



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Titulación: Ingeniero Industrial
Alumno/a: Francisco Merlos Meca
Director/a/s: Francisco J. Cánovas
Rodríguez

Cartagena, 15 de Marzo de 2013

Índice General

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

Documento N°1: Memoria

Capítulo 1: Memoria descriptiva de la ampliación de 300kW de un huerto solar que consta de 200kW ya en funcionamiento.

- Anexo I: Estudio Básico de seguridad y salud
- Anexo II: Obra Civil
- Anexo III: Memoria Ambiental

Capítulo 2: Memoria descriptiva de la sustitución del centro de transformación de 200kVA por otro centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

- Anexo I: Cálculos Justificativos
- Anexo II: Estudio Básico de Seguridad y Salud

Documento N°2: Planos

Capítulo 1: Planos referentes a la ampliación de 300kW de un huerto solar que consta de 200kW ya en funcionamiento.

Capítulo 2: Planos referentes a la sustitución del centro de transformación de 200kVA por otro centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

Documento N°3: Pliego de Condiciones

Capítulo 1: Pliego de Condiciones referente a la ampliación de 300kW de un huerto solar que consta de 200kW ya en funcionamiento.

Capítulo 2: Pliego de Condiciones referente a la sustitución del centro de transformación de 200kVA por otro centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

Documento N°4: Mediciones y Presupuesto

Documento N°1:

Memoria

Capítulo 1: Memoria descriptiva de la ampliación de 300kW de un huerto solar que consta de 200kW ya en funcionamiento.

Documento N°1: Memoria

Indice

1-Antecedentes.....	5
2-Introducción.....	5
3-Objeto del Proyecto.....	5
4-Situación, emplazamiento y zona.....	6
5-Titular de la instalación.....	6
6-Legislación y normativa aplicable.....	6
7-Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia.....	7
8-Cálculo de la radiación y producción anual esperada.....	8
9-Análisis de rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas.....	9
9.1-Análisis de rentabilidad de la instalación de 200 kW ya en funcionamiento	9
9.2-Análisis de rentabilidad de la ampliación de 300 kW	12
10-Descripción y datos de los distintos componentes de la instalación	13
10.1-Módulo fotovoltaico.....	13
10.2-Sistema de fijación de los paneles y obra civil	14
10.2.1-Obra civil.....	14
10.3-Características y protección del inversor.....	15
10.3.1-Operación del inversor	15
10.3.2-Operación de la protección de tensión y frecuencia.....	15
10.3.3-Características.....	15
10.3.4-Protecciones integradas en el ondulador.....	16
10.4-Generador Fotovoltaico.....	16
10.5-Características técnicas de la instalación.....	17
10.5.1-Instalaciones de enlace.....	17
10.5.2-Equipo de medida	17
10.5.3-Líneas de conexión.....	19

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

10.5.4-Dispositivos de protección.....	19
10.5.4.1-Para corriente continua	20
10.5.4.2-Para corriente alterna.....	20
10.5.4.3-Interruptor general manual (interruptor interconexión).....	20
10.5.4.4-Sistema de puesta a tierra.....	20
11-Cálculos Justificativos.....	21

Documento N°1: Memoria

1-Antecedentes.

A petición de la Universidad Politécnica de Cartagena, el alumno Francisco Merlos Meca procede a la realización del proyecto fin de carrera “Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW”, “Capítulo 1: Memoria descriptiva de la ampliación de 300kW de un huerto solar que consta de 200kW ya en funcionamiento”.

2-Introducción.

Los sistemas fotovoltaicos de conexión a la red eléctrica, se enmarcan dentro del Plan de Fomento de las Energías Renovables elaborado por el gobierno Español con el objeto de cumplir los acuerdos firmados en el protocolo de Kyoto, en el que se acordó que el 12% de energía primaria consumida en el estado Español debe de provenir de fuentes renovables, para reducir de una forma importante las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En este sentido, el gobierno Español con el fin de impulsar la implantación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica, estableció por medio del Real Decreto 661/2007 unas primas por cada kWh inyectado, primas que debido a la situación económica actual del país se han visto modificadas con carácter retroactivo para las instalaciones en funcionamiento acogidas a dicho real decreto, y eliminadas para nuevas instalaciones.

Una instalación fotovoltaica, transforma la energía lumínica procedente del sol en energía eléctrica que es inyectada directamente a la red, sin ningún tipo de acumulador o batería. Este proceso se realiza mediante módulos solares fotovoltaicos, que generan energía eléctrica en forma de corriente continua. Esta corriente continua es convertida en alterna mediante los inversores que la inyectan directamente a la red eléctrica convencional, a la misma tensión y frecuencia de red. Esta energía además de contribuir a la reducción de emisiones de CO₂, ahorra energía por la disminución de las pérdidas de transporte, ya que la energía se genera cerca de los puntos donde se consume.

3-Objeto del proyecto.

El objeto del presente proyecto es el de realizar un estudio de viabilidad económica de la instalación de 200kW ya en funcionamiento para ver la rentabilidad económica en su situación actual, y realizar otro estudio de viabilidad económica de una ampliación del mismo de 300kW para así poder ver si con la legislación vigente actual sería rentable su realización o no.

4-Situación, emplazamiento y zona.

Las instalaciones objeto del presente proyecto, quedarán emplazadas en el Término Municipal de Lorca, concretamente en Paraje Agua Amarga, La Tova, Pol.251, Parc. 20, tal como se puede apreciar en el plano de situación y emplazamiento adjunto.

5-Titular de la instalación.

La instalación fotovoltaica es propiedad de Huerto Solar Aguamarga S.L. siendo la dirección para notificaciones:

Nombre: Huerto Solar Aguamarga S.L.

C.I.F.:B-73550923

Dirección: Alameda de Cervantes, nº10, 3ºA, 30800, Lorca (Murcia).

6-Legislación y normativa aplicable.

La presente memoria descriptiva recoge, la descripción de las instalaciones a ejecutar y materiales, dando con ello cumpliendo a las siguientes disposiciones:

- Ley 13/2007, de 27 de diciembre, de modificación de la ley 1/1995, de 8 de Marzo, de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia, y de la Ley 10/2006, de 21 de diciembre, de Energías Renovables y Ahorro y Eficiencia Energética de la Región de Murcia, para la Adopción de Medidas Urgentes en Materia de Medio Ambiente.
- Ley 4/2009, de 14 de Mayo, de Protección Ambiental Integrada.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
- Real Decreto 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.
- Ley 54/1997 de 27 de Noviembre del sector eléctrico.
- 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-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- Pliego de Condiciones Técnicas del IDEA, de Instalaciones Conectadas a Red.
- Normas particulares y Manuales Técnicos de la Compañía Suministradora de Energía eléctrica, Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Ordenanza de seguridad e higiene en el trabajo.

7-Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia.

La instalación fotovoltaica se basa en la transformación de la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fótico. Dicha energía eléctrica, generada por las células fotovoltaicas en corriente continua, es convertida mediante un grupo de inversores en corriente alterna a 400V/50Hz con un coeficiente de distorsión <3%. Esta corriente, una vez transformada se encuentra lista para ser vertida a la red de la Compañía Distribuidora Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U. según las condiciones impuestas por la misma.

Los módulos fotovoltaicos que constituyen la parte generadora de electricidad, se ubicarán sobre un seguidor solar bidireccional cuya fijación al suelo, se efectuará mediante una zapata (ver planos de cimentación), sobre la cual se empotrará el mástil que soporta el seguidor. En todo caso, el fabricante del seguidor dará las garantías en cuanto a seguridad, análisis estructural, anclaje y fijación, sistema eléctrico, sistema hidráulico y mantenimiento.

Desde el generador fotovoltaico partirá una línea de cables protegidos hasta la ubicación del resto de componentes de la instalación, inversores, cuadros de protección DC, cuadros de protección AC y medida.

La Central Fotovoltaica, tendrá una potencia nominal a la salida de inversores de 500kW(200kW instalados + 300kW de la ampliación), que teniendo en cuenta los rendimientos de los componentes de la instalación tendrá las características siguientes:

- Compañía Distribuidora: Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.
- Tensión de conexión: $20 \pm 7\%$ KV
- Potencia de cortocircuito de diseño: 350 MVA
- Potencia sistema generador: 544,00 kWp
- Potencia nominal de la instalación: 500 kWn
- Energía anual prevista vertida: 1.176.555 kWh/año

8-Cálculo de la radiación y producción pronosticada.

8.1-Calculo de la producción anual esperada.

En este proyecto de la planta fotovoltaica, se incluirán las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

Los datos de entrada que se aportan, son los siguientes.

1- $G_{dm}(0)$ -Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal, en kWh/(m².día), obtenido a partir de la siguiente fuente:

CENSOLAR “Centro de estudios de la energía solar”

2- $G_{dm}(\alpha,\beta)$ -Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m².día), obtenido a partir del anterior. El parámetro $\alpha=0^\circ$, representa el azimut y $\beta=28^\circ$ la inclinación del generador.

Obtenido a partir de la siguiente fuente:

-CENSOLAR “Centro de estudios de la energía solar”

-IDAE “Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía”

3-Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR

Eficiencia energética de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

-La dependencia de la eficiencia con la temperatura.

-La eficiencia del cableado.

-Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.

-Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima portencia.

-La eficiencia energética del inversor.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

-Otros.

4-La estimación de la energía inyectada se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) * P_{mp} * PR}{G_{CEM}}$$

Dónde:

P_{mp} = Potencia pico del generador

G_{CEM} = 1 kW/m²

5-Los datos se presentan en la siguiente tabla con los valores medios diarios, mensuales y producción pronosticada anualmente por la planta, en este caso son cálculos realizados para una instalación de 100kW de potencia, nuestra ampliación sería de 300kW por lo que habría que multiplicar por 3 estos resultados.

MES	$G_{dm}(0)$ (kWh/(m ² .día))	$G_{dm}(\alpha=0^{\circ},\beta=30^{\circ})$ (kWh/(m ² .día))	PR	Ep (kWh/día)	Incremento Rendimiento Seguidor	Ep (kWh/mes)
Enero	2,80	3,67	0,851	337,12	35%	14.108,41
Febrero	4,11	5,10	0,844	464,55	35%	17.559,88
Marzo	4,60	5,29	0,801	457,63	35%	19.151,70
Abril	5,67	6,01	0,802	520,58	35%	21.083,47
Mayo	6,72	6,65	0,796	571,93	35%	23.935,18
Junio	7,11	6,90	0,768	572,04	35%	23.167,62
Julio	7,69	7,61	0,753	619,13	35%	25.910,50
Agosto	6,52	6,98	0,757	570,36	35%	23.869,67
Septiembre	5,16	6,09	0,769	505,69	35%	20.480,32
Octubre	3,86	5,06	0,807	440,71	35%	18.443,84
Noviembre	2,72	3,81	0,837	344,23	35%	13.941,23
Diciembre	2,25	3,11	0,850	285,04	35%	11.928,88
Producción Pronosticada anual (kWh/año):						233.580,71

9-Análisis de rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas.

9.1-Análisis de rentabilidad de la instalación de 200kW ya en funcionamiento.

Esta instalación comenzó a producir energía eléctrica en Agosto de 2008 con lo cual se acogió al Real Decreto 661/2007 de 25 de Mayo en el cual se establecían un régimen de primas

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

por kWh vertido a la red, debido a los problemas económicos del país en estos momentos y a la masificación del sector, el gobierno modificó este Real Decreto con otro el 14/2010 del 23 de Diciembre, en el que se establecían una serie de medidas de carácter retroactivo para paliar la situación económica actual, estas medidas afectaban a los años de producción 2011, 2012 y 2013 en los cuales se establecían un régimen de producción por horas de vertido a red según la zona climática en la que se encontrara la instalación. En este caso la Región de Murcia se encuentra en la zona climática V, por lo que se establece un número de horas aproximado de producción anual, en este caso 2.367 horas, de las cuales 1.707 horas de producción vertida a la red se primarán en base a lo establecido en el Real Decreto 661/2007 y el resto de horas del año, unas 660 horas de producción aproximadamente, no tendrán derecho a primas, es decir, se venderán al precio que fije el mercado diariamente. A cambio de esta penalización se ampliaba la vida útil de la instalación con derecho a primas de 25 a 30 años.

Con el fin de realizar este estudio económico se han recogido datos referentes a esta instalación:

Inversión inicial (€)	1585442,05
Gastos de mantenimiento (€/año)	14000,00
Inflación precios (%)	3,60
Interés del capital (%)	2,15
Ahorro de aprovisionamiento (€/año)	222181,97
Inflación mano de obra y mantenimiento (%)	1,80
Precio unitario (c€/kWh)	47,56

Los datos económicos son los datos reales con los que se realizó la instalación en 2008, la merma en las retribuciones de los años 2011, 2012 y 2013 ha sido calculada e incluida en la inversión inicial para que así en la gráfica representada no nos distorsione el tiempo exacto a partir del cual la instalación comenzara a dar beneficios.

Los cálculos realizados para calcular esta merma en los beneficios de los años afectados se calcula de la siguiente forma:

-La instalación cuenta con 216kW de potencia, (2 instalaciones de 108kW, que cada una cuenta con 20 seguidores solares que soportan 32 módulos solares, modelo K-170, de 170W cada una), $216\text{kW} \cdot 1.707\text{horas} = 368.712\text{ kWh}$ al año, esta es la energía que se venderá al precio primado con lo cual en estos 3 años la energía producida será de $3 \cdot 368.712 = 1.106.136\text{ kWh}$ que multiplicada por el precio primado en este caso de $0,4756\text{€/kWh}$ nos da un total de $526.078,28\text{€}$. Esto es lo que se recibe por horas de producción con derecho a primas, ahora calculamos la retribución por la venta de energía a precio de mercado que vertimos a la red, $216\text{kW} \cdot 660\text{horas} = 142.560\text{ kWh/año}$, con lo cual en estos 3 años tendremos $3 \cdot 142.560 =$

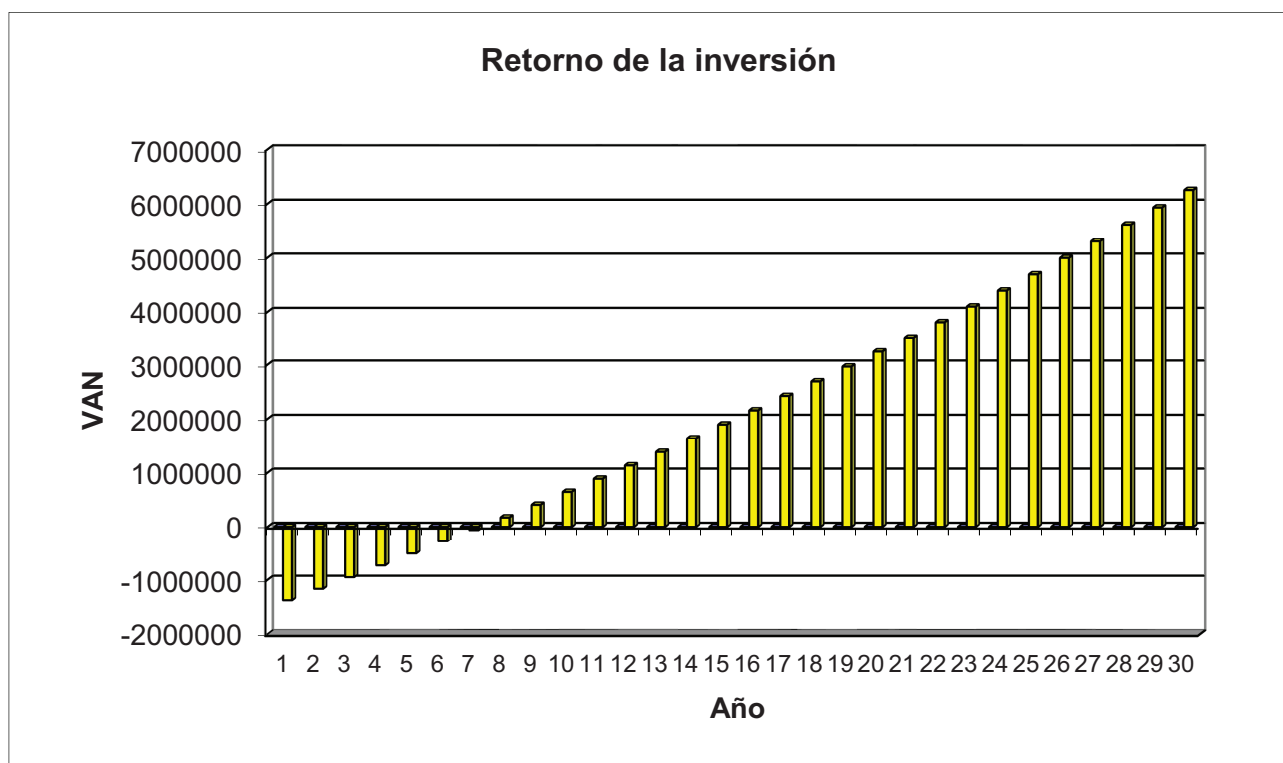
Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

427.680 kWh que multiplicado al precio de 0.042€/kWh (precio obtenido a través de la página www.omie.es) obtenemos 17.962,56 €.

Por lo tanto en estos 3 años de merma recibiremos 544.040,84€ (526.078,28+17.962,56) que tenemos que comparar con la retribución que obtenemos en 3 años sin la merma, que se calcularía así:

$-216\text{kW} \times 2.367\text{horas} = 511.272\text{ kWh/año}$ que multiplicada por el periodo de 3 años obtenemos 1.533.816kWh que multiplicada por la prima de 0,4756€/kWh obtenemos un total de 729.482,89€, con lo cual solo nos queda restar a este beneficio el obtenido anteriormente, $729.482,89 - 544.040,84 = 185.442,04\text{€}$ este es el beneficio que perdemos en estos 3 años de recortes, para reflejar esto en la gráfica sin que influya en el valor real del año a partir del cual comenzamos a obtener beneficios incluyo esta merma en la inversión inicial del proyecto, con lo que la gráfica nos quedará:



Como se puede observar en la gráfica el umbral de rentabilidad lo obtendremos para finales del primer trimestre del séptimo año, a partir del cual ya se empiezan a obtener beneficios.

Conclusión: La instalación de 200kW que esta empresa tiene ya en funcionamiento, a pesar de la pérdida de 185.442,04€ en los años 2011, 2012 y 2013, sigue siendo rentable ya que el problema ocasionado es que se retrasa el año a partir del cual se obtienen beneficios pero una vez superado se obtienen grandes beneficios.

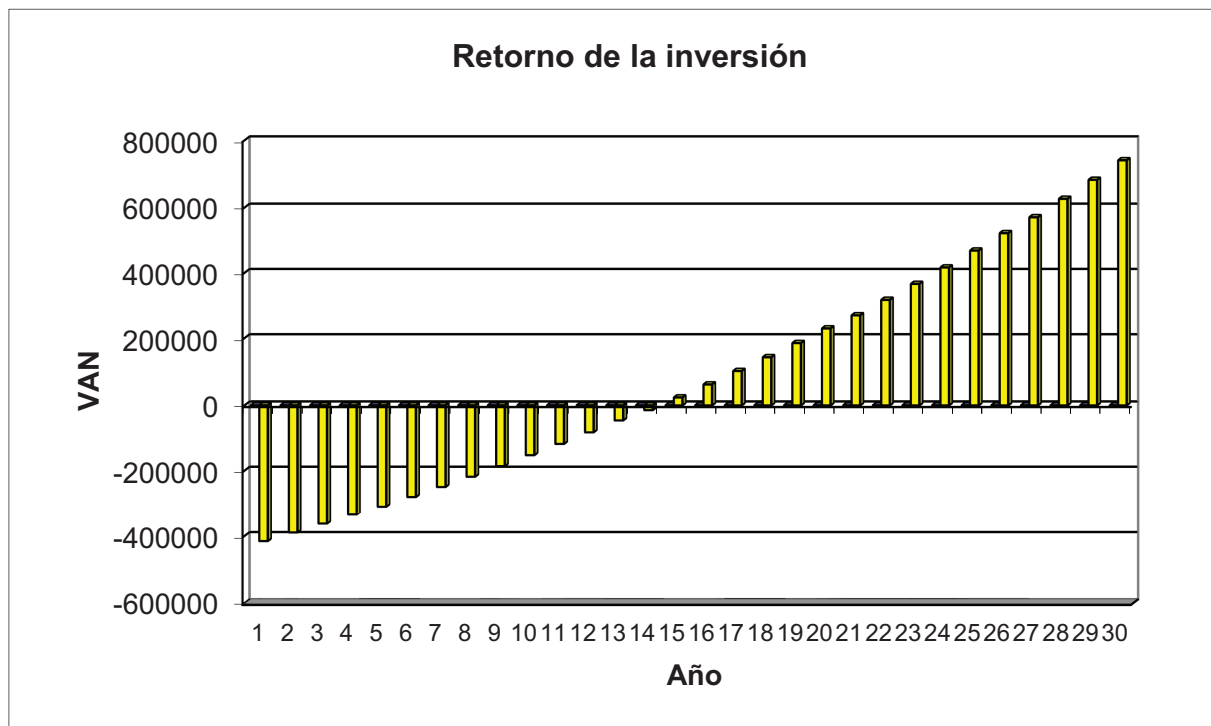
9.2-Análisis de rentabilidad de la ampliación de 300kW.

Para la realización de este análisis se ha tenido en cuenta la normativa vigente en el momento de la realización de este proyecto, que en este caso es el Real Decreto 1/2012 del 27 de Enero por el cual se establece una moratoria en el sector eléctrico por lo que todas las nuevas instalaciones que generan energía eléctrica a través de cogeneración, energías renovables o residuos están exentas de retribuciones con derecho a prima, por lo tanto en el presente estudio se tendrá en cuenta que el precio al que se va a vender la energía es el precio que dicta el mercado de energía diario, en este caso tomamos como referencia el precio obtenido de www.omie.es que es de 0,042€/kWh producido:

Teniendo en cuenta el coste de la instalación y los datos económicos actuales que serán los siguientes:

Inversión inicial (€)	440195,33
Gastos de mantenimiento (€/año)	4401,95
inflación precios (%)	3,60
interés del capital (%)	0,65
Ahorro de aprovisionamiento (€/año)	29431,20
inflación mano de obra y mantenimiento (%)	3,50
Precio unitario (c€/kWh)	4,20

Obtenemos la siguiente gráfica:



Tal y como se observa en la gráfica el umbral de rentabilidad lo obtendremos para mediados del decimocuarto año desde su instalación, a partir del cual ya se empiezan a obtener beneficios.

Conclusión: La ampliación de 300kW de este huerto solar es rentable para mediados del decimocuarto año de funcionamiento, contrasta con el resultado obtenido para la instalación de 200kW que aun siendo de menor potencia obtenemos beneficios en la mitad de tiempo, pero claro, esta instalación esta acogida a primas mientras que la ampliación de 300kW vende toda su energía producida a precio de mercado, pero aun así con la reducción en el precio de los materiales se obtiene un umbral de rentabilidad “razonable” ya que si la vida útil de la instalación la suponemos mínima de 30 años tenemos casi 16 años de obtención de beneficios.

10-Descripción y datos de los distintos componentes de la instalación.

Para verter la electricidad generada por la instalación fotovoltaica a la red se ha de realizar el montaje según el esquema unifilar que se adjunta en el documento de planos, diseñado con todas las protecciones y componentes necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo de la instalación, ajustándose a las instrucciones recomendadas por la Compañía Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U. y cuantos Reglamentos y Reales Decretos se mencionan en esta memoria descriptiva.

10.1-Módulo fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos a utilizar, serán del modelo K-180 de 180W, estarán constiuidos por 72 células solares monocristalinas de 125mm x 125mm, con marco de aleación de aluminio anodizado y caja de conexión Tyco.

Garantías del módulo:

- Los materiales que componen el módulo fotovoltaico durante 2 años.
- Una potencia de salida al menos del 80% de la potencia nominal especificada en la documentación técnica del producto durante 25 años.

Especificaciones eléctricas.

Potencia máxima	180W
Tolerancia	±3%
Corriente de cortocircuito, I_{SC}	5,36 A
Tesión de circuito abierto, V_{OC}	44,3 V
Corriente en punto de Pmax, I_{MPP}	4,93 A
Tensión en punto Pmax, V_{MPP}	36,5 V
Tensión máxima de sistema	1000 V
Nº de células por módulo	72
Comportamiento Térmico:	
▪ Coef. Temp. P_N (%)	-0.37/°C
▪ Coef. Temp. I_{MPP} (%)	0.09/°C
▪ Coef. Temp. V_{MPP} (%)	-0.34/°C

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Características físicas.

Dimensiones (mm)	1580 x 808 x 35 mm
Peso	15.5 Kg
Caja de conexión	Tyco

Los módulos cumplirán con todas las normas y directrices de seguridad aplicables.

10.2-Sistema de fijación de los paneles y obra civil.

Los módulos fotovoltaicos que constituyen la parte generadora de electricidad, se ubicarán sobre un seguidor solar bidireccional cuya fijación al suelo, se efectuará mediante una zapata (ver planos de cimentación), sobre la cual se empotrará el mástil que soporta el seguidor. En todo caso, el fabricante del seguidor dará las garantías en cuanto a seguridad, análisis estructural, anclaje y fijación, sistema eléctrico, sistema hidráulico y mantenimiento.

10.2.1-Obra civil.

Las canalizaciones, se ejecutarán en terrenos de dominio privado, evitando ángulos pronunciados y colocando arquetas de tiro en donde los haya.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las debidas precauciones.

Antes de proceder a la apertura de zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

Apertura de zanjas.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida. Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Canalización entubada.

El tubo, irá colocado según el plano de detalle de la zanja.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,80 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo (véase en planos).

Para la correcta colocación y manipulación de los conductores por el interior de los tubos, se colocarán arquetas de tiro en los vértices de cambio de dirección del trazado de las líneas subterráneas, y máximo cada 50 metros en las alineaciones.

10.3- Características y protección del inversor.

El inversor, es el elemento que convierte la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, que es inyectada a la red. De esta forma se consigue eliminar gran parte de los problemas de la corriente continua y aumentar el rendimiento del sistema.

El funcionamiento del inversor es completamente automático. Cuando los módulos solares generan la potencia suficiente por la mañana, la electrónica de control supervisa los parámetros de tensión y frecuencia de red. Cuando se ha sincronizado a la frecuencia, el sistema inyecta corriente a la red.

El inversor trabaja de forma que toma la máxima potencia posible de los módulos solares (MPPT). Cuando al atardecer la energía ya no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor interrumpe la conexión y deja de trabajar.

10.3.1- Operación del inversor.

El inversor controla en todo momento la tensión de red, siempre que esta esté dentro de los valores del ajuste del mismo ($0,85U_n-1,1U_n$ y 49Hz-51Hz), y exista potencia disponible de continua (radiación solar suficiente), el inversor realiza la conexión a la red sincronizándose con su frecuencia. En caso de que exista fallo en la red que haga que la tensión o la frecuencia salga de los valores de ajuste, el inversor desconecta automáticamente. En caso de desaparecer completamente la tensión de la red, el inversor dispone de una protección anti-isla, que desconecta el sistema hasta el regreso de la tensión.

10.3.2- Operación de la protección de tensión y frecuencia.

El inversor dispondrá de un relé de tensión calibrado a $0,85U_n-1,1U_n$, y un relé de frecuencia calibrado a 49 y 51 Hz. También se dispone de un temporizador y de un contactor de rearme, cuyo funcionamiento es el siguiente; cuando se produce un fallo de tensión o frecuencia en la red eléctrica superior a los valores de calibrado de los respectivos relés, dichos relés dan una señal de fallo al contactor y al temporizador. Al recibir la señal, el contactor abre el circuito, de modo que el sistema queda aislado de la red eléctrica mientras persista la señal de fallo. En el momento que desaparece esta señal, los relés eliminan la señal de fallo y se inicia la cuenta en el temporizador. Pasado este intervalo, este da una señal de rearme al contactor, volviendo a quedar conectado el sistema a la red eléctrica.

10.3.3- Características.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- **Inversor Central INGECON SUN 100**

Datos de entrada (DC)	INGECON SUN 100
Rango de tensión MPP	450-750 V _{CC}
Tensión de entrada máxima	900 V _{DC}
Corriente máxima de entrada	286 A _{DC}
Datos de salida (CA)	
Potencia nominal	100 KW
Potencia máxima	110 KW
Tensión	3*400 50/60 Hz
Máxima corriente eficaz	187 A _{AC}
Factor de potencia cosφ	1
Distorsión armónica	<3% (THD)
Datos Generales	
Dimensiones (ancho x largo x alto)	(80 x 100 x 180) cm
Peso	1.162 Kg
Eficiencia máxima	>96%
Interface usuario	LEDs indicadores de estado y alarmas
Temperatura ambiente	De -10°C a +65°C
Humedad ambiente máxima	90% sin condensación
Tipo de protección	IP20
Directiva EMC	EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3
Directiva BT	0...98%, no hay condensación
Normas EMW	EN 50178
Protecciones:	Contra polarización inversa Contra sobretensiones transitorias en la entrada y la salida. Contra cortocircuitos y sobrecargas en la salida Contra fallos de aislamiento Sobretemperatura en el equipo Protección anti-isla

10.3.4-Protecciones integradas en el ondulator:

- Contra polarización inversa.
- Contra sobretensiones transitorias en la entrada y la salida.
- Contra cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Contra fallos de aislamiento.
- Sobretemperatura en el equipo.
- Protección anti-isla.

La empresa INGETEAM, S.A. certifica que el equipo inversor fotovoltaico de conexión a red de la marca/modelo INGECON SUN 100, cumple con todas las normas y directrices de seguridad aplicables.

10.4-Generador fotovoltaico.

La ampliación del huerto solar estará compuesta por 1.800 módulos fotovoltaicos del modelo K-180, de 180W de potencia, con una conexión serie paralelo entre ellos, de forma que se obtendrán 120 grupos de módulos, compuestos por 15 paneles en serie cada uno de ellos. De esta forma obtendremos los parámetros de tensión e intensidad óptimos que requiere cada inversor para su correcto funcionamiento.

Esta ampliación de 300kW de potencia se une a la ya existente de 200kW formando así un parque solar de 500kW de potencia.

Resumiendo, las características del generador fotovoltaico derivadas del conexionado realizado por cada uno de los 3 inversores nuevos a colocar son las siguientes:

- Potencia máxima: 108.000 W_p
- Número de módulos en serie/paralelo: 15/40
- Tensión punto de máxima potencia (STC) (U_{mpp}) 525 V
- Corriente punto máxima potencia (I_{mpp}): 205,6 A
- Tensión de circuito abierto (U_{oc}): 645 V
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}): 220 A

10.5-Características técnicas de la instalación.

10.5.1-Instalaciones de enlace.

La potencia de salida AC de las cinco unidades inversoras (500kW_n), a la tensión de 400 V, irá directamente (según esquema unifilar) a un interruptor automático de 1000 A, situado en el Edificio prefabricado del Centro de Transformación y Seccionamiento (objeto de otro proyecto específico incluido dentro de este mismo) donde se encuentra el resto de apartamentación necesaria para la correcta evacuación de la potencia generada. La tensión de evacuación es de 20 kV, por tanto, un transformador de 630 kVA será el encargado de dicha transformación.

10.5.2-Equipo de medida.

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-773T/AT-ID de dimensiones 750 mm de alto x 750 mm de ancho y 320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 0.2 o 0.5 respectivamente con medida:
 - Activa: bidireccional
 - Reactiva: dos cuadrantes
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contador. Registro de curvas de carga horaria y cuartohoraria.
- Modem para comunicación remota.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Equipos de protección necesarios.

La celda modular de medida que alberga los transformadores de intensidad y de tensión tendrá las siguientes características:

- Celda modular de medida. CMM 24 KV/ 400 A

Norma de referencia de celda	UNE-EN-60298
Tipo de instalación	Interior
Numero de fases	3
Numero de barras colectoras	Simple barra
Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 μ s	
<ul style="list-style-type: none">• A tierra y entre polos• Sobre la distancia de seccionamiento	125 kV-cresta 145 kV-cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min.	
<ul style="list-style-type: none">• A tierra y entre polos• Sobre la distancia de seccionamiento	50 kV 60 kV
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente asignada	400 A
Corriente asignada de corta duración	20 kV
Valor cresta de la corriente admisible de corta duración	50 kA-cresta
Duración de cortocircuito	1 seg
Endurancia mecánica	M1
Grado de protección contra penetración de cuerpos extraños	IP2X
Grado de protección contra impactos mecánicos	IK08
Tipo de aparamenta bajo envolvente metálica	Compartimentada
Detalles constructivos	
Alto	1620 mm
Ancho	720 mm
Fondo	1055 mm

Peso

165 Kg

Dicha celda, para la medida de la energía generada contiene, 3TI: 24 KV; 600-1200/5-5^a; CI0.5; 15VA; y 3TT: 24 KV; $22000/\sqrt{3}$; CI0.5; 50 VA.

10.5.3-Líneas de conexión.

Los cables y sistemas de conducción de estos, se han dimensionado de acuerdo a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias.

En la conexión entre los módulos se dispondrá de los elementos necesarios para evitar que los conductores queden al alcance de las personas, tomándose para ello las siguientes medidas:

Los conductores que discurren entre los módulos para el conexionado de los mismos y de estos a los cuadros de protección de corriente continua, irán cableados por la parte inferior de los módulos, embridados a la estructura soporte, evitando que los conductores queden al alcance de las personas. Los conductores serán de cobre, doble aislamiento y unipolares, de tensión asignada 0,6/1 kV, XLPE. UNE: RV-K, $2 \times 4 \text{ mm}^2$ y $2 \times 6 \text{ mm}^2$ (en tramos subterráneos).

Los conductores que alimentan al inversor procedentes de las cajas de continua irán enterrados bajo tubo, serán unipolares y de doble aislamiento del tipo 0,6/1 kV, XLPE. UNE: RV-K y secciones según esquema unifilar.

La conexión desde el inversor al cuadro de alterna se realizará con conductores de cobre, aislados y unipolares, de tensión asignada 450/750 V y secciones según esquema unifilar.

La conexión desde el cuadro de alterna hasta el interruptor general automático (punto de interconexión) se realizará con conductores de cobre unipolares en el interior de tubos enterrados, con un aislamiento de los conductores de tensión asignada 0,6/1 kV, XLPE. UNE: RV-K, y secciones según esquema unifilar.

Para un mayor detalle sobre las líneas de conexión y protecciones ver el esquema unifilar del Documento N°2: Planos, capítulo 1.

10.5.4-Dispositivos de protección.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red están sometidos a la aplicación del RBT. Como en cualquier otro tipo de instalación eléctrica de baja tensión, existe la posibilidad de descarga eléctrica y/o cortocircuito. Aunque el riesgo es muy bajo, para evitarlo existen los dispositivos de protección que se montan en las instalaciones convencionales: Interruptores automáticos magnetotérmicos, Interruptores diferenciales, descargadores de sobretensiones de un canal (varistores) y puestas a tierra, etc. Es muy importante la conexión a tierra de todos los elementos metálicos de la instalación como medida importante para la seguridad de las personas.

Por otro lado, los generadores fotovoltaicos conectados a red no conllevan la exigencia de instalar pararrayos, aunque como en cualquier otra instalación eléctrica, ésta puede dañarse por

la acción de las descargas atmosféricas. En este sentido, los descargadores de sobretensiones (varistores), son los elementos que pueden contribuir a paliar el efecto electrostático de los rayos.

Las protecciones contra contactos directos, indirectos, cortocircuitos, sobretensiones, sobrecargas, funcionamiento en isla, máxima y mínima frecuencia, etc., se encuentran detallados a continuación y en el esquema unifilar del documento de planos.

10.5.4.1-Para corriente continua.

Las protecciones utilizadas en las líneas de corriente continua van instaladas en el interior de un cuadro de conexión. Este cuadro, será estanco con grado de protección IP65 e irá situado en la estructura soporte de los paneles fotovoltaicos.

En dicho cuadro irán dispuestos unos fusibles de 10 A y $V_{DC} = 1000V$, para la entrada de cada polo procedente de las distintas cadenas de módulos conectadas en serie, además dispone de un fusible de 63 A que servirá para proteger térmicamente y abrir/cerrar la línea que va desde el generador solar (salida fusibles) al inversor, de forma que se pueda manipular sin riesgo alguno sobre el inversor durante las labores de mantenimiento y/o reparación, (ver esquema unifilar).

10.5.4.2-Para corriente alterna.

En el mismo recinto del inversor y a la salida de este, colocaremos un cuadro de corriente alterna donde se ubicará un dispositivo con protección diferencial y magnetotérmica tetrapolar por inversor, para la protección contra contactos indirectos, sobrecargas y cortocircuitos de las líneas que entran en el embarrado general del interruptor general automático ubicado en el edificio prefabricado donde se encuentra el equipo de medida. Estos elementos, además se utilizarán para dejar al inversor sin tensión en el lado AC para labores de mantenimiento o reparación.

10.5.4.3-Interruptor general manual (interruptor interconexión)

Por último, entre las bornas del secundario del transformador y el equipo de medida, se instalará un interruptor general automático, que estará accesible para la Compañía Distribuidora las 24 horas del día y los 365 días del año, de forma que, este será el punto de desconexión de la instalación con la red, ante cualquier anomalía o alteración de las redes de la compañía por variaciones en las condiciones de trabajo impuestas.

Todos los elementos y materiales detallados, tendrán las certificaciones CE y cumplirán con las normas DIN, UNE, VDE que le son de aplicación.

10.5.4.4-Sistema de puesta a tierra.

La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de la puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

La instalación, dispondrá de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y la instalación fotovoltaica por medio de un transformador de aislamiento.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el RBT, así como de las masas del resto del suministro.

Para la toma de tierra del resto de la instalación fotovoltaica (inversores, cuadros, etc.) Se utilizarán electrodos formados por picas cilíndricas de cobre de 2 m de longitud y \varnothing 14,5 mm y cable desnudo de cobre de 35 mm². Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

11-Cálculos Justificativos.

Cálculos Eléctricos.

Fórmulas Utilizadas:

Emplearemos las siguientes fórmulas:

-Sistema trifásico:

$$I = Pc / (1.732 \times U \times \cos\phi \times R) = \text{amp (A)}$$

$$e = ((L \times Pc) / (k \times U \times n \times S \times R)) + ((L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\phi) / (1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi)) \\ = \text{voltios (V)}$$

-Sistema monofásico:

$$I = Pc / (U \times \cos\phi \times R) = \text{amp (A)}$$

$$e = ((2 \times L \times Pc) / (k \times U \times n \times S \times R)) + (2 \times L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\phi) / (1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) \\ = \text{voltios (V)}$$

En donde:

Pc = Potencia de cálculo en Watios.

L = Longitud de cálculo en metros.

E = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

U = Tensión de servicio en Voltios (Trifásica o Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cosφ = Coseno de φ. Factor de potencia.

R = Rendimiento (Para líneas se aproxima al 100%, cambia para motores)

n = N° de conductores de fase.

Xu= Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

Fórmula conductividad eléctrica.

$$K = 1 / \rho$$

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

$$T = T_0 + [(T_{max} - T_0)(I/I_{max})^2]$$

Siendo:

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

r = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C:

$$\text{Cu} = 0.018$$

$$\text{Al} = 0.029$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Fórmulas de sobrecarga

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : Intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica, I_2 se toma igual:

- A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1.45 I_n$ como máximo).
- A la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1.6 I_n$).

Fórmulas de cortocircuito

En placas fotovoltaicas e inversor:

$$I_{pccl} = P_{cc} / (C_t \cdot U)$$

Siendo:

I_{pccl} : Intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en A.

P_{cc} : Potencia de cortocircuito de las placas o inversor, en placas:

$$P_{cc} = n \cdot V_{oc} \cdot I_{sc} \text{ (W)}$$

Siendo,

N : nº de placas en serie (15).

V_{oc} = Tensión en circuito abierto en V

I_{sc} = Intensidad de cortocircuito en A

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Trifásico:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_{pcci} = (Ct \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot Rt)$$

Siendo,

I_{pcci} : Intensidad permanente de c.c. en inicio de línea (I_{pcciI}) o en el final de la misma (I_{pcciF}) en kA.

Ct : Coeficiente de tensión.

U : Tensión trifásica en V.

Rt : Resistencia total en $m\Omega$, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o cortocircuito en estudio).

Monofásico:

$$I_{pcci} = Ct \cdot U_F / 2 \cdot Rt$$

Siendo,

I_{pcci} : Intensidad permanente de c.c. en inicio de línea (I_{pcciI}) o en el final de la misma (I_{pcciF}) en kA

Ct : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Rt : Resistencia total en $m\Omega$, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto, es igual a la resistencia en origen más la propia del conductor o línea)

La resistencia total hasta el punto de cortocircuito será:

$Rt: R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = (\rho_{20} \cdot L) / (S \cdot n) \quad (\Omega)$$

R : Resistencia de la línea en Ω .

P_{20} = Resistencia del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

L : Longitud de la línea en m.

S : Sección de la línea en mm^2 .

N : nº de conductores por fase.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Fusibles

$$t_{mcicc} = (Cc \cdot S^2) / I_{pccF}^2$$

Siendo,

t_{mcicc} : Tiempo máximo en segundos que un conductor soporta una I_{pcc} .

Cc : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S : Sección de la línea en mm^2 .

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$t_{ficc} = (cte \cdot fusible) / I_{pccF}^2$$

Siendo,

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = (0,8U_F) / (2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{((1,5/K \cdot S \cdot n)^2 + (Xu/(n \cdot 1000))^2)})$$

Siendo,

$L_{máx}$: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusible).

U_F : Tensión de fase (V).

K : Conductividad.

S : Sección del conductor (mm^2).

Xu : Reactancia por unidad de longitud (Ω/m). En conductores aislados suele ser 0.1.

n : nº de conductores por fase.

$C_t = 0.8$: Es el coeficiente de tensión.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5s.

Se ha de cumplir que:

- **$t_{ficc} < t_{mcic}$ ($t_{ficc} < 5 \text{ s}$)**
- **$PdC \geq I_{pcci}$ (**PdC : Poder de Corte del dispositivo**)**
- **$I_{pccF} > I_2$**

Interruptores automáticos

Se ha de cumplir que:

- **$PdC \geq IpccI$ (PdC: Poder de corte del dispositivo)**
- **$IpccF > IMAG$**

Curvas válidas. (Para protección con interruptores automáticos dotados de Relé Electromagnético). Por debajo del valor I_m , actúa el relé térmico (sobrecargas), por encima, el electromagnético (cortocircuitos).

Curva B ($3I_n \leq I_m \leq 5I_n$)	$IMAG = 5 I_n$
Curva C ($5I_n \leq I_m \leq 10 I_n$)	$IMAG = 10 I_n$
Curva D ($10I_n \leq I_m \leq 20I_n$)	$IMAG = 20 I_n$

Aclaraciones

A continuación, se presentan los cálculos realizados tanto de la parte de Corriente Continua, donde los cables se han dimensionado para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y una caída de tensión máxima del 1,5% (ITC-BT-40), como de la parte de Corriente Alterna, donde las líneas se han dimensionado para que no se superen las caídas de tensión máxima del 1,5% en derivación individual (ITC-BT-15), aunque podría llegar al 2% según Real Decreto 1663/2000.

En cada seguidor, instalaremos 30 módulos fotovoltaicos de 180W cada uno. Esto hace en la salida una tensión de 1095.3 V. Para trabajar en baja tensión y, de esa forma, reducir costes y peligrosidad, hemos decidido separar los módulos del seguidor en dos zonas de 15. Así, necesitaremos dos líneas que soportarán una tensión de 547.6 V.

Las protecciones se harán mediante Interruptores Automáticos, debido a que su fiabilidad, facilidad de uso y su repetitividad en la operación asignada, le da una ventaja mayor frente a los fusibles, especialmente, teniendo en cuenta el tiempo y el coste de puesta en marcha ante fallo (sobreintensidad).

Se protegerán todos los circuitos ante contactos directos e indirectos mediante un interruptor diferencial cuya sensibilidad sea de 30mA en la parte de alterna, lo más próximo posible al inversor. La parte de continua se protegerá mediante un tipo de puesta a tierra IT (característico en estas instalaciones).

Por último, se instalará un cuadro de conexión y protección en cada seguidor (abarcará 2 líneas C en cada uno), otro en la unión de las líneas de continua (es decir, en el comienzo de cada línea L. DC), otro tras el inversor y otro en la pared de la caseta de los inversores. Desde allí, irá al cuadro externo del C.T. existente. Las masas de cada cuadro eléctrico irán a tierra, como hemos descrito en la memoria.

Calculos corriente continua

Potencia total instalada en la ampliación del Sistema Generador:

L.DC1	27.000 W
-------	----------

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

L.DC2	27.000 W
L.DC3	27.000 W
L.DC4	27.000 W
L.DC5	27.000 W
L.DC6	27.000 W
L.DC7	27.000 W
L.DC8	27.000 W
L.DC9	27.000 W
L.DC10	27.000 W
L.DC16	27.000 W
L.DC17	27.000 W

-Potencia total instalada (W): 324000

Cálculo de la línea: L.DC1

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 218 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=27000/547.5 \times 1=49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 70 mm² + 1 x 70 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 274.4 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 125 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 27.09

$$e(\text{parcial})=(2 \times 218 \times 27000 / 54.05 \times 547.5 \times 1 \times 70 \times 1)+(2 \times 218 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=5.68 \text{ V} = 1.037\%$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$e(\text{total})=1.037\%$ (1.5% MAX.)

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 274.4$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1}=19.72$ kA (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.056 = 3906.72 \text{ A} = 3.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un $PdC \geq 25\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: $IMAG = 315 \text{ A} < 19.72 \text{ kA}$; $I_{ad} = 274.4 < 189 \text{ A} = 3I_n < 3900 \text{ A}$ (No cumple)

-C: $IMAG = 630 \text{ A} < 19.72 \text{ kA}$; $I_{ad} = 274.4 < 315 \text{ A} = 5I_n < 3900^a$ (Recomendada)

-D: $IMAG = 1260 \text{ A} < 19.72 \text{ kA}$; $I_{ad} = 274.4 < 630 \text{ A} = 10I_n < 3900 \text{ A}$.

Subcuadro L.DC1

-Potencia total instalada:

C1	2700 W
C2	2700 W
C3	2700 W
C4	2700 W
C5	2700 W
C6	2700 W
C7	2700 W
C8	2700 W
C9	2700 W
C10	2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

TOTAL 27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C1 y C2

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.15 \text{ V} \\ = 0.2\%$$

$$e(\text{total})=5.68 \text{ V (L.DC1)}+1.15 \text{ V (C1 o C2)}=6.83 \text{ V} = 1.24\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921.05 \text{ A} = 1.92 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.92 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de las líneas: C3 y C4

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

$$e(\text{total})=5.68 \text{ V (L.DC1)}+1.42 \text{ V (C3 o C4)}=7.1 \text{ V}=1.3\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.19 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.5 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C5 y C6

- Tensión de servicio: 547.5 V

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.29 \text{ V} \\ = 0.24\%$$

$$e(\text{total})=5.68 \text{ V (L.DC1)} + 1.29 \text{ V (C5 o C6)} = 6.97 \text{ V} = 1.27\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1697.67 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.7 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C7 y C8

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} \\ = 0.13\%$$

$$e(\text{total})=5.68 \text{ V (L.DC1)} + 0.72 \text{ V (C7 o C8)} = 6.4 \text{ V} = 1.17\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq I_n \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3041.66 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 3.04 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C9 y C10

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$

$e(\text{total})=5.68 \text{ V (L.DC1)} + 1.3 \text{ V (C9 o C10)} = 6.98 \text{ V} = 1.27\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1697.67 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de la línea: L.DC2

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 233 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$I = 27000 / 547.5 \times 1 = 49.31 \text{ A}$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 274.4 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 125 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 27.1

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 233 \times 27000 / 54.05 \times 547.5 \times 1 \times 70 \times 1) + (2 \times 233 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 6.07 \text{ V} = 1.11\%$$

$$e(\text{total}) = 1.11\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 274.4$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio (I}_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 18.28 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.059 = 3655.2 \text{ A} = 3.65 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un PdC $\geq 25 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-B: } I_{MAG} = 315 \text{ A} < 18.28 \text{ kA}; I_{ad} = 274.4 < 189 \text{ A} = 3I_n < 3650 \text{ A (No cumple)}$$

$$\text{-C: } I_{MAG} = 630 \text{ A} < 18.28 \text{ kA}; I_{ad} = 274.4 < 315 \text{ A} = 5I_n < 3650 \text{ A (Recomendada)}$$

$$\text{-D: } I_{MAG} = 1260 \text{ A} < 18.28 \text{ kA}; I_{ad} = 274.4 < 630 \text{ A} = 10I_n < 3650 \text{ A.}$$

Subcuadro L.DC2

-Potencia total instalada:

C11	2700 W
C12	2700 W
C13	2700 W
C14	2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

C15	2700 W
C16	2700 W
C17	2700 W
C18	2700 W
C19	2700 W
C20	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C11 y C12

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.42 \text{ V} \\ =0.26\%$$

$$e(\text{total})=6.07 \text{ V (L.DC2)}+1.42 \text{ V (C11 o C12)}=7.49 \text{ V}=1.37\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C13 y C14

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 60 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 60 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 60 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.81 \text{ V} \\ = 0.33\%$$

$$e(\text{total}) = 6.07 \text{ V (L.DC2)} + 1.81 \text{ V (C13 o C14)} = 7.88 \text{ V} = 1.44\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.18 = 1216.6 \text{ A} = 1.2 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: IMAG = 200 \text{ A} < 1.2 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C15 y C16

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 6.07 \text{ V (L.DC2)} + 1.3 \text{ V (C15 o C16)} = 7.37 \text{ V} = 1.34\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1697.7 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 A < 1.7 kA$; $Iad = 70.56 A < 100 A = 10In$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C17 y C18

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; $\cos\phi$: 1 (continua); Xu ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 A$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C ($Fc=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 V = 0.13\%$$

$$e(\text{total})=6.07 V (\text{L.DC2}) + 0.72 V (\text{C17 o C18}) = 6.79 V = 1.24\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$Ib \leq In \leq Iz; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I2 \leq 1.45 Iz$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I2 = 1.45 In$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 A$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3041.6 A = 3.04 kA$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 3.04 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C19 y C20

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total})=6.07 \text{ V (L.DC2)}+1.3 \text{ V (C19 o C20)}=7.37 \text{ V} = 1.35\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq I_n \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1697.7 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.7 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de la línea: L.DC3

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 162 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=27000/547.5 \times 1=49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 50 mm² + 1 x 50 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 225.4 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 110 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 28.11

$$e(\text{parcial})=(2 \times 162 \times 27000 / 53.84 \times 547.5 \times 1 \times 50 \times 1)+(2 \times 162 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=5.93 \text{ V} = 1.1\%$$

$$e(\text{total})=1.1\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 225.4$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1}=19.68 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.058=3755 \text{ A} = 3.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un PdC $\geq 25 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 315 A < 19.68 kA; Iad = 225.4 < 189 A = 3In < 3755 A (No cumple)

-C: IMAG = 630 A < 19.68 kA; Iad = 225.4 < 315 A = 5In < 3755 A (Recomendada)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

-D: $IMAG = 1260 \text{ A} < 19.68 \text{ kA}$; $I_{ad} = 225.4 < 630 \text{ A} = 10I_n < 3755 \text{ A}$.

Subcuadro L.DC3

-Potencia total instalada:

C21	2700 W
C22	2700 W
C23	2700 W
C24	2700 W
C25	2700 W
C26	2700 W
C27	2700 W
C28	2700 W
C29	2700 W
C30	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C21 y C22

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V} \\ = 0.21\%$$

$$e(\text{total})=5.93 \text{ V (L.DC3)} + 1.15 \text{ V (C21 o C22)} = 7.08 \text{ V} = 1.3\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.9 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C23 y C24

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{total})=5.93 \text{ V (L.DC3)}+ 1.42 \text{ V (C23 o C24)} = 7.35 \text{ V} = 1.34\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio (} I_2 = 1.45 I_n \text{)}$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-D: } I_{MAG} = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C25 y C26

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total})=5.93 \text{ V (L.DC3)}+ 1.3 \text{ V (C25 o C26)} = 7.23 \text{ V} = 1.32\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: IMAG = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C27 y C28

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} \\ = 0.13\%$$

$$e(\text{total}) = 5.93 \text{ V (L.DC3)} + 0.72 \text{ V (C27 o C28)} = 6.65 \text{ V} = 1.21\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 3.04 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C29 y C30

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 5.93 \text{ V (L.DC3)} + 1.3 \text{ V (C29 o C30)} = 7.23 \text{ V} = 1.32\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de la línea: L.DC4

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 197 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 27000 / 547.5 \times 1 = 49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 274.4 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 125 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 27.1

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 197 \times 27000 / 54.05 \times 547.5 \times 1 \times 70 \times 1) + (2 \times 197 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 5.13 \text{ V} = 0.94\%$$

$$e(\text{total}) = 0.94\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 274.4$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$I_{pcc1} = 20.08 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.051 = 4323 \text{ A} = 4.3 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un $PdC \geq 25 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: $IMAG = 315 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}$; $I_{ad} = 274.4 < 189 \text{ A} = 3I_n < 4323 \text{ A}$ (No cumple)

-C: $IMAG = 630 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}$; $I_{ad} = 274.4 < 315 \text{ A} = 5I_n < 4323 \text{ A}$ (Recomendada)

-D: $IMAG = 1260 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}$; $I_{ad} = 274.4 < 630 \text{ A} = 10I_n < 4323 \text{ A}$.

Subcuadro L.DC4

-Potencia total instalada:

C31	2700 W
C32	2700 W
C33	2700 W
C34	2700 W
C35	2700 W
C36	2700 W
C37	2700 W
C38	2700 W
C39	2700 W
C40	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C31 y C32

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$e(\text{parcial}) = (2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V}$
 $= 0.26\%$

$e(\text{total}) = 5.13 \text{ V (L.DC4)} + 1.42 \text{ V (C31 o C32)} = 6.55 \text{ V} = 1.2\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C33 y C34

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$e(\text{parcial}) = (2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V}$
 $= 0.21\%$

$e(\text{total}) = 5.13 \text{ V (L.DC4)} + 1.15 \text{ V (C33 o C34)} = 6.28 \text{ V} = 1.15\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.9 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C35 y C36

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} \\ = 0.13\%$$

$$e(\text{total}) = 5.13 \text{ V (L.DC4)} + 0.72 \text{ V (C35o C36)} = 5.85 \text{ V} = 1.1\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio (I}_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6 kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 3.04 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C37 y C38

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cos ϕ : 1 (continua); X_u (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C (F_c=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total})=5.13 \text{ V (L.DC4)} + 1.3 \text{ V (C37 o C38)} = 6.43 \text{ V} = 1.17\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $I_{MAG} = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C39 y C40

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V} = 0.21\%$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{total})=5.13 \text{ V (L.DC4)}+ 1.15 \text{ V (C39 o C40)} = 6.28 \text{ V} = 1.15\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-D: } I_{MAG} = 200 \text{ A} < 1.9 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de la línea: L.DC5

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 150 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=27000/547.5 \times 1=49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 50 \text{ mm}^2 + 1 \times 50 \text{ mm}^2$ Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

$$I_{ad} \text{ a } 25^\circ\text{C} (F_c=0.8 \text{ por agrupación en contacto}) = 225.4 \text{ A según ITC-BT-07}$$

Diámetro exterior del tubo: 110 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 28.11

$$e(\text{parcial})=(2 \times 150 \times 27000 / 53.84 \times 547.5 \times 1 \times 50 \times 1) + (2 \times 150 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 5.49 \text{ V} = 1\%$$

$$e(\text{total})=1\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 225.4$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 20.08 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.054 = 4055.5 \text{ A} = 4.05 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un $PdC \geq 25 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-B: } I_{MAG} = 315 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}; I_{ad} = 225.4 < 189 \text{ A} = 3I_n < 4055 \text{ A (No cumple)}$$

$$\text{-C: } I_{MAG} = 630 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}; I_{ad} = 225.4 < 315 \text{ A} = 5I_n < 4055 \text{ A (Recomendada)}$$

$$\text{-D: } I_{MAG} = 1260 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}; I_{ad} = 225.4 < 630 \text{ A} = 10I_n < 4055 \text{ A.}$$

Subcuadro L.DC5

-Potencia total instalada:

C41	2700 W
C42	2700 W
C43	2700 W
C44	2700 W
C45	2700 W
C46	2700 W
C47	2700 W
C48	2700 W
C49	2700 W
C50	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de las líneas: C41 y C42

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.15 \text{ V} \\ =0.21\%$$

$$e(\text{total})=5.49 \text{ V (L.DC5)}+1.15 \text{ V (C41 o C42)}=6.64 \text{ V}=1.21\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.9 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C43 y C44

- Tensión de servicio: 547.5 V

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} \\ = 0.13\%$$

$$e(\text{total})=5.49 \text{ V (L.DC5)} + 0.72 \text{ V (C43 o C44)} = 6.21 \text{ V} = 1.13\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 3.04 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C45 y C46

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total})=5.49 \text{ V (L.DC5)} + 1.3 \text{ V (C45 o C46)} = 6.79 \text{ V} = 1.24\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq I_n \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.7 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C47 y C48

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$e(\text{parcial}) = (2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V}$
 $= 0.26\%$

$e(\text{total}) = 5.49 \text{ V (L.DC5)} + 1.42 \text{ V (C47 o C48)} = 6.91 \text{ V} = 1.26\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z$; $4.93 \leq 10 \leq 70.56$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C49 y C50

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$e(\text{parcial}) = (2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V}$
 $= 0.21\%$

$e(\text{total}) = 5.49 \text{ V (L.DC5)} + 1.15 \text{ V (C49 o C50)} = 6.64 \text{ V} = 1.21\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.9 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de la línea: L.DC6

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 109 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$I = 27000 / 547.5 \times 1 = 49.31 \text{ A}$

Se eligen conductores unipolares 1 x 35 mm² + 1 x 35 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 186.2 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 90 mm (ITC-BT-21)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 29.55

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 109 \times 27000 / 53.55 \times 547.5 \times 1 \times 35 \times 1) + (2 \times 109 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 5.73 \text{ V} = 1.05\%$$

$$e(\text{total}) = 1\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 186.2$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio (} I_2 = 1.45 I_n \text{)}$$

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 19.28 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.056 = 3907 \text{ A} = 3.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un $PdC \geq 25 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-B: } I_{MAG} = 315 \text{ A} < 19.28 \text{ kA; } I_{ad} = 186.2 < 189 \text{ A} = 3I_n < 3907 \text{ A (Recomendada)}$$

$$\text{-C: } I_{MAG} = 630 \text{ A} < 19.28 \text{ kA; } I_{ad} = 186.2 < 315 \text{ A} = 5I_n < 3907 \text{ A}$$

$$\text{-D: } I_{MAG} = 1260 \text{ A} < 19.28 \text{ kA; } I_{ad} = 186.2 < 630 \text{ A} = 10I_n < 3907 \text{ A.}$$

Subcuadro L.DC6

-Potencia total instalada:

C51	2700 W
C52	2700 W
C53	2700 W
C54	2700 W
C55	2700 W
C56	2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

C57	2700 W
C58	2700 W
C59	2700 W
C60	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C51 y C52

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.15 \text{ V} \\ =0.21\%$$

$$e(\text{total})=5.73 \text{ V (L.DC6)}+1.15 \text{ V (C51 o C52)}=6.88 \text{ V}=1.26\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: I_{MAG} = 200 \text{ A} < 1.9 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C53 y C54

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

$$e(\text{total}) = 5.73 \text{ V (L.DC6)} + 1.42 \text{ V (C53 o C54)} = 7.15 \text{ V} = 1.3\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC \geq 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.5 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C55 y C56

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; Cos ϕ : 1 (continua); Xu (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=0.72 \text{ V} \\ =0.13\%$$

$$e(\text{total})=5.73 \text{ V (L.DC6)}+0.72 \text{ V (C55 o C56)}=6.45 \text{ V}=1.18\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC \geq 6kA (por seguridad).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 3.04 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C57 y C58

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total})=5.73 \text{ V (L.DC6)}+1.3 \text{ V (C57 o C58)}=7.03 \text{ V} = 1.3\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq I_n \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.7 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de las líneas: C59 y C60

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

$$e(\text{total})=5.73 \text{ V (L.DC6)}+1.42 \text{ V (C59 o C60)}=7.15 \text{ V} = 1.3\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.5 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de la línea: L.DC7

- Tensión de servicio: 547.5 V

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 120 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=27000/547.5 \times 1=49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 35 \text{ mm}^2 + 1 \times 35 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 186.2 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 90 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 29.56

$$e(\text{parcial})=(2 \times 120 \times 27000 / 53.54 \times 547.5 \times 1 \times 35 \times 1) + (2 \times 120 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 6.31 \text{ V} = 1.15\%$$

$$e(\text{total})=1.15\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 186.2$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 19.68 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.062 = 3549 \text{ A} = 3.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un PdC $\geq 25 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 315 A < 19.68 kA; Iad = 186.2 < 189 A = 3In < 3549 A (Recomendada)

-C: IMAG = 630 A < 19.68 kA; Iad = 186.2 < 315 A = 5In < 3549 A

-D: IMAG = 1260 A < 19.68 kA; Iad = 186.2 < 630 A = 10In < 3549 A.

Subcuadro L.DC7

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

-Potencia total instalada:

C61	2700 W
C62	2700 W
C63	2700 W
C64	2700 W
C65	2700 W
C66	2700 W
C67	2700 W
C68	2700 W
C69	2700 W
C70	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C61 y C62

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.42 \text{ V} \\ =0.26\%$$

$$e(\text{total})=6.31 \text{ V (L.DC7)}+1.42 \text{ V (C61 o C62)}=7.73 \text{ V}=1.41\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-D: } I_{MAG} = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C63 y C64

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 6.31 \text{ V (L.DC7)} + 1.3 \text{ V (C63 o C64)} = 7.61 \text{ V} = 1.39\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: IMAG = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C65 y C66

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} = 0.13\%$$

$$e(\text{total}) = 6.31 \text{ V (L.DC7)} + 0.72 \text{ V (C65 o C66)} = 7.03 \text{ V} = 1.28\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3041.6 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 3.04 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C67 y C68

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V} = 0.21\%$$

$$e(\text{total}) = 6.31 \text{ V (L.DC7)} + 1.15 \text{ V (C67 o C68)} = 7.46 \text{ V} = 1.36\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 1.9 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C69 y C70

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 6.31 \text{ V (L.DC7)} + 1.3 \text{ V (C69 o C70)} = 7.61 \text{ V} = 1.39\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1697.7 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC \geq 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.7 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de la línea: L.DC8

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 62 m; Cos ϕ : 1 (continua); Xu (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 27000 / 547.5 \times 1 = 49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 25 mm² + 1 x 25 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 156.8 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 90 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 31.42

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 62 \times 27000 / 53.17 \times 547.5 \times 1 \times 25 \times 1) + (2 \times 62 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 4.6 \text{ V} = 0.84\%$$

$$e(\text{total}) = 0.84\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 156.8$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

I_{pcc1} = 18.68 kA (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.044 = 4906 \text{ A} = 4.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un PdC \geq 25kA (por seguridad).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Las curvas válidas serían:

-B: $I_{MAG} = 315 \text{ A} < 18.68 \text{ kA}$; $I_{ad} = 156.8 < 189 \text{ A} = 3I_n < 4906 \text{ A}$ (Recomendada)

-C: $I_{MAG} = 630 \text{ A} < 18.68 \text{ kA}$; $I_{ad} = 156.8 < 315 \text{ A} = 5I_n < 4906 \text{ A}$

-D: $I_{MAG} = 1260 \text{ A} < 18.68 \text{ kA}$; $I_{ad} = 156.8 < 630 \text{ A} = 10I_n < 4906 \text{ A}$.

Subcuadro L.DC8

-Potencia total instalada:

C71	2700 W
C72	2700 W
C73	2700 W
C74	2700 W
C75	2700 W
C76	2700 W
C77	2700 W
C78	2700 W
C79	2700 W
C80	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C71 y C72

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 61 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 61 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 61 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.84 \text{ V} \\ = 0.37\%$$

$$e(\text{total}) = 4.6 \text{ V (L.DC8)} + 1.84 \text{ V (C71 o C72)} = 6.44 \text{ V} = 1.17\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio (I}_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.183 = 1197 \text{ A} = 1.2 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6 kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 1.2 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C73 y C74

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cos ϕ : 1 (continua); X_u (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C (F_c=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

$$e(\text{total})=4.6 \text{ V (L.DC8)} + 1.42 \text{ V (C73 o C74)} = 6.02 \text{ V} = 1.1\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C75 y C76

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V} \\ = 0.21\%$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{total})=4.6 \text{ V (L.DC8)}+ 1.15 \text{ V (C75 o C76)} = 5.75 \text{ V} = 1.05\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-D: } I_{MAG} = 200 \text{ A} < 1.9 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C77 y C78

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} = 0.13\%$$

$$e(\text{total})=4.6 \text{ V (L.DC8)}+ 0.72 \text{ V (C77 o C78)} = 5.32 \text{ V} = 0.97\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: IMAG = 200 \text{ A} < 3.04 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C79 y C80

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 4.6 \text{ V (L.DC8)} + 1.3 \text{ V (C79 o C80)} = 5.9 \text{ V} = 1.07\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de la línea: L.DC9

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 85 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 27000 / 547.5 \times 1 = 49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 25 \text{ mm}^2 + 1 \times 25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 156.8 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 90 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 31.43

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 85 \times 27000 / 53.17 \times 547.5 \times 1 \times 25 \times 1) + (2 \times 85 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 6.3 \text{ V} = 1.15\%$$

$$e(\text{total}) = 1.15\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 156.8$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pccL}=20.08$ kA (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.061 = 3578.4 \text{ A} = 3.6 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un $PdC \geq 25$ kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: $IMAG = 315 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}$; $I_{ad} = 156.8 < 189 \text{ A} = 3I_n < 3578 \text{ A}$ (Recomendada)

-C: $IMAG = 630 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}$; $I_{ad} = 156.8 < 315 \text{ A} = 5I_n < 3578 \text{ A}$

-D: $IMAG = 1260 \text{ A} < 20.08 \text{ kA}$; $I_{ad} = 156.8 < 630 \text{ A} = 10I_n < 3578 \text{ A}$.

Subcuadro L.DC9

-Potencia total instalada:

C81	2700 W
C82	2700 W
C83	2700 W
C84	2700 W
C85	2700 W
C86	2700 W
C87	2700 W
C88	2700 W
C89	2700 W
C90	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C81 y C82

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

$$e(\text{total})=6.3 \text{ V (L.DC9)} + 1.42 \text{ V (C81 o C82)} = 7.72 \text{ V} = 1.41\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.5 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C83 y C84

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ Cu (Para cumplir caída de tensión)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$e(\text{parcial}) = (2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V}$
 $= 0.21\%$

$e(\text{total}) = 6.3 \text{ V (L.DC9)} + 1.15 \text{ V (C83 o C84)} = 7.45 \text{ V} = 1.36\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z$; $4.93 \leq 10 \leq 70.56$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.9 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C85 y C86

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} \\ = 0.13\%$$

$$e(\text{total}) = 6.3 \text{ V (L.DC9)} + 0.72 \text{ V (C85 o C86)} = 7.02 \text{ V} = 1.28\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio (I}_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6 kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 3.04 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C87 y C88

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

$$I_{ad} \text{ a } 25^\circ\text{C (Fc=0.8 por agrupación en contacto)} = 70.56 \text{ A según ITC-BT-07}$$

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 6.3 \text{ V (L.DC9)} + 1.3 \text{ V (C87 o C88)} = 7.6 \text{ V} = 1.39\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de las líneas: C89 y C90

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.15 \text{ V} \\ = 0.21\%$$

$$e(\text{total})=6.3 \text{ V (L.DC9)} + 1.15 \text{ V (C89 o C90)} = 7.45 \text{ V} = 1.36\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.9 kA; I_{ad} = 70.56 A < 100 A = 10 I_n (Válida).

Cálculo de la línea: L.DC10

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 20 m; Cosφ: 1 (continua); X_u (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 27000 / 547.5 \times 1 = 49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C (F_c=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 56.75

$$e(\text{parcial})=(2 \times 20 \times 27000 / 48.56 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 20 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 6.77 \text{ V} \\ = 1.24\%$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$e(\text{total})=1.24\%$ (1.5% MAX.)

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1}=19.68$ kA (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.06 = 3650 \text{ A} = 3.6 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un $PdC \geq 25\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: $IMAG = 315 \text{ A} < 19.68 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 < 189 \text{ A} = 3I_n < 3650 \text{ A}$ (Recomendada)

-C: $IMAG = 630 \text{ A} < 19.68 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 < 315 \text{ A} = 5I_n < 3650 \text{ A}$

-D: $IMAG = 1260 \text{ A} < 19.68 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 < 630 \text{ A} = 10I_n < 3650 \text{ A}$.

Subcuadro L.DC10

-Potencia total instalada:

C91	2700 W
C92	2700 W
C93	2700 W
C94	2700 W
C95	2700 W
C96	2700 W
C97	2700 W
C98	2700 W
C99	2700 W
C100	2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

TOTAL 27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C91 y C92

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

$$e(\text{total})=6.77 \text{ V (L.DC10)}+1.42 \text{ V (C91 o C92)}=8.19 \text{ V} = 1.49\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.5 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de las líneas: C93 y C94

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.15 \text{ V} \\ =0.21\%$$

$$e(\text{total})=6.77 \text{ V (L.DC10)}+1.15 \text{ V (C93 o C94)}=7.92 \text{ V}=1.45\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.9 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C95 y C96

- Tensión de servicio: 547.5 V

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total})=6.77 \text{ V (L.DC10)} + 1.3 \text{ V (C95 o C96)} = 8.07 \text{ V} = 1.47\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.7 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C97 y C98

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=0.72 \text{ V} \\ =0.13\%$$

$$e(\text{total})=6.77 \text{ V (L.DC10)}+0.72 \text{ V (C97 o C98)}=7.49 \text{ V}=1.37\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq I_n \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 3.04 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C99 y C100

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$

$e(\text{total})=6.77 \text{ V (L.DC10)} + 1.3 \text{ V (C99 o C100)} = 8.07 \text{ V} = 1.47\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: $IMAG = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}$; $I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n$ (Válida).

Cálculo de la línea: L.DC16

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 25 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$I = 27000 / 547.5 \times 1 = 49.31 \text{ A}$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 10 \text{ mm}^2 + 1 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 94.08 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 63 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 42.86

$e(\text{parcial}) = (2 \times 25 \times 27000 / 50.98 \times 547.5 \times 1 \times 10 \times 1) + (2 \times 25 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 4.84$
 $V = 0.88\%$

$e(\text{total}) = 0.88\%$ (1.5% MAX.)

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z$; $49.3 \leq 63 \leq 94.08$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 19.28$ kA (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.045 = 4866.7$ A = 4.9 kA

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un PdC ≥ 25 kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 315 A < 19.28 kA; Iad = 94.08 < 189 A = 3In < 4867 A (Recomendada)

-C: IMAG = 630 A < 19.28 kA; Iad = 94.08 < 315 A = 5In < 4867 A

-D: IMAG = 1260 A < 19.28 kA; Iad = 94.08 < 630 A = 10In < 4867 A.

Subcuadro L.DC16

-Potencia total instalada:

C151	2700 W
C152	2700 W
C153	2700 W
C154	2700 W

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

C155	2700 W
C156	2700 W
C157	2700 W
C158	2700 W
C159	2700 W
C160	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C151 y C152

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.42 \text{ V} \\ =0.26\%$$

$$e(\text{total})=4.84 \text{ V (L.DC16)}+1.42 \text{ V (C151 o C152)}=6.26 \text{ V} =1.14\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C153 y C154

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 4.84 \text{ V (L.DC16)} + 1.3 \text{ V (C153 o C154)} = 6.14 \text{ V} = 1.12\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: IMAG = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C155 y C156

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V} = 0.26\%$$

$$e(\text{total}) = 4.84 \text{ V (L.DC16)} + 1.42 \text{ V (C155 o C156)} = 6.26 \text{ V} = 1.14\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC \geq 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.5 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C157 y C158

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 38 m; Cos ϕ : 1 (continua); Xu (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 38 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 38 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=1.15 \text{ V} \\ =0.21\%$$

$$e(\text{total})=4.84 \text{ V (L.DC16)}+1.15 \text{ V (C157 o C158)}=5.99 \text{ V}=1.1\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.114 = 1921 \text{ A} = 1.9 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC \geq 6kA (por seguridad).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.9 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Cálculo de las líneas: C159 y C160

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1)+(2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1)=0.72 \text{ V} \\ =0.13\%$$

$$e(\text{total})=4.84 \text{ V (L.DC16)}+0.72 \text{ V (C159 o C160)}=5.56 \text{ V}=1.01\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC ≥ 6kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 3.04 kA; Iad = 70.56 A < 100 A = 10In (Válida).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de la línea: L.DC17

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 91 m; Cosφ: 1 (continua); Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 27000 W
- Potencia de cálculo: 27000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=27000/547.5 \times 1=49.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 25 mm² + 1 x 25 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 156.8 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 90 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 31.42

$$e(\text{parcial})=(2 \times 91 \times 27000 / 53.17 \times 547.5 \times 1 \times 25 \times 1) + (2 \times 91 \times 27000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 6.75$$
$$V = 1.23\%$$

$$e(\text{total})=1.23\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 63 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 49.3 \leq 63 \leq 156.8$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1}=18.88 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.065 = 1671 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 63 A con un PdC $\geq 25 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 315 A < 18.88 kA; Iad = 156.8 < 189 A = 3In < 1671 A (Recomendada)

-C: IMAG = 630 A < 18.88 kA; Iad = 156.8 < 315 A = 5In < 1671A

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

-D: $IMAG = 1260 \text{ A} < 18.88 \text{ kA}$; $Iad = 156.8 < 630 \text{ A} = 10I_n < 1671 \text{ A}$.

Subcuadro L.DC17

-Potencia total instalada:

C161	2700 W
C162	2700 W
C163	2700 W
C164	2700 W
C165	2700 W
C166	2700 W
C167	2700 W
C168	2700 W
C169	2700 W
C170	2700 W
TOTAL	27000 W

-Potencia instalada (W): 27000

Cálculo de las líneas: C161 y C162

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 25.31

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{parcial})=(2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V} = 0.26\%$$

$$e(\text{total})=6.75 \text{ V (L.DC17)} + 1.42 \text{ V (C161 o C162)} = 8.17 \text{ V} = 1.49\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un PdC $\geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-D: IMAG = 200 A < 1.5 kA; I_{ad} = 70.56 A < 100 A = 10I_n (Válida).

Cálculo de las líneas: C163 y C164

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; Cosφ: 1 (continua); X_u (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 1 x 6 mm² + 1 x 6 mm² Cu (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C (F_c=0.8 por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$e(\text{total})=6.75 \text{ V (L.DC17)}+ 1.3 \text{ V (C163 o C164)} = 8.05 \text{ V} = 1.47\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1}=15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$\text{-D: } I_{MAG} = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C165 y C166

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 24 m; $\text{Cos}\phi$: 1 (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=2700/547.5 \times 1=4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial})=(2 \times 24 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 24 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 0.72 \text{ V} = 0.13\%$$

$$e(\text{total})=6.75 \text{ V (L.DC17)}+ 0.72 \text{ V (C165 o C166)} = 7.47 \text{ V} = 1.36\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.072 = 3042 \text{ A} = 3.04 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6kA$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: IMAG = 200 \text{ A} < 3.04 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C167 y C168

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 43 m; $\cos\phi$: 1 (continua); X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

$$I_{ad} \text{ a } 25^\circ\text{C} (F_c = 0.8 \text{ por agrupación en contacto}) = 70.56 \text{ A según ITC-BT-07}$$

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 43 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 43 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.3 \text{ V} = 0.24\%$$

$$e(\text{total}) = 6.75 \text{ V (L.DC17)} + 1.3 \text{ V (C167 o C168)} = 8.05 \text{ V} = 1.47\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.129 = 1698 \text{ A} = 1.7 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 1.7 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10 I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculo de las líneas: C169 y C170

- Tensión de servicio: 547.5 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 47 m; $\text{Cos}\phi: 1$ (continua); X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0.1;
- Potencia a instalar: 2700 W
- Potencia de cálculo: 2700 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 2700 / 547.5 \times 1 = 4.93 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $1 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c = 0.8$ por agrupación en contacto) = 70.56 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 50 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 25.31

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 47 \times 2700 / 54.42 \times 547.5 \times 1 \times 6 \times 1) + (2 \times 47 \times 2700 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 547.5 \times 1 \times 1 \times 1) = 1.42 \text{ V} \\ = 0.26\%$$

$$e(\text{total}) = 6.75 \text{ V (L.DC17)} + 1.42 \text{ V (C169 o C170)} = 8.17 \text{ V} = 1.49\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 10 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 4.93 \leq 10 \leq 70.56$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 15 \times 44.3 \times 5.36 / 0.8 \times 547.5 = 8.13 \text{ A}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 547.5 / 2 \times 0.141 = 1553.2 \text{ A} = 1.5 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 10 A con un $PdC \geq 6\text{kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

$$-D: \text{IMAG} = 200 \text{ A} < 1.5 \text{ kA}; I_{ad} = 70.56 \text{ A} < 100 \text{ A} = 10I_n \text{ (Válida).}$$

Cálculos corriente alterna:

Los cálculos de corriente alterna estaban dimensionados para una instalación de 200 kW, con lo cual, sustituimos esta instalación (acometida y derivación individual) por una instalación dimensionada para un generador fotovoltaico de 500 kW.

-Potencia total instalada:

CA.1	100000 W
CA.2	100000 W
CA.3	100000 W
Total	300000 W

-Potencia nominal inversores (W): 500000

-Potencia máxima admisible (W): 540000

Cálculo de la Acometida

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 8 m; $\text{Cos}\phi$: 1; X_u ($\text{m}\Omega/\text{m}$): 0;
- Potencia a instalar: 500000 W
- Potencia de cálculo: 500000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 500000 / 1.732 \times 400 \times 1 = 721.71 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $2(3 \times 185 \text{ mm}^2 + 1 \times 95 \text{ mm}^2)$ Cu

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 768 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 2x180 mm

Caída de tensión:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Temperatura del cable (°C): 82.4

$$e(\text{parcial}) = (8 \times 500000 / 44.64 \times 400 \times 2 \times 185 \times 1) + (8 \times 500000 \times 0 \times 0 / 1000 \times 400 \times 2 \times 1 \times 1) = 0.61 \text{ V} = 0.15\%$$

$$e(\text{total}) = 0.15\% \text{ (2\% MAX.)}$$

Cálculo de la derivación individual

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 2 m; Cosφ: 1 Xu (mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 500000 W
- Potencia de cálculo: 500000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 500000 / 1.732 \times 400 \times 1 = 721.71 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 2(3x185 mm² + 1x95 mm²) Cu

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE+Pol-No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida-Desig. UNE: RZ1-K(AS) (Cómo propone el real decreto que regula las instalaciones generadoras).

Iad a 40°C (Fc=1) = 736 A según ITC-BT-19

Diámetro exterior del tubo: 2x180 mm

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 88.08

$$e(\text{parcial}) = (2 \times 500000 / 43.85 \times 400 \times 2 \times 185 \times 1) + (2 \times 500000 \times 0 \times 0 / 1000 \times 400 \times 2 \times 1 \times 1) = 0.15 \text{ V} = 0.04\%$$

$$e(\text{total}) = 0.04\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 1000 A, térmico regulable; Int.Reg.:729 A

Cálculo de la línea: CA.1

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 115 m; Cosφ: 1 Xu (mΩ/m): 0.1;
- Potencia a instalar: 100000 W
- Potencia de cálculo: 100000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 100000 / 1.732 \times 400 \times 1 = 144.34 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 3 x 120 mm² + 1 x 70 mm² Cu

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 304 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 160 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 39.65

$e(\text{parcial}) = (115 \times 100000 / 51.58 \times 400 \times 1 \times 120 \times 1) + (115 \times 100000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 400 \times 1 \times 1) = 4.64 \text{ V} = 1.16\%$

$e(\text{total}) = 1.16\% (1.5\% \text{ MAX.})$

Protección:

Interruptor automático 160 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$I_b \leq I_n \leq I_z; 144.34 \leq 160 \leq 304$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 89.81 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$I_{pccF} = 0.8 \times 400 / 1.732 \times 0.017 = 10868 \text{ A} = 10.8 \text{ kA}$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 160 A con un PdC $\geq 100 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: $I_{MAG} = 800 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 304 < 480 \text{ A} = 3I_n < 10.8 \text{ kA}$ (Recomendada)

-C: $I_{MAG} = 1600 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 304 < 800 \text{ A} = 5I_n < 10.8 \text{ kA}$

-D: $I_{MAG} = 3200 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 304 < 1600 \text{ A} = 10I_n < 10.8 \text{ kA}$.

Subcuadro CA.1

-Potencia total instalada:

Inversor 1	100000 W
Total	100000 W

-Potencia instalada (W): 100000

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de la línea Inversor 1

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: B1-Unip. Canalización en Superficie o Empotrado en obra.
- Longitud: 8 m; $\cos\phi$: 1 X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 100000 W
- Potencia de cálculo: 100000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=100000/1.732 \times 400 \times 1=144.34 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 3 x 70 mm² + 1 x 35 mm² Cu (para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 40°C (Fc=1) = 185 A según ITC-BT-19

Diámetro exterior del tubo: 63 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 70.44

$$e(\text{parcial})=(8 \times 100000 / 46.38 \times 400 \times 1 \times 70 \times 1)+(8 \times 100000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 400 \times 1 \times 1)=0.62 \text{ V} = 0.15\%$$

$$e(\text{total})=4.64 \text{ V(CA.1)} + 0.62 \text{ V(Inversor1)} = 5.26 \text{ V} = 1.31\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 160 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 144.34 \leq 160 \leq 185$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccI}=110000/0.8 \times 400=343.75 \text{ A (Lo controla el propio inversor)}$$

$$I_{pccF}=0.8 \times 400 / 1.732 \times 0.002=89810 \text{ A} = 89.81 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 160 A con un PdC \geq 100 kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 800 A < 89.81 kA; Iad = 185 < 480 A = 3In (Recomendada)

-C: IMAG = 1600A < 89.81 kA; Iad = 185 < 800 A = 5In

-D: IMAG = 3200 A < 89.81 kA; Iad = 185 < 1600 A = 10In

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Cálculo de la línea: CA.2

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 115 m; $\cos\phi$: 1 Xu ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 100000 W
- Potencia de cálculo: 100000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=100000/1.732 \times 400 \times 1=144.34 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 3 x 120 mm² + 1 x 70 mm² Cu

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 304 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 160 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 39.65

$$e(\text{parcial})=(115 \times 100000 / 51.58 \times 400 \times 1 \times 120 \times 1) + (115 \times 100000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 400 \times 1 \times 1) = 4.64 \text{ V} = 1.16\%$$

$$e(\text{total})=1.16\% \text{ (1.5\% MAX.)}$$

Protección:

Interruptor automático 160 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 144.34 \leq 160 \leq 304$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1}=89.81 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF}=0.8 \times 400 / 1.732 \times 0.017 = 10868 \text{ A} = 10.8 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 160 A con un PdC $\geq 100 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 800 A < 89.81 kA; Iad = 304 < 480 A = 3In < 10.8 kA (Recomendada)

-C: IMAG = 1600A < 89.81 kA; Iad = 304 < 800 A = 5In < 10.8 kA

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

-D: $IMAG = 3200 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 304 < 1600 \text{ A} = 10I_n < 10.8 \text{ kA}$.

Subcuadro CA.2

-Potencia total instalada:

Inversor 2	100000 W
Total	100000 W

-Potencia instalada (W): 100000

Cálculo de la línea Inversor 2

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: B1-Unip. Canalización en Superficie o Empotrado en obra.
- Longitud: 8 m; $\cos\phi$: 1 X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 100000 W
- Potencia de cálculo: 100000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 100000 / (1.732 \times 400 \times 1) = 144.34 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $3 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 35 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 40°C ($F_c=1$) = 185 A según ITC-BT-19

Diámetro exterior del tubo: 63 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 70.44

$$e(\text{parcial}) = (8 \times 100000 / (46.38 \times 400 \times 1 \times 70 \times 1)) + (8 \times 100000 \times 0.1 \times 0 / (1000 \times 400 \times 1 \times 1)) = 0.62 \text{ V} = 0.15\%$$

$$e(\text{total}) = 4.64 \text{ V}(\text{CA.2}) + 0.62 \text{ V}(\text{Inversor2}) = 5.26 \text{ V} = 1.31\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 160 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 144.34 \leq 160 \leq 185$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pcc1} = 110000 / (0.8 \times 400) = 343.75 \text{ A} \text{ (Lo controla el propio inversor)}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 400 / (1.732 \times 0.002) = 89810 \text{ A} = 89.81 \text{ kA}$$

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 160 A con un PdC \geq 100 kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 800 A < 89.81 kA; Iad = 185 < 480 A = 3In (Recomendada)

-C: IMAG = 1600A < 89.81 kA; Iad = 185 < 800 A = 5In

-D: IMAG = 3200 A < 89.81 kA; Iad = 185 < 1600 A = 10In

Cálculo de la línea: CA.3

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 115 m; Cos ϕ : 1 Xu (m Ω /m): 0.1;
- Potencia a instalar: 100000 W
- Potencia de cálculo: 100000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I=100000/1.732 \times 400 \times 1=144.34 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares 3 x 120 mm² + 1 x 70 mm² Cu

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

Iad a 25°C (Fc=0.8 por agrupación en contacto) = 304 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 160 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable (°C): 39.65

$$e(\text{parcial})=(115 \times 100000 / 51.58 \times 400 \times 1 \times 120 \times 1)+(115 \times 100000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 400 \times 1 \times 1)=4.64 \text{ V} = 1.16\%$$

$$e(\text{total})=1.16\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 160 A DC.

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 144.34 \leq 160 \leq 304$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1}=89.81 \text{ kA}$ (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$I_{pccF} = 0.8 \times 400 / 1.732 \times 0.017 = 10868 \text{ A} = 10.8 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 160 A con un $PdC \geq 100 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: $IMAG = 800 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 304 < 480 \text{ A} = 3I_n < 10.8 \text{ kA}$ (Recomendada)

-C: $IMAG = 1600 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 304 < 800 \text{ A} = 5I_n < 10.8 \text{ kA}$

-D: $IMAG = 3200 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 304 < 1600 \text{ A} = 10I_n < 10.8 \text{ kA}$.

Subcuadro CA.3

-Potencia total instalada:

Inversor 3	100000 W
Total	100000 W

-Potencia instalada (W): 100000

Cálculo de la línea Inversor 3

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: B1-Unip. Canalización en Superficie o Empotrado en obra.
- Longitud: 8 m; $\text{Cos}\phi$: 1 X_u ($m\Omega/m$): 0.1;
- Potencia a instalar: 100000 W
- Potencia de cálculo: 100000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 100000 / 1.732 \times 400 \times 1 = 144.34 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $3 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 35 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (para cumplir caída de tensión)

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 40°C ($F_c=1$) = 185 A según ITC-BT-19

Diámetro exterior del tubo: 63 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 70.44

$$e(\text{parcial}) = (8 \times 100000 / 46.38 \times 400 \times 1 \times 70 \times 1) + (8 \times 100000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 400 \times 1 \times 1) = 0.62 \text{ V} = 0.15\%$$

$$e(\text{total}) = 4.64 \text{ V}(\text{CA.3}) + 0.62 \text{ V}(\text{Inversor3}) = 5.26 \text{ V} = 1.31\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 160 A DC.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 144.34 \leq 160 \leq 185$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z; \text{ Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio } (I_2 = 1.45 I_n)$$

Protección ante cortocircuitos:

$$I_{pccL} = 110000/0.8 \times 400 = 343.75 \text{ A (Lo controla el propio inversor)}$$

$$I_{pccF} = 0.8 \times 400 / 1.732 \times 0.002 = 89810 \text{ A} = 89.81 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 160 A con un $PdC \geq 100 \text{ kA}$ (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: $IMAG = 800 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 185 < 480 \text{ A} = 3I_n$ (Recomendada)

-C: $IMAG = 1600 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 185 < 800 \text{ A} = 5I_n$

-D: $IMAG = 3200 \text{ A} < 89.81 \text{ kA}$; $I_{ad} = 185 < 1600 \text{ A} = 10I_n$

Cálculo de la línea: CA.4

- Tensión de servicio: 400 V
- Canalización: enterrados bajo tubo (R. Subt)
- Longitud: 115 m; $\text{Cos}\phi: 1 \text{ Xu (m}\Omega\text{/m): } 0.1$;
- Potencia a instalar: 100000 W
- Potencia de cálculo: 100000 W (coef. Simultaneidad: 1)

$$I = 100000 / 1.732 \times 400 \times 1 = 144.34 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares $3 \times 120 \text{ mm}^2 + 1 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel de aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE. Desing. UNE: RV-K

I_{ad} a 25°C ($F_c=0.8$ por agrupación en contacto) = 304 A según ITC-BT-07

Diámetro exterior del tubo: 160 mm (ITC-BT-21)

Caída de tensión:

Temperatura del cable ($^\circ\text{C}$): 39.65

$$e(\text{parcial}) = (115 \times 100000 / 51.58 \times 400 \times 1 \times 120 \times 1) + (115 \times 100000 \times 0.1 \times 0 / 1000 \times 400 \times 1 \times 1) = 4.64 \text{ V} = 1.16\%$$

$$e(\text{total}) = 1.16\% (1.5\% \text{ MAX.})$$

Protección:

Interruptor automático 160 A DC.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Protección ante sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z; 144.34 \leq 160 \leq 304$$

$I_2 \leq 1.45 I_z$; Los I.A. siempre la cumplen si cumplen el primer criterio ($I_2 = 1.45 I_n$)

Protección ante cortocircuitos:

$I_{pcc1} = 89.81$ kA (La suma de todas las intensidades de cortocircuito de final de línea que conectan a esta última).

$$I_{pccF} = 0.8 \times 400 / 1.732 \times 0.017 = 10868 \text{ A} = 10.8 \text{ kA}$$

Necesitamos un interruptor automático de corriente continua de 160 A con un PdC ≥ 100 kA (por seguridad).

Las curvas válidas serían:

-B: IMAG = 800 A < 89.81 kA; $I_{ad} = 304 < 480 \text{ A} = 3I_n < 10.8 \text{ kA}$ (Recomendada)

-C: IMAG = 1600A < 89.81 kA; $I_{ad} = 304 < 800 \text{ A} = 5I_n < 10.8 \text{ kA}$

-D: IMAG = 3200 A < 89.81 kA; $I_{ad} = 304 < 1600 \text{ A} = 10I_n < 10.8 \text{ kA}$.

Tablas resumen de líneas:

Denominación	Potencia cálculo (W)	Distancia de cálculo (m)	Sección (mm ²)	I. cálculo (A)	I. Adm. (A)	ΔU parcial (%)	ΔU total (%)	Dimensiones canalización (mm)
Subcuadro L.DC1								
L.DC1	27000	218	2x70Cu	49,31	274,4	1,037	1,037	125
C1	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,2	1,24	50
C2	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,2	1,24	50
C3	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,3	50
C4	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,3	50
C5	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,27	50
C6	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,27	50
C7	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,17	50
C8	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,17	50
C9	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,27	50
C10	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,27	50
Subcuadro L.DC2								
L.DC2	27000	233	2x70Cu	49,31	274,4	1,11	1,11	125
C11	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,37	50
C12	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,37	50
C13	2700	60	2x6Cu	4,93	70,56	0,33	1,44	50
C14	2700	60	2x6Cu	4,93	70,56	0,33	1,44	50
C15	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,34	50
C16	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,34	50
C17	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,24	50
C18	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,24	50
C19	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,35	50

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

C20	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,35	50
Subcuadro L.DC3								
L.DC3	27000	162	2x50Cu	49,31	225,4	1,1	1,1	110
C21	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,3	50
C22	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,3	50
C23	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,34	50
C24	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,34	50
C25	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,32	50
C26	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,32	50
C27	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,21	50
C28	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,21	50
C29	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,32	50
C30	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,32	50
Subcuadro L.DC4								
L.DC4	27000	197	2x70Cu	49,31	274,4	0,94	0,94	125
C31	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,2	50
C32	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,2	50
C33	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,15	50
C34	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,15	50
C35	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,1	50
C36	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,1	50
C37	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,17	50
C38	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,17	50
C39	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,15	50
C40	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,15	50
Subcuadro L.DC5								
L.DC5	27000	150	2x50Cu	49,31	225,4	1	1	125
C41	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,21	50
C42	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,21	50
C43	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,13	50
C44	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,13	50
C45	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,24	50
C46	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,24	50
C47	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,26	50
C48	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,26	50
C49	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,21	50
C50	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,21	50
Subcuadro L.DC6								
L.DC6	27000	109	2x35Cu	49,31	186,2	1,05	1,05	90
C51	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,26	50
C52	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,26	50
C53	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,3	50
C54	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,3	50
C55	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,18	50
C56	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,18	50
C57	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,3	50
C58	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,3	50
C59	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,3	50
C60	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,3	50
Subcuadro L.DC7								

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

L.DC7	27000	120	2x35Cu	49,31	186,2	1,15	1,15	90
C61	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,41	50
C62	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,41	50
C63	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,39	50
C64	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,39	50
C65	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,28	50
C66	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,28	50
C67	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,36	50
C68	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,36	50
C69	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,39	50
C70	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,39	50
Subcuadro L.DC8								
L.DC8	27000	62	2x25Cu	49,31	156,8	0,84	0,84	90
C71	2700	61	2x6Cu	4,93	70,56	0,37	1,17	50
C72	2700	61	2x6Cu	4,93	70,56	0,37	1,17	50
C73	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,1	50
C74	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,1	50
C75	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,05	50
C76	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,05	50
C77	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	0,97	50
C78	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	0,97	50
C79	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,07	50
C80	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,07	50
Subcuadro L.DC9								
L.DC9	27000	85	2x25Cu	49,31	156,8	1,15	1,15	90
C81	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,41	50
C82	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,41	50
C83	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,36	50
C84	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,36	50
C85	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,28	50
C86	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,28	50
C87	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,39	50
C88	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,39	50
C89	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,36	50
C90	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,36	50
Subcuadro L.DC10								
L.DC10	27000	20	2x6Cu	49,31	70,56	1,24	1,24	50
C91	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,49	50
C92	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,49	50
C93	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,45	50
C94	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,45	50
C95	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
C96	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
C97	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,37	50
C98	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,37	50
C99	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
C100	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
Subcuadro L.DC16								

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

L.DC16	27000	25	2x10Cu	49,31	94,08	0,88	0,88	63
C151	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,14	50
C152	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,14	50
C153	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,12	50
C154	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,12	50
C155	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,14	50
C156	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	0,14	50
C157	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,1	50
C158	2700	38	2x6Cu	4,93	70,56	0,21	1,1	50
C159	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,01	50
C160	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,01	50
Subcuadro L.DC17								
L.DC17	27000	91	2x25Cu	49,31	156,8	1,23	1,23	90
C161	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,49	50
C162	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,49	50
C163	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
C164	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
C165	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,36	50
C166	2700	24	2x6Cu	4,93	70,56	0,13	1,36	50
C167	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
C168	2700	43	2x6Cu	4,93	70,56	0,24	1,47	50
C169	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,49	50
C170	2700	47	2x6Cu	4,93	70,56	0,26	1,49	50

Denominación	Potencia cálculo (W)	Distancia de cálculo (m)	Sección (mm ²)	I. cálculo (A)	I. Adm. (A)	ΔU parcia l(%)	ΔU total(%)	Dimensiones canalización (mm)
CORRIENTE ALTERNA								
Acometida	500000	8	2x(3x185+1x95)Cu	721,71	768	0,15	0,15	2x180
D.Individual	500000	2	2x(3x185+1x95)Cu	721,71	768	0,04	0,04	2x180
CA1	100000	115	(3x120+1x70)Cu	144,34	304	1,16	1,16	160
Inversor1	100000	8	(3x70+1x35)Cu	144,34	185	0,15	1,31	63
CA2	100000	115	(3x120+1x70)Cu	144,34	304	1,16	1,16	160
Inversor2	100000	8	(3x70+1x35)Cu	144,34	185	0,15	1,31	63
CA3	100000	115	(3x120+1x70)Cu	144,34	304	1,16	1,16	160
Inversor3	100000	8	(3x70+1x35)Cu	144,34	185	0,15	1,31	63

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Tabla de protecciones eléctricas

<i>Deno- mina- ción</i>	<i>Distancia de cálculo (m)</i>	<i>Sec- ción (mm²)</i>	<i>Intensidad de cortocircuito Inicio de línea (kA)</i>	<i>Intensidad de cortocircuito Final de línea (kA)</i>	<i>Intensidad nominal I.A. (A)</i>	<i>Cur- vas válidas</i>	<i>PdC min(kA)</i>	<i>Intensidad nominal del diferencial (A)</i>
Subcuadro L.DC1								
L.DC1	218	2x70Cu	19,72	3,9	63	C, D	25	IT
C1	38	2x6Cu	0,008	1,92	10	D	6	IT
C2	38	2x6Cu	0,008	1,92	10	D	6	IT
C3	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C4	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C5	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C6	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C7	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C8	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C9	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C10	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC2								
L.DC2	233	2x70Cu	18,28	3,65	63	C, D	25	IT
C11	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C12	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C13	60	2x6Cu	0,008	1,2	10	D	6	IT
C14	60	2x6Cu	0,008	1,2	10	D	6	IT
C15	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C16	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C17	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C18	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C19	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C20	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC3								
L.DC3	162	2x50Cu	19,68	3,7	63	C, D	25	IT
C21	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C22	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C23	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C24	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C25	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C26	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C27	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C28	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C29	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C30	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC4								
L.DC4	197	2x70Cu	19,68	4,3	63	C, D	25	IT
C31	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C32	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C33	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

C34	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C35	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C36	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C37	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C38	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C39	38	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C40	38	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC5								
L.DC5	150	2x50Cu	20,08	4,05	63	C, D	25	IT
C41	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C42	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C43	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C44	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C45	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C46	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C47	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C48	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C49	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C50	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC6								
L.DC6	109	2x35Cu	19,28	3,9	63	B, C, D	25	IT
C51	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C52	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C53	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C54	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C55	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C56	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C57	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C58	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C59	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C60	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC7								
L.DC7	120	2x35Cu	19,68	3,5	63	B, C, D	25	IT
C61	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C62	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C63	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C64	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C65	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C66	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C67	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C68	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C69	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C70	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC8								
L.DC8	62	2x25Cu	18,68	4,9	63	B, C, D	25	IT

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

C71	61	2x6Cu	0,008	1,2	10	D	6	IT
C72	61	2x6Cu	0,008	1,2	10	D	6	IT
C73	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C74	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C75	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C76	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C77	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C78	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C79	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C80	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC9								
L.DC9	85	2x25Cu	20,08	3,6	63	B, C, D	25	IT
C81	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C82	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C83	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C84	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C85	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C86	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C87	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C88	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C89	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C90	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC10								
L.DC10	20	2x6Cu	19,68	3,6	63	B, C, D	25	IT
C91	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C92	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C93	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C94	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C95	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C96	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C97	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C98	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C99	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C100	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC16								
L.DC16	25	2x10Cu	19,28	4,9	63	B, C, D	25	IT
C151	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C152	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C153	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C154	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C155	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C156	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C157	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C158	38	2x6Cu	0,008	1,9	10	D	6	IT
C159	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

C160	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
Subcuadro L.DC17								
L.DC17	91	2x25Cu	18,88	1,7	63	B, C, D	25	IT
C161	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C162	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C163	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C164	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C165	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C166	24	2x6Cu	0,008	3,04	10	D	6	IT
C167	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C168	43	2x6Cu	0,008	1,7	10	D	6	IT
C169	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT
C170	47	2x6Cu	0,008	1,5	10	D	6	IT

De nomi na ción	Distancia de cálculo (m)	Sección (mm ²)	Intensidad de cortocircui to Inicio de línea (kA)	Intensidad de cortocircui to Final de línea (kA)	Intensidad nominal I.A. (A)	Curvas válidas	PdC min(kA)	Intensidad nominal del diferencial (A)
CORRIENTE ALTERNA								
Aco mete dia	8	2x(3x185+ 1x95)Cu	18,19	8,9	1000	B, C, D	22	-
D.In divid ual	2	2x(3x185+ 1x95)Cu	18	8,9	1000	B, C, D	22	-
CA1	115	(3x120+1x 70)Cu	89,81	10,8	160	B, C, D	100	-
Inver sor1	8	(3x70+1x3 5)Cu	0,343	89,81	160	B, C, D	100	160 Tipo A
CA2	115	(3x120+1x 70)Cu	89,81	10,8	160	B, C, D	100	-
Inver sor2	8	(3x70+1x3 5)Cu	0,343	89,81	160	B, C, D	100	160 Tipo A
CA3	115	(3x120+1x 70)Cu	89,81	10,8	160	B, C, D	100	-
Inver sor3	5	(3x70+1x3 5)Cu	0,344	142,12	160	B, C, D	150	160 Tipo A

Documento N°1:
Memoria

Anexo I: Estudio Básico de Seguridad y Salud

Documento N°1: Memoria

Anexo I: Estudio Básico de Seguridad y Salud

Indice

1-Introducción.....	122
1.1-Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	122
1.2-Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	122
1.3-Datos del Proyecto.....	122
1.4-Normas de seguridad aplicables en la obra.....	123
2-Desarrollo del Estudio.....	124
2.1-Aspectos Generales.....	124
2.2-Identificación de riesgos y prevención de los mismos.....	124
2.2.1-Riesgos que pueden ser evitados.....	124
2.2.2-Evaluación de riesgos no evitados.....	124
2.2.3-Criterios generales y metodología de evaluación.....	124
2.2.4-Movimiento de tierras.....	129
2.2.5-Cimentación y estructuras.....	133
2.2.6-Instalaciones.....	137
2.2.7-Otras medidas de prevención necesarias para evitar riesgos.....	141
2.2.8-Protecciones generales.....	142
2.2.9-Características generales de la obra.....	142
2.2.9.1-Descripción de la obra y situación.....	143
2.2.9.2-Suministro de energía eléctrica.....	143
2.2.9.3-Suministro de agua potable.....	143
2.2.9.4-Servicios higiénicos.....	143
2.2.10-Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.....	143
2.2.11-Medidas preventivas concretas en instalaciones fotovoltaicas.....	144
2.2.11.1-Introducción.....	144

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

2.2.11.1.1-Medidas de conocimiento general en el diseño de las instalaciones.....144

2.2.11.1.2-Medidas de conocimiento general durante el montaje.....144

Documento N°1: Memoria

Anexo I: Estudio Básico de Seguridad y Salud

1-Introducción

1.1-Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Por lo tanto, hay que comprobar que se dan los siguientes supuestos:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea inferior al 450.759.08 €.
- Que la duración estimada sea inferior a 30 días laborables, no empleándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea inferior a 500.
- Que no se trate de obras de túneles, galerías, ni conducciones subterráneas y presas.

Como se dan los supuestos anteriormente indicados, se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

1.2-Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del Real Decreto 1627/1997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicado las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propagan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en las mismas y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

1.3-Datos del Proyecto

Tipo de obra: Ampliación de una planta fotovoltaica conectada a red de 300 kW

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Situación: Paraje Agua Amarga, La Tova, Polígono 251, Parcela 20

Población: Lorca (Murcia)

Promotor: Huerto Solar Aguamarga S.L.

Proyectista: D. Francisco Merlos Meca

1.4-Normas de seguridad aplicables en la obra

La relación de normativa que a continuación se presenta no pretende ser exhaustiva, se trata únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento, que sea de aplicación y de mayor interés para la realización de los trabajos objeto del contrato al que se adjunta este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

- Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980, Ley 32/1984, Ley 11/1994).
- Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Orden del Ministerio de trabajo de 9 de marzo de 1971, sobre Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y disposiciones complementarias.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

2-Desarrollo del Estudio

2.1- Aspectos Generales

El contratista acreditará ante la Dirección Facultativa de la obra, la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios. Así mismo, la Dirección Facultativa, comprobará que existe un plan de emergencia para la atención de personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección y teléfonos de estos servicios deberán ser colocados de forma visible en lugares estratégicos de la obra.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan establecido, informando a todos los operarios claramente de las maniobras a realizar, los posibles riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta. Deben cerciorarse de que todos lo han entendido.

2.2-Identificación de riesgos y prevención de los mismos

En función de las obras a realizar y de las fases de trabajos de cada una de ellas, se incorporan en los anexos los riesgos más comunes, extendiéndose a la obra en proyecto.

2.2.1-Riesgos que pueden ser evitados

La metodología y soluciones aquí descritas detallan los aspectos de OBLIGADO CUMPLIMIENTO, que eliminan los “Riesgos que pueden ser evitados” identificados en el entorno de la obra. Se procede según RD 1627/97 donde indica:

Riesgos que pueden ser evitados: aquellos que mediante la aplicación de medidas técnicas desaparecen.

Las medidas técnicas a las que se hace referencia son las que actúan sobre la tarea o agente mediante soluciones técnicas, organizativas, cambios en el proceso constructivo, etc.

2.2.2-Evaluación de riesgos no evitados

En tanto se aplique la metodología y mantenimiento anteriormente descrita, aún se identifican riesgos no evitados cuya evaluación se realiza según lo descrito en el RD 1627/97:

Riesgos laborales que no pueden eliminarse: por exclusión, son aquellos que no han podido ser evitados.

Estos riesgos que no han podido ser evitados y son aquí evaluados y, en función de los resultados de la evaluación, se procederá, en su caso, a adoptar las medidas necesarias para su reducción o control, dándose prioridad a las de protección colectiva frente a las de protección individual.

2.2.3-Criterios generales y metodología de evaluación

Cualquier riesgo en el que no exista un método específico o no este contemplado en una norma puede evaluarse mediante un método general de evaluación como el que se expone en este apartado.

Un proceso general de evaluación de riesgos se compone de las siguientes etapas:

Clasificación de las actividades de trabajo.

- ✓ Identificación de peligros.
- ✓ Estimación del riesgo.

Identificación de peligros: Para llevar a cabo la identificación de peligros, se categorizan en distintas formas, en las fichas adjuntas, el apartado “Identificación de riesgos” con la siguiente correspondencia:

Código y forma del accidente

1- Caída de personas a distinto nivel.

Tanto caídas de altura como en profundidades, estos riesgos son condición del lugar de trabajo en el que se desarrollan.

Se analiza el trabajo en altura como actividad propia que tiene como riesgo la caída a distinto nivel. Siempre que se realice este tipo de trabajo se considerarán los riesgos propios de esta actividad, aunque no todos los accidentes producidos por una caída a distinto nivel ocurren a más de 2 m de altura o profundidad.

2- Caída de personas al mismo nivel.

Producidas mayoritariamente por la falta de orden y limpieza en las zonas de paso o superficies de trabajo, medida de prevención prioritaria, es un riesgo existente en todo momento. Se hará mención especial en los casos en los que la actividad o equipo técnico incrementen el riesgo de manera significativa.

3- Caída de objetos por desplome.

Se considera propio del empleo de elementos auxiliares como andamios o plataformas elevadoras, errores de proyecto o ejecución de paredes o estructuras nuevas o intervenciones en las que pueda modificarse la estabilidad de algún elemento de una construcción o su colapso total.

También incluye los hundimientos de tierra o pilas de material.

4- Caída de objetos por manipulación.

Posible en cualquier operación en la que un operario este manipulando un objeto cualquiera, pues el accidentado es la misma persona a la que le ha caído el objeto manipulado.

5- Caída de objetos desprendidos.

Caída de herramientas, materiales, etc. sobre un trabajador que no estaba manipulando el objeto desprendido. Siempre que exista un trabajador desarrollando su actividad en la vertical de otro puede suceder, con una calificación que variará en función del objeto y de la altura de desprendimiento.

6- Pisadas sobre objetos.

Producido por pisadas sobre objetos punzantes o cortantes, es también en gran medida fruto de la falta de orden y limpieza.

7- Golpes contra objetos inmóviles.

Siendo el trabajador la parte dinámica, es aplicable en todo momento.

8- Golpes contra objetos móviles.

Ocasionados por elementos móviles de máquinas o instalaciones. No incluidos los atrapamientos. La maquinaria interior de herramientas eléctricas, vehículos, excavadoras mecánicas, etc...dispondrá de los resguardos de protección fijos que debe poseer siempre. Si esto se cumple el riesgo producido por estos elementos será inexistente.

9- Golpe/Cortes por objetos o herramientas.

Accidente causado por un objeto o herramienta que se mueve por fuerzas diferentes a la gravedad (martillazos, golpes con otras herramientas o objetos, etc).

10- Proyección de fragmentos o partículas.

Propio de la manipulación de herramientas y máquinas, debe considerarse la posibilidad de que el accidentado no sea el mismo operario que la manipula sino un compañero.

11- Atrapamientos por o entre objetos.

Considerando lo establecido en el riesgo de golpes contra objetos móviles, está presente siempre que el operario manipule un objeto y sus consecuencias pueden ser más graves si el accidente se produce entre elementos en movimiento de la máquina.

12- Atrapamientos por vuelco de máquinas.

De vehículos o otras máquinas dejando al trabajador inmóvil, sea el que manipulaba la máquina o compañero.

13- Sobreesfuerzos.

Por la manipulación de cargas o movimientos mal realizados.

14- Vibraciones.

Por la manipulación de maquinaria.

15- Exposición a temperaturas extremas.

En trabajos al aire libre no suele ser posible el control de factores como la humedad o la temperatura, siendo estos normalmente los propios del clima en el que se desarrollan las actividades. En consecuencia, riesgos como la exposición a temperaturas extremas sólo podrán solventarse deteniendo los trabajos cuando las adversidades meteorológicas lo hagan necesario o no ser que exista un foco de generación de frío o calor que pueda controlarse.

16- Ruido.

Cuando en nivel sonoro individual o en conjunto de la maquinaria y otros supera los niveles de seguridad establecidos.

17- Contactos térmicos.

Contacto con materiales a temperaturas extremas. Si el riesgo coincide con el 14, prevalece el anterior.

18- Contactos eléctricos.

Aquellos causados por la permanencia de una atmósfera tóxica o por la ingestión de productos nocivos.

19- Inhalación o ingestión de sustancias nocivas.

Accidentes causados por la permanencia en una atmósfera tóxica o por la ingestión de productos nocivos.

20- Contacto con sustancias cáusticas y/o corrosivas.

Accidentes por contactos con sustancias y productos que dan lugar a lesiones externas al contactar.

21- Incendios.

Accidentes producidos por el fuego o sus consecuencias

22- Causados por seres vivos.

Directamente por personas o animales. La probabilidad de los riesgos causados por seres vivos dependerá del entorno en el que se desarrollan las actividades, siendo de especial consideración el ámbito rural.

23- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos o maquinaria.

Accidentes en los que el trabajador va dentro del vehículo, o fuera y es atropellado o golpeado, condicionados a su presencia en el lugar de trabajo.

24- Accidentes de tráfico.

Los accidentes de tráfico, aunque considerados laborales cuando suceden durante la jornada de trabajo o en itinere, quedan fuera de la evaluación de riesgos a ocurrir fuera del centro de trabajo. Esto no supone la desconsideración de su importancia, dedicándoles un apartado del presente documento.

25- Causas naturales.

Ocurridos en el centro de trabajo por causas que también pueden darse fuera (infarto, embolia, etc.), quedan por lo tanto fuera de la presente evaluación.

26- Otros.

Cualquier forma de accidente no incluida en los apartados anteriores.

Estimación del riesgo: Para cada peligro detectado se estima el riesgo, determinando la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

Severidad del daño: Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse:

Partes del cuerpo que se verán afectadas.

Naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino.

Probabilidad de que ocurra el daño: La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio:

- Probabilidad alta: El daño ocurrirá siempre o casi siempre.
- Probabilidad media: El daño ocurrirá en algunas ocasiones.
- Probabilidad baja: El daño ocurrirá raras veces.

A la hora de establecer la probabilidad de daño, se debe considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas. Los requisitos legales y los códigos de buena práctica para medidas específicas de control, también juegan un papel importante. Además de la información sobre las actividades de trabajo, se debe considerar lo siguiente:

- Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.
- Frecuencia de exposición al peligro.
- Fallos de servicio, electricidad, etc.
- Fallos en los componentes de las instalaciones, así como en los dispositivos de protección.
- Exposición a los elementos.
- Protección suministrada por los EPI's y tiempo de utilización de estos equipos.
- Actos inseguros de las personas, (errores no intencionados y violaciones intencionadas de los procedimientos).

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

La siguiente matriz da un método para estimar los niveles de riesgo de acuerdo a su probabilidad estimada y sus consecuencias esperadas.

Niveles de riesgo		Valoración		
		Leve	Grave	Muy grave
Probabilidad	Baja	Trivial	Tolerable	Moderado
	Media	Tolerable	Moderado	Importante
	Alta	Moderado	Importante	Intolerable

Valoración de riesgos: los niveles de riesgos indicados en el cuadro anterior, forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. En la siguiente tabla se muestra un criterio como punto de partida para la toma de decisiones. La urgencia y los esfuerzos precisos que deben adoptarse deben ser proporcionales al riesgo.

Riesgo	Acción
Trivial	No se necesita mejorar la acción preventiva.
Tolerable	Acciones periódicas de comprobación de eficacia y eficiencia de las medidas de control.
Moderado	Estudio preciso para el control del riesgo.
Importante	No se puede comenzar el trabajo hasta que el riesgo se haya controlado y reducido.
Intolerable	Si no es posible controlar el riesgo se prohíbe el trabajo.

La evaluación de riesgos debe ser, en general, **un proceso continuo**. Por lo tanto la adecuación de las medidas de control debe estar sujeta a una revisión continua y modificarse si es preciso. De igual forma, si cambian las condiciones de trabajo, y con ello varían los peligros y los riesgos, habrá de revisarse la evaluación de riesgos.

Debe tenerse en cuenta que en algunos casos los riesgos tipificados no son atribuibles a una actividad o un equipo técnico en concreto, sino que dependen de otros factores como el entorno, la presencia de otros trabajadores realizando actividades distintas en el mismo periodo de tiempo en zonas de influencia, el orden, la limpieza, etc.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

2.2.4- Movimiento de tierras.

En las fichas adjuntas se incluye la evaluación de riesgos en fase de proyecto.

Movimientos de tierras		
Riesgos que pueden ser evitados		
Medidas Técnicas Generales Referidas a la Seguridad y Salud		
Mantener el orden y limpieza en la zona de trabajo para evitar riesgos de tropezones, caídas, pinchazos, cortes, heridas, etc.		
La maquinaria que lo requiera (según lo indicado en el RD 1435/1992) dispondrá de marcado CE y/o estará adecuada al RD 1215/1997, y tendrá el mantenimiento adecuado indicado por el fabricante y de acuerdo a la normativa de Prevención de Riesgos Laborales		
Quedaran colocadas y funcionales todas y cada una de las protecciones colectivas señaladas (se describen más adelante)		
Cada trabajador irá equipado con los equipos de protección individual que son preceptivos para este trabajo (se describen más adelante)		
Solo se permitirá el uso de herramientas a personal autorizado y adecuadamente formado		
Los operarios nunca efectuarán reparaciones improvisadas ni realizarán trabajos de reparación o mantenimiento, a menos que estén autorizados.		
Dado que no está previsto en proyecto, queda prohibida la excavación de zanjas o arquetas a una profundidad superior a 1,30 mtrs. por lo que no será preciso sistemas de entibación.		
Identificación de Riesgos	Origen / Causa más destacada	Medidas técnicas particulares de seguridad y salud que permiten evitar riesgos
01	Caída de personas a distinto nivel	Desde maquinaria
02	Caída de personas al mismo nivel	Irregularidades del terreno, barro, escombros.
03	Caída de objetos por desplome sobre operarios o por materiales transportados	Precitación de la Carga, mal manejo de las cargas.
06	Pisadas sobre objetos	Desorden y falta de limpieza
08	Golpes por objetos móviles	Confluencia de tareas entre maquinaria y trabajadores
		El conductor utilizará los lugares revistos para subir o bajar de la maquinaria, lo hará siempre de frente a la misma y <u>no debe saltar</u> .
		En caso de presencia de agua en la obra por lluvias, inundaciones, nivel freático, etc, se procederá al achique, en prevención de alteraciones del terreno
		Se comprobará que todas las partes de la máquina están montadas correctamente, ya que si no lo están, pueden caer causando daños. Correcto manejo de cargas.
		Orden y limpieza en la zona de obra
		Avisadores ópticos y acústicos en maquinaria
		Prohibición de permanencia en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina que esté trabajando

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

			(distancia mínima de seguridad hombre-máquina de 5 m) Las maniobras de carga a cuchara de camiones serán dirigidas por personal diferente al conductor
09	Golpes/ Cortes por objetos o herramientas	Manipulación manual de objetos y herramientas	Trabajadores adecuadamente autorizados por formación y/o experiencia en el manejo de los objetos y herramientas precios.
10	Proyección de fragmentos o partículas	Rotura de elementos o proyección fortuita de objetos por las maniobras mecánicas	Se comprobará que no existen partes de la máquina abiertas, ni con bordes afilados, que la protección del disco está en correcta condiciones de uso
11	Atrapamientos por o entre objetos que manipula	Entre objetos en movimiento de una maquina o entre maquinas	Aseguramiento de las protecciones en maquinas y mantenimiento de la distancia de seguridad
12	Atrapamientos por vuelco de maquinaria	Vuelco de maquinas por inestabilidad del terreo o movimiento de las cargas en el izado	No se permite el tráfico de vehículos ni el acopio de material ni tierras extraídas a una distancia menor de dos metros del coronamiento de un talud. Empleo de tableros o planchas en huecos horizontales.
13	Sobreesfuerzos	Manipulación y movimientos manual de cargas	Aplicación de metodologías de manejo manual de cargas
14	Vibraciones	No realizar mantenimiento	Mantenimiento adecuado y empleo de equipos antivibratorios, si esta estipulado
16	Ruido, contaminación acústica	Trabajos en el entorno de la actuación que supere los niveles permitidos	Solo se autoriza el empleo de medios que cumplan las normas de emisión de ruido. En caso de coincidencia de maquinaria y/o actividades que generen ruido se realizará control mediante medición. En caso de que se supere el nivel, el responsable organizará los trabajos deteniendo o dispersando las fuentes que se precisen.
17	Contactos térmicos	Con partes calientes de maquinaria	Vigilancia de protecciones en maquinaria
18	Contactos eléctricos	Partes en tensión de la maquinaria o generadores móviles	Usar tomas de corriente con clavijas: bornes protegidos con carcasa aislante Máquinas portátiles con doble aislamiento y T.T.
21	Incendios y explosiones	Del material inflamable presente en obra	Manipulación y deposito adecuado de combustible.
22	Atropello por vehículos o maquinaria en obra	Circulación simultanea de maquinaria y personal	Separación del tránsito de vehículos y operarios
24	Accidente de Tráfico	In Itinere o en desplazamientos durante la jornada de trabajo	Vehículo revisado, Trabajador con la capacitación adecuada y cumplimiento de las normas de circulación.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

26	Ambiente pulvígeno	Polvo en tareas de mov. de tierras	Separación de zonas de trabajo de tránsito de vehículos y trabajo operarios
----	--------------------	------------------------------------	---

Movimiento de Tierras			
Riesgos que no pueden ser evitados			
Riesgos	Causa	Valoración	Medidas de Control y Reducción
01	<input checked="" type="checkbox"/> Caída de personas a distinto nivel	Desde maquinaria	TOLERABLE
02	<input checked="" type="checkbox"/> Caída de personas al mismo nivel	Irregularidades del terreno, barro, escombros.	TOLERABLE
03	<input checked="" type="checkbox"/> Caída de objetos por desplome	Precitación de la Carga, mal manejo de las cargas, descuidos.	TOLERABLE
04	<input checked="" type="checkbox"/> Caída de objetos por manipulación	Mal manejo de las cargas, descuidos.	TRIVIAL No se requiere acción específica
05	<input checked="" type="checkbox"/> Caída de objetos desprendidos	Deslizamiento de la carga en maniobra, despistes de proximidad.	TOLERABLE
06	<input checked="" type="checkbox"/> Pisadas sobre objetos	Falta de Orden y Limpieza	MODERADA Revisión continua del orden y limpieza de la zona de operación y empleo de calzado de seguridad
07	<input checked="" type="checkbox"/> Golpes contra objetos inmóviles	Descuido	TOLERABLE No permanecer en el radio de acción de maquinas
08	<input checked="" type="checkbox"/> Golpes por objetos móviles	Despiste	TOLERABLE
09	<input checked="" type="checkbox"/> Golpes/ Cortes por objetos o herramientas	Despiste en los elementos a manipular, inadecuado manejo	TOLERABLE
10	<input checked="" type="checkbox"/> Proyección de fragmentos o partículas	Rotura de elementos o proyección fortuita de objetos por las maniobras mecánicas	TOLERABLE Se hará uso de gafas de seguridad.
11	<input checked="" type="checkbox"/> Atrapamientos por o entre objetos que manipula	Entre objetos en movimiento de una maquina o de varias	MODERADA
12	<input checked="" type="checkbox"/> Atrapamientos por vuelco de	Vuelco de maquinas por inestabilidad del terreo o	MODERADA Colocación del trabajador fuera del radio de acción

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

	maquinaria	movimiento de las cargas en el izado		de maquinas y objetos
13	<input checked="" type="checkbox"/> Sobreesfuerzos	Manipulación y movimientos mal realizados	TRIVIAL	No se requiere acción específica
17	<input checked="" type="checkbox"/> Contactos térmicos	Con partes calientes de maquinaria	TOLERABLE	
18	<input checked="" type="checkbox"/> Contactos eléctricos	Partes en tensión de la maquinaria o generadores móviles	TOLERABLE	
21	<input checked="" type="checkbox"/> Incendios	Del material inflamable presente en obra	TOLERABLE	
22	<input checked="" type="checkbox"/> Atropello por vehículos o maquinaria en obra	Circulación simultanea de maquinaria y personal	TOLERABLE	
26	<input checked="" type="checkbox"/> Ambiente pulvígeno	Polvo de maquinaria mov. tierras	TOLERABLE	
Protecciones personales.			Protecciones colectivas.	
Casco de seguridad			Cinta de señalización	
Botas o calzado de seguridad			Malla de polipropileno	
Botas de seguridad impermeables			Conos de goma	
Guantes apropiados (goma, cuero)			Barreras plásticas tipo new jersey	
Gafas protectoras de seguridad.			Señalización vial vertical de obras	
Protectores auditivos			Cinta de señalización	
Cinturón y arnés de seguridad.				
Cinturón antivibratorio				
Mascarilla antipolvo.				
Vestuario de trabajo ajustada y flexible				
Traje de agua (impermeable)				

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

2.2.5- Cimentación y Estructuras

Cimentación Y Estructuras		
Riesgos que pueden ser evitados		
Medidas Técnicas Generales Referidas a la Seguridad y Salud		
Mantener el orden y limpieza en la zona de trabajo para evitar riesgos de tropezones, caídas, pinchazos, cortes, heridas, etc.		
La maquinaria que lo requiera (según lo indicado en el RD 1435/1992) dispondrá de marcado CE y/o estará adecuada al RD 1215/1997, y tendrá el mantenimiento adecuado indicado por el fabricante y de acuerdo a la normativa de Prevención de Riesgos Laborales		
Quedaran colocadas y funcionales todas y cada una de las protecciones colectivas señaladas (se describen más adelante)		
Cada trabajador irá equipado con los equipos de protección individual que le son preceptivos para este trabajo (se describen más adelante)		
Solo se permitirá el uso de herramientas a personal autorizado y adecuadamente formado		
Los operarios nunca efectuaran reparaciones improvisadas ni realizaran trabajos de reparación o mantenimiento, a menos que estén autorizados.		
Dado que no esta previsto en proyecto, queda prohibida la excavación de zanjas o arquetas a una profundidad superior a 1,30 mtrs. por lo que no será preciso sistemas de entibación.		
Identificación de Riesgos	Origen / Causa más destacada	Medidas técnicas particulares de seguridad y salud que permiten evitar riesgos
01	Caída de personas a distinto nivel	Desde escaleras, andamios o plataformas
02	Caída de personas al mismo nivel	Objetos dispersos de cimentación y estructuras
03	Caída de objetos por desplome sobre operarios o por materiales transportados	Precipitación de la Carga, mal manejo de las cargas y objetos
06	Pisadas sobre objetos	Desorden y falta de limpieza
08	Golpes por objetos móviles	Confluencia de tareas entre maquinaria y trabajadores
		Orden y limpieza en la zona de obra
		Avisadores ópticos y acústicos en maquinaria
		Prohibición de permanencia en el entorno del radio de

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

			acción del brazo de una máquina que esté trabajando (distancia mínima de seguridad hombre-máquina de 5 m)
09	Golpes/ Cortes por objetos o herramientas	Manipulación manual de objetos y herramientas	Trabajadores adecuadamente autorizados por formación y/o experiencia en el manejo de los objetos y herramientas precios.
10	Proyección de fragmentos o partículas	Rotura de elementos o proyección fortuita de objetos por las maniobras mecánicas	Se comprobará que no existen partes de la máquina abiertas, ni con bordes afilados, que la protección del disco está en correcta condiciones de uso
11	Atrapamientos por o entre objetos que manipula	Entre objetos en movimiento de una maquina o entre maquinas	Aseguramiento de las protecciones en maquinas y mantenimiento de la distancia de seguridad
12	Atrapamientos por vuelco de maquinaria	Vuelco de maquinas por inestabilidad del terreo o movimiento de las cargas en el izado	No se permite el tráfico de vehículos ni el acopio de material ni tierras extraídas a una distancia menor de dos metros del coronamiento de un talud. Empleo de tableros o planchas en huecos horizontales.
13	Sobreesfuerzos	Manipulación y movimientos manual de cargas	Aplicación de metodologías de manejo manual de cargas
14	Vibraciones	No realizar mantenimiento	Mantenimiento adecuado y empleo de equipos antivibratorios, si esta estipulado
16	Ruido, contaminación acústica	Trabajos en el entorno de la actuación que supere los niveles permitidos	Solo se autoriza el empleo de medios que cumplan las normas de emisión de ruido. En caso de coincidencia de maquinaria y/o actividades que generen ruido se realizará control mediante medición. En caso de que se supere el nivel, el responsable organizará los trabajos deteniendo o dispersando las fuentes que se precisen.
17	Contactos térmicos	Con partes calientes de maquinaria	Vigilancia de protecciones en maquinaria
18	Contactos eléctricos	Partes en tensión de la maquinaria o generadores móviles	Usar tomas de corriente con clavijas: bornes protegidos con carcasa aislante Máquinas portátiles con doble aislamiento y T.T.
21	Incendios y explosiones	Del material inflamable presente en obra	Manipulación y depósito adecuado de combustible.
22	Atropello por vehículos o maquinaria en obra	Circulación simultanea de maquinaria y personal	Separación del tránsito de vehículos y operarios

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Riesgos que no pueden ser evitados				
	Riesgos	Causa	Valoración	Medidas de Control y Reducción
01	Caída de personas a distinto nivel	Desde maquinaria	TOLERABLE	
02	Caída de personas al mismo nivel	Irregularidades del terreno, barro, escombros.	TOLERABLE	
03	Caída de objetos por desplome	Precitación de la Carga, mal manejo de las cargas, descuidos.	TOLERABLE	
04	Caída de objetos por manipulación	Mal manejo de las cargas, descuidos.	TRIVIAL	No se requiere acción específica
05	Caída de objetos desprendidos	Deslizamiento de la carga en maniobra, despistes de proximidad.	TOLERABLE	
06	Pisadas sobre objetos	Falta de Orden y Limpieza	MODERADA	Revisión continua del orden y limpieza de la zona de operación y empleo de calzado de seguridad
07	Golpes contra objetos inmóviles	Descuido	TOLERABLE	No permanecer en el radio de acción de maquinas
08	Golpes por objetos móviles	Despiste	TOLERABLE	
09	Golpes/ Cortes por objetos o herramientas	Despiste en los elementos a manipular, inadecuado manejo	TOLERABLE	
10	Proyección de fragmentos o partículas	Rotura de elementos o proyección fortuita de objetos por las maniobras mecánicas	TOLERABLE	Se hará uso de gafas de seguridad.
11	Atrapamientos por o entre objetos que manipula	Entre objetos en movimiento de una maquina o de varias	MODERADA	

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

12	Atrapamientos por vuelco de maquinaria	Vuelco de maquinas por inestabilidad del terreo o movimiento de las cargas en el izado	MODERAD A	Colocación del trabajador fuera del radio de acción de maquinas y objetos
13	Sobreesfuerzos	Manipulación y movimientos mal realizados	TRIVIAL	No se requiere acción específica
17	Contactos térmicos	Con partes calientes de maquinaria	TOLERABLE	
18	Contactos eléctricos	Partes en tensión de la maquinaria o generadores móviles	TOLERABLE	
21	Incendios	Del material inflamable presente en obra	TOLERABLE	
22	Atropello por vehículos o maquinaria en obra	Circulación simultanea de maquinaria y personal	TOLERABLE	
Protecciones personales.			Protecciones colectivas.	
Casco de seguridad			Plataformas de trabajo libres de obstáculos.	
Botas o calzado de seguridad			Redes elásticas verticales y horizontales.	
Botas de seguridad impermeables			Andamios normalizados.	
Guantes apropiados (goma, cuero)			Plataforma de carga y descarga.	
Gafas protectoras de seguridad.			Cinta de señalización	
Protectores auditivos			Malla de polipropileno	
Cinturón y arnés de seguridad.			Conos de goma	
Cinturón antivibratorio			Barreras plásticas tipo new jersey	
Mascarilla antipolvo.			Señalización vial vertical de obras	
Vestuario de trabajo ajustada y flexible			Escalera de acceso peldañeada y protegida.	
Traje de agua (impermeable)				

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

2.2.6- Instalaciones

INSTALACIONES		
Riesgos que pueden ser evitados		
Medidas Técnicas Generales Referidas a la Seguridad y Salud		
Mantener el orden y limpieza en la zona de trabajo para evitar riesgos de tropezones, caídas, pinchazos, cortes, heridas, etc.		
La maquinaria que lo requiera (según lo indicado en el RD 1435/1992) dispondrá de marcado CE y/o estará adecuada al RD 1215/1997, y tendrá el mantenimiento adecuado indicado por el fabricante y de acuerdo a la normativa de Prevención de Riesgos Laborales		
Quedaran colocadas y funcionales todas y cada una de las protecciones colectivas señaladas (se describen más adelante)		
Cada trabajador irá equipado con los equipos de protección individual que le son preceptivos para este trabajo (se describen más adelante)		
Solo se permitirá el uso de herramientas a personal autorizado y adecuadamente formado		
Los operarios nunca efectuarán reparaciones improvisadas ni realizarán trabajos de reparación o mantenimiento, a menos que estén autorizados.		
Dado que no está previsto en proyecto, queda prohibida la excavación de zanjas o arquetas a una profundidad superior a 1,30 mtrs. por lo que no será preciso sistemas de entibación.		
Identificación de Riesgos	Origen / Causa más destacada	Medidas técnicas particulares de seguridad y salud que permiten evitar riesgos
01 Caída de personas a distinto nivel	Desde escaleras, andamios o plataformas	
02 Caída de personas al mismo nivel	Objetos dispersos de cimentación y estructuras	En caso de presencia de agua en la obra por lluvias, inundaciones, nivel freático, etc, se procederá al achique, en prevención de alteraciones del terreno
03 Caída de objetos por desplome	Precipitación de la Carga, mal manejo de las cargas y objetos	Se comprobará que todas las partes de la máquina están montadas correctamente, ya que si no lo están, pueden caer causando daños
08 Golpes por objetos móviles	Confluencia de tareas entre maquinaria y trabajadores	Avisadores ópticos y acústicos en maquinaria Prohibición de permanencia en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina que esté trabajando (distancia mínima de seguridad hombre-máquina de 5 m)
09 Golpes/ Cortes por objetos o herramientas	Manipulación manual de objetos y herramientas	Trabajadores adecuadamente autorizados por formación y/o experiencia en el manejo de los objetos y herramientas precios.
10 Proyección de fragmentos	Rotura de elementos o	Se comprobará que no existen partes de la máquina

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

	o partículas	proyección fortuita de objetos por las maniobras mecánicas	abiertas, ni con bordes afilados, que la protección del disco está en correctas condiciones de uso
11	Atrapamientos por o entre objetos que manipula	Entre objetos en movimiento de una máquina o entre máquinas	Aseguramiento de las protecciones en máquinas y mantenimiento de la distancia de seguridad
12	Atrapamientos por vuelco de maquinaria	Vuelco de máquinas por inestabilidad del terreno o movimiento de las cargas en el izado	No se permite el tráfico de vehículos ni el acopio de material ni tierras extraídas a una distancia menor de dos metros del coronamiento de un talud. Empleo de tableros o planchas en huecos horizontales.
13	Sobreesfuerzos	Manipulación y movimientos manual de cargas	Aplicación de metodologías de manejo manual de cargas
14	Vibraciones	No realizar mantenimiento	Mantenimiento adecuado y empleo de equipos antivibratorios, si está estipulado
16	Ruido, contaminación acústica	Trabajos en el entorno de la actuación que supere los niveles permitidos	Solo se autoriza el empleo de medios que cumplan las normas de emisión de ruido. En caso de coincidencia de maquinaria y/o actividades que generen ruido se realizará control mediante medición. En caso de que se supere el nivel, el responsable organizará los trabajos deteniendo o dispersando las fuentes que se precisen.
17	Contactos térmicos	Con partes calientes de maquinaria	Vigilancia de protecciones en maquinaria
18	Contactos eléctricos	Partes en tensión de la maquinaria o generadores móviles	Usar tomas de corriente con clavijas: bornes protegidos con carcasa aislante Máquinas portátiles con doble aislamiento y T.T.
21	Incendios	Del material inflamable presente en obra	Manipulación y depósito adecuado de combustible.
22	Atropello por vehículos o maquinaria en obra	Circulación simultánea de maquinaria y personal	Separación del tránsito de vehículos y operarios
23	Causados por seres vivos	Sorpresa causada por seres vivos con o sin resultado de picadura o mordedura	Inspección visual de la zona de trabajo para detectar posibles focos de insectos y madrigueras de animales.
24	Accidente de Tráfico	In itinere o en desplazamientos durante la jornada de trabajo	Vehículo revisado, Trabajador con la capacitación adecuada y cumplimiento de las normas de circulación.

INSTALACIONES

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Riesgos que no pueden ser evitados				
	Riesgos	Causa	Valoración	Medidas de Control y Reducción
01	Caída de personas a distinto nivel	Desde maquinaria	TOLERABLE	
02	Caída de personas al mismo nivel	Irregularidades del terreno, barro, escombros.	TOLERABLE	
03	Caída de objetos por desplome	Precitación de la Carga, mal manejo de las cargas, descuidos.	TOLERABLE	
04	Caída de objetos por manipulación	Mal manejo de las cargas, descuidos.	TRIVIAL	No se requiere acción específica
05	Caída de objetos desprendidos	Deslizamiento de la carga en maniobra, despistes de proximidad.	TOLERABLE	
06	Pisadas sobre objetos	Falta de Orden y Limpieza	MODERADA	Revisión continua del orden y limpieza de la zona de operación y empleo de calzado de seguridad
07	Golpes contra objetos inmóviles	Descuido	TOLERABLE	No permanecer en el radio de acción de maquinas
08	Golpes por objetos móviles	Despiste	TOLERABLE	
09	Golpes/ Cortes por objetos o herramientas	Despiste en los elementos a manipular, inadecuado manejo	TOLERABLE	
10	Proyección de fragmentos o partículas	Rotura de elementos o proyección fortuita de objetos por las maniobras mecánicas	TOLERABLE	Se hará uso de gafas de seguridad.
11	Atrapamientos por o entre objetos que manipula	Entre objetos en movimiento de una maquina o de varias	MODERADA	
12	Atrapamientos por vuelco de maquinaria	Vuelco de maquinas por inestabilidad del terreo o movimiento de las cargas en el izado	MODERADA	Colocación del trabajador fuera del radio de acción de maquinas y objetos

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

13	Sobreesfuerzos	Manipulación y movimientos mal realizados	TRIVIAL	No se requiere acción específica
17	Contactos térmicos	Con partes calientes de maquinaria	TOLERABLE	
18	Contactos eléctricos	Partes en tensión de la maquinaria o generadores móviles	TOLERABLE	
21	Incendios	Del material inflamable presente en obra	TOLERABLE	
22	Atropello por vehículos o maquinaria en obra	Circulación simultanea de maquinaria y personal	TOLERABLE	
24	Accidente de Tráfico	Imprudencia propia o ajena en las medidas de Seguridad Vial	TOLERABLE	
Protecciones personales.			Protecciones colectivas.	
Casco de seguridad			Extintores Clase A,B,C	
Botas o calzado de seguridad				
Botas de seguridad impermeables				
Guantes apropiados (goma, cuero)				
Gafas protectoras de seguridad.				
Protectores auditivos				
Cinturón y arnés de seguridad.				
Cinturón antivibratorio				
Mascarilla antipolvo.				
Vestuario de trabajo ajustada y flexible				
Traje de agua (impermeable)				

2.2.7- Otras medidas de prevención necesarias para evitar riesgos

- Serán de aplicación las medidas preventivas recogidas en el presente anexo sobre instalaciones eléctricas así como las de los medios auxiliares, maquinaria o herramientas que se emplean para realizar la instalación.
- Antes de realizar cualquier operación de instalación deberá cerciorarse de que dispone de todos los equipos de seguridad necesarios y que están en buen estado. Además se debe asegurar que el personal está capacitado para realizar trabajos bajo tensión y en alturas y que conoce las medidas preventivas.
- Todos los elementos de seguridad personal deben estar homologados, en buen uso y bien conservados.
- Van ha existir dos fuentes de electricidad, la de la red principal y también el suministro procedente del sistema fotovoltaico, debe tener en cuenta que el sistema funciona con las tensiones siguientes:
 1. Hasta 43,90 U_{OC} en los terminales de un módulo fotovoltaico 702,40 U_{OC} a través de las cadenas de 16 módulos fotovoltaicos en serie respectivamente.
 2. 400 V trifásicos, 50 Hz de CA (red principal)
- En los terminales de los módulos fotovoltaicos hay una tensión presente durante todo el tiempo que están expuestos a la luz solar.
- No trabaje con fuertes vientos, los laminados son materiales voluminosos y poco pesados, puede resultar peligroso.
- No trabaje con lluvia o con tormentas cercanas, ya que pueden inducir corrientes que pueden ser peligrosas.
- La zona de trabajo debe estar advertida mediante cintas de señalización que eviten el paso por debajo, evitando de esta manera golpes con objetos desprendidos.
- Las subidas de material y herramientas se realizará con cuerdas homologadas, nunca se realizará el lanzamiento de los equipos desde el suelo hasta el personal que estuviera en el andamio.
- No suba los materiales al mismo tiempo que sube por las escaleras o andamios.
- Sobre los andamios no se dejarán herramientas u otros objetos que puedan caer al suelo.
- Los módulos deberán manipularse con cuidado ya que uno de sus componentes es un cristal. Para evitar cortes en las manos la manipulación de los laminados se realizará con guantes.

2.2.8- Protecciones Generales

Ropa de trabajo:

Ropa de trabajo, adecuada a la tarea a realizar por los trabajadores del contratista.

Equipos de protección:

Se relacionan a continuación los equipos de protección individual y colectiva de uso más frecuente. El Contratista deberá seleccionar aquellos que sean necesarios según el tipo de trabajo.

- Equipos de protección individual (EPI), de acuerdo con las normas UNE-EN.
- Calzado de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Guantes aislantes de la electricidad BT y AT.
- Guantes de protección mecánica.
- Pantalla contra proyecciones.
- Gafas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Discriminador de baja tensión.
- Protecciones colectivas.
- Señalización: cintas, banderolas, etc.
- Cualquier tipo de protección colectiva que se pueda requerir en el trabajo a realizar.

Equipos de primeros auxilios:

Botiquín con los medios necesarios para realizar curas de urgencia en caso de accidente. Ubicado en el vestíbulo u oficina, a cargo de una persona capacitada designada por el Contratista.

Equipos de protección contra incendios:

Extintores de polvo seco clase A, B, C.

2.2.9- Características de la obra

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

2.2.9.1- Descripción de la obra y situación.

La situación de la obra a realizar y el tipo de la misma se indican en la memoria del proyecto.

Se deberán tener en cuenta las dificultades que pudieran existir en los accesos, estableciendo los medios de transporte y traslado más adecuados a la orografía del terreno.

2.2.9.2- Suministro de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la empresa instaladora, proporcionando los puntos de enganche necesarios.

2.2.9.3- Suministro de agua potable.

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales del suministro de la región, zona, etc., en el caso de que esto no sea posible dispondrán de los medios necesarios (cisternas, etc.) que garantice su existencia regular desde el comienzo de la obra.

2.2.9.4- Servicios higiénicos.

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agrede al medio ambiente.

2.2.10-Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores

Entre otras se deberá disponer de:

- Instrucciones de operación normal y de emergencia.
- Señalización clara de mandos de operación y emergencia.
- Dispositivos de protección personal y colectiva para trabajos posteriores de mantenimiento.
- Equipos de rescate y auxilio para casos necesarios.

2.2.11-Medidas preventivas concretas en instalaciones fotovoltaicas

2.2.11.1-Introducción.

En este apartado se especifican actuaciones que deben ser conocidas en el diseño, montaje y mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas, con objeto de prevenir riesgos.

2.2.11.1.1- Medidas de conocimiento general en el diseño de las instalaciones.

- La estructura y marco de los paneles se conectará a tierra de acuerdo al R.E.B.T.
- Las características de los aislamientos de los conductores estarán en función de su instalación.
- Las secciones de los conductores deben estar calculadas de acuerdo al R.E.B.T
- Todos los conductores deberán estar protegidos contra intensidades mayores que las pueda soportar mediante fusibles, magnetotérmicos, etc. Excepto los que salen del campo solar que deberán soportar, como mínimo el 125% de la intensidad de cortocircuito del campo solar sin necesidad de control alguno. El cálculo de las secciones se realizará según el R.E.B.T.
- El campo solar llevará diodos de bloqueo en cada agrupación serie de paneles.
- Se evitará que pudieran ponerse en contacto los conductores de C.C. con los de C.A., por ejemplo, mediante separación de circuitos.
- Los inversores C.C/C.A., cuya tensión nominal de entrada sea superior a 60V, y siempre que se conecte a tierra la parte de corriente alterna, serán de separación galvánica.

2.2.11.1.2- Medidas de conocimiento general durante el montaje.

Durante el montaje de la instalación fotovoltaica se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de obras. Condiciones Generales”.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

➤ Los instaladores tendrán la titulación requerida para la realización de instalaciones solares fotovoltaicas.

➤ Seguridad en el trabajo:

El contratista está obligado a cumplir la siguiente reglamentación:

➤ Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).

➤ Ordenanza de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobada por Orden del 9.03.71 del Ministerio de Trabajo.

➤ Cuantos preceptos sobre Seguridad y Salud en el trabajo contengan las Ordenanzas Laborales, Reglamentos de Trabajo, Convenios Colectivos y Reglamentos de Régimen Interior en vigor.

➤ Especificaciones técnicas específicas para instalaciones solares fotovoltaicas en comunidades autónomas.

➤ Especificaciones técnicas de la empresa distribuidora que vamos a hacer la conexión a red.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en las debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión, o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas.

El personal de la contrata viene obligado a usar todas las disposiciones y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidas para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas etc. Pudiendo el director de la obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

➤ Seguridad Pública.

El contratista deberá tomar todas las precauciones en las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales o cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que tales accidentes ocasionen.

El contratista mantendrá póliza de seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades de daños, civil, etc. en que uno y otro

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

podrían incurrir para con el contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

Documento N°1:
Memoria

Anexo II: Obra Civil

Documento N°1: Memoria

Anexo II: Obra Civil

INDICE

1-Ojeto del Anexo.....	149
2-Fijación de la estructura al terreno.....	149
3-Apertura de zanjas, canalizaciones, cuadro de protección y caseta de los inversores.....	149
3.1-Canalización entubada entre cuadros de continua y inversores.....	150
3.2-Canalización entubada entre inversores-equipo de medida-centro de transformación...	150
3.3-Caseta de los inversores.....	150
3.4-Cuadro de medida y protección.....	150

Documento N°1: Memoria

Anexo II: Obra Civil

1-Objeto del Anexo.

El objeto del presente anexo es el de exponer ante los Organismos Competentes la descripción de la obra civil llevada a cabo en la instalación fotovoltaica conectada a red de 500 kWn objeto de proyecto.

Para su mejor descripción y entendimiento, la obra civil se va a desglosar en dos fases:

- Fijación de la estructura al terreno (mástil del seguidor solar).
- Apertura de zanjas, canalizaciones, cuadros de protección y caseta de inversores.

2- Fijación de la estructura al terreno.

La fijación de la estructura del seguidor solar al suelo, se realizará mediante un mástil empotrado en una zapata de hormigón, cuyas características y detalles se describen en el plano de cimentación n°4 del documento de planos.

3-Apertura de zanjas, canalizaciones, cuadro de protección y caseta de los inversores.

Las canalizaciones, se ejecutarán en terrenos de dominio privado, propiedad del beneficiario de la instalación. El trazado de las canalizaciones, desde la ubicación del generador fotovoltaico al punto donde se ubicará la conversión DC/AC será lo más rectilíneo posible.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán sobre el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud, además, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

3.1- Canalización entubada entre cuadros de continua y inversores.

La zanja, tendrá una anchura mínima de 0,35 m y una profundidad de 0,8 m para la colocación de un tubo corrugado de doble pared (liso por dentro) de diámetro según esquema unifilar y cumplirán con la Norma-UNE EN 50086.2.4-L . En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,10 m aproximadamente de espesor de arena, sobre la que se depositará el tubo corrugado. A continuación se colocará otra capa arena con un espesor de 0,10 m por encima del tubo y envolviéndolo completamente, donde se colorará la cinta de peligro.

Por último, se hace el relleno de la zanja utilizando tierra procedente de la excavación y tierra de préstamo, todo-uno, zahorra o arena.

3.2- Canalización entubada entre Inversores-Equipo de Medida-Centro de transformación.

La zanja, tendrá una anchura mínima de 0,35 m y una profundidad de 0,8 m para la colocación de un tubo corrugado de doble pared (liso por dentro) de 125 mm de diámetro según Norma-UNE EN 50086.2.4-L . En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,10 m aproximadamente de espesor de arena, sobre la que se depositará el tubo corrugado de 110 mm. A continuación se colocará otra capa arena con un espesor de 0,10 m por encima del tubo y envolviéndolo completamente, donde se colorará la cinta de peligro.

Por último, se hace el relleno de la zanja utilizando tierra procedente de la excavación y tierra de préstamo, todo-uno, zahorra o arena.

3.3- Caseta de los inversores.

Se trata de una caseta, en tipología “a un agua”. Las dimensiones de la construcción son de 8,32 metros de longitud, 6,8 metros de ancho y una altura máxima de 3,50 metros.

La caseta dispondrá de un acceso, a través de una puerta abatible con dos ejes de giro vertical de 2,00 x 2,50m. colocada en la fachada principal.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

El cerramiento del edificio de los inversores, estará compuesto por bloques de hormigón de 20 cm de espesor, recibidos con mortero de cemento quedando enlucidos con mortero de cemento tanto exterior como interiormente.

La cubierta se resuelve a base de panel sándwich.

Tanto en la puerta como en las fachadas laterales y posterior se colocaran rejillas para la correcta ventilación de la caseta de inversores.

3.4-Cuadro de medida y protección.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán al tipo descrito en la memoria del presente proyecto. Las fundaciones de la CPM serán de prefabricado de hormigón y sus dimensiones serán las indicadas en el plano de detalle correspondiente.

Documento N°1: Memoria

Anexo III: Memoria Ambiental

Documento N°1: Memoria

Anexo III: Memoria Ambiental

INDICE

1-Antecedentes.....	155
2-Descripción general de la actividad.....	155
2.1-Identificación de la actuación.....	155
2.2-Objeto y características generales de la actuación.....	155
2.2.1-Descripción general de la actividad.....	155
3-Localización de la actuación	156
4-Contaminación atmosférica.....	156
4.1-Número de focos emisores de humo, vapores o polvo.....	157
4.2-Contaminantes emitidos.....	157
4.3-Combustibles utilizados.....	157
5-Efecto de instalación fotovoltaica sobre los principales factores ambientales.....	157
5.1-Clima.....	157
5.2-Geología.....	157
5.3-Suelo.....	158
5.4-Aguas superficiales y subterráneas.....	158
5.5-Flora y fauna.....	158
5.6-Paisaje.....	158
5.7-Ruidos.....	158
5.8-Medio social.....	159
6-Vertidos líquidos.....	159
7-Vertidos sólidos.....	159
7.1-Procesos que los generan.....	159
7.2-Tipo de residuos.....	159
7.3-Producción anual.....	159

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

7.4-Destino de los residuos sólidos.....	160
7.5-Localización del destino.....	160
7.6-Medidas correctoras.....	160
8-Olores.....	160
8.1-Características de los olores.....	160
8.2-Procesos que los generan.....	161
8.3-Perceptibilidad prevista a 8 metros del límite del local.....	161
8.4-Medidas correctoras.....	161
9-Ruidos.....	161
9.1-Incidencia en la población de los niveles de ruido generados en la fase de construcción.....	161
9.2-Medidas correctoras que se aplicarán durante toda la fase de construcción para minimizar la afección por ruidos.....	162
10-Justificación de cumplimiento de las normativas ambientales vigentes que le son de aplicación.....	162

Documento N°1: Memoria

Anexo N°III: Memoria Ambiental

La presente se redacta en cumplimiento con la Ley 13/2007, de 27 de diciembre, de modificación del a Ley 1/1995, de 8 de marzo, de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia, y de la Ley 10/2006, de 21 de diciembre, de Energías Renovables y Ahorro y Eficiencia Energética de la Región de Murcia, para la Adopción de Medidas Urgentes en Materia de Medio Ambiente, al objeto de enumerar y describir la repercusión que la actividad proyectada pueda tener sobre la sanidad ambiental.

1-Antecedentes

La presente memoria ambiental se redacta para complementar el proyecto fin de carrera al que pertenece.

2-Descripción general de la actividad

2.1- Identificación de la actuación.

Se trata de la ampliación de una planta fotovoltaica conectada a red de 300,00 kWn, incluida en el registro de instalaciones de producción en régimen especial, que utiliza como energía primaria únicamente la energía solar.

2.2- Objeto y características de la actuación

La planta fotovoltaica, convertirá directamente parte de la energía de la luz solar en electricidad, de manera no contaminante y silenciosa. Esta conversión, se consigue por medio de los módulos fotovoltaicos, formados por células que se fabrican con silicio.

La maquinaria y útiles que se instalarán junto con los módulos fotovoltaicos, se describen convenientemente en el documento nº 1 de este proyecto “Memoria”.

Cualquier operación de mantenimiento de las instalaciones se realizará siempre por empresas especializadas y autorizadas cumpliendo en todo momento las prescripciones legales referentes a la protección medioambiental.

2.2.1- Descripción general de la actividad

La actividad objeto del presente proyecto es la PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, donde se utilizará como energía primaria únicamente la energía solar fotovoltaica, contemplada en el artículo 27.1 de la ley 54/1997, de 27 de noviembre.

Además de la producción de energía eléctrica, en la propia planta se producirá una conversión de la energía generada en corriente continua a corriente alterna 230/400 V mediante varios inversores de forma silenciosa y no contaminante. Esta corriente, a su vez, es convertida a 20 kV mediante un transformador, para así poder inyectarla directamente a la red de la Compañía Distribuidora Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.

3-Localización de la actuación

Las instalaciones objeto de la presente memoria descriptiva, quedarán emplazadas en el Término Municipal de Lorca, concretamente en Paraje Agua Amarga, La Tova, Pol. 251, Parc. 20 Lorca (MURCIA), tal y como se puede apreciar en los Planos de Situación y Emplazamiento.

4-Contaminación atmosférica

Los niveles de emisión de los diferentes contaminantes emitidos por la ejecución de la instalación deberán estar dentro de los límites fijados por la Ordenanza Municipal de Protección de la Atmósfera y las medidas correctoras a aplicar son las siguientes:

- A fin de minimizar los niveles de emisión de gases contaminantes, antes del inicio de las obras deberá someterse a revisión toda la maquinaria para comprobar su correcto funcionamiento.
- Se tomarán las precauciones necesarias para reducir las emisiones de polvo al mínimo posible, evitando su dispersión. En el almacenamiento al aire libre de materiales a granel se tomarán las medidas adecuadas para evitar que la acción del viento pueda levantar el polvo. A tal fin, se aplicarán las medidas correctoras oportunas como mantener el material constantemente humedecido, cubierto con fundas de lona, plástico o de cualquier otro tipo, o se protegerá mediante la colocación de pantallas cortavientos.
- Los propietarios y conductores de vehículos que transporten tierras, materiales pulverulentos u otros que puedan ensuciar la vía pública, están obligados a tomar las medidas oportunas a fin de evitar que se produzcan derrames o voladuras de los mismos.

- En todas aquellas actividades que originen producción de polvo, se tomarán las precauciones necesarias para reducir la contaminación al mínimo posible, evitando la dispersión.

La actividad objeto de estudio, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, **evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc..)** y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc..)

4.1- Número de focos emisores de humo, vapores o polvo

NO EXISTEN.

4.2- Contaminantes emitidos.

NO EXISTEN.

4.3- Combustibles utilizados

El único combustible utilizado es la energía de la luz solar.

5-Efecto de la instalación fotovoltaica sobre los principales factores ambientales

5.1- Clima

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorecen el efecto invernadero.

5.2- Geología

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

5.3- Suelo

Al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, la incidencia sobre las características físico – químicas del suelo o su erosionabilidad es nula.

5.4- Aguas superficiales y subterráneas

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por el consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

5.5- Flora y fauna

La repercusión sobre la vegetación es nula, y al no necesitar de tendidos eléctricos, ya que se consume muy cerca de donde se genera, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

5.6- Paisaje

Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual y ofreciendo una atractiva estética.

5.7- Ruidos

El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a otros sistemas de generación.

5.8- Medio social

El suelo necesario para instalar la planta fotovoltaica es de dimensión media, (como se puede apreciar en el documento de planos) no representando una cantidad significativa como para producir un grave impacto.

6-Vertidos Líquidos

No existe ningún tipo de vertido líquido.

7-Vertidos sólidos

7.1- Procesos que los generan

Dada la actividad que se desarrolla, los principales residuos sólidos que se generan (durante el montaje y mantenimiento únicamente) son cartón, papel, plásticos y restos de metales procedentes de embalajes de material, montaje y mantenimientos de la instalación eléctrica.

7.2- Tipos de residuos

Papel, cartón, plásticos y restos de metales derivados de la instalación eléctrica.

Este tipo de residuos no están contemplados como peligrosos por la ley básica de residuos tóxicos y peligrosos.

- Papel y cartón **Código LER 200101 (No tóxicos ni peligrosos).**
- Plásticos **Código LER 200139 (No tóxicos ni peligrosos).**
- Restos de metales derivados de la instalación eléctrica **Código LER 200140 (No tóxicos ni peligrosos).**

7.3- Producción anual

Dado que los residuos mencionados anteriormente únicamente se van a generar durante el montaje de la planta fotovoltaica y posibles reparaciones en mantenimiento y sustituciones de materiales, se estima una producción durante el montaje de 1.778,28 Kg, y anualmente de unos 189,63 Kg.

7.4- Destino de los residuos sólidos

Dada la baja producción de residuos de papel, cartón y plástico, durante el montaje y anualmente, los mismos se depositarán en los contenedores municipales.

Los restos de cobre que se puedan desprender del cableado de la instalación eléctrica, serán retirados de la planta fotovoltaica por la empresa instaladora autorizada encargada del montaje.

7.5- Localización del destino

En el caso de los residuos de papel, cartón y plásticos irán al vertedero municipal. El resto de residuos irán al almacén de la empresa instaladora de donde serán retirados por gestores autorizados de este tipo de residuos para su reciclado.

7.6- Medidas correctoras

Se realizará una separación selectiva de los residuos sólidos para favorecer así la recuperación, reciclaje y reutilización y conseguir por tanto un mayor aprovechamiento de los residuos sólidos.

Se garantizará en cualquier caso el cumplimiento de lo establecido en la ley 11/1997 de 24 de abril sobre envases y residuos de envases, para lo cual si por algún motivo el servicio de recogida municipal no asegurara la recogida selectiva el titular buscará un Gestor de Residuos autorizado para que se hiciera cargo de éstos.

8-Olores

8.1- Características de los olores

No existen.

8.2- Procesos que los generan

No existen.

8.3- Perceptibilidad prevista a 8 metros del límite local

Ninguna.

8.4- Medidas correctoras

No son necesarias medidas correctoras.

9-Ruidos

9.1- Incidencia en la población de los niveles de ruido generados en la fase de construcción

Debido a la zona donde se desarrollarán las instalaciones (zona rural), estas se encuentran alejadas de cualquier receptor de tipo sanitario, docente, cultural y en general de viviendas unifamiliares, no obstante, durante el montaje de las instalaciones, que se realizará únicamente en periodo diurno (07,00h a 22,00 h), se asegurará que a una distancia de 5 metros de la instalación no se superen los 75 dB(A), a cuyo fin se adoptarán las medidas correctoras que procedan.

- Relación de focos de emisión de ruido (maquinaria y operaciones)

Taladro	Apriete de tornillos
Herramientas de mano	Montaje de estructura e instalación eléctrica
vehículos	Transporte de material a la obra

9.2- Medidas correctoras que se aplicarán durante toda la fase de construcción para minimizar la afección por ruidos:

- Antes del inicio de las obras toda la maquinaria se someterá a revisión con el fin de asegurar su buen funcionamiento y minimizar los niveles de ruido emitidos.
- El personal de la obra deberá evitar los ruidos innecesarios.

10-Justificación de cumplimiento de las normativas ambientales vigentes que le son de aplicación

La actividad proyectada cumple con la Ley 13/2007, de 27 de diciembre, de modificación del a Ley 1/1995, de 8 de marzo, de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia y el Decreto número 48/1998, de 30 de julio, de protección del medio ambiente frente al ruido de la Región de Murcia.

Documento N°1:

Memoria

Capítulo 2: Memoria descriptiva de la sustitución del Centro de Transformación de 200 kVA por otro Centro de Transformación prefabricado de entrega, reparto y medida con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

Documento N°1: Memoria

INDICE

1-Antecedentes.....	166
2-Objeto del Proyecto.....	166
3-Reglamentación y disposiciones oficiales.....	166
4-Situación y emplazamiento.....	168
5-Titular inicial y final de las instalaciones.....	168
6-Características generales del centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.....	169
7-Programa de necesidades y potencia instalada en kVA.....	169
8-Descripción de las instalaciones.....	170
8.1-Centro de transformación monobloque prefabricado.....	170
8.1.1-Características y descripción.....	170
8.1.1.1-Materiales.....	170
8.1.1.2-Construcción.....	171
8.1.1.3-Pantalla de Faraday.....	172
8.1.1.4-Fabricación.....	172
8.1.1.5-Características generales del centro prefabricado de entrega, reparto y medida.....	174
8.1.2-Instalación eléctrica.....	174
8.1.2.1-Características de la red de alimentación.....	174
8.1.2.2-Características de la aparamenta de alta tensión.....	174
8.1.2.2.1-Celda modular de línea CML2 corte y aislamiento en SF6.....	175

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

8.1.2.2.2-Celda modular de protección con fusibles CMPF2 corte y aislamiento en SF6. 24 kV/ 400 A.....	177
8.1.2.2.3-Celda modular de seccionamiento pasante CMSP-2 24 kV/ 400 A.....	179
8.1.2.2.4-Celda modular de medida CMM 24 kV/ 400 A.....	181
8.1.2.2.5-Celda del transformador.....	182
8.1.2.3-Características del material vario de alta tensión.....	185
8.1.2.3.1-Embarrado general.....	185
8.1.2.3.2-Piezas de conexión.....	185
8.1.2.3.3-Aisladores de apoyo.....	185
8.1.2.3.4-Aisladores de paso.....	185
8.1.2-Medida de la energía eléctrica.....	185
8.1.3-Puesta a tierra.....	186
8.1.3.1-Tierra de protección.....	186
8.1.3.2-Tierra de servicio.....	186
8.1.4-Cuadro general de baja tensión, justificación y diseño.....	186
8.1.5-Instalaciones secundarias.....	186
8.1.5.1-Alumbrado.....	186
8.1.5.2-Baterías de condensadores.....	187
8.1.5.3-Protección contra incendios.....	187
8.1.5.4-Ventilación.....	187
8.1.5.5-Medidas de seguridad.....	187

Documento N°1: Memoria

1-Antecedentes

A petición de la Universidad Politécnica de Cartagena, el alumno Francisco Merlos Meca procede a la realización del proyecto fin de carrera “Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 Kw”, “Capítulo 2: Memoria descriptiva de la sustitución del centro de transformación de 200 kW por otro centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.”

2-Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es establecer y justificar todos los datos constructivos que permitan la ejecución de las instalaciones del Centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

La finalidad de las instalaciones del presente proyecto, es la transformación y evacuación de la energía generada en baja tensión por las distintas plantas fotovoltaicas que componen el Huerto Solar (objeto de otros proyectos) a las redes de media tensión que la compañía eléctrica Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U. tiene en la zona, además de dotar de suministro eléctrico a los servicios auxiliares del huerto solar.

3-Reglamentación y disposiciones oficiales

El presente proyecto, recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las instrucciones técnicas complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 marzo de 2.000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- R.D. 1.955/2.000 de 1 diciembre por el que se regulan las actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- R.D. 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e I.T.C. (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico (BOE núm. 285, de 28 de noviembre de 1997).
- Normas particulares y de normalización de la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica, IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER.
- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, UNESA.
- Norma básica de la Edificación.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1.997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1.627/1.997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1.215/1.997 de 18 julio de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2.177/2.004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1.215/1.997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Real Decreto 614/2.001 de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajos frente al riesgo eléctrico.
- Decreto 20/2003, de 21 de marzo, sobre criterios de actuación en materia de seguridad industrial y procedimientos para la puesta en servicio de instalaciones en el ámbito territorial de la Región de Murcia (BORM núm. 75, de 1 de abril de 2003, con corrección de errores en BORM núm. 79, de 5 de abril de 2003).
- Orden de 9 de septiembre de 2.002, de la Conserjería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas. (BORM núm. 218 de 19/09/2.002).
- Resolución de 4 de noviembre de 2.002 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas por la que se desarrolla la Orden de 9 septiembre de 2.002 de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por lo que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas.
- Orden de 25 de abril de 2.001, de la Consejería de Tecnología, Industria y Comercio, por la que se establecen procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica de Alta Tensión. (BORM núm. 102 de 04/05/2.001).
- Orden de 8 marzo de 1.996, de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo sobre mantenimiento de instalaciones eléctricas de Alta Tensión (BORM núm. 65, 18/03/96) modificada por Orden de 19 de junio de 1.996 (BORM núm. 153, 03/07/96).
- Resolución de 5 de julio de 2.001, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrolla la Orden de 25 de abril de 2.001 (BORM núm. 173, de 27/07/2.001)

Así como cuantas otras se reflejen en los Anexo y Pliego de Condiciones.

4-Situación y Emplazamiento

Las instalaciones objeto de este proyecto, se ubicarán en Paraje Agua Amarga, La Tova, Polígono 251, Parcela 20, del Término Municipal de Lorca.

El acceso a dichas instalaciones se realiza desde una carretera vecinal. El emplazamiento exacto del centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA, se pueden apreciar en el Documento N° 2.

5-Titular inicial y final de las instalaciones

La instalación fotovoltaica es propiedad de Huerto Solar Aguamarga S.L. siendo la dirección para notificaciones:

Nombre: Huerto Solar Aguamarga S.L.

C.I.F.:B-73550923

Dirección: Alameda de Cervantes, nº10, 3ºA, 30800, Lorca (Murcia).

6-Características generales del centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

El centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA, será un edificio prefabricado de hormigón tipo “monobloque”, modelo EPH-2T-7300 (o similar), totalmente equipado para alojar en su interior, una celda modular de línea CML2 para entrada/salida de líneas. Una celda modular de medida CMM con tres transformadores de intensidad y tres de tensión. Dos celdas modulares de protección con fusibles CMPF2 para la protección del transformador de 630 kVA y de 50 kVA. Dos celdas modulares de seccionamiento pasante CMSP-2 24kV / 400 A. Por otro lado, este edificio va preparado para alojar en su interior dos transformadores, uno de 630 kVA destinado para la evacuación de la energía generada en baja tensión por las distintas plantas fotovoltaicas que componen el Huerto Solar y otro de 50 kVA, que dotará de suministro eléctrico a los servicios generales del huerto solar (alarma, iluminación, seguidores, etc...).

7-Programa de necesidades y potencia instalada en kVA

La potencia nominal total de la ampliación del huerto solar es de 300 kW, pero este centro de transformación también evacuará los 200 kW ya instalados con la intención de unificar las dos instalaciones dentro del mismo centro de transformación. Para la correspondiente transformación y evacuación de esta energía del huerto solar, se instalará un transformador de 630 kVA y para dotar de suministro eléctrico a los servicios generales del huerto solar, se instalará un transformador de 50 kVA.

La energía a transportar por la línea destinada a servir de punto de evacuación común del Huerto Solar, tiene las siguientes características:

- Corriente.....Alterna trifásica.
- Frecuencia.....50 Hz.
- Tensión compuesta.....20 kV.

La potencia de cortocircuito de diseño, será de 350 MVA, lo que equivale a 10kA eficaces, según los datos proporcionados por la Compañía Suministradora.

8-Descripción de las instalaciones

8.1- Centro de transformación monobloque prefabricado

8.1.1- Características y descripción.

El edificio prefabricado es de hormigón armado y vibrado, en fabricación MONOBLOQUE, es decir está formado por dos piezas, una, la base, que constituye el suelo y las cuatro paredes y otra que es la cubierta o techo.

Al ser construcción monobloque no presenta ninguna junta de unión y permite realizar las armaduras con una sola pieza, tanto para la cubierta como para la base y por lo tanto asegurar la continuidad eléctrica.

Las ventajas de la construcción monobloque son:

- Una mayor rigidez
- Como no existen juntas, no se producen fisuras en las mismas, durante el manejo ni durante el transporte.
- El edificio cumple con la construcción EHE, Instrucción de hormigón estructural (Real Decreto 2661/1998).

8.1.1.1- Materiales

El edificio se construye de hormigón armado vibrado, de las siguientes características:

Hormigón:

- Resistencia características: $f_{ck}=300 \text{ daN/cm}^2$ ($f_{ck}=500 \text{ daN/cm}^2$ para el suelo).
- Consistencia seca sin aditivos, pudiéndose pasar a blanda con la utilización de fluidificantes.
- Tamaño máximo del árido 18 mm.

Cemento:

El cemento empleado es de tipo PORTLAND, del denominado en la Norma UNE 80-301-96: Cementos, cementos comunes, composición especificaciones y criterios de conformidad, como CEM I 52,5 R, de Alta Resistencia inicial, con una resistencia mínima a los dos días de 30 N/mm^2 a los 28 días de $52,5 \text{ N/mm}^2$.

Áridos:

- La naturaleza de los áridos y su preparación son tales que permiten garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

- Como áridos para la fabricación del hormigón, empleamos arenas y gravas lavadas, de machaqueo y de tipo silicio.
- Al menos el 90% del árido es de tamaño inferior a 18 mm.

Agua:

El agua utilizada cumple con las Instrucciones EHE y para su comprobación se realiza un ensayo anual de la misma.

Armaduras:

Los aceros que se emplean para la construcción de las armaduras son:

- Tipo B 500 T según UNE 36099 de 1996, alambres corrugados de acero para armaduras de hormigón armado, que van unidos mediante soldadura.
- Mallas electrosoldadas de acero para armaduras de hormigón armado según UNE 36092 de 1996.

Las características mecánicas objeto de garantía, son las siguientes:

- Resistencia a tracción R_m 550 N/mm².
- Límite elástico R_e 440 N/mm².
- Alargamiento de rotura A_5 (mín) 12%

Puertas:

Están construidas con chapa galvanizada y se protegen con el mismo tipo de pintura epoxy polimerizada al horno utilizada en el recubrimiento de nuestras celdas, que cumplen con las normas UNE-EN ISO 1520: Pinturas y barnices – Ensayo de Embutición de Abril de 2002.

8.1.1.2- Construcción

El edificio prefabricado que actúa como envolvente de los centros de Transformación es del tipo monobloque, por lo que esencialmente consta de dos partes:

- **Base**, sobre la que van situadas las puertas, las rejillas de ventilación, los soportes para los diferentes equipos, el foso de recogida de aceites, los huecos para entrada/salida de cables, etc...
- **Techo o cubierta**, que se coloca directamente sobre la base y por su diseño, se acopla adecuadamente sobre ella formando un conjunto estanco al agua, en el que se evita cualquier riesgo de filtraciones.

El edificio Prefabricado está construido en hormigón armado y cumplen con las especificaciones EHE actualmente en vigor, en especial:

- Los cementos se corresponden con el tipo CEMI 52.5R, descrito en UNE 80.301-95, Cementos, cementos comunes, composición especificaciones y criterios de conformidad.
- Los áridos finos están formados por arena de río inerte bien lavada, los áridos medios y gruesos tienen un tamaño igual o inferior a 18 mm en el 90% de ellos.
- Las armaduras pueden estar formadas por varillas de acero soldable según UNE 36.092 o por mallas corrugadas electrosoldados de acero B.500T de acuerdo con UNE 360099.

Las armaduras de hormigón, soldadas entre sí, van unidas al conductor de tierra para asegurar la continuidad eléctrica. Entre las armaduras de la base y del techo, se realizan dos conexiones, en lados opuestos, utilizando conductor de cobre de 35 mm² de sección. Las puertas y las rejillas de ventilación, que van aislados con relación a la envolvente, tienen una resistencia eléctrica mínima de 10 k Ω con relación a tierra de dicha envolvente (RU 1303).

El edificio prefabricado dispone, como mínimo, de una puerta de acceso a la zona de aparamenta y otra para cada uno de los transformadores. Las puertas van situadas en la fachada frontal del centro y abaten sobre el parámetro exterior.

Las rejillas de ventilación son metálicas, y van instaladas solamente en el área destinada al transformador y debajo de las mismas va situada una tela mosquitera cuya luz es menor de 6 mm.

El grado de protección de la parte exterior es de IP239 según UNE 20324/1M grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP), salvo en las rejillas de ventilación que es IP339.

8.1.1.3- Pantalla de Faraday

La armadura del edificio, al ser éste monobloque, está totalmente conexionada de manera que las mallas electrosoldadas y las barras de corrugado que la componen están unidas por soldadura.

Entre la armadura de la cubierta y la base del monobloque se realizan dos conexiones mediante malla de cobre, que se atornilla con terminales adecuados a los casquillos metálicos, embebidos en el hormigón y que van soldados a las respectivas armaduras.

8.1.1.4- Fabricación.

Moldes:

- Están contruidos apropiadamente y poseen una resistencia y rigidez suficiente para soportar, sin desplazamientos ni deformaciones perjudiciales, los esfuerzos de fabricación

previstos y mantienen las dimensiones de la estructura dentro de las tolerancias máximas del 1%.

- Los moldes son suficientemente estancos como para impedir pérdidas apreciables en la lechada, dado el modo de compactación adoptado.
- Todas las superficies son lisas y sin porosidad apreciable. Las superficies interiores de los moldes aparecen siempre limpias en el momento del hormigonado sin restos de pinturas ni ningún otro producto de protección en sus superficies.

Vertido de Hormigón:

- El hormigón se deposita en el molde a una velocidad tal que fluye en todas las direcciones, por todas las partes del molde, y recubre todas las barras sin que se produzca segregación de materiales.
- Para la correcta compactación se utilizan vibradores incorporados al propio molde.

Curado:

- Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, se aseguran el mantenimiento de la humedad, adoptando para ello las medidas necesarias. Tales medidas se prolongan durante el plazo apropiado al tipo, clase, y categoría del cemento, la temperatura y el grado de humedad del ambiente, etc.....

Desmoldeo:

- Los distintos elementos que constituyen los moldes se retiran, sin producir sacudidas ni choques en la estructura. Esta operación no se realiza hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria par soportar, con suficiente seguridad y sin deformaciones, los esfuerzos a los que va a estar sometido durante y después del desmoldeo.

Controles:

- Los controles de calidad se efectúan por parte de INAEL, S.A, regularmente, de acuerdo con el SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD, que tiene implantado.
- Dicho sistema ha sido Auditado por AENOR, habiendo obtenido el REGISTRO DE EMPRESA don fecha 1 del 94. de acuerdo con EN 69001.

8.1.1.5- Características generales del centro prefabricado de Entrega, Reparto y Medida.

Nº de Celdas:	6
Nº de transformadores:	2
Tipo de ventilación:	Normal

Dimensiones exteriores

Longitud:	7500 mm
Fondo:	2400 mm
Altura:	3100 mm
Altura vista:	2620 mm

Dimensiones de la excavación

Longitud:	8320 mm
Fondo:	3320 mm
Profundidad:	580 mm

8.1.2- Instalación eléctrica

8.1.2.1- Características de la red de alimentación

La red que alimenta al centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kva y 50 kva, será del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, conductor HEPRZ1 12/20 KV de 150 mm² Al, nivel de aislamiento según lista 2 (MIE-RAT 12), y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,1 KA eficaces.

8.1.2.2- Características de la aparamenta de alta tensión

Se dispone de un Centro de Transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, para el huerto solar fotovoltaico, compuesto por la siguiente aparamenta de alta tensión:

- Dos celdas Modulares de seccionamiento pasante CMSP-2 24kV / 400 A.
- Una Celda Modular de medida. CMM 24 kV / 400 A.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Una Celda Modular de Línea CML2 corte y aislamiento en SF6.
- Dos Celdas Modulares de protección con fusibles CMPF2 corte y aislamiento en SF6. 24 kV / 400 A.
- Un Transformador de 630 kVA, en baño de aceite 20.000/420V.
- Un Transformador de 50 kVA, en baño de aceite 20.000/420V.

**8.1.2.2.1- Celda modular de línea CML2 corte y aislamiento en SF6.
Celda con interruptor seccionador ISF 24/400**

Clase	E3
Norma de referencia de celda	UNE-EN-60298
Norma de referencia de interruptor 60265-1	UNE-EN
Tipo de instalación	Interior
Numero de fases	3
Numero de barras colectoras	Simple barra
Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 μ s	
• A tierra y entre polos	125 kV-cresta
• Sobre la distancia de seccionamiento	145 kV-cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min.	
• A tierra y entre polos	50 kV
• Sobre la distancia de seccionamiento	60 kV
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente asignada de paso de barra	400 A
Corriente asignada de corta duración	20 kA
Valor cresta de la corriente admisible de corta duración	50 kA-cresta

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Duración de cortocircuito	3 s
Poder de corte	
• Carga principalmente activa a 24 kV	400 A
• Cables en vacío a 24 kV	25 A
• En caso de falta a tierra	50 A
• De cables en vacío en caso de falta a tierra	16 A
• De línea en vacío	25 A
Poder de cierre en cortocircuito a 24 kV	50 kA-cresta
Clase de endurancia mecánica	M1
Grado de protección contra penetración de cuerpos extraños	IP2X
Grado de protección contra impactos mecánicos	IK08
Grado de protección de la cuba de SF6	IP67
Tipo de aparamenta bajo envolvente metálica	Blindada
Seccionador de puesta a tierra	
Norma de referencia 62271-102	UNE-EN
Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 μ s	125 kV-cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min	50 kV
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente asignada de corta duración	20 kA
Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración	50 kA-cresta
Duración del cortocircuito	1 s
Poder de cierre en cortocircuito a 24 kV	50 kA-cresta

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Detalles constructivos

Alto	1620 mm
Ancho	360 mm
Fondo	750 mm
Peso	182 kg
Dieléctrico de corte y aislamiento / Norma (IEC 60376)	SF6 / (UNE-EN-21339)
Presión de llenado (gas SF6)	0,13 MPa (abs)
Presión mínima de funcionamiento	0,11 MPa (abs)
Volumen de gas	164 dm ³

8.1.2.2.2- Celda modular de protección con fusibles CMPF2 corte y aislamiento en SF6. 24 kV / 400 A

Celda con interruptor seccionador ISF 24/400

Clase	E3
Norma de referencia de celda	UNE-EN-60298
Norma de referencia de interruptor 60265-1	UNE-EN
Tipo de instalación	Interior
Numero de fases	3
Numero de barras colectoras	Simple barra
Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 µs	
• A tierra y entre polos	125 kV-cresta
• Sobre la distancia de seccionamiento	145 kV-cresta

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min.

- A tierra y entre polos 50 kV
- Sobre la distancia de seccionamiento 60 kV

Frecuencia 50-60 Hz

Corriente asignada de salida protegida por fusibles 200 A

Corriente asignada de paso de barra 400 A

Corriente asignada de corta duración 20 kA

Valor cresta de la corriente admisible de corta duración 50 kA-cresta

Duración de cortocircuito 3 s

Poder de corte

- Carga principalmente activa a 24 kV 400 A
- Cables en vacío a 24 kV 25 A
- En caso de falta a tierra 50 A
- De cables en vacío en caso de falta a tierra 16 A
- De línea en vacío 25 A

Poder de cierre en cortocircuito a 24 kV 50 kA-cresta

Clase de endurancia mecánica M1

Grado de protección contra penetración de cuerpos extraños IP2X

Grado de protección contra impactos mecánicos IK08

Grado de protección de la cuba de SF6 IP67

Tipo de aparamenta bajo envolvente metálica Blindada

Seccionador de puesta a tierra- entrada de fusibles

Norma de referencia UNE-EN
62271-102

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 μ s	125 kV-cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min	50 kV
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente asignada de corta duración	20 kA
Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración	50 kA-cresta
Duración del cortocircuito	1 s
Poder de cierre en cortocircuito a 24 kV	50 kA-cresta

Seccionador de puesta a tierra- salida de fusibles

Poder de cierre en cortocircuito	2,5 kA-cresta
Corriente asignada de corta duración	1 kA
Duración del cortocircuito	1 s

Detalles constructivos

Alto	1620 mm
Ancho	520 mm
Fondo	750 mm
Peso	258 Kg
Dieléctrico de corte y aislamiento / Norma (IEC 60376)	SF6 / (UNE-EN-21339)
Presión de llenado (gas SF6)	0,13 MPa (abs)
Presión mínima de funcionamiento	0,11 MPa (abs)
Volumen de gas	327 dm ²

**8.1.2.2.3- Celda modular de seccionamiento pasante CMSP-2 24 kV / 400 A
Celda con interruptor seccionador ISF 24/400**

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Clase	E3
Norma de referencia de celda	UNE-EN-60298
Norma de referencia de interruptor 60265-1	UNE-EN
Tipo de instalación	Interior
Numero de fases	3
Numero de barras colectoras	Simple barra
Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 μ s	
• A tierra y entre polos	125 kV-cresta
• Sobre la distancia de seccionamiento	145 kV-cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min.	
• A tierra y entre polos	50 kV
• Sobre la distancia de seccionamiento	60 kV
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente asignada de paso de barra	400 A
Corriente asignada de corta duración	20 kA
Valor cresta de la corriente admisible de corta duración	50 kA-cresta
Duración de cortocircuito	3 s
Poder de corte	
• Carga principalmente activa a 24 kV	400 A
• Cables en vacío a 24 kV	25 A
• En caso de falta a tierra	50 A
• De cables en vacío en caso de falta a tierra	16 A

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

• De línea en vacío	25 A
Poder de cierre en cortocircuito a 24 kV	50 kA-cresta
Clase de durabilidad mecánica	M1
Grado de protección contra penetración de cuerpos extraños	IP2X
Grado de protección contra impactos mecánicos	IK08
Grado de protección de la cuba de SF6	IP67
Tipo de armadura bajo envoltura metálica	Blindada

Detalles constructivos

Alto	1620 mm
Ancho	530 mm
Fondo	750 mm
Peso	185 kg
Dieléctrico de corte y aislamiento / Norma (IEC 60376)	SF6 / (UNE-EN-21339)
Presión de llenado (gas SF6)	0,13 MPa (abs)
Presión mínima de funcionamiento	0,11 MPa (abs)
Volumen de gas	174 dm ³

8.1.2.2.4- Celda modular de medida. CMM 24 kV / 400 A

Norma de referencia de celda	UNE-EN-60298
Tipo de instalación	Interior
Numero de fases	3
Numero de barras colectoras	Simple barra
Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 μs	

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

• A tierra y entre polos	125 kV-cresta
• Sobre la distancia de seccionamiento	145 kV-cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min.	
• A tierra y entre polos	50 kV
• Sobre la distancia de seccionamiento	60 kV
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente asignada	400 A
Corriente asignada de corta duración	20 kA
Valor cresta de la corriente admisible de corta duración	50 kA-cresta
Duración de cortocircuito	1 s
Endurancia mecánica	M1
Grado de protección contra penetración de cuerpos extraños	IP2X
Grado de protección contra impactos mecánicos	IK08
Tipo de aparamenta bajo envolvente metálica	Compartimentada

Detalles constructivos

Alto	1620 mm
Ancho	720 mm
Fondo	1055 mm
Peso	165 Kg

8.1.2.2.5- Celda del transformador.

La celda del transformador, tiene la misión de alojar el transformador de potencia, de ella, salen las canalizaciones para el interruptor de interconexión y la Caja de Protección y medida, debe albergar cuba para recogida de aceites y ventilación suficiente.

Transformador de potencia de 630 kVA

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Características generales

Potencia nominal	630 kVA.
Tensión Primaria	20 kV.
Tensión secundaria	420V.
Regulación	+2,5+5+7,5+10 %
Grupo de conexión	Dyn11
Frecuencia	50 Hz
Refrigeración	ONAN
Normas	C.E.I.(I.E.C.) 76 UNE 21.428

Características eléctricas

Pérdidas en vacío	1030 W
Pérdidas en el cobre a 75°C	6500 W
Tensión de cortocircuito a 75°C	4 %
Potencia Acústica	65 dB(A)
Intensidad de vacío (100% Un)	2,5 %

Dimensiones y pesos aproximados

Longitud	1600 mm.
Ancho	952 mm.
Alto	1375 mm.
Peso total	2002 Kg.

Transformador de potencia de 50 kVA

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Características generales

Potencia nominal	50 kVA.
Tensión Primaria	20 kV.
Tensión secundaria	400 V.
Regulación	+2,5+5,0+7,5+10 %
Grupo de conexión	Yzn11
Frecuencia	50 Hz
Clase	A
Refrigeración	ONAN
Normas	C.E.I.(I.E.C.) 76 UNE 21.428

Características eléctricas

Pérdidas en vacío	190 W
Pérdidas en carga a 75°C	1100 W
Tensión de cortocircuito a 75°C	4 %
Potencia Sonora	52 dB(A)
Intensidad de vacío (100% Un)	3,5 %

Dimensiones y pesos aproximados

Longitud	920 mm.
Ancho	670 mm.
Alto	1190 mm.
Peso total	430 Kg.

8.1.2.3- Características del material vario de alta tensión.

8.1.2.3.1- Embarrado general.

El embarrado de las celdas estará dimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar. Se conectarán de forma totalmente apantallada e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc..)

8.1.2.3.2- Piezas de conexión.

Interconexiones

La conexión eléctrica entre las distintas celdas se realizará con cable unipolar seco de 50 mm² (Al) de sección y del tipo HEPRZ1, empleándose la tensión asignada del cable de 12/20 kV para tensiones asignadas de CTS de hasta 24 kV.

Estos cables dispondrán en sus extremos de terminales enchufables rectos o acodados de conexión sencilla, siendo de 24 kV/200 A para CTS de hasta 24 kV.

8.1.2.3.3- Aisladores de apoyo.

Al tratarse de celdas prefabricadas, los aisladores de apoyo quedan instalados en el interior de las mismas.

8.1.2.3.4- Aisladores de paso.

Por el mismo motivo que en el caso de los aisladores de apoyo, los aisladores de paso quedan instalados en el interior de las celdas prefabricadas.

8.1.2- Medida de la energía eléctrica.

En el interior del edificio prefabricado de hormigón tipo “monobloque”, definido como Centro de transformación prefabricado de Entrega, Reparto y Medida, se dispone de una celda modular de medida. Para el control la energía eléctrica, evacuada por las plantas fotovoltaicas, que contiene 3TI: 24 kV; 15-30/5-5-5A; C10.5S; 15VA; $I_{th}=200I_n$ y 3TT: 24 kV; 22000/ $\sqrt{3}$:110/ $\sqrt{3}$; C10.2; 50 VA; $F_t=1,9 V_n$.

Para el control de la energía eléctrica consumida por los servicios generales del huerto solar se dispondrá de una caja de protección y medida, con un equipo de medida trifásico de conexión directa, que corresponderá a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. según normas particulares de la compañía eléctrica Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U. Dentro de las misma se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los

conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación.

8.1.3- Puesta a tierra

8.1.3.1- Tierra de protección

Se conectarán a tierra todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente: envolventes de las celdas, rejillas de protección, carcasa del transformador, pantalla del cable HPRZ1, etc, así como la armadura del edificio prefabricado. No se unirán las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

La tierra de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente.

8.1.3.2- Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del sistema de baja tensión se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de media tensión, de tal forma que no exista influencia de la red general de tierra.

La tierra de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado 0,6/1 kV tipo DN-RA.

8.1.4- Cuadro General de B.T. Justificación y Diseño.

Se colocará un cuadro general de baja tensión compuesto por interruptor automático ó seccionamiento con fusibles para el huerto solar, dimensionado para la potencia total del mismo, y otro a la salida del secundario del transformador de 50 kVA para la alimentación de los servicios auxiliares.

8.1.5- Instalaciones Secundarias

8.1.5.1- Alumbrado.

El centro de transformación prefabricado de Entrega, Reparto y Medida, dispondrá de un equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en le centro.

Además dispondrá de un equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

8.1.5.2- Baterías de condensadores.

No procede.

8.1.5.3- Protección contra incendios.

En el centro de transformación prefabricado de Entrega, Reparto y Medida, se colocará un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-180 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos A1 según Norma UNE 23727.

8.1.5.4- Ventilación

La ventilación de los centros de transformación, se realizará de modo natural mediante rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la rejilla de entrada de aire en función de la potencia del mismo.

Estas rejillas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

8.1.5.5- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

Documento N°1:
Memoria

Anexo I: Cálculos Justificativos

Document N°1: Memoria

Anexo I: Cálculos Justificativos

INDICE

1-Cálculos justificativos del centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.....	192
1.1-Intensidad de alta tensión.....	192
1.2-Intensidad en baja tensión.....	192
2-Cortocircuitos.....	193
2.1-Observaciones.....	193
2.2-Cálculo de las corrientes de cortocircuito.....	193
2.2.1-Cortocircuito en el lado de alta tensión.....	193
2.2.2-Cortocircuito en el lado de baja tensión.....	193
3-Selección de las protecciones de alta y baja tensión.....	194
3.1-Protección en alta tensión.....	194
3.2-Protección en baja tensión.....	195
4-Dimensionado de la ventilación del centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.....	195
5-Dimensionado del pozo apagafuegos.....	195
6-Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.....	196
6.1-Investigación de las características del suelo.....	196
6.2-Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....	196
6.3-Diseño de la instalación de tierra.....	197
6.4-Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....	197

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

6.5-Cálculo de las tensiones de paso de la instalación.....	200
6.5.1-Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	200
6.5.2-Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	200
6.5.3-Cálculo de las tensiones aplicadas.....	200
6.6-Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....	202

Document N°1: Memoria

Anexo I: Cálculos Justificativos

1-Cálculos justificativos del centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA

1.1- Intensidad de alta tensión

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p};$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

V_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (KVA)	V_p (kV)	I_p (A)
Trafo 1	630	20	18,19
Trafo 2	50	20	1,44

1.2- Intensidad en baja tensión

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{S \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot V_s};$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

V_s = Tensión compuesta secundaria en V.

I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	V_s (V)	I_s (A)
Trafo 1	630	400	909,35
Trafo 2	50	400	72,17

2-Cortocircuitos

2.1 - Observaciones.

Para el cálculo de las magnitudes de intensidad que origina un cortocircuito, se tendrá como base la potencia de cortocircuito en el punto de acometida al Centro de Transformación, dato proporcionado por la Compañía Suministradora de Energía.

2.2- Cálculo de las corrientes de cortocircuito.

2.2.1- Cortocircuito en el lado de alta tensión.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos la siguiente expresión:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot V_p};$$

Siendo:

S_{CC} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

V_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_{CCP} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

Sustituyendo Valores:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

S_{cc} (MVA)	V_p (kV)	I_{CCP} (kA)
350	20	10.1

2.2.2- Cortocircuito en el lado de baja tensión.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{CCS} = \frac{100 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot V_{CC}(\%) \cdot V_s};$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

V_{CC} (%) = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

V_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

I_{CCS} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

Sustituyendo Valores:

Transformador	Potencia (kVA)	V_s (V)	V_{CC} (%)	I_{CCS} (kA)
Trafo 1	630	400	4	22.73
Trafo 2	50	400	4	1.8

3- Selección de las protecciones de alta y baja tensión

3.1- Protección en AT.

La protección contra sobrecargas del transformador en AT se realiza utilizando una celda de protección con fusibles CMPF2 corte y aislamiento en SF6. El calibre de los fusibles será:

Transformador	Potencia (kVA)	In fusibles (A)
---------------	----------------	-----------------

Trafo 1	630	63
Trafo 2	50	6

3.2- Protección en Baja Tensión.

La salida de Baja Tensión del transformador se protegerá mediante un interruptor automático ó seccionador con fusibles.

La intensidad nominal y el poder de corte de dicho interruptor serán como mínimo iguales a los valores de intensidad nominal en Baja Tensión e intensidad máxima de cortocircuito de Baja Tensión indicados en los apartados 1.2 y 2.2.2

4-Dimensionado de la ventilación en centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{(W_{cu} + W_{fe})}{(0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)})} \text{ siendo}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante puesto que se utiliza edificio prefabricado éste ha sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

5-Dimensionado del pozo apagafuegos

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

6-Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

6.1- Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará éste Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 150 Ωm .

6.2- Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{d\text{máx}}$ (A): 500.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial.

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

6.3- Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

TIERRA DE SERVICIO.

Se conectara a este sistema el neutro del transformador.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

6.4-Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 20000 \text{ V}$.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{BT} = 10.000 \text{ V}$.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωm): 150.

- ρ_H hormigón ($\Omega \cdot m$): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_d), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{d\text{máx}} (\text{A})$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = R_t \cdot I_d (\text{V})$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-35/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x3,5
- Profundidad del electrodo (m): 0.5
- Número de picas: 8
- Longitud de las picas (m): 2

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega \cdot m) = 0.067$
- De la tensión de paso, $K_p (\text{V}/((\Omega \cdot m) \cdot \text{A})) = 0.0139$
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (\text{V}/((\Omega \cdot m) \cdot \text{A})) = 0.0294$

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.067 \cdot 150 = 10.05 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 500 \text{ A.}$$

$$U_d = R_t \cdot I_d = 10.05 \cdot 500 = 5025 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2
- Separación entre picas (m): 3

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.

- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- Alrededor del edificio de maniobra exterior se colocará una acera perimetral de 1 m de ancho con un espesor suficiente para evitar tensiones de contacto cuando se maniobran los equipos desde el exterior.

6.5- Cálculo de las tensiones de paso de la instalación.

6.5.1- Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \varphi \cdot I_d = 0.0139 \cdot 150 \cdot 500 = 1042.5 \text{ V.}$$

6.5.2- Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

Con estas medidas se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p \text{ (acc)} = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0294 \cdot 150 \cdot 500 = 2205 \text{ V.}$$

6.5.3- Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones, que sustituyendo valores obtenemos:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

$$U_{pa} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000}\right) = 10 \cdot 102,86 \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 150}{1000}\right) = 1.954,29V$$

$$U_{pa(acc)} = 10 \cdot \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_H}{1000}\right) = 10 \cdot 102,86 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 150 + 3 \cdot 3000}{1000}\right) = 10.748.57V$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_{pa} = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_{pa} (acc)$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

k , n = Constantes según MIERAT 13, dependen de t .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

ρ = Resistividad del terreno, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

Según el punto 5.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso			

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

en el exterior	$U_p = 1042.5V$	\leq	$U_{pa} = 1954.29 V.$
Tensión de paso			
en el acceso	$U_p (\text{acc}) = 2205V$	\leq	$U_{pa} (\text{acc}) = 10748.57 V.$
Tensión e intensidad de defecto.			
Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de defecto	$U_d = 5025 V.$	\leq	$U_{bt} = 10000 V.$
Intensidad de defecto	$I_d = 500 A..$	$>$	

6.6- Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima (D_{n-p}), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq \frac{(\rho \cdot I_d)}{(2000 \cdot \Pi)} = \frac{(150 \cdot 500)}{(2000 \cdot \Pi)} = 11.94m$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

Documento N°1:
Memoria

Anexo II: Estudio Básico de Seguridad y Salud

Documento N°1: Memoria

Anexo II: Estudio Básico de Seguridad y Salud

INDICE

1-Introducción.....	207
1.1-Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	207
1.2-Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	207
1.3-Datos del Proyecto.....	208
1.4-Normas de seguridad aplicables en la obra.....	208
1.4.1-Normas Iberdrola.....	209
2-Prevención de Riesgos Laborales.....	209
2.1-Introducción.....	209
2.2-Derechos y obligaciones.....	210
2.2.1-Derecho a la protección frente a los Riesgos Laborales.....	210
2.2.2-Principios de la acción preventiva.....	210
2.2.3-Evaluación de los Riesgos.....	211
2.2.4-Equipos de trabajo y medios de protección.....	213
2.2.5-Información, consulta y participación de los trabajadores.....	213
2.2.6-Formación de los trabajadores.....	213
2.3-Servicios de Prevención.....	214
2.3.1-Protección y Prevención de Riesgos Profesionales.....	214
2.3.2-Servicios de Prevención.....	214
3-Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.....	215
3.1-Introducción.....	215

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

3.2-Obligación general del empresario.....	215
4-Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.....	216
4.1-Introducción.....	216
4.2-Obligación general del empresario.....	217
5-Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.....	218
5.1-Introducción.....	218
5.2-Estudio Básico de seguridad y salud.....	219
5.2.1-Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.....	219
5.2.2-Medidas preventivas de carácter general.....	220
5.2.3-Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas en alta tensión.....	222
5.3-Disposiciones especiales de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.....	226
6-Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.....	226
6.1-Introducción.....	226
6.2-Obligaciones generales del empresario.....	227
6.2.1-Protecciones en la cabeza.....	227
6.2.2-Protecciones de manos y brazos.....	227
6.2.3-Protecciones de pies y piernas.....	227
6.2.4-Protecciones de cuerpo.....	228
6.2.5-Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión.....	228
7-Medidas de seguridad específicas para cada una de las fases en los trabajos a desarrollar...	229
7.1-Pruebas y puesta en servicio de las instalaciones (ANEXO I).....	229

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

7.2-Riesgos y medios de protección para evitar o minimizar riesgos en líneas subterráneas.....	229
7.2.1-Actividades.....	229
7.2.2-Riesgos de cada actividad.....	230
7.2.3-Acciones preventivas y protecciones.....	231
7.3-Riesgos y medios de protección para evitar o minimizar riesgos en centros de transformación de interior.....	231
7.3.1-Actividades.....	231
7.3.2-Riesgos de cada actividad.....	232
7.3.3-Acciones preventivas y protecciones.....	232

Documento N°1: Memoria

Anexo II: Estudio Básico de Seguridad y Salud

1-Introducción

1.1- Justificación del Estudio Básico de Seguridad y Salud

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio de Seguridad y Salud.

Por lo tanto, hay que comprobar que se dan los siguientes supuestos:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea inferior a 450.759,08 euros.
- b) Que la duración estimada sea inferior a 30 días laborables, no empleándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea inferior a 500.
- d) Que no se trate de obras de túneles, galerías, ni conducciones subterráneas y presas.

Como se dan todos los supuestos anteriormente indicados, se redacta el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

1.2- Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1997, el Estudio Básico deberá precisar:

- ◆ Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- ◆ La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- ◆ Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).

- ◆ Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

1.3- Datos del Proyecto

Tipo de obra: Centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

Situación: Paraje “Agua Amarga”, La Tova, Polígono 251, Parcela 20

Población: Lorca (Murcia).

Promotor: Huerto Solar Aguamarga, S.L.

Proyectista: D. Francisco Merlos Meca

1.4- Normas de seguridad aplicables en la obra

La relación de normativa que a continuación se presenta no pretende ser exhaustiva, se trata únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento, que sea de aplicación y del mayor interés para la realización de los trabajos objeto del contrato al que se adjunta este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

- La Ley 31/1.995, de 8 de noviembre de 1.995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2.003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980, Ley 32/1984, Ley 11/1994).
- Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio. Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, sobre utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, sobre utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de

seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

- Orden del Ministerio de trabajo de 9 de marzo de 1971, sobre Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y disposiciones complementarias.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 614/2.001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

1.4.1- Normas Iberdrola

- Prescripciones de Seguridad para trabajos mecánicos y diversos de AMYS.
- Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas AMYS.
- MO-NEDIS 7.02 “Plan Básico de Prevención de Riesgos para Empresas Contratistas”.
- MO 9.01.05 “Contratación externa de obras y servicios”.
- MO 12.05.09 “Ascenso, descenso, permanencia y desplazamientos horizontales en apoyos de líneas eléctricas.
- MO 12.05.03 “Procedimiento de descargos para la ejecución de trabajos sin tensión en las instalaciones de alta tensión”.
- Normas y Manuales Técnicos de Iberdrola que puedan afectar a las actividades desarrolladas por el contratista, cuya relación se adjuntará a la petición de oferta.

2- Prevención de Riesgos Laborales

2.1- Introducción

La Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y La Ley 54/2.003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales tienen por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley, establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretamente los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

2.2- Derechos y Obligaciones

2.2.1- Derecho a la protección frente a los Riesgos Laborales

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

2.2.2- Principios de la acción preventiva

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.

- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

2.2.3- Evaluación de los Riesgos

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se expondrán las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir el manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Puede haber ciertos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
 - El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
 - Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - o Entrar en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - o Ser golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - o Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - o Ser golpeados por otros materiales proyectados por la máquina.
 - Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.
- Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - o Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - o Puntos de atropamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de translación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotados de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de “tijera” entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

2.2.4- Equipos de trabajo y medios de protección

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

2.2.5- Información, consulta y participación de los trabajadores

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

2.2.6- Formación de los trabajadores

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y practica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

2.3- Servicios de prevención

2.3.1- Protección y prevención de riesgos profesionales

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

2.3.2- Servicios de prevención

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

3- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

3.1-Introducción

La Ley 31/1.995, de 8 de noviembre de 1.995, de Prevención de Riesgos Laborales y La Ley 54/2.003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales son las normas legales por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el Art. 6 de la Ley 31/95 y teniendo en cuenta las modificaciones establecidas en la Ley 54/2003, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentra las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1.997 de 14 Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto , actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color , una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

3.2- Obligación general del empresario

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia

de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

4- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

4.1- Introducción

La Ley 31/1.995, de 8 de noviembre de 1.995, de Prevención de Riesgos Laborales y La Ley 54/2.003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales son las normas legales por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el Art. 6 de de la Ley 31/95 y teniendo en cuenta las modificaciones establecidas en la Ley 54/2003, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o

centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1.125/1.997 de 18 de julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

4.2- Obligación general del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en

cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.

- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

5- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción

5.1- Introducción

La Ley 31/1.995, de 8 de noviembre de 1.995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el Art. 6 de la Ley 31/95 y teniendo en cuenta las modificaciones establecidas en la Ley 54/2003, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1.627/1.997 de 24 octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a Centro de Transformación de entrega, reparto y medida con transformadores de 630 kVA y 50 kVA se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación:

- a) Excavación.
- b) Movimiento de tierras.
- c) Construcción
- d) Acondicionamiento o instalación.
- e) Mantenimiento.
- f) Trabajos de pintura y de limpieza.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.759,08

euros.

- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborales, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

5.2- Estudio Básico de Seguridad y Salud

5.2.1- Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Los oficios más comunes en la obra en proyecto son los siguientes.

- Moviendo de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajo con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica.
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramientas y maquinaria pesado en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobra de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.

- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre la armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallo de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directa e indirecta), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

5.2.2- Medidas preventivas de carácter general

Se establecerán a lo largo de la obra divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilaría metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc.).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero

ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrá siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm. (3 tablones trabados entre si), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoren el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir el esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones

solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación se las soluciones anteriores no son suficientes.

Para aporte alimentario calórico debe ser suficiente par compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadro eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

5.2.3- Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas en alta tensión

Los oficios más comunes en las instalaciones de alta tensión son los siguientes:

- Instalación de apoyos metálicos o de hormigón.
- Instalación de conductores desnudos.
- Instalación de crucetas metálicas.
- Instalación de aparatos de seccionadores y corte (interruptores, seccionadores, fusibles, etc.).
- Instalación de limitadores de sobre-tensión (autovalvulares pararrayos).
- Instalación de transformadores tipo intemperie sobe apoyos.
- Instalación de dispositivos anti-vibraciones.
- Medida de altura de conductores.
- Detección de partes en tensión.
- Instalación de conductores aislados en zanjas o galerías.
- Instalación de envolventes prefabricadas de hormigón.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc.).
- Instalación de transformadores en envolventes prefabricadas a nivel del terreno.
- Instalación de cuadros eléctricos y salidas en B.T.
- Interconexión entre elementos.
- Conexión y desconexión de líneas o equipos.
- Puestas a tierra y conexiones equipotenciales.
- Reparación, conservación o cambio de los elementos citados.

Los Riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación.

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones. Electrocuciiones y quemaduras.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Contacto o manipulación de los elementos aislantes de los transformadores (aceites minerales, aceites a la silicona y piraleno). El aceite mineral tiene un punto de inflamación relativamente bajo (130°) y produce humos densos y nocivos en la combustión. El aceite a la silicona posee un punto de inflamación más elevado (400°). El piraleno ataca la piel, ojos y mucosas, produce gases tóxicos a temperaturas normales y arde mezclado con otros productos.
- Contacto directo con una parte del cuerpo humano y contacto a través de útiles o herramientas.
- Contacto a través de maquinaria de gran altura.
- Maniobras en centros de transformación privados por personal con escaso o nulo conocimiento de la responsabilidad y riesgo de una instalación de alta tensión.

Las Medidas Preventivas de carácter general se describen a continuación.

Se realizará un diseño seguro y viable por parte del técnico proyectista.

Los trabajadores recibirán una formación específica referente a los riesgos en alta

tensión.

Para evitar el riesgo de contacto eléctrico se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, se recubrirán las partes activas con aislamiento apropiado, de tal forma que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor inocuo (1 mA) y se interpondrán obstáculos aislantes de forma segura que impidan todo contacto accidental.

La distancia de seguridad para líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, grúas, etc. no será inferior a 3 m. Respecto a las edificaciones no será inferior a 5 m.

Conviene determinar con la suficiente antelación, al comenzar los trabajos o en la utilización de maquinaria móvil de gran altura, si existe el riesgo derivado de la proximidad de líneas eléctricas aéreas. Se indicarán dispositivos que limiten o indiquen la altura máxima permisible.

Será obligatorio el uso del cinturón de seguridad para los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

Todos los apoyos, herrajes, autoválvulas, seccionadores de puesta a tierra y elementos metálicos en general estarán conectados a tierra, con el fin de evitar las tensiones de paso y de contacto sobre el cuerpo humano. La puesta a tierra del neutro de los transformadores será independiente de la especificada para herrajes. Ambas serán motivo de estudio en la fase de proyecto.

Es aconsejable que en centros de transformación el pavimento sea de hormigón ruleteado antideslizante y se ubique una capa de grava alrededor de ellos (en ambos casos se mejoran las tensiones de paso y de contacto).

Se evitará aumentar la resistividad superficial del terreno.

En centros de transformación tipo intemperie se revestirán los apoyos con obra de fábrica y mortero de hormigón hasta una altura de 2 m y se aislarán las empuñaduras de los mandos.

En centros de transformación interiores o prefabricados se colocarán suelos de láminas aislantes sobre el acabado de hormigón.

Las pantallas de protección contra contacto de las celdas, aparte de esta función, deben

evitar posibles proyecciones de líquidos o gases en caso de explosión, para lo cual deberán ser de chapa y no de malla.

Los mandos de los interruptores, seccionadores, etc., deben estar emplazados en lugares de fácil manipulación, evitándose postura forzadas para el operador, teniendo en cuenta que éste lo hará desde el banquillo aislante.

Se realizarán enclavamientos mecánicos en las celdas, de puerta (se impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra desconectada), de maniobra (impide la maniobra del aparato principal y puesta a tierra con la puerta abierta), de puesta a tierra (impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o viceversa), entre el seccionador y el interruptor (no se cierra el interruptor si el seccionador está abierto y conectado a tierra y no se abrirá el seccionador si el interruptor está cerrado) y enclavamiento del mando por candado.

Como recomendación, en las celdas se instalarán detectores de presencia de tensión y mallas protectoras quitamiedos para comprobación con pértiga.

En las celdas de transformador se utilizará una ventilación optimizada de mayor eficacia situando la salida de aire caliente en la parte superior de los paneles verticales. La dirección del flujo de aire será obligada a través del transformador.

El alumbrado de emergencia no estará concebido para trabajar en ningún centro de transformación, sólo para efectuar maniobras de rutina.

Los centros de transformación estarán dotados de cerradura con llave que impida el acceso a personas ajenas a la explotación.

Las maniobras en alta tensión se realizarán, por elemental que puedan ser, por un operador y su ayudante. Deben estar advertidos que los seccionadores no pueden ser maniobrados en carga. Antes de la entrada en un recinto en tensión deberán comprobar la ausencia de tensión mediante pértiga adecuada y de forma visible la apertura de un elemento de corte y la puesta a tierra y en cortocircuito del sistema. Para realizar todas las maniobras será obligatorio el uso de, al menos y a la vez, dos elementos de protección personal: pértiga, guantes y banqueta o alfombra aislante, conexión equipotencial del mando manual del aparato y plataforma de maniobras.

Se colocarán señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

5.3- Disposiciones especiales de seguridad y salud durante la ejecución de las obras

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

6-Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

6.1- Introducción

La Ley 31/1.995, de 8 de noviembre de 1.995, de Prevención de Riesgos Laborales y La Ley 54/2.003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales son las normas legales por las que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las *normas de desarrollo reglamentario* las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

6.2- Obligaciones generales del empresario

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

6.2.1- Protecciones de la cabeza

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y anti-polvo.
- Mascarilla anti-polvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

6.2.2- Protecciones de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

6.2.3- Protectores de pies y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.

- Rodilleras.

6.2.4- Protectores de cuerpo.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones anti-vibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

6.2.5- Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- Pértiga detector de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg, bien ajustado al cuerpo y sin piezas descubiertas eléctricamente conductoras de la electricidad.
- Gafas de protección.
- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Esquema unifilar.
- Placa de primeros auxilios.
- Placas de peligro de muerte

7- Medidas de seguridad específicas para cada una de las fases en los trabajos a desarrollar

7.1- Pruebas y puesta en servicio de las instalaciones (Anexo I)

Actividad	Riesgo	Acción preventiva y protecciones
1.- Pruebas y puesta en servicio. (Desconexión y protección en el caso de mantenimiento, retirada o desmontaje de instalaciones)	Golpes. Heridas. Caídas. Atrapamientos. Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT. Elementos candentes y quemaduras. Presencia de animales, colonias, etc.	Ver apartados 5 y 6. Cumplimiento MO 12.05.02 al 05. Mantenimientos equipos y utilización de EPI's. Utilización de EPI's, Adecuación de cargas, control de maniobras y vigilancia continuada. Ver apartados 5 y 6. Prevención de aperturas de armarios, celdas, etc.

7.2- Riesgos y medios de protección para evitar o minimizar riesgos en líneas subterráneas

7.2.1- Actividades

- Acopio, carga y descarga (acopio, carga y descarga de material recuperado y chatarra).
- Excavación, hormigonado y obras auxiliares.
- Izado y acondicionado del cable en apoyo L.A. (desmontaje cable en apoyo de línea aérea).

- Tendido, empalme y terminales de conductores (desmontaje de conductores, empalmes y terminales). 5. Engrapado de soportes en galerías (desengrapado de soportes en galerías).
- Orden y limpieza, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente, identificación de canalizaciones, coordinación con la empresa de gas, utilización de EPI's, entubamiento, vallado de seguridad, protección de huecos e información sobre posibles conducciones, utilizar fajas de protección lumbar, control de maniobras y vigilancia continuada, vigilancia continuada de la zona donde se está excavando, ver punto 6.4,
- Pruebas y puesta en servicio (mantenimiento, desguace o recuperación de instalaciones).

7.2.2- Riesgos de cada actividad

- Golpes, heridas, caídas de objetos, atropamientos, presencia de animales (mordeduras, picaduras, sustos...).
- Caídas al mismo nivel, caídas a distinto nivel, exposición al gas natural, caídas de objetos, desprendimientos, golpes y heridas, oculares, cuerpos extraños, riesgos a terceros, sobreesfuerzos, atropamientos, contactos eléctricos.
- Caídas desde altura, golpes y heridas, atropamientos, caídas de objetos, (desplome o rotura del apoyo o estructura).
- Vuelco de maquinaria, caídas desde altura, golpes y heridas, atropamientos, caídas de objetos, sobreesfuerzos, riesgos a terceros, ataque de animales.
- Caídas desde altura, golpes y heridas, atropamientos, caídas de objetos y sobreesfuerzos.
- 6. Ver Anexo I y presencia de colonias, nidos.

7.2.3- Acciones preventivas y protecciones

- Mantenimiento de equipos, utilización de EPI's, adecuación de las cargas, control de maniobras y vigilancia continuada, utilización de EPI.s, revisión del entorno.
- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, (análisis previo de las condiciones de tiro y equilibrio y atirantado o medios de trabajo específicos).
- Acondicionamiento de la zona de ubicación; anclaje correcto de las máquinas de tracción, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, control de maniobras y vigilancia continuada, utilización de EPI's, utilizar fajas de protección lumbar, vigilancia continuada y señalización de riesgos y revisión del entorno.
- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada y utilizar fajas de protección lumbar.
- Ver Anexo I y revisión del entorno.

7.3- Riesgos y medios de protección para evitar o minimizar riesgos en centros de transformación de interior

7.3.1- Actividades

- 1.- Acopio, carga y descarga de material nuevo y equipos de material recuperado/chatarras.
- 2.- Excavación, hormigonado y obras auxiliares.
- 3.- Montaje. (Desguace de apartamenta en general).
- 4.- Transporte, conexión y desconexión de motogeneradores auxiliares.
- 5.- Pruebas y puesta en servicio (Mantenimiento, desguace o recuperación de instalaciones).

7.3.2- Riesgos de cada actividad

- 1.- Golpes, heridas, caídas de objetos, atropamientos, desprendimiento de cargas, presencia o ataque de animales, y presencia de gases.
- 2.- Caídas al mismo nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, desprendimientos, golpes y heridas, oculares, cuerpos extraños, riesgos a terceros, sobreesfuerzos y atrapamientos.
- 3.- Caídas desde altura, golpes y herida, atrapamientos, caídas de objetos, ataques de animales, e impregnación o inhalación de sustancias peligrosas o molestas.
- 4.- Caídas a nivel, caídas a diferente nivel, caídas de objetos, riesgos a terceros, riesgos de incendio, riesgo eléctrico y riesgo de accidente de tráfico.
- 5.- Ver Anexo I.

7.3.3- Acciones preventivas y protecciones

- 1.-Mantenimiento equipos, adecuación de las cargas, control e maniobras, vigilancia continuada, utilización de EPI's, revisión del entorno y revisión de elementos de elevación y transporte, y revisión del entorno.
- 2.-Orden y limpieza, prever elementos de evacuación y rescate, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, entubamiento, vallado de seguridad, protección de huecos, información sobre posibles conducciones, utilizar fajas de protección lumbar y control de maniobras y vigilancia continuada.
- 3.-Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, control de maniobras y vigilancia continuada, y revisión del entorno.
- 4.- Seguir instrucciones del fabricante, actuar de acuerdo con lo indicado en las fases anteriores cuando sean similares, utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente, utilización de EPI's, vallado de seguridad, protección de huecos e información sobre tendido de conductores, empleo de equipos homologados para el llenado de depósito y transporte de gas oil. Vehículos autorizados para ello, empleo de equipos homologados para el llenado de depósito y transporte de gas oil. Vehículos autorizados para ello, para el llenado del Grupo Electrógeno estarán en situación de parada, dotación de equipos para extinción de incendios, estar en posesión de los permisos de circulación reglamentarios y ver Anexo I.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

5.- Ver Anexo I.

Documento N°2:

Planos

Capítulo 1: Planos referentes a la ampliación de 300 kW de un huerto solar que consta de 200 kW ya en funcionamiento

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Documento N°2: Planos

Indice

Plano N°1..... Situación y Emplazamiento.

Plano N°2..... Distribución general en planta de las instalaciones.

Plano N°3..... Esquema unifilar.

Plano N°4..... Detalles de la cimentación para seguidor 5000NT con mástil de 5,5 m

Plano N°5..... Detalles constructivos.

Plano N°6..... Seguridad y Salud, señalización línea eléctrica, código de señales en maniobras y escaleras de mano.

Plano N°7..... Seguridad y Salud, trabajos en altura, zanjas y protecciones personales.

Plano N°8..... Seguridad y Salud, balizamiento de los servicios existentes y señalización.

Documento N°2:

Planos

Capítulo 2: Planos referentes a la sustitución del Centro de Transformación de 200 kVA por otro Centro de Transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

Documento N°2: Planos

Indice

Plano N°1.....	Situación y Emplazamiento.
Plano N°2.....	Detalle de entronque aéreo-subterráneo y planta general de distribución de las instalaciones.
Plano N°3.....	Esquema unifilar de la instalación.
Plano N°4.....	Planta, alzados y secciones, "Centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA".
Plano N°5.....	Tomas de Tierra.
Plano N°6.....	Seguridad y Salud, señalización línea eléctrica, código de señales en maniobras y escaleras de mano.
Plano N°7.....	Seguridad y Salud, trabajos en altura, zanjas y protecciones personales.
Plano N°8.....	Seguridad y Salud, balizamiento de los servicios existentes y señalización.

Documento N°3: Pliego de Condiciones

Capítulo 1: Pliego de Condiciones referente a la ampliación de 300 kW de un huerto solar que consta de 200 kW ya en funcionamiento.

Documento N°3: Pliego de Condiciones

Indice

1-Objeto.....	240
1.1-Características de la empresa instaladora.....	240
1.2-Componentes y materiales de la instalación.....	240
1.2.1-Generalidades.....	240
1.2.1.1-Generador fotovoltaico.....	240
1.2.1.2-Estructura soporte.....	241
1.2.1.3-Obra Civil.....	241
1.2.1.4-Inversores.....	241
1.2.1.5-Cableado.....	241
1.2.1.6-Cajas de conexión.....	242
1.2.1.7-Protecciones y medida.....	242
1.2.1.8-Puesta a tierra de la instalación fotovoltaica.....	242
1.2.1.9-Armónicos y compatibilidad electromagnética.....	242
1.2.1.10-Componentes no consignados en este pliego de condiciones.....	242
1.3-Ejecución de las instalaciones.....	243
1.4-Recepción y pruebas reglamentarias.....	243
1.5-Cálculo de la radiación y producción pronosticada.....	244
1.5.1-Cálculo de la producción anual esperada.....	244
1.6-Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.....	245
1.6.1-Generalidades.....	245
1.6.2-Programa de mantenimiento.....	246
1.6.3-Garantías.....	246

Documento N°3: Pliego de Condiciones

1-Objeto

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red, haciéndose constar las características y requerimientos exigidos, que deberán cumplir los materiales utilizados en la obra, así como la forma y manera en que se han de realizar las instalaciones.

1.1- Características de la empresa instaladora

La empresa instaladora, cumplirá todos los requisitos de la normativa oviceal vigente; ITC-BT-03 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, para la instalación que se proyecta.

1.2- Componentes y materiales de la instalación

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarias para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de la instalación fotovoltaica no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable. Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc....De los mismos, estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

1.2.1.1- Generador Fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos a utilizar, serán del modelo BIO-180 de 180 W y estarán constituidos por 72 células solares monocristalinas de 125mm x 125mm conectadas en serie. Las características y especificaciones técnicas de este módulo se describen en la memoria del presente proyecto, ajustándose a las siguientes exigencias:

- Dispondrá del certificado oficial de conformidad expedido por laboratorio reconocido.
- El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- La Garantía de los materiales que componen el módulo fotovoltaico durante 2 años.
- Los módulos BIO-180 tienen garantía de una potencia de salida al menos del 80% de la potencia nominal especificada en la documentación técnica del producto durante 25 años.
- Los marcos serán de aluminio anodinado en negra/ natural.
- La estructura del generador se conectará a tierra.
- Todos los módulos que integran la instalación serán del mismo modelo.

1.2.1.2- Estructura Soporte

Los módulos Fotovoltaicos que constituyen la parte generadora de electricidad, se ubicarán sobre un seguidor solar bidireccional cuya fijación al suelo, se efectuará mediante una zapata, sobre la cual se empotrará el mástil que soporta el seguidor. En todo caso, el fabricante del seguidor dará las garantías en cuanto a seguridad, análisis estructural, anclaje, fijación, sistema eléctrico, sistema hidráulico y mantenimiento.

1.2.1.3- Obra Civil

La obra civil se ajustará a lo especificado en el Anexo II de la memoria del presente proyecto.

1.2.1.4- Inversores

Los inversores utilizados serán del fabricante INGETEAM S.A., modelo INGECON SUN 100, descrito en la memoria del presente proyecto.

El funcionamiento del inversor es completamente automático. Cuando los módulos solares comienzan el alba con la generación de potencia suficiente, la unidad de control y regulación comienza con la supervisión de la tensión y frecuencia de red. El inversor solar comienza con la alimentación en cuanto dispone de una irradiación solar suficiente.

1.2.1.5- Cableado

Los conductores empleados serán de cobre y tendrán las secciones mínimas indicadas en la memoria del presente proyecto y esquema unifilar para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de corriente continua deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5% y los de la parte de corriente alterna deberán tener la sección suficiente para que la caída

de tensión sea inferior al 1,5% teniendo en ambos casos de referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Los conductores positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente. Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE-21123.

Los conductores de CC y CA, deberán tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

1.2.1.6- Cajas de conexión

Las cajas de conexión para efectuar el conexionado del generador fotovoltaico serán de material aislante de clase A, con un grado de protección mínimo del tipo IP 659, según UNE 20324. Serán aptas para alojar en su interior los materiales y protecciones especificados en la memoria del presente proyecto.

1.2.1.7- Protecciones y Medida

Las características de los elementos de maniobra y protección así como medida coincidirán exactamente con las especificaciones en la memoria del presente proyecto y esquema unifilar, cumpliendo con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 10 y 11) y normas de la Compañía Suministradora Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.

1.2.1.8- Puesta a tierra de la instalación fotovoltaica

El sistema de puesta a tierra, se realizará conforme a lo especificadas en la memoria del presente proyecto, en todo caso, cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

1.2.1.9- Armónicos y compatibilidad electromagnética

Se cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

1.2.1.10- Componentes no consignados en este Pliego de Condiciones

Los demás componentes deberán cumplir las especificaciones apuntadas en el proyecto, así como las normas que le sean de aplicación.

1.3-Ejecución de las instalaciones

Todas las normas de instalación se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas. Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas de organismos oficiales y en particular las de la Compañía Suministradora de electricidad Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.

El contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el proyecto como en las condiciones técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra.

1.4-Recepción y Pruebas Reglamentarias

El instalador, entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará una oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este proyecto, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema de suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:
 - Entrega de toda la documentación requerida en este pliego de condiciones.
 - Retirada de obra de todo el material sobrante.
 - Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.
 - Durante este periodo el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

- Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía mínima de tres años.
- No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

1.5- Cálculo de la radiación y producción pronosticada

1.5.1- Cálculo de la producción anual esperada

En este pliego de condiciones de la planta fotovoltaica, se incluirán las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

Los datos de entrada que se aportan, son los siguientes.

1- $G_{dm}(0)$ -Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal, en kWh/(m².día), obtenido a partir de la siguiente fuente:

CENSOLAR “Centro de estudios de la energía solar”

2- $G_{dm}(\alpha,\beta)$ -Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m².día), obtenido a partir del anterior. El parámetro $\alpha=0^\circ$, representa el azimut y $\beta=28^\circ$ la inclinación del generador.

Obtenido a partir de la siguiente fuente:

-CENSOLAR “Centro de estudios de la energía solar”

-IDAE “Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía”

3-Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR

Eficiencia energética de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

-La dependencia de la eficiencia con la temperatura.

-La eficiencia del cableado.

-Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.

-Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.

-La eficiencia energética del inversor.

-Otros.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

4-La estimación de la energía inyectada se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Ep = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) * P_{mp} * PR}{G_{CEM}}$$

Dónde:

P_{mp} = Potencia pico del generador

G_{CEM} = 1 kW/m²

5-Los datos se presentan en la siguiente tabla con los valores medios diarios, mensuales y producción pronosticada anualmente por la planta, en este caso son cálculos realizados para una instalación de 100kW de potencia, nuestra ampliación sería de 300kW por lo que habría que multiplicar por 3 estos resultados.

MES	$G_{dm}(0)$ (kWh/(m ² .día))	$G_{dm}(\alpha=0^{\circ},\beta=30^{\circ})$ (kWh/(m ² .día))	PR	Ep (kWh/día)	Incremento Rendimiento Seguidor	Ep (kWh/mes)
Enero	2,80	3,67	0,851	337,12	35%	14.108,41
Febrero	4,11	5,10	0,844	464,55	35%	17.559,88
Marzo	4,60	5,29	0,801	457,63	35%	19.151,70
Abril	5,67	6,01	0,802	520,58	35%	21.083,47
Mayo	6,72	6,65	0,796	571,93	35%	23.935,18
Junio	7,11	6,90	0,768	572,04	35%	23.167,62
Julio	7,69	7,61	0,753	619,13	35%	25.910,50
Agosto	6,52	6,98	0,757	570,36	35%	23.869,67
Septiembre	5,16	6,09	0,769	505,69	35%	20.480,32
Octubre	3,86	5,06	0,807	440,71	35%	18.443,84
Noviembre	2,72	3,81	0,837	344,23	35%	13.941,23
Diciembre	2,25	3,11	0,850	285,04	35%	11.928,88
Producción Pronosticada anual (kWh/año):						233.580,71

1.6- Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

1.6.1- Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años. Dicho contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

1.6.2- Programa de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de la instalación de energía solar fotovoltaica conectada a red que nos ocupa.

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

El plan de mantenimiento preventivo, englobará las operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma. Incluirá al menos una visita semestral en las que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalización, alarmas, etc.....
- Comprobación del estado mecánico de cables, terminales, pletinas, transformadores, ventiladores, uniones, reaprietes y limpieza.

El plan de mantenimiento correctivo, englobará todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil, que incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados, y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del periodo de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora, que realizará un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

1.6.3- Garantías

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

En el aspecto económico la garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Documento N°3: Pliego de Condiciones

Capítulo 2: Pliego de Condiciones referente a la sustitución del Centro de Transformación de 200 kVA por otro Centro de Transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

1-Condiciones Generales.....	251
1.1-Objeto.....	251
1.2-Campo de Aplicación.....	251
1.3-Disposiciones Generales.....	251
1.3.1-Condiciones facultativas legales.....	251
1.3.2-Seguridad en el trabajo.....	252
1.3.3-Seguridad Pública.....	253
1.4-Organización del trabajo.....	253
1.4.1-Datos de la obra.....	254
1.4.2-Replanteo de la obra.....	254
1.4.3-Mejoras y variaciones del proyecto.....	255
1.4.4-Recepción del material.....	255
1.4.5-Organización.....	255
1.4.6-Facilidades para la inspección.....	256
1.4.7-Ensayos.....	256
1.4.8-Limpieza y seguridad en las obras.....	256
1.4.9-Medios auxiliares.....	257
1.4.10-Ejecución de las obras.....	257
1.4.11-Subcontratación de las obras.....	257
1.4.12-Plazo de ejecución.....	258
1.4.13-Recepción provisional.....	258

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

1.4.14-Periodos de garantía.....	259
1.4.15-Recepción definitiva.....	259
1.4.16-Pago de obras.....	260
1.4.17-Abono de materiales acopiados.....	260
1.5-Disposición final.....	261
2-Condiciones técnicas para la obra civil y montaje de centros de transformación.....	261
2.1-Calidad de los materiales.....	261
2.1.1-Obra civil.....	261
2.1.2-Aparamenta de alta tensión.....	261
2.1.3-Transformadores.....	263
2.1.4-Equipo de medida.....	264
2.1.5-Puesta a Tierra.....	264
2.1.6-Normas de ejecución de las instalaciones.....	265
2.1.7-Pruebas reglamentarias.....	265
2.1.8-Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	267
2.1.8.1-Previsiones Generales.....	267
2.1.8.2-Puesta en servicio.....	268
2.1.8.3-Separación de servicio.....	268
2.1.8.4-Mantenimiento.....	268
2.1.9-Certificados y documentación.....	269
2.1.10-Libro de ordenes.....	269
2.1.11-Recepción de la obra.....	270

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

1- Condiciones Generales

1.1- Objeto

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

1.2- Campo de Aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas o subterráneas de alta tensión hasta 132 kV, así como a centros de transformación.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

1.3- Disposiciones Generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

1.3.1- Condiciones Facultativas Legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- a) Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- e) Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Ordenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- f) Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- g) Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- h) Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- i) Código Técnico de la Edificación.
- j) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

1.3.2- Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado “j” del párrafo 1.3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

1.3.3- Seguridad Pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

1.4- Organización del Trabajo

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

1.4.1- Datos de la Obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

1.4.2- Replanteo de la Obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

1.4.3- Mejoras y Variaciones del Proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

1.4.4- Recepción del Material

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

1.4.5- Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o

alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

1.4.6- Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

1.4.7- Ensayos

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

1.4.8- Limpieza y seguridad en las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

1.4.9- Medios Auxiliares

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

1.4.10- Ejecución de las obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 1.4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 1.4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

1.4.11- Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

1.4.12- Plazo de Ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

1.4.13- Recepción Provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

1.4.14- Periodos de Garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

1.4.15- Recepción Definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta

correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

1.4.16- Pago de Obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

1.4.17- Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

1.5- Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

2- Condiciones técnicas para la obra civil y montaje de centros de transformación

2.1- Calidad de materiales

2.1.1- Obra civil

La(s) envolvente(s) empleada(s) en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

2.1.2- Aparamenta de A.T.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, bajo envolvente metálica de 24 kV con dieléctrico de SF₆.

Utilizarán el hexafluoruro de azufre (SF₆) como elemento de corte y extinción. El aislamiento integral en SF₆ confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial

especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entrada de agua en el centro. El corte en SF₆ resulta también más seguro que el aire, debido a lo expuesto anteriormente.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099. Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- Compartimento de aparellaje. Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.
- Compartimento del juego de barras. Se compondrá de tres barras aisladas conexionadas mediante tornillos.
- Compartimento de conexión de cables. Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos y termorretráctiles para cables de papel impregnado.

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

- Compartimento de mando. Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra motorizaciones, bobinas de cierre y/o apertura y contactos auxiliares si se requieren posteriormente.

- Compartimento de control. En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión, tanto en barras como en los cables.

Las características generales de las celdas serán las expuestas con detalle en la memoria del presente proyecto.

2.1.3- Transformadores

Los transformadores serán trifásicos contruidos según las normas citadas en la memoria, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 KVA y refrigeración natural en aceite, de tensión primaria 20 KV y tensión secundaria 420 V. Todas las características de los transformadores se definen con detalle en la memoria del presente proyecto.

El transformador se instalará, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al reste del centro.

El transformador, para mejor ventilación, estará situado en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las puertas de entrada del trafo, y las salidas de aire en la zona superior de las paderes.

2.1.4- Equipo de medida

Se utilizarán Celdas modulares de medida, con tres transformadores de intensidad y tres transformadores de tensión con las características definidas en la memoria del proyecto para el centro de transformación de 630 kVA.

Para el control de la energía eléctrica consumida por los servicios generales del huerto solar se dispondrá de una caja de protección y medida, con un equipo de medida trifásico de conexión directa.

2.1.5- Puesta a Tierra

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del CT.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm².
- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm². La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.

- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

2.1.6- Normas de ejecución de las instalaciones

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la Compañía Suministradora de la electricidad, Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

La admisión de materiales no se permitirá sin la previa aceptación por parte del Director de Obra, en este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el D.O., aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomarán como referencia las distintas Recomendaciones UNESA, Normas UNE, etc. que les sean de aplicación.

2.1.7- Pruebas reglamentarias

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.

- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo de frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de onda de choque 1,2/50 ms.
- Verificación del grado de protección.

Además de lo anterior, se realizarán las siguientes pruebas y comprobaciones:

Comprobación de circuitos y fases

Se comprobará que se han seguido los colores del código especificados.

Los receptores que deberán funcionar corresponden a los circuitos indicados en planos, y el color de los conductores deberán coincidir con el previsto en todas las cajas, embarrados, paneles, etc...

Comprobación de las protecciones

Todos los interruptores automáticos se comprobarán provocando su disparo por cortocircuito y sobreintensidad. Todos los fusibles se comprobarán para asegurarse de que su calibre corresponde a la sección de la línea a proteger.

Pruebas de funcionamiento

Se comprobará el buen funcionamiento de todos los puntos de luz, etc.. de forma que satisfaga las condiciones del proyecto.

Puesta en marcha

La puesta en marcha, será inmediata tras la obtención del acta de puesta en marcha y registro de la instalación en Industria.

Personal técnico de la Compañía Eléctrica verificará las instalaciones de la interconexión y demás elementos que afecten a la regularidad del suministro eléctrica antes de la puesta en servicio.

2.1.8- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

2.1.8.1- Prevenciones Generales

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio al centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.

No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de aparatenta y número de fabricación.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.
- Intensidad nominal.
- Intensidad nominal de corta duración.

- Frecuencia industrial.

Junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparamenta.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

2.1.8.2- Puesta en servicio

Se conectarán primero los seccionalizadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

2.1.8.3- Separación de Servicio

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado anterior, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionalizadores.

2.1.8.4- Mantenimiento

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Esta se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y teniendo muy presente que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Si es necesario cambiar los fusibles, se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

La temperatura del líquido refrigerante no debe sobrepasar los 60°C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la Compañía Suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

2.1.9- Certificados y Documentación

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Protocolo de ensayos del transformador.
- Certificado de Dirección de obra.

2.1.10- Libro de Ordenes

Se dispondrá en la obra objeto de proyecto de un libro de órdenes, en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

2.1.11- Recepción de la Obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones y Memoria del proyecto. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la Obra. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.
- Ensayo dieléctrico. Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.
- Instalación de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.
- Regulación y protecciones. Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.
- Transformadores. Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.

Documento N°4: Mediciones y Presupuesto

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Documento N°4: Mediciones y Presupuesto

En el presente documento se realiza el Presupuesto general de ambos proyectos, de la ampliación de 300kW de un huerto solar que consta de 200kW ya en funcionamiento y de la sustitución del centro de transformación de 200 kW por otro centro de transformación prefabricado de entrega, reparto y medida, con transformadores de 630 kVA y 50 kVA.

A continuación se desglosa de forma detallada dicho Presupuesto General.

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad (m o uds. según corresponda)</i>	<i>€/ud o €/m</i>	<i>€</i>
Material eléctrico			
Conductor unipolar Cu 6mm ² , Aislamiento: 0,6/1kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K	4800	0,85 €	4.092,00 €
Conductor unipolar Cu 10mm ² , Aislamiento: 0,6/1kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K	50	1,41 €	70,53 €
Conductor unipolar Cu 25mm ² , Aislamiento: 0,6/1kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K	350	3,26 €	1.139,25 €
Conductor unipolar Cu 35mm ² , Aislamiento: 0,6/1kV, XLPE+Pol – No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida. Desig. UNE:RZ1-K(AS)	240	4,88 €	1.171,80 €
Conductor unipolar Cu 70mm ² , Aislamiento: 0,6/1kV, XLPE+Pol – No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida. Desig. UNE:RZ1-K(AS)	672	9,92 €	6.666,24 €
Conductor unipolar Cu 120mm ² , Aislamiento: 0,6/1kV, XLPE+Pol – No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida. Desig. UNE:RZ1-K(AS)	345	15,27 €	5.267,29 €
Conductor unipolar Cu 185mm ² , Aislamiento: 0,6/1kV, XLPE+Pol – No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida. Desig. UNE:RZ1-K(AS)	60	18,88 €	1.132,74 €
Interruptor automático de corriente continua bipolar (Vdc=800V) 10 A, Poder de Corte mínimo 6000 A	120	108,50 €	13.020,00 €
Interruptor automático de corriente continua bipolar (Vdc=800V) 63 A, Poder de Corte mínimo 25000 A	12	147,25 €	1.767,00 €
Interruptor automático de corriente alterna tetrapolar 160 A, Poder de Corte mínimo 150000 A	6	722,30 €	4.333,80 €
Interruptor diferencial 160 A Tipo A/AC, sensibilidad ≤ 30mA	3	292,95 €	878,85 €
Relé de protección frente a sobretensión y baja tensión (funcionamiento nominal a 400V trifásicos)	3	124,00 €	372,00 €
PVC empotrable de conexión de hasta 4 elementos, grado de protección IP65	78	13,33 €	1.039,74 €
Picas cilíndricas de cobre de 2 m de longitud y Ø 14,5 mm	78	9,30 €	725,40 €
Conductor de tierra desnudo unipolar Cu 35mm ²	180	13,64 €	2.455,20 €
Tubo corrugado de doble pared (liso por dentro) de diámetro 50mm	4784	0,56 €	2.669,47 €
Tubo corrugado de doble pared (liso por dentro) de diámetro 63mm	50	0,87 €	43,40 €

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Tubo corrugado de doble pared (liso por dentro) de diámetro 90mm	230	1,01 €	231,73 €
Tubo corrugado de doble pared (liso por dentro) de diámetro 160mm	400	2,48 €	992,00 €
Tubo PVC, para canalización interior en superficie de diámetro 63mm	30	2,57 €	77,19 €
		TOTAL	48.145,62 €
		TOTAL +IVA	58.256,20 €
Obra civil (IVA Incluido)			
Excavación de zanja para la entubación de cableado eléctrico (m ³), incluyendo excavadoras y otros	2991,21	2,09 €	6.251,62 €
Excavación de zanja para la cimentación de placas y cuadros de conexión (m ³), incluyendo excavadoras y otros	373,56	1,68 €	627,58 €
Cimentación (m ³), incluyendo camiones y otros	373,56	79,56 €	29.720,52 €
Encofrado de la cimentación (m ²), incluyendo camiones y otros	67,04	6,09 €	408,26 €
Relleno de la excavación tras incursión de cables y demás (m ³), incluyendo excavadoras y otros	2991,21	3,28 €	9.811,15 €
		TOTAL	46.819,13 €
Dispositivos solares (IVA Incluido)			
Paneles fotovoltaicos monocristalinos ERPASA BIO-180W	1800,00	81,00 €	145.800,00 €
Seguidor DEGERtraker 5000NT y accesorios	60,00	2.142,00 €	128.520,00 €
Inversor IGETEAM INGECORF Sun 100 y accesorios	3,00	12.400,00 €	37.200,00 €
Centro de transformación prefabricado, reparto y medida, con transformadores de 630KVA y 50KVA	1,00	23.600,00 €	23.600,00 €
		TOTAL	335.120,00 €
Mano de obra (IVA Incluido)			
Derivados de la electricidad, contando electricistas, ayudantes y peones (para un primer relleno) (m)	12491,00	3,28 €	40.970,48 €
Derivados de la obra civil, incluyendo oficiales y peones en excavación y relleno (m ³)	6355,97	3,22 €	20.466,23 €
Derivados de la obra civil, incluyendo oficiales y peones en cimentación e instalación de seguidor (m ³)	440,60	17,01 €	7.494,58 €
Derivados de montaje de placas en seguidor: electricistas	2297,95	12,16 €	27.943,10 €
Derivados de inversor (ud)	1,00	18,14 €	18,14 €
		TOTAL	68.931,28 €

Proyecto Fin de Carrera: Estudio Básico y análisis de rentabilidad de una ampliación de 300 kW de un huerto solar fotovoltaico de 200 kW

Realizado por: Francisco Merlos Meca

Resumen del Presupuesto:

<i>Presupuesto total (IVA Incluido)</i>	<i>Gasto (€)</i>
Material eléctrico	58.256,20 €
Obra civil	46.819,13 €
Dispositivos solares	335.120,00 €
Mano de obra	68.931,28 €
TOTAL	440.195,33 €

Asciende el Presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de **CUATROCIENTOS CUARENTA MIL CIENTO NOVENTA Y CINCO EUROS CON TRENTA Y TRES CÉNTIMOS (440.195,33)**.