)	Potencia Día (Wh)	Potencia anual (Wh)
Ropero, terraza, y entrada	25	3	75	0,326086957	0,75	0,5	1	0,122282609	25	9125
Garaje	31	1	31	0,134782609	0,75	0,5	0,25	0,050543478	7,75	2828,75
Cuarto baño inferior	20,4	1	20,4	0,088695652	0,75	0,5	1	0,03326087	20,4	7446
Trastero	13,4	1	13,4	0,05826087	0,75	0,5	0,1	0,021847826	1,34	489,1
Habitaciones	37	2	74	0,32173913	0,75	0,5	6	0,120652174	222	81030
Cuarto baterías, vestíbulo	16,3	2	32,6	0,14173913	0,75	0,5	0,1	0,053152174	1,63	594,95
Encimeras	22,1	2	44,2	0,192173913	0,75	0,5	2	0,072065217	44,2	16133
Comedor, cocina	29,5	2	59	0,256521739	0,75	0,5	2	0,096195652	59	21535
Habitación matrimonio, Sala estar, Cuarto baño superior	29	4	116	0,504347826	0,75	0,5	6	0,189130435	174	63510
Pasillos, cocina, Comedor	6,8	13	88,4	0,384347826	0,75	0,5	2	0,144130435	13,6	4964

Circuito C2 Tomas de uso general.

	Pot Nominal (W)	Número	Pot Total (W)	Intensidad (A)	Fs	Fu	I·Fs·Fu (A)	Tiempo Anual	Pot anual(Wh)	Pot anual fabricante (Wh)
Televisor	48	1	48	0,208695652	0,2	0,25	0,010434783	-	-	70000
Videoconsola	180	1	180	0,782608696	0,2	0,25	0,039130435	182	32760	
Blue-ray	10	1	10	0,043478261	0,2	0,25	0,002173913	2 h 200 días	4000	
Telefonosx2	2	2	4	0,017391304	0,2	0,25	0,000869565	8760 h	35040	
Cargadores Movilx4	1,15	4	4,6	0,02	0,2	0,25	0,001	4 h cada día	6716	
Portátilesx2	40	2	80	0,347826087	0,2	0,25	0,017391304	8 h cada día	233600	
Ordenador sobremesa	150	1	150	0,652173913	0,2	0,25	0,032608696	2 h cada día	109500	
Aspirador	1800	1	1800	7,826086957	0,2	0,25	0,391304348	1 h 60 días	108000	
Router Wifi	15	1	15	0,065217391	0,2	0,25	0,00326087	24 h día	131400	
Plancha	1000	1	1000	4,347826087	0,2	0,25	0,217391304	20 minutos máxima potencia cada ciclo de lavadora	66666	
Equipo Música	45	1	45	0,195652174	0,2	0,25	0,009782609	1 h 150 días	6750	
Impresora Tinta	20	1	20	0,086956522	0,2	0,25	0,004347826	2 h 100 días	4000	
Frigorífico	160	1	160	0,695652174	0,2	0,25	0,034782609	-	-	284000
Extractor	170	1	170	0,739130435	0,2	0,25	0,036956522	182,5	31025	
Flexos	8	7	56	0,243478261	0,2	0,25	0,012173913	11 h día	32120	
Otros	5000	-	-	21,73913043	0,2	0,25	1,086956522	-	200000	

Circuito C3 Cocina.

	Pot Nominal (W)	Número	Pot Total (W)	Intensidad (A)	Fs	Fu	Horas año	I·Fs·Fu (A)	Pot anual (Wh)
Inducción 21 cm	2200	2	4400	19,13043478	0,5	0,75	92,5	7,173913043	203500
Inducción 15 cm	1400	2	2800	12,17391304	0,5	0,75	92,5	4,565217391	129500
Horno	3580	1	3580	15,56521739	0,5	0,75	60,83	5,836956522	217783,33

Circuito C4 Lavadora y lavavajillas.

	Pot Nominal (W)	Número	Pot Total (W)	Intensidad (A)	Fs	Fu	Uso anual	I·Fs·Fu (A)	Pot anual (Wh)	Pot fabricante
Lavavajillas	2400	1	2400	10,43478261	0,66	0,75	1 uso cada 2 días	5,165217391	122275	0,67 kWh por ciclo
Lavadora	2200	1	2200	9,565217391	0,66	0,75	200 ciclos	4,734782609	182000	182 kWh/200 Ciclos

Circuito C5 Tomas de cocina y baños.

	Pot Nominal (W)	Número	Pot Total (W)	Intensidad (A)	Fs	Fu	Uso anual	I·Fs·Fu (A)	Pot anual (Wh)
Licuadaora	700	1	700	3,043478261	0,4	0,5	121,54	0,608695652	85,081
Tostadora	750	1	750	3,260869565	0,4	0,5	73	0,652173913	54,75
Secador	2200	1	2200	9,565217391	0,4	0,5	45,625	1,913043478	100,375
Plancha Pelo	33	1	33	0,143478261	0,4	0,5	91,25	0,028695652	3,011
Microondas	1220	1	1220	5,304347826	0,4	0,5	91,25	1,060869565	111,325

Potencia total anual (Wh): 3096832,8

Tabla 3.5 Longitudes cables eléctricos.

Longitudes electrodomésticos.

	Long (m)		Long (m)		Long (m)
Frigo	11,23	Luz Ropero	11,9756	Aspiradora	18,97
Inducción	14,08	Luz Entrada	7,6809	Router Wifi	10,47
Lavavajillas	10,48	Luz Terraza	14,3002	Plancha	18,97
Lavadora	11,11	Luz Garaje	8,5479	Equipo Musica	18,97
Extractor	12,53	Luz Cuarto Baño inferior	4,6231	Impresora tinta	6,26
Microondas	14,49	Luz Trastero	10,23068	Otros	18,97
Licuada	12,78	Luz Hab 1	23,49	Luz Comedor peq	15,0521
Tostadora	12,78	Luz Hab 2	17,6593	Flexos	18,97
Horno	14,08	Luz Cuarto Bat	14,0399	Luz Cocina pequeña	11,6321
Secador pelo	4,41	Luz Vestíbulo	5,0241	Cargadores	29,44
Plancha pelo	4,41	Luces Encimeras	15,8655	Portatiles	28,19
Televisor	10,47	Luz Comedor	22,9539	Ordenador Sobremesa	6,26
Videoconsola	10,47	Luz Cocina	11,6321	Cuarto Baño sup	8,1487
Blueray	10,47	Luz Hab matrimonio	26,8439	Luces Pasillos	25,1601
Telefonos	10,47	Luz Sala estar	7,2384		

Longitudes Tramos conexión a red:

	L (m)	Número	L total (m)
Placas a inversor	10	5	50
Inversor a cuadro general	12,0246	1	12,0246

Longitudes Tramos aislada de red:

	L (m)	Número	L total (m)
Placas a regulador	10	3	30
Regulador a baterías	4	1	4
Baterías a inversor	2	1	2
Inversor a cuadro general	12,0246	1	12,0246

Tabla 3.6 Pérdidas por efecto Joule

	Sección (mm ²)	Amperios (A)	Potencia (W)	Tiempo anual (h)	Pot kWh total (30 años)	Coste €	Sección mayor	Pot en Kwh total (sección mayor)	Coste Sección Mayor €
Frigo	2,5	0,695652174	0,08969764	1577,77	4,245667366	0,640832541	4	2,653542103	0,400520338
Inducción	6	31,30434783	94,88940014	730	2078,077863	313,6609165	10	1246,846718	188,1965499
Lavavajillas	4	10,43478261	11,77131763	182,5	64,44796403	9,727646795	6	42,96530935	6,485097863
Lavadora	4	9,565217391	10,4857798	82,7272	26,02377607	3,927976712	6	17,34918405	2,618651142
Extractor	2,5	0,739130435	0,112982247	182,5	0,618577804	0,093366897	4	0,386611128	0,05835431
Microondas	2,5	5,304347826	6,72898162	91,25	18,42058719	2,780366589	4	11,51286699	1,737729118
Licuadora	2,5	3,043478261	1,953836548	121,54	7,12407882	1,075294209	4	4,452549263	0,672058881
Tostadora	2,5	3,260869565	2,242924608	73	4,912004892	0,741408194	4	3,070003058	0,463380122
Horno	6	15,56521739	23,45950054	243,33	171,252008	25,84843558	10	102,7512048	15,50906135
Secador pelo	2,5	9,565217391	6,659555557	45,625	9,115266669	1,37584012	4	5,697041668	0,859900075
Plancha pelo	2,5	0,143478261	0,0014984	91,25	0,00410187	0,000619128	4	0,002563669	0,000386955
Televisor	2,5	0,208695652	0,007526455	1458,33	0,32928164	0,049701112	4	0,205801025	0,031063195
Videoconsola	2,5	0,782608696	0,105840769	182	0,577890599	0,087225651	4	0,361181625	0,054516032
Blueray	2,5	0,043478261	0,000326669	400	0,003920028	0,000591681	4	0,002450018	0,000369801
Telefonos	2,5	0,017391304	5,2267E-05	8760	0,01373578	0,002073251	4	0,008584862	0,001295782
Cargadores	2,5	0,02	0,000194364	1460	0,008513122	0,001284954	4	0,005320701	0,000803096
Portatiles	2,5	0,347826087	0,056290661	2920	4,931061865	0,744284616	4	3,081913666	0,465177885
Ordenador Sobremesa	2,5	0,652173913	0,043945878	730	0,96241473	0,145264955	4	0,601509206	0,090790597
Aspiradora	2,5	7,826086957	19,1766895	60	34,51804109	5,210084087	4	21,57377568	3,256302554
Router Wifi	2,5	0,065217391	0,000735005	8760	0,193159404	0,029155094	4	0,120724627	0,018221934
Plancha	2,5	4,347826087	5,918731326	66,66	11,83627891	1,786544265	4	7,397674316	1,116590166
Equipo Musica	2,5	0,195652174	0,011985431	150	0,053934439	0,008140756	4	0,033709025	0,005087973
Impresora tinta	2,5	0,086956522	0,00078126	200	0,00468756	0,000707531	4	0,002929725	0,000442207
Otros	2,5	21,73913043	147,9682832	40	177,5619398	26,80084407	4	110,9762124	16,75052754

Pérdidas iluminación:

	Tiempo total (30 años)	Amperios	Sección	Potencia pérdidas (w)	Pot Pérdidas totales kWh	Coste	Sección mayor	Pot mayor kWh (sección mayor)	Coste Sección mayor €
Ropero	5475	0,108695652	1,5	0,00389213	0,021309412	0,0032164	2,5	2,33528E-06	4,97634E-08
Entrada	2737,5	0,108695652	1,5	0,002496331	0,006833706	0,001031466	2,5	1,4978E-06	1,02355E-08
Terraza	32850	0,108695652	1,5	0,004647637	0,152674866	0,023044439	2,5	2,78858E-06	4,25746E-07
Garaje	1642,5	0,134782609	1,5	0,004271622	0,00701614	0,001059002	2,5	2,56297E-06	1,79822E-08
Cuarto Baño inf	10950	0,088695652	1,5	0,001000469	0,010955136	0,001653546	2,5	6,00281E-07	6,57617E-09
Trastero	1095	0,05826087	1,5	0,000955266	0,001046016	0,000157884	2,5	5,73159E-07	5,99534E-10
Hab 1	54750	0,160869565	1,5	0,016722319	0,915546978	0,13819083	2,5	1,00334E-05	9,18604E-06
Hab 2	54750	0,160869565	1,5	0,012571496	0,688289431	0,10388903	2,5	7,5429E-06	5,1917E-06
Cuarto Bat	1095	0,070869565	1,5	0,001939766	0,002124043	0,000320599	2,5	1,16386E-06	2,47209E-09
Vestíbulo	1095	0,070869565	1,5	0,000694134	0,000760077	0,000114725	2,5	4,16481E-07	3,16557E-10
Encimeras	10950	0,192173913	1,5	0,016117896	0,17649096	0,026639193	2,5	9,67074E-06	1,7068E-06
Comedor	10950	0,12826087	1,5	0,010387489	0,113743001	0,017168141	2,5	6,23249E-06	7,08902E-07
Cocina	10950	0,12826087	1,5	0,005263955	0,057640312	0,008700113	2,5	3,15837E-06	1,8205E-07
Hab matri	21900	0,252173913	1,5	0,046958222	1,028385061	0,155222384	2,5	2,81749E-05	2,89747E-05
Sala estar	21900	0,126086957	1,5	0,003165546	0,069325456	0,010463846	2,5	1,89933E-06	1,31672E-07
Cuarto Baño sup	10950	0,126086957	1,5	0,003563644	0,039021907	0,005889889	2,5	2,13819E-06	8,34361E-08
Pasillos	2737,5	0,177391304	1,5	0,021779241	0,059620671	0,008999025	2,5	1,30675E-05	7,79096E-07
Cocina pequeña	10950	0,029565217	1,5	0,000279696	0,003062669	0,000462273	2,5	1,67818E-07	5,1397E-10
Comedor peq	54750	0,177391304	1,5	0,013029491	0,713364658	0,107673835	2,5	7,81769E-06	5,57687E-06
Flexos	21900	0,243478261	2,5	0,018561141	0,406488998	0,061354636	4	1,16007E-05	4,71556E-06

Pérdidas diferentes tramos de la instalación conectada a red.

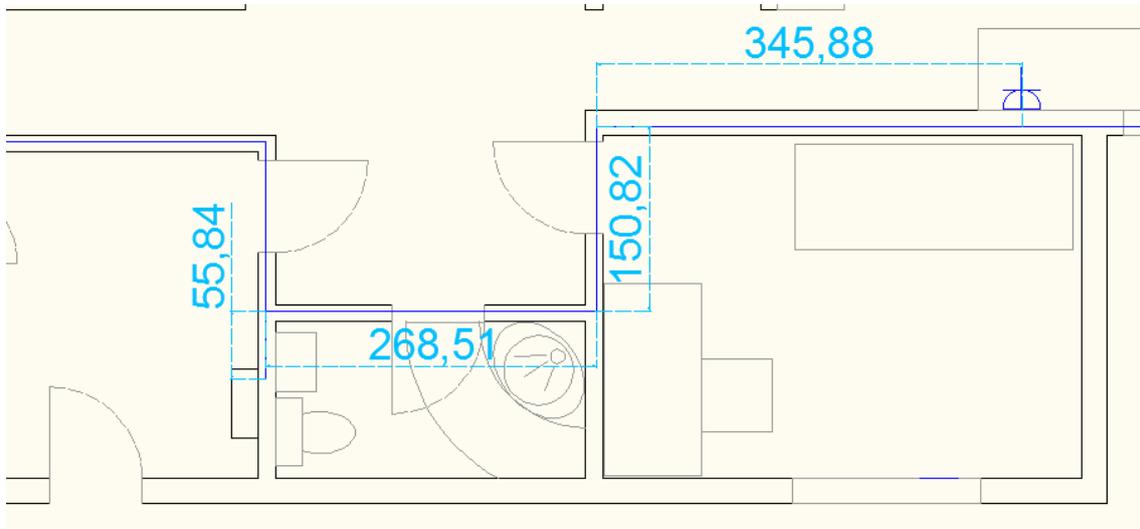
	Int	Sección	Potencia pérdidas (w)	Número horas totales	Pot pérdidas totales (kWh)	Coste	Sección mayor	Pot pérdidas totales kWh (sección mayor)	coste sección mayor (€)
Placas inversor	1,2858	10	0,102328139	262800	26,89183505	4,286020671	16	16,80739691	2,678762919
Inversor a cuadro general	1,2858	2,5	0,328121319	262800	86,2302826	13,74338244	4	53,89392663	8,589614026

Pérdidas diferentes tramos instalación aislada de red.

	Int	Sección	Potencia pérdidas (w)	Numero horas totales	Pot pérdidas totales (kWh)	Coste (€)	Sección mayor	Pot pérdidas totales kWh (sección mayor)	coste sección mayor (€)
Placas Regulador	29,5734	150	4,811696514	262800	1264,513844	201,5382164	185	1025,281495	163,4093647
A baterias	29,5734	95	1,51948311	262800	399,3201612	63,64364729	120	316,1284609	50,38455411
A inversor	27,75	10	6,354961832	262800	1670,083969	266,1779831	16	1043,802481	166,3612394
Inesor Cuadro General	26,08	4	84,36897971	262800	22172,16787	3533,800115	6	14781,44525	2355,866743

4. Ejemplo de cálculo de longitudes

Distancia frigorífico:



Sobre el plano se miden las longitudes por donde va el circuito (en este caso C2) hacia la toma de uso del electrodoméstico el cual queremos medir.

Las unidades están en centímetros y redondearemos hacia un número entero superior:

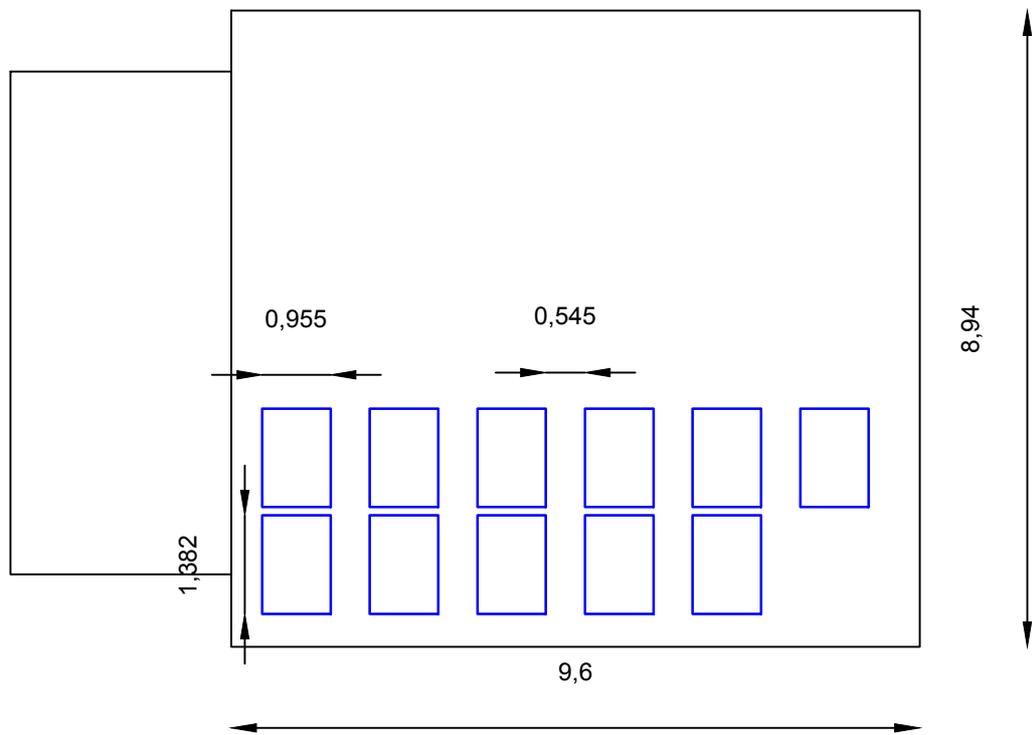
$$56+270+151+346=823\text{cm}$$

Ahora hay que añadirle las distancias verticales.

- 50 cm desde el CGP hacia el conducto del cableado.
- 250 cm hacia la toma de uso.

$$823+50+250=1123\text{cm}$$

PLANOS

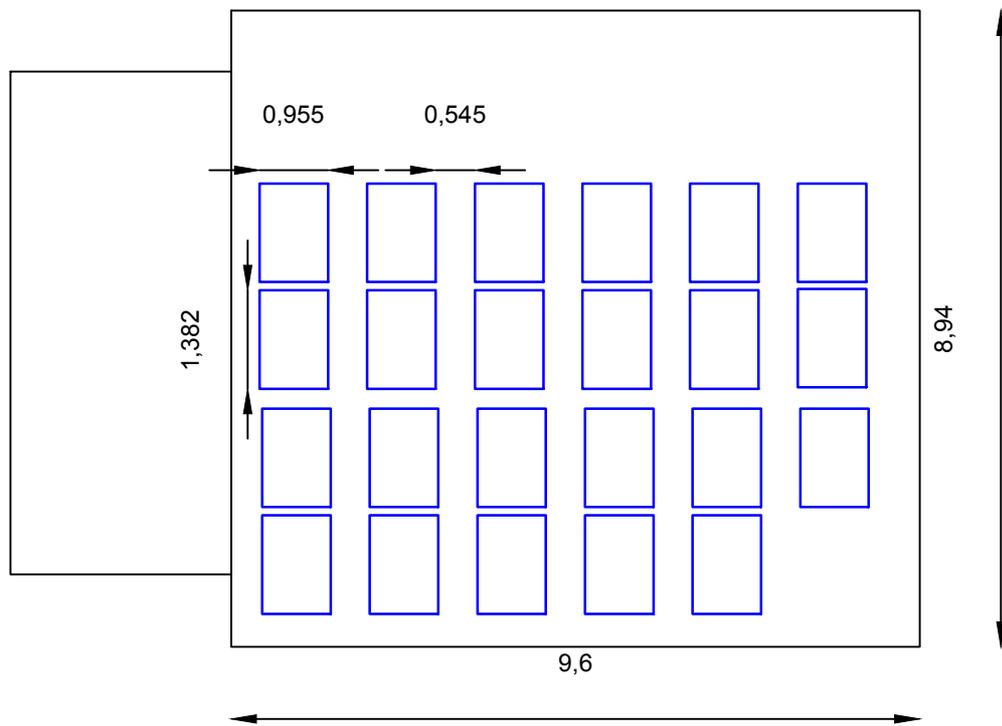


LEYENDA



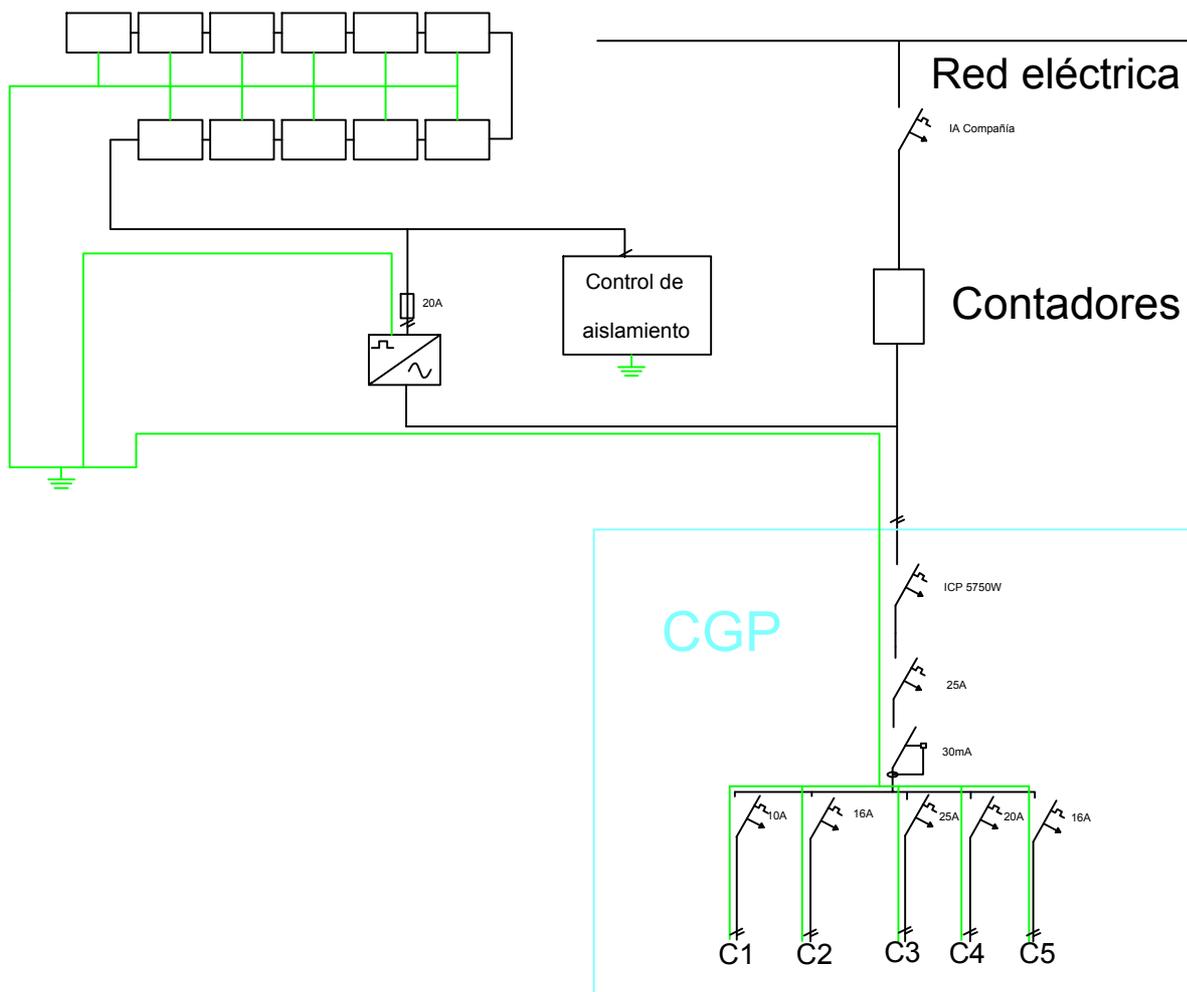
Panel solar ATERSA 300P-GSE

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Disposición paneles en la instalación conectada a red	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 1/12	
<i>Observaciones</i>	Inclinación del tejado de 45° y valor de cotas en su proyección			



LEYENDA	
	Panel solar ATERSA 300P-GSE

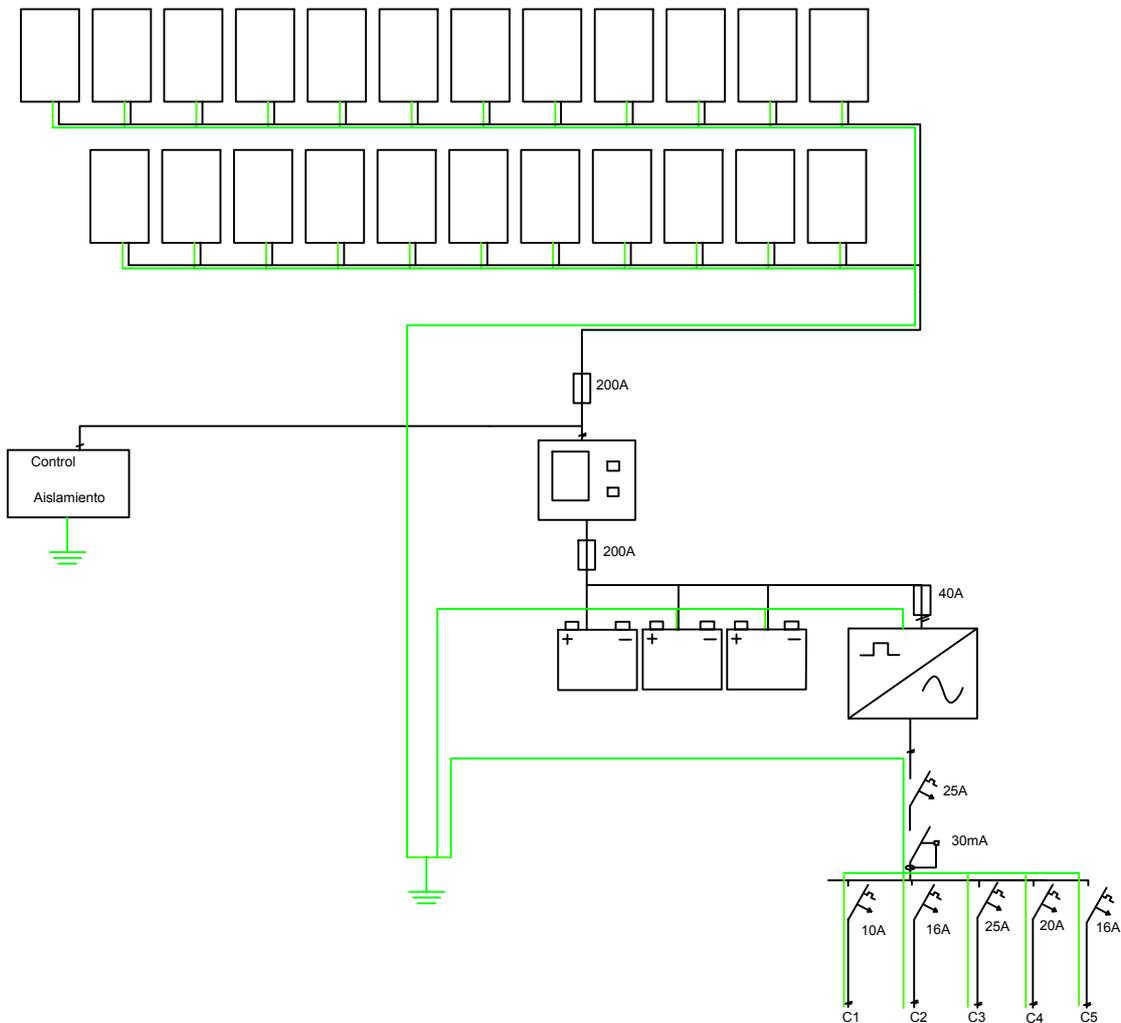
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Disposición paneles en la instalación conectada a red	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco			Plano 2/12
<i>Observaciones</i>	Inclinación del tejado de 45° y valor de cotas en su proyección			



LEYENDA

	Cableado		Inversor PR37S/S0
	Cableado de toma de tierra		Módulo solar ATERSA A-300P GSE
	Interruptor diferencial		Electrodo de puesta a tierra
	Fusible		
	Interruptor magnetotérmico		

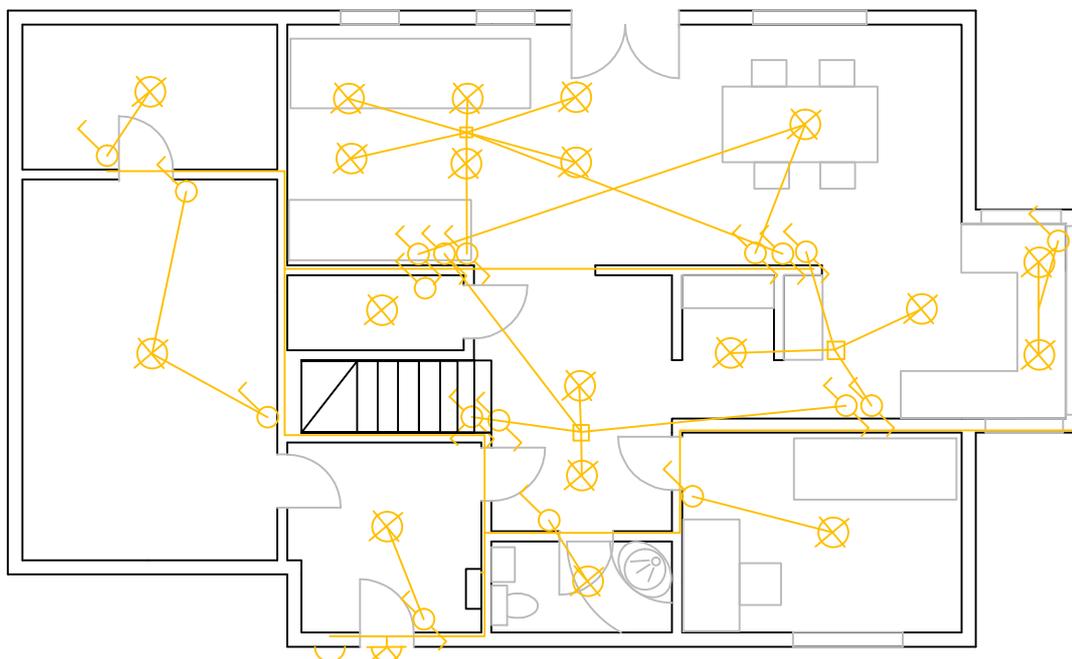
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Diagrama unifilar de la instalación conectada a red	
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i>	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 3/12	
-				
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado		Inversor Invertek C3-6000-24
	Cableado de toma de tierra		Módulo solar ATERSA A-300P GSE
	Interruptor diferencial		Electrodo de puesta a tierra
	Fusible		Batería 1284Ah
	Interruptor magnetotérmico		Regulador solar Leo3 6000W 24V

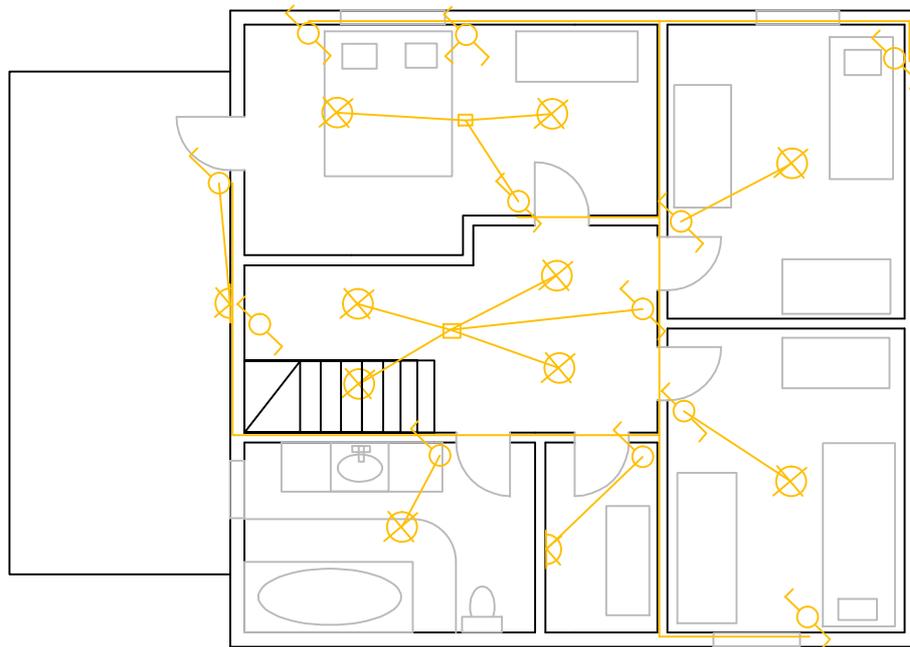
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Diagrama unifilar de la instalación aislada	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i>	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 4/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Interruptor
	Conmutador
	Conmutador por cruzamiento
	Punto de luz
	Punto de luz en pared
	Timbre

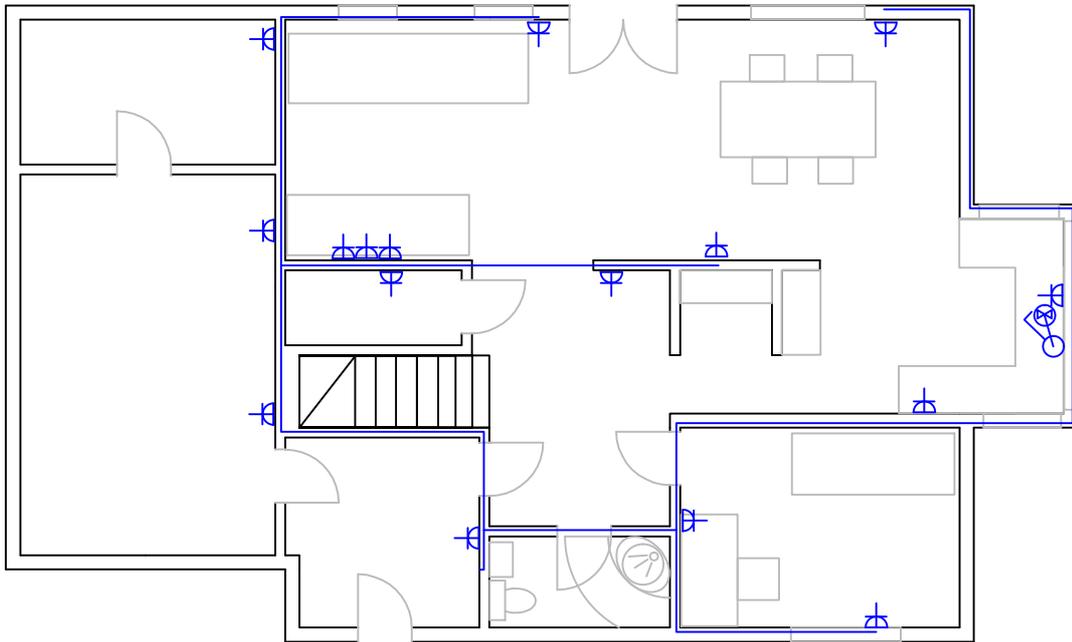
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C1 planta baja	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 5/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Interruptor
	Conmutador
	Conmutador por cruzamiento
	Punto de luz
	Punto de luz en pared

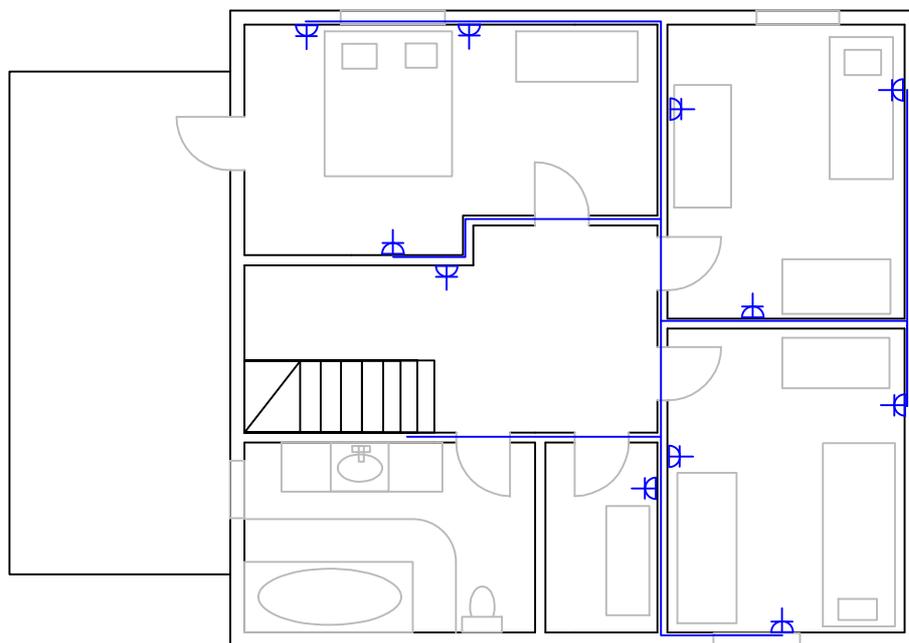
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C1 planta superior	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 6/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Toma base 16A 2p+T
	Extractor
	Interruptor

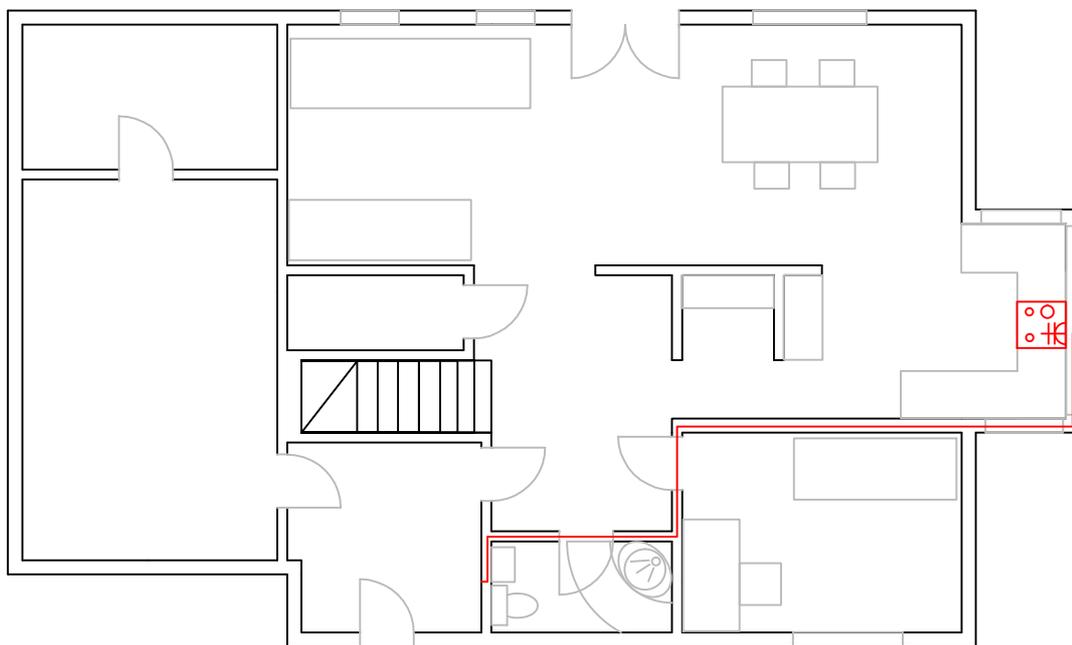
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C2 planta baja	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 7/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Toma base 16A 2p+T

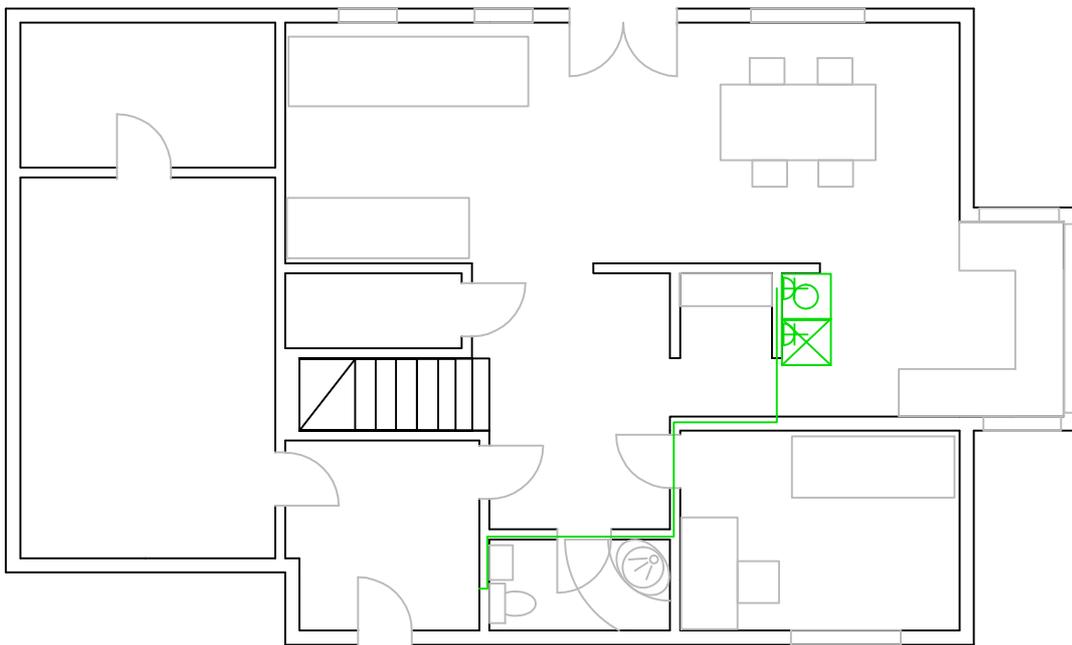
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C2 planta superior	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 8/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Toma base 25A 2p+T
	Horno y cocina de inducción

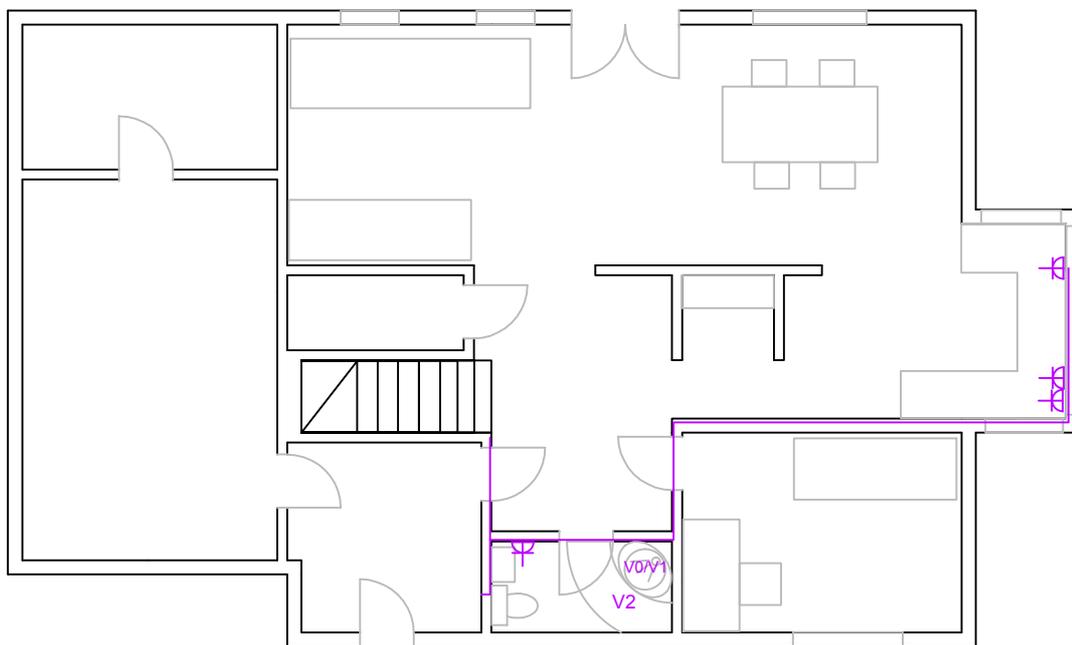
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C3	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 9/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Toma base 16A 2p+T
	Lavadora
	Lavavajillas

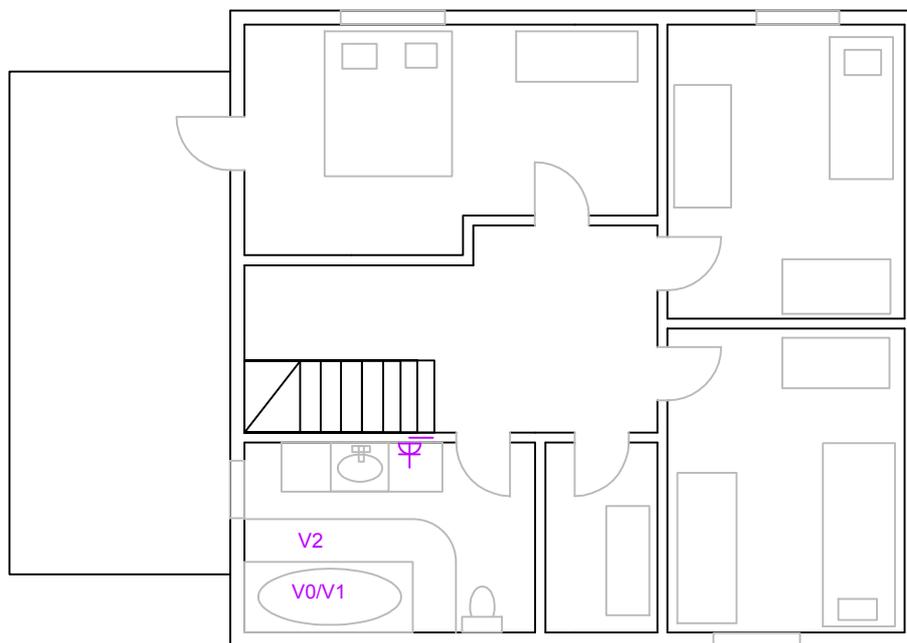
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C4	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 10/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Toma base 16A 2p+T
	Volúmenes de seguridad

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C5 planta baja	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 11/12	
<i>Observaciones</i>				



LEYENDA

	Cableado
	Toma base 16A 2p+T
V0/V1/V2	Volúmenes de seguridad

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	Circuito C5 planta superior	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
<i>Dibujado</i>	25-6-2014	Javier Santonja		
<i>Comprobado</i>	25-6-2014	César Cañas		
<i>Escala:</i> 1:100	Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el País Vasco		Plano 12/12	
<i>Observaciones</i>				