



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:



AGRADECIMIENTOS

“Especialmente a mis padres, por ser mi todo.

A Elecnor, por becar este proyecto.

A NRG investment & Consultancy, por darme la oportunidad de aprender el oficio de ingeniero proyectista de renovables.

Al resto de familiares y amigos, por apoyarme siempre.

A Martin, por acompañarme en este camino.”



RESUMEN

El presente TFM consiste en el proyecto de la instalación eléctrica de una industria química en el que se aplican diversas medidas orientadas a la consecución de los objetivos 20/20/20 de la Unión Europea, mediante la aplicación de la Directiva 2012/27/UE y la norma UNE-EN 60364, parte 8-1. Para ello se aborda el diseño de la instalación eléctrica en la industria bajo criterios de eficiencia energética, tanto en la distribución de la instalación como en el dimensionado del cableado. El proyecto incluye además el diseño de una instalación fotovoltaica para la obtención de energía renovable en régimen de autoconsumo. El TFM incluye un análisis detallado del impacto de las medidas de eficiencia energética implementadas, desde una perspectiva energética y económica. Para ello se toma como punto de partida la instalación diseñada bajo criterios convencionales y se compara con el diseño final obtenido tras la aplicación de las medidas de mejora de la eficiencia energética.

Palabras Clave: Eficiencia energética, Fotovoltaica, Energía renovable, Instalación eléctrica



RESUM

El present TFM consisteix en el projecte de la instal·lació elèctrica d' una indústria química en la qual s' apliquen diverses mesures orientades a la consecució del objectius 20/20/20 de l' Unió Europea, mitjançant l' aplicació de la Directiva 2012/27/UE y la norma UNE-EN 60364, part 8-1. S' aborda el disseny de l' instal·lació elèctrica aplicant criteris d' eficiència energètica, tant en la distribució de l' instal·lació com en el dimensionat del cablejat. El projecte inclou el disseny d' una instal·lació fotovoltaica per a l' obtenció d' energia renovable en règim d' autoconsum. El TFM inclou un anàlisi detallat de l' impacte de les mesures implementades, tenint en compte tant l' aspecte econòmic com l' energètic. Per al projecte s' utilitza com a punt de partida la instal·lació projectada utilitzant criteris convencionals per a comparar-la amb el disseny final.

Paraules clau: Eficiència energètica, Fotovoltaica, Energia renovable, Instal·lació elèctrica.



ABSTRACT

The present TFM consists of the project of the electrical installation of a chemical industry in which various measures are applied aimed at achieving the 20/20/20 objectives of the European Union, through the application of Directive 2012/27 / EU and standard UNE-EN 60364, part 8-1. For this, the design of the electrical installation in the industry is projected under criteria of energy efficiency, both in the distribution of the installation and in the dimensioning of the wiring. The project also includes the design of a photovoltaic installation to obtain renewable energy in self-consumption regime. The TFM includes a detailed analysis of the impact of the energy efficiency measures implemented, from an energy and economic perspective. For this, the installation designed according to conventional criteria is taken as a starting point and compared with the final design obtained after the application of measures to improve energy efficiency.

Keywords: Energy efficiency, Photovoltaic, Renewable energy, Electrical installation



ÍNDICE

DOCUMENTO 1-MEMORIA	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	1
1.2 Objeto.....	2
1.3 Alcance	2
1.4 Estructura del TFM	3
1.5 Emplazamiento del proyecto	3
1.6 Normativa aplicable	4
1.7 Cronograma.....	5
1.8 Descripción del proceso productivo.....	7
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA BAJO CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	9
2.1 Características de la instalación	9
2.1.1. Clasificación de la instalación.....	9
2.1.2. Esquema de distribución	9
2.1.3. Cargas de la instalación	10
2.1.4. Centro de transformación.....	11
2.1.5. Línea general de alimentación	11
2.2 Curva de carga de la instalación.....	12
2.3 propuesta de la instalación bajo criterios convencionales.....	18
2.3.1. Dimensionamiento de conductores por criterio térmico	18
2.3.2. Dimensionamiento de conductores por caída de tensión	20
2.3.3. Dimensionamiento de conductores por cortocircuito.....	21
2.3.4. Metodología de trabajo y resultado	21
2.4 Propuesta de la instalación bajo criterios de eficiencia energética.....	24
2.5 Propuesta de la instalación bajo criterios de sección económica.....	25



2.5.1.	Aplicación de cálculo diferencial	26
2.5.2.	Aplicación de una metodología iterativa	26
2.5.1.1.	Obtención de las horas de funcionamiento y vida útil de la instalación.....	27
2.5.1.2.	Cálculo de las intensidades de cada línea	27
2.5.1.3.	Cálculo de la temperatura real de funcionamiento	28
2.5.1.4.	Obtención de la resistividad y resistencia de cada línea.....	28
2.5.1.5.	Coste de pérdidas.....	28
2.5.1.6.	Coste de instalación	29
2.5.1.7.	Comparativa	30
2.5.1.8.	Análisis de un conductor	30
2.6	Instalación escogida	31
2.7	Protecciones de la instalación	33
2.7.1.	Protección frente a contactos directos	34
2.7.2.	Protección frente a contactos indirectos	34
2.7.3.	Protección frente sobrecargas	35
2.7.4.	Protección frente a cortocircuitos	36
2.7.5.	Protección frente a sobretensiones	36
2.7.6.	Selección de dispositivos de protección	37
2.8	Puesta a tierra de la instalación	37
2.9	Compensación de reactiva de la instalación	38
2.10	Ahorro de la huella de carbono.....	39
2.11	Medidas para aumentar la eficiencia energética.....	40
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO.....		41
3.1	Descripción de la instalación	41
3.2	Elementos de la instalación.....	42
3.2.1.	Módulo fotovoltaico.....	42
3.2.2.	Estructura soporte.....	43
3.2.3.	44
3.2.4.	Inversor	44
3.2.5.	Cableado.....	46



3.2.6.	Canalizaciones	47
3.2.7.	Cajas de conexión.....	47
3.2.8.	Protecciones	47
3.2.9.	Equipos de medida	48
3.2.10.	Sistema de monitorización	48
3.2.11.	Puesta a tierra de la instalación	48
3.3	Dimensionado de la instalación fotovoltaica	48
3.3.1.	Previsión de las condiciones meteorológicas.....	48
3.3.2.	Dimensionado del inversor	49
3.3.3.	Dimensionado del cableado	51
3.3.4.	Dimensionado de las protecciones	52
3.3.5.	Dimensionado de la puesta a tierra	53
3.4	Estimación de la energía producida	53
3.4.1.	Datos climatológicos	53
3.4.2.	Orientación y sistema fotovoltaico	54
3.4.3.	Pérdidas detalladas	55
3.4.4.	Pérdidas cercanas.....	55
3.4.5.	Pérdidas lejanas.....	55
3.4.6.	Previsión de energía generada.....	56
3.5	Coste de la instalación fotovoltaica	56
3.6	Tramitación de la instalación	57
CAPÍTULO 4.	RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN	59
1.	Análisis de las medidas implementadas.....	59
2.	Facturación eléctrica	59
3.	Análisis económico Instalación completa	61
4.	Análisis económico Instalación fotovoltaica	63
5.	Análisis económico instalación de eficiencia energética	64
6.	Rentabilidad de la inversión	65
CAPÍTULO 5.	CONCLUSIONES	67
DOCUMENTO 2-PRESUPUESTO.....		69
1.	Presupuesto y mediciones	71



2. Resumen.....	104
DOCUMENTO 3- PLANOS	105
Plano 1: Ubicación sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica	107
Plano 2: Emplazamiento sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica.....	108
Plano 3: Distribución de la instalación bajo criterios convencionales	109
Plano 4: Distribución de la instalación con criterios de sección económica.....	110
Plano 5: Esquema unifilar del cuadro general de baja tensión.....	111
Plano 6: Esquema unifilar de los cuadros secundarios 1, 2 y 3 de la instalación.....	112
Plano 7: Esquema unifilar de los cuadros secundarios 4, 5 y 6 de la instalación.....	113
Plano 8: Esquema unifilar de los cuadros secundarios 7, 8 y 9 de la instalación.....	114
Plano 9: Instalación fotovoltaica para el autoconsumo.....	115
Plano 10: Esquema unifilar de la instalación fotovoltaica	116
DOCUMENTO 4- ANEXOS	117
Anexo 1: Instalación convencional.....	118
Anexo 2: Instalación bajo criterios de eficiencia energética.....	119
Anexo 3: Instalación en la primera iteración	120
Anexo 4: Instalación en la segunda iteración.....	121
Anexo 5: Instalación en la tercera iteración.....	122
Anexo 6: Instalación en la cuarta iteración	123
Anexo 7: Instalación en la quinta iteración.....	124
Anexo 8: Solución implementada	125
Anexo 9: Protecciones.....	126
Anexo 10: Simulación de la generación fotovoltaica	127
Anexo 11: Dimensionado de la instalación fotovoltaica	128
DOCUMENTO 5- BIBLIOGRAFÍA.....	129
Referencias.....	131



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Resumen de actividades realizadas.....	6
Tabla 2- Resumen de las potencias de la instalación.....	11
Tabla 3- Intensidades admisibles según instalación y sección.....	19
Tabla 4- Secciones mínimas de los conductores de protección.....	19
Tabla 5- Sección del cableado para la alternativa convencional, del Cuadro Secundario 1 al 5. 23	
Tabla 6- Sección del cableado para la alternativa convencional, del Cuadro Secundario 6 al 9. 23	
Tabla 7- Precios del cableado según su sección.....	30
Tabla 8- Resultado de los cuadros secundarios del 1 al 5 de la solución final.....	32
Tabla 9-Resultado de los cuadros secundarios del 6 al 9 de la solución final.....	33
Tabla 10- Tiempos admisibles de interrupción.....	35
Tabla 11- Tensión soportada a impulsos 1,2/50.....	36
Tabla 12- Secciones mínimas del cable de protección.....	37
Tabla 13- Características técnicas de los módulos.....	42
Tabla 14- Condiciones de los ensayos de medida.....	42
Tabla 15- Características constructivas de los módulos.....	43
Tabla 16- Características principales del inversor.....	44
Tabla 17- Datos climatológicos.....	49
Tabla 18- Criterio de cálculo de la corriente convencional de fusión.....	52
Tabla 19- Precios unitarios de los elementos principales.....	57
Tabla 20- Periodo tarifario contratado.....	60
Tabla 21- Análisis económico de la instalación completa.....	62
Tabla 22 - Análisis económico de la instalación fotovoltaica.....	63
Tabla 23- Análisis económico de la instalación fotovoltaica.....	65
Tabla 24- Resistencia de aislamiento.....	¡Error! Marcador no definido.



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Ubicación de la nave industrial	4
Ilustración 2-Cronograma del proyecto	7
Ilustración 3- Proceso productivo de la industria	8
Ilustración 4- Esquema de distribución TN-C-S.....	9
Ilustración 5- Instalación bajo criterios convencionales	18
Ilustración 6- Ubicación ideal del baricentro y ubicación final	25
Ilustración 7- Circuito electrónico del inversor	45
Ilustración 8- Distribución de la instalación fotovoltaica.....	54
Ilustración 9- Autoconsumo debido a la generación fotovoltaica	56
Ilustración 10- Periodos de la tarifa eléctrica	60



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1- Curva de carga del subcuadro 1	13
Gráfica 2- Curva de carga del subcuadro 2	13
Gráfica 3- Curva de carga del subcuadro 3	14
Gráfica 4- Curva de carga del subcuadro 4	14
Gráfica 5- Curva de carga del subcuadro 5	15
Gráfica 6- Curva de carga del subcuadro 6	15
Gráfica 7- Curva de carga del subcuadro 7	16
Gráfica 8- Curva de carga del subcuadro 8	16
Gráfica 9- Curva de carga del subcuadro 9	17
Gráfica 10- Curva de carga del subcuadro general	17
Gráfica 11- Evolución de los costes según la sección	30
Gráfica 12 - Evolución del Cash Flow con la instalación completa	62
Gráfica 13 - Evolución del Cash Flow de la instalación fotovoltaica	64
Gráfica 14- Evolución del Cash Flow de la instalación bajo criterios de eficiencia energética ...	64



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto de Instalación eléctrica en una industria química con una potencia instalada de 275 kVA, aplicando la Directiva 2012/27/UE para la mejora de la eficiencia energética.



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DOCUMENTO 1-MEMORIA



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el mundo se encuentra sumido en una transición energética para asegurar la generación y utilización de los recursos de forma consciente y sostenible. Los combustibles fósiles, principal fuente de energía actualmente, son limitados y suponen un vertido nocivo de contaminación que preocupa a políticos, científicos, ambientalistas y ciudadanos.

Ante esta situación de inviabilidad, no solo para la población actual sino también para las generaciones futuras, se ha incidido en los últimos años en las energías renovables, las cuales han obtenido resultados tanto económicos como medioambientales muy satisfactorios. Dentro de este marco, y más en un país con las condiciones meteorológicas de España, la generación fotovoltaica ha adquirido un gran peso que incluso ha supuesto la eliminación del conocido impuesto al sol para comenzar a realizar la transición de manera paulatina.

Asimismo, no es cuestión exclusivamente de donde provienen los recursos energéticos, sino que también es crucial la utilización de estos de manera responsable y eficiente. Este punto siempre ha estado un poco al margen en el ámbito industrial, puesto que, aunque se intenta minimizar el desperdicio energético y de los recursos de los procesos productivos, tradicionalmente el entorno profesional está enfocado hacia los objetivos provocando que el factor más importante sea el resultado final. Es por ello por lo que también se pretende incidir en la eficiencia energética cuando se plantean estos retos.

La Unión Europea ha realizado una legislación vinculante que garantizará el cumplimiento de los objetivos climáticos y de energía para el 2020 que se basan en las tres ideas desarrolladas en los párrafos anteriores y que se materializan en los siguientes tres objetivos fundamentales bajo la regla 20-20-20:

- Incremento de un 20% de la generación energética a partir de fuentes renovables, entendiéndose como tal toda aquella que es obtenida a través de recursos inagotables de la naturaleza como pueden ser la energía fotovoltaica o la eólica.
- Incremento de un 20% de la eficiencia energética, suponiendo esto la disminución de la cantidad de energía requerida para producir los productos o servicios.
- Reducción de un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, para reducir el cambio climático que se ha visto agravado por los contaminantes generados por los combustibles fósiles.



Debido a estas directrices, que implican abordar inmediatamente esta transición energética tan necesaria, y a las capacidades técnicas, compromiso e ideología del autor para preservar el patrimonio mundial que supone el propio planeta, se ha optado por realizar este trabajo académico abordando de forma totalmente directa los dos primeros puntos de la regla 20-20-20, los cuales implican de forma indirecta la mejora del tercer punto.

Por eso se ha planteado la instalación eléctrica de una industria química bajo criterios de eficiencia energética, con el objetivo fundamental de disminuir las pérdidas a lo largo de la vida útil de la instalación. Además, se ha optado por implantar un sistema de autoconsumo mediante paneles fotovoltaicos en la cubierta de la nave industrial para aumentar la cuota de energías renovables. Ambas medidas, que serán el objetivo fundamental del proyecto, implican disminuir la huella de carbono y las emisiones generadas cerrando así el círculo de medidas, legalmente vinculantes, propuestas por la Unión Europea.

Además, cabe incidir en que las medidas, proyectos y enfoques similares al de este Trabajo Fin de Máster que se realizan en la actividad profesional son de muy pequeña escala en comparación con España o más aún con Europa, pero suponen un progreso individual que en colectivo pueden abordar metas incluso más grandes que las planteadas por los objetivos. Finalmente, hay que hablar del aspecto económico, ya que se ha demostrado la rentabilidad de las medidas similares a las propuestas en este proyecto. Pero estas medidas son más grandes que el propio beneficio económico, por lo tanto, aunque no se pueda dejar a un lado el aspecto económico hay que interiorizar estas medidas como forma de percibir el consumo energético y hábitos de buenas conductas en este aspecto de forma permanente con el tiempo.

1.2 OBJETO

El objeto de este proyecto es realizar la instalación eléctrica de una industria química a partir del dimensionado del cableado bajo criterios de eficiencia económica, teniendo en cuenta a su vez la importancia que tiene el aspecto monetario. Además, se incluye una instalación fotovoltaica para abastecer el autoconsumo de una potencia de 99,4 kW, lo que equivale al 40 % del consumo de la instalación. Finalmente se analizan en detalle los beneficios económicos de estas dos medidas para la empresa.

1.3 ALCANCE

El alcance del trabajo abarca el análisis de las necesidades energéticas de la empresa para posteriormente plantear la instalación eléctrica más apropiada para la misma según los criterios expuestos anteriormente.

Para ello se han propuesto diversas alternativas para la instalación eléctrica, una bajo criterios convencionales y otra bajo criterios de eficiencia energética y además se ha realizado un proceso iterativo para obtener la sección del cableado más beneficiosa, energética y económicamente, a lo largo de la vida útil de la instalación.



Finalmente se ha proyectado una instalación fotovoltaica para abastecer a la industria mediante energía renovable, disminuyendo así la tarifa eléctrica de la empresa y analizando la viabilidad de dicha solución.

1.4 ESTRUCTURA DEL TFM

El presente proyecto está formado por cinco documentos:

- Memoria: Documento en el que se detalla el alcance del TFM a partir de cuatro capítulos
 - Introducción: Se definen los aspectos básicos del proyecto
 - Instalación eléctrica bajo criterios de eficiencia energética: Se realiza el dimensionado de la instalación eléctrica mediante un proceso iterativo para obtener la sección económica.
 - Instalación fotovoltaica para autoconsumo: Se plantea una solución para el abastecimiento del 40% de la energía necesaria mediante paneles solares.
 - Rentabilidad: Se analiza el apartado económico y viabilidad de la inversión
 - Conclusiones: Se explican los resultados y se analizan para decidir sobre la ejecución del proyecto.
- Presupuesto: Se detalla el coste real que supone la ejecución del proyecto.
- Planos: Se definen las principales características constructivas de la instalación de forma visual.
- Anexos: Documento que incluye los cálculos realizados para la justificación de los resultados.
- Bibliografía: Se muestran las principales fuentes que se han recopilado para la obtención de datos.

1.5 EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en la siguiente ubicación:

Calle Roll de Colomer nº 34. 46138 Rafelbunyol (Valencia).

La referencia catastral del inmueble es 9752709YJ2895S0001AE, siendo catalogado de uso industrial con una superficie de 3.760 m². En la Ilustración 1 se muestra la ubicación de la industria.



Ilustración 1- Ubicación de la nave industrial

1.6 NORMATIVA APLICABLE

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, según Decreto 842/2002 del 2 de agosto, e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.



- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Normativa de la compañía Eléctrica Suministradora.
- Recomendaciones UNESA.
- Recomendaciones IDAE
- Normas UNE.

1.7 CRONOGRAMA

Este Trabajo de Fin de Máster ha sido becado por la Empresa Elecnor y como tal se han tenido que realizar informes mensuales de las actividades realizadas. La gestión de forma organizada, cumpliendo plazos y fraccionando los proyectos en tareas supone una competencia esencial para el ingeniero industrial. Por lo tanto, se considera relevante mencionar esta parte intangible del trabajo realizado. A continuación, se muestra el cronograma que se ha seguido para cumplir los plazos de los entregables impuestos por la Beca.

Para la realización del cronograma se ha utilizado la herramienta MS PROJECT y de cara a obtener los resultados gráficos para la maquetación final en el trabajo se ha empleado el programa ONE PAGER.

En la Tabla 1 se muestran las actividades realizadas en el proyecto, con el tiempo que ha requerido cada una de las mismas. Además, se muestra en la Ilustración 2 el cronograma con el formato habitual.



Tabla 1- Resumen de actividades realizadas

Nombre	Comienzo	Fin	Duración
Enfoque del proyecto	lun 07/01/19	vie 11/01/19	1 sem
Búsqueda de información	lun 14/01/19	vie 01/02/19	3 sem.
Descripción del proceso productivo	lun 04/02/19	mié 06/02/19	0,5 sem.
Descripción de la curva de carga	mié 06/02/19	vie 08/02/19	0,5 sem.
Instalación eléctrica bajo criterios convencionales	lun 11/02/19	vie 08/03/19	4 sem.
Instalación eléctrica bajo criterios de eficiencia energética	lun 11/03/19	vie 29/03/19	3 sem.
Instalación eléctrica bajo criterio de sección económica	lun 01/04/19	vie 19/04/19	3 sem.
Selección de protecciones	lun 22/04/19	vie 26/04/19	1 sem
Puesta a tierra de la instalación	lun 29/04/19	mié 01/05/19	0,5 sem.
Esquemas unifilares	mié 01/05/19	vie 03/05/19	0,5 sem.
Instalación fotovoltaica	lun 06/05/19	vie 31/05/19	4 sem.
Maquetación y revisión	lun 3/06/19	vie 14/06/19	2 sem

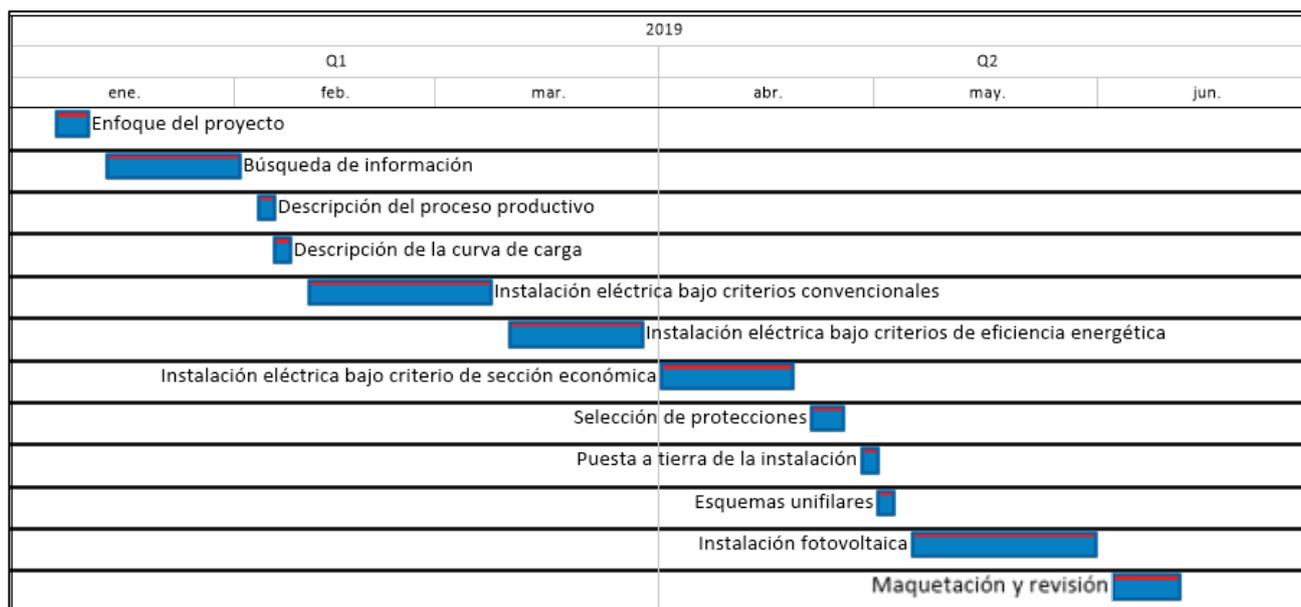


Ilustración 2-Cronograma del proyecto

1.8 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Los datos de partida para el proyecto provienen de una industria dedicada al sector químico, concretamente al proceso industrial de la galvanización.

La galvanización, o baño electrolítico, consiste en un proceso electroquímico que permite que un metal sea recubierto con otro. La utilidad del recubrimiento sirve tanto para aumentar el valor de la pieza en cuestión dotándole de un acabado dorado, plateado, niquelado u otro elemento como para proteger a esta puesto que obtiene un acabado más resistente a la corrosión.

La línea de negocio de la empresa es recibir ofertas de piezas que requieran de dicho tratamiento para darles un acabado de oro, cromo o níquel negro según las especificaciones del cliente. Los productos más habituales son pomos y bisagras de las puertas, grifos y elementos de tornillería.

El proceso productivo está muy definido, puesto que las piezas que son sometidas a la galvanización recorren el mismo ciclo. En primer lugar, se efectúa la carga a granel de las piezas, luego se desengrasa y enjuaga con los productos pertinentes y a continuación se realizan una serie de baños en níquel y cobre. Posteriormente, se hace el baño en oro, cromo o níquel negro según las especificaciones del acabado y finalmente se realiza el secado, lacado, barnizado y horneado de la pieza.

En la Ilustración 3 se muestra el diagrama de flujo del Proceso productivo realizado con el programa gráfico VISIO.

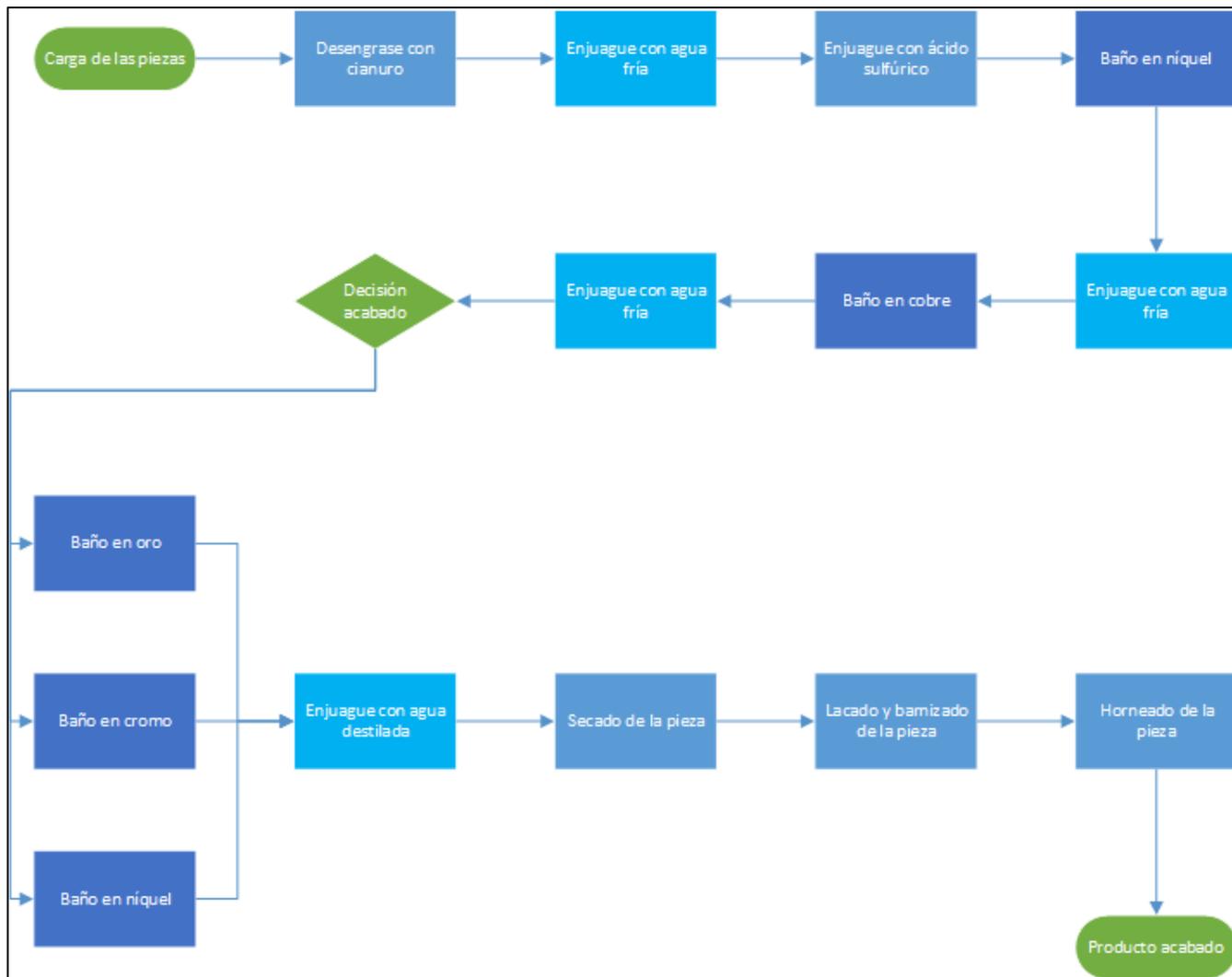


Ilustración 3- Proceso productivo de la industria

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA BAJO CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.1.1. Clasificación de la instalación

La presente actividad no está clasificada de forma especial debido a su proceso productivo, maquinaria, materiales y almacén. Por lo tanto, está sujeto al reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y a sus correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias. Si bien es cierto que podrían tomarse algunas medidas relativas a la BT-ITC-027, donde hay prescripciones para locales húmedos, debido a que hay cubas que podrían requerir dichas medidas.

2.1.2. Esquema de distribución

Una parte esencial a la hora de plantear la instalación eléctrica en baja tensión es la selección del esquema de distribución. De entre las posibilidades que se plantea en el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión, en la ITC-BT-08, se ha optado por la distribución TN. Es por ello por lo que se dispone de una única instalación de puesta a tierra a la que se conecta el neutro del transformador y las masas de baja tensión.

Así mismo, el esquema TN presenta tres variantes, siendo escogido en este caso el esquema TN-C-S donde las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte de la instalación eléctrica, en los primeros niveles de distribución, mientras que en otras se separan en dos conductores para conectar las cargas. A continuación, se muestra en la Ilustración 4 el esquema TN-C-S escogido.

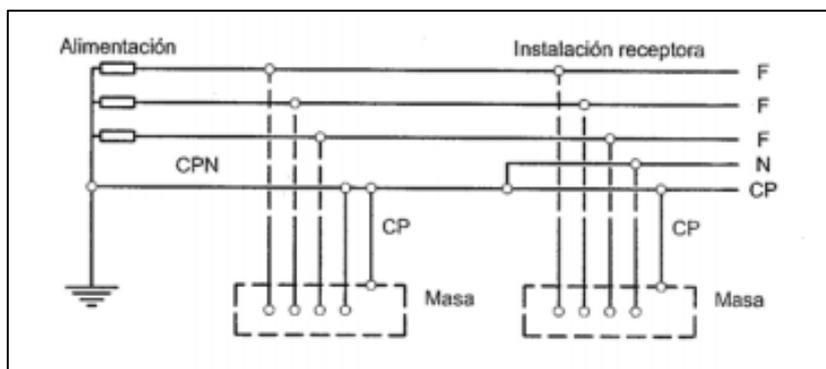


Ilustración 4- Esquema de distribución TN-C-S.



Se ha escogido este esquema de distribución ya que suele presentar un coste de la instalación bastante menor que el esquema TT puesto que no requiere de dispositivos específicos de protección frente a contactos indirectos. Es por lo que, para casos industriales, donde el mantenimiento es más riguroso que en viviendas, es lógico optar por este tipo de esquemas, aunque los fallos de aislamiento fase-masa originen grandes intensidades de defecto. Además, en caso de producirse un fallo fase- tierra las masas quedan sometidas a tensión, que para limitarla se ha de asegurar una resistencia de puesta a tierra del neutro del transformador muy baja, estipulándose en el Reglamento de Electricidad de Baja tensión que sea menor a 2Ω .

Así mismo, se ha descartado el sistema IT debido a que una posible interrupción no generaría consecuencias catastróficas, por lo tanto, no es necesario el sobre coste que supone.

2.1.3. Cargas de la instalación

Debido al proceso productivo detallado en el apartado 1.8 se tienen cuatro tipologías de cargas.

Las primeras son las que realizan el proceso de electrólisis, donde por las necesidades de este se requiere intensidad continua obtenida tras un rectificador colocado antes de la carga. Los rectificadores son fuente de armónicos ya que distorsionan la forma de onda de corriente y pueden afectar a la red. Ante el desconocimiento de las consecuencias de los rectificadores en la red, se ha tomado el dato de una distorsión armónica del cinco por ciento, ya que es un caso desfavorable dentro de los valores habituales de los rectificadores de dichas potencias.

Además, las cubas tienen motores para agitar el fluido en el que están inmersas las piezas. Este segundo tipo de carga se modeliza como motores habituales, teniendo el factor de potencia habitual para sus potencias nominales. Finalmente se encuentran los motores de máquinas como taladradoras, tornos o bombas que tienen potencias superiores.

El tercer tipo de cargas son las de iluminación, que presenta dos zonas diferenciadas debido a los requisitos que presentan. La zona del taller, según la normativa aplicable a las actividades realizadas en él, tiene que ser iluminada con 114 luxes, mientras que la iluminación en las oficinas ha de ser de 220 luxes.

Finalmente se tienen los enchufes, que se toman con una intensidad nominal habitual de 16 Amperios.

Es importante matizar que, aunque en la iluminación se pueden tomar medidas de ahorro energético, en este proyecto se va a modelizar la instalación eléctrica con iluminarias actuales puesto que en la zona de oficinas presentan potencias comparables a las de los LEDs y en la nave se tienen muy pocas lámparas como para realizar un estudio detallado para la poca modificación que va a suponer a nivel de consumo con respecto a la actual.

En el Plano 4: Distribución de la instalación con criterios de sección económica se muestra la distribución de las cargas y en los Planos 5,6,7 y 8 el unifilar de la instalación final.

El resultado total de la potencia, teniendo en cuenta la curva de carga que se detalla en el punto 2.2, es el recogido en la Tabla 2. Para esa potencia se va a optar por instalar un transformador

de 500 kVA para asegurar que posibles instalaciones futuras puedan funcionar correctamente, sin sobrecargar el transformador con las consecuencias que eso implica.

Tabla 2- Resumen de las potencias de la instalación

Potencia activa de la instalación	250	kW
Potencia reactiva de la instalación	155	kVar
Potencia aparente de la instalación	275	kVA
Potencia del transformador seleccionado	500	kVA

2.1.4. Centro de transformación

El transformador escogido es de la marca Schneider Electric, en concreto de la gama Trihal de potencia nominal de 500 kVA para poder afrontar posibles ampliaciones si fueran necesarias. El nivel de aislamiento del transformador de 24 kV y la frecuencia nominal, al estar ubicado en Europa es de 50 Hz. Además, los devanados de Media Tensión están encapsulados en resina moldeada y los devanados de Baja Tensión son preimpregnados. El transformador está preparado para niveles de humedad superiores al 95% y presenta una envolvente IP44 y un aislamiento térmico de clase F.

Así mismo está ubicado en una parte de la nave que es accesible por la empresa distribuidora para que pueda realizar las medidas de las principales variables eléctricas y actuaciones de mantenimiento pertinentes, según los criterios internos de los suministradores.

El centro de transformación es prefabricado, el modelo PFU3 de Ormazabal, y consta del transformador de 500 kVA, de una celda de protección con fusible, de una celda de medida y de una celda de línea. Además incluye el cableado necesario de Media y Baja Tensión, los equipos de medida, alumbrado y maniobra pertinentes y un sistema de puesta a tierra ya dimensionado con forma de anillo rectangular.

2.1.5. Línea general de alimentación

La instalación de enlace es la que une al centro de transformación con el cuadro general de la instalación y está sujeta a la ITC-BT-13.

La longitud de la línea de enlace es de 5 metros, con cableado de cobre. Asimismo, como se desarrolla más en detalle en el punto 2.6, el cableado es tripolar con dos cables por fase de 240 mm² de sección y un cable doble de protección y neutro de 185 mm².

La línea está protegida por un interruptor automático de calibre 800 A y poder de corte de 42 kA, como se explica en el apartado 2.7.



2.2 CURVA DE CARGA DE LA INSTALACIÓN

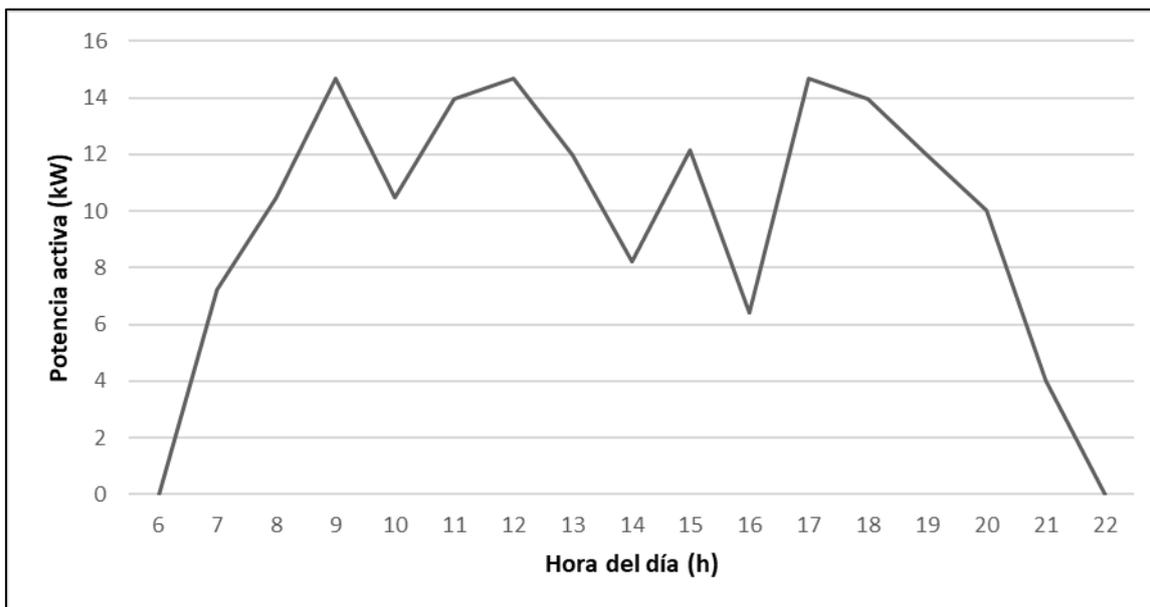
La curva de carga no ha podido ser obtenida de la empresa, pero debido a la gran importancia que tiene para realizar este tipo de análisis se ha estimado de forma realista, teniendo en cuenta el proceso productivo descrito en el apartado 1.8.

El conocer la curva de cargas es fundamental para la selección del cableado bajo los criterios planteados en este proyecto puesto que para conocer la energía de pérdidas a lo largo de la vida útil de la instalación es necesario saber el número de horas que está funcionando cada carga. También es muy interesante analizar la curva de carga para la instalación fotovoltaica, para ver si las horas puntales de generación de energía son aprovechables directamente o si se tiene que plantear la opción de algún sistema de almacenamiento.

La industria analizada en el presente proyecto cuenta con una jornada laboral de cinco días laborales, con un total de dos turnos de ocho horas cada uno. Estos turnos influyen de forma determinante en el número total de horas de funcionamiento de las máquinas, ya que como se puede apreciar en las gráficas siguientes, las cubas suelen estar casi la totalidad de las dieciséis horas en funcionamiento, mientras que las máquinas de mecanizados suelen variar más su utilización en función del requisito productivo que se presente. A continuación, se muestra la curva de carga de cada uno de los subcuadros teniendo en cuenta que se trata de un día de producción habitual.

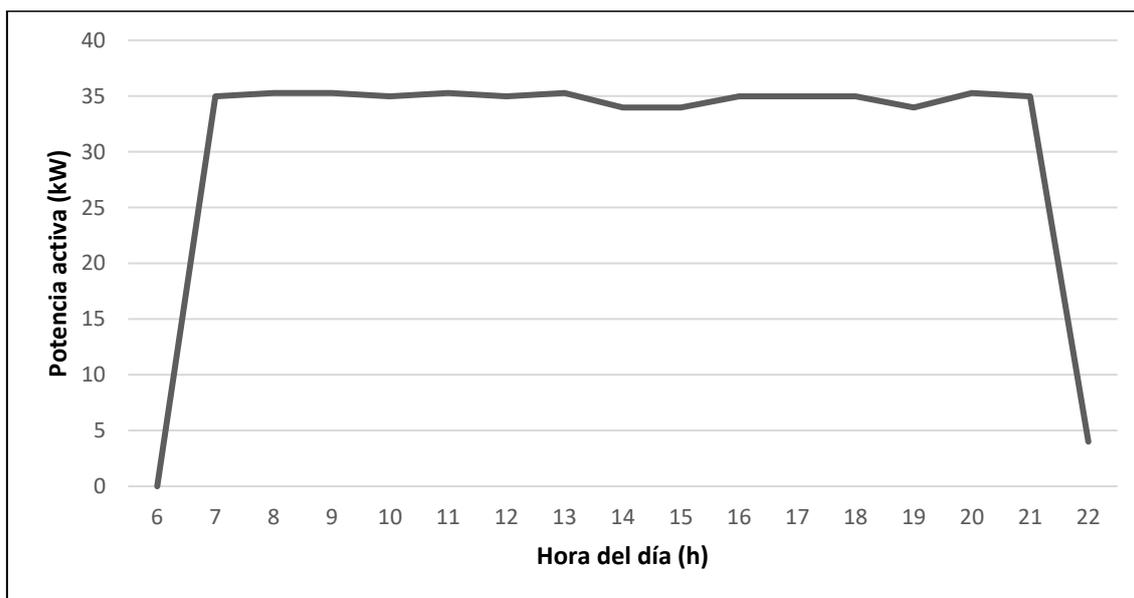
No se ha realizado una distinción entre horarios de verano o de invierno debido a la complejidad de abordar el problema sin la disposición de datos realistas, por lo tanto, se opta por analizar un día habitual y extrapolarlo a la producción anual.

En el subcuadro 1, Gráfica 1, hay principalmente máquinas de uso intermitente como el taladro, el vibrador o la máquina de ultrasonidos que están sujetas a los turnos de los operarios y durante la hora de la comida disminuye la potencia total demandada por el cuadro.



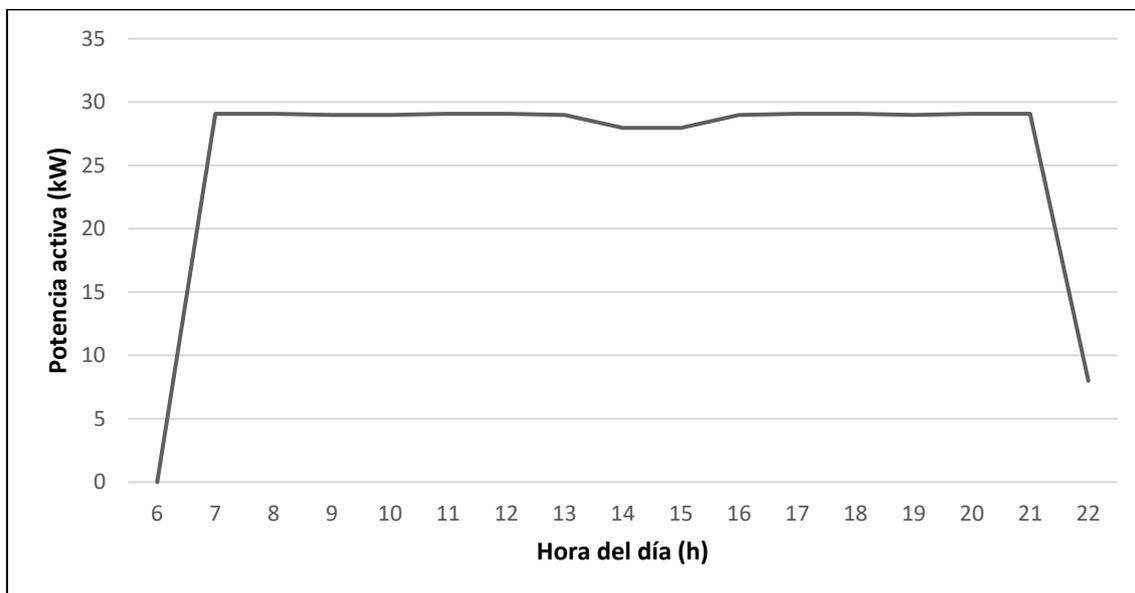
Gráfica 1- Curva de carga del subcuadro 1

El subcuadro 2, Gráfica 2, es un cuadro habitual en esta instalación puesto que está formado por diversas cubas. Como se puede apreciar la curva de carga es prácticamente uniforme durante las dieciséis horas del proceso productivo a excepción de la primera y la última hora puesto que son aquellas en las que se comienzan a encender o a apagar las cubas de forma secuencial.



Gráfica 2- Curva de carga del subcuadro 2

El subcuadro 3, Gráfica 3, es prácticamente igual al subcuadro 2, aunque como está conectada una cuba menos presenta una potencia máxima menor.



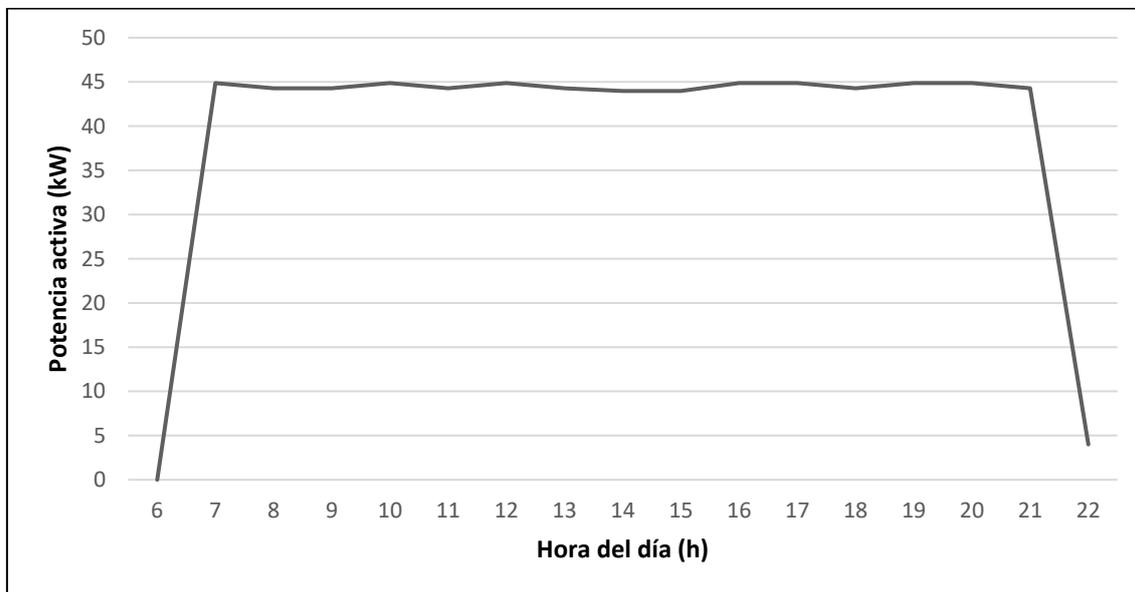
Gráfica 3- Curva de carga del subcuadro 3

En el subcuadro 4, Gráfica 4, se tiene dos secadores que suponen más de un cincuenta por ciento de la carga del cuadro que prácticamente están conectados de forma constante todo el día y también hay que añadir una serie de cargas que fluctúan según las necesidades del proceso productivo.



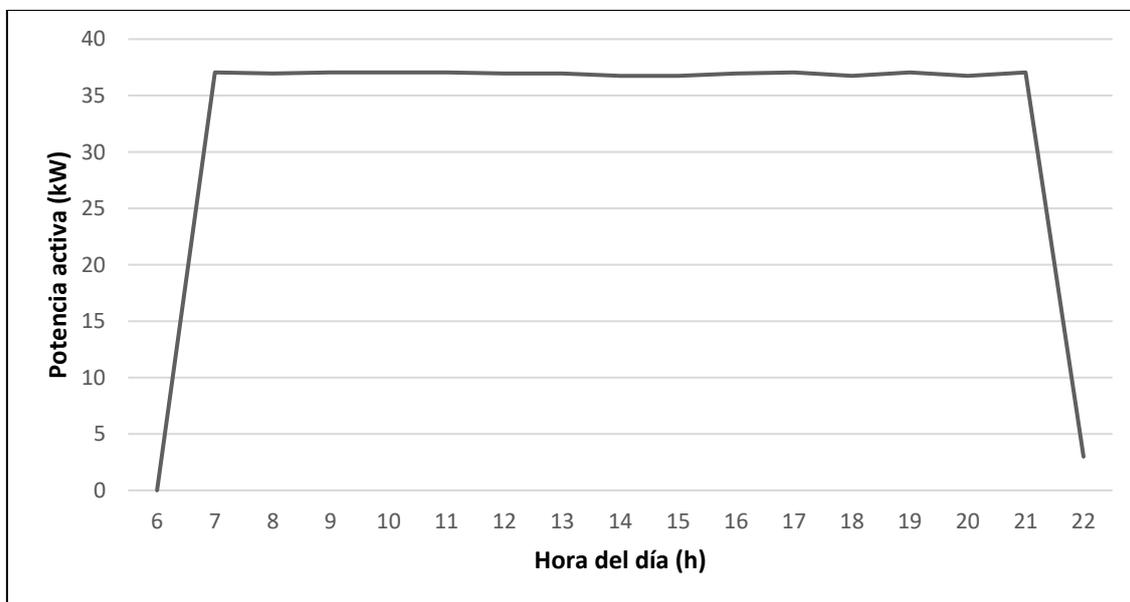
Gráfica 4- Curva de carga del subcuadro 4

El subcuadro 5, Gráfica 5, es otro habitual formado exclusivamente por cubas. La particularidad de este subcuadro es su potencia máxima, puesto que este es el más cargado de todos los de la instalación.



Gráfica 5- Curva de carga del subcuadro 5

El subcuadro 6, Gráfica 6, es el último de los que están formados por cubas cuyo funcionamiento es continuo.



Gráfica 6- Curva de carga del subcuadro 6

El subcuadro 7, Gráfica 7, es el primero que combina iluminación, que es una carga fija, con maquinaria auxiliar del proceso productivo. Por lo tanto, se obtiene una curva de carga variable a lo largo del día, pero nunca sin tener una potencia inferior a la requerida por las luminarias.



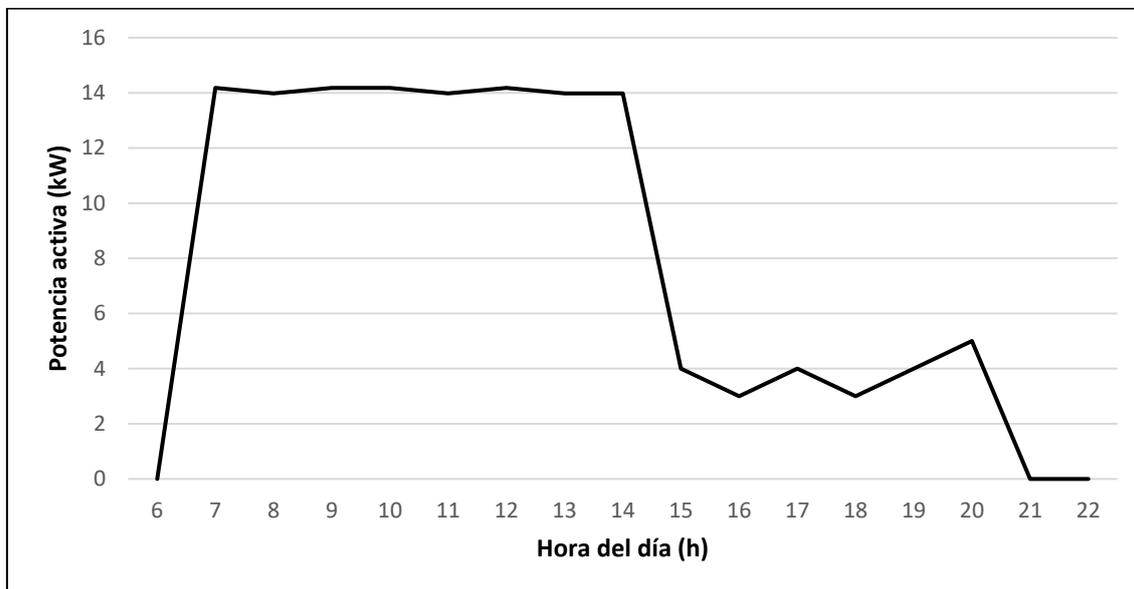
Gráfica 7- Curva de carga del subcuadro 7

El subcuadro 8, Gráfica 8, es bastante sencillo puesto que presenta dos cubas con una potencia total de 2 kW y un aspirador extractor con dos modos de operación consumiendo 1 o 1,5 kW. Se puede observar claramente cuando se conecta el aspirador en cada uno de los modos, teniendo la carga de las cubas fija.



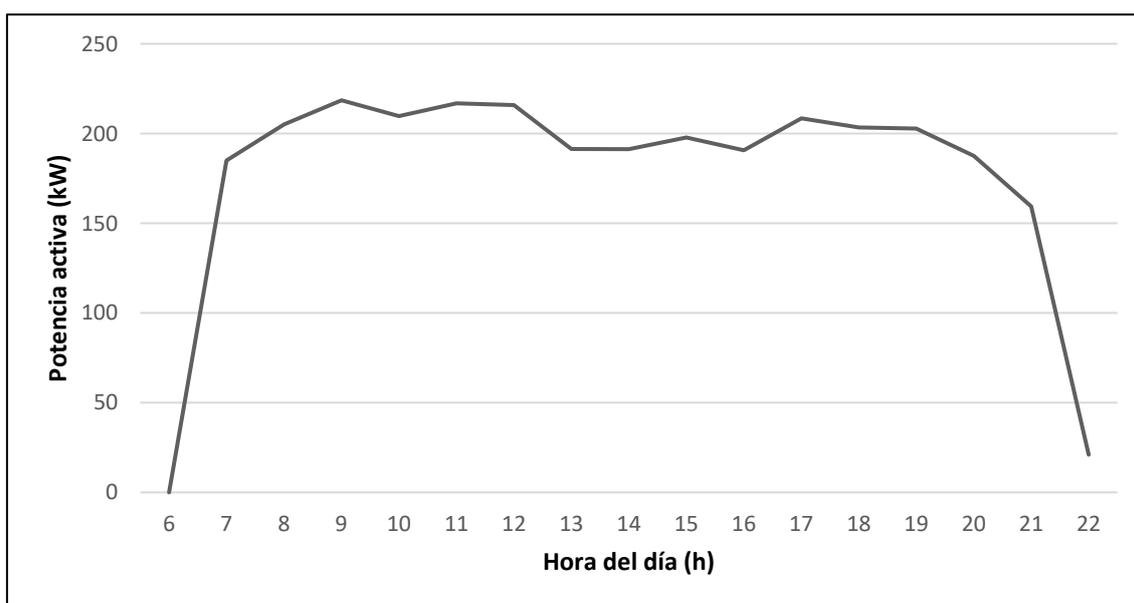
Gráfica 8- Curva de carga del subcuadro 8

El subcuadro 9, Gráfica 9, es el correspondiente a la oficina técnica. Es fácilmente detectable que el grueso del trabajo en la misma se hace durante el primer turno de operarios gracias a la huella en la curva de carga que supone el sistema de climatización, cuya potencia es de 10 kW.



Gráfica 9- Curva de carga del subcuadro 9

Finalmente se muestra el cuadro general, Gráfica 10, que se ve muy influenciada por las cargas de las cubas puesto que son las que presentan potencias mayores. Aun así, se puede observar que la primera y última hora de los dos turnos de 8 horas que hay, presentan variaciones respecto a las horas centrales de los turnos debido a la variación en las cargas que son más instantáneas y están sujetas a los operarios.



Gráfica 10- Curva de carga del subcuadro general

2.3 PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN BAJO CRITERIOS CONVENCIONALES

En primer lugar, se ha optado por una instalación como la actual, para tenerla como modelo de referencia y así poder escoger la alternativa óptima. En este caso el transformador está ubicado en una esquina de la nave, en la Ilustración 5 en la inferior derecha, y a partir de ahí se distribuye de la forma más directa posible a los cuadros eléctricos que agrupan a conjuntos de cargas.

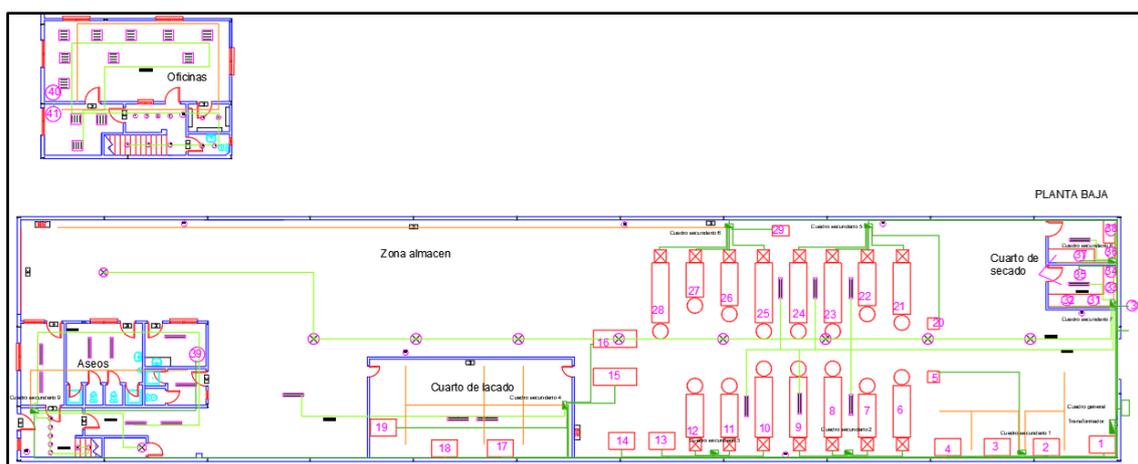


Ilustración 5- Instalación bajo criterios convencionales

Además de dicha distribución del cableado para realizar el cálculo de la sección de este se han empleado los dos criterios habituales para este tipo de instalaciones según el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión: el criterio térmico y el de caída de tensión.

2.3.1. Dimensionamiento de conductores por criterio térmico

El fundamento de este criterio es que los conductores no superen una cierta temperatura en su funcionamiento habitual, ya que si superan ciertos valores pueden poner en peligro a la instalación y provocar el deterioro de esta más rápidamente o incluso la aparición de un incendio.

El enfoque de dimensionado por criterio térmico se puede plantear de muy diversas formas, desde una forma analítica hasta una más habitual en las instalaciones eléctricas como es la utilización del Reglamento de Baja Tensión, más en concreto las ITC-BT-07 y ITC-BT-19, que mediante unas tablas se muestran las intensidades admisibles que es capaz de aguantar el cableado de la instalación para unos valores de referencia de 40º C según la tipología y el material. En la Tabla 3 se muestran las intensidades máximas admisibles para cada una de las casuísticas contempladas por el reglamento.

Así mismo, puesto que hacen referencia a unas condiciones concretas, se hace necesario la aplicación de factores de corrección para compensar el agrupamiento de varios circuitos, los cables instalados en varias capas y otros factores.

Tabla 3- Intensidades admisibles según instalación y sección

	Diagrama	Descripción	3x PVC		2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes												
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra					3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR			2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾					3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ²⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0,3D ³⁾						3x PVC			2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾							3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁶⁾										3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR
Cobre	mm ²		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-	-	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-	
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-	
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-	
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-	-	
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-	
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	-	-	166
	35	77	86	96	104	110	119	131	144	154	164	-	-	206
	50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	200	-	-	250
	70			149	160	171	188	202	224	244	264	-	-	321
	95			180	194	207	230	245	271	296	321	-	-	391
	120			208	225	240	267	284	314	348	385	-	-	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	-	-	525
185				268	297	317	354	386	415	464	-	-	601	
240				315	350	374	419	455	490	552	-	-	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	-	-	821	

Una vez se obtienen los coeficientes de reducción que contempla la normativa se aplica la siguiente metodología:

En primer lugar, se divide la corriente demandada I_B por los factores de corrección para adecuar las condiciones normalizadas de la normativa a las condiciones reales. A continuación, con la Intensidad obtenida I_1 se entra en la tabla de intensidad admisible para elegir la sección para el material aislante e instalación seleccionados, siendo en este caso las canalizaciones sobre bandejas perforadas horizontales. Asimismo, se ha empleado el factor de reducción correspondiente a la agrupación de 9 conductores, que es el caso más desfavorable, a la salida del cuadro general de baja tensión para alimentar a los distintos subcuadros.

Cabe destacar que también hay secciones mínimas para los conductores de protección que se utilizan en la instalación, como puede apreciarse en la Tabla 4.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(*) Con un mínimo de:
 2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica
 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

Tabla 4- Secciones mínimas de los conductores de protección



2.3.2. Dimensionamiento de conductores por caída de tensión

Según la ITC-BT-19 para las instalaciones industriales que se alimentan directamente en alta tensión mediante un transformador, se tomará como origen la salida del transformador y las caídas de tensión máximas admisibles serán de 4,5% para las cargas de alumbrado y de 6,5% para los demás usos.

Además, debido al análisis de la curva de carga realizada en 2.1.3 se optará por un coeficiente de simultaneidad unitario, ya que hay periodos a lo largo del funcionamiento habitual en el que prácticamente todas las cargas están conectadas.

Para el cálculo de la caída de tensión se aplica a cada línea las siguientes expresiones:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

I= Intensidad de la línea

P= Potencia de la línea

U= Tensión de fase

Cos φ = Factor de potencia de la carga

Además, dicha intensidad es posible descomponerla en su parte activa y en la reactiva según:

$$I_a = I \cdot \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U}$$
$$I_r = -I \cdot \sin \varphi = \frac{-Q}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Por lo tanto, la caída de tensión de la línea trifásica queda definida con la siguiente expresión:

$$U_1 - U_2 = \Delta U = \frac{L}{U_2} \cdot (R_u \cdot P + X_u \cdot Q)$$

Siendo:

R_u = Resistencia por unidad de longitud

X_u = Reactancia por unidad de longitud

P= Potencia activa

Q= Potencia Reactiva

L= Longitud de la línea



U_2 = Tensión inicial

Puesto que este criterio suele ser menos restrictivo que el explicado en el apartado 2.3.1, se analizan cada tramo de la línea teniendo en cuenta la sección que se ha obtenido según el criterio térmico y se verifica que cumple a caída de tensión.

2.3.3. Dimensionamiento de conductores por cortocircuito

Esta condición también es necesario tenerla en cuenta, aunque tal y como está planteado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y por la selección de las protecciones realizada en el apartado 2.7, se da por hecho que esta condición se cumple, como ocurre en prácticamente todas las instalaciones industriales.

A pesar de ello, se explica cuál es el procedimiento para realizar dicha comprobación:

Se calcula la intensidad de cortocircuito para posteriormente, con las características de los dispositivos de protección, determinar el tiempo de duración de la falta y verificar si el calentamiento en el conductor es admisible.

2.3.4. Metodología de trabajo y resultado

En los puntos anteriores se ha explicado los distintos criterios que se han de cumplir por la legislación vigente. Para verificar el correcto dimensionado de una instalación existe una gran variedad de Software de cálculo de instalaciones, utilizándose en este caso el Ecodial.

El Ecodial se ha seleccionado para realizar los cálculos ya que es un software gratuito, con posibilidades de cálculo que abarcan esta tipología de instalación y que además se puede configurar para tener en cuenta la normativa vigente.

Para realizar el cálculo de la instalación se ha realizado un modelado de esta mediante el diagrama unifilar con la distribución de las líneas, canalizaciones, protecciones y configuración de la propia instalación. Una vez se han definido tales parámetros el programa realiza el cálculo de la mínima sección admisible a la vez que proporciona las características que han de presentar los dispositivos de protección.

El cálculo obtenido por el programa se ha verificado mediante la resolución de una línea concreta de la instalación para comprobar que la sección obtenida es correcta y, además, como se puede apreciar las secciones obtenidas son coherentes, es decir, las que están ubicadas aguas arriba en la instalación presentan mayores secciones que las que están aguas abajo.

Finalmente cabe destacar que el resultado esta alternativa es muy heterogénea, ya que para cada línea se escoge la sección mínima de cableado que permite la normativa, lo que supone el menor coste de instalación posible. Además, al presentar menor sección las pérdidas son mayores ya que la resistencia también lo es. El análisis de las demás alternativas está planteado desde el enfoque de la eficiencia energética, para escoger la instalación óptima teniendo en cuenta no solo el coste de instalación sino también el de explotación. A continuación, en la Tabla 5 y en la Tabla 6, se muestra el resultado obtenido de sección para cada una de las líneas. El material escogido para la instalación es el cobre, debido a sus propiedades eléctricas, con un aislamiento de XLPE.



Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN
CUADRO GENERAL	Línea general	5	2 x 185			2 x 185
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea CS1	21	50			50
	Línea 1	15,75	1,5	4	0	0
	Línea 2	8,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 3	8,25	1,5	4	1,5	0
	Línea 4	14,5	1,5	4	0	0
	Línea 5	25,5	1,5	4	1,5	0
	Enchufes 1	25	1,5	4	1,5	0
	Enchufes 2	25	1,5	4	1,5	0
CUADRO SECUNDARIO 2	Línea CS2	43,5	6			10
	Línea 6	12,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 7.1	8	1,5	4	1,5	0
	Línea 7.2	8	1,5	4	0	0
	Línea 8.1	8	2,5	4	2,5	0
	Línea 8.2	8	1,5	4	0	0
	Línea 9.1	12,5	2,5	4	2,5	0
Línea 9.2	12,5	1,5	4	0	0	
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea CS3	60,75	4			10
	Línea 10.1	11,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 10.2	11,5	1,5	4	0	0
	Línea 11.1	7,25	1,5	4	1,5	0
	Línea 11.2	7,25	1,5	4	0	0
	Línea 12.1	8	1,5	4	1,5	0
	Línea 12.2	8	1,5	4	0	0
	Línea 13	12	1,5	4	0	0
Línea 14	17,5	1,5	4	0	0	
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea CS4	85,75	70			70
	Línea 15.1	13,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 15.2	13,5	1,5	4	0	0
	Línea 16.1	15,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 16.2	15,5	1,5	4	0	0
	Línea 17	20	1,5	4	0	0
	Línea 18	27,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 19	29,5	1,5	4	0	0
	Línea Alumb.1	41,25	1,5	4	1,5	0
	Enchufes 3	55	4	4	2,5	0
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea CS5	61,5	10			10
	Línea 20	25,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 21	11,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 22.1	8	1,5	4	1,5	0
	Línea 22.2	8	1,5	4	0	0
	Línea 23.1	11	2,5	4	2,5	0
	Línea 23.2	11	1,5	4	0	0
	Línea 24.1	24,1	2,5	4	2,5	0
	Línea 24.2	16,75	1,5	4	0	0

Tabla 5- Sección del cableado para la alternativa convencional, del Cuadro Secundario 1 al 5.

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea CS6	80,5	70			70
	Línea 25.1	11,5	4	4	4	0
	Línea 25.2	11,5	1,5	4	0	0
	Línea 26.1	8	1,5	4	1,5	0
	Línea 26.2	8	1,5	4	0	0
	Línea 27	11,75	2,5	4	2,5	0
	Línea 28.1	16	1,5	4	1,5	0
	Línea 28.2	16	1,5	4	0	0
	Línea 29	10,25	1,5	4	1,5	0
Enchufes 6	90	4	4	4	0	
CUADRO SECUNDARIO 7	Línea CS7	19	25			25
	Línea 30	4,75	1,5	4	0	0
	Línea 31	7,25	1,5	4	0	0
	Línea 32	10,75	1,5	4	0	0
	Línea 33	7	1,5	4	0	0
	Línea 34	9	1,5	4	1,5	0
	Línea 35	14,75	1,5	4	0	0
	línea Alumb. 2	57,5	1,5	4	1,5	0
	línea Alumb. 3	145,25	2,5	4	2,5	0
	línea Alumb. 4	8	1,5	4	1,5	0
	Enchufes 4	13	1,5	4	1,5	0
Enchufes 5	9,2	1,5	4	1,5	0	
CUADRO SECUNDARIO 8	Línea CS8	24,5	10			10
	Línea 36	6,25	1,5	4	0	0
	Línea 37	8,25	1,5	4	1,5	0
	Línea 38	8,75	1,5	4	1,5	0
	Línea Alumb. 5	10	1,5	4	1,5	0
	Enchufes 7	11,5	1,5	4	1,5	0
	Enchufes 8	9,8	1,5	4	1,5	0
CUADRO SECUNDARIO 9	Línea CS9	154	120			120
	Línea 39	31,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 40	7,5	1,5	4	1,5	0
	Línea 41	8	1,5	4	1,5	0
	Línea Alumb. 6	19,5	1,5	4	1,5	0
	Línea Alumb. 7	22,25	1,5	4	1,5	0
	Línea Alumb. 8	41,5	1,5	4	1,5	0
	Línea Alumb. 9	59	1,5	4	1,5	0
	Línea Alumb. 10	52,5	4	4	1,5	0
	Enchufes 9	65	4	4	2,5	0
Enchufes 10	30	2,5	4	1,5	0	

Tabla 6- Sección del cableado para la alternativa convencional, del Cuadro Secundario 6 al 9.

Una vez se tiene la instalación dimensionada bajo criterios convencionales, es posible plantear propuestas basadas en la eficiencia energética para valorar cual es la distribución y dimensionado óptimo para la instalación teniendo en cuenta la vida útil de esta. En el Anexo 1: Instalación convencional, se muestran los resultados completos para este caso.



2.4 PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN BAJO CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Como primera medida de eficiencia energética se pretende minimizar las pérdidas del sistema de distribución de electricidad a partir de minimizar el trazado de la instalación. Para ello es fundamental la ubicación del Transformador y del cuadro general de baja tensión que alimenta todas las cargas con el propósito de que se sitúe lo más cercano posible.

Para ello se aplica la norma UNE-HD-60364-8-1 para instalaciones eléctricas de baja tensión, en concreto la parte 8-1: Eficiencia energética, donde se expone el método del baricentro para seleccionar la ubicación del transformador.

El método del baricentro consiste en una ponderación relativa cuya finalidad es que el transformador acabe ubicado lo más cerca posible de aquellas cargas cuyo consumo es mayor. El resultado obtenido suele ser teórico, ya que puede resultar que el transformador se ubique en el centro de la instalación, lo que puede presentar conflicto con el aprovechamiento de la nave industrial para el proceso productivo u otros factores. Pero sí que se obtiene un resultado que sirve para ubicar el transformador en la posición lo más favorable posible para minimizar las pérdidas eléctricas.

Para ello se ubica el transformador según la siguiente formula, habiendo definido previamente un sistema de coordenadas:

$$(X_{baricentro}, Y_{baricentro}) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_{carga}, Y_{carga}) \cdot EAC_{carga}}{\sum_{i=1}^{i=n} EAC_{carga}}$$

Siendo:

$(X_{baricentro}, Y_{baricentro})$ = Coordenadas de la ubicación ideal del transformador

(X_{carga}, Y_{carga}) = Coordenadas de la ubicación de las cargas

EAC_{carga} = Consumo estimado de la carga

Para ello se ha ubicado el origen de coordenadas en la esquina inferior izquierda y se ha tomado la coordenada de cada una de las cargas. Posteriormente, se ha procedido a obtener por separado la ubicación ideal del transformador para cada una de las coordenadas X e Y de forma independiente.

En la Ilustración 6 se muestra la ubicación ideal del transformador, y donde se ha optado ubicar finalmente.

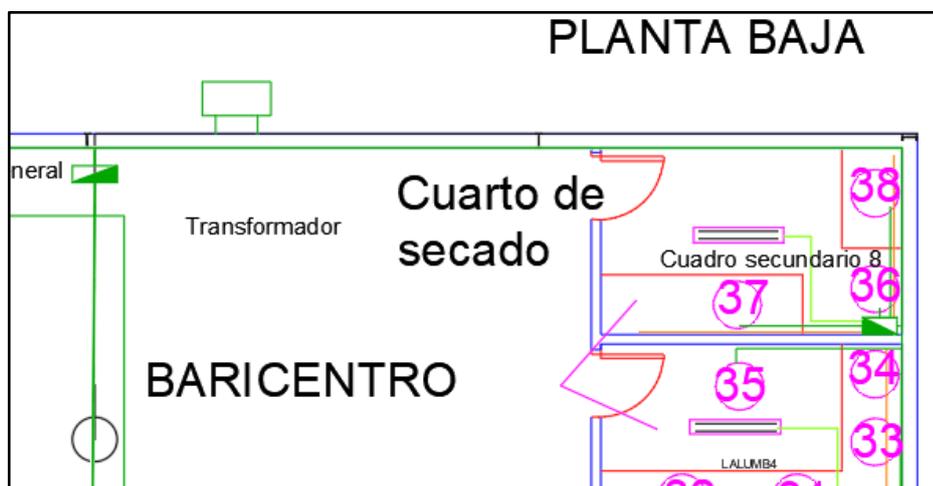


Ilustración 6- Ubicación ideal del baricentro y ubicación final

Se ha escogido ubicar el transformador junto a la pared, para que pueda ser accesible por la empresa distribuidora. Además, se ha desplazado un metro a la derecha, para ubicar el cuadro general en la posición óptima del eje Y y así minimizar la longitud de la distribución eléctrica.

Una vez se ha ubicado el transformador en tal posición, se aplica el mismo cálculo que el mencionado en el punto 2.3 pero con la ventaja de disminuir las líneas que alimentan a cuadros secundarios que están más cargados. Asimismo, la longitud total del cableado que conecta el cuadro general con los cuadros secundarios ha disminuido, pasando del caso anterior de 550 metros a 483 metros con esta distribución. Se ha reducido con esta medida tanto los costes de instalación, ya que es necesario una menor cantidad de cableado, como de costes de explotación ya que las pérdidas de energía son menores.

A nivel de longitud de distribución de las líneas que alimentan a las cargas desde los cuadros secundarios se aprecia que se tiene exactamente la misma configuración.

Los resultados de esta alternativa se muestran en el Anexo 2: Instalación bajo criterios de eficiencia energética. Aunque la variación de la sección no es notoria respecto al caso anterior, los resultados obtenidos de ahorro debido a esta medida de eficiencia energética son muy positivos.

2.5 PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN BAJO CRITERIOS DE SECCIÓN ECONÓMICA

Se ha optado por implementar otra medida de eficiencia energética, basándose esta en la selección de la sección óptima para minimizar las pérdidas por efecto Joule en el cableado. En este caso no se dimensiona el cable según el criterio de caída de tensión, de intensidad máxima admisible e intensidad de cortocircuito, sino que se plantea un método alternativo al habitual a la hora de diseñar instalaciones eléctricas basado en obtener la sección que asegura el mínimo coste de la instalación teniendo en cuenta la vida útil de esta.



En este caso se tiene en cuenta tanto el coste que supone la construcción de la instalación como el coste que supone la explotación. Se puede abordar el dimensionamiento bajo esta perspectiva de dos formas distintas.

2.5.1. Aplicación de cálculo diferencial

La primera es aplicar ecuaciones diferenciales que tienen en cuenta tanto la componente eléctrica del conductor como la transmisión de calor que se produce en él. Para ello hay que parametrizar la conducción, la convección, la radiación y la propia ventilación que presenta el cableado al interactuar con su entorno. La transmisión de calor afecta a los parámetros eléctricos, lo cual hace más complejos los cálculos.

Según este método, se ha de calcular la ecuación del coste total de la instalación para usarla como objetivo y minimizarla. Para ello se suman el coste de la instalación eléctrica y el coste de las pérdidas a lo largo de la explotación de la instalación.

El coste de la instalación es fácil de determinar, ya que es el propio del precio de esta. Mientras que el coste de las pérdidas es más complejo, teniendo en cuenta la actualización de valor del dinero, la resistencia del conductor teniendo en cuenta los efectos de proximidad, el efecto pelicular y demás factores. Ambos costes dependen directamente de la sección del cableado, por lo tanto, se puede derivar la función para obtener la sección óptima que minimiza las pérdidas energéticas y maximiza el beneficio económico a lo largo de la vida útil de la instalación.

Debido a la complejidad del enfoque y a la excesiva estimación que supone este caso, se va a optar por el otro método que se explica a continuación en el apartado 2.5.2.

2.5.2. Aplicación de una metodología iterativa

A partir de la sección técnica (la mínima que cumple con la caída de tensión y el criterio térmico) que asegura el correcto funcionamiento de la instalación cumpliendo con el reglamento, es posible plantear un método iterativo que tenga en cuenta los costes de explotación.

En este apartado se han realizado ciertas simplificaciones, puesto que afectan a todas las iteraciones por igual. La primera de ellas ha sido la de utilizar un valor constante del precio de la tarifa, puesto que, en este apartado de análisis, a todas las iteraciones le afectarían por igual la modificación del precio de la electricidad. En el apartado 1-Análisis de las medidas implementadas, sí que se analiza en detalle este aspecto, pero para este cometido no es relevante. Así mismo, el valor que tiene el dinero en años futuros tampoco se ha tenido en cuenta por exactamente los mismos motivos.

El método iterativo consiste en aumentar la sección de la distribución de la propuesta de eficiencia energética, pero sin aplicar el método del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión. En este caso se ha partido de las secciones obtenidas en el apartado 2.4 y se ha aumentado la sección de los conductores siguiendo los valores normalizados hasta encontrar la sección que proporciona el mejor resultado económico teniendo en cuenta tanto los costes fijos de la instalación como los costes variables de la explotación.



Para ello se han realizado siete iteraciones a partir de hojas de cálculo y de la utilización del programa Ecodial para verificar que el funcionamiento de la instalación es viable. El método iterativo presenta margen de optimización, pero se ha decidido detenerlo en la séptima operación por tres motivos. El primero es la escasa diferencia de beneficio que se obtiene de la sexta a la séptima iteración, el segundo es para dedicar una excesiva carga de trabajo a este apartado obteniéndose un resultado más que favorable y el tercero es porque los costes fijos de la instalación crecen a medida que aumenta el número de iteración, pudiendo hacer menos interesante al propio cliente o a posibles inversores al propiciar un tiempo de retorno mayor, aunque el beneficio final sea mayor. Finalmente se selecciona la sección más favorable calculada en las iteraciones para cada línea.

A continuación, se detallan los pasos que se han realizado para abordar el dimensionado siguiendo el criterio de la sección económica.

2.5.1.1. Obtención de las horas de funcionamiento y vida útil de la instalación

Es importante para abordar los costes de explotación determinar cuál es la vida útil de la instalación. Partiendo de la curva de carga que se ha detallado en el apartado 2.2, es fácilmente estimable las horas de funcionamiento de cada una de las líneas, pues está detallado. Por lo tanto, teniendo en cuenta que se trabajan 5 días laborales a la semana, que la empresa está en funcionamiento 50 semanas anuales y que se estima una vida útil de la instalación de 25 años, es fácilmente calculable el número de horas totales que se espera que esté en funcionamiento cada una de las líneas. En el Anexo 2: Instalación bajo criterios de eficiencia energética, se muestra el número de horas de funcionamiento de cada una de las cargas.

2.5.1.2. Cálculo de las intensidades de cada línea

Para obtener la resistencia real en funcionamiento de los conductores, es necesario calcular la intensidad máxima admisible y la intensidad nominal para cada línea.

La corriente máxima admisible es la que se obtiene al aplicar la ITC-BT-16, dependiendo del material del conductor y del tipo de aislante, en este caso, como se ha modelizado en el Ecodial es un valor que se conoce directamente para cada una de las líneas.

Para el cálculo de la intensidad nominal se aplica la siguiente expresión, aunque cabe destacar que es un parámetro que también se puede obtener del software que se ha empleado:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

P= Potencia activa

U= Tensión nominal de la instalación



2.5.1.3. Cálculo de la temperatura real de funcionamiento

La temperatura afecta al valor de la resistencia del conductor, por lo tanto, hay que tenerla en cuenta para realizar un cálculo lo más preciso posible. Para ello se aplica la siguiente expresión para conocer la temperatura real del conductor:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}} \right)$$

Siendo:

T_0 = Temperatura ambiente del conductor

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor según el tipo de instalación

I = Intensidad nominal

I_{max} = Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación

En este caso por el material empleado, XLPE, la máxima temperatura admisible es de 90º C y la temperatura ambiente del conductor se ha supuesto de 40º C.

2.5.1.4. Obtención de la resistividad y resistencia de cada línea

El último paso para calcular la resistencia es obtener anteriormente la resistividad. Una vez se tienen los parámetros explicados en los apartados 2.5.1.2 y 2.5.1.3 es posible calcular la resistividad mediante la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20))$$

Siendo:

ρ_{20} = Resistividad del cobre a 20 ºC. Teniendo este un valor de 0.018 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{mm}$

α = Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor

T = Temperatura real del conductor

Una vez se tiene la resistividad de las líneas, se obtiene la resistencia según:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Siendo:

L = Longitud de la línea

S = Sección de la línea

2.5.1.5. Coste de pérdidas

Una vez se ha llegado a este punto es posible calcular el coste que supone la explotación de la instalación debido al efecto Joule en el cableado. Para ello es necesario calcular en primer lugar la potencia de pérdidas según:

$$P_{perdidas} = 3 \cdot R \cdot I^2$$



Siendo:

R= Resistencia en el punto de funcionamiento de cada una de las líneas

I = Intensidad en el punto de funcionamiento de cada una de las líneas

Una vez se tiene la potencia de pérdidas se calcula la energía de pérdidas a lo largo de toda la vida útil teniendo en cuenta las horas de funcionamiento del apartado 2.5.1.1. Finalmente, el coste de la instalación se obtiene multiplicándolo por el precio de la tarifa contratada, siendo en este caso la tarifa 3.1A. El valor escogido para realizar el cálculo es de 0,106 €/kWh, como se justifica en el apartado CAPÍTULO 4 apartado 2. Cabe recordar que se ha escogido un precio fijo de la electricidad en este análisis comparativo, puesto que la actualización del valor del dinero afecta a todas las líneas por igual. En los diferentes anexos relativos a las instalaciones se muestra el coste de la explotación, obtenido según la siguiente expresión:

$$C_{\text{explotación}} = P_{\text{pérdidas}} \cdot h_{\text{funcionamiento}} \cdot P_{\text{tarifa}}$$

Siendo:

$h_{\text{funcionamiento}}$ = Horas de funcionamiento totales a lo largo de la vida útil

P_{tarifa} = Precio de la tarifa horaria seleccionada para el análisis

2.5.1.6. Coste de instalación

En este apartado se ha realizado un coste simplificado de la instalación, teniendo en cuenta exclusivamente el precio de los conductores según su sección, puesto que el coste de los dispositivos de protección, canalizaciones y demás elementos son términos fijos que no afectan notablemente al precio para la selección de la alternativa.

Pese a que los costes de instalación y los costes de explotación son comparables a partir de la actualización del valor neto del dinero. En este caso se ha optado por obviarlo, puesto que, aunque el coste del dinero de explotación no tiene por qué ser real es cierto que tampoco se tiene en cuenta en este apartado la inflación que presenta el sector eléctrico actualmente, con una clara tendencia a incrementar el precio de la tarifa eléctrica. Por lo tanto, se ha simplificado el cálculo en este apartado puesto que influyen factores contrapuestos que se compensan.

Asimismo, en el presente proyecto se realiza una valoración de tales efectos en el caso de la instalación que se escoge finalmente para analizar la verdadera rentabilidad económica que presenta una instalación bajo el criterio de minimizar pérdidas para maximizar el beneficio económico a lo largo de toda la explotación.

Cabe matizar que además del beneficio económico que tienen estas medidas de eficiencia energética se consiguen otros beneficios para el sustento de un consumo energético global sostenible y respetuoso con el medio ambiente, como se muestra en el apartado 2.10.

A partir de la base de datos de precios del Instituto Valenciano de la Edificación se ha estimado el precio de cada uno de los casos analizados según los siguientes precios:

Tabla 7- Precios del cableado según su sección

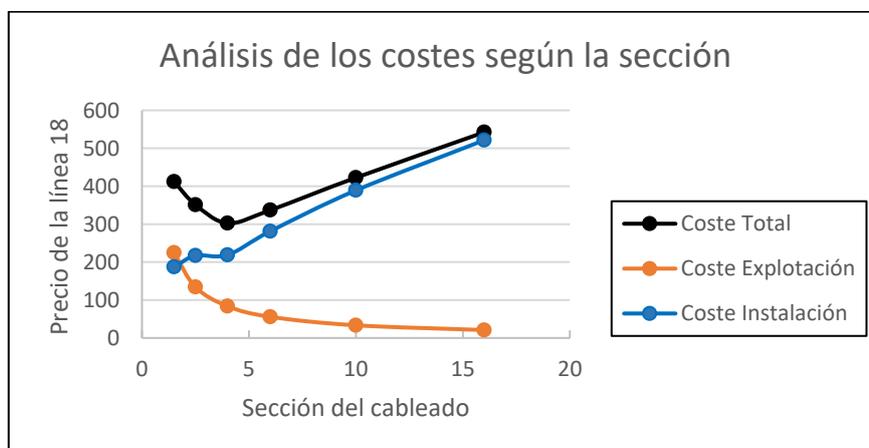
Sección (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Precio (€)	6,81	7,62	7,96	10,23	14,15	18,96	20,5	25,77	32,73	47,75	58,37	69,78	89,6	112,7	132,1

2.5.1.7. Comparativa

Una vez se tiene tanto los costes de la instalación como los costes de explotación, se puede comprobar línea a línea si el resultado de aumentar la sección supone una mejora económica o no. Al sumar ambos costes, se comparan las iteraciones para escoger la sección con menor coste total. En el caso de que una iteración no suponga una mejora respecto a las anteriores, ninguna de las siguientes lo hará, puesto que el punto que minimiza el precio del cableado es único y presenta una forma característica. En el siguiente punto se analiza tal efecto.

2.5.1.8. Análisis de un conductor

En este apartado se muestra como al incrementar la sección del cableado se tiene un coste de instalación mayor y decrece a su vez el coste de explotación. El punto óptimo depende de la tipología de la línea según la carga, la longitud u otros parámetros. A continuación, se muestra en la Gráfica 11 la evolución que presentan los costes de la línea 18.



Gráfica 11- Evolución de los costes según la sección

Cada línea presenta una evolución distinta, teniendo algunas su punto óptimo en la primera iteración y habiendo otras que después de todo el proceso iterativo aún no ha llegado al mínimo valor monetario. Se ha decidido detener el proceso iterativo en este punto, porque hay líneas que muestran muy poca mejora respecto a las iteraciones anteriores como ya se ha explicado en la introducción del apartado 2.5. Todos los resultados expuestos a lo largo de este apartado se muestran detallados para cada una de las iteraciones en los distintos anexos.



2.6 INSTALACIÓN ESCOGIDA

Una vez se ha realizado todo el proceso iterativo se selecciona para cada una de las líneas aquella cuyo coste total es el menor, estando cada línea optimizada según la hipótesis de cálculo. En total se han analizado: la alternativa convencional, la alternativa de eficiencia energética y la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta iteraciones.

El resultado final resulta ser una instalación heterogénea, hecho que a nivel de proveedores del cableado puede resultar desfavorable puesto que si todas las líneas fueran de la misma sección se podría obtener un precio inferior debido a posibles negociaciones por adquirir lotes mayores. A pesar de ello, el resultado obtenido se ajusta lo más cercanamente posible al dimensionado óptimo de la instalación teniendo en cuenta no solo el coste de inversión de la instalación, que habitualmente es el criterio principal, sino también el coste de explotación de la misma.

A partir de esta solución se ha realizado un presupuesto detallado por partidas detalladas según los subcuadros y también se ha definido el esquema unifilar, junto a las protecciones seleccionadas que se indican en el apartado 2.7. En la Tabla 8 se muestra la sección de cada una de las líneas, indicando el ahorro que se obtiene durante toda la vida útil de la instalación con respecto a la alternativa convencional.



Tabla 8- Resultado de los cuadros secundarios del 1 al 5 de la solución final

Cuadro	Línea	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Solución	Ahorro convencional
CUADRO GENERAL	Línea general	2 x185	0	0	2 x 185	eficiencia energética	0
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea CS1	50	0	0	50	eficiencia	1881,521144
	Línea 1	16	16	0	0	iteración 5	913,2765024
	Línea 2	4	4	4	0	iteración 2	30,44716061
	Línea 3	1,5	4	1,5	0	convencional	0
	Línea 4	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 5	4	4	4	0	iteración 2	39,62727534
	Enchufes 1	6	6	6	0	iteración 5	2358,335328
Enchufes 2	6	6	6	0	iteración 5	2358,335328	
CUADRO SECUNDARIO 2	Línea CS2	50	0	0	25	iteración 5	12087,9792
	Línea 6	1,5	4	1,5	0	convencional	0
	Línea 7.1	6	6	6	0	iteración 3	88,39685285
	Línea 7.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 8.1	25	25	25	0	iteración 5	883,1503075
	Línea 8.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 9.1	25	25	25	0	iteración 5	1379,922355
Línea 9.2	1,5	4	0	0	convencional	0	
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea CS3	35	0	0	25	iteración 5	10909,43381
	Línea 10.1	25	25	25	0	iteración 4	849,2522868
	Línea 10.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 11.1	6	6	6	0	iteración 3	80,1096479
	Línea 11.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 12.1	6	6	6	0	iteración 3	88,39685285
	Línea 12.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 13	1,5	4	0	0	convencional	0
Línea 14	1,5	4	0	0	convencional	0	
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea CS4	120	0	0	70	iteración 2	5657,599809
	Línea 15.1	6	6	6	0	iteración 2	313,40413
	Línea 15.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 16.1	6	6	6	0	iteración 2	359,8343715
	Línea 16.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 17	6	6	0	0	iteración 3	161,402587
	Línea 18	4	4	4	0	iteración 2	109,2987937
	Línea 19	6	6	0	0	iteración 1	897,0737599
Línea Alumb.1	10	10	10	0	iteración 4	1715,562229	
Enchufes 3	25	25	25	0	iteración 5	1628,558741	
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea CS5	70	0	0	35	iteración 5	19282,98531
	Línea 20	4	4	4	0	iteración 2	91,34148184
	Línea 21	6	6	6	0	iteración 3	228,0873313
	Línea 22.1	6	6	6	0	iteración 3	88,39685285
	Línea 22.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 23.1	25	25	25	0	iteración 5	1214,331673
	Línea 23.2	1,5	4	0	0	convencional	0
	Línea 24.1	25	25	25	0	iteración 5	2735,260816
Línea 24.2	1,5	4	0	0	convencional	0	

Tabla 9-Resultado de los cuadros secundarios del 6 al 9 de la solución final

Cuadro	Línea	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Longitud (m)	Solución	Ahorro convencional
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea CS6	95	0	0	70,00	27,00	iteración 1	5084,26458
	Línea 25.1	25	25	25	0,00	11,50	iteración 4	1015,732145
	Línea 25.2	1,5	4	0	0,00	11,50	convencional	0
	Línea 26.1	4	4	4	0,00	8,00	iteración 2	9,221426963
	Línea 26.2	1,5	4	0	0,00	8,00	convencional	0
	Línea 27	25	25	25	0,00	11,75	iteración 5	553,731191
	Línea 28.1	6	6	6	0,00	16,00	iteración 3	242,8789604
	Línea 28.2	1,5	4	0	0,00	16,00	convencional	0
	Línea 29	1,5	4	1,5	0,00	10,25	convencional	0
	Enchufes 6	25	25	25	0,00	90,00	iteración 4	2694,614303
CUADRO SECUNDARIO 7	Línea CS7	25	0	0	25,00	35,00	convencional	0
	Línea 30	6	6	0	0,00	4,75	iteración 3	48,63451441
	Línea 31	1,5	4	0	0,00	7,25	convencional	0
	Línea 32	1,5	4	0	0,00	10,75	convencional	0
	Línea 33	1,5	4	0	0,00	7,00	convencional	0
	Línea 34	4	4	4	0,00	9,00	iteración 2	32,23817006
	Línea 35	6	6	0	0,00	14,75	iteración 3	42,50863344
	línea Alumb. 2	1,5	4	1,5	0,00	57,50	convencional	0
	línea Alumb. 3	6	6	6	0,00	145,25	iteración 1	674,4382022
	línea Alumb. 4	1,5	4	1,5	0,00	8,00	convencional	0
	Enchufes 4	16	16	16	0,00	13,00	iteración 5	1331,557848
	Enchufes 5	16	16	16	0,00	9,20	iteración 5	942,3332464
	CUADRO SECUNDARIO 8	Línea CS8	35	0	0	16,00	29,50	iteración 3
Línea 36		4	4	0	0,00	6,25	iteración 2	9,67862139
Línea 37		1,5	4	1,5	0,00	8,25	convencional	0
Línea 38		1,5	4	1,5	0,00	8,75	convencional	0
Línea Alumb. 5		1,5	4	1,5	0,00	10,00	convencional	0
Enchufes 7		10	10	10	0,00	11,50	iteración 5	1164,137494
Enchufes 8		10	10	10	0,00	9,80	iteración 5	992,0476032
CUADRO SECUNDARIO 9	Línea CS9	120	0	0	120,00	142,00	eficiencia	1121,593101
	Línea 39	1,5	4	1,5	0,00	31,50	convencional	0
	Línea 40	6	6	6	0,00	7,50	iteración 3	143,2102354
	Línea 41	4	4	4	0,00	8,00	iteración 2	12,6133963
	Línea Alumb. 6	1,5	4	1,5	0,00	19,50	convencional	0
	Línea Alumb. 7	1,5	4	1,5	0,00	22,25	convencional	0
	Línea Alumb. 8	1,5	4	1,5	0,00	41,50	convencional	0
	Línea Alumb. 9	1,5	4	1,5	0,00	59,00	convencional	0
	Línea Alumb. 10	4	4	4	0,00	52,50	convencional	0
	Enchufes 9	16	16	16	0,00	65,00	iteración 4	1205,347345
	Enchufes 10	16	16	16	0,00	30,00	iteración 5	1239,544297

Con las dos medidas adoptadas se ha conseguido un **ahorro**, a lo largo de los 25 años de vida útil, de **807,23 MWh**. Ante el ahorro de tal energía se considera que estas medidas son más que favorables para cumplir con los objetivos 20/20/20 impuestos por la Unión Europea.

El **coste de ejecución material** que presenta la instalación bajo criterios de eficiencia energética, una vez realizado el presupuesto detallado en base a los precios del Instituto Valenciano de la Edificación, asciende a **109.219,75€**.

El **sobrecoste** que supone la instalación bajo criterios de **eficiencia energética** es de **7.601,54 €**, reportando un **ahorro anual de 3.423,59 €**. Por lo tanto el **tiempo de retorno** es ligeramente inferior a los **dos años**. En el apartado Análisis económico instalación de eficiencia energética se detalla incide en el análisis de estos resultados.

2.7 PROTECCIONES DE LA INSTALACIÓN

A la hora de realizar la instalación eléctrica es fundamental asegurar la seguridad de los usuarios. La normativa aplicable en España para tratar este punto es la ITC-BT-24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que está apoyado en la norma UNE 20-460: "Instalaciones eléctricas en edificios". Durante la explotación de la instalación eléctrica se dan situaciones



donde, debido a alguna avería, la intensidad en los conductores y tensión en las partes activas y masas son mayores que las nominales que se utilizan para el diseño. Es por ello por lo que hay que proteger la instalación frente a sobrecargas, sobretensiones y cortocircuitos para proteger los elementos de esta. Además, hay que asegurar la protección de las cargas y sobre todo de las personas. A continuación, se muestran las medidas para cada uno de estos casos.

2.7.1. Protección frente a contactos directos

Los contactos directos son aquellos en los que una persona o animal entra en contacto con una parte de la instalación que en condiciones normales de funcionamiento está bajo tensión, es decir, es una parte activa.

Las medidas que se toman para prevenir estos contactos es evitar que los elementos activos estén fuera del alcance de los usuarios mediante la utilización de barreras, obstáculos, envolventes y sistemas de aislamiento de protección. También es posible utilizar tensiones que no resulten peligrosas, aunque se les aplique un tiempo indefinido a las personas.

En este punto no se va a incidir excesivamente, puesto que los fabricantes de los elementos eléctricos de la instalación muestran en la placa de características la protección que posee de acuerdo con la normativa UNE 20-324. Asimismo, se imponen una serie de reglas que aseguran que el acceso a dichos elementos activos esté restringido como:

- Acceso a partes activas mediante el uso de llaves u herramientas especiales.
- Acceso a partes activas una vez se ha eliminado la tensión, volviendo esta una vez se vuelven a colocar las envolventes.
- Utilización de avisos de “PELIGRO ELECTRICIDAD” para que los usuarios sean conscientes del peligro al que están expuestos.

2.7.2. Protección frente a contactos indirectos

Los contactos indirectos son aquellos donde una parte de la instalación, que en condiciones normales no está sometida a tensión, debido a un fallo de aislamiento queda bajo una tensión. Para realizar esta protección, de acuerdo con el REBT y la norma UNE 20-460. La protección frente a contactos indirectos se aborda de distintas maneras, siendo la elegida para este proyecto el corte automático de la alimentación al detectar un defecto de aislamiento.

Bajo esta perspectiva de protección se han de cumplir las siguientes condiciones para asegurar la protección frente a contactos indirectos:

- Que el dispositivo de protección provoque la desconexión automática de una parte de la instalación cuando aparece una tensión de contacto mayor a la tensión límite convencional (siendo esta de un valor de 50 V, ya que es una instalación estándar dentro del entorno industrial) debido a un defecto en la instalación.
- Que el tiempo transcurrido desde que se produce el fallo hasta que se desconecta la instalación sea menor a un tiempo admisible cuando aparece una tensión de contacto mayor que la tensión límite convencional.

- Que todas las masas accesibles simultáneamente se conecten a la misma puesta a tierra.

En el caso de una instalación con esquema TN, al producirse un fallo de aislamiento en las masas aparece una tensión de contacto y una corriente de defecto cuyo bucle es el formado por la fase averiada, el conductor neutro y una fase del secundario del transformador. La corriente de defecto está impuesta exclusivamente por la impedancia del cable, que es del orden de miliohmios, por lo tanto, se generan corrientes de valores muy elevados. Ante esta situación actúa el dispositivo de protección frente a sobrecorrientes haciendo desconectar la parte de la instalación averiada.

Para determinar si la instalación está adecuadamente protegida se sigue el criterio impuesto por el REBT, en concreto, la ITC-BT-24 punto 4.1.1. La instalación se considera segura si en caso de defecto se desconecta la instalación en un tiempo menor que el tiempo admisible según la siguiente Tabla 10:

Tabla 10- Tiempos admisibles de interrupción

U₀ (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Para cumplir con la tabla anterior se ha de verificar la siguiente expresión:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

Donde:

Z_s = Impedancia del bucle de defecto.

I_a = Corriente que asegura el accionamiento de la protección en un tiempo igual al tiempo admisible de la Tabla 10.

U_0 = Tensión de fase-tierra

Por lo tanto, es necesario una correcta protección frente a sobrentensidad para asegurar la correcta protección de la instalación. A continuación, se aborda la protección frente a sobrentensidad y cortocircuito para poder escoger el sistema entero de protección de la instalación.

2.7.3. Protección frente sobrecargas

Una instalación está sometida a sobrecargas cuando durante en ella hay una corriente mayor a la nominal durante un cierto tiempo sin necesidad de que haya alguna avería en la instalación. Esto se puede deber a sobrecargas previsibles como en los transitorios asociados a cargas como los motores o a sobrecargas no previsibles por la sobreutilización de la instalación o deterioros de cojinetes.



Para la protección de la instalación se ha seleccionado interruptores automáticos que desconecta la alimentación antes de que los elementos sean dañados. Para ello la condición de protección que han de tener los interruptores automáticos son las siguientes:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_Z$$

Siendo:

I_n = Intensidad ajustable del dispositivo de protección, que es igual a la nominal del aparato.

I_2 = Corriente que garantiza el correcto funcionamiento del dispositivo de protección, que en este caso es la intensidad convencional.

I_Z = Intensidad máxima admisible de un conductor

Siguiendo con la norma UNE 20-460 se han de instalar dispositivos de protección en todos aquellos puntos donde haya una discontinuidad en la sección del cableado.

2.7.4. Protección frente a cortocircuitos

Los cortocircuitos en las instalaciones de baja tensión se deben principalmente a fallos en el aislamiento, a defectos en las cargas conectadas y a defectos. Para proteger frente a cortocircuitos han de haber dispositivos capaces de cortar toda la corriente de cortocircuito antes de que los conductores y las conexiones sufran ningún daño. Para conseguir tal protección la norma UNE 20-360 define criterios para seleccionar los dispositivos de protección si cumplen una serie de condiciones. En este proyecto se ha optado por la utilización de interruptores automáticos, que tienen que cumplir con las siguientes condiciones:

$$\text{Poder de corte del IA} > I_{cc,max}$$

$$I_{cc,min} > I_a$$

$$I_{cc,max} < I_b$$

Siendo:

$I_{cc,max}$ = Corriente de cortocircuito máxima.

$I_{cc,min}$ = Corriente de cortocircuito mínima.

I_a = Corriente de actuación del disparador electromagnético.

I_b = Corriente que corresponde al $(I^2t)_{adm}$ del conductor sobre la característica del interruptor.

2.7.5. Protección frente a sobretensiones

El presente proyecto se engloba dentro de la categoría III de las que existen en el REBT para determinar la tensión soportada a impulsos que no puede sobrepasarse en la instalación. Analizando la Tabla 11 se aprecia que la máxima tensión soportada es de 4 kV.

Tabla 11- Tensión soportada a impulsos 1,2/50

Tensión nominal de la instalación

Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)

Trifásicos	Monofásicos	Cat. IV	Cat. III	Cat. II	Cat. I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690/1000	--	8	6	4	2,5

Se seleccionan los dispositivos de protección frente a sobretensiones de forma que la protección sea inferior a la tensión soportada a impulsos tipo rayo según los equipos instalados. Se opta por un descargador en el origen de la instalación con protección de 3,5 kV cuya intensidad máxima es de 40 kA.

2.7.6. Selección de dispositivos de protección

A la hora de seleccionar la protección de la instalación, se ha utilizado el programa Ecodial, puesto que se ha modelado anteriormente la instalación para el cálculo del dimensionado. Así mismo, se ha verificado que las protecciones son coherentes, respetando que las líneas que se encuentran niveles aguas arriba a otras presenten un calibre mayor.

En el Anexo 9: Protecciones, se muestran todas las protecciones y a su vez también están definidas en el esquema unifilar. Por lo tanto, la instalación se encuentra correctamente protegida e incluso se han solventado los problemas de selectividad configurando los parámetros de los interruptores automáticos según su posición relativa en la instalación.

2.8 PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

La puesta a tierra de una instalación eléctrica es la unión eléctrica de ciertas partes de la instalación con un electrodo enterrado en el suelo. El objetivo de tal unión es que no aparezca diferencia de potencial peligrosas y, a su vez, permitir el paso a tierra de corrientes de defecto o de origen atmosférico.

En el presente proyecto se tiene un esquema de distribución de baja tensión tipo TN, por lo tanto, las masas y el neutro de la instalación están conectados a una tierra común. El valor de la resistencia de tierra ha de ser tal que en no pueda mantenerse en las masas una tensión de contacto superior a 50 V. Asimismo, se respetará la Tabla 12 cuando se dimensione el neutro de la instalación, hecho que ya se ha tenido en consideración en el apartado 2.6.

Tabla 12- Secciones mínimas del cable de protección

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Además, la resistencia de puesta a tierra del neutro de la instalación no puede tener, según el reglamento, un valor superior a dos ohmios.



Se ha optado por utilizar un sistema de puesta a tierra basado en electrodos con forma de pica vertical de 4 metros de longitud. Además, según la información publicada por el portal de cartografía del IGME, se tiene un terreno arcilloso o arenoso, escogiéndose por tanto una resistividad media de $100 \Omega \cdot m$. Puesto que la resistencia de puesta a tierra deseada es de 2Ω se requieren del siguiente número de picas:

$$N = \frac{\rho}{L \cdot R} = \frac{100}{4 \cdot 2} = 12,5 \text{ Picas} \rightarrow 13 \text{ picas}$$

Siendo:

L= Longitud de las picas.

ρ = Resistividad del terreno

Asimismo, se conectan las picas mediante un conductor perimetral de 35 mm^2 de sección, por lo tanto, la resistencia real será aún menor.

Por lo tanto, se tiene una puesta a tierra que cumple con lo exigido en el REBT para instalaciones con esquemas TN, donde se limita la resistencia de puesta a tierra del terreno a 2Ω para limitar la máxima de tensión de contacto permanente 50 V, como se exige en una instalación de esta tipología. La limitación de una resistencia tan baja es debida a garantizar la protección ante la presencia de posibles defectos fase-tierra. Debido a la configuración TN de la distribución eléctrica también se conecta el sistema de puesta a tierra de las masas de baja tensión con el neutro del transformador.

Las tierras del neutro del transformador han de ser independientes de las tierras del centro de transformación. Para ello se han de cumplir las siguientes condiciones simultáneamente:

- Inexistencia de una canalización metálica que una ambas zonas de tierras.
- La distancia es de al menos de 15 metros cuando el terreno no presenta una resistividad elevada, en torno a $100 \Omega \cdot m$.
- El centro de transformación se encuentra en un recinto aislado o los elementos metálicos no están unidos a los elementos metálicos de la instalación.

Puesto que en este caso se cumplen, no es necesario realizar ninguna comprobación extra a falta de la prueba de puesta a tierra a la finalización de la instalación. Finalmente, las masas del centro de transformación están conectadas a tierra con el dimensionado pertinente, asegurado por Ormazábal, para asegurar el correcto funcionamiento del centro de transformación.

2.9 COMPENSACIÓN DE REACTIVA DE LA INSTALACIÓN

Los consumidores eléctricos no solo absorben de la red potencia activa, sino que también potencia reactiva. Esta potencia no se puede transformar en útil, pero es indispensable para la generación y transporte.

La compensación se hace necesaria pues para aumentar el $\cos \varphi$ y así disminuir las caídas de tensión y las pérdidas en el cobre. Para ello se genera potencia reactiva donde se realiza el

consumo. Para este proyecto en particular se pueden optar dos métodos para la compensación de la energía reactiva:

- Compensación individual: Se conectan condensadores en los bornes de cada una de las cargas más conflictivas. Sirve para grandes consumidores con necesidades de potencia constante y con muchas horas de servicio, ya que descargan a los conductores y limitan la caída de tensión.
- Compensación centralizada: Se compensa la potencia reactiva de toda la instalación mediante la conexión y desconexión de condensadores en función de la demanda de potencia reactiva. Para gran cantidad de pequeñas cargas con potencias y horas de servicio diferentes. El mantenimiento que conlleva es sencillo de hacer y se adaptan mejor los condensadores a los requerimientos de energía reactiva de cada instante.

En este caso se ha optado por la compensación centralizada, con vistas a no realizar una excesiva inversión en un gran número de baterías de condensadores para cada carga y de cara a simplificar el mantenimiento de la instalación. En esta instalación, teniendo todos los motores el valor habitual de $\cos \varphi$ asociado a su potencia nominal, se tiene el siguiente valor en la instalación:

$$\cos \varphi = 0,88$$

Siendo el objetivo de compensación de $\cos \varphi=0,95$ para evitar recargos en la tarifa eléctrica.

Para ello se calcula la energía reactiva que se quiere compensar:

$$Q_c = P \cdot (tg \varphi_1 - tg \varphi_2) = 250 \cdot (0,5397 - 0,3287) = 52,75 \text{ kVAr}$$

Por lo que se necesita unos condensadores con una capacidad de:

$$C = Q_c \cdot \frac{1000}{3 \cdot U^2 \cdot \omega} = 52750 \cdot \frac{1000}{3 \cdot 400^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,3498 \text{ mF}$$

Ante estos requerimientos se opta por seleccionar la batería de condensadores VarSet de 50 kVAr, puesto que presenta una serie de escalones que se adecuan correctamente a la compensación consiguiendo un $\cos \varphi=0,963$. Los escalones que tiene son dos de 12,5 kVAr y otros de 26 kVAr. Además de reducir los costos operativos, según el catálogo se disminuyen las emisiones de CO₂ hasta 95 kg por cada kVAr instalado, lo que supone un total de 7.125 kg de CO₂. Además de proporcionar la corrección del factor de potencia se consigue también un filtrado de armónicos y la reducción de pérdidas energéticas garantizando la continuidad de servicio.

2.10 AHORRO DE LA HUELLA DE CARBONO

En el presente punto se realiza un cálculo aproximado del ahorro de emisiones de CO₂ que se consiguen con la medida de eficiencia energética adoptada. Para ello se realiza un cálculo muy sencillo, basado en la comparación entre la energía de pérdidas que se da a lo largo de la vida útil de la instalación con respecto a la solución bajo criterios convencionales.



Posteriormente, según la información recopilada por el fabricante de prestigio en conductores eléctricos Prysmian, se puede apuntar a un valor de 0,39 kg de CO₂ por cada kWh eléctrico en España. Dicho dato está constado por fuentes veraces a partir de tener en cuenta el mix energético nacional. Por lo tanto, multiplicando la diferencia de energía por tal dato se obtiene un total de 317,99 Toneladas de CO₂ reducidas a lo largo de la explotación al disminuir las pérdidas. Puesto que con la solución convencional se estiman unas emisiones de CO₂ de 992,726 toneladas, el ahorro en las emisiones es más que notorio, suponiendo una disminución del 82% de las pérdidas con una instalación convencional.

Así pues, se ha conseguido de manera explícita reducir las emisiones de CO₂ con la medida adoptada para abordar los objetivos impuestos por La Unión Europea en la Directiva 2012/27/UE para disminuir un 20% las emisiones de CO₂.

2.11 MEDIDAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Además de las dos medidas propuestas hasta este punto, se pueden adoptar otras que también mejoran la eficiencia energética de la instalación pero que su análisis detallado, tal como se ha hecho de la posición del transformador y del cuadro general de baja tensión o de la sección óptima del cableado, quedan fuera del alcance de este proyecto. A pesar de ello se proponen a continuación una enumeración de posibles acciones para abordar la mejora de eficiencia energética:

- Utilización de motores de alto rendimiento.
- Disminución consumo de arranque mediante una rampa de arranque.
- Aislamiento adecuado de las naves industriales para disminuir la energía necesaria para la climatización.
- Aprovechar la iluminación natural lo máximo posible y a su vez utilizar sistemas de iluminación basados en tecnologías de bajo consumo como la LED.
- Utilización de dispositivos de control automático del alumbrado, evitando la conexión del alumbrado cuando no es necesario, y otros dispositivos que puedan ser programables.
- Formación de los empleados para que adquieran buenas prácticas en esta temática como:
 - Utilización consciente de los aparatos electrónicos, evitando que estén por la noche en stand-by.
 - Correcta utilización del aire acondicionado/ calefactor, recomendándose valores en torno a 25°C en verano y de 23 ° C en invierno.
 - Evitar tener las ventanas abiertas estando conectado el sistema de climatización.
 - Implantación de un sistema de avisos con etiquetas para que los empleados sean conscientes.

CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Como se muestra en los Plano 1: Ubicación sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica y Plano 2: Emplazamiento sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica, que han sido obtenidos mediante el programa ArcMap y los datos del centro nacional de descargas, la instalación está ubicada en un polígono que pertenece al municipio de Rafelbunyol. Debido a la tipología de la nave industrial y a los requerimientos energéticos que se van a implementar, la instalación fotovoltaica que se propone resulta viable técnicamente y desde el punto de vista económico.

En primer lugar, tras analizar la curva de carga de la instalación, se observa que la potencia activa máxima que demanda la instalación es de 250 kW. Ante tal consumo, se planteó la opción de realizar una instalación de tal potencia, pero con la ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector eléctrico requiere de una tramitación excesiva como para que compense tener la categoría de clasificación de producción. En este proyecto, al estar enfocado desde la perspectiva más realista posible, se ha optado por proponer una instalación de 99,99 kW. La modalidad al tener tal potencia es de suministro con autoconsumo sin excedentes ya que para la empresa no es interesante producir electricidad para venderla en el mercado eléctrico y así simplifica mucho los trámites sometiéndose exclusivamente a los reglamentos técnicos correspondientes según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Además, la superficie disponible en el tejado de la fachada permite que la instalación pueda realizarse con holgura y así poder aumentar la viabilidad técnica del proyecto.

Por lo tanto, se ha optado por una instalación con las siguientes características:

- Potencia: 99,99 kWp
- Ubicación: En el tejado
- Estructura: Fija con la inclinación de la nave de 18º

En cuanto al funcionamiento de la instalación la energía que procede de la radiación solar se convierte en energía eléctrica a través de 288 módulos, agrupados de forma adecuada en serie y paralelo, que están instalados y fijados en el tejado de la nave industrial. A este conjunto de módulos solares se les denomina generador fotovoltaico.

A continuación, la corriente continua producida por el generador fotovoltaico es transformada, a través de electrónica de potencia, mediante un inversor centralizado que se conecta a la instalación eléctrica para suministrar a la industria.



3.2 ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

3.2.1. Módulo fotovoltaico

Los módulos que se utilizan para la instalación son de la marca Canadian Solar Inc., en concreto el modelo CS6U- 345P, puesto que presenta una relación precio muy interesante en el mercado actual fotovoltaico. Además, el fabricante asegura que se satisfacen las especificaciones UNE-EN 50380 para módulos fotovoltaicos policristalinos tras verificarlos por un laboratorio acreditado mediante el certificado oficial pertinente.

Además, el fabricante asegura la fiabilidad y calidad de los módulos, puesto que acepta devoluciones en los casos donde la potencia máxima y la corriente de cortocircuito máxima difieran en un $\pm 5\%$ de los valores nominales del catálogo. Por lo tanto, para el proyecto se requieren 288 módulos para generar una potencia nominal de 99,4 kW. A continuación, se muestran en la Tabla 13, la Tabla 14 y la Tabla 15 las características principales de los paneles utilizados:

Tabla 13- Características técnicas de los módulos

Fabricante / modelo	Canadian Solar / CS6U – 345P
Tipo	Policristalino
Potencia máxima [Wp]	345
Corriente en el punto de máxima potencia [A]	9,13
Tensión en el punto de máxima potencia [V]	37,8
Corriente de cortocircuito [A]	9,69
Tensión de circuito abierto [V]	46
NOCT	45° C
Eficiencia [%]	19,69

Tabla 14- Condiciones de los ensayos de medida

Temperatura de célula	25° C
Radiación	1.000 W / m ²
Espectro	AM 1.5

Tabla 15- Características constructivas de los módulos

Longitud / Anchura / Espesor (mm)	1968 / 992 / 5,8
Peso	28 kgs.
Cubierta	Vidrio templado
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
Disposición de las células	72 (6x12)

3.2.2. Estructura soporte

La estructura es la encargada de sustentar los generadores fotovoltaicos. En este caso los fijan a la cubierta de la nave industrial, asegurando que no se desprendan o vuelen debido al efecto vela por el viento. La inclinación de las estructuras a la que están las estructuras es coplanar al tejado, por lo tanto, los módulos presentan una inclinación de 18º.

El cálculo de la estructura del soporte queda fuera del alcance del presente proyecto, puesto que en la práctica profesional del ámbito de generación eléctrica mediante energías renovables es habitual contratar a un fabricante especializado en este tipo de estructuras asegurando la resistencia, las sobrecargas de viento y nieve según el CTE-DB-SE para soportar condiciones límite en situaciones climatológicas adversas.

Asimismo, las estructuras también tienen una utilidad, y es agrupar a los módulos de forma que se pueda realizar el conexionado en serie-paralelo de una forma óptima. El nombre que recibe dicha agrupación es de mesa.

La distribución de los módulos en las mesas se hace de la siguiente forma:

- Número de filas: 2
- Número de columnas:8
- Número de módulos en cada mesa: 16
- Medidas de la estructura:3,86 x 8,15 metros
- Inclinación de los módulos respecto al acimut: 0º

De cara a la mayor comprensión del Plano 10: Instalación fotovoltaica para el autoconsumo, se explica la identificación que se le ha dado a cada una de las mesas:

Las mesas se han nombrado M, siguiendo un orden creciente de arriba a abajo y de izquierda a derecha. Las mesas se agrupan en tres cajas que han sido nombradas C siguiendo el mismo criterio.

3.2.3.

3.2.4. Inversor

El inversor es el otro elemento fundamental en la instalación fotovoltaica, puesto que convierte la corriente continua generada en los paneles solares en corriente alterna que está sincronizada con la red.

Debido a los avances tecnológicos que se han dado en la última década, se dispone de una gran cantidad de inversores cuyo rango de funcionamiento es muy variado y con un funcionamiento totalmente automático, permitiendo la generación de energía cuando se dispone de potencia suficiente aportada por los módulos solares y controlando en todo momento la tensión, frecuencia y producción de energía durante la explotación de la instalación.

Además, los inversores están configurados para trabajar en el punto de máxima potencia de los módulos. En este proyecto se ha optado por un inversor de Power electronics, en concreto el FreeSun FS0100 cuyas características se muestran a continuación en la Tabla 16:

Tabla 16- Características principales del inversor

INFORMACIÓN TÉCNICA

Fabricante / Modelo	Power Electronics / FreeSun FS0100 LVT
Valores de entrada	
Potencia FV máxima (KVA)	120
Rango de tensión de CC, MPPT (V)	450 - 820
Tensión de CC máx. admisible (V)	900
Corriente continua máx. admisible (A)	258
Nº de entradas de CC protegidas	4
Parámetros de salida	
Potencia nominal de CA (KW)	100
Tensión de trabajo, red \pm 10% (V)	400
Corriente nominal de CA (A)	145
Rango de trabajo de la frecuencia de red (Hz)	50 – 60

Factor de potencia	0.95 inductivo – 0.95 capacitivo
Rendimiento	
Rendimiento máximo	98.5 %
Rendimiento europeo	98.4 %
Dimensiones y peso	
Ancho / alto / fondo (mm)	1440 / 1040 / 1700
Peso (kg)	1125
Grado de protección según EN 60529	IP 21 / 54
Temperaturas ambiente admisibles	-20°C a +50°C

En la Ilustración 7 se muestra el diagrama operacional del inversor, aunque no se va a entrar en detalle puesto que es un caso muy concreto de electrónica de potencia.

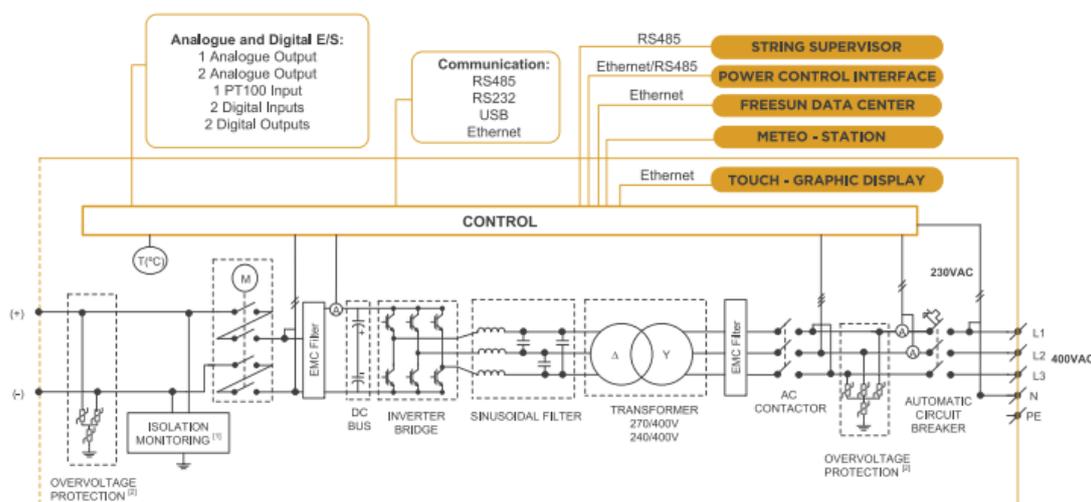


Ilustración 7- Circuito electrónico del inversor

Asimismo, el fabricante garantiza el cumplimiento de las normativas de seguridad aplicables y el inversor es capaz de reestablecer automáticamente su funcionamiento, cuando se ha interrumpido el funcionamiento por motivos de seguridad, después de las siguientes condiciones:

- Fallo en la red eléctrica: En caso de interrupción en el suministro, el inversor se encuentra en cortocircuito, por lo tanto, se desconecta automáticamente hasta que se reestablezca la tensión en la red para iniciar el funcionamiento de nuevo.



- Situación de excesiva o carencia de tensión: si la tensión no se encuentra en el rango de trabajo aceptable el inversor interrumpe inmediatamente su funcionamiento hasta que se solucione la situación.
- Frecuencia distinta a la estipulada: Si la frecuencia está fuera de los parámetros estándar de funcionamiento se interrumpe, ya que la red es inestable o se generaría una situación en modo isla.
- Intensidad del generador fotovoltaico baja: A partir de una radiación solar muy baja los generadores fotovoltaicos alcanzan los niveles requeridos de tensión de trabajo. Cuando el inversor detecta dicha tensión, el sistema se pone en marcha. Si la potencia que aportan los módulos es deficiente debido a un bajo valor de la radiación la intensidad mínima de funcionamiento no se cumple, generando así una interrupción.

Ante lo expuesto, se recalca que el inversor cumple con las protecciones que se marcan en el Real Decreto 1699/2011, donde se regula la conexión a red de sistemas fotovoltaicos de baja tensión, y en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Todas las partes activas están recubiertas de aislamiento en el interior del inversor y la apertura de las envolventes solo es posible mediante una herramienta que será posesión del personal de mantenimiento.

3.2.5. Cableado

La parte de la red que es de corriente continua presenta dos tramos diferenciados. Entre ambos tramos, según el Pliego de Condiciones Técnicas propuesto por el IDAE, la caída máxima de tensión no debe de ser un 1,5% de la tensión nominal del campo solar.

El primer tramo conduce la corriente de las mesas hasta la caja de conexión. En este caso, puesto que es una sección pequeña, se opta por la utilización del cobre debido a sus características. Cada mesa tiene 16 módulos con una intensidad de 9,13 A. Asimismo, el cableado se conduce a través de bandejas perforadas que se sitúan a un costado de las mesas, solidarias al travesañ de los módulos.

En el segundo tramo engloba desde las cajas de conexión hasta las entradas en corriente continua del inversor. La energía se agrupa en este tramo a través de las conexiones en paralelo que se realizan en las cajas. En este caso la intensidad se hace mayor, al conexionar en paralelo, y se necesita una sección mayor, utilizando para este caso conductores de aluminio para disminuir el coste de la instalación.

De cara a la ejecución de la instalación, cabe indicar que se conduce el cableado de forma que tenga el menor impacto visual posible y siguiendo la norma UNE 21089, utilizándose los siguientes colores:

- Amarillo: Protección
- Negro: Negativo
- Rojo: Positivo

Así mismo, la longitud será lo suficientemente holgada para no generar esfuerzos en los elementos ni provocar posibles enganches con las personas. El dimensionado se realiza de

acorde a las instrucciones ITC-BT-07M y ITC-BT-19 del REBT, tal y como se detalla en el punto 3.3.3.

3.2.6. Canalizaciones

La canalización se realiza del tipo superficial sobre bandeja de rejilla, albergando en ella los conductores procedentes de la interconexión de los módulos fotovoltaicos. Las canalizaciones llegan hasta el principio de las mesas y se conectan a la caja de conexión. Una vez se tiene el tramo con aluminio como conductor se utilizan canalizaciones sobre bandeja de rejilla hasta llegar al nivel del suelo, donde se entierran y atraviesan la instalación hasta encontrar el inversor.

3.2.7. Cajas de conexión

Las cajas de conexión, como se ha comentado en el punto anterior, sirven para conectar en paralelo las distintas mesas. Se necesitan tres cajas para este proyecto, puesto que el inversor dispone de cuatro entradas, pero por motivos de explotación y mantenimiento de la instalación se ha optado por utilizar exclusivamente tres entradas para poder permutar las entradas del inversor cada año y así disminuir las posibilidades de fallo por desgaste de una entrada.

Las cajas tendrán el espacio suficiente para asegurar la continuidad eléctrica de los seis conductores de cobre que entran con el conductor de aluminio que sale, además del fusible que se designa según el apartado 3.3.4.

3.2.8. Protecciones

La instalación está dotada con las disposiciones del Real Decreto 1699/2011, en concreto el artículo 14, sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. Según lo expuesto, la instalación está dotada de los siguientes elementos:

- Interruptor general que proporcione el aislamiento requerido para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores
- Fusible de corriente continua de 16 A, 1500V con un poder de corte de 10 kA. Estos fusibles se encuentran conectados en la caja de conexión y permiten la desconexión de cada una de las cadenas y su posterior rearme tras la sustitución.
- Fusible de corriente continua de 63 A con poder de corte de 10 kA. Se encuentra ubicado a la entrada del inversor.
- Relés de máxima y mínima tensión y frecuencia de forma que esté calibrado a los valores pertinentes. Incluido en el inversor, que asegura el rearme en 60 segundos una vez establecido el funcionamiento nominal de la instalación.
- Protección de derivación a tierra del positivo y del negativo, que se encuentra directamente en el inversor.
- Aislamiento galvánico que asegura la separación física entre la instalación fotovoltaica y la red de distribución, que, en este caso, lo realiza el propio transformador de la instalación eléctrica.



3.2.9. Equipos de medida

Se dispone de un equipo para la medición de la energía eléctrica entregada por la instalación fotovoltaica. La colocación de los contadores y las condiciones de seguridad siguen la ITC-BT-16, ajustándose a las características especificadas en las normas UNE 20439, UNE 21310 y UNE 21311.

El equipo de medida presenta unas características de salida que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión, según el artículo 48 del Reglamento de verificaciones eléctricas.

3.2.10. Sistema de monitorización

La instalación fotovoltaica está dotada con un sistema capaz de realizar la captura de las siguientes variables relacionadas con la producción de energía eléctrica:

- Tensión y corriente en corriente continua a la entrada del inversor.
- Tensión de las fases de la red y potencia total a la salida del inversor.
- Radiación solar que incide en el plano de los módulos mediante un sensor tipo Meteocontrol.
- Temperatura del módulo.
- Temperatura del ambiente.

La adquisición de datos por parte de la empresa se realiza de forma sencilla puesto que los inversores tienen un sistema interno para la toma de datos según el cual se almacenan las variables expuestas para posteriormente poder ser consultadas.

3.2.11. Puesta a tierra de la instalación

La puesta a tierra de la instalación no altera las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora. Asimismo, se ha de disponer de separación galvánica, lo cual se tiene en el presente proyecto debido a la presencia del transformador.

3.3 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

3.3.1. Previsión de las condiciones meteorológicas

En primer lugar, se han de conseguir los datos de radiación en la ubicación donde se encuentra la instalación, Rafelbunyol en este caso. Para ello se ha utilizado una media de las siguientes cuatro bases de datos climatológicas enfocadas a este ámbito:

- Base de datos de Meteonorm, que presenta datos representativos de prácticamente cualquier lugar de la tierra puesto que está formada por más de ocho mil estaciones de clima y cinco satélites geoestacionarios.
- Bases de datos de PVGIS- SAF y PVGIS- CLASSIC, que es un sistema de información para la generación fotovoltaica de la Comisión Europea.

- Base de datos NASA, que incluye datos con mediciones cada treinta minutos en cuadrantes de ochenta kilómetros y es propiedad de la “National Aeronautics and Space Administration”.

A partir de la media de dichas bases de datos se ha obtenido la media que se utiliza para realizar el cálculo de energía producida debido a la radiación solar mediante la utilización del programa PVSyst, que se detalla en el apartado 3.4. Según la media explicada anteriormente, se muestra en Tabla 17 la radiación mensual en el plano horizontal, la radiación difusa y la temperatura:

Tabla 17- Datos climatológicos

Mes	Radiación global (kWh/m ²)	Radiación Difusa (kWh/m ²)	Temperatura ambiente (°C)
Enero	62	27,4	7,8
Febrero	81	32,8	8,3
Marzo	128,3	50,8	10,9
Abril	155,7	60,2	13,6
Mayo	188	72,4	17,4
Junio	200,7	73,7	21,1
Julio	208,4	71,3	23,8
Agosto	180,3	66,1	23,9
Septiembre	136,7	51,8	20,6
Octubre	102,6	41,5	16,9
Noviembre	65,3	28,7	11,7
Diciembre	53,3	24,6	8,4
Total, anual	1562,3	601,3	15,4

3.3.2. Dimensionado del inversor

A partir del requerimiento técnico de obtener 99,99 kW, se selecciona el inversor que se detalla en el apartado 3.2.3, cuya potencia nominal es de 100 kW. Además, al tener definido el módulo



fotovoltaico se puede plantear la conexión de módulos en función del número de estos en serie y en paralelo.

En primer lugar, se opta por determinar el número máximo de módulos que pueden conectarse en serie, cuya limitación es la tensión máxima de entrada al inversor. Para estar del lado de la seguridad se aplica la tensión de circuito abierto de los módulos, que es la máxima, para una temperatura de -10°C ya que es muy altamente improbable que se de esa temperatura ambiente con una radiación de 1000 W/m^2 . Por tanto:

$$V_{OC}(-10^{\circ}\text{C}) = V_{OC} + \alpha \times (T_1 - 25) = 51,125 \text{ V}$$

Donde:

α : Coeficiente de variación de tensión con la temperatura ($\text{V/}^{\circ}\text{K}$), para este caso $-0,15$.

T_1 : La temperatura más baja a la que se dan las condiciones de 1000 W/m^2 , 10°C .

Por lo tanto, es posible calcular el número máximo de conductores en serie según:

$$N_{max,serie} = \frac{V_{max,inv.}}{V_{OC}(-10^{\circ}\text{C})} = \frac{820}{51,125} = 16 \text{ módulos en serie}$$

Se ha optado por escoger, debido también a la superficie disponible en el tejado de la nave industrial el número máximo de módulos en serie que admite el inversor.

A continuación, se dimensiona el número de ramas en paralelos. Para ello hay que realizar una corrección de la corriente, que es el parámetro que condiciona a tal caso, en función de la temperatura real de funcionamiento de la célula según:

$$T_{célula} = T_{ambiente} + (TONC - 20) \cdot \frac{E}{800} = 76,25^{\circ}\text{C}$$

Siendo:

$T_{ambiente}$ = Temperatura del ambiente, en este caso se opta por una desfavorable de 45°C al ser elevada.

$TONC$ = Temperatura de operación nominal de la célula que es de 45°C .

E = Radiación solar que suponemos de 1000 W/m^2 .

$$I_{SC,máx} = I_{SC,STC} + \alpha \cdot (T_{célula} - 25) = 9,88 \text{ A}$$

Donde:

$I_{SC,STC}$ = Corriente de cortocircuito en condiciones estándar del módulo, siendo $9,69 \text{ A}$.

α = Coeficiente de temperatura, que en este caso al ser cobre o aluminio es de $0,0039$.

Finalmente se obtiene el número de cadenas máximas que admite el inversor en paralelo según

$$N_{max,paralelo} = \frac{I_{DC,máx,inversor}}{I_{SC,máx}} = 26 \text{ módulos en paralelo como máximo}$$

Siendo:

$I_{DC,máx,inversor}$ = La intensidad máxima en corriente continua del inversor, que es de 258 A .

Puesto que, si se fija el número de módulos en serie por decisiones constructivas, si se utilizan 26 ramas en paralelo se obtiene una potencia de 161,4 kW, siendo los paneles de 345 W. Para conseguir la potencia más cercana al objetivo se requieren:

$$N_{paralelo} = \frac{P_{instalación}}{P_{módulos} \cdot N_{max,serie}} = \frac{99999}{345 \cdot 16} \approx 18 \text{ módulos en paralelo}$$

Por lo tanto, se tiene una potencia pico instalada de:

$$P_{pico,instalación} = P_{módulos} \cdot N_{serie} \cdot N_{paralelo} = 99,4 \text{ kWpico}$$

Con un total de 288 módulos.

3.3.3. Dimensionado del cableado

En primer lugar, se realiza el cálculo de la sección del cableado según el criterio del calentamiento. Para ello se obtiene la intensidad que circula por el circuito según la ITC-BT-07 e ITC-BT-19.

- Primer nivel: Comprende de la mesa a la caja de conexión. En este caso la instalación está directamente al sol, agrupadas en canalizaciones mediante bandejas perforadas que como máximo agrupan 3 cables. Los factores pertinentes se explican a continuación.
 - Agrupamiento de 3 circuitos, lo que implica un factor de 0,8.
 - Temperatura de 40º de funcionamiento, lo que supone un factor de 0,88.
 -
- Segundo nivel: Comprende una instalación subterránea cuyas condiciones son, de cara a los cálculos de intensidad máxima admisible, las que se mencionan a continuación
 - Resistividad del terreno de 1 K ·m/W, lo que supone un factor unitario.
 - Profundidad a la que se instalan los cables de 0,85 metros, siendo el factor de reducción de 0,985
 - Temperatura del terreno de 40º C, teniendo factor unitario
 - Número de líneas que alberga, en el caso más desfavorable 3, con un factor de 0,7
 - Al ser dos cables unipolares cada uno de los circuitos, se mayor por un factor de 1,225.

Por lo tanto, se tienen unas intensidades máximas admisibles para el nivel 1 y para el nivel 2 de la instalación fotovoltaica de 23 y 80 respectivamente, las cuales están por encima de las intensidades que van a circular por cada uno de los niveles.

Además, se ha seguido las recomendaciones del IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, que proponen una caída de tensión máxima del 1,5% para este tipo de instalaciones. Para favorecer la viabilidad técnica del proyecto, se ha optado por fijar una sección de 2,5 mm² en el tramo del primer nivel, requiriendo entonces una sección de 35 mm² en el segundo nivel.

Los cálculos se han realizado siguiendo la metodología explicada en el apartado 3.3.32.3.2, obteniéndose los resultados que se muestran en el Anexo 11: Dimensionado de la instalación fotovoltaica.

3.3.4. Dimensionado de las protecciones

En este apartado se requieren de dos protecciones diferentes en función del nivel en el que se quiera realizar la función de protección. A pesar de los diferentes elementos de protección, en ambos niveles se ha optado por escoger fusibles de protección, que servirá como seccionador en las tareas de mantenimiento que se requieran y evitaren corrientes inversas excesivas desde otras ramas en caso de sombreados.

Para el tramo de primer nivel, con cableado de cobre de 2,5 mm² de sección, se han de cumplir las siguientes dos condiciones:

- Primera condición:

$$I_{mpp} < I_{n\text{fusible}} < I_z$$

Siendo:

I_{mpp} = Corriente de diseño fijada por los módulos fotovoltaicos

$I_{n\text{fusible}}$ = Corriente nominal del fusible

I_z = Corriente máxima admisible

Por ello se tiene:

$$8,94 < I_{n\text{fusible}} < 23,2$$

Pudiéndose así instalar fusibles del calibre 10, 16 o 20 (A).

- Segunda condición:

$$K \cdot I_{f\text{fusible}} < 1,45 \cdot I_z$$

Siendo:

I_f = La corriente que garantiza el funcionamiento de la protección.

Puesto que los conductores pueden soportar transitoriamente sobrecargas sin deteriorarse de hasta un 145% de la intensidad máxima admisible térmicamente, actuando los fusibles cuando se mantiene la corriente convencional de fusión. Para ello se utiliza la siguiente Tabla 18:

Tabla 18- Criterio de cálculo de la corriente convencional de fusión

I_n (A)	Tiempo convencional (h)	Factor
$I_n \leq 4$	1	$2,1 \cdot I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 \cdot I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 \cdot I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 \cdot I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 \cdot I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 \cdot I_n$

Por ello se tiene:

$$1,9 \cdot 10 < 1,45 \cdot 23,2$$

Lo cual permite instalar un fusible a la entrada de cada caja de 10 A. El de 16 A también se podría escoger, pero se opta por el de menor coste para incrementar la rentabilidad de la instalación.

Para el tramo de segundo nivel hay que realizar exactamente la misma metodología de dimensionado del fusible, siendo en este caso los valores de cada una de las condiciones:

- Primera condición:

$$54 < I_{n\text{fusible}} < 80$$

- Segunda condición:

$$1,6 \cdot 63 < 1,45 \cdot 80$$

Cumpléndose ambas condiciones para los fusibles del calibre 63 A.

3.3.5. Dimensionado de la puesta a tierra

Puesto que la instalación está conectada con la red a partir de un transformador, el cual supone un aislamiento galvánico entre la red y la energía generada, la puesta a tierra se simplifica notoriamente.

Según la “Nota de interpretación de la equivalencia de la separación galvánica de conexión en instalaciones generadoras en baja tensión”, cuya fuente es el ministerio de industria, turismo y comercio, la instalación del tramo en corriente continua se constituye como un esquema IT, con los conductores aisladores de la tierra. Además, las masas se conectarán a tierra mediante latiguillos de cobre cuando no se garantice la continuidad eléctrica.

Asimismo, el inversor posee un vigilante del aislamiento de los conductores activo y de tierra para evitar que se puedan producir tensiones de contacto peligrosas garantizando la seguridad de las personas.

El tramo de corriente alterna se conectará a las tierras de la instalación del esquema TN, estando aislado de la puesta a tierra del transformador, según dicta el REBT.

3.4 ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA PRODUCIDA

Para el análisis detallado de la producción fotovoltaica se ha utilizado el programa PVSyst que es un software especializado sistemas de este tipo, tanto para huertos solares como para instalaciones de autoconsumo. A continuación, se explicará la metodología que se ha utilizado para obtener los resultados.

3.4.1. Datos climatológicos

Los datos climatológicos utilizados es la media de las bases de datos explicadas con detalle en el punto 3.3.1.

3.4.2. Orientación y sistema fotovoltaico

En este proyecto se ha optado por una instalación fotovoltaica donde las placas están sobre el plano de la cubierta. Al no disponer de los datos reales de la misma, se da por supuesto que es capaz de soportar el sobrepeso que suponen los paneles y las guías para instalarlos, puesto la instalación supone aproximadamente cargar unos 10 kilogramos por metro cuadrado de cubierta.

Puesto que la cubierta de la nave presenta dos inclinaciones, una orientada al sur y otra orientada al norte, y la pendiente de ambas es de 18° se toma aceptable dicha inclinación. A pesar de que la inclinación óptima coincide con la latitud de la ubicación, es muy habitual en España realizar campos fotovoltaicos fijos a 20 o 30 grados, en función de la disponibilidad de espacio que se tenga. Además, al instalarlos de forma que sean coplanares con la cubierta se simplifica ampliamente las estructuras necesarias, requiriendo exclusivamente de guía para fijar los módulos elevados unos 20 centímetros del tejado. Dicha elevación se deja para permitir el paso del viento por debajo de los paneles y así disminuir el efecto del viento, que en el caso de inclinaciones más abruptas de los módulos puede arrancarlos de las fijaciones. Además, al haber ventilación la temperatura de la parte posterior de los módulos se regula mejor de manera natural.

La instalación se realiza exclusivamente en la orientación sur, puesto que presenta mejores rendimientos en el hemisferio donde está situado Rafelbunyol y se tiene el espacio necesario. Finalmente, hay que orientar adecuadamente los paneles para que presenten acimut 0 y así tener el mayor rendimiento posible. Puesto que la nave está desviada unos 25° respecto de la orientación sur, se ha de implementar la instalación de paneles con la orientación del acimut 0° como se muestra en l

Ilustración 8.

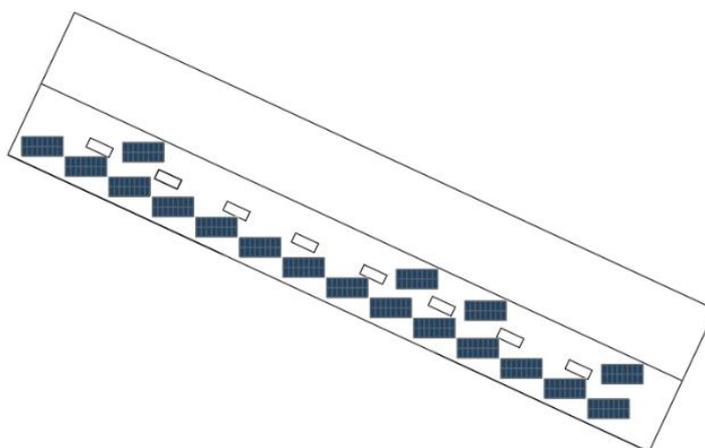


Ilustración 8- Distribución de la instalación fotovoltaica

3.4.3. Pérdidas detalladas

Para la obtención de una generación energética realista se han de definir una serie de parámetros debido a las pérdidas que hay en el sistema. A continuación, se explican los mismos:

- Pérdidas térmicas del campo se escogen un valor habitual de $29 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, puesto que los módulos presentan circulación de aire alrededor debido a la implementación que se ha escogido.
- Las pérdidas en el cableado se ha modelizado según los cálculos que se han realizado en el apartado 3.3.3 con un valor del 1.38 %
- Pérdidas en función de la calidad del módulo, se opta por una pérdida por eficiencia del módulo respecto a la que indica el fabricante del 1% y del peor funcionamiento del módulo cuando la tensión no es la que permite el funcionamiento en MPPT del 2%.
- Las pérdidas por suciedad se consideran del 3% que es el valor que define el PVsyst por defecto.

3.4.4. Pérdidas cercanas

Para las pérdidas cercanas se ha modelizado la instalación de manera aproximada en formato 3D. Como las cuatro mesas superiores están ubicadas con una pendiente de 18° por encima de las mesas inferiores en este caso las pérdidas cercanas son inexistentes, puesto que no hay sombreados entre los módulos. Además, no hay objetos cercanos que puedan generar sombras puesto que la nave es la más alta de la zona.

3.4.5. Pérdidas lejanas

Al haber utilizado el software de geolocalización Arcmap y disponer de los datos del municipio de Rafelbunyol gracias al Centro Nacional de Descargas, de donde se puede descargar la base topográfica nacional a escala 1:25000 es posible modelizar las pérdidas lejanas fácilmente.

Las pérdidas lejanas son las producidas por elementos que están a una distancia considerable pero que pueden generar sombras en determinados momentos del día. En este proyecto, el monte más destacable es el Monte Picayo, pero se ubica al norte de la instalación, por lo que debido a la trayectoria descrita por el sol y estar orientados al sur, no afecta.

Se han escogido 20 puntos de la BTN 25, donde se tienen la información de los puntos más relevantes de la zona. Entre la información se tiene las coordenadas en el plano X e Y y también la cota de cada uno de los puntos, por lo tanto, se puede plantear un triángulo de Pitágoras entre las coordenadas de la nave industrial, el punto seleccionado y la altura. A partir del triángulo se puede calcular el acimut del punto con respecto a la nave y la diferencia de altura en grados entre ambos, pudiendo rellenar los datos que exige el PVsyst.

3.4.6. Previsión de energía generada

Al modelizar la instalación fotovoltaica se obtienen los siguientes resultados de generación:

- Producción del sistema: 151 MWh/ año
- Producción específica: 1520 kWh/(kWp·año)
- Índice de rendimiento: 0,834
- Pérdidas del conjunto: 0,68 kWh/(kWp·día)
- Pérdidas del sistema: 0,14 kWh/ (kWp· día)
- Ahorro de emisiones de CO₂: 945,6 toneladas.

En la Ilustración 9 se muestra el porcentaje de autoconsumo que se ha conseguido con la instalación fotovoltaica.

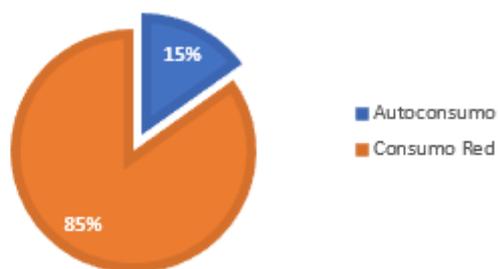


Ilustración 9- Autoconsumo debido a la generación fotovoltaica

En el Anexo 10: Simulación de la generación fotovoltaica se tiene el informe detallado de la generación.

La energía producida sirve como base para el CAPÍTULO 4, donde se analiza de forma detallada la rentabilidad de la inversión y se calcula el ahorro anual que se consigue en la tarifa eléctrica gracias a la producción eléctrica que se realiza.

Además, se consigue un ahorro considerable de emisiones de CO₂, lo que supone cumplir con los objetivos estipulados en el proyecto para el cumplimiento de la Directiva 2012/27/UE para disminuir un 20% los niveles de emisión de dicho gas.

3.5 COSTE DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

A continuación, se muestra una tabla resumen, la Tabla 19, con el precio de los principales elementos de la instalación. En el presupuesto se ha detallado cada una de las partidas necesarias para la correcta elaboración del proyecto de la instalación fotovoltaica. El precio del cableado y de las protecciones se ha obtenido del Instituto Valenciano de la Edificación, mientras que los valores de los paneles e inversor se ha conseguido a través de los proveedores.

Tabla 19- Precios unitarios de los elementos principales

Elemento	Precio unitario (€)	Medición
Panel solar	75,62	288 ud.
Inversor	3469	1 ud.
Cable cobre 2,5 mm ²	0,97	261 m.
Cable aluminio 35 mm ²	2,46	250 m.
Fusibles de calibre 16 A	0,62	288 ud.
Fusibles de calibre 63 A	3,34	3 ud.
Caja de enlace	15,64	3 ud.
Estructura para dos módulos	205,69	144 ud.
Contador	132,78	1 ud.

Una vez aclarados los elementos claves de la instalación, se realiza el presupuesto detallado y realista de la instalación fotovoltaica. Se han tenido en cuenta los recursos humanos necesarios para la ejecución de la obra como son los electricistas o el oficial y los recursos indirectos asociados a otros gastos de gestión y administración. El coste total de la instalación fotovoltaica asciende a **66.858,49 €**.

3.6 TRAMITACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Además de la realización del proyecto técnico, es fundamental la tramitación de este para que pueda ser ejecutable de forma legal. Para ello, gracias al reciente Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica es posible elaborar una estrategia enfocada a la tramitación de la instalación de la forma más simplificada posible.

Los puntos principales para la tramitación del proyecto son los siguientes:

1. **Diseño de la instalación**, que al ser mayor de 10 kW requiere del proyecto técnico elaborado por el técnico titulado competente.
2. Permiso de acceso y conexión y consecución de avales si es preciso, que en este caso no presentar excedentes la instalación no es necesario la realización de este punto.
3. **Licencia de obras**, que ha de ser consultada con el ayuntamiento de Rafelbunyol.



4. **Autorización ambiental y utilidad pública**, que se tramita a través del órgano competente de la comunidad autónoma siendo en este caso la Generalitat Valenciana.
5. Autorización administrativa previa y de construcción, que al ser una instalación fotovoltaica de 100 kW no es necesario realizar ninguna tramitación.
6. **Ejecución de la instalación**, en este caso es un proceso interno, donde se puede realizar la subcontratación de los distintos factores para la correcta o activar los procesos propios de la empresa promotora.
7. **Certificado de la instalación**. Al ser mayor de 10 kW es de obligado cumplimiento obtener el certificado de la instalación eléctrica y el certificado de final de obra.
8. **Inspección inicial y periódica**, para la cual habría que contactar con la Generalitat Valenciana.
9. **Autorización de explotación**, que al ser mayor de 10 kW la instalación fotovoltaica es necesario consultar a la Generalitat Valenciana.
10. Contrato de acceso. En este proyecto no hay excedentes, por lo que se ha de formalizar el contrato con la distribuidora
11. Contrato de servicios auxiliares, no es necesario debido a no haber excedentes.
12. Licencia de actividad, que para este proyecto están exentas.
13. Contrato de compensación de excedentes. Este punto no es necesario, puesto que se ha optado por un sistema de generación que está enfocada exclusivamente a la generación para el propio consumo.
14. **Registro autonómico de instalaciones de autoconsumo**. Al tener una potencia de 100 kW es realizado de oficio por la Generalitat Valenciana en base al certificado de la Instalación Eléctrica.
15. **Registro estatal de instalaciones de autoconsumo**. Gestión de oficio por la Generalitat Valenciana en base al registro autonómico.
16. Registro de instalaciones de producción, que al no haber excedentes no es pertinente.
17. Representante de mercado, que no se aplica al no haber excedentes.

Por lo tanto, la tramitación del proyecto de generación de energía mediante fotovoltaica se ha conseguido simplificar al máximo debido a los requisitos y enfoque iniciales que se han marcado en el proyecto.

La simplificación de la tramitación para un proyecto de este tipo es esencial, puesto que, aunque la consecución de los distintos procesos no sea compleja si el proyecto está bien diseñado suponen una demora muy larga que puede poner en peligro el seguimiento del cronograma elaborado del proyecto con los sobrecostes que pueda implicar.

CAPÍTULO 4. RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN

1. ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS

En el presente punto se analizan las medidas adoptadas en la instalación con respecto a la instalación que se habría proyectado convencionalmente. Por lo tanto, en este capítulo se trata de estudiar si la instalación fotovoltaica y el sobrecoste de instalación que supone el cableado bajo los criterios de eficiencia energética son interesantes a nivel económico.

El coste total de la instalación fotovoltaica es, como se ha desarrollado en el capítulo anterior, de **66.858,48 €**. Mientras que el sobrecoste de la instalación bajo criterios de eficiencia energética respecto a la instalación tradicional es, de manera aproximada según lo explicado en el apartado 2.6 y sin tener en cuenta las protecciones, canalizaciones y demás elementos comunes a la instalación, de **7.601,54 €**. El ahorro estimado, de la instalación bajo criterios de eficiencia energética, en los 25 años de vida útil según lo analizado es de **77.964,52 €**. A partir de estos datos de partida y teniendo en cuenta las tarifas eléctricas y previsiones de la evolución del mercado eléctrico es posible realizar un estudio más detallado para determinar si es interesante la instalación económica. Para ello se van a utilizar términos habituales para este tipo de inversiones como son el VAN, el tiempo de retorno, la tasa de actualización y demás parámetros económicos.

Para el cálculo de la rentabilidad de la inversión no se tendrán en cuenta los valores fijos que están comunes tanto a la instalación proyectada como a la diseñada bajo criterios convencionales. Por ejemplo, el término de potencia es un parámetro que no se tendrá en cuenta puesto que en ambas se mantendrá constante.

Independientemente del apartado económico que se analiza en el presente capítulo es importante recordar que una instalación de estas características es muy interesante desde el punto medioambiental y social ya que está enfocado hacia una transición energética sostenible.

2. FACTURACIÓN ELÉCTRICA

En primer lugar, es necesario definir las condiciones de precio eléctrico bajo las cuales se encuentra actualmente la industria analizada en este proyecto. Debido a las características de esta, se tiene contratada una tarifa 3.1 A, muy típica en el sector industrial.

Esta tarifa está definida en tres periodos, que son el punta, el llano y el valle, cuyo reparto de horas depende del momento estacional del año. El periodo de invierno comprende de los meses de octubre a marzo, ambos incluidos. Y el periodo de invierno de abril a septiembre,

completando así el año. En la Ilustración 10 se muestran cómo están repartidos los periodos a lo largo del día y en la Tabla 20 se muestran los precios de cada uno.

Ilustración 10- Periodos de la tarifa eléctrica



Tabla 20- Periodo tarifario contratado

Precio periodo punta	Precio periodo llano	Precio periodo valle
0,126941 €/kWh	0,100231 €/kWh	0,076736 €/kWh

Así pues, se analiza el precio medio que se obtiene con dicha tarifa se puede calcular de la siguiente forma

$$\begin{aligned}
 P_{medio} &= \left(\left(\frac{h_{punta,ver}}{16} \cdot P_{punta} + \frac{h_{llano,ver}}{16} \cdot P_{llano} + \frac{h_{valle,ver}}{16} \cdot P_{valle} \right) \cdot 0,5 \right. \\
 &\quad \left. + \left(\frac{h_{punta,inv}}{16} \cdot P_{punta} + \frac{h_{llano,inv}}{16} \cdot P_{llano} + \frac{h_{valle,inv}}{16} \cdot P_{valle} \right) \cdot 0,5 \right) \\
 &= 0,106 \text{ €/kWh}
 \end{aligned}$$

Siendo:

$h_{punta,ver}$ = horas en periodo punta en verano, en este caso 6.

$H_{llano,ver}$ = horas en periodo llano en verano, en este caso 8.

$H_{valle,ver}$ = horas en periodo valle en verano, en este caso 2.

$h_{punta,inv}$ = horas en periodo punta en invierno, en este caso 5.

$H_{llano,inv}$ = horas en periodo llano en invierno, en este caso 9.

$H_{valle,inv}$ = horas en periodo valle en invierno, en este caso 2.

Una vez se tiene el precio medio de la electricidad, es posible realizar tanto el análisis económico detallado como afinar el proceso iterativo para conocer cuál es la sección óptima desde el criterio de eficiencia energética.

3. ANÁLISIS ECONÓMICO INSTALACIÓN COMPLETA

El análisis de las medidas adoptadas se va a enfocar desde el punto de vista del ahorro económico. Partiendo de la energía que se deja de consumir con la instalación bajo criterios de eficiencia energética y de la energía que se aporta por la generación fotovoltaica es posible realizar un análisis económico más tradicional, mediante los modelos del VAN y del TIR.

Como se aprecia en el Anexo 8: Solución implementada, el ahorro de energía con las medidas energéticas es de 807 MWh, lo que supone un ahorro mensual de 2.690,75 kWh. Además, con la instalación fotovoltaica que se ha diseñado se inyectan anualmente 151 MWh.

Al disponer del precio de 0,106 €/ kWh, es posible calcular el dinero ahorrado con ambas medidas, multiplicando el precio por la suma de lo ahorrado por eficiencia energética y lo generado por la instalación fotovoltaica. Por lo tanto, el ahorro base se puede calcular como:

$$\text{Ahorro} = \text{Precio} \cdot \text{Energía} = 0,106 \cdot (151000 + 32.289,08) = 19.428,64\text{€}$$

A partir del ahorro base, es posible calcular el Valor Actual Neto y el Tir según:

$$VAN = \sum_{T=1}^{25} \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde

V_t = Valor ahorrado, que se actualiza para cada periodo en este caso.

k = Tasa de interés.

t = Número de periodos, en este caso 25.

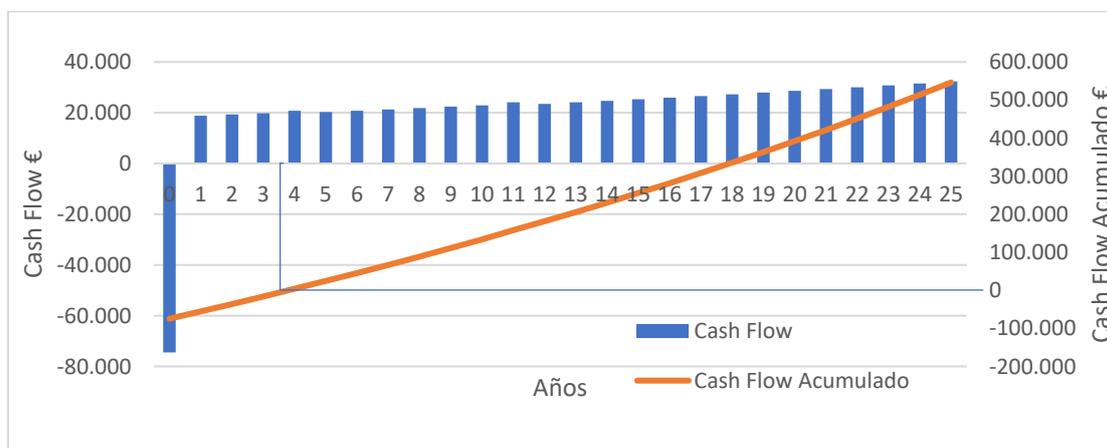
Por su parte el TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea nulo, por lo tanto, están muy ligados. A continuación, se detallan los pasos realizados para calcular ambos parámetros.

En primer lugar, puesto que el precio de la electricidad es variable y que también incurren gastos de mantenimiento, se va a utilizar una modificación del Valor ahorrado para cada periodo. Ante la complejidad que supone prever como va a evolucionar el precio de la electricidad en los próximos 25 años, se toma un incremento, más que conservador del 3%. La estimación se ha realizado a partir de la evolución del IPC, aportado por el Instituto Nacional de Estadística, según el cual el IPC ha variado un 2,9 % en los dos últimos años y hasta un 76% en los últimos 25 años. Además, en base a conocimiento de precios de mantenimiento en el sector, por proyectos relacionados, se puede disminuir el ahorro un 0,5% anual debido a tareas de mantenimiento.

Ante lo expuesto se obtiene la siguiente Tabla 21 la evolución del cash Flow y del cash Flow acumulado. Así mismo, es posible calcular fácilmente el VAN de la inversión, gracias a las hojas de Excel. Partiendo de una tasa de interés del 5%, habitual para las entidades financieras a la hora de valorar este tipo de actividades, es posible obtener un **VAN de 203.772 €** y un **TIR de 28%, con un tiempo de retorno de aproximadamente 3 años.**

Tabla 21- Análisis económico de la instalación completa

Amortización a 25 años		Acumulado
tasa	5,00%	
0	-74.460	-74.460
1	19.429	-55.031
2	19.911	-35.120
3	20.406	-14.714
4	21.386	6.672
5	20.913	27.585
6	21.433	49.018
7	21.966	70.984
8	22.511	93.496
9	23.071	116.566
10	23.644	140.211
11	24.826	165.037
12	24.232	189.269
13	24.834	214.103
14	25.451	239.554
15	26.084	265.637
16	26.732	292.369
17	27.396	319.765
18	28.077	347.842
19	28.774	376.616
20	29.490	406.106
21	30.222	436.328
22	30.973	467.301
23	31.743	499.045
24	32.532	531.576
25	33.340	564.917
VAN		203.772
TIR		28,0%



Gráfica 12 - Evolución del Cash Flow con la instalación completa

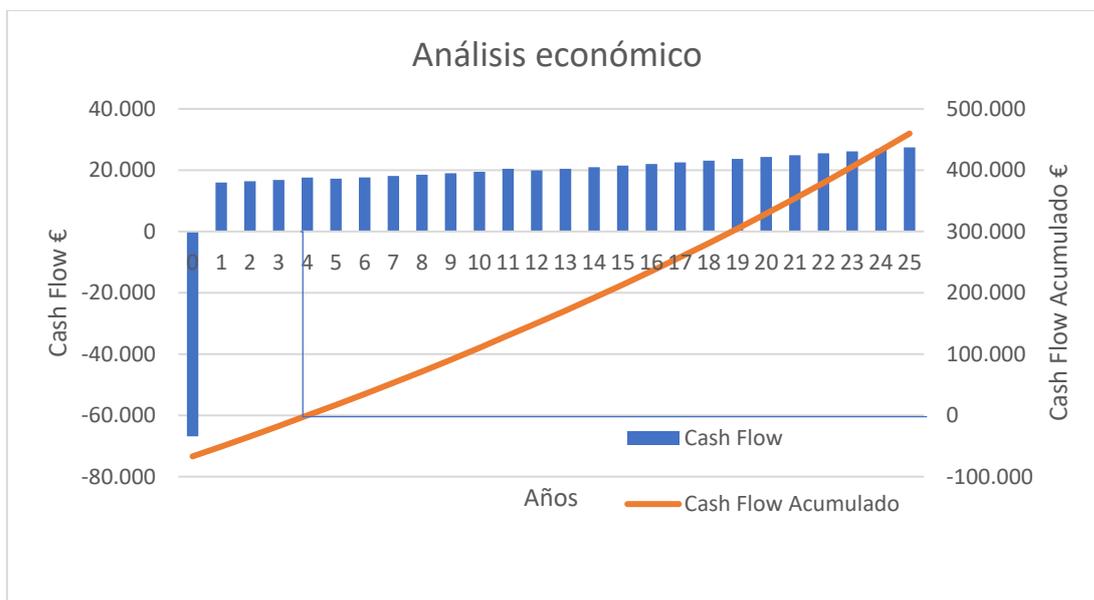
Puesto que los resultados son muy favorables, pese a partir de hipótesis muy desfavorables y conservadoras, se va a optar por analizar cada una de las medidas por separado para analizar su propia rentabilidad bajo las mismas hipótesis.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este caso, la **inversión es de 66.858,49 €**, mientras que el ahorro base anual es de 16.006 €. Realizando un proceso análogo al del apartado 3 se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 22 y en la Gráfica 13. **El VAN es de 162.359 € y el TIR del 25,7%, con un tiempo de retorno que no llega a los 4 años.**

Tabla 22 - Análisis económico de la instalación fotovoltaica

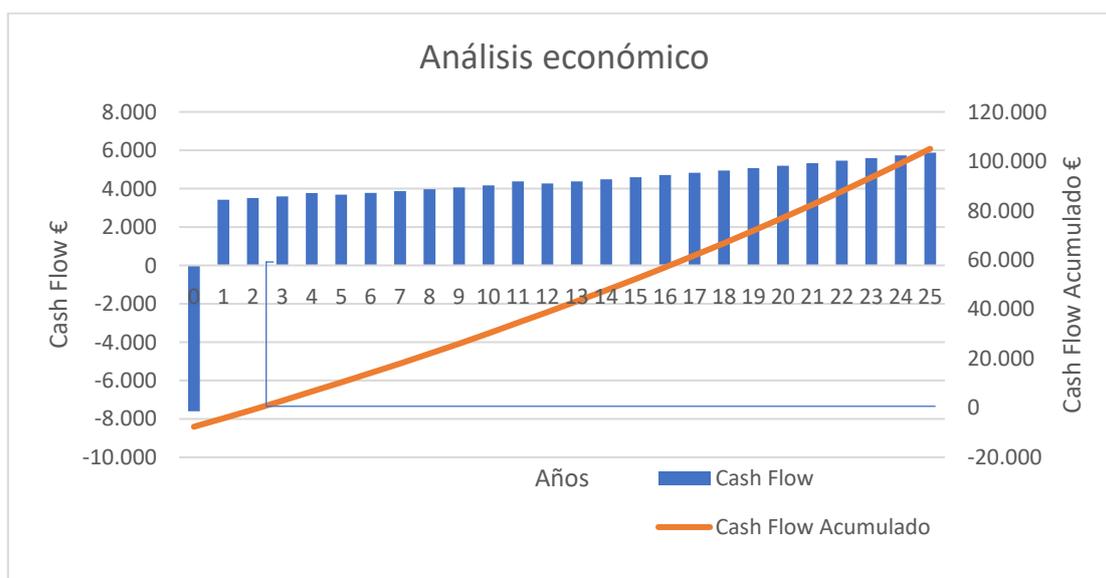
	Amortización a 25 años	Acumulado
tasa	5,00%	
0	-66.858	-66.858
1	16.006	-50.852
2	16.404	-34.449
3	16.811	-17.637
4	17.618	-19
5	17.229	17.210
6	17.657	34.867
7	18.096	52.963
8	18.546	71.509
9	19.007	90.516
10	19.479	109.995
11	20.453	130.448
12	19.963	150.411
13	20.459	170.870
14	20.967	191.837
15	21.489	213.326
16	22.023	235.348
17	22.570	257.918
18	23.131	281.049
19	23.705	304.754
20	24.295	329.049
21	24.898	353.947
22	25.517	379.464
23	26.151	405.615
24	26.801	432.416
25	27.467	459.883
VAN		162.359
TIR		25,7%



Gráfica 13 - Evolución del Cash Flow de la instalación fotovoltaica

5. ANÁLISIS ECONÓMICO INSTALACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Finalmente, para el análisis de la medida de eficiencia energética se parte de un coste inicial de 7601,54 € y el dinero ahorrado es el correspondiente a la facturación eléctrica de 32.279,08 kWh, a un precio de 0,106 €/kW. Por lo tanto, al **año el ahorro es de 3.423,59 €**. Tras proceder de manera análoga a los apartados anteriores se obtienen los resultados que se muestran en la Gráfica 14 y en la Tabla 23 . **El VAN es de 41.413 y el TIR es del 47,3 %**.



Gráfica 14- Evolución del Cash Flow de la instalación bajo criterios de eficiencia energética

Tabla 23- Análisis económico de la instalación fotovoltaica

Amortización a 25 años		Acumulado	
tasa	5,00%		
0	-7.602		-7.602
1	3.423		-4.179
2	3.508		-671
3	3.595		2.924
4	3.767		6.691
5	3.684		10.375
6	3.776		14.151
7	3.870		18.021
8	3.966		21.986
9	4.064		26.051
10	4.165		30.216
11	4.374		34.589
12	4.269		38.858
13	4.375		43.233
14	4.484		47.717
15	4.595		52.312
16	4.709		57.021
17	4.826		61.847
18	4.946		66.793
19	5.069		71.862
20	5.195		77.057
21	5.324		82.381
22	5.456		87.838
23	5.592		93.430
24	5.731		99.161
25	5.873		105.034
VAN			41.413
TIR			47,3%

6. RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

Se aprecia que las dos medidas adoptadas presentan una rentabilidad que hace interesante la inversión. En primer lugar, se demuestra que en menos de 3 años se tiene amortizada económicamente la instalación de eficiencia energética, además de que el sobrecoste que supone la instalación es muy pequeño en comparación con el coste que tiene una bajo criterios convencionales. Además, la instalación fotovoltaica también es muy interesante, puesto que a la larga presenta beneficios muy suculentos y su tiempo de retorno es bajo.

Por lo tanto, se recomienda a las empresas a tomar medidas como la instalación con un cableado siguiendo principios de eficiencia energética como metodología habitual y también se anima a invertir en medidas como la instalación fotovoltaica tanto por los resultados económicos como por las ventajas medioambientales que conllevan.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto de Instalación eléctrica en una industria química con una potencia instalada de 275 kVA, aplicando la Directiva 2012/27/UE para la mejora de la eficiencia energética.



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Recapitulando toda la información presentada en el documento es posible analizar los resultados para valorar si objetivamente se han cumplido los objetivos impuestos en el proyecto.

Se ha realizado el diseño del cableado de una instalación bajo criterios de eficiencia energética. El dimensionado de la instalación ha cumplido con los requisitos impuestos en el REBT y a su vez se han disminuido las pérdidas por efecto Joule en los conductores. Para ello se ha dimensionado la instalación eléctrica según criterios convencionales, para comparar los resultados, y mediante un proceso iterativo para conseguir la solución óptima.

La **instalación eléctrica** seleccionada tiene un coste de **111.917,99 €**, lo que conlleva a un **sobrecoste** por las medidas de eficiencia energética de **7.601,54 €**. Además, analizando la **disminución de pérdidas** se llega a la conclusión de que se ha disminuido el consumo **32.298,08 kWh al año**, lo que supone a lo largo de la **vida útil de la instalación 807,23 MWh**, que equivalen a **85.566,07 €** con la tarifa que tiene actualmente la empresa contratada. Así mismo, se ha estimado que **la reducción de emisiones de CO₂ es de 314,8 toneladas**.

La **instalación fotovoltaica** supone un desembolso de **66.858,49 €**. Al haberse proyectado una **potencia pico de 99,4 kW**, con las condiciones técnicas y meteorológicas impuestas, es posible la **generación de 151 MWh anuales**. La disminución de la tarifa eléctrica supone un **ahorro de 16.006 € al año**. Además, gracias a la obtención de energía a partir del recurso renovable que es el sol se estima una reducción de **945,6 toneladas de CO₂**. Cabe apuntar que la **tramitación** de la instalación fotovoltaica se ha **simplificado lo máximo posible** debido a las especificaciones impuestas por el diseño y además se tiene un **periodo de retorno inferior a 4 años**.

Haciendo un balance económico de la instalación en conjunto, la implementación de ambas medidas es muy atractiva económicamente. Esto se debe a que el **VAN** que presentan es de **203.772 €**, siendo muy mayor a 0 para la tasa de interés fijada, y el **TIR es del 28 %**. Además, se concluye rápidamente que la medida del dimensionado bajo eficiencia energética supone un coste muy bajo y se amortiza muy rápidamente mientras que la instalación fotovoltaica tiene un coste bastante mayor, pero genera a su vez beneficios muy interesantes.

Analizados los resultados es importante incidir en que medidas de este tipo tienen que ser adoptadas por las empresas, pero no solo exclusivamente porque desde Europa se fijan unos



objetivos como los de la Directiva 2012/27/UE, sino porque sean conscientes de los beneficios económicos y medioambientales que conllevan.

Así pues, los políticos comienzan a tomar conciencia de la relevancia de estos asuntos como se puede apreciar con la constitución del Ministerio para la Transición Ecológica o con las directivas que se fijan en la Unión Europea. Pero para la consecución de una transición energética rica y consolidada es necesario que toda la población tome conciencia tanto del propio rol que tiene como del estado del planeta en el que habitamos.

Para ello las empresas han de afrontar su rol de generadores, tanto de productos o servicios como de métodos sostenibles para la consecución de estos. Los ciudadanos han de asumir su rol de consumidores y como tal hacerlo desde una forma responsable y consecuente con el medioambiente. Los políticos han de aumentar las iniciativas que consigan una producción energética sostenible y que disminuyan los consumos globales de energía. Finalmente, en facultades como en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y demás integrantes de la Universidad Politècnica de València se ha de promover muy activamente este tipo de propuestas ya sea divulgando, apoyando o invirtiendo.

Por lo tanto, se concluye el proyecto con un coste total de la instalación presupuestado de **212.374,31 €**. La instalación es completamente funcional, ya que cumple con los requisitos impuestos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión , y se consiguen grandes mejoras en base a cumplir la Directiva 2012/27/UE.

DOCUMENTO 2-PRESUPUESTO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto de Instalación eléctrica en una industria química con una potencia instalada de 275 kVA, aplicando la Directiva 2012/27/UE para la mejora de la eficiencia energética.



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

1. PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01	Instalación eléctrica								
01.01	Cuadro general								
01.01.01	Línea subcuadro 1								
01.01.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.01.01					1,05		7,50	7,88
01.01.01.02 PIEC.1baabj	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 70 mm2								
	Total partida 01.01.01.02					4,20		8,11	34,06
01.01.01.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.01.03					0,02		41,94	0,84
	Total capítulo 01.01.01					46		42,78	1.967,88
01.01.02	Línea subcuadro 2								
01.01.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.02.01					1,05		7,50	7,88
01.01.02.02 PIEC.1baabi	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 50 mm2								
	Total partida 01.01.02.02					1,05		5,73	6,02
01.01.02.03 PIEC.1baabge	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 25 mm2								
	Total partida 01.01.02.03					1,05		3,05	3,20
01.01.02.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.02.04					0,02		17,10	0,34
	Total capítulo 01.01.02					45		17,44	784,80
01.01.03	Línea subcuadro 3								
01.01.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.03.01					1,05		7,50	7,88
01.01.03.02 PIEC.1baabh	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 35 mm2								
	Total partida 01.01.03.02					3,15		4,26	13,42
01.01.03.03 PIEC.1baabf	Cable cobre RV.K 0.6/1kV 16 mm2								
	Total partida 01.01.03.03					1,05		2,05	2,15
01.01.03.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.03.04					0,02		23,45	0,47
	Total capítulo 01.01.03					62		23,92	1.483,04
01.01.04	Línea subcuadro 4								
01.01.04.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.04.01					1,05		7,50	7,88



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.01.04.02 PIEC.1baabl	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 120 mm2								
	Total partida 01.01.04.02					3,15		13,60	42,84
01.01.04.03 PIEC.1baabj	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 70 mm2								
	Total partida 01.01.04.03					1,05		8,11	8,52
01.01.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.04.04					0,02		59,24	1,18
	Total capítulo 01.01.04						88	60,42	5.316,96
01.01.05	Línea subcuadro 5								
01.01.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.05.01					1,05		7,50	7,88
01.01.05.02 PIEC.1baabe	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 10 mm2								
	Total partida 01.01.05.02					4,20		1,38	5,80
01.01.05.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.05.03					0,02		13,68	0,27
	Total capítulo 01.01.05						9	13,95	125,55
01.01.06	Línea subcuadro 6								
01.01.06.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.06.01					1,05		7,50	7,88
01.01.06.02 PIEC.1baabj	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 70 mm2								
	Total partida 01.01.06.02					4,20		8,11	34,06
01.01.06.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.06.03					0,02		41,94	0,84
	Total capítulo 01.01.06						27	42,78	1.155,06
01.01.07	Línea subcuadro 7								
01.01.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.07.01					1,05		7,50	7,88
01.01.07.02 PIEC.1baabj	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 70 mm2								
	Total partida 01.01.07.02					4,20		8,11	34,06
01.01.07.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.07.03					0,02		41,94	0,84
	Total capítulo 01.01.07						35	42,78	1.497,30
01.01.08	Línea subcuadro 8								
01.01.08.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.08.01					1,05		7,50	7,88



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.01.08.02 PIEC.1baabf	Cable cobre RV.K 0.6/1kV 16 mm2								
	Total partida 01.01.08.02						1,05	2,05	2,15
01.01.08.03 PIEC.1baabh	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 35 mm2								
	Total partida 01.01.08.03						3,15	4,26	13,42
01.01.08.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.08.04						0,02	23,45	0,47
	Total capítulo 01.01.08						29,5	23,92	705,64
01.01.09	Línea subcuadro 9								
01.01.09.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.01.09.01						1,05	7,50	7,88
01.01.09.02 PIEC.1baabj	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 70 mm2								
	Total partida 01.01.09.02						1,05	8,11	8,52
01.01.09.03 PIEC.1baabi	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 120 mm2								
	Total partida 01.01.09.03						3,15	13,60	42,84
01.01.09.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.01.09.04						0,02	59,24	1,18
	Total capítulo 01.01.09						142	60,42	8.579,64
01.01.10	Protección subcuadro 1								
01.01.10.01 NSX250F	Interruptor automático de calibre 250 A y poder de corte 36 kA, 3P3d								
	Total partida 01.01.10.01						1,00	2.824,00	2.824,00
	Total capítulo 01.01.10								2.824,00
01.01.11	Protección subcuadro 2								
01.01.11.01 iC6032	Interruptor automático iC60 de calibre 32 A y poder de corte 20 kA, 4P4d								
	Total partida 01.01.11.01						1,00	60,50	60,50
	Total capítulo 01.01.11								60,50
01.01.12	Protección subcuadro 3								
01.01.12.01 iC6032	Interruptor automático iC60 de calibre 32 A y poder de corte 20 kA, 4P4d								
	Total partida 01.01.12.01						1,00	60,50	60,50
	Total capítulo 01.01.12								60,50
01.01.13	Protección subcuadro 4								
01.01.13.01 NSX250F	Interruptor automático de calibre 250 A y poder de corte 36 kA, 3P3d								
	Total partida 01.01.13.01						1,00	2.824,00	2.824,00
	Total capítulo 01.01.13								2.824,00



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Total partida 01.02.02.03						0,02	11,19	0,22
	Total capítulo 01.02.02						8,5	11,41	96,99
01.02.03	Línea 3								
01.02.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.02.03.01						1,05	7,50	7,88
01.02.03.02 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.02.03.02						4,20	0,65	2,73
01.02.03.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.02.03.03						1,05	0,63	0,66
01.02.03.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.02.03.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.02.03						8,25	11,5	94,88
01.02.04	Línea 4								
01.02.04.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.02.04.01						1,05	7,50	7,88
01.02.04.02 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.02.04.02						3,15	0,65	2,05
01.02.04.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.02.04.03						1,05	0,63	0,66
01.02.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.02.04.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.02.04						14,5	10,8	156,60
01.02.05	Línea 5								
01.02.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.02.05.01						1,05	7,50	7,88
01.02.05.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.02.05.02						5,25	0,63	3,31
01.02.05.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.02.05.03						0,02	11,19	0,22
	Total capítulo 01.02.05						25,5	11,41	290,96
01.02.06	Enchufe 1								
01.02.06.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.02.06.01						1,05	7,50	7,88
01.02.06.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
Total partida 01.02.06.02						5,25	0,88	4,62	
01.02.06.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.02.06.03						0,02	12,50	0,25	
Total capítulo 01.02.06						25	12,75	318,75	
01.02.07	Enchufe 2								
01.02.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.02.07.01						1,05	7,50	7,88	
01.02.07.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
Total partida 01.02.07.02						5,25	0,88	4,62	
01.02.07.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.02.07.03						0,02	12,50	0,25	
Total capítulo 01.02.07						25	12,75	318,75	
01.02.08	Protecciones de las líneas del cuadro 1								
01.02.08.01 iC60.16	Interruptor automático iC60 de calibre 16 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.02.08.01						1,00	40,11	40,11	
01.02.08.02 iC60.16	Interruptor automático iC60 de calibre 16 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.02.08.02						1,00	40,11	40,11	
01.02.08.03 iC606	Interruptor automático iC60 de calibre 6 A y poder de corte 10 kA, 4p4d								
Total partida 01.02.08.03						1,00	49,51	49,51	
01.02.08.04 Acti9P25M18	Interruptor automático de calibre 18 A y poder de corte de 15kA, 3P3d								
Total partida 01.02.08.04						1,00	92,00	92,00	
01.02.08.05 iC606	Interruptor automático iC60 de calibre 6 A y poder de corte 10 kA, 4p4d								
Total partida 01.02.08.05						1,00	49,51	49,51	
01.02.08.06 iC601	Interruptor automático iC60 de calibre 1 A y poder de corte 50 kA, 4p4d								
Total partida 01.02.08.06						1,00	55,70	55,70	
01.02.08.07 Acti9P25M4	Interruptor automático de calibre 4 A y poder de corte de 150kA, 3P3d								
Total partida 01.02.08.07						1,00	78,30	78,30	
Total capítulo 01.02.08								405,24	
Total capítulo 01.02								1.876,21	
01.03	Subcuadro 2								
01.03.01	Línea 6								
01.03.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.03.01.01						1,05	7,50	7,88	
01.03.01.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Total partida 01.03.01.02						1,05	0,63	0,66
01.03.01.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.03.01.03						4,20	0,65	2,73
01.03.01.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.03.01.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.03.01						12,5	11,5	143,75
01.03.02	Línea 7.1								
01.03.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.03.02.01						1,05	7,50	7,88
01.03.02.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.03.02.02						5,25	0,88	4,62
01.03.02.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.03.02.03						0,02	12,50	0,25
	Total capítulo 01.03.02						8	12,75	102,00
01.03.03	Línea 7.2								
01.03.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.03.03.01						1,05	7,50	7,88
01.03.03.02 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.03.03.02						3,15	0,65	2,05
01.03.03.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.03.03.03						1,05	0,63	0,66
01.03.03.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.03.03.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.03.03						8	10,8	86,40
01.03.04	Línea 8.1								
01.03.04.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.03.04.01						1,05	7,50	7,88
01.03.04.02 PIEC.1baabg	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 25 mm2								
	Total partida 01.03.04.02						5,25	3,05	16,01
01.03.04.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.03.04.03						0,02	23,89	0,48
	Total capítulo 01.03.04						8	24,37	194,96



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.03.05	Línea 8.2								
01.03.05.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm ²								
	Total partida 01.03.05.01					1,05		0,63	0,66
01.03.05.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.03.05.02					1,05		7,50	7,88
01.03.05.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm ²								
	Total partida 01.03.05.03					3,15		0,65	2,05
01.03.05.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.03.05.04					0,02		10,59	0,21
	Total capítulo 01.03.05					8		10,8	86,40
01.03.06	Línea 9.1								
01.03.06.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.03.06.01					1,05		7,50	7,88
01.03.06.02 PIEC.1baabg	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 25 mm ²								
	Total partida 01.03.06.02					5,25		3,05	16,01
01.03.06.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.03.06.03					0,02		23,89	0,48
	Total capítulo 01.03.06					12,5		24,37	304,63
01.03.07	Línea 9.2								
01.03.07.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm ²								
	Total partida 01.03.07.01					1,05		0,63	0,66
01.03.07.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.03.07.02					1,05		7,50	7,88
01.03.07.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm ²								
	Total partida 01.03.07.03					3,15		0,65	2,05
01.03.07.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.03.07.04					0,02		10,59	0,21
	Total capítulo 01.03.07					12,5		10,8	135,00
01.03.08	Protecciones de las líneas del cuadro 2								
01.03.08.01 Acti9P25MO.63	Interruptor automático de calibre 0,63 A y poder de corte de 150kA, 3P3d								
	Total partida 01.03.08.01					1,00		41,16	41,16
01.03.08.02 IC6025	Interruptor automático IC60 de calibre 25 A y poder de corte 25 kA, 4p4d								
	Total partida 01.03.08.02					1,00		60,50	60,50



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.03.08.03 Acti9P25M0.63	Interruptor automático de calibre 0,63 A y poder de corte de 150kA, 3P3d								
	Total partida 01.03.08.03						1,00	41,16	41,16
01.03.08.04 iC6010	Interruptor automático iC60 de calibre 10 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
	Total partida 01.03.08.04						1,00	55,38	55,38
01.03.08.05 iC600.5	Interruptor automático iC60 de calibre 0,5 A y poder de corte 50 kA, 4p4d								
	Total partida 01.03.08.05						1,00	66,07	66,07
01.03.08.06 iC6025	Interruptor automático iC60 de calibre 25 A y poder de corte 25 kA, 4p4d								
	Total partida 01.03.08.06						1,00	60,50	60,50
01.03.08.07 Acti9P25M0.63	Interruptor automático de calibre 0,63 A y poder de corte de 150kA, 3P3d								
	Total partida 01.03.08.07						1,00	41,16	41,16
	Total capítulo 01.03.08								365,93
	Total capítulo 01.03								1.419,07
01.04	Subcuadro 3								
01.04.01	Línea 10.1								
01.04.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.04.01.01						1,05	7,50	7,88
01.04.01.02 PIEC.1baabg	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 25 mm2								
	Total partida 01.04.01.02						5,25	3,05	16,01
01.04.01.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.04.01.03						0,02	23,89	0,48
	Total capítulo 01.04.01						11,5	24,37	280,26
01.04.02	Línea 10.2								
01.04.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.04.02.01						1,05	7,50	7,88
01.04.02.02 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.04.02.02						3,15	0,65	2,05
01.04.02.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.04.02.03						1,05	0,63	0,66
01.04.02.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.04.02.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.04.02						11,5	10,8	124,20
01.04.03	Línea 11.1								
01.04.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.04.03.01						1,05	7,50	7,88



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.04.03.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.04.03.02					5,25		0,88	4,62
01.04.03.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.04.03.03					0,02		12,50	0,25
	Total capítulo 01.04.03					7,25		12,75	92,44
01.04.04	Línea 11.2								
01.04.04.01 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.04.04.01					3,15		0,65	2,05
01.04.04.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.04.04.02					1,05		7,50	7,88
01.04.04.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.04.04.03					1,05		0,63	0,66
01.04.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.04.04.04					0,02		10,59	0,21
	Total capítulo 01.04.04					7,25		10,8	78,30
01.04.05	Línea 12.1								
01.04.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.04.05.01					1,05		7,50	7,88
01.04.05.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.04.05.02					5,25		0,88	4,62
01.04.05.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.04.05.03					0,02		12,50	0,25
	Total capítulo 01.04.05					8		12,75	102,00
01.04.06	Línea 12.2								
01.04.06.01 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.04.06.01					3,15		0,65	2,05
01.04.06.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.04.06.02					1,05		7,50	7,88
01.04.06.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.04.06.03					1,05		0,63	0,66
01.04.06.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.04.06.04					0,02		10,59	0,21
	Total capítulo 01.04.06					8		10,8	86,40



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.04.07 Línea 13									
01.04.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.04.07.01						1,05		7,50	7,88
01.04.07.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
Total partida 01.04.07.02						1,05		0,63	0,66
01.04.07.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
Total partida 01.04.07.03						3,15		0,65	2,05
01.04.07.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.04.07.04						0,02		10,59	0,21
Total capítulo 01.04.07						12		10,8	129,60
01.04.08 Línea 14									
01.04.08.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
Total partida 01.04.08.01						1,05		0,63	0,66
01.04.08.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.04.08.02						1,05		7,50	7,88
01.04.08.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
Total partida 01.04.08.03						3,15		0,65	2,05
01.04.08.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.04.08.04						0,02		10,59	0,21
Total capítulo 01.04.08						17,5		10,8	189,00
01.04.09 Protecciones de las líneas del cuadro 3									
01.04.09.01 Acti9P25M4	Interruptor automático de calibre 4 A y poder de corte de 150kA, 3P3d								
Total partida 01.04.09.01						1,00		78,30	78,30
01.04.09.02 Acti9P25M1	Interruptor automático de calibre 1 A y poder de corte de 150kA, 3P3d1								
Total partida 01.04.09.02						1,00		78,30	78,30
01.04.09.03 iC6010	Interruptor automático iC60 de calibre 10 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.04.09.03						1,00		55,38	55,38
01.04.09.04 Acti9P25M1	Interruptor automático de calibre 1 A y poder de corte de 150kA, 3P3d1								
Total partida 01.04.09.04						1,00		78,30	78,30
01.04.09.05 iC6010	Interruptor automático iC60 de calibre 10 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.04.09.05						1,00		55,38	55,38
01.04.09.06 Acti9P25M1.6	Interruptor automático de calibre 1,6 A y poder de corte de 150kA, 3P3d								



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
Total partida 01.04.09.06						1,00	78,30	78,30	
01.04.09.07 IC80.16	Interruptor automático iC60 de calibre 16 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.04.09.07						1,00	40,11	40,11	
01.04.09.08 Acti9P25M1.6	Interruptor automático de calibre 1,6 A y poder de corte de 150kA, 3P3d								
Total partida 01.04.09.08						1,00	78,30	78,30	
Total capítulo 01.04.09								542,37	
Total capítulo 01.04								1.624,57	
01.05	Subcuadro 4								
01.05.01	Línea 15.1								
01.05.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.05.01.01						1,05	7,50	7,88	
01.05.01.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
Total partida 01.05.01.02						5,25	0,88	4,62	
01.05.01.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.05.01.03						0,02	12,50	0,25	
Total capítulo 01.05.01						13,5	12,75	172,13	
01.05.02	Línea 15.2								
01.05.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.05.02.01						1,05	7,50	7,88	
01.05.02.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
Total partida 01.05.02.02						1,05	0,63	0,66	
01.05.02.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
Total partida 01.05.02.03						3,15	0,65	2,05	
01.05.02.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.05.02.04						0,02	10,59	0,21	
Total capítulo 01.05.02						13,5	10,8	145,80	
01.05.03	Línea 16.1								
01.05.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.05.03.01						1,05	7,50	7,88	
01.05.03.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
Total partida 01.05.03.02						5,25	0,88	4,62	
01.05.03.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.05.03.03						0,02	12,50	0,25	
Total capítulo 01.05.03						15,5	12,75	197,63	



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.05.04	Línea 16.2								
01.05.04.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.05.04.01					1,05		0,63	0,66
01.05.04.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.05.04.02					1,05		7,50	7,88
01.05.04.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.05.04.03					3,15		0,65	2,05
01.05.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.05.04.04					0,02		10,59	0,21
	Total capítulo 01.05.04					15,5		10,8	167,40
01.05.05	Línea 17								
01.05.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.05.05.01					1,05		7,50	7,88
01.05.05.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.05.05.02					4,20		0,88	3,70
01.05.05.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.05.05.03					0,02		11,58	0,23
	Total capítulo 01.05.05					20		11,81	236,20
01.05.06	Línea 18								
01.05.06.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.05.06.01					1,05		7,50	7,88
01.05.06.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.05.06.02					5,25		0,63	3,31
01.05.06.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.05.06.03					0,02		11,19	0,22
	Total capítulo 01.05.06					27,5		11,41	313,78
01.05.07	Línea 19								
01.05.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.05.07.01					1,05		7,50	7,88
01.05.07.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.05.07.02					4,20		0,88	3,70
01.05.07.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.05.07.03					0,02		11,58	0,23
	Total capítulo 01.05.07					29,5		11,81	348,40



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
Total partida 01.05.10.08						1,00	66,07	66,07	
01.05.10.09 iC60.16	Interruptor automático iC60 de calibre 16 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.05.10.09						1,00	40,11	40,11	
Total capítulo 01.05.10								589,83	
Total capítulo 01.05								4.148,01	
01.06	Subcuadro 5								
01.06.01	Línea 20								
01.06.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.06.01.01						1,05	7,50	7,88	
01.06.01.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
Total partida 01.06.01.02						5,25	0,63	3,31	
01.06.01.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.06.01.03						0,02	11,19	0,22	
Total capítulo 01.06.01						25,5	11,41	290,96	
01.06.02	Línea 21								
01.06.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.06.02.01						1,05	7,50	7,88	
01.06.02.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
Total partida 01.06.02.02						5,25	0,88	4,62	
01.06.02.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.06.02.03						0,02	12,50	0,25	
Total capítulo 01.06.02						11,5	12,75	146,63	
01.06.03	Línea 22.1								
01.06.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.06.03.01						1,05	7,50	7,88	
01.06.03.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
Total partida 01.06.03.02						5,25	0,88	4,62	
01.06.03.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.06.03.03						0,02	12,50	0,25	
Total capítulo 01.06.03						8	12,75	102,00	
01.06.04	Línea 22.2								
01.06.04.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
Total partida 01.06.04.01						1,05	0,63	0,66	
01.06.04.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Total partida 01.06.04.02						1,05	7,50	7,88
01.06.04.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.06.04.03						3,15	0,65	2,05
01.06.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.06.04.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.06.04						8	10,8	86,40
01.06.05	Línea 23.1								
01.06.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.06.05.01						1,05	7,50	7,88
01.06.05.02 PIEC.1baabg	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 25 mm2								
	Total partida 01.06.05.02						5,25	3,05	16,01
01.06.05.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.06.05.03						0,02	23,89	0,48
	Total capítulo 01.06.05						11	24,37	268,07
01.06.06	Línea 23.2								
01.06.06.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.06.06.01						1,05	0,63	0,66
01.06.06.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.06.06.02						1,05	7,50	7,88
01.06.06.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.06.06.03						3,15	0,65	2,05
01.06.06.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.06.06.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.06.06						11	10,8	118,80
01.06.07	Línea 24.1								
01.06.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.06.07.01						1,05	7,50	7,88
01.06.07.02 PIEC.1baabg	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 25 mm2								
	Total partida 01.06.07.02						5,25	3,05	16,01
01.06.07.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.06.07.03						0,02	23,89	0,48
	Total capítulo 01.06.07						24,1	24,37	587,32



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.06.08 Línea 24.2									
01.06.08.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.06.08.01							1,05	7,50	7,88
01.06.08.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
Total partida 01.06.08.02							1,05	0,63	0,66
01.06.08.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
Total partida 01.06.08.03							3,15	0,65	2,05
01.06.08.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.06.08.04							0,02	10,59	0,21
Total capítulo 01.06.08							16,75	10,8	180,90
01.06.09 Protecciones de las líneas del cuadro 5									
01.06.09.01 Acti9P25M1	Interruptor automático de calibre 1 A y poder de corte de 150kA, 3P3d1								
Total partida 01.06.09.01							1,00	78,30	78,30
01.06.09.02 iC6025	Interruptor automático iC60 de calibre 25 A y poder de corte 25 kA, 4p4d								
Total partida 01.06.09.02							1,00	60,50	60,50
01.06.09.03 iC606	Interruptor automático iC60 de calibre 6 A y poder de corte 10 kA, 4p4d								
Total partida 01.06.09.03							1,00	49,51	49,51
01.06.09.04 iC6010	Interruptor automático iC60 de calibre 10 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.06.09.04							1,00	55,38	55,38
01.06.09.05 iC6010	Interruptor automático iC60 de calibre 10 A y poder de corte 10 kA, 4P4d								
Total partida 01.06.09.05							1,00	55,38	55,38
01.06.09.06 Acti9P25M1	Interruptor automático de calibre 1 A y poder de corte de 150kA, 3P3d1								
Total partida 01.06.09.06							1,00	78,30	78,30
01.06.09.07 Acti9P25M1	Interruptor automático de calibre 1 A y poder de corte de 150kA, 3P3d1								
Total partida 01.06.09.07							1,00	78,30	78,30
01.06.09.08 iC6025	Interruptor automático iC60 de calibre 25 A y poder de corte 25 kA, 4p4d								
Total partida 01.06.09.08							1,00	60,50	60,50
Total capítulo 01.06.09									516,17
Total capítulo 01.06									2.297,25
01.07 Subcuadro 6									
01.07.01 Línea 25.1									
01.07.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.07.01.01							1,05	7,50	7,88



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.07.01.02 PIEC.1baabg	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 25 mm2								
	Total partida 01.07.01.02						5,25	3,05	16,01
01.07.01.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.07.01.03						0,02	23,89	0,48
	Total capítulo 01.07.01						11,5	24,37	280,26
01.07.02	Línea 25.2								
01.07.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.07.02.01						1,05	7,50	7,88
01.07.02.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.07.02.02						1,05	0,63	0,66
01.07.02.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.07.02.03						3,15	0,65	2,05
01.07.02.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.07.02.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.07.02						11,5	10,8	124,20
01.07.03	Línea 26.1								
01.07.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.07.03.01						1,05	7,50	7,88
01.07.03.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.07.03.02						5,25	0,63	3,31
01.07.03.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.07.03.03						0,02	11,19	0,22
	Total capítulo 01.07.03						8	11,41	91,28
01.07.04	Línea 26.2								
01.07.04.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.07.04.01						1,05	0,63	0,66
01.07.04.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.07.04.02						1,05	7,50	7,88
01.07.04.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.07.04.03						3,15	0,65	2,05
01.07.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.07.04.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.07.04						8	10,8	86,40



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.07.05 Línea 27									
01.07.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.07.05.01					1,05		7,50	7,88
01.07.05.02 PIEC.1baabg	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 25 mm2								
	Total partida 01.07.05.02					5,25		3,05	16,01
01.07.05.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.07.05.03					0,02		23,89	0,48
	Total capítulo 01.07.05					11,75		24,37	286,35
01.07.06 Línea 28.1									
01.07.06.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.07.06.01					1,05		7,50	7,88
01.07.06.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.07.06.02					5,25		0,88	4,62
01.07.06.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.07.06.03					0,02		12,50	0,25
	Total capítulo 01.07.06					16		12,75	204,00
01.07.07 Línea 28.2									
01.07.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.07.07.01					1,05		7,50	7,88
01.07.07.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.07.07.02					1,05		0,63	0,66
01.07.07.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.07.07.03					3,15		0,65	2,05
01.07.07.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.07.07.04					0,02		10,59	0,21
	Total capítulo 01.07.07					16		10,8	172,80
01.07.08 Línea 29									
01.07.08.01 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.07.08.01					1,05		0,63	0,66
01.07.08.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.07.08.02					1,05		7,50	7,88
01.07.08.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.07.08.03					4,20		0,65	2,73



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.08	Subcuadro 7								
01.08.01	Línea 30								
01.08.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.01.01						1,05	7,50	7,88
01.08.01.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.08.01.02						5,25	0,88	4,62
01.08.01.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.01.03						0,02	12,50	0,25
	Total capítulo 01.08.01						4,75	12,75	60,56
01.08.02	Línea 31								
01.08.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.02.01						1,05	7,50	7,88
01.08.02.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.08.02.02						1,05	0,63	0,66
01.08.02.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.08.02.03						3,15	0,65	2,05
01.08.02.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.02.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.08.02						7,25	10,8	78,30
01.08.03	Línea 32								
01.08.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.03.01						1,05	7,50	7,88
01.08.03.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.08.03.02						1,05	0,63	0,66
01.08.03.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.08.03.03						3,15	0,65	2,05
01.08.03.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.03.04						0,02	10,59	0,21
	Total capítulo 01.08.03						10,75	10,8	116,10
01.08.04	Línea 33								
01.08.04.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.04.01						1,05	7,50	7,88
01.08.04.02 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Total partida 01.08.04.02					3,15		0,65	2,05
01.08.04.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.08.04.03					1,05		0,63	0,66
01.08.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.04.04					0,02		10,59	0,21
	Total capítulo 01.08.04					7		10,8	75,60
01.08.05	Línea 34								
01.08.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.05.01					1,05		7,50	7,88
01.08.05.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.08.05.02					5,25		0,63	3,31
01.08.05.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.05.03					0,02		11,19	0,22
	Total capítulo 01.08.05					9		11,41	102,69
01.08.06	Línea 35								
01.08.06.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.06.01					1,05		7,50	7,88
01.08.06.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.08.06.02					5,25		0,88	4,62
01.08.06.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.06.03					0,02		12,50	0,25
	Total capítulo 01.08.06					14,75		12,75	188,06
01.08.07	Línea alumbrado 2								
01.08.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.07.01					1,05		7,50	7,88
01.08.07.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.08.07.02					1,05		0,63	0,66
01.08.07.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.08.07.03					4,20		0,65	2,73
01.08.07.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.07.04					0,02		11,27	0,23
	Total capítulo 01.08.07					57,5		11,5	681,25



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.08.08	Línea alumbrado 3								
01.08.08.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.08.01						1,05	7,50	7,88
01.08.08.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
	Total partida 01.08.08.02						5,25	0,88	4,62
01.08.08.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.08.03						0,02	12,50	0,25
	Total capítulo 01.08.08						145,25	12,75	1.851,94
01.08.09	Línea alumbrado 4								
01.08.09.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.09.01						1,05	7,50	7,88
01.08.09.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.08.09.02						1,05	0,63	0,66
01.08.09.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.08.09.03						4,20	0,65	2,73
01.08.09.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.09.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.08.09						8	11,5	92,00
01.08.10	Enchufes 4								
01.08.10.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.10.01						1,05	7,50	7,88
01.08.10.02 PIEC.1baabfe	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 16 mm2								
	Total partida 01.08.10.02						5,25	2,05	10,76
01.08.10.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.10.03						0,02	18,64	0,37
	Total capítulo 01.08.10						13	19,01	247,13
01.08.11	Enchufes 5								
01.08.11.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.08.11.01						1,05	7,50	7,88
01.08.11.02 PIEC.1baabfe	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 16 mm2								
	Total partida 01.08.11.02						5,25	2,05	10,76
01.08.11.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.08.11.03						0,02	18,64	0,37
	Total capítulo 01.08.11						9,2	19,01	174,89



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Total partida 01.09.01.03						0,02	10,53	0,21
	Total capítulo 01.09.01						6,25	10,74	67,13
01.09.02	Línea 37								
01.09.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.09.02.01						1,05	7,50	7,88
01.09.02.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.09.02.02						1,05	0,63	0,66
01.09.02.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.09.02.03						4,20	0,65	2,73
01.09.02.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.09.02.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.09.02						8,25	11,5	94,88
01.09.03	Línea 38								
01.09.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.09.03.01						1,05	7,50	7,88
01.09.03.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.09.03.02						1,05	0,63	0,66
01.09.03.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.09.03.03						4,20	0,65	2,73
01.09.03.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.09.03.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.09.03						8,75	11,5	100,63
01.09.04	Línea alumbrado 5								
01.09.04.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.09.04.01						1,05	7,50	7,88
01.09.04.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.09.04.02						1,05	0,63	0,66
01.09.04.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.09.04.03						4,20	0,65	2,73
01.09.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.09.04.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.09.04						10	11,5	115,00



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.10.01 Línea 39									
01.10.01.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
						Total partida 01.10.01.01	1,05	7,50	7,88
01.10.01.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
						Total partida 01.10.01.02	1,05	0,63	0,66
01.10.01.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
						Total partida 01.10.01.03	4,20	0,65	2,73
01.10.01.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
						Total partida 01.10.01.04	0,02	11,27	0,23
						Total capítulo 01.10.01	31,5	11,5	362,25
01.10.02 Línea 40									
01.10.02.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
						Total partida 01.10.02.01	1,05	7,50	7,88
01.10.02.02 PIEC.1baabd	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 6 mm2								
						Total partida 01.10.02.02	5,25	0,88	4,62
01.10.02.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
						Total partida 01.10.02.03	0,02	12,50	0,25
						Total capítulo 01.10.02	7,5	12,75	95,63
01.10.03 Línea 41									
01.10.03.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
						Total partida 01.10.03.01	1,05	7,50	7,88
01.10.03.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
						Total partida 01.10.03.02	5,25	0,63	3,31
01.10.03.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
						Total partida 01.10.03.03	0,02	11,19	0,22
						Total capítulo 01.10.03	8	11,41	91,28
01.10.04 Línea alumbrado 6									
01.10.04.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
						Total partida 01.10.04.01	1,05	7,50	7,88
01.10.04.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
						Total partida 01.10.04.02	1,05	0,63	0,66
01.10.04.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
						Total partida 01.10.04.03	4,20	0,65	2,73



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.10.04.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.10.04.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.10.04						19,5	11,5	224,25
01.10.05	Línea alumbrado 7								
01.10.05.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.10.05.01						1,05	7,50	7,88
01.10.05.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.10.05.02						1,05	0,63	0,66
01.10.05.03 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.10.05.03						4,20	0,65	2,73
01.10.05.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.10.05.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.10.05						22,25	11,5	255,88
01.10.06	Línea alumbrado 8								
01.10.06.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.10.06.01						1,05	7,50	7,88
01.10.06.02 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.10.06.02						4,20	0,65	2,73
01.10.06.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.10.06.03						1,05	0,63	0,66
01.10.06.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.10.06.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.10.06						41,5	11,5	477,25
01.10.07	Línea alumbrado 9								
01.10.07.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.10.07.01						1,05	7,50	7,88
01.10.07.02 PIEC.1eaabc	Cable cobre RV-L 0.6/1kV 1.5 mm2								
	Total partida 01.10.07.02						4,20	0,65	2,73
01.10.07.03 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
	Total partida 01.10.07.03						1,05	0,63	0,66
01.10.07.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.10.07.04						0,02	11,27	0,23
	Total capítulo 01.10.07						59	11,5	678,50

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
01.10.08 Línea alumbrado 10									
01.10.08.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.10.08.01						1,05		7,50	7,88
01.10.08.02 PIEC.1baabc	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 4 mm2								
Total partida 01.10.08.02						5,25		0,63	3,31
01.10.08.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.10.08.03						0,02		11,19	0,22
Total capítulo 01.10.08						52,5		11,41	599,03
01.10.09 Enchufes 9									
01.10.09.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.10.09.01						1,05		7,50	7,88
01.10.09.02 PIEC.1baabfe	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 16 mm2								
Total partida 01.10.09.02						5,25		2,05	10,76
01.10.09.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.10.09.03						0,02		18,64	0,37
Total capítulo 01.10.09						65		19,01	1.235,65
01.10.10 Enchufes 10									
01.10.10.01 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
Total partida 01.10.10.01						1,05		7,50	7,88
01.10.10.02 PIEC.1baabfe	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 16 mm2								
Total partida 01.10.10.02						5,25		2,05	10,76
01.10.10.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
Total partida 01.10.10.03						0,02		18,64	0,37
Total capítulo 01.10.10						30		19,01	570,30
01.10.11 Protecciones de las líneas del cuadro 9									
01.10.11.01 iC601.6	Interruptor automático iC60 de calibre 1,6 A y poder de corte 100 kA, 4p4d								
Total partida 01.10.11.01						1,00		84,78	84,78
01.10.11.02 iC6013	Interruptor automático iC60 de calibre 13 A y poder de corte 10 kA, 34P4d								
Total partida 01.10.11.02						1,00		52,77	52,77
01.10.11.03 iC606	Interruptor automático iC60 de calibre 6 A y poder de corte 10 kA, 4p4d								
Total partida 01.10.11.03						1,00		49,51	49,51
01.10.11.04 iC601	Interruptor automático iC60 de calibre 1 A y poder de corte 50 kA, 4p4d								
Total partida 01.10.11.04						1,00		55,70	55,70



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Total partida 01.11.09						1,00	1.100,00	1.100,00
01.11.10 PUEC15a	Equipo de medida de energía								
	Total partida 01.11.10						1,00	2.750,00	2.750,00
01.11.11 PUEC16aa	Puesta a tierra con anillo rectangular								
	Total partida 01.11.11						1,00	3.467,00	3.467,00
01.11.12 PUEC.11a	Protección del transformador								
	Total partida 01.11.12						1,00	220,00	220,00
	Total capítulo 01.11								36.428,11
01.12	Compensación de reactiva								
01.12.01 VARSET	Batería de condensadores de la gama Varset 75 kVA de Schneider								
	Total partida 01.12.01						1,00	5.287,31	5.287,31
01.12.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 01.12.02						10,00	7,50	75,00
01.12.03 PIEC.1baabj	Cable cobre RV-K 0.6/1kV 70 mm2								
	Total partida 01.12.03						42,00	8,11	340,62
01.12.04 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.12.04						0,02	5.702,93	114,06
	Total capítulo 01.12								5.816,99
01.13	Puesta a tierra								
01.13.01 PIEP.1ba	Electrodo pica vertical de 2 metros								
	Total partida 01.13.01						18,74	1,00	18,74
01.13.02 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.13.02						0,02	18,74	0,37
	Total capítulo 01.13						12	19,11	229,32
01.14	Equipo instalador								
01.14.01 MOOE11a	Especialista electricidad								
	Total partida 01.14.01						0,12	14,10	1,69
01.14.02 MOOE8a	Oficial primero de electricidad								
	Total partida 01.14.02						0,06	16,58	0,99
01.14.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 01.14.03						0,02	2,68	0,05
	Total capítulo 01.14						2.036,73	2,73	5.560,27
	Total capítulo 01								109.219,75



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
02	Instalación fotovoltaica								
02.01	Módulos fotovoltaicos								
02.01.01 CS345W	Módulos Canadian solar de potencia 345 W								
	Total partida 02.01.01						1,00	75,62	75,62
02.01.02 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 02.01.02						0,02	75,62	1,51
	Total capítulo 02.01						288	77,13	22.213,44
02.02	Inversor								
02.02.01 INV100KW	Inversor de Power Electronics de 100 kW								
	Total partida 02.02.01						1,00	3.469,00	3.469,00
02.02.02 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 02.02.02						0,02	3.469,00	69,38
	Total capítulo 02.02								3.538,38
02.03	Cableado de cobre								
02.03.01 PIEC.1baabb	Cable cobre RV-K 0.6/1 kV 2 mm2								
	Total partida 02.03.01						2,10	0,46	0,97
02.03.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 02.03.02						1,05	7,50	7,88
02.03.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 02.03.03						0,02	8,85	0,18
	Total capítulo 02.03						261	9,03	2.356,83
02.04	Cableado de aluminio								
02.04.01 PIEC.2ab	Cable cobre RV-AI 0.6/1 kV 25 mm2								
	Total partida 02.04.01						2,10	0,95	2,00
02.04.02 PIET.8aaba	Bandeja metálica horizontal de 35 x100 mm								
	Total partida 02.04.02						1,05	7,50	7,88
02.04.03 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 02.04.03						0,02	9,88	0,20
	Total capítulo 02.04						250	10,08	2.520,00
02.05	Protecciones con Fusible del calibre 16 A								
02.05.01 PIED.5ae	Fusible cilíndrico 16A								
	Total partida 02.05.01						1,00	0,62	0,62
02.05.02 CDC	Costes Directos Complementarios								
	Total partida 02.05.02						0,02	0,62	0,01



Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
03	Oficina técnica de ingeniería								
03.01 ING.IND	Ingeniero técnico industrial								
	Total partida 03.01						1,00	10,00	10,00
03.02 OF	Soporte informático y recursos varios								
	Total partida 03.02						1,00	3,00	3,00
	Total capítulo 03						300	13	3.900,00
	Total presupuesto								179.978,23

2. RESUMEN

Nº Orden	Descripción de los capítulos	Importe	%
01	Instalación eléctrica	109.219,75	60,68 %
02	Instalación fotovoltaica	66.858,48	37,15 %
03	Oficina técnica de ingeniería	3.900,00	0,01 %

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	179.978,23 €
18 % I.V.A.	32.396,08 €
TOTAL PRESUPUESTO C/IVA	212.374,31 €

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:
DOSCIENTOS DOCE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS

17 de Mayo de 2019

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

DOCUMENTO 3- PLANOS



A continuación, se muestra el índice de los planos adjuntados:

Plano 1: Ubicación sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica

Plano 2: Emplazamiento sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica

Plano 3: Distribución de la instalación bajo criterios convencionales

Plano 4: Distribución de la instalación con criterios de sección económica

Plano 5: Esquema unifilar del cuadro general de baja tensión

Plano 6: Esquema unifilar de los cuadros secundarios 1, 2 y 3 de la instalación

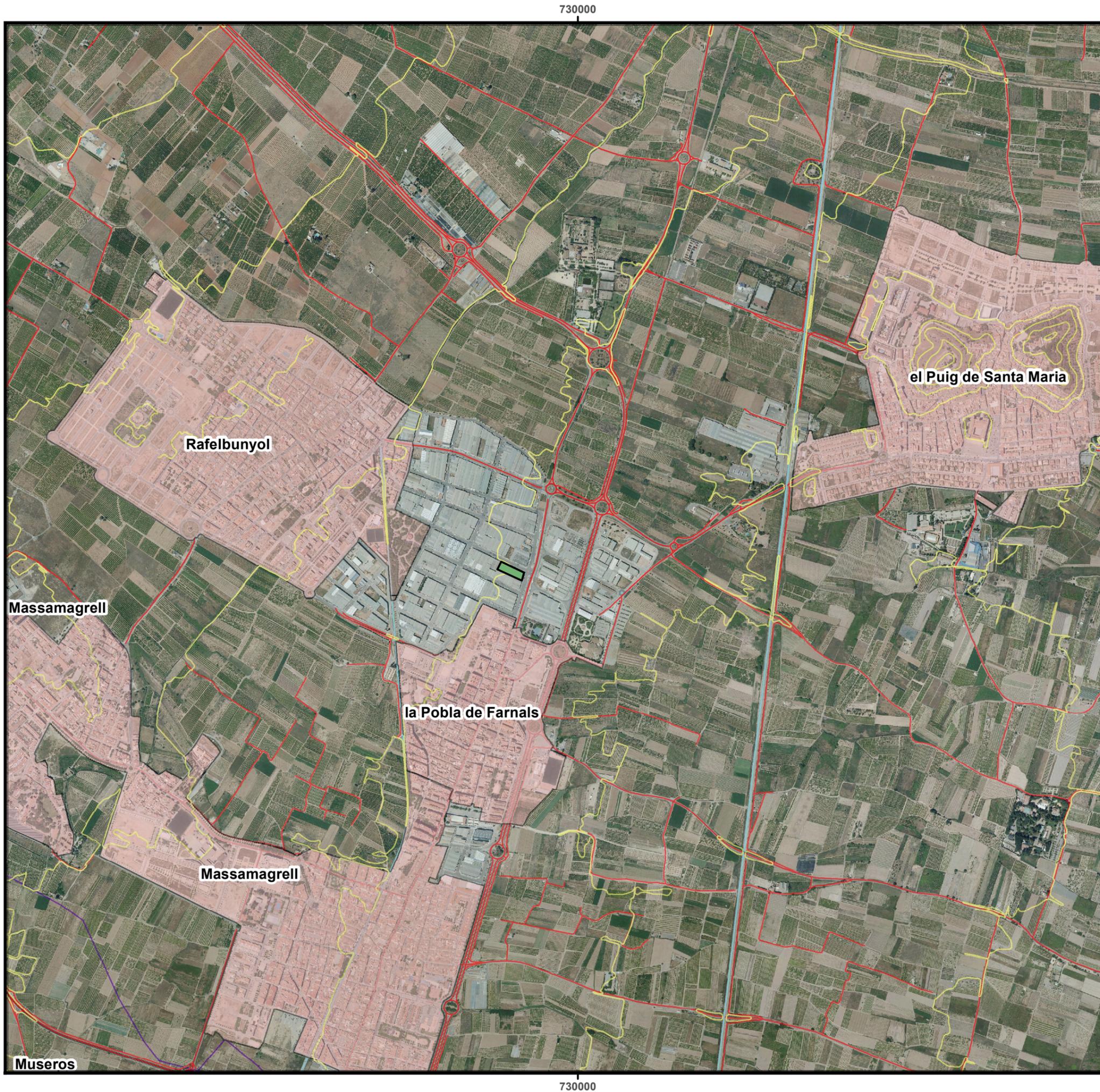
Plano 7: Esquema unifilar de los cuadros secundarios 4, 5 y 6 de la instalación

Plano 8: Esquema unifilar de los cuadros secundarios 7, 8 y 9 de la instalación

Plano 9: Puesta a tierra de la instalación eléctrica

Plano 10: Instalación fotovoltaica para el autoconsumo

Plano 11: Esquema unifilar de la instalación fotovoltaica



Leyenda

-  Nave industrial
-  Población
-  Red de carreteras
-  Línea eléctrica
-  Ferrocarril
-  Curva de nivel (5 metros)



Projected Coordinate Systems
 UTM (huso 30)
 Datum: D_ETRS_1989
 Elipsoide: GRS_1980
 Semieje mayor: 6378137,000000000000000
 Semieje menor: 6356752,3141403560000
 Inversa del aplastamiento: 298,257222101



Proyecto: **Proyecto de Instalación eléctrica en una industria química con una potencia instalada de 275 kVA, aplicando la Directiva 2012/27/UE para la mejora de la eficiencia energética.**

Referencia proyecto: TFM Jorge Lorente Peiró

Serie: **Ubicación sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica**

Escuela:  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

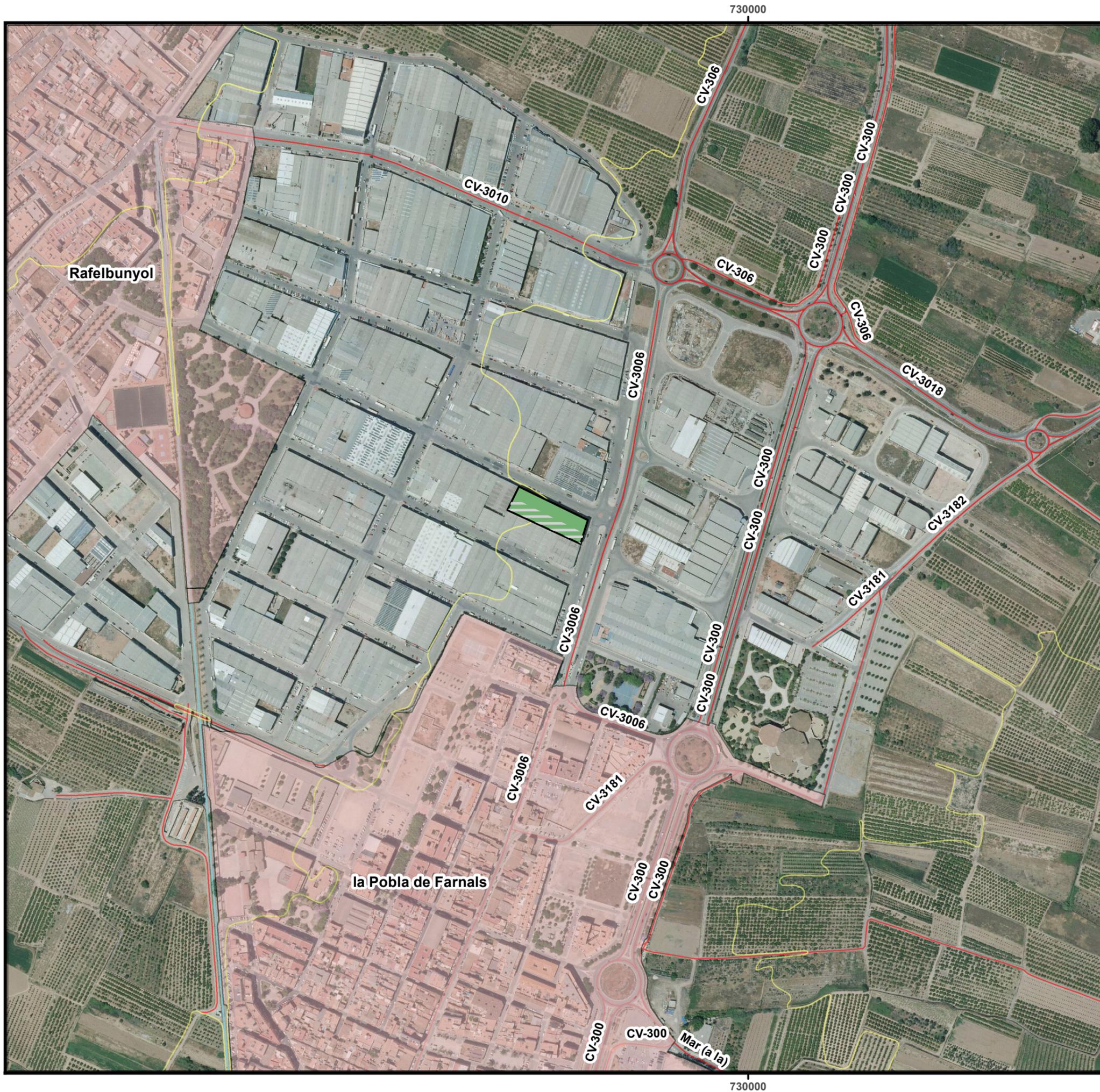
Nº de plano: 1

Fecha: Junio 2019

Escala: 1:15.000 Formato: A3

Proyectado: Jorge Lorente Peiró

Comprobado: Martín Riera Guasp



Leyenda

-  Instalación fotovoltaica
-  Nave industrial
-  Población
-  Red de carreteras
-  Línea eléctrica
-  Ferrocarril
-  Curva de nivel (5 metros)



Projected Coordinate Systems
 UTM (huso 30)
 Datum: D_ETRS_1989
 Elipsoide: GRS_1980
 Semieje mayor: 6378137,00000000000000
 Semieje menor: 6356752,3141403560000
 Inversa del aplastamiento: 298,257222101



Proyecto: **Proyecto de Instalación eléctrica en una industria química con una potencia instalada de 275 kVA, aplicando la Directiva 2012/27/UE para la mejora de la eficiencia energética.**

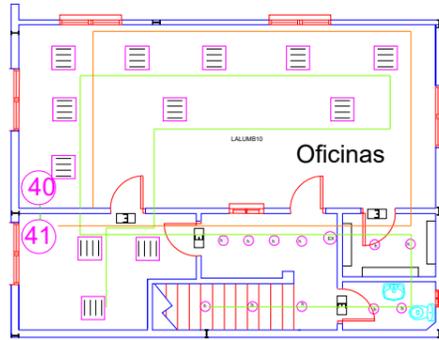
Referencia proyecto: TFM Jorge Lorente Peiró

Serie: **Emplazamiento sobre ortofoto de la instalación fotovoltaica**

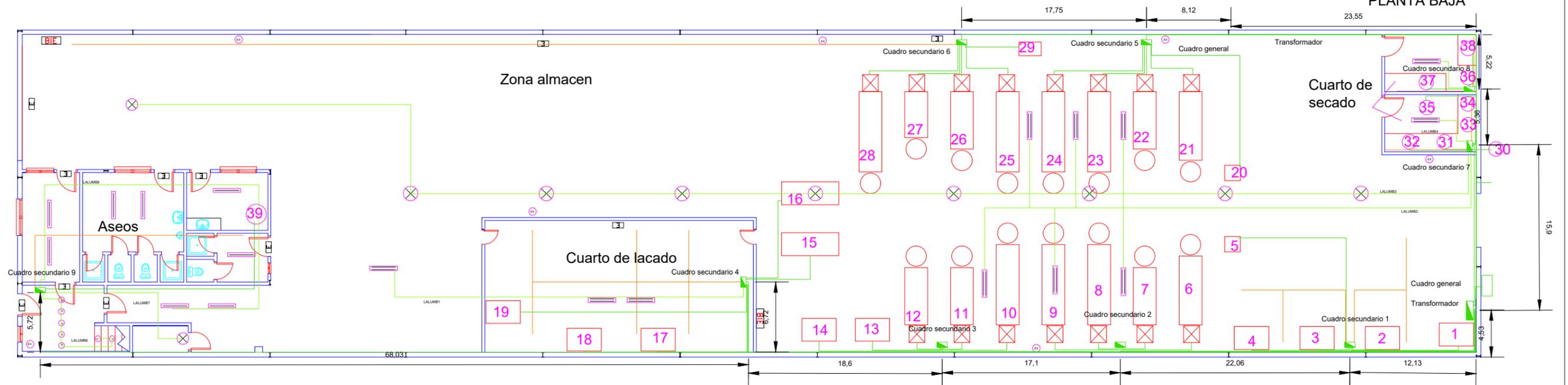
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Nº de plano: 2	
	Fecha: Junio 2019	
	Escala: 1:5.000	Formato: A3

Proyectado: Jorge Lorente Peiró	Comprobado: Martín Riera Guasp
------------------------------------	-----------------------------------

PLANTA 1



PLANTA BAJA



TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



Proyecto:

PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA INDUSTRIA QUÍMICA CON UNA POTENCIA INSTALADA DE 275 KVA, APLICANDO LA DIRECTIVA 2012/27/UE PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Plano:

DISTRIBUCIÓN DE LA INSTALACIÓN TRADICIONAL BAJO CRITERIOS TRADICIONALES

Autor:

Jorge Lorente Peiró

Fecha:

Junio 2019

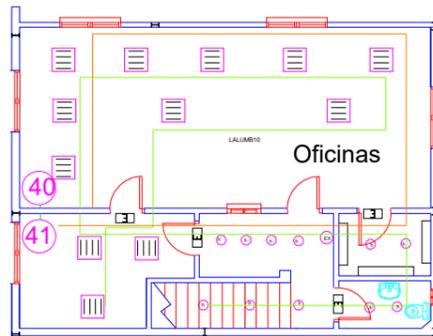
Escala:

1:400

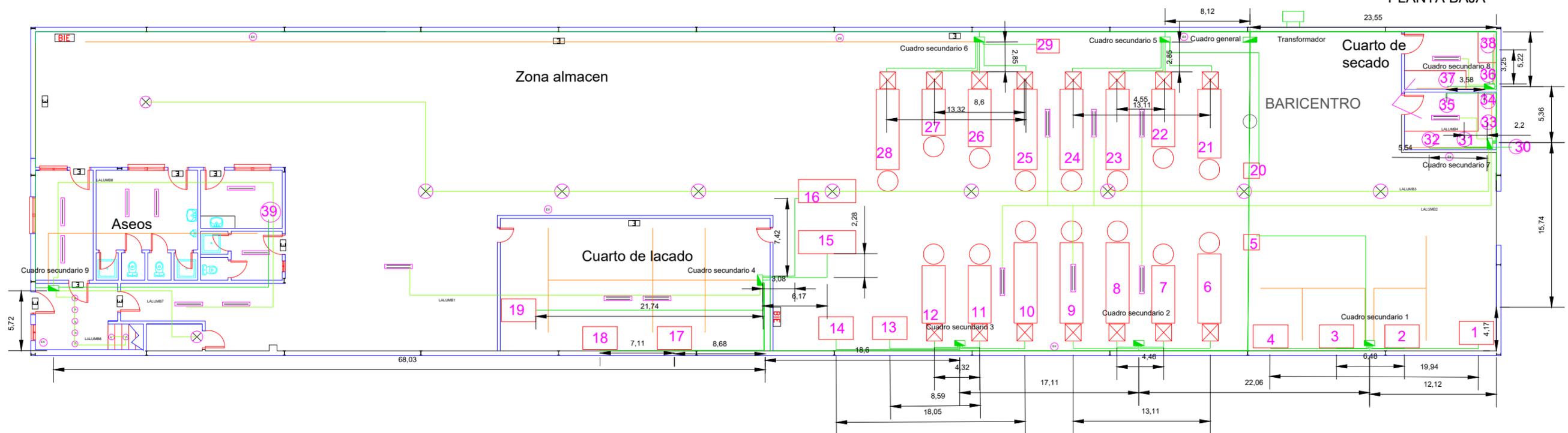
Nº Plano:

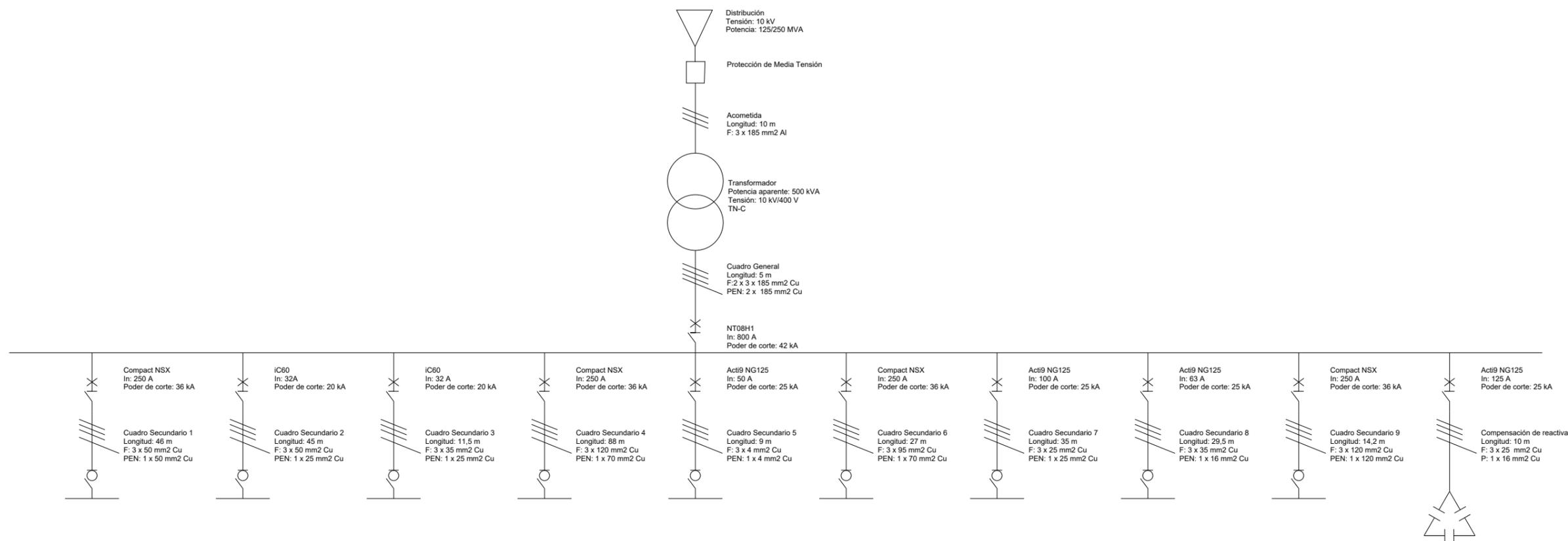
3

PLANTA 1

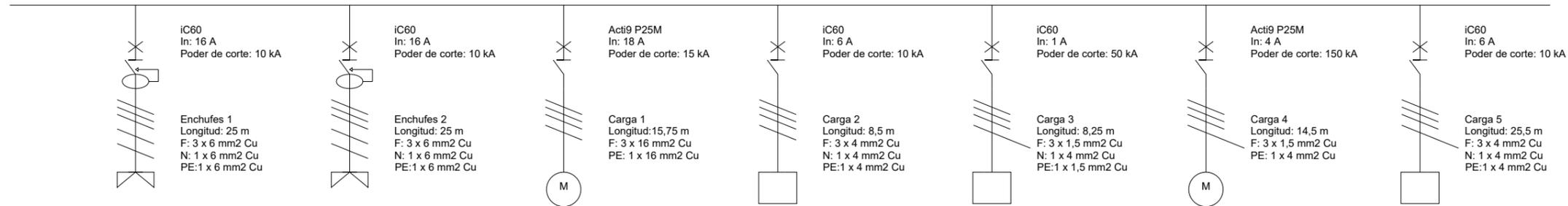


PLANTA BAJA

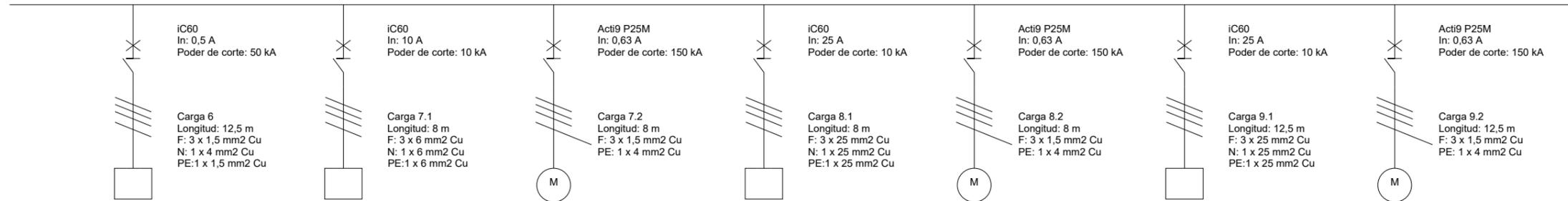




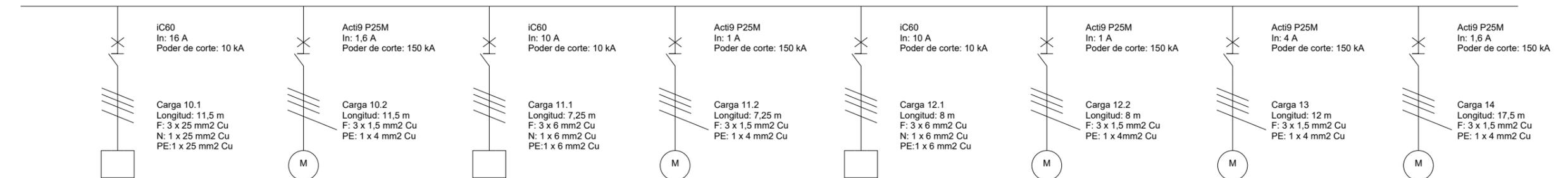
SUBCUADRO 1



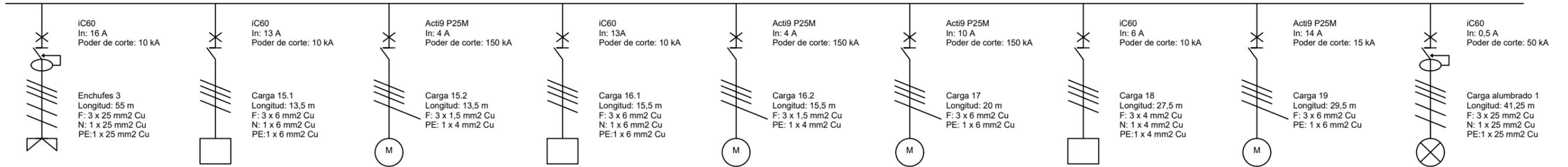
SUBCUADRO 2



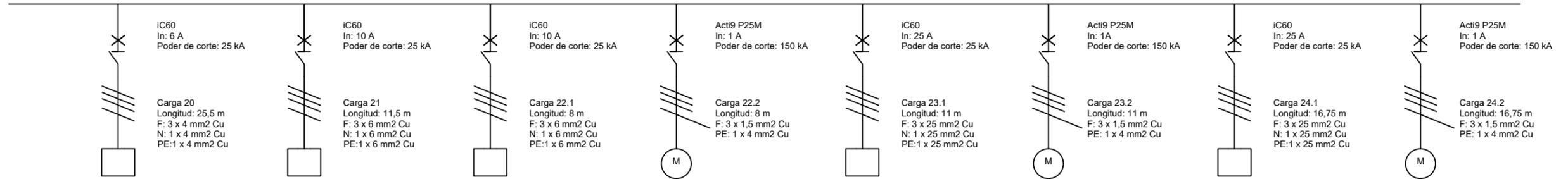
SUBCUADRO 3



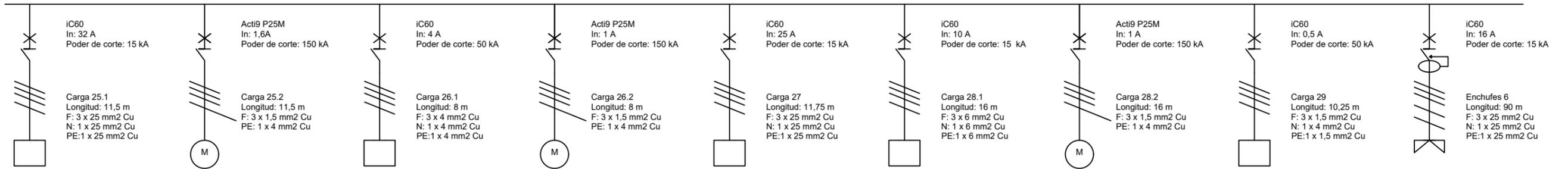
SUBCUADRO 4



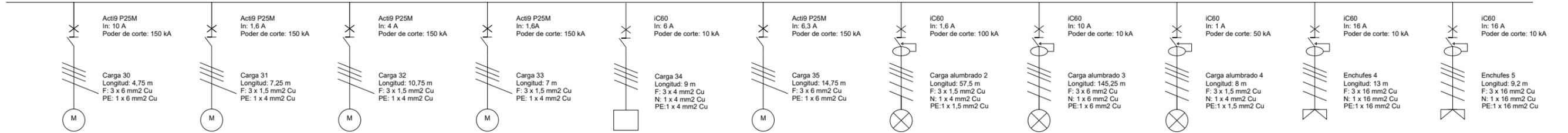
SUBCUADRO 5



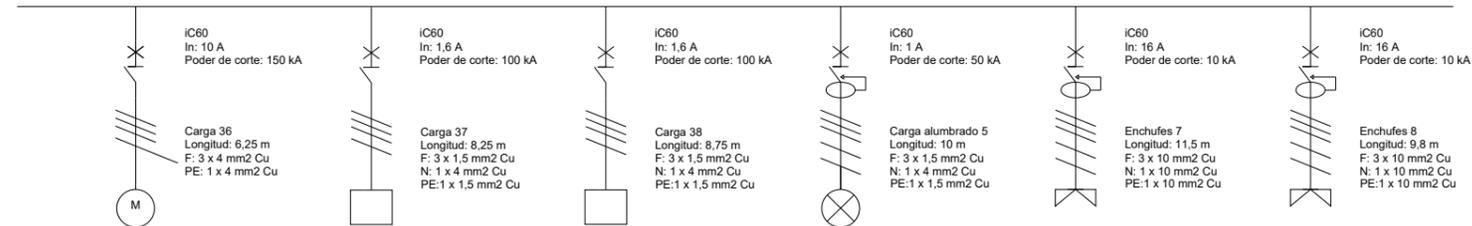
SUBCUADRO 6



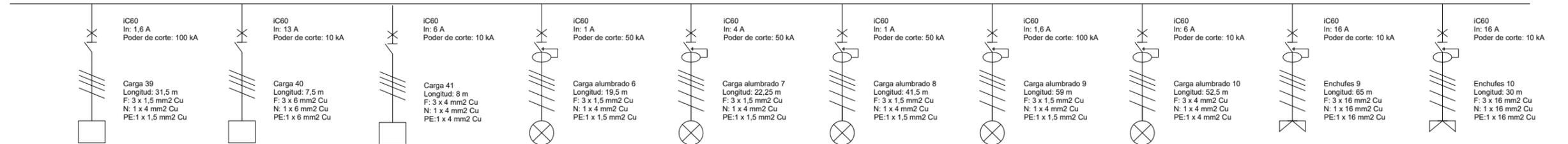
SUBCUADRO 7

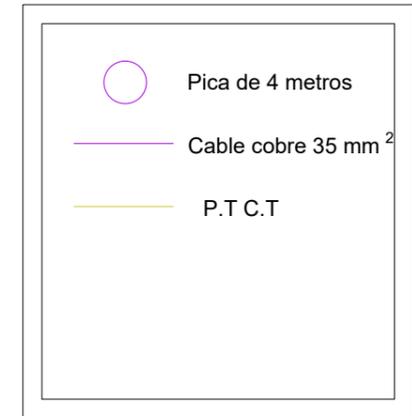


SUBCUADRO 8

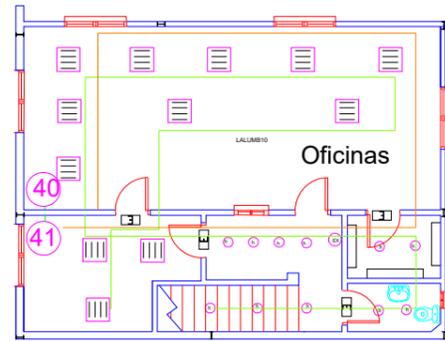


SUBCUADRO 9

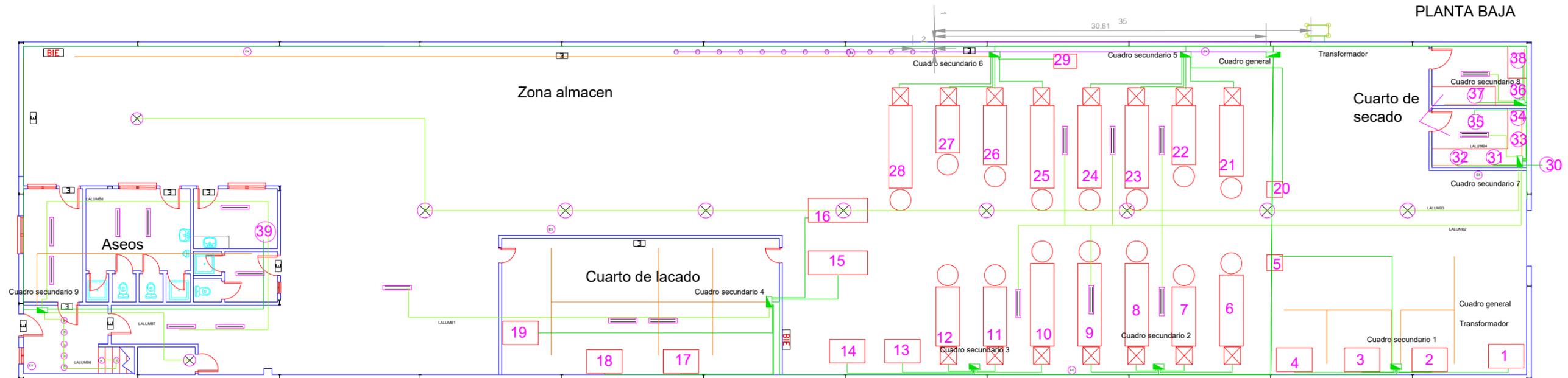


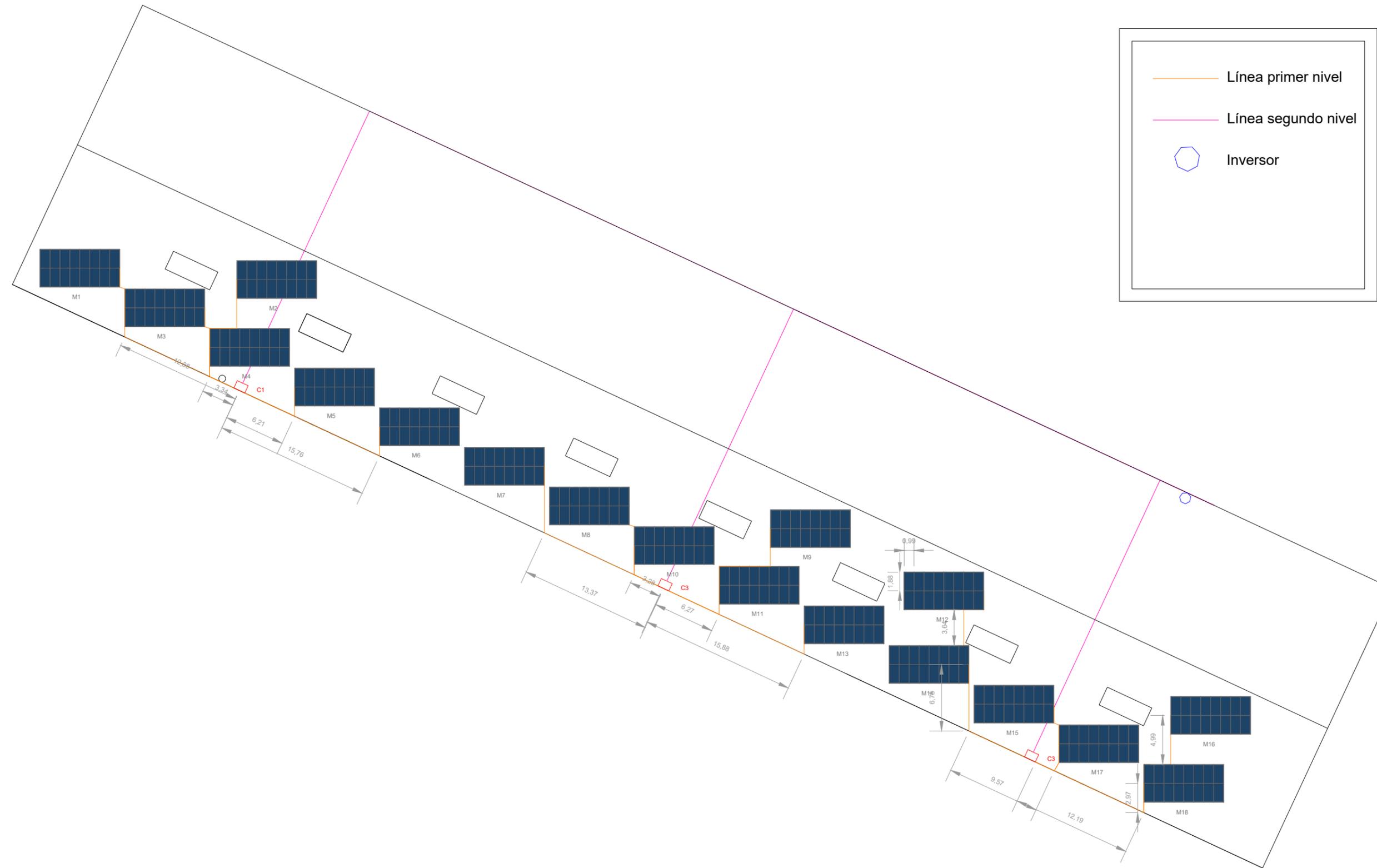


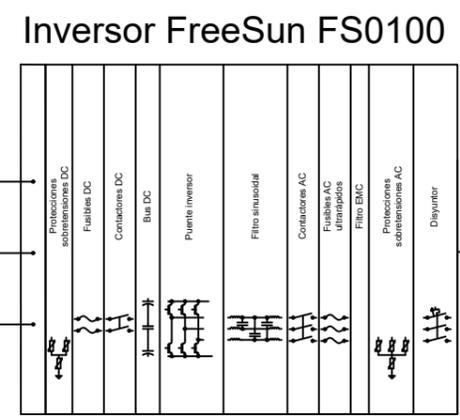
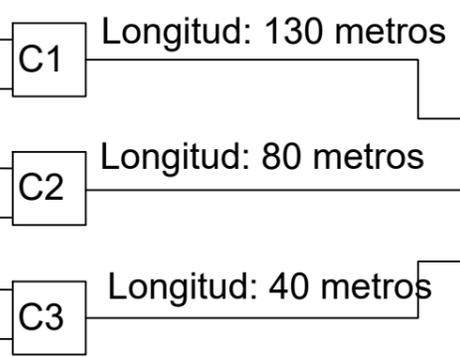
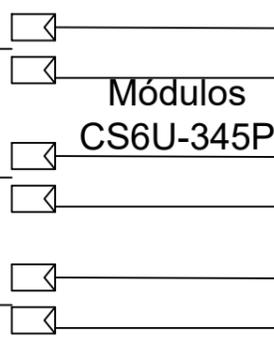
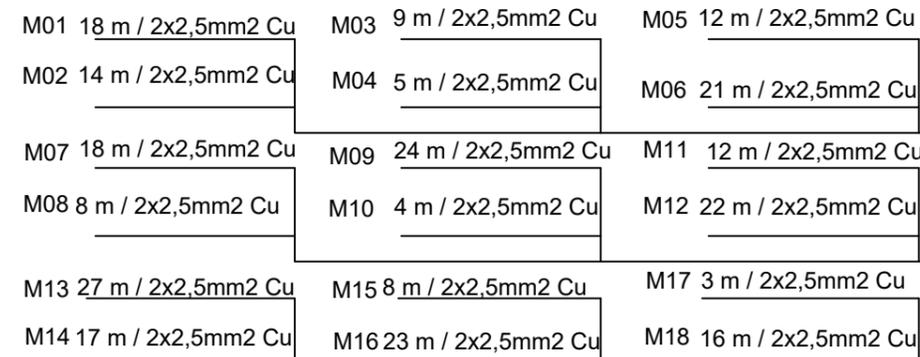
PLANTA 1



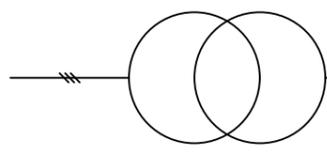
PLANTA BAJA



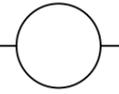




Transformador 20/0,4 kV



Contador



DOCUMENTO 4- ANEXOS



Los anexos incluidos muestran los resultados obtenidos a partir de la metodología que se ha explicado en la memoria justificativa.

A continuación, se muestra el índice de los anexos adjuntados:

Anexo 1: Instalación convencional

Anexo 2: Instalación bajo criterios de eficiencia energética

Anexo 3: Instalación en la primera iteración

Anexo 4: Instalación en la segunda iteración

Anexo 5: Instalación en la tercera iteración

Anexo 6: Instalación en la cuarta iteración

Anexo 7: Instalación en la quinta iteración

Anexo 8: Solución implementada

Anexo 9: Protecciones

Anexo 10: Simulación de la generación fotovoltaica

Anexo 11: Dimensionado de la instalación fotovoltaica



Anexo 1: Instalación convencional

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Horas diarias	Horas funcionamiento (h)	Potencia Carga (KW)	Intensidad Máxima (A)	Intensidad Nominal	T#	pH	Resistencia (Ohm)	Coste instalación	Potencia de pérdidas kW	Energía de pérdidas kWh	Coste pérdidas	Coste total	Emisiones CO2	Tipo de Máquina
CUADRO GENERAL	Línea general	5	185			2 x 185	16	100000	217,84	533,00	314,42	57,40	0,0206	0,0003	2310,60	0,08	8272,01	876,83	3187,43	3226,08	Instalación Total
	Línea C51	21	50				14	87500	116,08	29,84	43,94	0,0197	0,0083	7750,17	0,08	823,64	1580,48	3030,57		CS1	
	Línea 1	15,75	1,5	4	0	0	11	68750	7,46	22,00	15,50	64,82	0,0212	0,2222	94,34	0,16	11010,64	1167,13	1261,47	4294,15	Vibrador
	Línea 2	8,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	3	22,00	4,56	42,15	0,0196	0,1109	605,09	0,01	235,88	64,14	122,02	235,88	Cuba de tricotileño
	Línea 3	8,25	1,5	4	1,5	0	10	62500	0,4	22,00	0,52	40,03	0,0194	0,1088	56,18	0,00	5,41	96,76	0,97	5,41	Muela esmeril
	Línea 4	14,5	1,5	4	0	0	9	56250	0,2	22,00	2,70	40,75	0,0195	0,1892	86,86	0,00	231,47	24,54	111,39	50,27	Taladro
	Línea 5	25,5	1,5	4	1,5	0	8	50000	3	22,00	4,56	42,15	0,0196	0,3236	173,66	0,02	1037,29	109,95	283,61	404,54	Máquina ultrasónicas
	Enchufes 1	25	1,5	4	1,5	0	16	100000	-	16,00	16,00	90,00	0,0229	0,3823	170,25	0,29	29362,18	3112,39	3282,64	11451,25	Enchufes
	Enchufes 2	25	1,5	4	1,5	0	16	100000	0,75	16,00	16,00	90,00	0,0229	0,3823	170,25	0,29	29362,18	3112,39	3282,64	11451,25	Enchufes
	Línea C52	48,5	4	10	15	10	15	93750	35,27	54,54	89,17	0,0229	0,1659	416,30	0,48	13879,13	1473,86	15238,16	54328,54	CS2	
	Línea 6	12,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	0,1	22,00	0,15	40,00	0,0194	0,1618	85,13	0,00	0,98	0,10	85,23	0,38	Planta intercambio iónico
	Línea 7.1	8	1,5	4	1,5	0	15	93750	4,6	22,00	6,99	45,05	0,0198	0,1054	54,48	0,02	1448,75	153,57	208,05	565,01	Cuba de cobre
	Línea 7.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,60	40,04	0,0194	0,1035	47,92	0,00	10035,03	1063,71	1138,83	3933,66	Cuba de cobre motor
	Línea 8.1	8	1,5	4	2,5	0	15	93750	15	30,00	15	68,88	0,0214	0,0686	63,12	0,11	10035,03	1063,71	1138,83	3933,66	Cuba de níquel
	Línea 8.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,60	22,00	40,04	0,0194	0,1035	47,92	0,00	9,78	1,04	48,96	3,82	Cuba de níquel motor	
	Línea 9.1	12,5	2,5	4	2,5	0	15	93750	15	30,00	22,80	68,88	0,0214	0,1072	98,63	0,17	15679,74	1662,05	1760,68	6115,10	Cuba de níquel
	Línea 9.2	12,5	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,60	40,04	0,0194	0,1618	74,88	0,00	15,29	1,62	76,50	8,96	Cuba de níquel motor
	Línea C53	60,75	4	10	15	10	15	93750	54,29	77,93	42,00	86,58	0,0221	0,3355	541,89	1,35	126243,98	13381,86	13923,75	49235,15	CS3
	Línea 10.1	11,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	0,17	22,00	15,20	63,87	0,0211	0,1617	78,32	0,11	9808,64	1039,72	1148,03	3825,37	Cuba de níquel
	Línea 10.2	11,5	1,5	4	0	0	14	87500	0,37	22,00	1,50	40,23	0,0194	0,1489	68,89	0,00	87,97	9,32	78,21	34,31	Cuba de níquel
	Línea 11.1	7,25	1,5	4	1,5	0	15	93750	4,4	22,00	6,99	45,05	0,0198	0,0955	49,37	0,01	1312,93	136,17	186,54	532,04	Cuba de oro
	Línea 11.2	7,25	1,5	4	0	0	14	87500	0,85	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,0938	43,43	0,00	17,80	4,21	45,31	6,94	Cuba de oro
	Línea 12.1	8	1,5	4	1,5	0	15	93750	4,6	22,00	6,99	45,05	0,0198	0,1054	54,48	0,02	1448,75	153,57	208,05	565,01	Cuba de oro
	Línea 12.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1036	47,92	0,00	19,64	2,08	50,00	7,66	Cuba de oro motor
	Línea 13	12	1,5	4	1,5	0	12	75000	0,75	22,00	40,75	0,0195	0,1557	71,88	0,00	255,41	27,07	90,95	59,95	Bomba móvil	
	Línea 14	17,5	1,5	4	0	0	12	75000	3,73	22,00	1,50	40,23	0,0194	0,2267	104,83	0,00	114,74	12,16	116,99	44,75	Bomba móvil
	Línea C54	85,75	70	13	70	13	10	81250	26,1	279,00	78,62	43,97	0,0197	0,0241	4094,56	0,47	36343,12	3852,37	7946,93	14173,82	CS4
	Línea 15.1	13,5	1,5	4	1,5	0	10	62500	7,5	22,00	11,40	53,43	0,0204	0,1832	91,94	0,05	4464,77	473,27	565,20	1741,26	Secador
	Línea 15.2	13,5	1,5	4	0	0	10	62500	0,75	22,00	2,70	40,75	0,0195	0,1752	80,87	0,00	263,30	27,52	308,78	102,72	Secador Motor
	Línea 16.1	15,5	1,5	4	1,5	0	10	62500	7,5	22,00	11,40	53,43	0,0204	0,2104	105,56	0,08	5126,22	543,38	648,83	1598,43	Secador
	Línea 16.2	15,5	1,5	4	0	0	11	68750	0,25	22,00	2,70	40,75	0,0195	0,2011	92,85	0,00	302,41	32,06	124,90	117,94	Secador Motor
	Línea 17	20	1,5	4	0	0	13	81250	2,24	22,00	6,50	44,36	0,0197	0,2629	119,80	0,03	2707,69	287,01	406,81	1056,00	Extractor
	Línea 18	27,5	1,5	4	1,5	0	13	81250	4,82	22,00	4,82	42,50	0,0196	0,2593	187,38	0,00	4118,84	431,87	224,60	836,35	Horno con aspirador y quemador
	Línea 19	29,5	1,5	4	0	0	9	56250	2,04	22,00	11,50	53,66	0,0204	0,4007	176,71	0,16	8942,77	947,93	1134,64	3487,68	Compresor de martillo
	Línea Alum. 1	41,25	1,5	4	1,5	0	16	100000	0,39	22,00	11,50	53,66	0,0204	0,5603	280,91	0,22	22320,60	2336,45	2637,36	8669,94	Iluminación
	Enchufes 3	55	4	4	2,5	0	16	100000	16,00	16,00	90,00	0,0229	0,3154	419,65	0,24	24223,80	2567,72	2987,37	9427,28	Enchufes	
	Línea C55	61,5	10	10	10	10	15	93750	44,17	72,00	68,80	78,92	0,0222	0,3294	729,39	1,94	181980,74	20020,03	20975,00	70750,00	CS5
	Línea 20	25,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	3	22,00	4,56	42,15	0,0196	0,3326	173,66	0,02	1815,26	192,42	366,07	707,95	Máquina ultrasónicas
	Línea 21	11,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	6	22,00	9,10	48,55	0,0200	0,1534	78,32	0,04	3335,57	353,57	431,89	1300,87	Cuba de desengrase
	Línea 22.1	8	1,5	4	1,5	0	15	93750	4,6	22,00	6,99	45,05	0,0198	0,1054	54,48	0,02	1448,75	153,57	208,05	565,01	Cuba de cobre
	Línea 22.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1036	47,92	0,00	19,64	2,08	50,00	7,66	Cuba de níquel negro
	Línea 23.1	11	2,5	4	1,5	0	15	93750	15	30,00	22,80	68,88	0,0214	0,0944	86,79	0,15	13798,17	1462,61	1549,40	5381,29	Cuba de cobre
	Línea 23.2	11	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1036	47,92	0,00	2,86	27,00	68,75	10,53	Cuba de cobre Motor
	Línea 24.1	24,1	2,5	4	2,5	0	15	93750	15	30,00	22,80	54,73	0,0205	0,1971	190,15	0,31	28821,80	3055,32	3245,47	11241,28	Cuba de níquel
	Línea 24.2	16,75	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,2168	100,33	0,00	41,12	4,36	109,69	16,64	Cuba de níquel Motor
	Línea C56	80,5	70	13	70	13	15	93750	37,15	279,00	74,44	43,56	0,0197	0,2026	3843,88	0,38	35242,13	3735,67	7595,54	13744,43	CS6
	Línea 25.1	11,5	1,5	4	1,5	0	15	93750	6,13	22,00	11,40	53,43	0,0209	0,0601	91,54	0,18	12596,18	1335,20	1426,74	4912,51	Cuba de níquel
	Línea 25.2	11,5	1,5	4	0	0	14	87500	0,37	22,00	1,50	40,23	0,0194	0,1489	68,89	0,00	87,97	9,32	78,21	34,31	Cuba de níquel Motor
	Línea 26.1	8	1,5	4	1,5	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1039	54,48	0,00	277,60	29,43	83,91	108,26	Cuba de níquel negro
	Línea 26.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1036	47,92	0,00	19,64	2,08	50,00	7,66	Cuba de níquel negro Motor
	Línea 27	11,75	2,5	4	2,5	0	14	87500	1,1	30,00	16,70	55,49	0,0205	0,0964	92,71	0,11	7055,18	747,85	840,56	2751,52	Cuba de cromo
	Línea 28.1	16	1,5	4	1,5	0	15	93750	5,2												

Anexo 2: Instalación bajo criterios de eficiencia energética

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Horas diarias	Horas funcionamiento (h)	Potencia Carga (KW)	Intensidad Máxima (A)	Intensidad Nominal	T ³	P ⁽¹⁾	Resistencia (Ohm)	Coste instalación	Potencia de pérdidas kW	Energía de pérdidas kWh	Coste pérdidas	Coste total	Tipo de Máquina
CUADRO GENERAL	Línea general	5	2 x 185			2 x 185	16	100000	217,84	533,00	314,42	57,40	0,0206	0,0003	2310,60	0,08	8272,01	876,83	3187,43	Instalación Total
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea CS1	46	50				14	87500	16,00	216,00	59,84	43,84	0,0197	0,0181	1857,84	0,19	17020,37	1804,16	3462,00	CS1
	Línea 1	15,75	1,5	4	0	0	11	68750	7,46	22,00	15,50	64,82	0,0212	0,2222	94,34	0,16	11010,64	1167,13	1261,47	Vibrador
	Línea 2	8,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	3	22,00	4,56	42,15	0,0196	0,1109	57,89	0,01	605,09	64,24	122,02	Cuba de ricotriestileno
	Línea 3	8,25	1,5	4	1,5	0	10	62500	0,4	22,00	0,52	40,03	0,0194	0,1068	56,18	0,00	5,41	56,76	0,07	Muela esmeril
	Línea 4	14,5	1,5	4	0	0	9	56250	0,82	22,00	2,70	40,75	0,0195	0,1882	86,86	0,00	231,47	111,39	0,00	Taladro
CUADRO SECUNDARIO 2	Línea 5	25,5	1,5	4	1,5	0	8	50000	3	22,00	4,56	42,15	0,0196	0,3326	173,66	0,02	1037,29	109,95	283,61	Máquina ultrasónicos
	Enchufes 1	25	1,5	4	1,5	0	16	100000	-	16,00	16,00	90,00	0,0229	0,3823	170,25	0,29	29362,18	3112,39	3264,54	Enchufes
	Enchufes 2	25	1,5	4	1,5	0	16	100000	-	16,00	16,00	90,00	0,0229	0,3823	170,25	0,29	29362,18	3112,39	3264,54	Enchufes
	Línea CS2	45	6				10	93750	35,27	77,00	54,54	65,09	0,0229	0,1716	430,65	1,53	143577,03	15219,17	15649,82	CS2
	Línea 6	12,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	0,1	22,00	0,15	40,00	0,0194	0,1618	85,13	0,00	0,98	0,10	85,23	Planta intercambio iónico
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea 7.1	8	1,5	4	1,5	0	15	93750	4,6	22,00	6,99	45,05	0,0198	0,1054	54,48	0,02	1448,75	153,57	208,05	Cuba de cobre
	Línea 7.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0	22,00	0,60	40,04	0,0194	0,1035	47,37	0,00	0,78	1,04	48,96	Cuba de níquel
	Línea 8.1	8	2,5	4	2,5	0	15	93750	15	30,00	22,80	68,88	0,0214	0,0686	63,12	0,11	10035,03	1063,71	1126,83	Cuba de níquel
	Línea 8.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,60	40,04	0,0194	0,1035	47,92	0,00	9,78	1,04	48,96	Cuba de níquel motor
	Línea 9.1	12,5	2,5	4	2,5	0	15	93750	15	30,00	22,80	68,88	0,0214	0,1072	98,63	0,17	15679,74	1662,05	1760,68	Cuba de níquel
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea 9.2	12,5	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,60	40,04	0,0194	0,1618	74,88	0,00	15,29	1,62	76,50	Cuba de níquel motor
	Línea CS3	62	4				10	93750	29,07	77,00	55,58	51,28	0,0221	0,3424	553,04	1,37	128841,59	13657,21	14210,75	CS3
	Línea 10.1	11,5	4	4	1,5	0	14	87500	18	16,00	15,20	85,13	0,0211	0,0606	84,64	0,04	3678,24	389,89	474,53	Cuba de níquel
	Línea 10.2	11,5	1,5	4	0	0	14	87500	0,37	22,00	1,50	40,23	0,0194	0,1489	68,89	0,00	87,97	9,32	78,21	Cuba de níquel
	Línea 11.1	7,25	1,5	4	1,5	0	15	93750	4,6	22,00	6,99	45,05	0,0198	0,0955	49,37	0,01	1312,93	139,17	188,54	Cuba de oro
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea 11.2	7,25	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,0938	43,43	0,00	17,80	1,89	45,31	Cuba de oro motor
	Línea 12.1	8	1,5	4	1,5	0	14	87500	1,5	22,00	4,56	42,15	0,0196	0,1054	54,48	0,00	15,65	1,04	208,05	Cuba de oro
	Línea 12.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1036	47,92	0,00	19,64	2,08	50,00	Cuba de oro motor
	Línea 13	12	1,5	4	0	0	12	75000	0,75	22,00	2,70	40,75	0,0195	0,1557	71,88	0,00	255,41	27,07	98,95	Bomba móvil
	Línea 14	17,5	1,5	4	0	0	12	75000	0,37	22,00	1,50	40,23	0,0194	0,2267	104,83	0,00	114,74	12,16	116,99	Bomba móvil
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea CS4	88	70			70	13	81250	26,1	279,00	78,62	43,97	0,0197	0,0248	4020,00	0,46	37296,73	3215,45	8155,45	CS4
	Línea 15.1	13,5	2,5	4	1,5	0	10	62500	7,5	30,00	12,60	47,22	0,0204	0,1099	102,87	0,04	2102,97	210,87	386,83	Secador
	Línea 15.2	13,5	1,5	4	0	0	11	68750	0,75	22,00	2,70	40,75	0,0195	0,1752	80,87	0,00	263,39	27,92	108,78	Secador Motor
	Línea 16.1	15,5	2,5	4	1,5	0	10	62500	7,5	30,00	11,40	47,22	0,0204	0,1262	118,11	0,05	3075,73	326,03	444,14	Secador
	Línea 16.2	15,5	1,5	4	0	0	11	68750	0,75	22,00	2,70	40,75	0,0195	0,2011	92,85	0,00	302,41	32,06	124,90	Secador Motor
CUADRO SECUNDARIO 7	Línea 17	20	1,5	4	0	0	13	81250	0	22,00	4,56	42,15	0,0197	0,0629	41,80	0,00	2707,69	237,00	406,81	Extractor
	Línea 18	27,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	3,24	22,00	4,82	40,50	0,0196	0,3591	187,28	0,03	2118,84	224,60	411,87	Horno con aspirador y quemador
	Línea 19	29,5	4	4	0	0	9	56250	3,73	22,00	11,50	53,66	0,0204	0,1503	197,06	0,06	3353,54	358,48	552,54	Compresor de martillo
	Línea Alum.1	41,25	1,5	4	1,5	0	16	100000	0,39	22,00	11,50	53,66	0,0204	0,5603	280,91	0,22	22320,62	2356,45	2837,36	Iluminación
	Enchufes 3	55	4	4	2,5	0	16	100000	-	16,00	16,00	90,00	0,0229	0,3154	419,65	0,24	24223,80	2567,72	2987,37	Enchufes
CUADRO SECUNDARIO 8	Línea CS5	9	10				10	93750	44,17	79,00	69,80	79,00	0,0222	0,2020	266,28	0,28	26522,27	2823,02	3929,76	CS5
	Línea 20	25,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	3	22,00	4,56	42,15	0,0196	0,3326	173,66	0,02	1037,29	109,95	283,61	Máquina ultrasónicos
	Línea 21	11,5	1,5	4	1,5	0	14	87500	6	22,00	9,10	48,55	0,0200	0,1534	78,32	0,04	3335,57	353,57	431,89	Cuba de desengrasar
	Línea 22.1	8	1,5	4	1,5	0	14	87500	4,6	22,00	6,99	45,05	0,0198	0,1054	54,48	0,02	1448,75	153,57	208,05	Cuba de cobre
	Línea 22.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1036	47,92	0,00	19,64	2,08	50,00	Cuba de cobre Motor
CUADRO SECUNDARIO 9	Línea 23.1	11	2,5	4	2,5	0	15	93750	15	30,00	22,80	68,88	0,0214	0,0944	86,79	0,15	13788,17	1461,61	1549,40	Cuba de cobre
	Línea 23.2	11	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1424	65,89	0,00	27,00	2,86	68,75	Cuba de cobre Motor
	Línea 24.1	16,75	2,5	4	2,5	0	15	93750	15	30,00	22,80	68,88	0,0205	0,1370	132,16	0,21	20033,14	2123,51	2255,67	Cuba de níquel
	Línea 24.2	16,75	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,2168	100,33	0,00	41,12	4,36	104,69	Cuba de níquel Motor
	Línea CS6	27	70			70	15	93750	37,15	279,00	74,44	43,56	0,0197	0,0076	1289,25	0,13	11820,34	1252,98	2542,21	CS6
CUADRO SECUNDARIO 10	Línea 25.1	11,5	4	4	1,5	0	15	93750	18	16,00	15,20	85,13	0,0209	0,0601	84,64	0,13	12396,18	1310,00	1426,74	Cuba de níquel
	Línea 25.2	11,5	1,5	4	0	0	14	87500	0,37	22,00	1,50	40,23	0,0194	0,1489	68,89	0,00	87,97	9,32	78,21	Cuba de níquel Motor
	Línea 26.1	8	1,5	4	1,5	0	14	87500	2,1	22,00	3,19	41,05	0,0195	0,1039	54,48	0,00	277,60	29,43	83,91	Cuba de níquel negro
	Línea 26.2	8	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,1036	47,92	0,00	19,64	2,08	50,00	Cuba de níquel negro Motor
	Línea 27	11,75	2,5	4	2,5	0	14	87500	11	30,00	16,70	55,49	0,0205	0,0964	92,71	0,08	7055,18	747,85	840,56	Cuba de cromo
CUADRO SECUNDARIO 11	Línea 28.1	16	1,5	4	1,5	0	15	93750	5,2	22,00	7,90	46,45	0,0199	0,2119	108,96	0,04	3719,53	394,27	503,23	Cuba de cromo Motor
	Línea 28.2	16	1,5	4	0	0	14	87500	0,19	22,00	0,85	40,07	0,0194	0,2071	95,84	0,00	39,28	4,16	100,00	Cuba de latón
	Línea 29	10,25	1,5	4	1,5	0	7	43750	0,1	22,00	0,15	40,00	0,0194	0,1326	69,80	0,00	0,40	0,04	69,85	Planta intercambio iónico
	Enchufes 6	90	4	4	0	0	16	100000	-	16,00	16,00	90,00	0,0229	0,5161	716,40	0				

Anexo 3: Instalación en la primera iteración

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Horas diarias	Horas funcionamiento (h)	Potencia Carga (KW)	Intensidad Máxima (A)	Intensidad Nominal	T ²	P ²	Resistencia (Ohm)	Coste instalación	Potencia de pérdidas kW	Energía de pérdidas KWh	Coste pérdidas	Coste total	Tipo de Máquina
CUADRO GENERAL	Línea general	5	185			185	16	100000	217,84	533,00	314,42	57,40	0,021	0,000	2310,60	0,08	8272,01	876,83	3187,43	Instalación Total
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea C51	46	70			70	14	87500	14,68	275,00	39,94	42,30	0,020	0,013	2196,50	0,14	12090,40	121,58	3478,08	C51
	Línea 1	15,75	2,5	4			11	68750	7,46	30,00	15,50	53,35	0,020	0,128	126,47	0,09	633,69	673,49	799,96	Vibrador
	Línea 2	8,5	2,5	4	2,5		14	87500	2,5	30,00	4,56	41,16	0,019	0,066	67,07	0,00	361,75	38,35	105,41	Cuba de triclotileno
	Línea 3	8,25	2,5	4	2,5		10	62500	0,2	30,00	0,52	40,02	0,019	0,064	65,09	0,00	3,25	0,34	65,44	Muela esmeril
	Línea 4	34,5	2,5	4			9	56250	0,84	30,00	2,70	40,41	0,019	0,113	116,44	0,00	136,70	14,70	131,34	Blabro
CUADRO SECUNDARIO 2	Línea 5	25,5	2,5	4	2,5		8	50000	3	30,00	4,56	41,36	0,019	0,199	201,20	0,01	620,15	65,74	266,93	Máquina ultrasónicos
	Enchufes 1	25	1,5	4	1,5		16	100000	-	22,00	16,00	66,45	0,021	0,355	170,25	0,27	27234,88	2886,90	3057,15	Enchufes
	Enchufes 2	25	1,5	4	1,5		16	100000	-	22,00	16,00	66,45	0,021	0,355	170,25	0,27	27234,88	2886,90	3057,15	Enchufes
	Línea C52	45	10			10	15	93750	35,27	77,00	54,54	65,09	0,021	0,095	533,70	0,85	79748,17	8453,31	8887,01	C52
	Línea 7.1	8	2,5	4	2,5		14	87500	0,1	30,00	0,15	40,00	0,019	0,097	98,63	0,00	0,59	0,06	86,69	Planta intercambio iónico
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea 7.2	8	2,5	4	2,5		14	87500	4,6	30,00	6,99	42,71	0,020	0,063	63,12	0,01	862,01	91,37	154,49	Cuba de cobre
	Línea 8.1	8	2,5	4	2,5		14	87500	0,19	30,00	0,60	40,02	0,019	0,062	64,24	0,00	5,87	0,62	64,86	Cuba de cobre motor
	Línea 8.2	8	2,5	4	2,5		14	87500	15	42,00	22,80	54,73	0,020	0,041	63,68	0,06	5980,04	633,88	697,56	Cuba de níquel
	Línea 9.1	12,5	2,5	4	2,5		15	87500	0,19	30,00	0,60	40,02	0,019	0,062	64,24	0,00	5,87	0,62	64,86	Cuba de níquel motor
	Línea 9.2	12,5	2,5	4	2,5		15	87500	4	42,00	23,50	54,73	0,020	0,064	69,50	0,10	9343,62	990,44	1089,94	Cuba de níquel
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea C53	62	6			10	15	93750	29,07	55,00	36,58	62,12	0,021	0,217	593,34	0,87	81556,02	8644,94	9238,28	C53
	Línea 10.1	11,5	6	6	6		14	87500	18	55,00	15,20	43,82	0,020	0,038	117,65	0,03	228,77	242,50	360,14	Cuba de níquel
	Línea 10.2	11,5	2,5	4	2,5		14	87500	0,37	30,00	1,50	40,13	0,019	0,089	92,35	0,00	52,76	5,59	97,84	Cuba de níquel
	Línea 11.1	7,25	2,5	4	2,5		14	87500	4,6	30,00	6,99	42,71	0,020	0,057	57,20	0,01	781,20	82,81	140,01	Cuba de oro
	Línea 11.2	7,25	2,5	4	2,5		14	87500	0,19	30,00	0,85	40,04	0,019	0,056	58,22	0,00	10,68	1,13	59,35	Cuba de oro motor
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea 12.1	8	2,5	4	2,5		14	87500	4,6	30,00	6,99	42,71	0,020	0,063	63,12	0,01	862,01	91,37	154,49	Cuba de oro
	Línea 12.2	8	2,5	4	2,5		14	87500	0,19	30,00	0,85	40,04	0,019	0,062	64,24	0,00	11,78	1,25	65,49	Cuba de oro motor
	Línea 13	12	2,5	4	2,5		12	75000	0,75	30,00	2,70	40,41	0,019	0,093	96,36	0,00	153,05	16,22	112,58	Bomba móvil
	Línea 14	17,5	2,5	4	2,5		14	87500	0,37	30,00	1,50	40,13	0,019	0,136	140,53	0,00	68,82	7,29	147,82	Bomba móvil
	Línea C54	88	95			70	13	81250	26,1	342,00	78,62	42,64	0,020	0,018	5136,56	0,34	27351,02	2899,21	8035,77	C54
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea 15.1	13,5	4	4	2,5		10	62500	4	42,00	11,40	43,68	0,020	0,066	103,01	0,03	1617,76	171,48	274,49	Secador
	Línea 15.2	13,5	2,5	4	2,5		11	68750	0,75	30,00	2,70	40,41	0,019	0,105	108,41	0,00	157,84	16,73	125,14	Secador Motor
	Línea 16.1	15,5	4	4	2,5		10	62500	7,5	42,00	11,40	43,68	0,020	0,076	118,27	0,03	185,43	196,89	315,15	Secador
	Línea 16.2	15,5	2,5	4	2,5		11	68750	0,75	30,00	2,70	40,41	0,019	0,121	124,47	0,00	181,22	19,21	143,67	Secador Motor
	Línea 17	20	2,5	4	2,5		13	81250	2,24	30,00	6,50	42,35	0,020	0,157	160,60	0,02	1612,89	170,97	231,57	Extractor
CUADRO SECUNDARIO 7	Línea 18	27,5	2,5	4	2,5		13	81250	3,24	30,00	4,92	41,34	0,020	0,215	216,98	0,02	1286,01	134,20	351,17	Horno con aspirador y quemador
	Línea 19	29,5	6	6	6		9	56250	3,73	55,00	11,50	42,19	0,020	0,096	344,00	0,00	2146,84	227,57	571,57	Compresor de martillo
	Línea Alum.b.1	41,25	2,5	4	2,5		16	100000	0,39	30,00	11,50	47,35	0,020	0,329	325,46	0,13	13046,68	1382,95	1708,41	Iluminación
	Enchufes 3	55	4	4	2,5		16	100000	-	55,00	16,00	44,23	0,020	0,271	419,65	0,21	20813,51	2206,23	2625,88	Enchufes
	Línea C55	25	16			16	15	93750	44,17	100,00	68,89	62,07	0,021	0,047	1547,98	0,87	15470,36	1645,86	1892,44	C55
CUADRO SECUNDARIO 8	Línea 20	25,5	2,5	4	2,5		14	87500	3	30,00	4,56	41,16	0,019	0,199	201,20	0,01	1085,25	115,03	316,23	Máquina ultrasónicos
	Línea 21	11,5	2,5	4	2,5		14	87500	6	30,00	9,10	44,60	0,020	0,091	90,74	0,02	1973,44	209,19	299,92	Cuba de desengrase
	Línea 22.1	8	2,5	4	2,5		14	87500	4,6	30,00	6,99	42,71	0,020	0,063	63,12	0,01	862,01	91,37	154,49	Cuba de cobre
	Línea 22.2	8	2,5	4	2,5		14	87500	0,19	30,00	0,85	40,04	0,019	0,062	64,24	0,00	11,78	1,25	65,49	Cuba de cobre Motor
	Línea 23.1	11	2,5	4	2,5		15	87500	4	42,00	23,50	54,73	0,020	0,056	87,56	0,09	871,59	95,15	959,15	Cuba de cobre
CUADRO SECUNDARIO 9	Línea 23.2	11	2,5	4	2,5		14	87500	0,85	30,00	2,80	40,05	0,019	0,085	88,33	0,00	16,20	1,72	90,05	Cuba de cobre Motor
	Línea 24.1	16,75	4	4	4		15	93750	15	42,00	22,80	54,73	0,020	0,086	133,33	0,13	1327,20	1460,53	Cuba de níquel	
	Línea 24.2	16,75	2,5	4	2,5		14	87500	0,19	30,00	0,85	40,04	0,019	0,130	134,50	0,00	24,67	2,61	137,12	Cuba de níquel Motor
	Línea C56	27	95			70	15	93750	37,15	342,00	74,44	42,27	0,020	0,056	1575,99	0,09	8027,51	919,29	2495,28	C56
	Línea 25.1	11,5	6	6	6		14	87500	18	55,00	27,30	52,32	0,020	0,039	117,65	0,09	8147,82	863,67	981,31	Cuba de níquel
CUADRO SECUNDARIO 10	Línea 25.2	11,5	2,5	4	2,5		14	87500	0,37	30,00	1,50	40,13	0,019	0,089	92,35	0,00	52,76	5,59	97,94	Cuba de níquel Motor
	Línea 26.1	8	2,5	4	2,5		14	87500	2,1	30,00	3,19	40,57	0,019	0,062	63,12	0,00	166,27	17,62	80,74	Cuba de níquel negro Motor
	Línea 26.2	8	2,5	4	2,5		14	87500	0,19	30,00	0,85	40,04	0,019	0,062	64,24	0,00	11,78	1,25	65,49	Cuba de níquel negro Motor
	Línea 27	11,75	4	4	4		14	87500	4	42,00	17,70	47,91	0,020	0,058	93,53	0,05	4294,34	455,20	548,73	Cuba de cromo
	Línea 28.1	16	2,5	4	2,5		15	93750	5,2	30,00	7,90	43,47	0,019	0,128	126,24	0,02	2208,10	234,06	360,30	Cuba de cromo Motor
CUADRO SECUNDARIO 11	Línea 28.2	16	2,5	4	2,5		14	87500	0,19	30,00	0,85	40,04	0,019	0,124	128,48	0,00	23,56	2,50	130,98	Cuba de latón
	Línea 29	10,25	2,5	4	2,5		7	43750	0,1	30,00	0,15	40,00	0,019	0,076	80,87	0,00	5,24	0,03	80,90	Planta intercambio iónico
	Enchufes 4	90	4	4	4		16	100000	-	55,00	16,00	44,23	0,020	0,435	716,40	0,34	34068,48	3610,20	4326,60	Enchufes
	Línea C57	35	35			25	14	87500	13,54	176,00	64,32	46,68	0,019	0,199	921,20	0,25	2199,85	2288,74	3209,94	C57
	Línea 30	4,75	2,5	4	2,5		9	56250	2,98	30,00	8,50	44,01	0,019	0,0374	38,14	0,01</				

Anexo 4: Instalación en la segunda iteración

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Horas diarias	Horas funcionamiento (h)	Potencia Carga (KW)	Intensidad Máxima (A)	Intensidad Nominal	T _a	ρ ₇₀	Resistencia (Ohm)	Coste instalación	Potencia de pérdidas kW	Energía de pérdidas kWh	Coste pérdidas	Coste total	Tipo de Máquina
CUADRO GENERAL	Línea general	5	185			185	16	100000	217,84	533,00	314,42	57,40	0,021	0,000	2310,60	0,08	8272,01	876,83	3187,43	Instalación Total
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea CS1	46	4			70	14	87500	342,00	598,84	41,53	0,020	0,009	2685,02	0,10	8884,01	941,70	3626,72	941,70	CS1
	Línea 1	15,75	4	4			11	68750	7,46	42,00	15,50	46,81	0,020	0,078	125,37	0,06	3881,06	411,39	536,76	Vibrador
	Línea 2	8,5	4	4	4		14	87500	5	42,00	4,56	40,59	0,019	0,041	67,86	0,00	225,63	91,58	91,58	Cuba de trióxido de
	Línea 3	9,25	4	4	4		10	62500	0,4	42,00	0,52	40,01	0,019	0,040	65,67	0,00	2,93	0,22	65,89	Muela escueta
	Línea 4	14,5	4	4	4		9	56250	0,82	42,00	2,70	40,21	0,019	0,070	115,42	0,00	86,63	9,18	124,60	Taladro
CUADRO SECUNDARIO 2	Línea 5	25,5	4	4	4		8	50000	3	42,00	4,56	40,59	0,019	0,124	202,98	0,01	386,80	41,00	243,98	Máquina ultrasónicos
	Enchufes 1	25	1,5	4	1,5		16	100000	-	22,00	16,00	66,45	0,021	0,355	170,25	0,27	2724,88	2886,90	3057,15	Enchufes
	Línea CS2	45	16	4	1,5	16		93750	35,27	105,00	54,54	53,49	0,020	0,057	706,95	0,51	47917,27	5097,23	5786,18	CS2
	Línea 6	12,5	4	4	4		14	87500	0,1	42,00	0,15	40,00	0,019	0,061	95,50	0,00	0,37	0,04	99,54	Planta intercambio iónico
	Línea 7.1	8	4	4	4		15	93750	4,6	42,00	6,99	41,38	0,020	0,039	63,68	0,01	536,18	120,52	4	Cuba de cobre
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea 7.2	8	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,60	40,01	0,019	0,039	63,68	0,00	3,67	0,39	64,07	Cuba de níquel
	Línea 8.1	8	6	6	6		15	87500	15	55,00	22,80	48,59	0,020	0,027	81,84	0,04	3902,21	413,63	495,47	Cuba de níquel
	Línea 8.2	8	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,60	40,01	0,019	0,039	63,68	0,00	3,67	0,39	64,07	Cuba de níquel motor
	Línea 9.1	12,5	6	6	6		15	93750	15	55,00	22,80	48,59	0,020	0,042	127,88	0,07	6097,20	646,30	774,18	Cuba de níquel
	Línea 9.2	12,5	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,60	40,01	0,019	0,061	95,50	0,00	5,73	0,61	100,11	Cuba de níquel motor
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea CS3	62	10	10		10		93750	29,07	77,00	35,58	51,28	0,020	0,125	755,32	0,50	47150,09	4997,91	5738,23	CS3
	Línea 10.1	11,5	10	10	10		14	87500	18	77,00	15,20	41,95	0,020	0,022	162,73	0,02	1363,43	144,52	307,25	Cuba de níquel
	Línea 10.2	11,5	4	4	4		14	87500	0,37	42,00	1,50	40,06	0,019	0,056	91,54	0,00	32,97	3,49	95,03	Cuba de níquel
	Línea 11.1	7,25	4	4	4		15	93750	4,6	42,00	6,99	41,38	0,020	0,035	57,71	0,01	485,91	51,51	109,22	Cuba de oro
	Línea 11.2	7,25	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,85	40,02	0,019	0,035	57,71	0,00	6,67	0,71	58,42	Cuba de oro motor
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea 12.1	8	4	4	4		15	93750	4,6	42,00	6,99	41,38	0,020	0,039	63,68	0,01	536,18	56,84	120,52	Cuba de oro
	Línea 12.2	8	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,85	40,02	0,019	0,039	63,68	0,00	7,36	0,78	64,46	Cuba de oro motor
	Línea 13	12	4	4	4		12	75000	0,75	42,00	2,70	40,21	0,019	0,058	95,52	0,00	95,59	10,13	105,65	Bomba mdvil
	Línea 14	47,5	4	4	4		12	75000	0,37	42,00	1,50	40,06	0,019	0,085	139,30	0,00	43,08	4,56	143,86	Bomba mdvil
	Línea CS4	98	120			70		81250	26,1	400,00	76,82	41,93	0,020	0,114	6149,64	0,27	21597,49	2289,33	8438,77	CS4
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea 15.1	13,5	6	6	6		10	62500	7,5	55,00	11,40	42,15	0,020	0,044	138,11	0,02	1072,57	113,89	251,80	Secador
	Línea 15.2	13,5	4	4	4		11	68750	0,75	42,00	2,70	40,21	0,019	0,066	107,46	0,00	98,58	10,45	117,91	Secador Motor
	Línea 16.1	15,5	6	6	6		10	62500	7,5	55,00	11,40	42,15	0,020	0,051	158,57	0,02	1231,46	130,54	289,10	Secador
	Línea 16.2	15,5	4	4	4		11	68750	0,75	42,00	2,70	40,21	0,019	0,075	123,38	0,00	1131,18	12,00	135,38	Secador Motor
	Línea 17	20	4	4	4		13	81250	2,24	42,00	6,50	41,20	0,019	0,097	159,20	0,01	1003,88	106,41	265,61	CS5
CUADRO SECUNDARIO 7	Línea 18	27,5	4	4	4		13	81250	3,24	42,00	4,92	40,69	0,019	0,134	218,90	0,01	789,37	83,67	302,57	Horno con aspirador y quemador
	Línea 19	29,5	10	10			19	56250	3,73	77,00	11,50	41,12	0,019	0,057	349,87	0,02	1283,13	136,01	485,88	Compresor de martillo
	Línea Alumbr.1	43,25	4	4	4		16	100000	4	93,39	35,58	42,00	0,020	0,209	328,35	0,08	8308,38	853,33	1183,68	Iluminación
	Enchufes 3	55	6	4			16	100000	-	55,00	16,00	44,23	0,020	0,181	541,20	0,14	13975,68	1470,82	2012,02	Enchufes
	Línea CS5	9	25			16		93750	44,17	141,00	68,80	51,90	0,020	0,007	184,50	0,10	9705,60	1028,79	1213,29	CS5
CUADRO SECUNDARIO 8	Línea 20	25,5	4	4	4		14	87500	3	42,00	4,56	40,59	0,019	0,124	202,98	0,01	676,89	71,75	274,73	Máquina ultrasónicos
	Línea 21	11,5	4	4	4		14	87500	6	42,00	9,10	42,35	0,020	0,056	91,54	0,00	423,87	129,69	221,23	Cuba de desengrase
	Línea 22.1	8	4	4	4		15	93750	4,6	42,00	6,99	41,38	0,020	0,039	63,68	0,01	536,18	56,84	120,52	Cuba de cobre
	Línea 22.2	8	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,85	40,02	0,019	0,039	63,68	0,00	7,36	0,78	64,46	Cuba de cobre Motor
	Línea 23.1	11	6	6	6		15	93750	15	55,00	22,80	48,59	0,020	0,037	112,53	0,06	5365,54	568,75	681,28	Cuba de cobre
CUADRO SECUNDARIO 9	Línea 23.2	11	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,85	40,02	0,019	0,053	87,56	0,00	10,12	1,07	88,63	Cuba de cobre Motor
	Línea 24.1	16,75	6	6	6		15	93750	15	55,00	22,80	48,59	0,020	0,057	171,35	0,09	8347,14	884,80	1056,15	Cuba de níquel
	Línea 24.2	16,75	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,85	40,02	0,019	0,081	133,33	0,00	15,42	1,63	134,96	Cuba de níquel Motor
	Línea CS6	27	120			70		93750	37,15	400,00	74,44	41,73	0,0195	0,0044	1886,76	0,07	6849,97	726,10	2612,86	CS6
	Línea 25.1	11,5	10	10	10		15	93750	18	77,00	27,30	46,29	0,0199	0,0228	162,73	0,05	4786,06	507,37	670,05	Cuba de níquel
CUADRO SECUNDARIO 10	Línea 25.2	11,5	4	4	4		14	87500	0,37	42,00	1,50	40,06	0,0194	0,058	91,54	0,00	32,97	3,49	95,03	Cuba de níquel Motor
	Línea 26.1	8	4	4	4		14	87500	2,1	42,00	3,19	40,29	0,0194	0,0389	63,68	0,00	103,81	11,00	74,68	Cuba de níquel negro
	Línea 26.2	8	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,85	40,02	0,0194	0,0388	63,68	0,00	7,36	0,78	64,46	Cuba de níquel negro Motor
	Línea 27	11,75	6	6	6		11	55,00	16,70	44,61	40,02	0,0197	0,0387	120,20	0,03	2829,56	299,53	420,14	Cuba de cromo	
	Línea 28.1	16	4	4	4		15	93750	5,2	42,00	7,90	41,77	0,0195	0,0781	127,36	0,01	1371,65	145,39	272,75	Cuba de cromo Motor
CUADRO SECUNDARIO 11	Línea 28.2	16	4	4	4		14	87500	0,19	42,00	0,85	40,02	0,0194	0,0777	127,36	0,00	14,73	1,56	128,92	Cuba de litio
	Línea 29	10,25	4	4	4		7	43750	0,1	42,00	0,15	40,00	0,0194	0,0497	81,59	0,00	0,15	0,02	81,61	Planta intercambio iónico
	Enchufes 6	90	10	6	10		16	100000	-	77,00	16,00	42,16	0,0196	0,1761	1236,60	0,14	13522,31	1433,37	2669,97	Enchufes
	Línea CS7	35	50			25		87500	13,54	216,00	64,32	44,43	0,0197	0,0138	1145,55	0,17	14999,92	1589,36	2794,91	CS7
	Línea 30	4,75	4	4	4		9	56250	2,98	42,00	8,50	42,05	0,0196	0,0332	37,81	0,01	233,13	30,01	47,82	Bomba sumergible
CUADRO SECUNDARIO 12	Línea 31	7,25	4	4	4		12	75000	0,37</											

Anexo 5: Instalación en la tercera iteración

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Horas diarias	Horas funcionamiento (h)	Potencia Carga (KW)	Intensidad Máxima (A)	Intensidad Nominal	T ₃	ρ(T)	Resistencia (Ohm)	Coste instalación	Potencia de pérdidas kW	Energía de pérdidas kWh	Coste pérdidas	Coste total	Tipo de Máquina
CUADRO GENERAL	Línea general	5	240			120	16	100000	217,84	634	314,42	52,30	0,02	0,0002	1321,200	0,06	6265,12	664,10	1985,30	Instalación Total
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea CS1	46	120			70	14	87500	14,68	400,00	59,84	41,12	0,02	0,007	2214,480	0,08	7022,70	744,41	3958,89	CS1
	Línea 2	15,75	6	6			11	68750	7,46	55,00	15,50	43,97	0,02	0,052	137,498	0,04	2561,32	271,50	495,00	Vibrador
	Línea 3	8,25	6	6	6		14	87500	3	55,00	4,56	40,34	0,02	0,028	86,955	0,00	150,29	102,89	102,89	Cuba de triclópteno
	Línea 4	14,5	6	6	6		10	62500	0,4	55,00	0,52	40,00	0,02	0,027	84,398	0,00	1,35	0,14	84,54	Muela esmeril
	Línea 5	25,5	6	6	6		9	56250	0,82	55,00	2,70	40,12	0,02	0,047	126,585	0,00	57,73	6,12	132,70	Taladro
	Enchufes 1	25	2,5	4	2,5	2,5	16	100000	-	55,00	4,56	40,34	0,02	0,083	260,865	0,01	257,63	27,31	288,17	Máquina ultrasonidos
	Enchufes 2	25	2,5	4	2,5	2,5	16	100000	-	30,00	16,00	54,22	0,02	0,204	197,250	0,16	15678,50	1669,92	1859,17	Enchufes
	Enchufes 3	25	2,5	4	2,5	2,5	16	100000	-	30,00	16,00	54,22	0,02	0,204	197,250	0,16	15678,50	1669,92	1859,17	Enchufes
	Línea CS2	45	2,5	6		16	15	93750	35,27	141,00	54,54	47,48	0,02	0,036	922,500	0,32	30028,44	3189,01	4105,51	CS2
	Línea 6	12,5	6	6	6		14	87500	0,1	55,00	0,15	40,00	0,02	0,040	127,875	0,00	0,25	0,03	127,90	Planta intercambio térmico
CUADRO SECUNDARIO 2	Línea 7.1	8	6	6	6		15	93750	4,6	55,00	6,99	40,81	0,02	0,026	81,840	0,00	356,71	37,81	135,65	Cuba de cobre
	Línea 7.2	8	6	6	6		14	87500	0,19	55,00	0,60	40,01	0,02	0,026	69,840	0,00	2,45	0,26	70,10	Cuba de cobre motor
	Línea 8.1	8	10	10	10	10	15	93750	15	77,00	22,80	44,38	0,02	0,016	113,200	0,02	2306,59	244,50	357,70	Cuba de níquel
	Línea 8.2	8	10	10	10	10	15	93750	0,19	55,00	0,60	40,01	0,02	0,026	69,840	0,00	7,45	0,36	70,10	Cuba de níquel motor
	Línea 9.1	12,5	10	10	10	10	15	93750	15	77,00	22,80	44,38	0,02	0,016	113,200	0,02	3604,05	381,03	538,80	Cuba de níquel
	Línea 9.2	12,5	6	6	6		15	93750	0,19	55,00	0,60	40,01	0,02	0,040	109,125	0,00	3,82	0,41	109,53	Cuba de níquel motor
	Línea CS3	62	16	16		16	15	93750	29,07	105,00	36,58	46,07	0,02	0,077	974,020	0,31	28932,10	3066,80	4040,82	CS3
	Línea 10.1	11,5	16	16	16	16	14	87500	18	105,00	15,20	41,05	0,02	0,014	216,040	0,01	489,37	90,03	388,07	Cuba de níquel
	Línea 10.2	11,5	6	6	6		14	87500	0,37	55,00	1,50	40,04	0,02	0,037	100,395	0,00	21,98	2,33	102,72	Cuba de níquel
	Línea 11.1	7,25	6	6	6		15	93750	4,6	55,00	6,99	40,81	0,02	0,024	74,168	0,00	313,27	34,27	108,43	Cuba de oro
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea 11.2	7,25	6	6	6		14	87500	0,19	55,00	0,85	40,01	0,02	0,023	63,293	0,00	4,45	0,47	63,76	Cuba de oro motor
	Línea 12.1	8	6	6	6		14	87500	0,75	55,00	4,08	44,5	0,02	0,026	81,840	0,00	356,71	37,81	135,65	Cuba de oro
	Línea 12.2	8	6	6	6		14	87500	0,19	55,00	0,85	40,01	0,02	0,026	69,840	0,00	4,91	0,52	70,36	Cuba de oro motor
	Línea 13	12	6	6	6		16	100000	0,75	55,00	2,70	40,12	0,02	0,039	104,760	0,00	63,71	6,75	111,51	Bomba móvil
	Línea 14	17,5	6	6	6		12	75000	0,37	55,00	1,50	40,04	0,02	0,057	152,775	0,00	28,67	3,04	155,81	Bomba móvil
	Línea CS4	98	16	16		16	13	81250	26,1	444,00	184,8	208,1	0,02	0,011	2088,500	0,21	12427,65	1824,98	2484,75	CS4
	Línea 15.1	13,5	10	10	10	10	14	87500	7,5	77,00	11,40	41,10	0,02	0,026	191,025	0,01	641,10	67,96	258,88	Secador
	Línea 15.2	13,5	6	6	6		11	68750	0,75	55,00	2,70	40,12	0,02	0,044	117,855	0,00	65,70	6,96	124,82	Secador Motor
	Línea 16.1	15,5	10	10	10	10	14	87500	7,5	77,00	11,40	41,10	0,02	0,030	219,325	0,01	736,07	78,02	297,35	Secador
	Línea 16.2	15,5	6	6	6		11	68750	0,75	55,00	2,70	40,12	0,02	0,050	135,315	0,00	75,43	8,00	143,21	Secador Motor
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea 17	20	6	6	6		13	81250	2,24	55,00	6,50	40,70	0,02	0,065	174,600	0,01	668,04	70,81	245,41	Extractor
	Línea 18	27,5	6	6	6		13	81250	3,24	55,00	4,92	40,40	0,02	0,089	281,325	0,01	525,70	55,72	337,05	Horno con aspirador y quemador
	Línea 19	29,5	16	16	16	16	16	100000	3,73	105,00	11,50	40,60	0,02	0,036	463,445	0,01	800,46	84,85	548,29	Compresor de martillo
	Línea Alumb.1	41,25	6	6	6		16	100000	0,38	55,00	1,50	41,10	0,02	0,135	421,988	0,05	5336,78	565,70	987,69	Iluminación
	Enchufes 3	35	10	10	10	10	16	100000	-	77	16,00	42,16	0,02	0,108	778,250	0,08	8263,64	875,95	1654,20	Enchufes
	Línea CS5	9	35	16		16	15	93750	44,17	176,00	68,80	47,64	0,02	0,005	231,830	0,07	6829,57	723,93	955,86	CS5
	Línea 20	25,5	6	6	6		14	87500	3	55,00	4,56	40,34	0,02	0,083	260,865	0,01	450,86	47,79	368,66	Máquina ultrasonidos
	Línea 21	11,5	6	6	6		14	87500	6	55,00	9,20	41,27	0,02	0,037	117,645	0,01	81,277	86,15	206,38	Cuba de desengrase
	Línea 22.1	8	6	6	6		15	93750	4,6	55,00	6,99	40,81	0,02	0,026	81,840	0,00	356,71	37,81	135,65	Cuba de cobre
	Línea 22.2	8	10	10	10	10	15	93750	0,19	55,00	0,85	40,01	0,02	0,026	69,840	0,00	4,91	0,52	70,36	Cuba de cobre Motor
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea 23.1	11	10	10	10	10	15	93750	15	77,00	22,80	44,38	0,02	0,022	155,650	0,03	3171,56	336,19	491,84	Cuba de cobre
	Línea 23.2	11,5	6	6	6		14	87500	0,19	55,00	0,85	40,01	0,02	0,046	96,030	0,00	6,75	0,72	90,75	Cuba de cobre Motor
	Línea 24.1	16,75	10	10	10	10	15	93750	15	77,00	22,80	44,38	0,02	0,033	237,013	0,05	4839,43	511,92	748,93	Cuba de níquel
	Línea 24.2	16,75	6	6	6		15	93750	0,19	55,00	0,85	40,01	0,02	0,054	146,228	0,00	10,28	1,09	147,32	Cuba de níquel Motor
	Línea CS6	27	150	16		16	15	93750	37,15	464,00	74,44	41,29	0,02	0,035	2419,7400	0,06	5471,17	579,94	2999,68	CS6
	Línea 25.1	11,5	16	16	16	16	15	93750	18	105,00	27,30	43,38	0,02	0,011	218,8400	0,03	290,41	313,84	Cuba de níquel	
	Línea 25.2	11,5	6	6	6		14	87500	0,37	55,00	1,50	40,04	0,02	0,0372	100,3950	0,00	21,98	2,33	102,72	Cuba de níquel Motor
	Línea 26.1	8	6	6	6		14	87500	2,1	55,00	3,19	40,17	0,02	0,0259	81,8400	0,00	69,18	7,33	89,17	Cuba de níquel negro
	Línea 26.2	8	6	6	6		14	87500	0,19	55,00	0,85	40,01	0,02	0,0259	69,8400	0,00	4,91	0,52	70,36	Cuba de níquel negro Motor
	Línea 27	11,75	10	10	10	10	14	87500	11	77,00	16,70	42,35	0,02	0,0220	166,3625	0,02	1684,03	178,51	244,77	Cuba de cromo
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea 28.1	16	6	6	6		15	93750	5,2	55,00	7,90	41,03	0,02	0,0520	163,6800	0,01	912,00	96,67	260,35	Cuba de cromo Motor
	Línea 28.2	16	6	6	6		14	87500	0,19	55,00	0,85	40,01	0,02	0,0518	139,6800	0,00	9,82	1,04	140,72	Cuba de latón
	Línea 29	10,25	6	6	6		7	43750	0,1	55,00	0,15	40,00	0,02	0,032	104,8575	0,00	0,10	0,01	106,87	Planta intercambio térmico
	Enchufes 6	30	16	16	16	16	16	100000	-	105,00	16,00	41,16	0,02	0,1096	1706,4000	0,08	8411,03	892,63	2599,03	Enchufes
	Línea CS7	35	70	14		14	14	87500	13,54	279,00	64,32	42,66	0,02	0,0098	1481,5500	0,12	10641,89	1128,04	2609,59	CS7
	Línea 30	4,75	6	6	6		9	56250	2,98</											

Anexo 6: Instalación en la cuarta iteración

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Horas diarias	Horas funcionamiento (h)	Potencia Carga (KW)	Intensidad Máxima (A)	Intensidad Nominal	T ₁	ρ ₁	Resistencia (Ohm)	Coste instalación	Potencia de pérdidas kW	Energía de pérdidas kWh	Coste pérdidas	Coste total	Tipo de Máquina
CUADRO GENERAL	Línea general	5	240			120	16	100000	217.84	634	536.63	75.82	0.02	0.0002	1321.200	0.20	19743.27	2092.79	3413.99	Instalación Total
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea CS1	46	185			95	14	87500	14.68	533.00	58.84	40.63	0.02	0.005	5183.740	0.05	4547.21	482.00	5665.74	CS1
	Línea 1	15.75	10	10			11	68750	7.46	77.00	15.50	42.03	0.02	0.031	186.795	0.02	1526.08	161.76	348.56	Vibrador
	Línea 2	8.5	10	10	10		14	87500	3	77.00	4.56	40.18	0.02	0.017	120.275	0.00	90.12	9.55	129.83	Cuba de tricicloileno
	Línea 3	8.25	10	10	10		10	62500	0.4	77.00	0.52	40.00	0.02	0.016	116.738	0.00	0.81	0.09	116.82	Muela esmeril
	Línea 4	14.5	10	10			9	50000	0.82	77.00	2.70	40.06	0.02	0.028	171.970	0.00	34.63	3.67	175.64	Taladro
	Línea 5	25.5	10	10	10		8	50000	3	77.00	4.56	40.18	0.02	0.050	360.825	0.00	154.45	16.38	377.20	Máquina ultrasonidos
	Enchufes 1	25	4	4	4		16	100000	-	42.00	16.00	47.26	0.02	0.125	199.000	0.10	9563.14	1013.69	1212.69	Enchufes
	Enchufes 2	25	4	4	4		16	100000	-	42.00	16.00	47.26	0.02	0.125	199.000	0.10	9563.14	1013.69	1212.69	Enchufes
	Línea CS2	45	35				16	87500	35.27	136.00	54.54	44.80	0.02	0.025	2159.650	0.23	2245.48	292.02	3411.67	CS2
	Línea 6	12.5	10	10	10		14	87500	0.1	77.00	0.15	40.00	0.02	0.024	176.875	0.00	0.15	0.02	176.89	Planta intercambio iónico
Línea 7.1	8	10	10	10		16	93750	4.6	77.00	6.99	40.41	0.02	0.016	113.200	0.00	213.72	22.65	135.85	Cuba de cobre	
Línea 7.2	8	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.60	40.00	0.02	0.016	94.880	0.00	1.47	0.16	95.04	Cuba de cobre motor	
Línea 8.1	8	16	16	16		14	87500	0.19	77.00	0.60	40.00	0.02	0.016	94.880	0.00	1.47	0.16	95.04	Cuba de níquel	
Línea 8.2	8	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.60	40.00	0.02	0.016	94.880	0.00	1.47	0.16	95.04	Cuba de níquel motor	
Línea 9.1	12.5	16	16	16		16	93750	15	105.00	22.80	42.36	0.02	0.015	237.000	0.02	2236.20	237.04	474.04	Cuba de níquel	
Línea 9.2	12.5	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.60	40.00	0.02	0.024	148.250	0.00	2.29	0.24	148.49	Cuba de níquel motor	
Línea CS3	62	25				16	87500	39.07	141.00	56.58	43.37	0.02	0.049	3271.000	0.20	1838.52	1943.88	3214.88	CS3	
Línea 10.1	11.5	25	25	25		25	14	87500	18	141.00	15.20	40.58	0.02	0.009	211.255	0.01	542.68	57.52	268.78	Cuba de níquel
Línea 10.2	11.5	10	10	10		14	87500	0.37	77.00	1.50	40.02	0.02	0.022	136.390	0.00	13.19	1.40	137.79	Cuba de níquel	
Línea 11.1	7.25	10	10	10		15	93750	4.6	77.00	6.99	40.41	0.02	0.014	102.588	0.00	193.69	20.53	123.12	Cuba de oro	
Línea 11.2	7.25	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.65	40.01	0.02	0.014	85.885	0.00	2.67	0.28	85.27	Cuba de oro motor	
Línea 12.1	8	10	10	10		14	87500	4.6	77.00	6.99	40.41	0.02	0.016	113.200	0.00	213.72	22.65	135.85	Cuba de oro	
Línea 12.2	8	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.65	40.01	0.02	0.016	94.880	0.00	2.95	0.31	95.19	Cuba de oro motor	
Línea 13	17	10	10	10		12	75000	0.75	77.00	2.80	40.06	0.02	0.023	142.120	0.00	35.22	4.05	146.37	Bomba móvil	
Línea 14	17.25	10	10	10		12	75000	0.37	77.00	1.50	40.02	0.02	0.024	207.550	0.00	19.20	1.82	209.37	Bomba móvil	
Línea CS4	88	185				95	13	81250	26.1	533.00	78.62	41.09	0.02	0.009	9916.720	0.17	13966.51	1480.45	11397.17	CS4
Línea 15.1	13.5	16	16	16		16	10	62500	7.5	105.00	11.40	40.59	0.02	0.016	255.960	0.01	399.95	42.39	298.35	Secador
Línea 15.2	13.5	10	10	10		11	68750	0.75	77.00	2.70	40.06	0.02	0.026	160.110	0.00	39.41	4.18	164.29	Secador Motor	
Línea 16.1	15.5	16	16	16		10	62500	7.5	105.00	11.40	40.59	0.02	0.019	293.880	0.01	459.20	48.68	345.56	Secador	
Línea 16.2	15.5	10	10	10		11	68750	0.75	77.00	2.70	40.06	0.02	0.020	183.830	0.00	45.25	4.80	188.63	Secador Motor	
Línea 17	20	10	10	10		13	81250	2.24	77.00	6.50	40.36	0.02	0.039	237.200	0.00	400.33	42.43	279.63	Extractor	
Línea 18	22.5	10	10	10		13	81250	3.24	77.00	4.97	40.20	0.02	0.053	389.125	0.00	315.20	33.41	422.54	Horno con aspirador y quemador	
Línea 19	29.5	25	25	25		9	50000	3.73	141.00	11.50	40.33	0.02	0.023	545.745	0.01	513.80	54.25	609.00	Compresor de matillo	
Línea Alum. 1	41.25	10	10	10		16	100000	0.39	77.00	11.50	41.12	0.02	0.080	583.688	0.03	3189.70	338.11	931.80	Iluminación	
Enchufes 3	55	16	16	16		16	100000	-	10.00	16.00	41.16	0.02	0.067	1042.800	0.05	5146.18	545.50	1588.30	Enchufes	
Línea CS5	9	90				25	15	93750	44.17	216.00	68.80	45.07	0.02	0.004	294.570	0.05	477.28	502.15	786.22	CS5
Línea 20	25.5	10	10	10		14	87500	6	77.00	9.10	40.70	0.02	0.020	220.350	0.00	220.35	26.66	305.48	Máquina ultrasonidos	
Línea 21	11.5	10	10	10		14	87500	6	77.00	9.10	40.70	0.02	0.022	162.725	0.01	486.48	51.57	214.29	Cuba de desengrase	
Línea 22.1	8	10	10	10		15	93750	4.6	77.00	6.99	40.41	0.02	0.016	113.200	0.00	213.72	22.65	135.85	Cuba de cobre	
Línea 22.2	8	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.60	40.00	0.02	0.016	94.880	0.00	2.95	0.31	95.19	Cuba de cobre motor	
Línea 23.1	11	16	16	16		15	93750	15	105.00	22.80	42.36	0.02	0.013	208.560	0.02	1967.86	208.59	2117.55	Cuba de níquel negro	
Línea 23.2	11	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.65	40.01	0.02	0.021	130.460	0.00	4.05	0.43	130.89	Cuba de cobre Motor	
Línea 24.1	16.75	16	16	16		16	93750	15	105.00	22.80	42.36	0.02	0.020	317.580	0.03	2996.51	317.63	635.21	Cuba de níquel	
Línea 24.2	16.75	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.65	40.01	0.02	0.033	198.655	0.00	6.17	0.65	199.31	Cuba de níquel Motor	
Línea CS6	27	185				120	15	93750	37.15	533.00	74.44	40.98	0.02	0.0028	3042.630	0.05	4431.08	469.69	3512.32	CS6
Línea 25.1	11.5	25	25	25		25	15	93750	18	141.00	27.30	41.87	0.02	0.0090	211.250	0.02	1884.42	199.75	411.00	Cuba de níquel
Línea 25.2	11.5	10	10	10		14	87500	0.37	77.00	1.50	40.02	0.02	0.0223	136.390	0.00	13.19	1.40	137.79	Cuba de níquel Motor	
Línea 26.1	8	10	10	10		14	87500	2.1	77.00	3.19	40.09	0.02	0.0155	113.200	0.00	41.49	4.40	117.69	Cuba de níquel negro	
Línea 26.2	8	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.65	40.01	0.02	0.0155	94.880	0.00	2.95	0.31	95.19	Cuba de níquel negro Motor	
Línea 27	11.75	16	16	16		16	14	87500	11	105.00	16.70	41.26	0.02	0.0143	222.780	0.01	1048.39	111.13	333.91	Cuba de cromo
Línea 28.1	16	10	10	10		15	93750	5.2	77.00	7.90	40.53	0.02	0.0311	226.400	0.01	546.20	57.90	284.30	Cuba de cromo Motor	
Línea 28.2	16	10	10	10		14	87500	0.19	77.00	0.65	40.01	0.02	0.0311	189.760	0.00	5.89	0.62	196.38	Cuba de boro	
Línea 29	10.25	10	10	10		7	43750	0.1	77.00	0.15	40.00	0.02	0.0159	145.075	0.00	0.06	0.01	145.04	Planta intercambio iónico	
Enchufes 6	90	25	25	25		25	16	100000	-	141.00	16.00	40.64	0.02	0.0700	1663.300	0.05	5279.37	570.21	2233.51	Enchufes
Línea CS7	35	95				50	14	87500	13.54	342.00	64.32	41.77	0.02	0.0072	2042.950	0.09	7816.30	828.53	2871.48	CS7
Línea 30	4.75	10	10	10		9	50000	2.98	77.00	4.50	40.61	0.02								

Anexo 7: Instalación en la quinta iteración

Cuadro	Línea	Longitud (m)	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Horas diarias	Horas funcionamiento (h)	Potencia Carga (KW)	Intensidad Máxima (A)	Intensidad Nominal	Tª	ρ ₁₀	Resistencia (Ohm)	Coste instalación	Potencia de pérdidas kW	Energía de pérdidas kWh	Coste pérdidas	Coste total	Tipo de Máquina
CUADRO GENERAL	Línea general	5	240			185	16	100000	217,84	634	536,63	75,82	0,02	0,0002	1411,900	0,20	19743,27	2092,79	3504,69	Instalación Total
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea C51	46	240			150	14	87500	14,68	634,00	55,84	40,45	0,02	0,004	6494,740	0,04	3502,79	371,30	6866,04	C51
	Línea 1	15,75	16	16			11	87500	7,46	105,00	15,50	41,09	0,02	0,019	247,433	0,01	950,58	100,76	348,19	Vibrador
	Línea 2	8,5	16	16	16		14	87500	105,00	4,56	40,09	0,02	0,010	161,150	0,00	56,21	5,97	167,13	Cuba de fricción	
	Línea 3	8,25	16	16	16		10	62500	0,4	105,00	0,52	40,00	0,02	0,010	155,420	0,00	0,51	0,05	156,67	Muela cement
	Línea 4	14,5	16	16	16		9	56250	0,82	105,00	2,70	40,03	0,02	0,018	227,795	0,00	21,64	2,29	230,09	Taladro
	Línea 5	25,5	16	16	16	16		8	50000	3	105,00	4,56	40,09	0,02	0,031	483,480	0,00	96,53	10,23	493,71
CUADRO SECUNDARIO 2	Enchufes 1	25	6	6	6	6	6	100000	-	55,00	16,00	44,23	0,02	0,082	255,750	0,06	6307,13	688,56	924,31	Enchufes
	Enchufes 2	25	6	6	6	6	6	100000	-	55,00	16,00	44,23	0,02	0,082	255,750	0,06	6307,13	688,56	924,31	Enchufes
	Línea C52	45	50			25	15	93750	35,27	216,00	54,54	43,19	0,02	0,018	1472,850	0,16	14786,09	1567,33	3040,18	C52
	Línea 6	12,5	16	16	16	16	14	87500	0,1	105,00	0,15	40,00	0,02	0,015	237,000	0,00	0,09	0,00	237,01	Planta intercambio idónico
	Línea 7	8	16	16	16	16	15	93750	4,6	105,00	6,99	40,22	0,02	0,010	151,680	0,00	133,48	14,15	165,83	Cuba de cobre
	Línea 7.1	8	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,60	40,00	0,02	0,010	125,680	0,00	0,92	0,10	125,78	Cuba de cobre motor
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea 8.1	8	25	25	25	25	15	93750	15	143,00	22,80	41,31	0,02	0,006	146,860	0,01	912,48	96,72	243,68	Cuba de níquel
	Línea 8.2	8	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,60	40,00	0,02	0,010	125,680	0,00	0,92	0,10	125,78	Cuba de níquel motor
	Línea 9.1	12,5	25	25	25	25	15	93750	15	141,00	22,80	41,31	0,02	0,010	229,625	0,02	1425,75	151,13	380,75	Cuba de níquel
	Línea 9.2	12,5	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,60	40,00	0,02	0,015	196,375	0,00	1,43	0,15	196,53	Cuba de níquel
	Línea C53	62	35			25	15	93750	29,07	176,00	36,58	42,16	0,02	0,035	1631,840	0,14	13042,25	1382,48	3014,32	C53
	Línea 10.1	11,5	35	35	35	35	14	87500	18	176,00	15,20	20,825	40,37	0,02	0,006	270,825	0,00	387,34	41,06	311,88
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea 10.2	11,5	16	16	16	16	14	87500	0,37	105,00	1,50	40,01	0,02	0,014	180,665	0,00	8,24	0,87	181,54	Cuba de níquel
	Línea 11.1	7,25	16	16	16	16	15	93750	4,6	105,00	6,99	40,22	0,02	0,009	137,460	0,00	120,97	12,82	150,28	Cuba de oro
	Línea 11.2	7,25	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,009	113,898	0,00	1,67	0,18	114,07	Cuba de oro motor
	Línea 12.1	8	16	16	16	16	15	93750	4,6	105,00	6,99	40,22	0,02	0,010	151,680	0,00	133,48	14,15	165,83	Cuba de oro
	Línea 12.2	8	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,010	125,680	0,00	1,84	0,20	125,88	Cuba de oro motor
	Línea 13	12	16	16	16	16	12	75000	0,75	105,00	2,70	40,03	0,02	0,015	188,520	0,00	23,88	2,53	191,05	Bomba móvil
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea 14	17,5	16	16	16	12	13	75000	0,37	105,00	1,50	40,01	0,02	0,021	214,935	0,00	10,75	1,14	216,06	Bomba móvil
	Línea C54	88	240			120	13	81250	26,1	634,00	78,62	40,77	0,02	0,007	11626,560	0,13	10753,42	1139,86	12746,42	C54
	Línea 15.1	13,5	25	25	25	25	11	62500	7,5	141,00	11,40	40,33	0,02	0,010	247,995	0,00	255,72	27,11	275,10	Secador
	Línea 15.2	13,5	16	16	16	16	11	68750	0,75	105,00	2,70	40,03	0,02	0,016	212,085	0,00	24,63	2,61	214,70	Secador Motor
	Línea 16.1	15,5	25	25	25	25	11	62500	7,5	141,00	11,40	40,33	0,02	0,012	284,735	0,00	293,61	31,12	315,86	Secador
	Línea 16.2	15,5	16	16	16	16	11	68750	0,75	105,00	2,70	40,03	0,02	0,019	243,505	0,00	28,28	3,00	246,50	Secador Motor
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea 17	20	20	20	20	13	20	81250	2,24	105,00	6,04	314,200	0,02	0,024	310,200	0,00	250,06	26,52	340,71	Extractor
	Línea 18	27,5	16	16	16	16	13	81250	3,24	105,00	4,92	40,11	0,02	0,033	321,400	0,00	196,93	20,87	542,27	Horno con aspirador y quemador
	Línea 19	29,5	35	35	35	35	13	56250	3,73	176,00	11,50	40,21	0,02	0,016	776,440	0,01	385,41	38,73	815,17	Compresor de martillo
	Línea Alum. 1	41,25	16	16	16	16	16	100000	0,39	105,00	11,50	40,00	0,02	0,056	782,100	0,02	4399,84	210,92	993,02	Iluminación
	Enchufes 3	55	25	25	25	25	15	100000	-	141	16,00	40,64	0,02	0,043	1010,350	0,03	3287,39	348,46	1358,81	Enchufes
	Línea C55	9	70			35	15	93750	44,17	279,00	68,80	43,04	0,02	0,003	380,970	0,04	339,23	356,08	737,05	C55
CUADRO SECUNDARIO 7	Línea 20	25,5	16	16	16	14	14	87500	3	105,00	4,56	40,09	0,02	0,031	483,480	0,00	168,92	17,91	501,39	Máquina ultrasónicas
	Línea 21	11,5	16	16	16	16	14	87500	6	105,00	9,10	40,38	0,02	0,014	218,940	0,00	303,69	32,49	250,23	Cuba de desengrase
	Línea 22.1	8	16	16	16	16	15	93750	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,010	151,680	0,00	1,84	0,20	125,88	Cuba de cobre
	Línea 22.2	8	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,010	125,680	0,00	1,84	0,20	125,88	Cuba de cobre Motor
	Línea 23.1	11	25	25	25	25	15	93750	15	141,00	22,80	41,31	0,02	0,009	202,070	0,01	1254,66	132,99	335,06	Cuba de cobre
	Línea 23.2	11	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,013	172,810	0,00	2,53	0,27	173,08	Cuba de cobre Motor
CUADRO SECUNDARIO 8	Línea 24.1	16,75	25	25	25	25	15	93750	15	141,00	22,80	41,31	0,02	0,013	307,698	0,02	1910,51	202,51	510,21	Cuba de níquel
	Línea 24.2	16,75	16	16	16	16	14	87500	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,020	263,143	0,00	3,85	0,41	263,55	Cuba de níquel Motor
	Línea C56	27	240			150	15	93750	37,15	634,00	74,44	40,69	0,02	0,0022	11436,3000	0,04	3412,09	361,68	11798,07	C56
	Línea 25.1	11,5	35	35	35	35	15	93750	18	176,00	27,30	41,20	0,02	0,0064	270,8250	0,01	1342,75	142,33	413,16	Cuba de níquel
	Línea 25.2	11,5	16	16	16	16	14	87500	0,37	105,00	1,50	40,01	0,02	0,0140	180,6650	0,00	8,24	0,87	181,54	Cuba de níquel Motor
	Línea 26.1	8	16	16	16	16	14	87500	2,1	105,00	3,19	40,05	0,02	0,0097	151,6800	0,00	25,93	2,75	154,43	Cuba de níquel negro
CUADRO SECUNDARIO 9	Línea 26.2	8	16	16	16	14	14	87500	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,0097	125,6800	0,00	1,84	0,20	125,88	Cuba de níquel negro Motor
	Línea 27	11,75	25	25	25	25	15	93750	11	141,00	16,70	40,70	0,02	0,0091	215,8475	0,01	669,60	70,98	286,83	Cuba de cromo
	Línea 28.1	16	16	16	16	16	15	93750	5,2	105,00	7,90	40,28	0,02	0,0194	303,3600	0,00	341,07	36,15	339,51	Cuba de cromo Motor
	Línea 28.2	16	16	16	16	14	14	87500	0,19	105,00	0,85	40,00	0,02	0,0194	251,3600	0,00	3,68	0,39	251,75	Cuba de latón
	Línea 29	10,25	16	16	16	16	7	43750	0,1	105,00	0,15	40,00	0,02	0,0124	194,3400	0,00	0,04	0,00	194,34	Planta intercambio idónico
	Enchufes 4	90	35	35	35	35	15	100000	-	176,00	16,00	40,41	0,02	0,0500	2119,5000	0,04	3839,19	406,95	2526,45	Enchufes
CUADRO SECUNDARIO 10																				

Anexo 8: Solución implementada

Cuadro	Línea	Sección Fase	Sección Protección	Sección Neutro	Sección PEN	Longitud (m)	Solución	Coste Instalación	Coste Total	Ahorro convencional	Pérdida energía solución	Pérdida Tradicional	Ahorro emisiones de CO2
CUADRO GENERAL	Línea general	2 x185	0	0	2 x 185	5	eficiencia	2310,60	3187,43	0,00	8272,01	8272,01	0,00
CUADRO SECUNDARIO 1	Línea CS1	50	0	0	50	46	eficiencia	1657,84	3462,00	1881,52	17020,37	7770,17	-3607,58
	Línea 1	16	16	0	0	15,75	iteración 5	247,4325	348,19	913,28	950,58	11010,64	3923,42
	Línea 2	4	4	4	0	8,5	iteración 2	67,66	91,58	30,45	225,63	605,09	147,99
	Línea 3	1,5	4	1,5	0	8,25	convencional	56,1825	56,76	0,00	5,41	5,41	0,00
	Línea 4	1,5	4	0	0	14,5	convencional	86,855	111,39	0,00	231,47	231,47	0,00
	Línea 5	4	4	4	0	25,5	iteración 2	202,98	243,98	39,63	386,80	1037,29	253,69
	Enchufes 1	6	6	6	0	25	iteración 5	255,75	924,31	2358,34	6307,13	29362,18	8991,47
	Enchufes 2	6	6	6	0	25	iteración 5	255,75	924,31	2358,34	6307,13	29362,18	8991,47
CUADRO SECUNDARIO 2	Línea CS2	50	0	0	25	45	iteración 5	1472,85	3040,18	12087,98	14786,09	138791,13	48361,97
	Línea 6	1,5	4	1,5	0	12,5	convencional	85,125	85,23	0,00	0,98	0,98	0,00
	Línea 7.1	6	6	6	0	8	iteración 3	81,84	119,65	88,40	356,71	1448,75	425,90
	Línea 7.2	1,5	4	0	0	8	convencional	47,92	48,96	0,00	9,78	9,78	0,00
	Línea 8.1	25	25	25	0	8	iteración 5	146,96	243,68	883,15	912,48	10035,03	3557,79
	Línea 8.2	1,5	4	0	0	8	convencional	47,92	48,96	0,00	9,78	9,78	0,00
	Línea 9.1	25	25	25	0	12,5	iteración 5	229,625	380,75	1379,92	1425,75	15679,74	5559,05
	Línea 9.2	1,5	4	0	0	12,5	convencional	74,875	76,50	0,00	15,29	15,29	0,00
CUADRO SECUNDARIO 3	Línea CS3	35	0	0	25	62	iteración 5	1631,84	3014,32	10909,43	13042,25	126243,98	44148,68
	Línea 10.1	25	25	25	0	11,5	iteración 4	211,255	268,78	849,25	542,68	9808,64	3613,73
	Línea 10.2	1,5	4	0	0	11,5	convencional	68,885	78,21	0,00	87,97	87,97	0,00
	Línea 11.1	6	6	6	0	7,25	iteración 3	74,1675	108,43	80,11	323,27	1312,93	385,97
	Línea 11.2	1,5	4	0	0	7,25	convencional	43,4275	45,31	0,00	17,80	17,80	0,00
	Línea 12.1	6	6	6	0	8	iteración 3	81,84	119,65	88,40	356,71	1448,75	425,90
	Línea 12.2	1,5	4	0	0	8	convencional	47,92	50,00	0,00	19,64	19,64	0,00
	Línea 13	1,5	4	0	0	12	convencional	71,88	98,95	0,00	255,41	255,41	0,00
Línea 14	1,5	4	0	0	17,5	convencional	104,825	116,99	0,00	114,74	114,74	0,00	
CUADRO SECUNDARIO 4	Línea CS4	95	0	0	70	88	iteración 1	5136,56	8035,77	88,84	27351,02	36343,12	3506,92
	Línea 15.1	6	6	6	0	13,5	iteración 2	138,105	251,80	313,40	1072,57	4464,77	1322,96
	Línea 15.2	1,5	4	0	0	13,5	convencional	80,865	108,78	0,00	263,39	263,39	0,00
	Línea 16.1	6	6	6	0	15,5	iteración 2	158,565	289,10	359,83	1231,46	5126,22	1518,96
	Línea 16.2	1,5	4	0	0	15,5	convencional	92,845	124,90	0,00	302,41	302,41	0,00
	Línea 17	6	6	0	0	20	iteración 3	174,6	245,41	161,40	668,04	2707,69	795,46
	Línea 18	4	4	4	0	27,5	iteración 2	218,9	302,57	109,30	789,37	2118,84	518,49
	Línea 19	10	10	0	0	29,5	iteración 2	349,87	485,88	638,76	1283,13	8942,77	2987,26
línea Alumb.	10	10	10	0	41,25	iteración 4	583,6875	921,80	1715,56	3189,70	22230,62	7425,96	
Enchufes 3	25	25	25	0	55	iteración 5	1010,35	1358,81	1628,56	3287,39	24223,80	8165,20	
CUADRO SECUNDARIO 5	Línea CS5	70	0	0	35	9	iteración 5	380,97	737,05	19282,99	3359,23	181987,21	69664,91
	Línea 20	4	4	4	0	25,5	iteración 2	202,98	274,73	91,34	676,89	1815,26	443,96
	Línea 21	6	6	6	0	11,5	iteración 3	117,645	203,80	228,09	812,77	3335,57	983,89
	Línea 22.1	6	6	6	0	8	iteración 3	81,84	119,65	88,40	356,71	1448,75	425,90
	Línea 22.2	1,5	4	0	0	8	convencional	47,92	50,00	0,00	19,64	19,64	0,00
	Línea 23.1	25	25	25	0	11	iteración 5	202,07	335,06	1214,33	1254,66	13798,17	4891,97
	Línea 23.2	1,5	4	0	0	11	convencional	65,89	68,75	0,00	27,00	27,00	0,00
	Línea 24.1	25	25	25	0	16,75	iteración 5	307,6975	510,21	2735,26	1910,51	28823,80	10496,19
Línea 24.2	1,5	4	0	0	16,75	convencional	100,3325	104,69	0,00	41,12	41,12	0,00	
CUADRO SECUNDARIO 6	Línea CS6	95	0	0	70	27	iteración 1	1575,99	2495,28	5084,26	8672,51	35242,13	10362,15
	Línea 25.1	25	25	25	0	11,5	iteración 4	211,255	411,00	1015,73	1884,42	12596,18	4177,59
	Línea 25.2	1,5	4	0	0	11,5	convencional	68,885	78,21	0,00	87,97	87,97	0,00
	Línea 26.1	4	4	4	0	8	iteración 2	63,68	74,68	9,22	103,81	277,60	67,78
	Línea 26.2	1,5	4	0	0	8	convencional	47,92	50,00	0,00	19,64	19,64	0,00
	Línea 27	25	25	25	0	11,75	iteración 5	215,8475	286,83	553,73	669,60	7055,18	2490,38
	Línea 28.1	6	6	6	0	16	iteración 3	163,68	260,35	242,88	912,00	3719,53	1094,94
	Línea 28.2	1,5	4	0	0	16	convencional	95,84	100,00	0,00	39,28	39,28	0,00
Línea 29	1,5	4	1,5	0	10,25	convencional	69,8025	69,85	0,00	0,40	0,40	0,00	
Enchufes 6	25	25	25	0	90	iteración 4	1653,3	2223,51	2694,61	5379,37	39638,94	13361,23	
CUADRO SECUNDARIO 7	Línea CS7	70	0	0	35	35	iteración 3	1481,55	2609,59	432,19	10641,89	16626,84	2334,13
	Línea 30	6	6	0	0	4,75	iteración 3	41,4675	61,41	48,63	188,17	769,77	226,82
	Línea 31	1,5	4	0	0	7,25	convencional	43,4275	48,47	0,00	47,54	47,54	0,00
	Línea 32	1,5	4	0	0	10,75	convencional	64,3925	88,65	0,00	228,81	228,81	0,00
	Línea 33	1,5	4	0	0	7	convencional	41,93	46,80	0,00	45,90	45,90	0,00
	Línea 34	4	4	4	0	9	iteración 2	71,64	96,96	32,24	238,90	640,68	156,69
	Línea 35	6	6	0	0	14,75	iteración 3	128,7675	156,13	42,51	258,16	1040,46	305,10
	línea Alumb.	1,5	4	1,5	0	57,5	convencional	391,575	430,98	0,00	371,71	371,71	0,00
línea Alumb.	6	6	6	0	145,25	iteración 1	1429,26	2105,90	674,44	6383,43	15418,10	3523,52	
línea Alumb.	1,5	4	1,5	0	8	convencional	54,48	55,87	0,00	13,12	13,12	0,00	
Enchufes 4	16	16	16	0	13	iteración 5	246,48	375,42	1331,56	1216,37	15268,33	5480,26	
Enchufes 5	16	16	16	0	9,2	iteración 5	174,432	265,68	942,33	860,82	10805,28	3878,34	
CUADRO SECUNDARIO 8	Línea CS8	35	0	0	16	29,5	iteración 3	760,215	1571,59	1172,86	7654,47	23149,80	6043,18
	Línea 36	4	4	0	0	6,25	iteración 2	49,75	62,81	9,68	123,19	330,66	80,91
	Línea 37	1,5	4	1,5	0	8,25	convencional	56,1825	63,54	0,00	69,43	69,43	0,00
	Línea 38	1,5	4	1,5	0	8,75	convencional	59,5875	67,39	0,00	73,64	73,64	0,00
	línea Alumb.	1,5	4	1,5	0	10	convencional	68,1	68,75	0,00	6,15	6,15	0,00
	Enchufes 7	10	10	10	0	11,5	iteración 5	162,725	345,88	1164,14	1727,85	13506,60	4593,71
	Enchufes 8	10	10	10	0	9,8	iteración 5	138,67	294,75	992,05	1472,43	11509,97	3914,64
	Línea CS9	120	0	0	120	142	eficiencia	10887,14	13272,19	1121,59	22500,42	24401,87	741,56
Línea 39	1,5	4	1,5	0	31,5	convencional	214,515	218,26	0,00	35,35	35,35	0,00	
Línea 40	6	6	6	0	7,5	iteración 3	76,725	129,97	143,21	502,32	2095,34	621,28	
Línea 41	4	4	4	0	8	iteración 2	63,68	76,67	12,61	122,58	328,36	80,26	
línea Alumb.	1,5	4	1,5	0	19,5	convencional	132,795	138,93	0,00	57,89	57,89	0,00	
línea Alumb.	1,5	4	1,5	0	22,25	convencional	151,5225	188,92	0,00	352,82	352,82	0,00	
línea Alumb.	1,5	4	1,5	0	41,5	convencional	282,615	295,68	0,00	123,21	123,21	0,00	
línea Alumb.	1,5	4	1,5	0	59	convencional	401,79	435,15	0,00	314,72	314,72	0,00	
línea Alumb.	4	4	4	0	52,5	convencional	386,4	497,25	0,00	1045,72	1045,72	0,00	
Enchufes 9	16	16	16	0	65	iteración 4	1232,4	1756,20	1205,35	4941,51	23260,35	7144,35	
Enchufes 10	16	1											

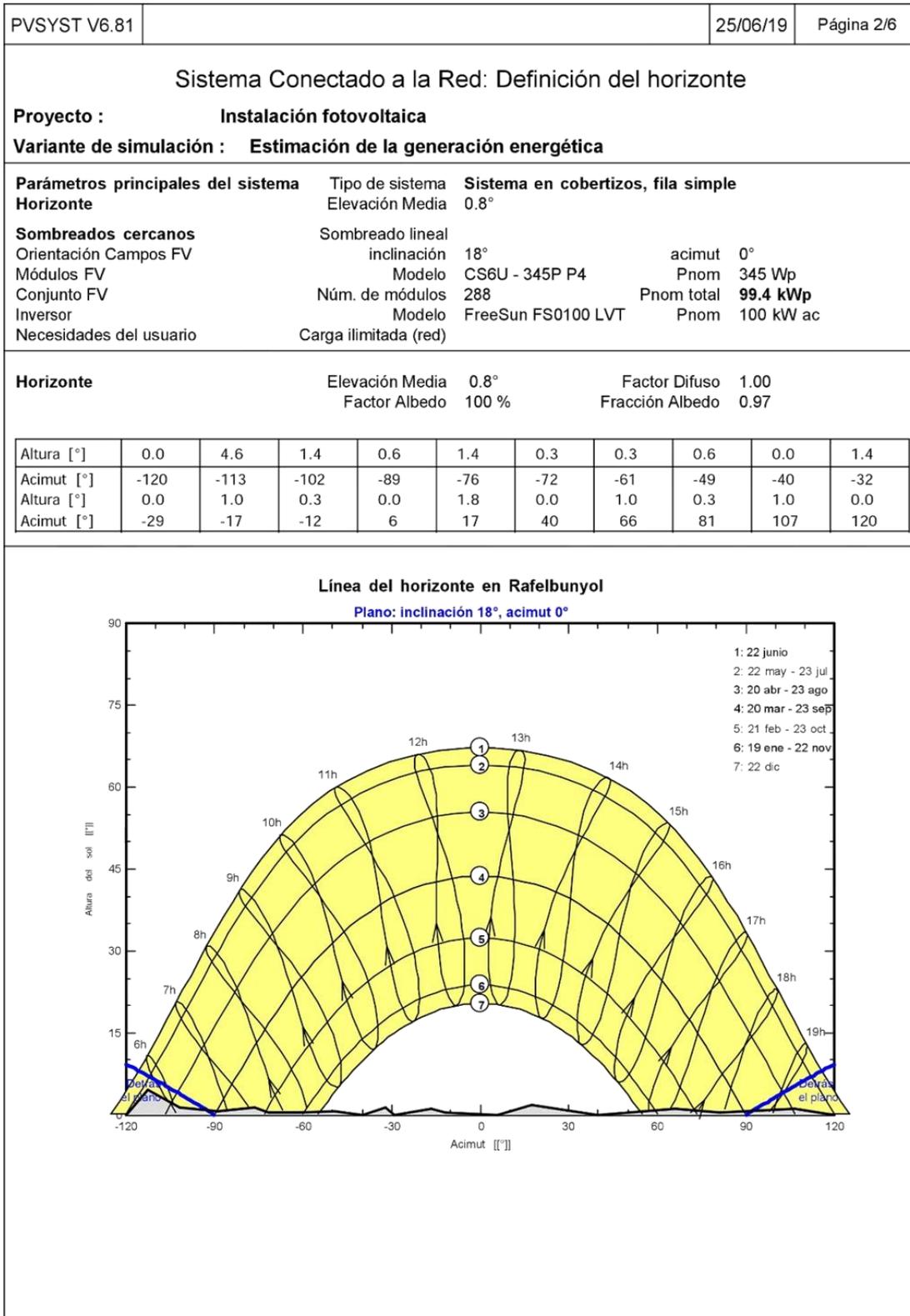


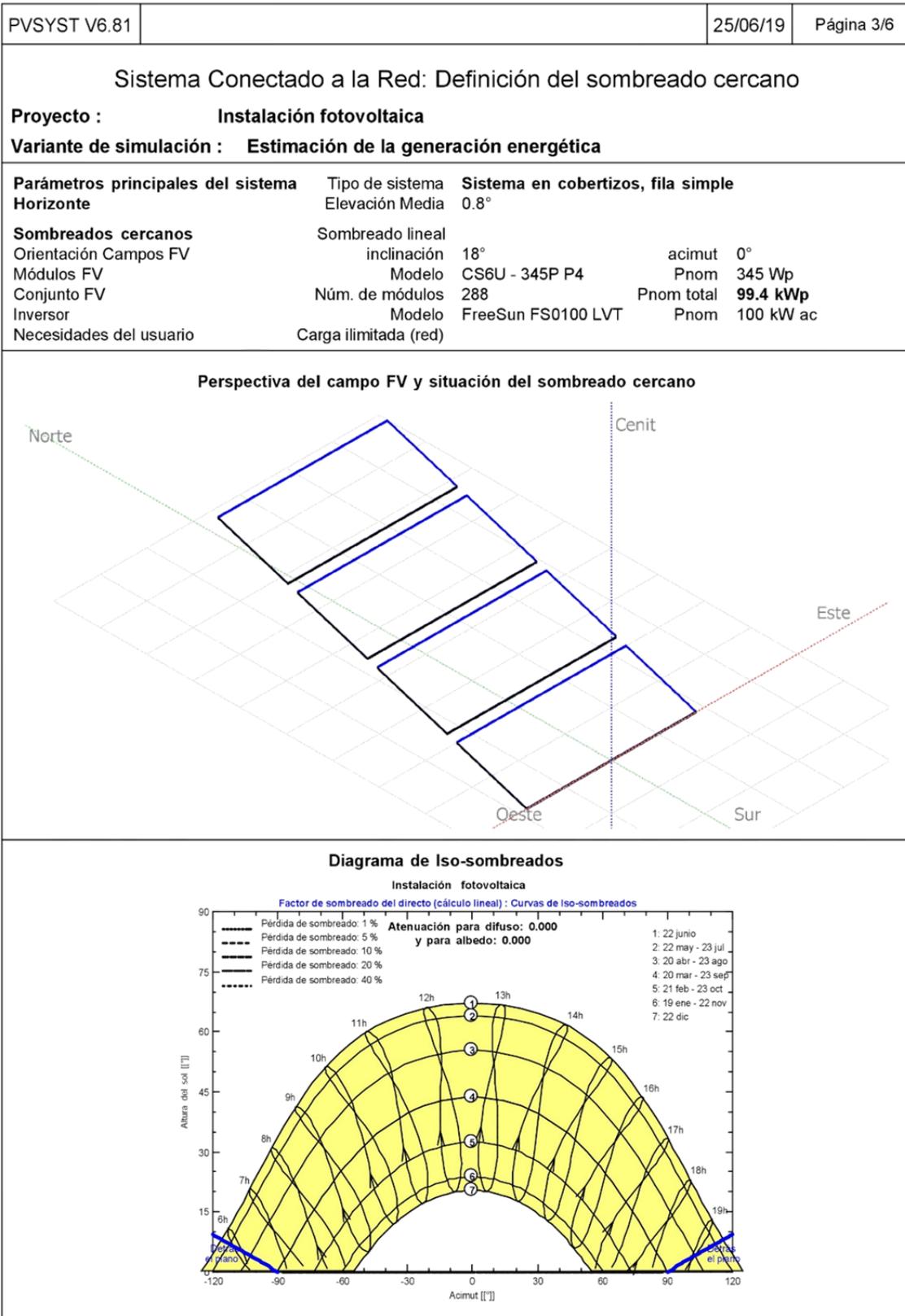
Anexo 9: Protecciones

Nombre	Gama	Protección	Calibre (A)	Poder de corte (kA)
QA GENERAL	Masterpact NT	NT08H1	800	42
QA CS1	Compact NSX	NSX250F	250	36
QA CS2	iC60	iC60L	32	20
QA CS3	iC60	iC60L	32	20
QA CS4	Compact NSX	NSX250F	250	36
QA CS5	Acti9 NG125	NG125N	50	25
QA CS6	Compact NSX	NSX250F	250	36
QA CS7	Acti9 NG125	NG125N	100	25
QA CS8	Acti9 NG125	NG125N	63	25
QA CS9	Compact NSX	NSX400N	400	50
QA 1	Acti9 P25M	P25M	18	15
QA 2	iC60	iC60N	6	10
QA 3	iC60	iC60N	1	50
QA 4	Acti9 P25M	P25M	4	150
QA 5	iC60	iC60N	6	10
QA 6	iC60	iC60N	0,5	50
QA 7.1	iC60	iC60N	10	10
QA 7.2	Acti9 P25M	P25M	0,63	150
QA 8.1	iC60	iC60N	25	10
QA 8.2	Acti9 P25M	P25M	0,63	150
QA 9.1	iC60	iC60N	25	10
QA 9.2	Acti9 P25M	P25M	0,63	150
QA 10.1	iC60	iC60N	16	10
QA 10.2	Acti9 P25M	P25M	1,6	150
QA 11.1	iC60	iC60N	10	10
QA 11.2	Acti9 P25M	P25M	1	150
QA 12.1	iC60	iC60N	10	10
QA 12.2	Acti9 P25M	P25M	1	150
QA 13	Acti9 P25M	P25M	4	150
QA 14	Acti9 P25M	P25M	1,6	150
QA 15.1	iC60	iC60N	13	10
QA 15.2	Acti9 P25M	P25M	4	150
QA 16.1	iC60	iC60N	13	10
QA 16.2	Acti9 P25M	P25M	4	150
QA 17	Acti9 P25M	P25M	10	150
QA 18	iC60	iC60N	6	10
QA 19	Acti9 P25M	P25M	14	15
QA 20	iC60	iC60L	6	25
QA 21	iC60	iC60L	10	25
QA 22.1	iC60	iC60L	10	25
QA 22.2	Acti9 P25M	P25M	1	150
QA 23.1	iC60	iC60L	25	25
QA 23.2	Acti9 P25M	P25M	1	150
QA 24.1	iC60	iC60L	25	25
QA 24.2	Acti9 P25M	P25M	1	150
QA 25.1	iC60	iC60H	32	15
QA 25.2	Acti9 P25M	P25M	1,6	150
QA 26.1	iC60	iC60N	4	50
QA 26.2	Acti9 P25M	P25M	1	150
QA 27	iC60	iC60H	25	15
QA 28.1	iC60	iC60H	10	15
QA 28.2	Acti9 P25M	P25M	1	150
QA 29	iC60	iC60N	0,5	50
QA 30	Acti9 P25M	P25M	10	150
QA 31	Acti9 P25M	P25M	1,6	150
QA 32	Acti9 P25M	P25M	4	150
QA 33	Acti9 P25M	P25M	1,6	150
QA 34	iC60	iC60N	6	10
QA 35	Acti9 P25M	P25M	6,3	150
QA 36	iC60	GV2ME	10	150
QA 37	iC60	iC60L	1,6	100
QA 38	iC60	iC60L	1,6	100
QA 39	iC60	iC60L	1,6	100
QA 40	iC60	iC60N	13	10
QA 41	iC60	iC60N	6	10
QA AL1	iC60	iC60N	0,5	50
QA AL2	iC60	iC60L	1,6	100
QA AL3	iC60	iC60N	10	10
QA AL4	iC60	iC60N	1	50
QA AL5	iC60	iC60N	1	50
QA AL 6	iC60	iC60N	1	50
QA AL7	iC60	iC60N	4	50
QA AL8	iC60	iC60N	1	50
QA AL9	iC60	iC60L	1,6	100
QA AL10	iC60	iC60N	6	10
QA E1	iC60	iC60N	16	10
QA E10	iC60	iC60N	16	10
QA E2	iC60	iC60N	16	10
QA E3	iC60	iC60N	16	10
QA E4	iC60	iC60N	16	10
QA E5	iC60	iC60N	16	10
QA E6	iC60	iC60H	16	15
QA E7	iC60	iC60N	16	10
QA E8	iC60	iC60N	16	10
QA E9	iC60	iC60N	16	10
QA C	Acti9 NG125	NG125N	125	25

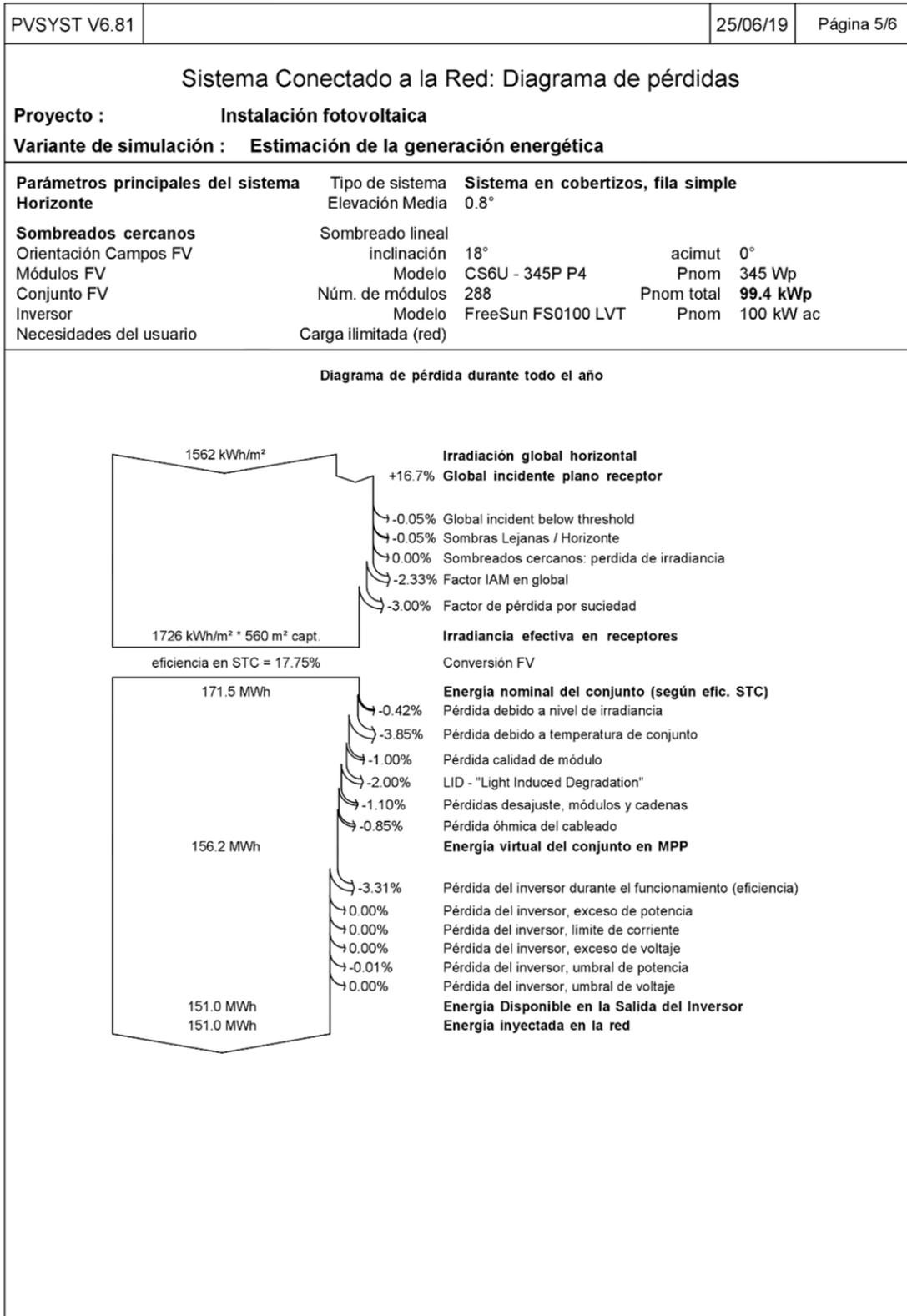
Anexo 10: Simulación de la generación fotovoltaica

PVSYST V6.81		25/06/19	Página 1/6						
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación									
Proyecto : Instalación fotovoltaica									
Sitio geográfico	Rafelbunyo	País	España						
Ubicación	Latitud 46.20° N	Longitud	6.15° E						
Tiempo definido como	Hora Legal Huso horario UT+1	Altitud	32 m						
	Albedo 0.20								
Datos meteorológicos:	Rafelbunyo	Media de 4 bases de datos - Sintético							
Variante de simulación : Estimación de la generación energética									
	Fecha de simulación	25/06/19 21h10							
Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Sistema en cobertizos, fila simple							
Orientación plano captador	Inclinación	18°	Acimut 0°						
Configuración de los cobertizos	Núm. de cobertizos	4 Conjunto en cobertizos simple							
	Separación entre cobertizos	9.00 m	Ancho receptor 7.92 m						
Banda inactiva	Arriba	0.02 m	Abajo 0.02 m						
Ángulo límite de sombreado	Ángulo de perfil límite	Factor de ocupación del suelo (GCR) 88.0 %							
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteororm						
Horizonte	Elevación Media	0.8°							
Sombreados cercanos	Sombreado lineal								
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)								
Características del conjunto FV									
Módulo FV	Si-poly	Modelo	CS6U - 345P P4						
Base de datos PVsyst original		Fabricante	Canadian Solar Inc.						
Número de módulos FV		En serie	16 módulos						
Núm. total de módulos FV	Núm. módulos		En paralelo 18 cadenas						
Potencia global del conjunto	Nominal (STC)		Pnom unitaria 345 Wp						
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)	U mpp		En cond. de funciona. 89.7 kWp (50°C)						
Superficie total	Superficie módulos		I mpp 165 A						
			Superficie célula 505 m²						
Inversor		Modelo	FreeSun FS0100 LVT						
Base de datos PVsyst original		Fabricante	Power Electronics						
Características	Voltaje de funcionam.	450-820 V	Pnom unitaria 100 kWac						
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 unidades	Potencia total 100 kWac						
			Relación Pnom 0.99						
Factores de pérdida del conjunto FV									
Suciedad del conjunto		Fracción de pérdidas	3.0 %						
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s						
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	51 mOhm	Fracción de pérdidas 1.4 % en STC						
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de pérdidas 2.0 %						
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas 1.0 %						
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas 1.0 % en MPP						
Pérdidas de "desajuste" cadenas			Fracción de pérdidas 0.10 %						
Efecto de incidencia, perfil definido por el usuario (IAM): Perfil personalizado									
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000





PVSYST V6.81	25/06/19	Página 4/6						
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales								
Proyecto : Instalación fotovoltaica								
Variante de simulación : Estimación de la generación energética								
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema en cobertizos, fila simple						
Horizonte	Elevación Media	0.8°						
Sombreados cercanos	Sombreado lineal							
Orientación Campos FV	inclinación	18° acimut 0°						
Módulos FV	Modelo	CS6U - 345P P4 Pnom 345 Wp						
Conjunto FV	Núm. de módulos	288 Pnom total 99.4 kWp						
Inversor	Modelo	FreeSun FS0100 LVT Pnom 100 kW ac						
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)							
Resultados principales de la simulación								
Producción del sistema	Energía producida	151.0 MWh/año Producción específica 1520 kWh/kWp/año						
	Índice de rendimiento (PR)	83.42 %						
<p>Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 99.4 kWp</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="263 896 758 1220"> </div> <div data-bbox="813 896 1316 1220"> </div> </div>								
Estimación de la generación energética								
Balances y resultados principales								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	
Enero	62.0	27.40	7.75	95.1	89.8	8.60	8.32	0.880
Febrero	81.0	32.80	8.28	111.9	106.1	10.06	9.73	0.875
Marzo	128.3	50.80	10.95	156.5	148.3	13.75	13.30	0.855
Abril	155.7	60.20	13.58	173.4	164.2	14.98	14.48	0.841
Mayo	188.0	72.40	17.35	195.6	185.3	16.55	15.98	0.822
Junio	200.7	73.70	21.15	203.1	192.3	17.00	16.43	0.814
Julio	208.4	71.30	23.83	213.7	202.3	17.61	17.02	0.802
Agosto	180.3	66.10	23.90	196.2	185.7	16.26	15.73	0.807
Septiembre	136.7	51.80	20.60	161.2	152.8	13.59	13.14	0.820
Octubre	102.6	41.50	16.90	135.0	128.0	11.66	11.27	0.840
Noviembre	65.3	28.70	11.68	96.3	91.0	8.56	8.28	0.865
Diciembre	53.3	24.60	8.40	84.5	79.8	7.64	7.38	0.879
Año	1562.3	601.30	15.41	1822.4	1725.7	156.24	151.05	0.834
<p>Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados DiffHor Irradiación difusa horizontal EArray Energía efectiva en la salida del conjunto T_Amb Temperatura Ambiente E_Grid Energía inyectada en la red GlobInc Global incidente plano receptor PR Índice de rendimiento</p>								



PVSYST V6.81		25/06/19	Página 6/6																
Sistema Conectado a la Red: CO2 Balance																			
Proyecto : Instalación fotovoltaica																			
Variante de simulación : Estimación de la generación energética																			
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema en cobertizos, fila simple																	
Horizonte	Elevación Media	0.8°																	
Sombreados cercanos	Sombreado lineal																		
Orientación Campos FV	inclinación	18°	acimut 0°																
Módulos FV	Modelo	CS6U - 345P P4	Pnom 345 Wp																
Conjunto FV	Núm. de módulos	288	Pnom total 99.4 kWp																
Inversor	Modelo	FreeSun FS0100 LVT	Pnom 100 kW ac																
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)																		
Produced Emissions	Total:	182.85 tCO2																	
	Source:	Detailed calculation from table below																	
Replaced Emissions	Total:	1300.5 tCO2																	
	System production:	151.05 MWh/año	Lifetime: 25 years																
			Annual Degradation: 1.0 %																
	Grid Lifecycle Emissions:	287 gCO2/kWh																	
	Source:	IEA List	Country: Spain																
CO2 Emission Balance	Total:	945.6 tCO2																	
System Lifecycle Emissions Details:																			
Item	Modules	Supports																	
LCE	1713 kgCO2/kWp	4.40 kgCO2/kg																	
Quantity	99.4 kWp	2880 kg																	
Subtotal [kgCO2]	170176	12678																	
<p>Saved CO2 Emission vs. Time</p> <p>The graph shows a linear relationship between time (Año) and saved CO2 emissions (Balance [tCO2]). The x-axis ranges from 0 to 30 years, and the y-axis ranges from -200 to 1000 tCO2. The line starts at (0, -200) and ends at (30, 1000).</p> <table border="1"> <caption>Data points for Saved CO2 Emission vs. Time</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Balance [tCO2]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>-200</td></tr> <tr><td>5</td><td>100</td></tr> <tr><td>10</td><td>200</td></tr> <tr><td>15</td><td>300</td></tr> <tr><td>20</td><td>400</td></tr> <tr><td>25</td><td>500</td></tr> <tr><td>30</td><td>600</td></tr> </tbody> </table>				Año	Balance [tCO2]	0	-200	5	100	10	200	15	300	20	400	25	500	30	600
Año	Balance [tCO2]																		
0	-200																		
5	100																		
10	200																		
15	300																		
20	400																		
25	500																		
30	600																		

Anexo 11: Dimensionado de la instalación fotovoltaica

Circuito	Potencia (w)	Tensión (V)	Intensidad (A)			Sección (mm ²)	Longitud (m)	Caidas de tensión			R.linea (Ω/m)	X.linea (Ω/m)	Tipo Inst. (*)	coef. redució	Perdidas (W)	
			Nominal	Nominal x 1.25	Admisible			TRAMO (V)	%	ACUM (%)						
INSTALACIÓN CT - INVERSOR																
C1	57.960	1.081	54	67	<	80	35	130	11,97	1,107%	1,381%	0,112	0,118	Subterránea	0,47	642
C2	57.960	1.081	54	67	<	80	35	80	7,37	0,682%	0,994%	0,069	0,073	Subterránea	0,47	395
C3	57.960	1.081	54	67	<	80	35	40	3,68	0,341%	0,692%	0,034	0,036	Subterránea	0,47	198
	173.880		161				LT 35 mm²	250,00			1,38%					
Circuito	Potencia (w)	Tensión (V)	Nominal	Nominal x 1.25	Admisible	Sección (mm ²)	Longitud (m)	TRAMO (V)	%	ACUM (%)	R.linea (Ω/m)	X.linea (Ω/m)	Tipo Inst. (*)	coef. redució	Perdidas (W)	
Nº MESAS	18	Nº PANELES	288			LT 2,5 mm²	261									
C1	57960	1080,8	53,64	67,05	<	80,00	35	130	11,97	1,11%	1,38%	0,112	0,12	Subterránea	0,47	642,036
M1	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	18	2,53	0,23%		0,142	0,14	Aérea/Subterránea	0,9	22,638
M2	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	14	1,97	0,18%		0,110	0,11	Aérea/Subterránea	0,9	17,608
M3	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	9	1,27	0,12%		0,071	0,07	Aérea/Subterránea	0,9	11,319
M4	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	5	0,70	0,07%		0,039	0,04	Aérea/Subterránea	0,9	6,288
M5	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	12	1,69	0,16%		0,094	0,09	Aérea/Subterránea	0,9	15,092
M6	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	21	2,95	0,27%		0,165	0,17	Aérea/Subterránea	0,9	26,411
C2	57960	1080,8	53,64	67,05	<	167,21	35	80	7,37	0,68%	0,99%	0,069	0,07	Subterránea	0,47	395,099
M7	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	18	2,53	0,23%		0,142	0,14	Aérea/Subterránea	0,9	22,638
M8	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	8	1,13	0,10%		0,063	0,06	Aérea/Subterránea	0,9	10,061
M9	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	24	3,38	0,31%		0,189	0,19	Aérea/Subterránea	0,9	30,184
M10	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	4	0,56	0,05%		0,031	0,03	Aérea/Subterránea	0,9	5,031
M11	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	12	1,69	0,16%		0,094	0,09	Aérea/Subterránea	0,9	15,092
M13	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	22	3,09	0,29%		0,173	0,17	Aérea/Subterránea	0,9	27,669
C3	57960	1080,8	53,64	67,05	<	167,21	35	40	3,68	0,34%	0,69%	0,034	0,04	Subterránea	0,47	197,549
M12	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	27	3,80	0,35%		0,212	0,21	Aérea/Subterránea	0,9	33,958
M14	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	17	2,39	0,22%		0,134	0,13	Aérea/Subterránea	0,9	21,381
M15	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	8	1,13	0,10%		0,063	0,06	Aérea/Subterránea	0,9	10,061
M16	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	23	3,24	0,30%		0,181	0,18	Aérea/Subterránea	0,9	28,927
M17	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	3	0,42	0,04%		0,024	0,02	Aérea/Subterránea	0,9	3,773
M18	9660	1080,8	8,94		<	23,20	2,5	16	2,25	0,21%		0,126	0,13	Aérea/Subterránea	0,9	20,123

DOCUMENTO 5- BIBLIOGRAFÍA



REFERENCIAS

- Canadian Solar. (20 de Mayo de 2019). *Canadian Solar*. Obtenido de <https://www.canadiansolar.com/en>
- Conselleria d' Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori. (5 de Marzo de 2019). *Instituto Valenciano de la Edificación*. Obtenido de <http://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2019/>
- Gesternova. (1 de Junio de 2019). *Gesternova Energía*. Obtenido de <https://gesternova.com/>
- Gobierno de España. (5 de Marzo de 2019). *Sede catastro*. Obtenido de <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- Ministerio de Fomento. (20 de Abril de 2019). *Centro de descargas*. Obtenido de <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Ministerio de la presidencia, relaciones con las cortes e igualdad. (18 de Septiembre de 2002). *Gobierno de España*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>
- Ministerio para la Transición Ecológica. (3 de Mayo de 2019). *Instituto de la Diversificación y Ahorro de la Energía*. Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica>
- Ormazabal Velatia. (2 de Mayo de 2019). *Ormazabal*. Obtenido de <https://www.ormazabal.com/es>
- PowerElectronics. (2 de Junio de 2019). *Power Electronics*. Obtenido de <https://power-electronics.com/es/>
- Prysmian Group. (4 de Junio de 2019). *Prysmian Group*. Obtenido de <https://es.prysmiangroup.com/products-and-solutions/construction-and-infrastructures/power-and-control/low-voltage-power-cables>
- Roger Folch, J., Riera Guasp, M., & Roldán Porta, C. (2010). *Tecnología eléctrica*. Madrid: Síntesis.