



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED

Alumno: Luis Damián Hervás López

Tutor: Manuel Valverde Ibañez

Depto.: Ingeniería Eléctrica

Febrero, 2018

Índice

1. MEMORIA	6
1.1 OBJETO	6
1.2 AUTOR DEL PROYECTO	6
1.4 SITUACION y EMPLAZAMIENTO	6
1.5 CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO	7
1.6 IMPACTO AMBIENTAL	7
16.1 Antecedentes.	7
1.6.2 Estudio impacto ecológico	8
1.6.3 Corrección Del Impacto Sobre El Suelo	9
1.6.4 Corrección Del Impacto Sobre La Vegetación	10
1.6.5 Corrección Del Impacto Sobre La Fauna	10
1.6.6 Corrección Del Impacto Sobre El Paisaje	11
1.7 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	11
1.7.1 Descripción De Subgeneradores De 100 Kw Nominales.	12
1.7.2 Generador Fotovoltaico	12
1.7.3 Conexión De Módulos	14
1.7.4 Inversor	15
1.7.5 Seguidor Solar	17
1.7.5 Protecciones.	18
1.7.6 Canalización Línea Eléctrica	22
1.7.7 Equipo De Medida	22
1.7.8 Puesta A Tierra	23
1.7.9 Seguridad Y Acceso	25
1.8 ESTUDIO ENERGÉTICO	25
1.8.1 Radiación Solar En Seguidores Solares	25
1.8.2 Evaluación del recurso solar	28
1.9 OBRA CIVIL	37
1.10 NORMATIVA	37
2. MEMORIA TÉCNICA	39
2.1 FÓRMULAS A UTILIZAR	39
2.1.1 Intensidad en corriente continua	39
2.1.2 Intensidad de corriente alterna trifásica	39
2.1.3 Caída De Tensión	40
2.1.4 Efecto Temperatura Cableado	40

2.2 CÁLCULOS	41
2.2.1 Nomenclaturas Y Cálculos En Seguidor	41
2.2.2 Secciones y conducción cableado CC Seguidores a Caseta de Inversión-Medida	42
2.2.3 Secciones CC Entre Módulos FV En Los Seguidores	45
2.2.4 Secciones CA Entre Inversores y Caseta de Medida	46
2.2.5 Secciones CA Entre Caseta de Medida y Centro de Transformación	47
2.3 FÓRMULA Y CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA, PICA VERTICAL.	47
2.4 CÁLCULO DE PROTECCIONES.	48
2.4.1 Protección Cuadro Conexión Trifásico en Caseta Inversión + Medida	49
2.4.2 Cortocircuito en módulos	49
2.4.3 Sobrecargas	50
2.4.4 Contactos Directos E Indirectos	50
2.4.5 Sobretensiones	51
2.5 CÁLCULO DE LA DISTANCIA ENTRE SEGUIDORES.	52
2.6 MEMORIA INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN.	52
2.6.1 Características de los locales.	55
2.6.2 Medida de la Energía Eléctrica en Baja Tensión	57
2.6.3 Puesta a Tierra.	57
2.6.4 Instalaciones Secundarias.	58
2.6.5 Línea Subterránea de media tensión.	60
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	63
3.1 OBJETO	63
3.2 GENERALIDADES	63
3.3 DEFINICIONES	64
3.3.1 Radiación Solar	64
3.3.2 Instalación	65
3.3.3 Módulos	66
3.3.4 Integración Arquitectónica	67
3.4 DISEÑO	67
3.4.1 Diseño Del Generador Fotovoltaico	67
3.4.2 Diseño Del Sistema De Monitorización	69
3.5 COMPONENTES Y MATERIALES	69
3.5.1 Generalidades	69
3.5.2 Sistemas Generadores Fotovoltaicos	70

3.5.3 Estructura Soporte	71
3.5.4 Inversores	73
3.5.5 Cableado	75
3.5.6 Conexión a red	75
3.5.7 Medidas	75
3.5.8 Protecciones	75
3.5.9 Puesta A Tierra De Las Instalaciones Fotovoltaicas	76
3.5.10 Armónicos Y Compatibilidad Electromagnética	76
3.6 RECEPCIÓN Y PRUEBAS	76
3.7 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO	78
3.7.1 Generalidades	78
3.7.2 Programa De Mantenimiento	78
3.7.3 Garantías	80
3.8 OBJETO	80
3.8.1 Códigos Y Normas	80
3.9 TRABAJOS ELÉCTRICOS GENERALES	81
3.9.1 Generalidades	81
3.9.2 Canalizaciones Eléctricas	81
3.9.3 Conexionado	82
3.9.4 Sistema De Puesta A Tierra	84
4. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	87
4.1 MEMORIA INFORMATIVA	87
4.1.1 Objeto	87
4.1.2 Datos De La Obra	87
4.2 MEMORIA DESCRIPTIVA	87
4.2.1 Descripción Técnica Del Proyecto	87
4.2.2 Climatología	87
4.2.3 Accesos Y Vallado	88
4.3 ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN	88
4.3.1 Trabajos De Soldadura	88
4.3.2 Maquinaria a emplear	120
4.3.3 Medios auxiliares	128
4.3.4 Instalaciones provisionales	136
4.4 PLIEGO DE CONDICIONES	140
4.4.1 Legislación Aplicable	140

4.4.2 Consideraciones De Los Equipos De Protección Colectiva	143
4.4.3 Consideraciones De Los Equipos De Protección Individual	144
4.4.4 Señalización De La Obra	144
4.4.5 Equipos De Seguridad De Los Medios Auxiliares, Máquinas Y Equipos	145
5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO	147
5.1 OBRA CIVIL	147
5.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	148
5.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	152
5.4 SEGUIDORES SOLARES	152
5.5 MÓDULOS DE POTENCIA	153
5.6 INSTALACIÓN, MONTAJES, PRUEBAS, AJUSTES Y PUESTA EN MARCHA	153
5.7 LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN	154
5.8 LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN	154
5.9 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	155
6. ESTUDIO ENERGÉTICO-ECONOMICO	156
7. BIBLIOGRAFIA	164
7.1 Memoria	164
7.2 Pliego de condiciones	164
7.3 Estudio básico de seguridad y salud.	164
7.4 Página Webs.	164
7.5 Programas informáticos utilizados	164

1. MEMORIA

1.1 OBJETO

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de una instalación (huerta) solar fotovoltaica de 400KW nominales conectados a la red eléctrica.

Para la realización del proyecto, se elaborará un estudio técnico-económico compuesto por un análisis energético y una valoración económica para el montaje y la conexión a red eléctrica.

1.2 AUTOR DEL PROYECTO

Luis Damián Hervás López

DNI: 75100703E

Estudiante de Grado en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Jaén, Escuela Universitaria Politécnica en Linares.

1.4 SITUACION y EMPLAZAMIENTO

Adjunto informe Sigpac (Fig 1.4.1) con la información de la parcela, los planos de situación y detalles los incorporaré en el apartado de planos:

 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE		FONDO ESPAÑOL DE GARANTÍA AGRARIA		DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC	
		Provincia: 23 - JAEN			
		Municipio: 94 - Vilches			
		Agregado: 0		Zona: 0	
		Poligono: 52		Parcela: 150	

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:		07/2016
	Fecha de la cartografía Catastral (*):		05/10/2009
X: 455271,84	Fecha de impresión:		17/01/2018
Y: 4226560,47	Escala aproximada de impresión:		1 : 3000
DATUM WGS84			
HUSO 30			

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)	Región
				%	ha			
2	4,02	16,00	OLIVAR			0		1902 (2)

Fig 1.4.1. Datos situación parcela Sigpac

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO

La parcela objeto se encuentra en campo abierto en pleno olivar, bien orientado al Sur y sin obstáculos naturales ni artificiales, lo que facilita la penetración de la radiación solar.

Además, existe punto para la conexión de media tensión a la Red, con un poste en la misma parcela.

Por tanto, teniendo en cuenta estas circunstancias, la parcela a proyectar favorece la instalación de los equipos de generación eléctrica que se van a proponer en este TFG.

1.6 IMPACTO AMBIENTAL

1..1 Antecedentes.

El nivel de desarrollo de una sociedad hasta ahora ha ido asociado al avance tecnológico y al aumento del consumo energético, si bien la carrera por este desarrollo

debe ir de la mano al respeto por nuestro entorno.

En el espíritu de esta idea, surge el Protocolo de Kioto en diciembre de 1997 y al compromiso de fomentar el ahorro energético, mejorar la eficiencia energética y a reducir las emisiones de los gases causantes del efecto invernadero.

Teniendo en cuenta este entorno socioeconómico y la aprobación en el Ministerio de Economía de diferentes Reales Decretos con el objetivo de proteger el medio ambiente y dentro de los sectores que conocemos garantizar un suministro eléctrico de calidad, surge la idea de orientar este TFG hacia una central solar.

Las obras de ejecución se limitan a:

- La mejora de los caminos de parcelaria de acceso
- La construcción de cinco casetas.
- La instalación de la red y canalizaciones subterráneas eléctricas necesarias.
- La instalación de un poste para acometida aérea
- La instalación de los seguidores
- La construcción de un cierre perimetral, de malla abierta y 3 m de altura

1.6.2 Estudio impacto ecológico

Teniendo en cuenta lo anterior, en el marco del presente Proyecto, los elementos del medio susceptibles de sufrir impacto son los siguientes:

- Elementos del medio físico: clima, atmósfera, geología y geomorfología, hidrología superficial, hidrología subterránea.
- Elementos del medio biológico: vegetación, fauna terrestre y avifauna y la comunidad biológica ripiara, edafología, capacidad agrícola.

- Riesgos y molestias inducidas: emisiones atmosféricas, ruidos y riesgos geotectónicos.

- Elementos estético culturales: patrimonio cultural y paisaje.

- Gestión territorial y elementos socioeconómicos.

No hay afecciones a la fauna, salvo las derivadas del cierre al paso en la parcela de algunos vertebrados como pueden ser liebres, conejos y zorros

Por otro lado, la capacidad agronómica de la zona se centra en concretar el sistema de aprovechamiento que va acorde con la capacidad productiva del suelo en cuestión, actualmente es ocupada por un olivar, por la trayectoria de este olivar en rendimiento económico y asumiendo que la inversión es cuantiosa, tendrá más rendimiento y beneficios a medio-largo plazo el nuevo uso que la existente explotación del olivar.

1.6.3 Corrección Del Impacto Sobre El Suelo

Va a existir una ocupación irreversible del suelo fértil por la construcción de las vías de acceso, enterramiento de líneas eléctricas y de la propia superficie de instalación. Para minorar estos efectos se propone:

- Retirada y acopio de tierra vegetal en las zonas ocupadas de la explotación.
- Repoblación en las proximidades de la instalación con tierra de cobertura vegetal y vegetación con especies autóctonas del ecosistema.
- Relleno / nivelación del terreno con la tierra no fértil de los estratos más profundos.

Para la gestión de los aceites usados y cualquier otro residuo de carácter peligroso que se genere en la fase de construcción se instará a lo especificado en la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos, y normativas específicas. Se prohibirá expresamente la reparación o el cambio de aceite de la maquinaria en zonas que no estén expresamente destinadas a ello.

1.6.4 Corrección Del Impacto Sobre La Vegetación

Retirada selectiva de la capa de tierra vegetal en las operaciones de excavación y almacenarlas en montículos sin sobrepasar los 2 m de altura, para evitar la pérdida de sus propiedades orgánicas bióticas (obra).

Reutilización de la tierra previamente retirada por excavadoras y acelerar así el proceso de regeneración de la cubierta (obra).

Revegetación de las zanjas de evacuación subterránea mediante aporte de tierra vegetal fertilizada y siembra vegetación herbácea autóctona (obra).

Revegetación perimetral de abeto cubriendo la valla de protección.

1.6.5 Corrección Del Impacto Sobre La Fauna

No es necesario realizar nuevos tendidos eléctricos, en cuanto a las líneas existentes y a su posible mejora y reforzamiento, se tendrán en cuenta:

- Señalización de cables con cintas, bandas o tubos de colores vistosos.
- Retirada de los hilos de tierra que situados en un plano superior al de los conductores y más finos que estos, son responsables de la mayoría de los accidentes.
- Aislar trozos de conductor en la zona de la torreta. Con este fin se pueden emplear cintas aislantes para alta tensión o fundas de material plástico.
- Para realizar las obras en la fase de construcción durante los meses de enero a junio para evitar molestias a las rapaces en su periodo de nidificación y cría.
- Medidas tendentes a disminuir el riesgo de colisión y electrocución. Las líneas de evacuación irán en lo posible enterradas.
- Seguimiento del Plan de Vigilancia Ambiental.

1.6.6 Corrección Del Impacto Sobre El Paisaje

Debido a la construcción de nuestra instalación fotovoltaica, se va a producir una perturbación de carácter global en el paisaje que corregiremos con las siguientes medidas:

- Los materiales de hormigón de rechazo, embalajes, así como otros residuos generados durante la fase de construcción caracterizados como inertes tendrán como destino un vertedero de residuos inertes que reúna las condiciones necesarias.
- Remodelación de la topografía alterada.
- Medidas protectoras de la vegetación existente.
- Las tonalidades cromáticas de la construcción deberán estar en concordancia con el paisaje del entorno y las construcciones típicas de la zona, por lo que se pintarán de colores ocres terrosos paredes y muros.

Los accesos minimizan su impacto evitando al máximo posible el movimiento de tierras necesario, recuperando inmediatamente el cubriente vegetal afectado y autorizándose el paso sólo al personal de explotación de las instalaciones.

1.7 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

El presente documento contiene el proyecto técnico para la construcción de una planta de producción fotovoltaica de 400 KW de potencia nominal de generación de energía conectada a la red eléctrica.

El punto de conexión concedido por la compañía distribuidora es:

Compañía distribuidora: SEVILLANA ENDESA.

Punto de conexión: La conexión a la red de ENDESA distribución se realizará a la tensión de 15KV en el poste situado en la parcela proyectada.

Se trata de una planta de producción fotovoltaica de 400 KW nominales que está compuesta por un total de 4 Subgeneradores de producción fotovoltaica de 100 kW nominales utilizando módulos GENERICOS MONOCRISTALINOS de 250 Wp 60 CELLS a través de 4 inversores de 100Kw nominales

La configuración de cada una de las centrales se detalla en los apartados siguientes.

1.7.1 Descripción De Subgeneradores De 100 Kw Nominales.

Se trata de cuatro subgeneradores iguales entre sí con una potencia nominal de 100 kW y una potencia pico de 105Wp generada a partir de paneles mono cristalinos de 250 Wp.

Cada subgenerador de 100 kW de potencia nominal está constituida por 7 seguidores solares de 15 kWp. Compuesto a su vez de 60 módulos FV cada seguidor. Estos módulos están conectados en tres cadenas de 20 módulos en serie. Que como veremos en los cálculos nos darán una potencia nominal de 14,5KW.

La energía eléctrica producida en corriente continua (DC) en cada uno de los seguidores solares es inyectada a un inversor de 100 kW. Con una tensión de entrada de 450 a 700V ubicado en una caseta acondicionada en el centro de cada subgenerador (en planos queda detalle de donde está situada cada caseta).

La salida de cada uno de los cuatro inversores de cada central de 100 kW va a un contador de energía, ubicado en la misma caseta que los inversores del subgenerador 2, y es volcada a la red eléctrica de MT a través de un transformador elevador de potencia de 630VA a 15 KV.

1.7.2 Generador Fotovoltaico

Se denomina generador fotovoltaico al conjunto de módulos fotovoltaicos encargados de transformar sin ningún paso intermedio la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica de continua.

La potencia de la planta será de 420 kWp

Estos tipos de paneles utilizan células de silicio monocristalino que garantizan con un máximo rendimiento la producción eléctrica mientras exista radiación solar. Las cajas de conexiones intemperie incorporan diodos de derivación (by-pass) para evitar la posibilidad de rotura de circuito eléctrico en el interior del módulo como consecuencia de sombreados parciales de alguna célula.

Estas características son especificaciones en condiciones estándar (según la normativa EN 61215) de 1000W/m², temperatura de la célula de 25°C y una masa de aire de 1,5.

Células cuadradas de silicio Monocristalino. (125x125 mm).

Células texturadas químicamente y con capa antirreflexiva.

Contactos redundantes, múltiples, en cada célula.

Circuito laminado entre dos capas de EVA (etilen-vinil acetato).

Marco de perfil de aluminio anodizado. Cara frontal protegida con vidrio templado de alta transmisividad.

Cara posterior protegida con Tedlar de varias capas.

Cajas de conexión incluyendo diodo de bypass.

Toma de tierra exterior.

Diseñado y fabricado cumpliendo especificaciones IEC61215, TUV CLASE II, CE, ISO 9001-2000.

En la figura 1.7.2a adjunta se indican las características de los paneles proyectados:

Potencia STC (fabricante)	Pnom	250 Wp	Tecnología	Si-mono
Dimensiones módulo (LxA)	0.992 x 1.640	m ²	Superficie bruta módulo	Smódulo 1.63 m ²
Cantidad de células	1 x 60		Sup. sensible	Scélulas 1.42 m ²
Especificaciones para el modelo (fabricante o datos de medida)				
Temperatura de referencia	TRef	25 °C	Irradiancia de referencia	GRef 1000 W/m ²
Tensión de circuito abierto	Voc	37.4 V	Corriente de cortocircuito	Isc 8.63 A
Tensión punto potencia máx	Vmpp	30.7 V	Corriente punto potencia máx	Impp 8.14 A
=> potencia máxima	Pmpp	249.9 W	Coef. de temp. Isc	milsc 4.3 mA/°C
Parámetros de modelo con un diodo				
Resistencia paral.	Rparal	300 ohm	Corriente saturación diodo	Io Ref 0.024 nA
Resistencia serie	Rserie	0.29 ohm	Coef. de temp. Voc	MuVoc -140 mV/°C
			Factor calidad diodo	Gamma 0.91
Coef. temp. Pmpp específica	miPmáxR	-0.45 %/°C	Coef. temp. en Gamma	miGamma -0.001 1/°C
Parámetros de Polarización Inversa, para comportamientos en sombreado parcial o mismatch				
Características inversas (oscuro)	BRev	3.20 mA/V ²	(Factor cuadrático por célula)	
Cant. diodos bypass por módulo		3	Tensión directa diodos by-pass	-0.7 V

Figura 1.7.2a. Características módulo FV genérico de 250Wp

En la figura 1.7.2b se muestra los resultados del estudio de este módulo FV en condiciones estándar:

Resultados modelo para las condiciones estándar (STC: T=25°C, G=1000 W/m², AM=1.5)

Tensión punto potencia máx	V _{mpp}	30.7 V	Corriente punto potencia máx	I _{mpp}	8.15 A
Potencia máxima	P _{mpp}	249.9 Wc	Coef. de temp. potencia	miP _{mpp}	-0.44 %/°C
Eficiencia(/ Sup. módulo)	Efic _{mód}	15.4 %	Factor de forma	FF	0.774
Eficiencia(/ Sup. células)	Efic _{cél}	17.6 %			

Módulo FV: Generic, Mono 250 Wp 60 cells

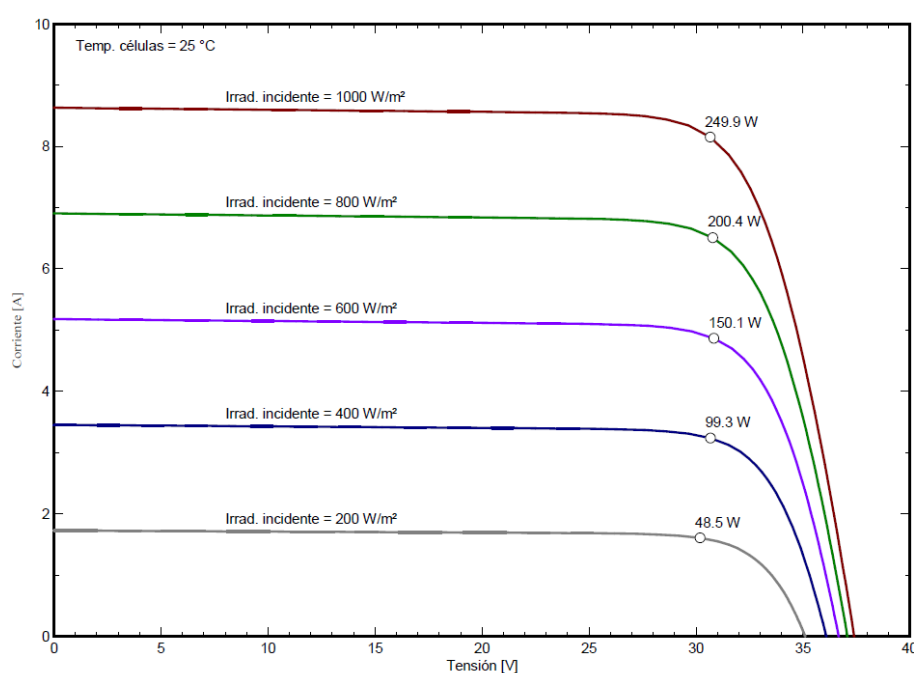


Figura 1.7.2b. Resultados módulo FV genérico de 250Wp en condiciones estándar.

1.7.3 Conexión De Módulos

Cada uno de los subgeneradores de producción se compone de un total de 420 paneles de 250 Wp con las características indicadas anteriormente, divididas en 7 seguidores de 60 paneles y cada seguidor dividido en 3 cadenas de 20 módulos FV en serie.

Los dos bornas (+/-) de la agrupación en serie son conectadas a unas bornas portafusibles (+/-) seccionables con tirador tipo ABB ML10/13.SF.IEC o similar que se

encuentra en el interior de una caja eléctrica de protección intemperie IP-665 a los pies de cada seguidor.

La salida de estas bornas portafusibles se agruparán en una Línea General de CC por cada uno de los seguidores que discurrirá a través de un zanjeado hasta un cuadro general de CC situado en una caseta acondicionada donde se agruparán y protegerán las 7 líneas de cada uno de los seguidores y cuya salida entrará a cada uno de los inversores de 100 kW como se indica en los esquemas unifilares y de principio de la instalación.

1.7.4 Inversor

Son dispositivos electrónicos, que basándose en tecnología de potencia transforman la corriente continua procedente de los módulos FV en corriente alterna. De esta manera, la instalación fotovoltaica puede operar en paralelo con la red.

Los inversores trabajan de forma que toman la máxima potencia posible (seguimiento del punto de máxima potencia) de los módulos solares. Cuando la radiación solar que incide sobre los paneles no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor deja de funcionar. Puesto que la energía que consume la electrónica procede de los paneles solares, por la noche el inversor sólo consume una pequeña cantidad de energía procedente de la red de distribución de la compañía.

En este proyecto vamos a utilizar un inversor Siemens Sinvert 100 M como modo de ejemplo para los cálculos en PVSyst ya que en el programa no hay un genérico con las características que necesitamos-

En la figura 1.7.4 destacan las características del inversor a instalar:

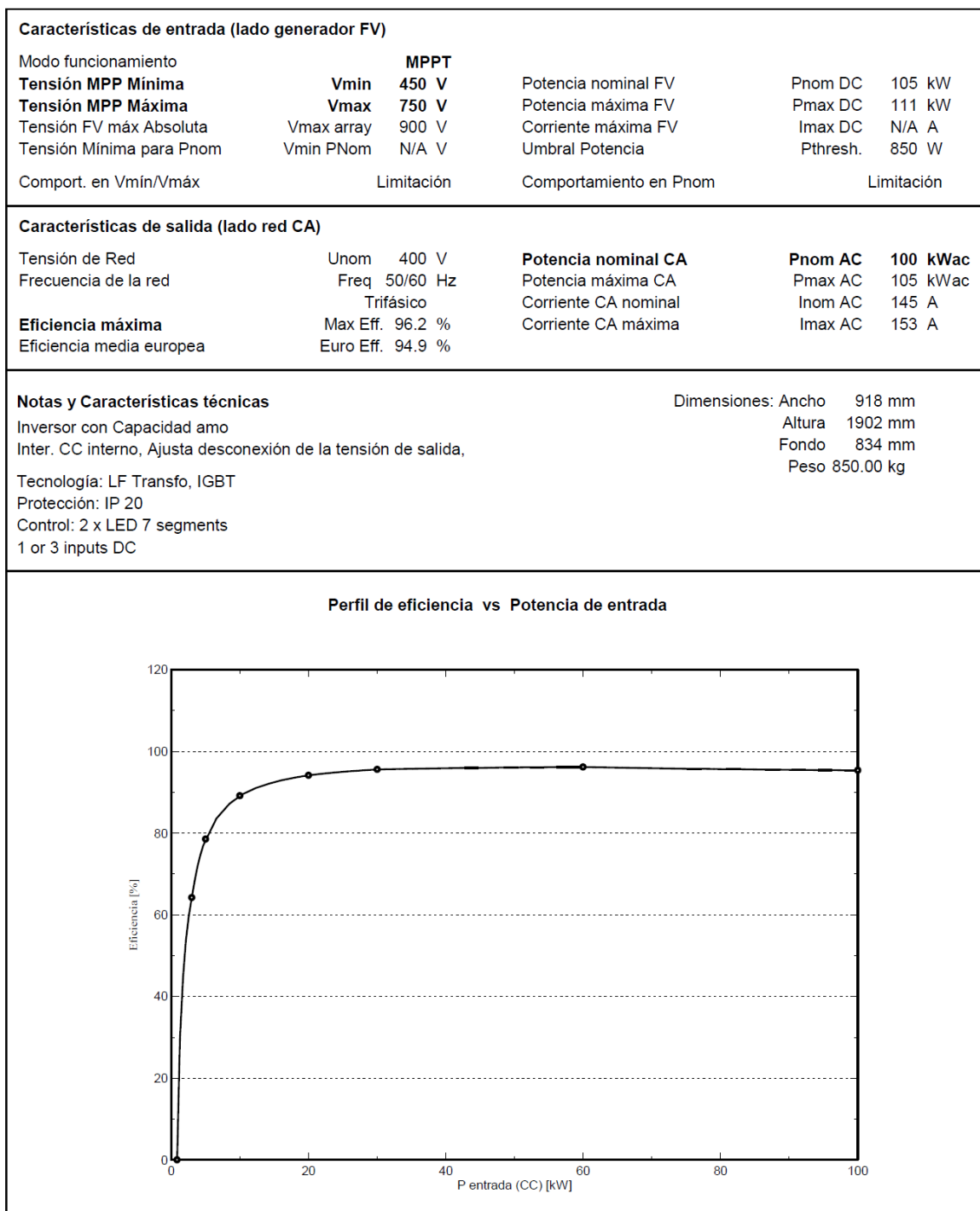


Figura 1.6.4 Características Inversor Siemens Sinvert 100 M.

1.7.5 Seguidor Solar

Como se ha comentado, vamos a montar en cada seguidor solar 60 módulos FV. En la disposición de 6 columnas por 10 filas que hacen un total de 9840*9920mm y un área de 97.61m².

Los seguidores solares son capaces de incrementar en más de un 35% la producción de energía solar fotovoltaica respecto a una instalación fija, lo que permite maximizar la rentabilidad al reducir la inversión en paneles solares.

Cimentación mediante zapata superficial 7,5m³ que no requiere excavación. Solamente ha de realizarse una limpieza del terreno eliminando la primera capa de vegetación y posterior allanado del terreno.

Los seguidores se conectan a una estación meteorológica, que con la ayuda de un autómata OLC, se orienta ante las diversas situaciones climatológicas. La programación del autómata permite actuar al seguidor ante nieve (posición vertical), tormenta eléctrica, niebla, oscuridad y viento. Es capaz de soportar vientos de hasta 145 km/h, programándose la posición horizontal a vientos superiores a 75 km/h. Cada seguidor cuenta con su propio autómata PLC independiente y programable, mediante el cual el seguidor realiza el seguimiento solar astronómico, actúa en función del clima exterior y permite una operación a distancia.

En la figura 1.7.5a y b vemos las características geométricas del seguidor



Figura 1.6.5a

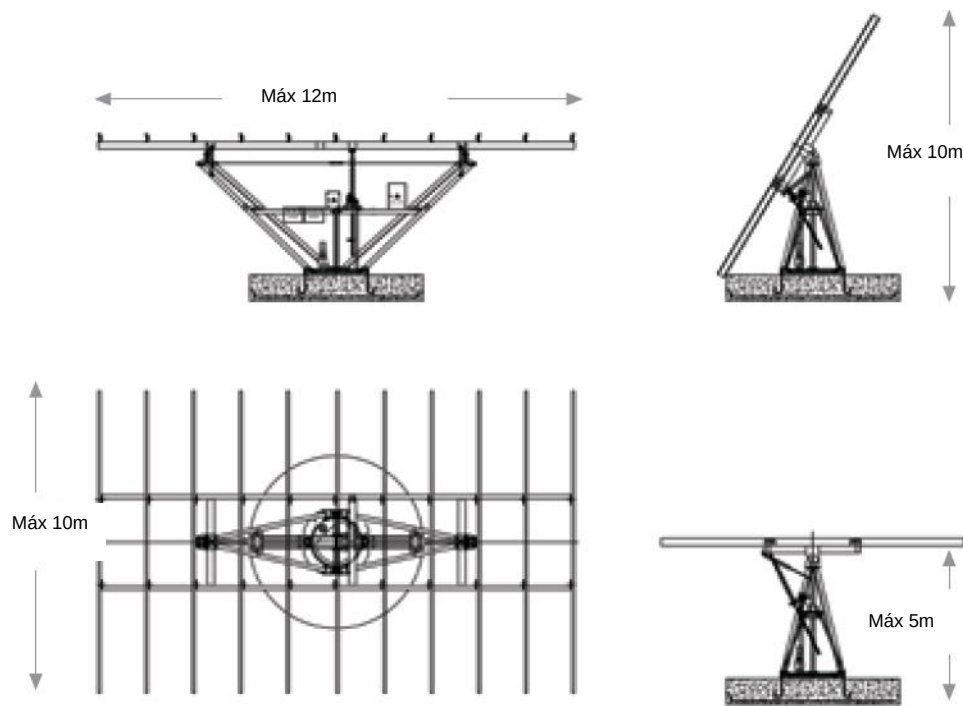


Fig 1.7.5b

1.7.5 Protecciones.

Esta parte representa y constituye una configuración de elementos que actúan como interfaz de conexión entre la instalación fotovoltaica (DC) y la red (AC) en condiciones adecuadas de seguridad, tanto para personas, como para los distintos componentes que la configuran.

De lo expuesto anteriormente se desprende que la electricidad obtenida en cada subgenerador, se inyectará a la red a través de los inversores. Esto supondrá una circulación de corriente eléctrica, lo cual determina una potencia eléctrica a transportar a través de una línea eléctrica, desde el punto de generación hasta el punto de interconexión con la red.

Esta distancia se verá dividida eléctricamente en dos tramos según la naturaleza de la corriente: un primer tramo para DC y otro segundo para AC tras realizar la conversión mediante los inversores.

El sistema de protecciones cumplirá las exigencias previstas en la

reglamentación vigente. Entre ellos los establecidos en el Real Decreto 1663/2000 (art.11) y el Reglamento Electrotécnico de baja Tensión (REBT).

Ambas legislaciones determinan las siguientes medidas de protección entre otras:

Los conductores (secciones y aislamiento) serán calculados para cumplir (en exceso) el REBT.

El conductor de corriente alterna estarán protegidos mediante fusibles y magnetotérmicos contra sobre-intensidades.

Los conductores del campo fotovoltaico serán dimensionados para soportar, como mínimo el 150% de la intensidad de cortocircuito sin necesidad de protección. El cálculo de las secciones cumplirá según el REBT. Además, las secciones serán tales que las pérdidas totales máximas sean inferiores al 1,5%.

Los conductores del campo fotovoltaico se dotarán de fusibles seccionadores, fusibles rápidos dimensionados al 150% de la intensidad de cortocircuito, en cada una de las líneas que vienen del campo FV y en la línea total al inversor. En operaciones de mantenimiento (únicamente a realizar por personal especializado) es necesario advertir que, aunque se abran los fusibles seccionadores pueden aparecer tensiones superiores a 600 V entre los terminales positivos y negativos de las líneas de los campos fotovoltaicos.

La estructura y marco de los módulos fotovoltaicos estarán conectadas a tierra de acuerdo con el REBT (Instrucción técnica complementaria ITC-BT-18: Puestas a tierra) y tal como exige el RD 1663/2000. La conexión a tierra de la estructura soporte ofrecerá por un lado una buena protección contra sobrecargas atmosféricas y por otro lado una superficie equipotencial que previene ante contactos indirectos (en el caso de que uno de los polos activos del campo fotovoltaico presente un contacto de defecto con la estructura, si esta está puesta a tierra se evitan daños por contacto de una persona con la estructura).

El inversor utilizado evitará que se puedan poner en contacto los conductores de corriente DC con los conductores de corriente AC (aislamiento galvánico o equivalente).

Además de lo mencionado anteriormente, la parte de la instalación de corriente alterna se realizará de acuerdo con la normativa aplicable en concreto:

La instalación estará protegida contra contactos directos, según las medidas de la ITC-BT-24 del REBT. Incluirá una combinación de tres tipos de protecciones: Alejamiento de las partes activas de la instalación junto con una interposición de obstáculos que impiden todo contacto accidental con las partes activas y recubrimiento de las partes activas con aislamiento apropiado. Los conductores poseerán un aislamiento de 0,6/1KV (corriente de contacto $\ll$ 1 miliamperio). Se utilizarán cajas aislantes e inaccesibles para todos los conexionados. Los conductores están aislados mediante tubo de cualquier contacto. Las partes metálicas utilizadas para impedir cualquier contacto accidental con las partes activas están protegidas contra contactos indirectos.

La instalación estará protegida contra contactos directos, según las medidas indicadas en la ITC-BT-24 del REBT. En concreto: Para los circuitos de corriente alterna se ha utilizado la medida de protección: "Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto".

Todas las partes metálicas y masas de la instalación, tanto de la parte de continua como de la de alterna, están conectadas a una única tierra, que además es independiente del neutro de la línea de distribución, de acuerdo con el REBT y el RD1663/2000.

El conjunto de protecciones instaladas será:

-Interruptor general manual: será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.

Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.

-Interruptor automático diferencial: su fin es el de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento de la instalación.

Los interruptores diferenciales serán del tipo y denominación que se fijen en el proyecto, pudiendo sustituirse por otros de denominación distinta, siempre que sus características técnicas se ajusten al tipo exigido, lleven impresa la marca de conformidad a Norma UNE y haya sido dada la conformidad por la Dirección Facultativa.

Por él deberán pasar todos los conductores que sirvan de alimentación a los aparatos receptores, incluso el neutro.

-Interruptor automático de la interconexión: para la conexión-desconexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o de la frecuencia de red, junto a un relé de enclavamiento.

-Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um respectivamente). Esta protección estará integrada en los inversores.

El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora. Esto es gestionado por los inversores. El estado del contactor (on/off) deberá señalizarse con claridad en el frontal del equipo en un lugar destacado.

-Interruptor de corte CC: este elemento permite aislar los inversores de los generadores en el lado de continua.

El cuadro eléctrico constará de una pletina de cobre para su puesta a tierra y del resto de elementos de la instalación con cable de cobre desnudo de 35mm² de sección.

Físicamente, el trazado de la línea se dividirá en tres tramos. Para la parte de DC que sale de cada subgenerador hacia la caseta de inversión y medida, este tramo irá enterrado. Otro tramo en AC desde cada caseta de inversión y medida hasta la caseta del centro de transformación (CT) que también irá enterrado y por último un tramo en AC media tensión 15KV desde la caseta CT hasta el poste de acometida aérea.

Se ha previsto la instalación de protecciones contra sobretensiones producidas por caída de rayo.

La disposición y tipo de protecciones se especifican en los esquemas unifilares de la instalación.

1.7.6 Canalización Línea Eléctrica

La línea está dividida eléctricamente en dos tramos según la naturaleza de la corriente: un primer tramo para suministrar DC y un segundo tramo con AC, tras realizar la conveniente transformación mediante los inversores.

En el tramo de DC, distinguiremos dos partes, una parte que es la conexión serie-paralelo de los módulos FV que se hará y situará convenientemente anclada al pedestal de la cimentación del seguidor, en su parte cilíndrica, y protegidas en lo posible del sol ubicándolos en la zona norte del mismo. Y una segunda que sale de la caja de empalmes citada de cada seguidor hasta la caseta de inversión. Irán canalizados bajo tubo enterrado. La sección variará según RBT dependiendo de la distancia del seguidor a la caseta de inversión. Las secciones y detalles se mostrarán en la sección de memoria técnica.

Igualmente, de cada caseta de inversión saldrá la línea eléctrica de CA hasta el centro de medida, y posteriormente al centro de transformación (CT). De forma análoga, la sección de cable y tubo de PVC enterrado, variará según RBT y la distancia de cada caseta de inversión al centro de medida situado en la caseta del subgenerador 2 la cual llamaremos caseta de Inversión y Medida (I+M). Por otro lado, del CT saldrá la línea eléctrica CA MT a 15KV enterrada bajo tubo de PVC hasta la acometida aérea. Como se ha comentado, todos los cálculos y detalles de secciones y cableado se harán en la memoria técnica.

1.7.7 Equipo De Medida

Para la medida se cumplirá lo dispuesto en el RD 1663/2000 en su artículo 10. Los consumos eléctricos en el mismo emplazamiento que la instalación fotovoltaica, se situarán en circuitos independientes de los circuitos eléctricos de la instalación fotovoltaica y de sus equipos de medida. La colocación de los contadores y de los equipos y las condiciones de seguridad están de acuerdo a la ITC-BT-16.

El contador de salida será bidireccional. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica. En el caso de instalación de dos contadores, no será necesario contrato de suministro para la instalación fotovoltaica.

Irán colocados uno por cada subgenerador, dentro de la **Caseta I+M**.

Se dotará a la instalación de un sistema de comunicación y monitorización de datos de producción de energía eléctrica y de todos los parámetros relevantes referentes al rendimiento del generador (potencia, tensión e intensidad de operación...).

Todos los datos se podrán visualizar de forma instantánea o histórica mediante tablas y gráficos y la comunicación con el ordenador podrá ser directa al equipo informático o a través de una línea telefónica mediante el uso de un módem o GSM.

1.7.8 Puesta A Tierra

La instalación de puesta tierra cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (art.12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

“Todas las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una red de tierras independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como de las masas del resto del suministro.”

Según lo indicado en la instrucción ITC-BT-18, se procede a la puesta en tierra de

las masas metálicas con el objetivo de proteger contra contactos indirectos y se colocan dispositivos de corte por intensidad AC de defecto (interruptores diferenciales).

Como sistema de instalación del neutro se adopta el de puesta a tierra TT (masas interconectadas y puestas a tierra en un punto).

Se dispone en la instalación un cable desnudo de cobre de 35 mm², que se encuentra enterrado en zanjas situadas junto a la instalación en contacto directo con el terreno, conectado también a varias piquetas enterradas en distintos puntos.

Todos los conductores de protección de esta instalación cumplirán la instrucción ITC-BT-19. Unen eléctricamente las masas de la instalación a ciertos elementos, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. Todos los conductores del circuito de tierra tendrán un buen contacto, tanto en las partes metálicas que van a unir a tierra como con el electrodo, efectuando estas conexiones mediante piezas de empalme con apriete por tornillo o soldadura de alto punto de fusión, con el fin de preservar las posibles oxidaciones de los empalmes, se recubrirán con Chatterton o cualquier pasta similar.

El conductor del circuito de tierra será tendido por la misma canalización que los conductores de energía, y estarán compuestos por el mismo material que los conductores activos y su sección según se determina en la instrucción ITC-BT-19, apartado 2.3. Será tabla 1.7.8

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

Tabla 1.7.8

En el esquema unifilar quedan reflejadas las secciones adoptadas en cada circuito.

El conductor se fijará por medio de terminales, tuercas y contratueras o collares de materiales no férricos o también con terminales y tuercas a otros elementos conductores (estructuras, marcos, etc.).

La red de tierras se hará a través de picas de cobre de 2 m de longitud y 14mm de diámetro mínimo. La configuración de las mismas debe ser redonda y de alta resistencia.

1.7.9 Seguridad Y Acceso

Por razones de seguridad y para evitar u obstaculizar actos vandálicos, robos o intrusiones no deseadas en la central de producción solar F.V., se ha previsto un vallado tipo diáfano perimetral de la central de las siguientes características.

Un vallado perimetral de 3,0m de alto realizado con malla simple torsión galvanizada en caliente de trama 40/14, tipo Timina o similar y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión de 48 mm. De diámetro recibidos con hormigón HM-20/P/20/I de central.

El tipo de vallado y la distancia de éste a las centrales F.V. es tal que no se generan sombras sobre éstas.

El acceso a la instalación se realizará desde un camino de servicio ya existente para él.

1.8 ESTUDIO ENERGÉTICO

1.8.1 Radiación Solar En Seguidores Solares

En términos de energía AC, la ganancia energética que proporcionan los seguidores solares en sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica es significativamente superior a la que indican los análisis en términos de radiación solar

incidente. Los seguidores solares mejoran el rendimiento energético y económico de tales sistemas.

El seguimiento de la trayectoria solar hace que la producción energética se incremente hasta en un 35% comparado con los sistemas en estructura fija como se puede ver en el estudio comparativo de la figura 1.8.1. y la tabla 1.8.1

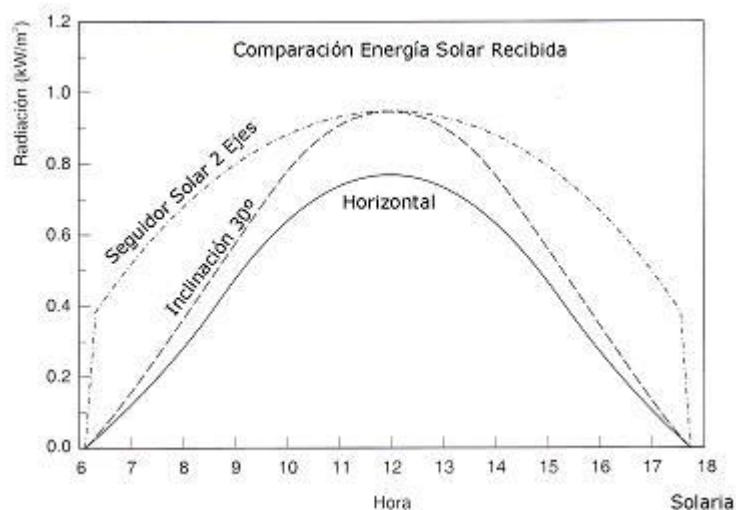


Figura 1.8.1

Ganancia que se puede obtener con seguidor solar respecto a paneles sin seguidor (Kw-h/día por metro cuadrado)							
MES	Comparación con placa fija con inclinación = latitud			Paneles fijos, inclinación LATITUD + 15°		Paneles fijos, inclinación LATITUD - 15°	
	Sin seguidor	Con seguidor	Ganancia (%)	Sin seguidor	Ganancia (%)	Sin seguidor	Ganancia (%)
Enero	3,2	3,9	22	3,34	17	2,8	39
Febrero	3,7	4,5	22	3,8	18	3,5	29
Marzo	4,6	5,8	26	4,5	29	4,5	29
Abril	5,6	7,3	30	5,15	42	5,7	28
Mayo	5,8	8,1	40	5,15	57	6,2	31
Junio	5,7	8,3	46	4,9	69	6,2	34
Julio	5,7	8,1	42	4,9	65	6,1	33
Agosto	5,3	7	32	4,8	46	5,6	25
Septiembre	5,3	7	32	5,15	36	5,35	31
Octubre	4,3	5,4	26	4,3	26	4,1	32
Noviembre	3,3	4,1	24	3,5	17	3,05	34
Diciembre	2,9	3,58	23	3,1	15	2,6	38
Total Año	4,61	6,2	34	4,4	41	4,6	35

Tabla 1.8.1

La irradiación incidente en valores absolutos puede variar hasta un 17% de un año a otro, pero la ganancia asociada al seguimiento permanece prácticamente constante,

con variaciones inferiores al 3%.

En cuanto a la suciedad de los paneles uno de los problemas mayores en las plantas solares, donde la limpieza de los paneles sólo se realiza por lluvia. La suciedad no sólo tapa la superficie receptora, sino que también acorta el ángulo límite de incidencia, por encima el cual la radiación solar no llega a las células, sino que se pierde por reflexión en la cara externa del vidrio. Los seguidores tienen una ventaja clara ya que, para conseguir la misma producción, una superficie que sigue al sol requiere ser limpiada con menor frecuencia que una estática. Esto se debe a que la radiación que llega a los seguidores es siempre perpendicular, lo que disminuye el ángulo de incidencia y la radiación perdida por reflexión es menor.

Además, el incremento de la radiación asociado al seguimiento hace subir la relación entre la potencia de trabajo y la potencia nominal de los inversores. El efecto sobre la eficiencia de la conversión de energía DC en AC depende de las características particulares del inversor y de su tamaño relativo respecto al generador. En general, la eficiencia energética tiende a subir cuando lo hace esa relación, con lo que los sistemas con seguimiento solar hacen que el inversor sea más eficiente, dando como resultado una mayor producción de energía AC con la misma entrada de energía DC.

Los problemas que plantean los sistemas de seguimiento solar son los siguientes:

- Incremento de la inversión. Es verdad que los sistemas con seguimiento solar necesitan mayor gasto en la estructura y también en la cimentación. Sin embargo, en la mayoría de los casos, este aumento es compensado por una ganancia superior de energía, lo que se traduce en una mayor producción.
- El mantenimiento. Los sistemas con seguimiento solar, al llevar partes móviles, conllevan un mantenimiento mayor que las estructuras fijas. Sin embargo, el aumento de coste asociado es pequeño ya que un seguidor se mueve muy poco, por lo que fiabilidad no está asociada a la resistencia de desgaste, sino a la resistencia a las condiciones anormales (vientos muy fuertes y turbulentos, fallos de alimentación, etc.) que se deben de tener en cuenta en función de la zona en la que se encuentren.

- Posibles sombras por mala configuración. El seguimiento solar implica la necesidad de mayor terreno, en torno a 5.000 m² por 100 Kw de seguidores, aunque depende del modelo del seguidor. Disponiendo del área necesaria y estudiando las posibles sombras entre seguidores para establecer una buena configuración se pueden minimizar bastante estas pérdidas por sombras.

1.8.2 Evaluación del recurso solar

1.8.2.1 Radiación sobre superficie con seguidor solar

El estudio del recurso solar se ha realizado a partir de las bases de datos de radiación solar del Instituto Nacional de Meteorología.

Los cálculos se realizan para una inclinación óptima de 30° incrementados en un 26% por seguidor solar.

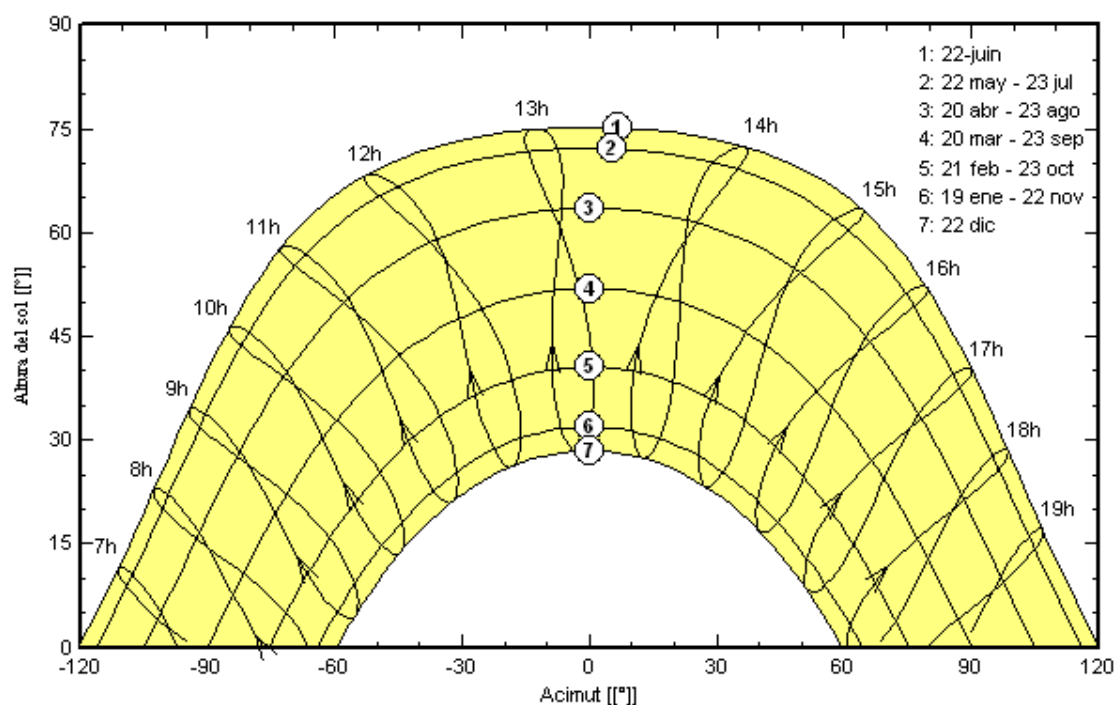
La tabla 1.8.2.1 presenta la ganancia de irradiación mensual por seguidor solar, a partir de los datos suministrados por la aplicación informática Meteonorm 7.1.

TFG
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	76.6	10.05	167.7	158.6	61.8	59.0	13.49	12.88
Febrero	88.7	11.85	150.8	141.8	55.2	52.8	13.39	12.80
Marzo	135.4	15.03	220.5	207.7	79.0	75.4	13.10	12.52
Abril	176.3	16.97	255.6	240.1	90.1	86.2	12.90	12.34
Mayo	209.8	21.40	293.6	278.2	102.0	97.6	12.72	12.17
Junio	236.9	26.37	338.6	321.2	114.5	109.6	12.37	11.85
Julio	253.0	29.19	360.2	343.8	119.2	114.1	12.11	11.59
Agosto	219.5	28.98	325.8	309.1	107.9	103.4	12.12	11.61
Septiembre	163.4	24.47	262.1	245.2	88.2	84.4	12.31	11.78
Octubre	119.8	20.14	208.5	196.9	73.4	70.2	12.87	12.32
Noviembre	82.8	13.70	168.4	158.2	60.8	58.1	13.21	12.63
Diciembre	69.9	10.82	153.1	144.4	56.2	53.7	13.44	12.84
Año	1832.0	19.13	2904.8	2745.3	1008.3	964.5	12.70	12.15

Legendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	EffArrR	Eficiencia Esal campo/superficie bruta
	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EffSysR	Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

Trayectoria solar en VILCHES, (Lat. 38.1°N, long. 3.3°W, alt. 200 m) - Hora Legal



Energía incidente de referencia en el plano receptor

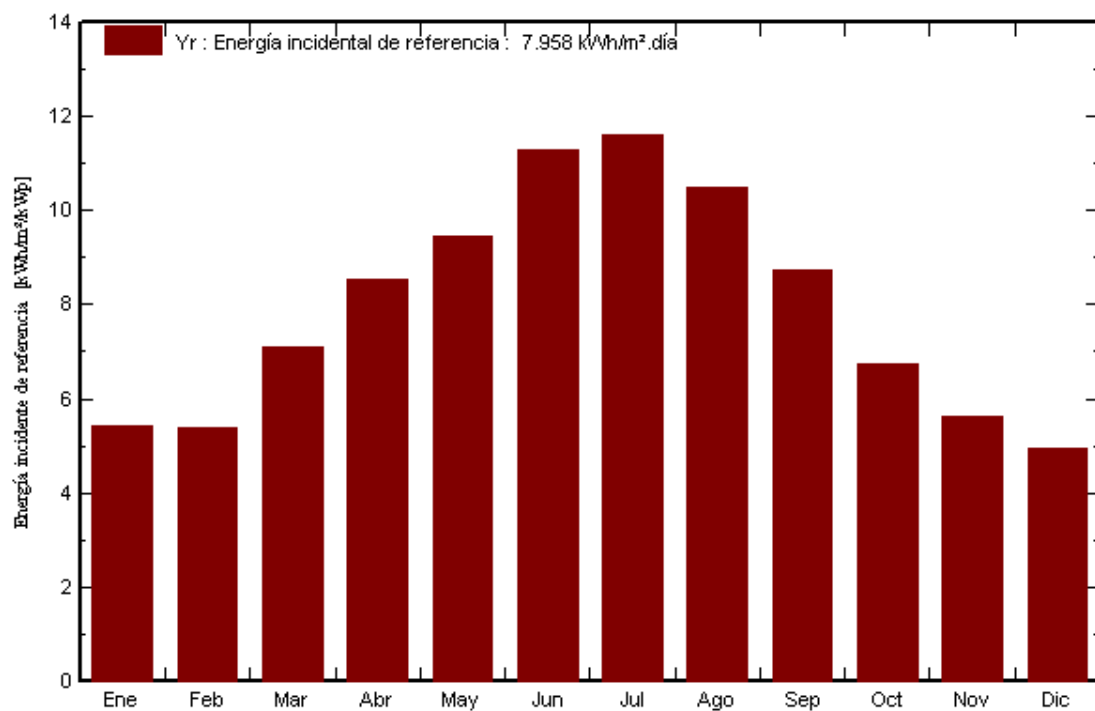


Tabla 1.8.1.2: Ganancia de irradiación mensual. Fuente: ALATEC.

1.8.2.2 Pérdidas sistema fotovoltaico

El cálculo de la producción de un sistema fotovoltaico real, requiere de la evaluación de otros parámetros que reducen el rendimiento global. Éstos parámetros son designados como “pérdidas debidas a la operación”.

Dentro de un sistema fotovoltaico existen varias topologías de pérdidas, las principales son descritas a continuación:

1.- Rendimiento del campo fotovoltaico:

- Rango de potencia del módulo.
- Efecto de la temperatura.
- Pérdidas por suciedad.
- Pérdidas por seguimiento.
- Pérdidas por reflectancia angular y espectral.
- Disponibilidad.
- Pérdidas por sombras.

2.- Rendimiento del inversor

- Pérdidas de conexionado y elementos de protección.
 - Rango de potencia del módulo

La potencia de todos los módulos fotovoltaicos no es exactamente idéntica, sino que su potencia nominal, referida a las condiciones estándar de medida, presenta una determinada dispersión (habitualmente esta dispersión es tipo gaussiana), y aunque los módulos tengan la misma potencia, puede ser que sus tensiones e intensidades sean diferentes, para esto el fabricante suministrador del panel envía el “Flash Report”. Esto trae consigo que si no se colocan debidamente (los módulos están clasificados en intensidad, por lo tanto, se deberá de agrupar en serie atendiendo a la igualdad de corriente), al ponerlos en serie se produzca una pérdida de potencia dentro de la misma serie de paneles con distintas características eléctricas.

El fabricante normalmente garantiza que la potencia de un módulo de potencia nominal, W_n , está dentro de una banda que puede oscilar entre $\pm 3\%$ y $\pm 10\%$. En

nuestro caso se garantiza una potencia real en un rango igual a $\pm 3\%$ de la nominal.

- Efecto de la Temperatura

Las pérdidas por temperatura dependen de las diferencias de temperatura en los módulos y los 25 °C de las CEM (Condiciones estándar de medida), del tipo de célula y encapsulado y del viento. Si los módulos están convenientemente aireados por detrás, esta diferencia es del orden de 30 °C sobre la temperatura ambiente, para una irradiancia de 1000 W/m². Para el caso de integración de edificios donde los módulos no están separados de las paredes o tejados, esta diferencia se podrá incrementar entre 5 °C y 15 °C.

La temperatura afecta principalmente a los valores de voltaje de la característica IV, y tiene su mayor influencia en el voltaje de circuito abierto, aunque también modifica los valores del punto de máxima potencia y el valor de I_{cc} (muy ligeramente).

Para calcular la temperatura del módulo se ha considerado como una buena aproximación las expresiones del Método Simplificado de cálculo:

$$P_m = P_m^* + \frac{G}{G^*} \cdot (1 - \delta(T_c - T_c^*)) \quad (1)$$

$$T_c = T_{AMB} + \frac{(T_{ONC} - 20) \cdot G}{800} \quad (2)$$

donde:

P_m: potencia en el punto de máxima potencia del generador.

P^{*}_m: potencia nominal en condiciones estándar, STC.

T_c: Temperatura de las células solares, que se considera la temperatura del módulo, en °C.

T^{*}_c: Temperatura en las STC, 25°C.

T_{AMB}: temperatura ambiente en la sombra, en °C, medida con el termómetro.

T_{ONC}: Temperatura de operación nominal del módulo. Para nuestros módulos este valor es de 48°C. La precisión de este valor es de $\pm 2\%$, lo que supone una variabilidad de 4,26%.

G: Irradiancia solar en W/m² sobre un plano inclinado 30° sobre la horizontal.

G^{*}: Irradiancia en STC, 1.000 W/m².

Para el cálculo de la temperatura del módulo se han empleado los valores

horarios de temperatura registrados por la estación automática propiedad del Instituto Nacional de Meteorología en Toledo, para cada hora del año.

La precisión del sensor de temperatura empleado en la estación meteorológica perteneciente al INM es de 0,1°C, por tanto, hemos considerado una variabilidad asociada a dicha precisión y la calibración del sensor que asciende a un 1%.

El coeficiente δ representa la variación de la potencia máxima del generador fotovoltaico con la temperatura y es característico de cada módulo.

$$\delta = \frac{\partial P_{mp}}{\partial T} \approx -0,675 \text{ W / } ^\circ \text{ K}$$

Respecto a la variación de la tensión con respecto a la temperatura, teniendo en cuenta el dato de la fórmula anterior, tenemos que para una temperatura de -10°C (263°K), tendríamos una potencia por módulo de 193.6 Wp, por lo que el aumento de tensión en circuito abierto asciende a 50.57v, formando un total de 860v a la entrada del inversor (17 módulos en serie). Siendo admisible por el inversor que tiene como límite 900v según características.

El efecto anual de la temperatura sobre la potencia suministrada por el generador fotovoltaico es la reducción de la misma en un 11,6%. También se ha considerado una incertidumbre del 3% asociada al cálculo de pérdida por temperatura. Esta incertidumbre está asociada al hecho de que los datos de temperatura ambiente empleados provienen de una fuente que no se encuentra en el emplazamiento.

- Pérdidas por suciedad de los módulos

Las pérdidas por suciedad en un día determinado pueden ser del 0% al día siguiente de un día de lluvia y llegar al 8% cuando los módulos están muy sucios.

Con un mantenimiento adecuado de la instalación las pérdidas por suciedad en los módulos no tienen por qué superar el 1%, salvo condiciones extremas que serán consideradas en cada caso.

- Pérdidas por seguimiento

Para este caso, según especificaciones del fabricante del seguidor, tenemos una precisión en el seguimiento de la trayectoria solar del 1%. Por lo tanto, se pueden

despreciar las pérdidas por inclinación y azimut.

- Pérdidas por reflectancia angular y espectral

Reflectancia angular: con el seguidor solar se asegura que la radiación solar incida sobre los módulos con un ángulo 0° , lo que implica unas pérdidas de potencia del orden del 1%, debido a la reflexión (siendo 0° el ángulo de incidencia normal).

Reflectancia espectral: la variación horaria y estacional del espectro solar respecto del espectro solar normalizado puede afectar la respuesta de las células fotovoltaicas dando lugar a ganancias o pérdidas energéticas.

Las pérdidas conjuntas de estos aspectos pueden considerarse constantes a lo largo de un año, con un valor del 1.2%.

- Pérdidas por no uniformidad y dispersión de parámetros

La posible no uniformidad de la iluminación tiene un efecto negativo en la reducción del factor de forma de la curva I-V, por un efecto de la resistencia en serie y comportamiento térmico del dispositivo.

Las pérdidas de potencia por dispersión de parámetros o “mismatching” deben ser también tenidas en cuenta. Estas pérdidas están asociadas al hecho de que las células y/o módulos que forman el generador fotovoltaico no son todas idénticas, sino que sus parámetros eléctricos varían, por lo que no todos ellos pueden trabajar simultáneamente en su punto de máxima potencia.

Dado que el conexionado de los módulos se ha hecho teniendo en cuenta que el valor de intensidad en el punto de máxima potencia de los módulos sea lo más parecido posible, estas pérdidas solo ascienden a un 2%.

- Pérdidas por sombras

La instalación se encuentra en una parcela donde se han previsto unas distancias mínimas a los obstáculos de forma que no introduzcan pérdidas por sombras. En nuestro proyecto las pérdidas por sombras son debidas a las sombras cercanas o “near shading”, que se producen entre los propios seguidores, según la disposición en que se encuentren unos respecto a otros. Éstas se estiman en un 1.7 % aproximadamente. En la tabla y figura 1.8.2.2b se muestra tabla con elevación y azimut del sol con respecto a nuestros seguidores.

Tabla del factor de sombreado (lineal), para el componente directo

Acimut	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
Altura																			
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10°	0.002	0.000	0.153	0.000	0.087	0.087	0.000	0.169	0.043	0.000	0.041	0.161	0.000	0.087	0.087	0.000	0.161	0.000	0.002
2°	0.375	0.000	0.344	0.275	0.335	0.347	0.294	0.382	0.093	0.398	0.089	0.363	0.275	0.335	0.347	0.294	0.363	0.000	0.375

Factor de sombreado para difuso: 0.037 y para albedo: 0.284

Ta

Tabla1.8.2.2b

Diagrama de Iso-sombreados

Proyecto Conectado a la ReHora Legal

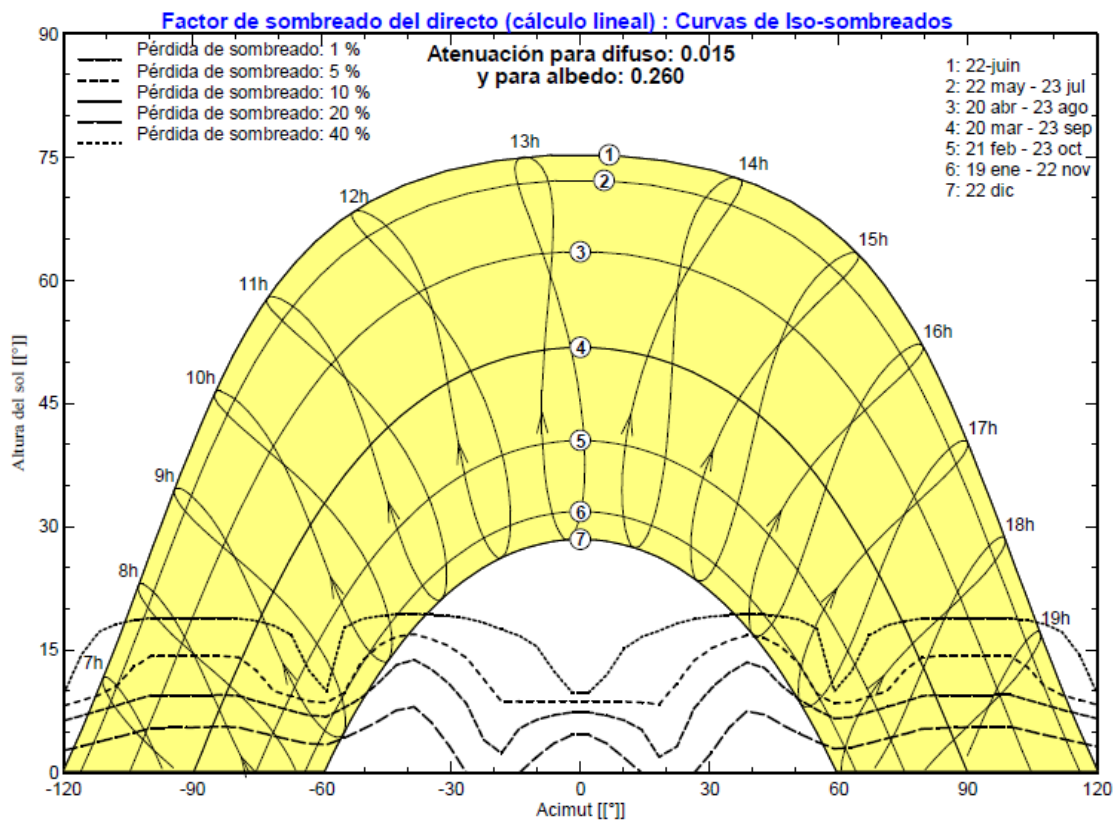


Figura 1.8.2b

- Disponibilidad

La disponibilidad depende fundamentalmente de las características de los generadores fotovoltaicos y de las condiciones ambientales de la zona de ubicación, así como del mantenimiento, en función de los cuales se ha estimado una disponibilidad del 99% el primer año.

- Pérdidas en el Inversor

La operación de inversor implica dos tipos de pérdidas:

- Pérdidas por rendimiento del seguimiento del punto de máxima potencia.

El inversor se caracteriza por su curva de rendimiento del punto de máxima potencia definida como el cociente entre la energía que el inversor es capaz de extraer del generador fotovoltaico y la energía que se extraería de un seguimiento ideal. Debido a este rendimiento las pérdidas son de un 1%.

- Pérdidas por rendimiento de conversión DC/AC del inversor.

Estas pérdidas son debidas a los componentes de conmutación. Las pérdidas se han calculado a partir del rendimiento europeo del inversor. Este rendimiento es del 96% proporcionado por el fabricante.

Asociadas a este rendimiento existen unas pérdidas de un 5 %.

- Pérdidas en los cables y conexionado

Son las pérdidas debidas a los elementos de protección como fusibles, interruptores, disyuntores y bornes de conexión, y las debidas a las caídas de tensión y calentamiento de los conductores, etc. Se pueden cifrar aproximadamente en un 1,5%.

- Resumen de pérdidas y variabilidades

En la tabla 1.8.2.2 siguiente, se muestra el resumen de todas las pérdidas y variabilidades comentadas en los apartados anteriores de forma aproximada.

Diagrama de pérdida durante todo el año

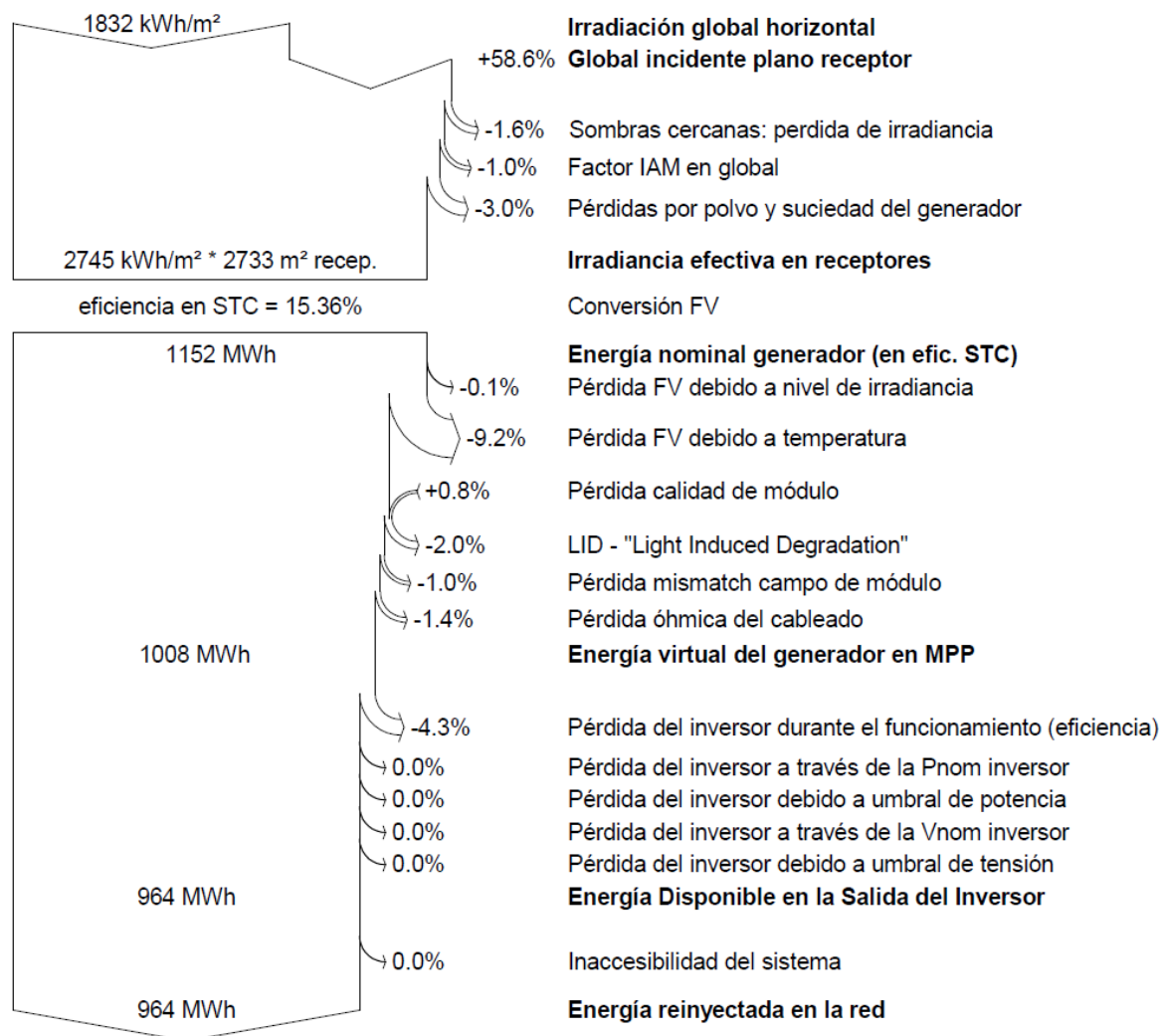


Figura 1.8.2.2: Tabla pérdidas.

1.8.2.3 Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”

En su conjunto, los fenómenos considerados en el apartado anterior representan típicamente una pérdida de energía, respecto a la situación ideal definida en principio, que suele estar comprendida entre el 24% y el 37% en este tipo de proyectos, lo que implica que el valor del parámetro PR (performance ratio) sería del 0.63 a 0.8.

Según las estimaciones del apartado anterior, en el presente proyecto el PR es del 79.1%.

Se adjunta cálculo del PVSYST en Estudio Energético-Económico en el apartado 6.

1.9 OBRA CIVIL

La obra mecánica del proyecto estará compuesta por la colocación de los seguidores mediante la cimentación propuesta, casetas de inversión y mediada; así como de las canalizaciones de cableado desde las cajas de agrupación hasta los cuadros eléctricos intermedios y generales y la ejecución de la instalación.

1.10 NORMATIVA

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña

potencia.

- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial.
- Normas UNE de obligatorio cumplimiento publicadas por el instituto de Racionalización y Normalización.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), que desarrolla y permite el cumplimiento de la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en Obras de Construcción.
- Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/97 del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, establecidos por el IDAE (PCT – C – REV– Julio 2011).

2. MEMORIA TÉCNICA

2.1 FÓRMULAS A UTILIZAR

2.1.1 Intensidad en corriente continua

$$I = \frac{P}{U} \quad (3)$$

Donde:

I: Intensidad en Amperios [A]

P: Potencia en vatios [W]

U: Tensión en voltios [V]

2.1.2 Intensidad de corriente alterna trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \rho} \quad (4)$$

Donde:

I: Intensidad en Amperios [A]

P: Potencia en vatios [W]

U: Tensión en voltios [V]

$\cos \rho$: Factor de potencia

2.1.3 Caída De Tensión

$$\text{Corriente Continua (DC)} \quad e = \frac{2 \cdot I \cdot L \cdot \cos \rho}{K \cdot S} \quad (5)$$

$$\text{Corriente Alterna (AC) Trifásica} \quad e = \frac{\sqrt{3} * L * I_{adm} * \cos \rho}{K * S} \quad (6)$$

Donde:

e: Caída de tensión (c.d.t.) en voltios [V]

L: Longitud de la línea en metros [m]

I: Intensidad de la línea en amperios [A]

COSρ : Factor de potencia en nuestros cálculos =0.9

Kc: conductividad del cobre (1/58 Ω·mm²/m)

Ka: Conductividad aluminio=35,7 $\frac{m}{mm^2 \Omega^{-1}}$

S: Sección en mm²

Se toma en consideración (Según el REBT) que para secciones menores o iguales a 120mm², la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

Criterio Térmico: Los cables deberán tener una sección, tal que, la intensidad máxima admisible del mismo sea superior al 125% de la máxima intensidad del generador, o sea, la I_{sc} (Intensidad de Cortocircuito). (Según REBT ITC-BT-40)

2.1.4 Efecto Temperatura Cableado

El valor de la resistencia, varía con la temperatura. Para este caso y por considerarse el más desfavorable, se ha calculado a la temperatura máxima prevista en servicio del cable (RV-K) de 90°C.

Aunque, en condiciones normales de servicio es difícil llegar hasta la

temperatura máxima de servicio del cable, se adjunta en la tabla la temperatura real del conductor para una temperatura ambiente de 40°C, siguiendo la formula abajo indicada

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \times \left(\frac{I}{I_{m\acute{a}x}} \right)^2 \quad (7)$$

Donde:

T : Temperatura real estimada del conductor.

T₀ : Temperatura ambiente del conductor.

T_{max} : Temperatura máxima admisible

I : Intensidad prevista para el conductor.

I_{max} : Intensidad máxima admisible del conductor.

2.2 CÁLCULOS

2.2.1 Nomenclaturas Y Cálculos En Seguidor

Los datos del módulo FV a proyectar se encuentran en la figura 1.7.2a de la memoria anterior. Por tanto, teniendo en cuenta estos valores, se va a montar en cada seguidor 60 módulos FV de 250Wp dispuestos 3 cadenas de 20 series, obteniendo, tabla 2.2.1:

Parámetro	Módulo FV	Seguidor 14 kWn	
Nº de módulos	60	3x[20 en serie]=	60
Pmpp(Wp)	249.9	3x[4998]=	14.994
Vmpp (V)	30.7	3//[614]=	614
Impp (A)	8.14	3//[8.14]=	24.34
Voc (V)	37.4	3//[748]=	748

Tabla 2.2.1. Cálculos Seguidor

Los dos bornes (+/-) de la agrupación en serie son conectadas a unas bornas portafusiles (+/-) seccionales con tirador tipo DEHN DGYPV1000 que se encuentra

en el interior de una caja eléctrica de protección intemperie IP-665, con nomenclatura C.C en Sij. Se situarán convenientemente ancladas al pedestal de la cimentación del seguidor, en su parte cilíndrica, y protegidas en lo posible del sol ubicándolos en la zona norte del mismo.

La salida de estas bornas portafusiles se conectarán a cada inversor.

2.2.2 Secciones y conducción cableado CC Seguidores a Caseta de Inversión-Medida

De cada seguidor saldrá una línea de CC hasta cada una de las 4 casetas de subgeneración de 100Kw dispuestas como se aprecia en los planos. Por tanto, teniendo en cuenta las formulas (3) y (5) y un subgenerador compuesto por 7 seguidores (los otros tres subgeneradores se aplicarán las mismas características por ser análogos) tomaremos 7 longitudes y miraremos cada seguidor de manera independiente para cada subgenerador. Como he comentado los subgeneradores son iguales, los cálculos se pueden extrapolar para cada uno al ser las longitudes entre seguidores análogas.

Por tanto, siguiendo la nomenclatura

Sij

Donde:

S: seguidor.

i: subgenerador desde i=1 a 4,

j: posición j:1...7, desde más cercano de derecha a izquierda

La bornas se conectan al cuadro de Inversión y medida llevando los cables por una zanja de línea CC enterrada según planos de diseño y detalle de las zanjas. Todos ellos se situarán en la caseta diseñada para tal efecto, se puede observar su situación en los planos. Los cálculos de secciones de estas líneas desde cada seguidor hasta la caseta de inversión y medida se harán a continuación y se recogen en la tabla 2.2.2

El tipo de cable a utilizar en la parte de continua será H07RN, de clase 5, con aislamiento EPR y cubierta policloropreno tipo EM2, en servicios móviles y RV-K

0,6/1 kV, de clase 5, con aislamiento XLPE y cubierta PVC en el resto.

La elección del cableado se basa en dos criterios: El térmico y el de caída de tensión. El criterio de caída de tensión resulta más restrictivo.

La caída máxima de tensión permitida en la parte de corriente alterna es de 1,5%, y en la parte de corriente continua 1%.

Teniendo en cuenta los valores de la tabla 2.2.1 y que los cables deberán tener una sección, tal que, la intensidad máxima admisible del mismo sea superior al 125% de la máxima intensidad del generador, o sea, la I_{sc} (Intensidad de Cortocircuito). (Según REBT ITC-BT-40) y la figura 2.2.2 donde aparece información del REBT Intensidad Máxima admisible por sección.

1. Intensidad máxima admisible en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre enterrados

Según la ITC-BT 07 Redes subterráneas para distribución de baja tensión.

Las características comunes tenidas en cuenta para el cálculo de la intensidad máxima admisible de cables enterrados son:

Características del cable

- Conductor de cobre
- Tensión de utilización 0,6/1kV

Características de la instalación

1. Profundidad 0,70 metros
2. Temperatura del terreno 25 °C en instalaciones directamente enterradas
40 °C en instalaciones al aire en galerías ventiladas
3. Resistividad térmica media del terreno 1Km/W
4. Un solo cable tripolar o tetrapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo o un cable bipolar o dos cables unipolares en contacto mutuo

Sección	Instalación directamente enterrada				Instalación al aire en galerías ventiladas			
	Terna de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)		Terna de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)	
	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC
6	72	63	66	56	46	38	44	36
10	96	85	88	75	64	53	61	50
16	125	110	115	97	86	71	82	65
25	160	140	150	125	120	96	110	87
35	190	170	180	150	145	115	135	105
50	230	200	215	180	180	145	165	130
70	280	245	260	220	230	185	210	165
95	335	290	310	265	285	235	260	205
120	380	335	355	305	335	275	300	240
150	425	370	400	340	385	315	350	275
185	480	420	450	385	450	365	400	315
240	550	485	520	445	535	435	475	370
300	620	550	590	505	615	500	545	425
400	705	615	665	570	720	585	645	495
500	790	685	-	-	825	665	-	-
630	885	770	-	-	950	765	-	-

Figura 2.2.2

$$I_{sc} = 25.89A * 1.25 = 32.36A$$

Caída de tensión < al 1.5%, por tanto, como $U_{m\acute{a}x} = 748 * 1.5\% = 736.78V$

Análogamente, para los tubos enterrados Figura 2.2.2b

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	ITC-BT-21
		Página 8 de 8

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	—

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

Figura 2.2.2b

	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
DISTANCIA A CASETA (m)	120	80	40	3	40	80	120
Sección cable Cu (mm2)	19,2	12,8	6,39	0,479	6,39	12,777	19,17
Sección cable Cu (mm2) REBT	25	25	16	16	16	25	25
Sección Tubo PVC (mm2)	110	110	63	63	63	110	110
Caída de tensión (%)	0,76	0,5	0,39	0,029	0,39	0,5034	0,755

Tabla 2.2.2. Cálculo secciones cables y tubos canalización subterránea

Teniendo en cuenta la tabla anterior utilizaremos:

- S11: Una sección 2x25mm² Cu RV-K 0,6/1kV
- S12: Una sección 2x25mm² Cu RV-K 0,6/1kV
- S13: Una sección 2x16mm² Cu RV-K 0,6/1kV
- S14: Una sección 2x16mm² Cu RV-K 0,6/1kV
- S15: Una sección 2x16mm² Cu RV-K 0,6/1kV
- S16: Una sección 2x25mm² Cu RV-K 0,6/1kV
- S17: Una sección 2x25mm² Cu RV-K 0,6/1kV

Como se ha comentado, el resto de seguidores son análogos a estos calculados.

2.2.3 Secciones CC Entre Módulos FV En Los Seguidores

De forma análoga al apartado anterior, calcularemos la sección del cableado para la conexión de los módulos FV en el seguidor

Donde:

$$I_{sc} = 8.63 * 1.25 = 10.79A$$

$$U_{m\acute{a}x} = 748 * 1 \% = 736.78V$$

	S Cu teórico	S Cu REBT	S Tubo	e %
L=12m	0,63904607	4	40	0,19665

Tabla 2.2.3. Cálculo secciones cables

Teniendo en cuenta la tabla anterior utilizaremos:

- Una sección 2x4mm² XLPE Cu RV-K 0,6/1kV. Cada seguidor lleva 15m de cableado.

2.2.4 Secciones CA Entre Inversores y Caseta de Medida

Tendremos 4 líneas de Subgeneración (Gi) de 100Kw que sale desde cada Caseta de inversión hasta la caseta de Inversión y Medida ubicada en el subgenerador 1. Cada línea tiene una longitud distinta por lo que variará la Sección (S) del cable y de la canalización enterrada.

El tipo de cable a utilizar será, por tanto:

-Utilizaremos cables de cobre para secciones inferiores a 95mm².

La resistividad utilizada en los cálculos sería la que tendría el cable para una temperatura igual a la máxima en servicio del cable (90°C).

En ningún caso la temperatura real supera la temperatura máxima en servicio del cable.

Por tanto, teniendo en cuenta estos datos y las fórmulas (4), (5) y La caída máxima de tensión permitida en la parte de corriente alterna es de 1,5%, y siguiendo REBT según tablas 2.2.2 y 2.2.2b, tenemos que Tabla 2.2.4

Donde:

$$I_{adm} = 160.3A ;$$

$$U_{max} = 400 \cdot 1.5\% = 394V;$$

$$\cos \rho = 0.9$$

	G1	G2	G3	G4
DISTANCIA A I+M (m)	35	3	35	65
Sección cable Cu (mm²)	44,8	3,84	44,8	83,28
Sección cable Cu (mm²) REBT	50	35	50	95
Sección Tubo PVC (mm²)	110	110	110	140
Caída de tensión (%)	0,9	0,11	0,9	0,877

Tabla 2.2.4. Cálculo secciones cables y tubos canalización subterránea

Teniendo en cuenta la tabla anterior utilizaremos:

- Para Subgenerador 1 (G1): una sección 4x50mm² XLPE Cu RV-K 0,6/1kV
- Para Subgenerador 2 (G2): una sección 4x35mm² XLPE Cu RV-K 0,6/1kV
- Para Subgenerador 3 (G3): una sección 4x50mm² XLPE Cu RV-K 0,6/1kV
- Para Subgenerador 4 (G4): una sección 4x95mm² XLPE Cu RV-K 0,6/1kV

2.2.5 Secciones CA Entre Caseta de Medida y Centro de Transformación

De cada equipo de medida saldrán 4 líneas, una por cada módulo de medida al centro de transformación.

$$S=95\text{mm}^2$$

$$L=3\text{m}$$

$$\rightarrow \delta\% = \frac{\sqrt{3} * L * I_{adm} * \cos\rho}{\gamma * S * U} = 0.1\%$$

- Por tanto, utilizaremos una sección 4(1x95mm²) XLPE Al RV-K 0,6/1kV.

2.3 FÓRMULA Y CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA, PICA VERTICAL.

$$R = \frac{r}{n \cdot L} \quad (7)$$

Donde:

R: Resistencia de tierra en Ohm [Ω]

r: Resistividad del terreno en Ohm por metro [$\Omega \cdot \text{m}$]

n: número de picas

L: Longitud de la pica en metros [m]

Este valor será tal que ninguna masa pueda alcanzar una tensión de contacto de un valor superior a 24 Voltios.

Cada circuito llevará una protección con interruptor diferencial de 30mA de sensibilidad, por lo que la resistencia más desfavorable no podrá ser superior al valor dado por:

$$R_{\max} = U/I = 24 / 0,03 = 800 \Omega$$

La red de tierras será independiente de la red de la compañía distribuidora.

La red de tierras se realizará mediante picas de cobre de 2m de longitud. El número de picas a utilizar vendrá condicionado por la naturaleza conductora del terreno con el fin de garantizar que $R_{p-t} < 800 \Omega$. Teniendo en cuenta la fórmula (7) y dado que el suelo sobre el que se realizará la puesta a tierra tiene una naturaleza pedregosa, $r=1500\Omega \cdot m$, por lo que la resistencia de una pica es:

$$R_{p-t} = 1500/2 = 750\Omega$$

Por lo que será necesario como mínimo un número de picas, igual a:

$$n \geq \frac{750}{800} = 9,375 = 10 \text{ pica}$$

El número de picas se podrá determinar con exactitud y aumentar y disminuir “in situ” en función de la medida real de la resistencia de puesta a tierra en el lugar de ubicación.

2.4 CÁLCULO DE PROTECCIONES.

Se dotará a la instalación de todo un sistema de protección frente a sobrecargas mediante interruptores magnetotérmicos y contactos directos e indirectos mediante interruptores diferenciales. Asimismo, se dispondrá de un sistema de fusibles tipo gR (uno por cada rama y polo) que hagan las veces de seccionador en todas las labores de mantenimiento necesarias.

2.4.1 Protección Cuadro Conexión Trifásico en Caseta Inversión + Medida

Cuadro conexión trifásica (salida inversora – entrada contadora) para cada subgenerador

- 1 interruptor magnetotérmicos de AC. tetrapolar tras el inversor.

$$I_{adm} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \times U \times \cos \rho} = \frac{105000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.9} = 160.3 \text{ A} < 200 \text{ A (Protección$$

inmediatamente superior).

Por tanto,

Se instalará un Bloque Vigí diferencial de 200 A 230/400v de 30mA

Junto a un interruptor automático magnetotérmico 4p 200A PC36kA

2.4.2 Cortocircuito en módulos

El cortocircuito es un punto de trabajo no peligroso para el generador fotovoltaico, ya que la corriente está limitada a un valor cercano a la máxima de operación normal del mismo.

Como medio de protección se incluyen fusibles tipo gG normalizados de 10 A. según EN 60269 en cada polo, que actúa también como protección contra sobrecargas.

Criterio Térmico: Los cables deberán tener una sección, tal que, la intensidad máxima admisible del mismo sea superior al 125% de la máxima intensidad del generador, o sea, la I_{sc} (Intensidad de Cortocircuito). (Según REBT ITC-BT-40). Teniendo en cuenta valores de la figura 1.7.2a, tenemos

-Módulo 250 Wp

$$I_{sc} = 8,63 \times 1,25 = 10.79 \text{ A}$$

Como medida de protección contra las personas frente a este caso, es recomendable la conducción separada del positivo y el negativo, evitando así la realización o eliminación accidental de un cortocircuito producido por daños de aislamiento.

2.4.3 Sobrecargas

Aunque el inversor obliga a trabajar al generador fotovoltaico fuera de su punto de máxima potencia cuando la potencia de entrada es excesiva, el fusible introducido en el sistema en cada polo sirve de protección contra sobrecargas y adicionalmente, facilita las tareas de mantenimiento. Para que se cumpla esta función, se debe cumplir la siguiente condición, general para cualquier dispositivo:

$$I_{\text{DISEÑO DE LA LÍNEA}} \leq I_{\text{ASIGNADA DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN}} \leq I_{\text{ADMISIBLE DE LA LÍNEA}}$$

$$(\text{Módulo } 250\text{Wp}) \ 10.79\text{A} \leq 16\text{A} \leq 38\text{A}$$

Además, para fusibles gG normalizados, debe cumplirse que:

$$1,6 \leq I_{\text{ASIGNADA DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN}} \leq 1,45 \leq I_{\text{ADMISIBLE DE LA LÍNEA}}$$

$$16\text{A} \leq 55,1^a$$

Por seguridad se tomará un valor para los cálculos un 125% de la máxima intensidad del generador, que corresponde con la ISC (Intensidad de Cortocircuito). Los cables deberán tener una sección, tal que, la intensidad máxima admisible del mismo sea superior a la designada línea arriba. (Según REBT ITC-BT-40).

Estos fusibles irán colocados en una caja portafusibles seccionables.

2.4.4 Contactos Directos E Indirectos

El generador se podrá conectar en modo flotante, siempre y cuando la resistencia de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masa o a tierra. En este último caso genera una situación de riesgo que se soluciona mediante:

- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor, que detecte la aparición de un primer fallo, cuando la resistencia de aislamiento sea

inferior al valor siguiente:

$$R_{ISO,MIN} (\Omega) = 40 \times V_{G,MAX} (V) - 1000 \quad (8)$$

Donde:

VG, MAX: es la tensión correspondiente al generador en circuito abierto operando a baja temperatura, que corresponde al 125% de la tensión de circuito abierto en condiciones estándar. Esta tensión es la mayor que puede alcanzar el generador fotovoltaico, por lo que constituye la condición de mayor peligro.

Por tanto, en nuestra instalación, para cada Seguidor solar de 14,5kw:

$$R_{ISO,MIN} (\Omega) = (40 \times 627) - 1000 = 24080 \Omega$$

Con esta condición se garantiza que la corriente de defecto va a ser inferior a 30mA que marca el umbral de riesgo para las personas. El inversor detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.

2.4.5 Sobretensiones

Se protegerá la entrada en CC del inversor contra sobretensiones mediante dispositivos bipolares de protección de clase II, válidos para la mayoría de equipos conectados a red. Estos varistores tendrán una operación de diseño marcada por el diseño del sistema concreto, rango definido entre la tensión de serie para la menor tensión en el punto de máxima potencia, 35,4 V y la tensión de circuito abierto, 44,4 voltios para el módulo genérico de 250Wp, según características del módulo descritas en tabla 1.7.2a

Al tener una configuración de:

- Instalaciones STC de 100 kW:

3 ramas en paralelo con 20 módulos en serie forman el seguidor Si protegidos

por un interruptor de corte bipolar de 32 A – 900V. Y un fusible de protección de línea gR de 32 A – 1000v. Antes de esta protección también se protegerá la línea que forma este grupo con un interruptor de corte unipolar de 32 A – 900v para el + y una varistor DEHN DGYPV1000 para el -. Detallado en esquema unificar adjunto en planos.

$$I_{adm\ línea} = 27,75\ A < 32\ A \text{ (Protección justo inmediato por encima)}$$

- Protección del Inversor:

El inversor lleva adaptado un interruptor automático que corta el suministro por las causas ya descritas en memoria descriptiva.

2.5 Cálculo de la distancia entre seguidores.

El cálculo de la distancia óptima entre seguidores se ha realizado mediante una comparativa de distintas distribuciones, apoyándonos en el programa informático PVSYST, que simula la trayectoria solar para cada distribución, y devuelve una serie de variables de rendimiento.

Los resultados obtenidos de la comparativa demuestran que la configuración en tresbolillo de 40 (separación horizontal) por 30 (separación vertical) respondía a las necesidades del proyecto, acotando el “Performance Ratio” y el porcentaje de pérdidas por sombras cercanas (“Near Shading”), dentro de unos valores aceptables y con las limitaciones de espacio que se presentaban.

2.6 MEMORIA INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN.

Se dotará a la instalación de un centro de transformación para poder conectar a la red de distribución de 15 kV de Unión Fenosa. La relación de transformación será 15 kV/400V con una potencia unitaria por transformador de 630 KVA.

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-3T1D con una puerta peatonal de Merlin Gerin, de dimensiones 3.760 x 2.500 y altura útil

2.535 mm.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica.

Se dotará al centro de transformación de las siguientes celdas:

- CELDA DE SECCIONAMIENTO:

Celda Merlin Gerin de seccionamiento gama SM6, modelo SM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A, para conexión superior por barras.
- Seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Mando CS1 dependiente.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar.
- Embarrado de puesta a tierra.

- CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR-FUSIBLES COMBINADOS:

Celda Merlin Gerin de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad y 1.600 mm. de altura, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 50 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.

- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).

- Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda QM no se ha cerrado previamente.

- CELDA DE MEDIDA:

Celda Merlin Gerin de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable gama SM6, modelo GBC2C, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A y 16 kA.

- Entrada y salida por cable seco.

- 3 Transformadores de intensidad de relación 20-40/5A, 10VA CL0.2S, $I_{th}=200I_n$ y aislamiento 24 kV.

- 3 Transformadores de tensión, bipolares, modelo de alta seguridad de relación 16.500: V3/110:V3-110:3, 25VA, CL0.2, 3P, potencias no simultáneas, contrato mínimo de 117 y máximo de 623 kW, $F_t= 1.9 U_n$ y aislamiento 24 kV. El segundo secundario tendrá las características adecuadas para conectar una resistencia de contraferro-resonancia (50ohm./200W).

- 1 Resistencia de contraferro-resonancia.

- TRANSFORMADOR 1:

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia JLJ1UN0630FG, siendo la tensión entre fases a la entrada de 15-20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro (*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), marca Merlin Gerin, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como

unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 630 kVA.
- Tensión nominal primaria: 15.000-20.000 V.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 4 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:

Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 95 kV.

Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*) Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada) (HD 472:1989)
- UNE 21428 (96) (HD 428.1 S1)

- CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN:

- Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 240 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

- CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN:

Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 4x95 mm² Al.

2.6.1 Características de los locales.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Merlin Gerin.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

- COMPACIDAD.

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- calidad en origen,

- reducción del tiempo de instalación,
- posibilidad de posteriores traslados.

- **FACILIDAD DE INSTALACIÓN.**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- **MATERIAL.**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

- **EQUIPOTENCIALIDAD.**

La propia armadura de mallazo electro soldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

- **IMPERMEABILIDAD.**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

- **GRADOS DE PROTECCIÓN.**

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- **ENVOLVENTE.**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios

son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

- SUELOS.

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

- CUBA DE RECOGIDA DE ACEITE.

La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad de 760 litros, estando así diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

- PUERTAS Y REJILLAS DE VENTILACIÓN.

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

2.6.2 Medida de la Energía Eléctrica en Baja Tensión

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario del transformador situado en un cuadro exterior en la caseta del subgenerador 2, conectándose mediante conductor RZ1 Cu 0,6/1 kV de 4 x 95 mm² de sección a la salida de cada inversor.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de reparto de red modelo AR-TtRDIP-UF.

2.6.3 Puesta a Tierra.

- Tierra de Protección. Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

- Tierra de Servicio. Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del capítulo 2 de este proyecto.
- Tierras interiores. Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujección y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujección y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

2.6.4 Instalaciones Secundarias.

- Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

El nivel medio será como mínimo de 150 lux

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

- Baterías de Condensadores.

No se instalarán baterías de condensadores.

- Protección contra Incendios.

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

- Ventilación.

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la reja de entrada de aire en función de la potencia del mismo según se relaciona.

Estas rejas 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.

Potencia del transformador (kVA)	Superficie de la reja mínima(m²)

630	107

Los cálculos de sección de la superficie mínima de la reja se encuentran en el apartado 6. de los cálculos justificativos del centro de transformación de este proyecto.

- Medidas de Seguridad.

SEGURIDAD EN CELDAS SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.

Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a

tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

2.6.5 Línea Subterránea de media tensión.

- Trazado.

La línea subterránea en proyecto conectará a la red mediante paso aéreo subterráneo en el apoyo proyectado.

La longitud de la línea es de 200 m. de RHZ1/OL 12/24 kV 240 mm² de sección desde el centro de reflexión al apoyo proyectado.

La conexión a la red se realizará mediante vano destensado con LA-56 colocando seccionadores XS para la protección de la línea.

- Cruzamientos Y Paralelismos.

No existen. La distancia entre los centros a la vertical de la línea aérea es superior (según planos) a la reglamentaria de 5 m.

- Clase De Energía.

Todas las características de la energía a transportar figuran en el anexo de cálculo del proyecto.

- Materiales.

Todos los materiales serán de los tipos aceptados por la Cía. Suministradora de Electricidad.

El aislamiento de los materiales de la instalación estará dimensionado como mínimo para la tensión más elevada de la red (Aislamiento pleno).

Los materiales siderúrgicos serán como mínimo de acero A-42b. Estarán galvanizados por inmersión en caliente con recubrimiento de zinc de 0,61 kg/m² como mínimo, debiendo ser capaces de soportar cuatro inmersiones en una solución de SO₄ Cu al 20 % de una densidad de 1,18 a 18 °C sin que el hierro quede al descubierto o coloreado parcialmente.

- Conductores, Empalmes Y Paramenta Eléctrica.

Los conductores utilizados en la red eléctrica estarán dimensionados para soportar la tensión de servicio y las botellas terminales y empalmes serán adecuados para el tipo de conductor empleado y aptos igualmente para la tensión de servicio.

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco, de las características esenciales siguientes:

Conductor: Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022

Pantalla sobre conductor: Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.

Aislamiento: Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR).

Pantalla sobre el aislamiento: Una capa de mezcla semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.

Cubierta: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.

Tipo seleccionado: Los reseñados en la tabla I adjunta.

Tipo constructivo	Tensión Nominal kV	Sección Conductor mm ²	Sección Pantalla mm ²
HEPRZ	12/20	150, 240, 400	16
	18/30	150, 240, 400	25

Sección Mm ²	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105°C Ω / km	Reactancia por fase Ω / km	Capacidad μ F/ km
150	12/20	0,277	0,112	0,368
240		0,169	0,105	0,453
400		0,107	0,098	0,536
150	18/30	0,277	0,121	0,266
240		0,169	0,113	0,338
400		0,107	0,106	0,401

Tabla I

El conductor utilizado de sección 240 mm² para la conexión entre el centro de transformación y el paso aéreo subterráneo, en canalización subterránea bajo tubo.

Los empalmes para conductores con aislamiento seco podrán estar constituidos por un manguito metálico que realice la unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales. El aislamiento podrá ser construido a base de cinta semiconductora interior, cinta autovulcanizable, cinta semiconductora capa exterior, cinta metálica de reconstitución de pantalla, cinta para compactar, trenza de tierra y nuevo encintado de compactación final, o utilizando

materiales termorretráctiles, o premoldeados u otro sistema de eficacia equivalente. Los empalmes para conductores desnudos podrán ser de plena tracción de los denominados estirados, comprimidos o de varillas preformadas.

La paramenta eléctrica que interviene en el diseño de la red eléctrica queda descrita perfectamente en el anexo de cálculo del proyecto.

- Puesta a Tierra.

En los extremos de las líneas subterráneas se colocará un dispositivo que permita poner a tierra los cables en caso de trabajos o reparación de averías, con el fin de evitar posibles accidentes originados por existencia de cargas de capacidad. Las cubiertas metálicas y las pantallas de las mismas estarán también puestas a tierra.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.1 OBJETO

Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a res. Pretender servir de guía para los instaladores y fabricantes de equipos de este proyecto, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir la instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de tecnología y proyecto.

Se valorará la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración.

El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos, para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de la Dirección Facultativa.

3.2 GENERALIDADES

Este Pliego es de aplicación en su integridad a las instalaciones solares fotovoltaicas destinadas a la producción de electricidad para ser vendida en su totalidad a la red de distribución. Quedan excluidas expresamente las instalaciones aisladas de la red.

Será de aplicación toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas, en concreto:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.

- Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 3490/2000, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para el 2001.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Para el caso de integración en edificios se tendrá en cuenta las Normas Básicas de la Edificación (NBE).

3.3 DEFINICIONES

3.3.1 Radiación Solar

Radiación Solar:

Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia

Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².

Irradiación:

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m².

3.3.2 Instalación

Instalaciones fotovoltaicas:

Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

Instalaciones fotovoltaicas interconectadas:

Aquellas que normalmente trabajan en paralelo con la empresa distribuidora.

Línea y punto de conexión y medida:

La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

Interruptor automático de la interconexión:

Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

Interruptor general:

Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

Generador fotovoltaico:

Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

Rama fotovoltaica:

Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Inversor:

Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.

Potencia nominal del generador:

Suma de las potencia máximas de los módulos fotovoltaicos.

Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal:

Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

3.3.3 Módulos

Célula solar o fotovoltaica:

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Célula de tecnología equivalente (CTE):

Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.

Módulo o panel fotovoltaico:

Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

Condiciones Estándar de Medida (CEM):

Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula : 25 °C

Potencia pico:

Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

TONC:

Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800W/m² con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento de 1 m/s.

3.3.4 Integración Arquitectónica

Según los casos, se aplicarán las denominaciones siguientes:

Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos:

Cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento o sombreado) y, además sustituyen a elementos constructivos convencionales.

Revestimiento:

Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

Cerramiento:

Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanqueidad y aislamiento térmico.

Elementos de sombreado:

Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada del mismo.

La colocación de módulos fotovoltaicos paralelos a la envolvente del edificio sin la doble funcionalidad definida en 3.4.1, se denominará *superposición* y no se considerará integración arquitectónica. No se aceptarán, dentro del concepto de superposición, módulos horizontales.

3.4 DISEÑO

3.4.1 Diseño Del Generador Fotovoltaico

3.4.1.1 Generalidades

El módulo fotovoltaico seleccionada cumplirá las especificaciones del apartado 5.2.

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

En aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa de la Dirección Facultativa. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

3.4.1.2 Orientación e inclinación y sombras

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla I. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica., según se define en el apartado 3.4. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI + S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración Arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla I

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

Cuando existan varias filas de módulos, la distancia mínima entre ellas será de CUERDO AL Anexo III del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

3.4.2 Diseño Del Sistema De Monitorización

El sistema de monitorización, cuando se instale de acuerdo a la convocatoria, proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.

Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispra “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A”, Report EUR16338 EN.

El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario.

3.5 COMPONENTES Y MATERIALES

3.5.1 Generalidades

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 necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminución 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.

Cualquier cambio con respecto a lo especificado en Proyecto deberá ser presentado y aprobado por la Dirección Facultativa. Además, se deberá presentar a la Dirección Facultativa los certificados y especificaciones técnicas del fabricante de todos los componentes.

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, en lugar accesible para su consulta y verificación, tanto por la Dirección Facultativa, como por parte del instalador homologado correspondiente.

3.5.2 Sistemas Generadores Fotovoltáicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido (por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc.), lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre, logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse a la Dirección Facultativa los certificados de los módulos y la justificación del cambio para su aprobación por ésta si procediera.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 10\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

3.5.3 Estructura Soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá incluir en la Memoria de Solicitud y de Diseño o Proyecto un apartado justificativo de los puntos objeto de incumplimiento y su aceptación deberá contar con la

aprobación expresa del IDAE. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por la NBE y demás normas aplicables.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma MV-106. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias de las Normas Básicas de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el punto 4.1.2 sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

5.3.13 Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

3.5.4 Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10 % superiores a las CEM. Además soportará picos de magnitud un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 kW.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10% de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles y de IP65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales:

- Entre 0°C y 40°C de temperatura
- Entre 0% y 85% de humedad relativa

3.5.5 Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

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.

3.5.6 Conexión a red

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

3.5.7 Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 10) sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

3.5.8 Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

3.5.9 Puesta A Tierra De Las Instalaciones Fotovoltáicas

Todas las instalaciones cumplirán 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.

Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Solicitud y de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

3.5.10 Armónicos Y Compatibilidad Electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán 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.

3.6 RECEPCIÓN Y PRUEBAS

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. 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 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 PCT, serán como mínimo las siguientes:

1. Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
2. Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
3. 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.
4. Determinación de la potencia instalada, de acuerdo con el procedimiento descrito en el anexo I.
5. 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 suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:
 - I. Entrega de toda la documentación requerida en este PCT.
 - II. Retirada de obra de todo el material sobrante.
 - III. Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.
 - IV. Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.
 - V. Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de 3 años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será de 8 años

contados a partir de la fecha de la firma de acta de recepción provisional.

- VI. 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.

3.7 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO

3.7.1 Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

3.7.2 Programa De Mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

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

Plan de mantenimiento preventivo: 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.

Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados en este apartado 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 período de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá al menos una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia menor de 5 kWp y semestral para el resto) en la 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 señalizaciones, alarmas, etc.
- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

3.7.3 Garantías

Las instalaciones fotovoltaicas estarán sujetas a las normas e indicaciones prescritas en la legislación y reglamentación aplicable en materia de garantías de este tipo de instalaciones.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo se en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo en el caso de que el suministrador incumpliera las obligaciones derivadas de la garantía en un plazo razonable, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar la fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

3.8 OBJETO

El objeto del presente documento es definir los requisitos y características técnicas para la realización del montaje y puesta en servicio de las infraestructuras eléctricas correspondientes a la Planta Fotovoltaica.

3.8.1 Códigos Y Normas

Además de la normativa legal vigente de obligado cumplimiento, serán de aplicación los códigos y normas en vigor, en su última edición que se citan:

- Reglamento de Centrales Generadoras de Energía Eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de Seguridad en estaciones eléctricas, instituciones o centros (12 de noviembre de 1982).
- Reglamento de transporte, distribución, comercialización, suministro y autorización de instalaciones de energía eléctrica (RCL 1998/3048).

- RD 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establecidas por el IDAE en su apartado destinado a Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica (PCT-C.-Octubre 2002).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en Centros de Trabajo.
- Recomendaciones técnicas del Instituto Eduardo Torroja para instalaciones eléctricas de edificios.
- Normas Autonómicas y Provinciales para este tipo de instalaciones.
- Normas Municipales para este tipo de instalaciones.

3.9 TRABAJOS ELÉCTRICOS GENERALES

3.9.1 Generalidades

Este apartado será de aplicación al:

- Montaje de canalizaciones eléctricas, incluyendo en este concepto la canalización propiamente dicho, el soportado de la misma y las tapas o blindajes de protección que pudieran incluirse en el diseño.
- Tendido y conexionado de cables.
- Sistema de puesta a tierra.
- Sistema de iluminación y fuerza.

Se establecen en este punto las instrucciones generales que deben seguirse para la correcta preparación, ejecución y documentación de los trabajos que se lleven a cabo durante el montaje.

3.9.2 Canalizaciones Eléctricas

Previamente a la instalación, el instalador realizará un replanteo de detalle, ajustándose exactamente a la situación de bornas de equipos y a la geometría de las estructuras y del trazado general, debiendo tener especialmente en cuenta que:

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales de las paredes o estructuras que las soporten o delimiten.

El replanteo de detalle que elabore el instalador será presentado a la Dirección Técnica en obra, de la que deberá obtener su aprobación antes del inicio del trabajo.

Las canalizaciones podrán ser de alguno de los siguientes tipos:

De hormigón.

De cemento.

De fibrocemento.

De plástico.

Metálicas.

Puesto que en este proyecto existen en principio canalizaciones, no se hace más referencia a ellas.

3.9.3 Conexionado

A. Antes de proceder al conexionado definitivo de los cables a sus equipos, el instalador llevará a cabo las siguientes operaciones y comprobaciones:

1. Procederá al pelado de los hilos, para lo que se emplearán herramientas adecuadas, con el fin de no deteriorar el hilo ni su aislamiento.
2. Efectuará una comprobación al 100% de la continuidad eléctrica de los hilos que pretenda conectar. Esta comprobación se realizará en circuito abierto, alimentando con una batería de C.C. y utilizando un aparato luminoso-acústico.
3. Realizará, asimismo, una comprobación al 100% de aislamiento entre conductores y entre cada uno de ellos y tierra.

Para la medida de la resistencia de aislamiento se utilizará un Megger capaz de proporcionar tensión continua en vacío comprendida entre los 500 y 1000 voltios, para circuitos de baja tensión y de 2500 a 5000 voltios, para circuitos de alta tensión.

El valor de la resistencia, medida en ohmios, se considerará aceptable cuando se supere la cantidad que se obtenga de multiplicar por 100 la tensión máxima de servicio, expresada en voltios, con un valor mínimo de 250000 ohmios.

- B Para la realización de las comprobaciones realizadas en el párrafo anterior, el instalador elaborará un Procedimiento para la Comprobación de la Continuidad y Aislamiento Eléctrico que presentará a la Dirección Técnica para su aprobación.

En dicho procedimiento se reflejará de forma ordenada y detallada la siguiente información:

- Aparatos y esquemas de la instalación para la comprobación de la continuidad eléctrica de los conductores.
 - Medidas a realizar de la resistencia de aislamiento.
 - Aparatos y esquemas de conexión para la realización de la medida de aislamiento.
 - Tabla de valores admisibles para la resistencia de aislamiento, en función de las diferentes tensiones de servicio que se dispongan en la Central.
 - Precauciones que deberán tomarse durante la realización de las medidas y comprobaciones.
- C. Para la conexión de los diferentes hilos, se empleará una herramienta de engaste que garantice el control de la presión sobre el terminal.
- D. El terminal a emplear en armarios eléctricos y paneles en general, será del tipo de presión preaislado de punta u ojal, según exija el punto donde vaya conexionado.
- E. Paralelamente a la ejecución del conexionado, se llevará a cabo el etiquetado del cable, así como de los hilos que lo compongan, ajustándose a los siguientes requisitos:

1. La etiqueta del cable se conectará en el punto de interrupción de la cubierta exterior.
 2. La etiqueta del cable llevará marcado con tinta indeleble su número de identificación y composición.
 3. Dichas etiquetas consistirán en un manguito termorretráctil. El material empleado en su fabricación contará con la aprobación de la Dirección Técnica.
 4. La etiqueta del hilo se colocará inmediatamente antes de su conexión a las regletas de origen y destino.
 5. La etiqueta del hilo llevará marcado con tinta indeleble el número de identificación del cable al que pertenezca y a la borna de conexión de origen y destino.
- F. Simultáneamente con el conexonado, se realizará “in situ” las operaciones de taladrado, enhebrado del cable y apriete del prensa que deban llevarse a cabo para asegurar la estanqueidad del paso del cable o el grapado en perfiles normalizados que aseguren firmeza.

3.9.4 Sistema De Puesta A Tierra

- Tendido y conexonado de los circuitos a tierra

Las uniones entre cables o entre cables y pletinas de cobre desnudo se realizarán según se indique en el Proyecto, de alguna de las siguientes formas:

- Soldadura aluminotérmica.
- Uniones atornilladas.
- Grapas.
- Terminales.

En el caso de uniones soldadas, elaborará y presentará a la aprobación de la DIRECCIÓN TÉCNICA un Procedimiento para la realización de la Soldadura de tipo

Aluminotérmico, en el que además de quedar reflejadas las variables de proceso, se establecerán la forma y los medios para el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Preparación de la unión:

Se limpiarán cuidadosamente los conductores a unir hasta que éstos tengan el brillo del metal. Se podrá utilizar para esa operación lija o cepillo de acero.

Los conductores mojados o húmedos deberán quedar perfectamente secos, pues la realización de la soldadura en tales circunstancias ocasionaría la aparición de porosidades, que harían rechazable la unión.

Asimismo, los conductores que hubieran sido tratados con aceites o grasa serán previamente desengrasados, utilizando para ello un producto adecuado.

Los moldes para la realización de la soldadura serán los que en cada caso (dependiendo de los materiales a unir), recomiende el fabricante aprobado.

A cada tipo de unión corresponderá un diseño de molde. No se permitirá la colocación de suplementos en los moldes para realizar soldaduras diferentes con un mismo diseño de molde.

Antes de realizar la soldadura, los moldes deberán limpiarse y secarse cuidadosamente.

- Ejecución de la soldadura

Se deberán tener en cuenta las instrucciones del fabricante, las cuales se reflejarán en el procedimiento de soldadura. El calor producido durante el proceso de unión no deberá provocar la fusión de ningún punto de los elementos a unir.

Figurarán en el procedimiento los criterios de rechazo de soldadura, indicando que serán 100% rechazables las uniones con grietas, poros, derrames, o cualquier otro fallo. El máximo número de veces que se podrá emplear un mismo molde se establecerá a partir de las recomendaciones del fabricante (máximo 50 soldaduras). Como medida de seguridad adicional, se llevarán a cabo muestreos, sobre un 5% de las uniones realizadas con un mismo molde.

Las uniones atornilladas entre pletinas o las que se realicen con grapas especiales o mediante terminales, se efectuarán observando las siguientes precauciones:

Se limpiarán previamente las superficies de contacto, con el fin de que la resistencia eléctrica de la unión sea mínima.

La limpieza indicada anteriormente se llevará a cabo de forma que no se elimine el galvanizado de las pletinas o estructuras que lleven este tratamiento. El instalador deberá dar el par de apriete adecuado a los tornillos, con el fin de asegurar la continuidad de la unión.

4. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

4.1 MEMORIA INFORMATIVA

4.1.1 Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

El objeto del Estudio de Seguridad y Salud es servir de base para que el instalador elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

4.4.2 Datos De La Obra

La obra tendrá una duración aproximada de 2 meses.

Se considera una punta máxima de 6 trabajadores, con una media de 4 trabajadores en obra.

4.2 MEMORIA DESCRIPTIVA

4.2.1 Descripción Técnica Del Proyecto

Se extraerá y copiará del Documento 1 del Proyecto: Memoria del Proyecto Interferencias y servicios asociados.

4.2.2 Climatología

Hay que definir la climatología porque sin duda influye en el nivel de la prevención alcanzable. El clima de la zona donde se va a ejecutar la obra es seco.

4.2.3 Accesos Y Vallado

Con antelación al inicio de los trabajos, se dispondrá el vallado perimetral provisional del recinto de obras, con el fin de evitar que cualquier persona ajena a la obra tenga fácil acceso a la misma.

Los accesos de materiales y para el personal, estarán debidamente señalizados. En dichos accesos, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra.

4.3 ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividirán las obras en una serie de trabajos por especialidades o unidades constructivas, dentro de cada uno de los apartados correspondientes a la obra civil y al montaje, así como en una serie de equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las mismas.

El siguiente análisis de riesgos sobre el proyecto de ejecución podrá ser variado por cada uno de los instaladores adjudicatarios en su propio Plan de Seguridad y Salud, cuando sea adaptado a la tecnología de construcción que les sea de aplicación.

4.3.1 Trabajos De Soldadura

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

- Estructura metálica soporte
- Transformadores de tensión e intensidad
- Interruptores
- Seccionadores
- Bandejas y canalizaciones de cables
- Tubos de embarrado y conexiones

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES DE CONTROL

- Armarios de control

- Relés y protecciones
- Relés de protecciones
- Equipos de comunicaciones
- Equipos de control integrado

Remotas de control

CABLEADOS DE INTERCONEXIÓN

Tendido y conexionado

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE C.A Y C.C.

- Cuadros de distribución

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

- Alumbrado

ENSAYOS Y PRUEBAS FINALES

4.3.1.1 Descripción de trabajos

4.3.1.1.1 Manipulación manual de cargas

Se entenderá por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, así como el levantamiento, colocación, empuje, tracción o desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, particularmente dorsolumbares, para los trabajadores.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel

- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Choque contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Para levantar una carga hay que aproximarse a ella. El centro de gravedad del operario deberá estar lo más próximo que sea posible y por encima del centro de gravedad de la carga.
- El equilibrio imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados:
 - Enmarcando la carga
 - Ligeramente separados
 - Ligeramente adelantado uno respecto del otro.
- Técnica segura del levantamiento:
 - Situar el peso cerca del cuerpo.
 - Mantener la espalda plana.
 - No doblar la espalda mientras levanta la carga.
 - Usar los músculos más fuertes, como son los de los brazos, piernas y muslos.
- Coger mal un objeto para levantarlo provoca una contracción involuntaria de los músculos de todo el cuerpo. Para sentir mejor un objeto al cogerlo, lo correcto es hacerlo con la palma de la mano y la base de los dedos. Para cumplir este principio y tratándose de objetos pesados, se puede, antes de cogerlos, prepararlos sobre calzos para facilitar la tarea de meter las manos y situarlas correctamente.
- Las cargas deberán levantarse manteniendo la columna vertebral recta y alineada.
- Para mantener la espalda recta se deberán “meter” ligeramente los riñones y bajar ligeramente la cabeza.

- El arquear la espalda entraña riesgo de lesión en la columna, aunque la carga no sea demasiado pesada.
- La torsión del tronco, sobre todo si se realiza mientras se levanta la carga, puede igualmente producir lesiones.
- En este caso, es preciso descomponer el movimiento en dos tiempos: primero levantar la carga y luego girar todo el cuerpo moviendo los pies a base de pequeños desplazamientos. O bien, antes de elevar la carga, orientarse correctamente en la dirección de marcha que luego tomaremos, para no tener que girar el cuerpo.
- Se utilizarán los músculos de las piernas para dar el primer impulso a la carga que vamos a levantar. Para ello flexionaremos las piernas, doblando las rodillas, sin llegar a sentarnos en los talones, pues entonces resulta difícil levantarse (el muslo y la pantorrilla deben formar un ángulo de más de 90°)
- Los músculos de las piernas deberán utilizarse también para empujar un vehículo, un objeto, etc.
- En la medida de lo posible, los brazos deberán trabajar a tracción simple, es decir, estirados. Los brazos deberán mantener suspendida la carga, pero no elevarla.

La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante de nosotros y que estorbe lo menos posible al andar de forma natural.

- En el caso de levantamiento de un bidón o una caja, se conservará un pie separado hacia atrás, con el fin de poderse retirar rápidamente en caso de que la carga bascule.
- Para transportar una carga, ésta deberá mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionados.
- Este proceder evitará la fatiga inútil que resulta de contraer los músculos del brazo, que obliga a los bíceps a realizar un esfuerzo de quince veces el peso que se levanta.
- La utilización del peso de nuestro propio cuerpo para realizar tareas de manutención manual permitirá reducir considerablemente el esfuerzo a realizar con las piernas y brazos.
- El peso del cuerpo puede ser utilizado:
 - Empujando para desplazar un móvil (carretilla por ejemplo), con los brazos extendidos y bloqueados para que nuestro peso se transmita íntegro al móvil.
 - Tirando de una caja o un bidón que se desea tumbar, para desequilibrarlo.

- Resistiendo para frenar el descenso de una carga, sirviéndonos de nuestro cuerpo como contrapeso.
- En todas estas operaciones deberá ponerse cuidado en mantener la espalda recta.
- Para levantar una caja grande del suelo, el empuje deberá aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.
- Si el ángulo formado por la dirección de empuje y la diagonal es mayor de 90° , lo que conseguimos hacer será deslizar a la caja hacia adelante, pero nunca levantarla.
- Para depositar en un plano inferior algún objeto que se encuentre en un plano superior, se aprovechará su peso y nos limitaremos a frenar su caída.
- Para levantar una carga que luego va a ser depositada sobre el hombro, deberán encadenarse las operaciones, sin pararse, para aprovechar el impulso que hemos dado a la carga para despegarla del suelo.
- Las operaciones de manutención en las que intervengan varias personas deberán excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los porteadores puede lesionar a varios.
- Deberá designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá atender a:
 - La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de porteadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
 - La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
 - La explicación a los porteadores de los detalles de la operación (además a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)
 - La situación de los porteadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).
- El transporte se deberá efectuar:
 - Estando el porteador de detrás ligeramente desplazado con respecto al de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.
 - A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.
 - Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.

- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.
- Los recorridos, una vez cogida la carga, serán lo más cortos posibles.
- Nunca deberán tomarse las cajas o paquetes estando en situación inestable o desequilibrada.
- Será conveniente preparar la carga antes de cogerla.
- Se aspirará en el momento de iniciar el esfuerzo.
- El suelo se mantendrá limpio para evitar el riesgo de caídas al mismo nivel.
- Si los paquetes o cargas pesan más de 50 Kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.
- En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante

Ropa de trabajo para el mal tiempo

4.3.1.1.2 Izado de Cargas

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caída de objetos en manipulación
- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Sobreesfuerzos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Los accesorios de elevación resistirán los esfuerzos a que estén sometidos durante el funcionamiento y, si procede, cuando no funcionen, en las condiciones de instalación y explotación previstas por el fabricante y en todas las configuraciones correspondientes, teniendo en cuenta, en su caso, los efectos producidos por los factores atmosféricos y los esfuerzos a que los sometan las personas. Este requisito deberá cumplirse igualmente durante el transporte, montaje y desmontaje.
- Los accesorios de elevación se diseñarán y fabricarán de forma que se eviten los fallos debidos a la fatiga o al desgaste, habida cuenta de la utilización prevista.
- Los materiales empleados deberán elegirse teniendo en cuenta las condiciones ambientales de trabajo que el fabricante haya previsto, especialmente en lo que respecta a la corrosión, abrasión, choques, sensibilidad al frío y envejecimiento.
- El diseño y fabricación de los accesorios serán tales que puedan soportar sin deformación permanente o defecto visible las sobrecargas debidas a las pruebas estáticas.

Cuerdas

- Una cuerda es un elemento textil cuyo diámetro no es inferior a 4 milímetros, constituida por cordones retorcidos o trenzados, con o sin alma.
- Las cuerdas para izar o transportar cargas tendrán un factor mínimo de seguridad de diez.
- No se deslizarán sobre superficies ásperas o en contacto con tierras, arenas o sobre ángulos o aristas cortantes, a no ser que vayan protegidas.
- Toda cuerda de cáñamo que se devuelva después de concluir un trabajo deberá ser examinada en toda su longitud.
- En primer lugar, se deberán deshacer los nudos que pudiera tener, puesto que conservan la humedad y se lavarán las manchas. Después de bien seca, se buscarán los posibles deterioros: cortes, acuñamientos, ataques de ácidos, etc.
- Se procurará que no estén en contacto directo con el suelo, aislándolas de éste mediante estacas o paletas, que permitan el paso de aire bajo los rollos.

- Las cuerdas de fibra sintética deberán almacenarse a una temperatura inferior a los 60°.
- Se evitará el contacto con grasas, ácidos o productos corrosivos, así como inútiles exposiciones a la luz.
- Una cuerda utilizada en un equipo anticaídas, que ya haya detenido la caída de un trabajador, no deberá ser utilizada de nuevo, al menos para este cometido.
- Se examinarán las cuerdas en toda su longitud, antes de su puesta en servicio.
- Si se debe de utilizar una cuerda en las cercanías de una llama, se protegerá mediante una funda de cuero al cromo, por ejemplo.
- Las cuerdas que han de soportar cargas, trabajando a tracción, no han de tener nudo alguno. Los nudos disminuyen la resistencia de la cuerda
- Es fundamental proteger las cuerdas contra la abrasión, evitando todo contacto con ángulos vivos y utilizando un guardacabo en los anillos de las eslingas.

La presión sobre ángulos vivos puede ocasionar cortes en las fibras y producir una disminución peligrosa de la resistencia de la cuerda. Para evitarlo se deberá colocar algún material flexible (tejido, cartón, etc.) entre la cuerda y las aristas vivas.

Cables

- Un cordón está constituido por varios alambres de acero dispuestos helicoidalmente en una o varias capas. Un cable de cordones está constituido por varios cordones dispuestos helicoidalmente en una o varias capas superpuestas, alrededor de un alma.
- Los cables serán de construcción y tamaño apropiados para las operaciones en las cuales van a ser empleados.
- El factor de seguridad para los mismos no será inferior a seis.
- Los ajustes de ojales y los lazos para los ganchos, anillos y argollas, estarán provistos de guardacabos resistentes.
- Estarán siempre libres de nudos, sin torceduras permanentes y otros defectos.
- Se inspeccionará periódicamente el número de hilos rotos desechándose aquellos cables en que lo estén en más del 10% de los mismos, contados a lo largo de dos tramos del cableado, separados entre sí por una distancia inferior a ocho veces su diámetro.

- Los cables utilizados directamente para levantar o soportar la carga no deberán llevar ningún empalme, excepto el de sus extremos (únicamente se tolerarán los empalmes en aquellas instalaciones destinadas, desde su diseño, a modificarse regularmente en función de las necesidades de una explotación). El coeficiente de utilización del conjunto formado por el cable y la terminación se seleccionará de forma que garantice un nivel de seguridad adecuado.
- El diámetro de los tambores de izar no será inferior a 20 veces el del cable, siempre que sea también 300 veces el diámetro del alambre mayor.
- Es preciso atenerse a las recomendaciones del fabricante de los aparatos de elevación, en lo que se refiere al tipo de cable a utilizar, para evitar el desgaste prematuro de este último e incluso su destrucción. En ningún caso se utilizarán cables distintos a los recomendados.
- Los extremos de los cables estarán protegidos por refuerzos para evitar el descableado.
- Los diámetros mínimos para el enrollamiento o doblado de los cables deben ser cuidadosamente observados para evitar el deterioro por fatiga.
- Antes de efectuar el corte de un cable, es preciso asegurar todos los cordones para evitar el deshilachado de éstos y descableado general.
- Antes de proceder a la utilización del cable para elevar una carga, se deberá de asegurar de que su resistencia es la adecuada.
- Para desenrollar una bobina o un rollo de cable, lo haremos rodar en el suelo, fijando el extremo libre a un punto, del que nunca se tirará, o bien dejar girar el soporte (bobina, aspa, etc.) colocándolo previamente en un bastidor adecuado provisto de un freno que impida tomar velocidad a la bobina.
- Para enrollar un cable se deberá proceder a la inversa en ambos casos.
- La unión de cables no deberá realizarse nunca mediante nudos, que los deterioran, sino utilizando guardacabos y mordazas sujeta cables.
- Normalmente los cables se suministran lubricados y para garantizar su mantenimiento es suficiente con utilizar el tipo de grasa recomendado por el fabricante. Algunos tipos de cables especiales no deben ser engrasados, siguiendo en cada caso las indicaciones del fabricante.

- El cable se examinará en toda su longitud y después de una limpieza que elimine la suciedad en el mismo.
- El examen de las partes más expuestas al deterioro o que presente alambres rotos se efectuará estando el cable en reposo.
- Los motivos de retirada de un cable serán:
- Rotura de un cordón.
- Reducción anormal y localizada del diámetro.
- Existencia de nudos.
- Cuando la disminución del diámetro del cable en un punto cualquiera, alcanza el 10% para los cables de cordones o el 3% para los cables cerrados.
- Cuando el número de alambres rotos visibles alcanza el 20% del número total de hilos del cable, en una longitud igual a dos veces el paso de cableado.
- Cuando la disminución de la sección de un cordón, medida en un paso cableado, alcanza el 40% de la sección total del cordón.

Cadenas

- Las cadenas serán de hierro forjado o acero.
- El factor de seguridad será al menos de cinco para la carga nominal máxima.
- Los anillos, ganchos, eslabones o argollas de los extremos serán del mismo material que las cadenas a las que van fijados.
- Todas las cadenas serán revisadas antes de ponerse en servicio.
- Cuando los eslabones sufran un desgaste excesivo o se hayan doblado o agrietado, serán cortados y reemplazados inmediatamente.
- Las cadenas se mantendrán libres de nudos y torceduras.
- Se enrollarán únicamente en tambores, ejes o poleas que estén provistas de ranuras que permitan el enrollado sin torceduras.
- La resistencia de una cadena es la de su componente más débil. Por ello conviene retirar las cadenas:
- Cuyo diámetro se haya reducido en más de un 5%, por efecto del desgaste.
- Que tengan un eslabón doblado, aplastado, estirado o abierto.

- Es conveniente que la unión entre el gancho de elevación y la cadena se realice mediante un anillo.
- No se deberá colocar nunca sobre la punta del gancho o directamente sobre la garganta del mismo.
- Bajo carga, la cadena deberá quedar perfectamente recta y estirada, sin nudos.
- La cadena deberá protegerse contra las aristas vivas.
- Deberán evitarse los movimientos bruscos de la carga, durante la elevación, el descenso o el transporte.
- Una cadena se fragiliza con tiempo frío y en estas condiciones, bajo el efecto de un choque o esfuerzo brusco, puede romperse instantáneamente.
- Las cadenas deberán ser manipuladas con precaución, evitando arrastrarlas por el suelo e incluso depositarlas en él, ya que están expuestas a los efectos de escorias, polvos, humedad y agentes químicos, además del deterioro mecánico que puede producirse.
- Las cadenas de carga instaladas en los equipos de elevación, deberán estar convenientemente engrasadas para evitar la corrosión que reduce la resistencia y la vida útil.

Ganchos

- Serán de acero o hierro forjado
- Estarán equipados con pestillos u otros dispositivos de seguridad para evitar que las cargas puedan salirse.
- Las partes que estén en contacto con cadenas, cables o cuerdas serán redondeadas.
- Dada su forma, facilitan el rápido enganche de las cargas, pero estarán expuestos al riesgo de desenganche accidental, por lo que éste debe prevenirse.
- No deberá tratarse de construir uno mismo un gancho de manutención, partiendo de acero que pueda encontrarse en una obra o taller, cualquiera que sea su calidad.
- Uno de los accesorios más útiles para evitar el riesgo de desenganche accidental de la carga es el gancho de seguridad, que va provisto de una lengüeta que impide la salida involuntaria del cable o cadena.

- Solamente deberán utilizarse ganchos provistos de dispositivo de seguridad contra desenganques accidentales y que presenten todas las características de una buena resistencia mecánica.
- No deberá tratarse de deformar un gancho para aumentar la capacidad de paso de cable.
- No deberá calentarse nunca un gancho para fijar una pieza por soldadura, por ejemplo, ya que el calentamiento modifica las características del acero.
- Un gancho abierto o doblado deberá ser destruido.
- Durante el enganchado de la carga se deberá controlar:
- Que los esfuerzos sean soportados por el asiento del gancho, nunca por el pico.
- Que el dispositivo de seguridad contra desenganche accidental funcione perfectamente.
- Que ninguna fuerza externa tienda a deformar la abertura del gancho. En algunos casos, el simple balanceo de la carga puede producir estos esfuerzos externos.

Argollas y anillos

- Las argollas serán de acero forjado y constarán de un estribo y un eje ajustado, que habitualmente se roscará a uno de los brazos del estribo.
- La carga de trabajo de las argollas ha de ser indicada por el fabricante, en función del acero utilizado en su fabricación y de los tratamientos térmicos a los que ha sido sometida.
- No se sustituirá nunca el eje de una argolla por un perno, por muy buena que sea la calidad de éste.
- Los anillos tendrán diversas formas, aunque la que se recomendará es el anillo en forma de pera, al ser éste el de mayor resistencia.
- Es fundamental que conserven su forma geométrica a lo largo del tiempo.

Grilletes

- No se deberán sobrecargar ni golpear nunca.
- Al roscar el bulón deberá hacerse a fondo, menos media vuelta.

- Si se han de unir dos grilletes, deberá hacerse de forma que la zona de contacto entre ellos sea la garganta de la horquilla, nunca por el bulón.
- No podrán ser usados como ganchos.
- Los estribos y eslingas trabajarán sobre la garganta de la horquilla, nunca sobre las patas rectas ni sobre el bulón.
- El cáncamo tendrá el espesor adecuado para que no se produzca la rotura del bulón por flexión ni por compresión diametral.
- No se calentará ni soldará sobre los grilletes.

Eslingas

- Se tendrá especial cuidado con la resistencia de las eslingas. Las causas de su disminución son muy numerosas:
- El propio desgaste por el trabajo.
- Los nudos, que disminuyen la resistencia de un 30 a un 50%.
- Las soldaduras de los anillos terminales u ojales, aún cuando estén realizadas dentro de la más depurada técnica, producen una disminución de la resistencia del orden de un 15 a un 20%.
- Los sujetacables, aún cuando se utilicen correctamente y en número suficiente. Las uniones realizadas de esta forma reducen la resistencia de la eslinga alrededor del 20%.
- Las soldaduras o las zonas unidas con sujetacables nunca se colocarán sobre el gancho del equipo elevador, ni sobre las aristas. Las uniones o empalmes deberán quedar en las zonas libres, trabajando únicamente a tracción.
- No deberán cruzarse los cables de dos ramales de eslingas distintas, sobre el gancho de sujeción, ya que en este caso uno de los cables estaría comprimido por el otro.
- Para enganchar una carga con seguridad, es necesario observar algunas precauciones:
- Los ganchos que se utilicen han de estar en perfecto estado, sin deformaciones de ninguna clase.
- Las eslingas y cadenas se engancharán de tal forma que la cadena o eslinga descansa en el fondo de la curvatura del gancho y no en la punta.

- Hay que comprobar el buen funcionamiento del dispositivo que impide el desenganche accidental de las cargas.
- Si el gancho es móvil, debe estar bien engrasado de manera que gire libremente.
- Se deben escoger las eslingas (cables, cadenas, etc.) o aparatos de elevación (horquillas, garras, pinzas) apropiados a la carga. No se deberá utilizar jamás alambre de hierro o acero cementado.
- Los cables utilizados en eslingas sencillas deben estar provistos en sus extremos de un anillo emplomado o cerrados por terminales de cable (sujetacables).
- Los sujetacables deben ser de tamaño apropiado al diámetro de los cables y colocados de tal forma que el asiento se encuentre en el lado del cable que trabaja.
- Las eslingas de cables no deberán estar oxidadas, presentar deformaciones ni tener mechas rotas o nudos.
- Los cables no deberán estar sometidos a una carga de maniobra superior a la sexta parte de su carga de rotura.
- Si no se sabe esta última indicación, se puede calcular, aproximadamente, el valor máximo de la carga de maniobra mediante: $F(\text{en Kg.}) = 8 \times d^2$ (diámetro del cable en mm.)
- Las eslingas sinfín, de cable, deberán estar cerradas, bien sea mediante un emplomado efectuado por un especialista o bien con sujetacables. El emplomado deberá quedar en perfecto estado.
- Los sujetacables deberán ser al menos cuatro, estando su asiento en el lado del cable que trabaja, quedando el mismo número a cada lado del centro del empalme.
- Toda cadena cuyo diámetro del redondo que forma el eslabón se haya reducido en un 5% no deberá ser utilizada más.
- No se sustituirá nunca un eslabón por un bulón o por una ligadura de alambre de hierro, etc.
- No se debe jamás soldar un eslabón en una forja o con el soplete.
- Las cadenas utilizadas para las eslingas deberán ser cadenas calibradas; hay que proveer a sus extremos de anillos o ganchos.

- Las cadenas utilizadas en eslingas no deberán tener ni uno solo de sus eslabones corroído, torcido, aplastado, abierto o golpeado. Es preciso comprobarlas periódicamente eslabón por eslabón.
- Las cadenas de las eslingas no deberán estar sometidas a una carga de maniobra superior a la quinta parte de su carga de rotura. Si no se conoce este último dato, se puede calcular, aproximadamente, el valor de la carga de maniobra con ayuda de la siguiente fórmula: $F(\text{en Kg.}) = 6 \times d^2$ (diámetro del redondo en mm.)
- En el momento de utilizar las cadenas, se debe comprobar que no estén cruzadas, ni torcidas, enroscadas, mezcladas o anudadas.
- Procurar no utilizarlas a temperaturas muy bajas pues aumenta su fragilidad. Ponerlas tensas sin golpearlas.
- Hay que evitar dar a las eslingas dobleces excesivos, especialmente en los cantos vivos; con dicho fin se interpondrán entre las eslingas y dichos cantos vivos, materiales blandos: madera, caucho, trapos, cuero, etc.
- Comprobar siempre que la carga esté bien equilibrada y bien repartida entre los ramales, tensando progresivamente las eslingas.
- Después de usar las eslingas, habrá que colocarlas sobre unos soportes. Si han de estar colgadas de los aparatos de elevación, ponerlas en el gancho de elevación y subir éste hasta el máximo.
- Se verificarán las eslingas al volver al almacén.
- Toda eslinga deformada por el uso, corrosión, rotura de filamentos, se deberá poner fuera de servicio.
- Se engrasarán periódicamente los cables y las cadenas.
- Se destruirán las eslingas que han sido reconocidas como defectuosas e irreparables.

Trácteles

- Deberán estar perfectamente engrasados.
- Se prohibirá engrasar el cable del tráctel.
- Antes de cualquier maniobra deberá comprobarse:
 - El peso de carga para comprobar que el aparato que utilizamos es el adecuado.
 - Los amarres de la carga y la utilización de cantoneras.

- Que la dirección del eje longitudinal del aparato sea la misma que la del cable (que no forme ángulo).
- No se deberá utilizar para esfuerzos superiores a la fuerza nominal del mismo, ya sea para elevación o tracción.
- No deberán maniobrarse al mismo tiempo las palancas de marcha hacia adelante o hacia atrás.
- Se deberá utilizar el cable adecuado a la máquina en cuanto al diámetro.
- Antes de iniciar cualquier maniobra deberá comprobarse la longitud del cable.
- Las máquinas deberán ser accionadas por un solo hombre.
- Se comprobará que el cable no está machacado o deshilado.

Poleas

- No sobrecargarlas nunca. Comprobar que son apropiadas a la carga que van a soportar.
- Comprobar que funcionan correctamente, que no existen holguras entre polea y eje, ni fisuras ni deformaciones que hagan sospechar que su resistencia a disminuido.
- Las gargantas de las poleas se acomodarán para el fácil desplazamiento y enrollado de los eslabones de las cadenas.
- Cuando se utilicen cables o cuerdas, las gargantas serán de dimensiones adecuadas para que aquéllas puedan desplazarse libremente y su superficie será lisa y con bordes redondeados.
- Revisar y engrasar semanalmente. Se sustituirá cuando se noten indicios de desgaste, o cuando se observe que los engrasadores no tomen grasa.
- Cuando una polea chirríe se revisará inmediatamente, engrasándola y sustituyéndola si presenta holgura sobre el eje.
- Las poleas se montarán siempre por intermedio de grilletes, a fin de que tengan posibilidad de orientación, evitando así que el cable tire oblicuamente a la polea.
- Se prohíbe terminantemente utilizar una polea montada de forma que el cable tire oblicuamente.

- Se prohíbe soldar sobre poleas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

4.3.1.1.3 Transporte de material

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Contactos eléctricos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atropellos o golpes con vehículos

MEDIOS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- El vehículo de transporte sólo será utilizado por personal capacitado.

- No se transportarán pasajeros fuera de la cabina.
- Se subirá y bajará del vehículo de transporte de forma frontal.
- El conductor se limpiará el barro adherido al calzado, antes de subir al vehículo de transporte, para que no resbalen los pies sobre los pedales.
- Los caminos de circulación interna de la obra se cuidarán en previsión de barrizales excesivos que mermen la seguridad de la circulación.
- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- En todo momento se respetarán las normas marcadas en el código de circulación vial, así como la señalización de la obra.
- Si tuviera que parar en rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
- Durante las operaciones de carga, el conductor permanecerá, o bien dentro de la cabina, o bien alejado del radio de acción de la máquina que efectúe la misma.
- Cualquier operación de revisión con la caja levantada se hará impidiendo su descenso mediante enclavamiento.

Las maniobras dentro del recinto de la obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas y auxiliándose del personal de obra.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad (cuando abandonen la cabina)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra ambiente pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

4.3.1.1.4 Trabajos de soldadura autógena

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Proyección de fragmentos o partículas
- Contactos térmicos
- Exposición a radiaciones

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se revisará periódicamente el estado de las mangueras, eliminando las que se encuentren agrietadas exteriormente.
- Las mangueras para conducción del acetileno serán de distinto color que las utilizadas para la conducción del oxígeno.
- Las conexiones de manguera tendrán rosca y fileteado diferentes de modo que sea imposible confundirlas y cambiarlas.
- Se deberá comprobar si las boquillas para la soldadura o el corte se hallan en buenas condiciones.
- Los sopletes deberán tener boquillas apropiadas y en buen estado. Si hay que limpiarlas se usará una aguja de latón para no deformarlas.
- Se ajustarán bien las conexiones, con llave si es necesario, antes de utilizar el gas.
- Antes de utilizar el equipo de soldadura o corte autógenos, habrá que asegurarse de que todas las conexiones de las botellas, reguladores y mangueras están bien hechas.
- Se comprobará si todos los materiales inflamables están alejados o protegerlos de las chispas por medio de pantallas, lonas ignífugas.

- Se colocarán extintores de polvo o anhídrido carbónico en las zonas donde se realicen trabajos de soldadura o corte.
- En los lugares de paso se deberán proteger las mangueras para evitar su deterioro.
- Antes de abrir las válvulas de las botellas de oxígeno y acetileno, se deberá comprobar que están cerradas las válvulas del manorreductor.
- Colocarse a un lado del regulador cuando se abran las válvulas de las botellas.
- Antes de encender el soplete se deberá dejar salir el aire o gas que puedan tener las mangueras, abriendo para ello el soplete.
- Para encender la boquilla se deberá emplear un encendedor de fricción, no con cerillas que darían lugar a quemaduras en las manos.
- Para encender un soplete, las presiones deberán estar cuidadosamente reguladas:
 - Abrir ligeramente la espita del oxígeno.
 - Abrir mucho la espita del acetileno.
 - Encender la llama, que presentará un ancho excesivo de acetileno.
 - Regular la llama hasta obtener un dardo correcto.
- Se deberá emplear la presión de gas correcta para el trabajo a efectuar. La utilización de una presión incorrecta puede ser causa de un mal funcionamiento de la boquilla y de un retroceso de la llama o explosiones que puede deteriorar el interior de la manguera.
- Los manómetros deberán encontrarse en buenas condiciones de uso. Si se comprueba rotura, deterioro o que la lectura no ofrece fiabilidad, deberán ser sustituidos de inmediato.
- No se usarán botellas de combustible teniendo la boca de salida más baja que el fondo. Por el contrario, se pondrán verticales con la boca hacia arriba y sujetas con collarines que garanticen su posición, evitando su caída.
- Se utilizarán ropas que protejan contra las chispas y metal fundido. Se llevará el cuello cerrado, bolsillos abotonados, mangas metidas dentro de las manoplas o guantes, cabeza cubierta por medio de pantallas inactínicas, calzado de seguridad, polainas y mandil protector. El ayudante deberá ir también protegido, al menos con careta inactínica.

- Cuando se efectúen trabajos en lugares elevados, el soldador utilizará el cinturón de seguridad a partir de los 2 metros de altura, y además tomará precauciones para que las chispas o metal caliente no caigan sobre personas ni sobre materiales inflamables.
- Se prohíbe introducir las botellas de oxígeno y acetileno en el recipiente que se está soldando.
- Cuando se efectúen trabajos de soldadura o corte en espacios reducidos, hay que procurar tener una buena ventilación.
- Deberá existir una distancia mínima de 1,5 metros entre el punto de soldadura y los materiales combustibles.
- Está prohibido soldar a menos de 6 metros de distancia de líquidos inflamables y sustancias explosivas.
- No se podrá calentar, cortar ni soldar recipientes que hayan contenido sustancias inflamables, explosivas o productos que por reacción con el metal del contenedor o recipiente, genere un compuesto inflamable o explosivo, sin la previa eliminación del residuo.
- En el caso de incendiarse una manguera de acetileno, no se deberá intentar extinguir el fuego doblando y oprimiendo la manguera. Se cerrará la llave de la botella.
- Al terminar el trabajo hay que cerrar primero la válvula del soplete, después de los manorreductores y por último la de las botellas.
- Los sopletes no se golpearán ni se colgarán de los manorreductores, de modo que puedan golpearse con las botellas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Guantes o manoplas para soldadura
- Manguitos para soldadura
- Pantallas para soldadura
- Polainas de soldador
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para soldadura

- Calzado de seguridad con puntera reforzada en acero

4.3.1.1.5 Trabajos de soldadura eléctrica

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos indirectos
- Proyección de fragmentos o partículas
- Contactos térmicos
- Exposición a radiaciones

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Las masas de cada aparato estarán dotadas de puesta a tierra.
- La superficie de los portaelectrodos a mano y los bornes de conexión para circuitos de alimentación de aparatos de soldadura, deberán estar cuidadosamente dimensionados y aislados.
- Los cables de conductores se revisarán frecuentemente y se mantendrán en buenas condiciones.
- La pinza portaelectrodos se mantendrá siempre en buen estado y cerca de donde se esté soldando.
- Los cables deteriorados o averiados deberán repararse cuidadosamente. Todos los puntos de empalme de los cables de soldadura deberán estar perfectamente aislados.
- Los cables de conexión a la red y los de soldadura deberán enrollarse antes de realizar cualquier transporte.
- En lugares húmedos el operario se deberá aislar trabajando sobre una base de madera seca.

- Se deberán de colocar extintores en las zonas donde se realicen trabajos de soldadura eléctrica.
- Las radiaciones producidas en trabajos de soldadura eléctrica afectan no solo a los ojos, sino a cualquier parte del cuerpo expuesta. Por ello, el soldador deberá utilizar pantalla facial, manoplas, polainas y mandil, como mínimo. Para la protección de otros trabajadores próximos se utilizarán cortinas o paramentos ignífugos.
- Los ayudantes de los soldadores también deberán usar gafas o pantallas inactivas.
- Se dispondrán adecuadamente los cables de modo que no representen un riesgo para el personal o puedan sufrir daños mecánicos.
- La zona de trabajo estará convenientemente delimitada y en su interior todo el personal deberá utilizar los equipos de protección personal necesarios.
- El cable de tierra deberá conectarse lo más cercano posible a la pieza donde se efectúa la soldadura, sin que pueda conectarse a otro equipo o instalación existente, así como tampoco a través del acero de refuerzo de las estructuras de hormigón armado.
- Tantas veces como se interrumpa por algún tiempo la operación de soldar, se cortará el suministro de energía eléctrica a la máquina. Al terminar el trabajo debe quedar totalmente desconectada y retirada de su sitio.
- Las conexiones con la máquina deberán tener las protecciones necesarias y, como mínimo, fusibles automáticos y relé diferencial de sensibilidad media (300 mA), con una buena toma de tierra.
- La alimentación eléctrica al grupo de soldadura se realizará a través de un cuadro provisto de interruptor diferencial adecuado al voltaje de suministro, si no se cumplen los requisitos del apartado anterior.
- Los generadores de combustión interna (diesel) deberán pararse cuando no se estén utilizando, así como cuando se requiera repostar combustible.
- Se dispondrá de un extintor de polvo químico junto al grupo diesel.
- Los electrodos usados se dispondrán en un recipiente, evitando que queden esparcidos por el suelo.
- Antes de realizar cambios de intensidad deberá desconectarse el equipo.
- No introducir jamás el portaelectrodos en agua para enfriarlo, puede causar un accidente eléctrico.

- No se dejará la pinza y su electrodo directamente apoyados en el suelo, sino en un soporte aislante.

Soldadura en interior de recintos cerrados

Para soldar en recintos cerrados habrá que tener siempre presente que:

- Deben eliminarse, por aspiración, gases, vapores y humos.
- Hay que preocuparse de que la ventilación sea buena.
- Nunca se debe ventilar con oxígeno.
- Hay que llevar ropa protectora y difícilmente inflamable.
- No se debe de llevar ropa interior de fibras artificiales fácilmente inflamables.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Pantallas para soldadura
- Manguitos, guantes o manoplas y polainas para soldadura
- Calzado de seguridad con puntera reforzada en acero
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para soldadura

4.3.1.1.6 Trabajos próximos a elementos en tensión

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos directos
- Contactos eléctricos indirectos
- Electrocuciiones

- Incendios

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

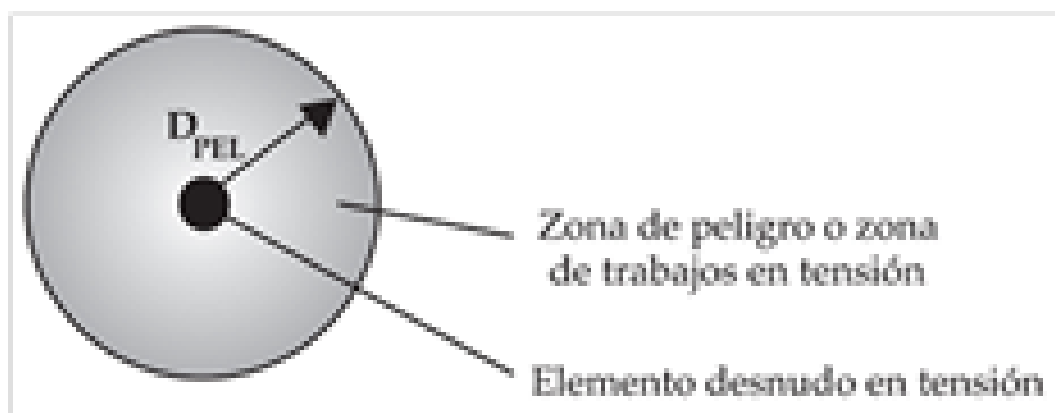
- Todos los trabajos se realizarán según lo establecido en el Real Decreto 614/01, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Se define como trabajador autorizado aquel el trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta.
- Se define trabajador cualificado como el trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.
- Todo trabajo en las proximidades de líneas eléctricas o elementos en tensión será ordenado y dirigido por el jefe del trabajo (que será un trabajador cualificado), el cual será el responsable de que se cumplan las distancias de seguridad, y podrán ser realizados por trabajadores autorizados.
- Cuando se utilicen grúas o aparatos elevadores, se respetarán las distancias mínimas de seguridad, para evitar no sólo el contacto sino también la excesiva cercanía a líneas con tensión (según criterios del R.D. 614/2001, Anexo V, Trabajos en Proximidad). El personal que no opere estos equipos, permanecerá alejado de ellos.
- En trabajos en líneas, se colocarán tantos equipos de puesta a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión confluyan en el lugar de trabajo, siendo estos equipos de Puesta a Tierra de características adecuadas a la tensión de la línea, según criterios del R.D. 614/2001.
- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.
- Cuando en la proximidad de los trabajos haya partes activas, se aislarán convenientemente mediante vainas, capuchones, mantas aisladas, etc... en todos los conductores, incluido el neutro.

Las distancias de seguridad para trabajar próximos a Líneas Eléctricas o elementos con tensión mantendrán las siguientes distancias de seguridad, quedando terminantemente prohibido realizar trabajos sin respetar estas distancias:

DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO

U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

- U_n : Tensión nominal de la instalación (kV).
- D_{PEL-1} : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PEL-2} : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PROX-1} : distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).
- D_{PROX-2} : distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).
- Nota: Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.



RIESGO ELÉCTRICO

Zona de proximidad es el espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última. Imagen 1: Zona de proximidad



Imagen1: Zona de proximidad

Si existen elementos en tensión cuyas zonas de peligro sean accesibles (no se han colocado pantallas, barreras, envoltentes o protectores aislantes), se deberá:

Delimitar la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro mediante la colocación de obstáculos o gálibos cuando exista el menor riesgo de que puedan ser invadidas, aunque sea sólo de forma accidental. Esta señalización se colocará antes de iniciar los trabajos. Informar a los trabajadores directa o indirectamente implicados, de los riesgos existentes, la situación de los elementos en tensión, los límites de la zona de trabajo y cuantas precauciones y medidas de seguridad deban adoptar para no invadir la zona de peligro, comunicándoles la necesidad de que ellos, a su vez, informen sobre cualquier circunstancia que muestre la insuficiencia de las medidas adoptadas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra arco eléctrico
- Guantes de trabajo
- Guantes dieléctricos para alta y baja tensión
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante

4.3.1.1.7 Trabajos en tensión

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Contactos eléctricos
- Incendios

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se seguirán en todo momento las especificaciones descritas en el R.D. 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Para estos trabajos se deberán haber desarrollado procedimientos específicos, los operarios deberán tener una formación adecuada y tanto el material de seguridad, como el equipo de trabajo y las herramientas a utilizar serán las adecuadas.
- La zona de trabajo debe estar claramente definida y delimitada.
- Todas aquellas partes de una instalación eléctrica sobre la que vayan a realizarse trabajos, deberán disponer de un espacio adecuado de trabajo, de medios de acceso de iluminación.
- Cuando sea necesario, el acceso a la zona de trabajo debe ser delimitado claramente en el interior de las instalaciones.
- Se deben tomar medidas de prevención adecuada para evitar accidentes a personas por otras fuentes de peligro tales como sistemas mecánicos o en presión o caídas.
- No se deben colocar objetos que puedan dificultar el acceso ni materiales inflamables, junto o en los caminos de acceso, las vías de emergencia a o desde equipos eléctricos de corte y control, así como tampoco en las zonas desde donde estos equipos hayan de ser operados.
- Los materiales inflamables deben mantenerse alejados de fuentes de arco eléctrico.
- Si es necesario, durante la realización de cualquier trabajo u operación, se colocará una señalización adecuada para llamar la atención sobre los riesgos más significativos.
- Los procedimientos de trabajos en tensión solo se llevarán a cabo una vez suprimidos los riesgos de incendio o explosión.
- Se debe asegurar que el trabajador se encuentra en una posición estable, para permitirle tener las dos manos libres.
- Los operarios utilizarán equipos de protección individual apropiados y no llevarán objetos metálicos, tales como anillos, relojes, cadenas, pulseras, etc.
- Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.
- Para el trabajo en tensión se adoptarán medidas de protección para prevenir la descarga eléctrica y el cortocircuito. Se tendrán en cuenta todos los diferentes potenciales presentes en el entorno de la zona de trabajo.
- Dependiendo del tipo de trabajo, el personal que lo realice debe estar formado y además especialmente entrenado.
- Deberán especificarse las características, la utilización, el almacenamiento, la conservación, el transporte e inspecciones de las herramientas, los equipos y materiales utilizados en los trabajos en tensión.
- Las herramientas, equipos y materiales estarán claramente identificados.
- Para los trabajos en el interior de edificios, las condiciones atmosféricas no se han de tener en cuenta a menos que exista riesgo de sobretensiones que provengan de instalaciones exteriores y siempre que la visibilidad en la zona de trabajo sea adecuada.
- Otros parámetros, tales como la altitud y la contaminación, particularmente en alta tensión, se deben considerar si reducen la calidad de aislamiento de las herramientas y equipos.
- Cuando las condiciones ambientales requieran la paralización del trabajo, el personal debe dejar la instalación y los dispositivos aislantes y aislados en posición segura. Los operarios deben también retirarse de la zona de trabajo de forma segura.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra arco eléctrico
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela aislante y antideslizante
- Guantes de trabajo
- Guantes dieléctricos para baja tensión
- Guantes dieléctricos para alta tensión

- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- Arnés de seguridad
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

4.3.1.1.8 Trabajos en altura

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caídas de objetos en manipulación
- Golpes contra objetos o herramientas

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Los trabajos en altura no serán realizados por aquellas personas cuya condición física les cause vértigo o altere su sistema nervioso, padezcan ataques de epilepsia o sean susceptibles, por cualquier motivo, de desvanecimientos o alteraciones peligrosas.
- Todos los trabajadores deben de disponer, previo al inicio de los trabajos, de formación adecuada para realizar trabajos en altura y conocer los procedimientos específicos de seguridad para la realización de los trabajos.
- Se emplearán en todo momento los medios auxiliares (andamios, escaleras, etc.) adecuados para realizar este tipo de trabajos, los cuales cumplirán con lo estipulado en este Estudio de Seguridad.
- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.
- Si por motivos de localización del tajo de trabajo, no se emplearán medios auxiliares, el trabajador deberá usar arnés de seguridad amarrado a algún punto fijo de la estructura.

- El acceso a los puestos de trabajo se efectuará por los accesos previstos, y no usando medios alternativos no seguros.
- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.
- No se comenzará un trabajo en altura si el material de seguridad no es idóneo, no está en buenas condiciones o sencillamente no se tiene.
- Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente.
- Las plataformas, pasarelas, andamiadas y, en general, todo lugar en que se realicen los trabajos deberán disponer de accesos fáciles y seguros y se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.
- Al trabajar en lugares elevados no se arrojarán herramientas ni materiales.
- Se pasarán de mano en mano o se utilizará una cuerda o capazo para estos fines. Caso de existir riesgo de caída de materiales a nivel inferior, se balizará, o si no es posible, se instalarán señales alertando del peligro en toda la zona afectada.
- Si por necesidad del trabajo hay que retirar momentáneamente alguna protección colectiva, debe reponerse antes de ausentarse.
- Cuando se trabaje en altura, las herramientas deben llevarse en bolsas adecuadas que impidan su caída fortuita y nos permitan utilizar las dos manos en los desplazamientos
- Las plataformas de trabajo se mantendrán limpias y ordenadas, evitando sobrecargarlas en exceso.

- Para trabajos en cubierta con riesgo de caída a distinto nivel se deberá adoptar alguna de las medidas que se citan a continuación:
- Proteger todo el perímetro de la misma mediante el uso de barandillas rígidas con listón superior a 90 cm, intermedio a 45cm y rodapiés a 15 cm.
- Instalar una línea de vida a la que permanezcan permanentemente amarrados los operarios mediante el uso de arnés de seguridad homologado.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos con barbuquejo
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Arnés de seguridad y línea de vida
- Ropa de protección para el mal tiempo

4.3.2 *Maquinaria a emplear*

4.3.2.1 Maquinillo

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Golpes por objetos o herramientas

MEDIDAS PREVENTIVAS A APLICAR

- Todos los aparatos de elevación y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída o el retorno brusco de la carga por causa de avería en la máquina, mecanismo elevador o transportador, o de rotura de los cables, cadenas, etc., utilizados.
 - La caída de las personas y de los materiales fuera de los receptáculos habilitados a tal efecto.
 - La puesta en marcha de manera fortuita o fuera de lugar.
 - Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Antes de comenzar el trabajo se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, así como del cable de suspensión de cargas y de las eslingas a utilizar.
- El anclaje del maquinillo al forjado se realizará siguiendo un método seguro y eficaz que impida la caída o vuelco del aparato durante alguna de las operaciones a las que será sometido.
- Por ejemplo, se podrá realizar mediante abrazaderas metálicas a puntos sólidos del forjado, a través de sus patas laterales y traseras.
- No se permitirá la sustentación del maquinillo por contrapeso, como por ejemplo con bidones llenos de arena u otro material.
- La toma de corriente se realizará mediante una manguera eléctrica antihumedad dotada de conductor expreso para toma de tierra. El suministro se realizará bajo la protección de los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general.
- Diariamente se revisará el buen estado de la puesta a tierra de la carcasa de los maquinillos.
- Los maquinillos deberán estar dotados de:
 - Dispositivo limitador del recorrido de la carga en marcha ascendente.
 - Gancho con pestillo de seguridad.
 - Carcasa protectora de la maquinaria con cierre efectivo para el acceso a las partes móviles internas. En todo momento estará instalada al completo.

- Los lazos de los cables utilizados para izado se formarán con tres bridas y guardacabos. También pueden formarse mediante un casquillo soldado y guardacabos.
- En todo momento podrá leerse en caracteres grandes la carga máxima autorizada para izar, que coincidirá con la marcada por el fabricante del maquinillo.
- Todos los maquinillos que incumplan alguna de las condiciones descritas quedarán de inmediato fuera de servicio.
- Se instalará una argolla de seguridad en la que anclar el fiador del cinturón de seguridad del operario encargado del manejo del maquinillo.
- Se prohíbe expresamente anclar los fiadores de los cinturones de seguridad a los maquinillos instalados.
- Se instalará junto a cada maquinillo a montar un rótulo con la siguiente leyenda: “SE PROHIBE ANCLAR EL CINTURÓN DE SEGURIDAD A ESTE MAQUINILLO”.
- Se realizará un mantenimiento semanal de los maquinillos.
- Estará prohibido arrastrar cargas por el suelo, realizar tirones sesgados, dejar cargas suspendidas con la máquina parada o intentar levantar cargas sujetas al suelo o algún otro punto, por ser maniobras peligrosas e inseguras.
- Se acotará la zona de carga en planta en un entorno de dos metros, en prevención de daños por desprendimientos de objetos durante el izado.
- No permanecerá nadie en la zona de seguridad descrita anteriormente durante la maniobra de izado y descenso de las cargas.
- Se instalará junto a la zona de seguridad para carga y descarga mediante maquinillo, una señal de “PELIGRO. CAÍDA DE OBJETOS”.
- Se prohíben expresamente las operaciones de mantenimiento sin desconectar antes el maquinillo de la red eléctrica.
- Además de las barandillas con que cuenta la máquina, se instalarán barandillas que serán de material rígido, de una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- La carga estará correctamente colocada sin que pueda dar lugar a basculamientos.
- Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.

- Todos los movimientos del maquinillo elevador se realizarán desde la botonera y por personal competente, ayudados, si fuese necesario, por el señalista.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Arnés de seguridad de sujeción
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

4.3.2.2 Máquinas herramientas y herramientas manuales

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Exposición a ruido
- Exposición a ambientes pulvígenos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- En los equipos de oxicorte, se recomienda trabajar con la presión aconsejada por el fabricante del equipo.
- En los intervalos de no utilización, dirigir la llama del soplete al espacio libre o hacia superficies que no puedan quemarse.
- Cuando se trabaje en locales cerrados, se deberá disponer de la adecuada ventilación.

- En los equipos que desprenden llama, su entorno estará libre de obstáculos.
- Las máquinas-herramientas accionadas por energía térmica, o motores de combustión, sólo pueden emplearse al aire libre o en locales perfectamente ventilados, al objeto de evitar la concentración de monóxido de carbono.
- Se deberá mantener siempre en buen estado las herramientas de combustión, limpiando periódicamente los calibres, conductos de combustión, boquillas y dispositivos de ignición o disparo, etc.
- El llenado del depósito de carburante deberá hacerse con el motor parado para evitar el riesgo de inflamación espontánea de los vapores de la gasolina.
- Dado el elevado nivel de ruido que producen los motores de explosión, es conveniente la utilización de protección auditiva cuando se manejen este tipo de máquinas.
- Para las máquinas-herramientas neumáticas, antes de la acometida deberá realizarse indefectiblemente:
 - La purga de las condiciones de aire.
 - La verificación del estado de los tubos flexibles y de los manguitos de empalme.
 - El examen de la situación de los tubos flexibles (que no existan bucles, codos, o dobleces que obstaculicen el paso del aire).
- Las mangueras de aire comprimido se deben situar de forma que no se tropiece con ellas ni puedan ser dañadas por vehículos.
- Los gatillos de funcionamiento de las herramientas portátiles accionadas por aire comprimido deben estar colocados de manera que reduzcan al mínimo la posibilidad de hacer funcionar accidentalmente la máquina.
- Las herramientas deben estar acopladas a las mangueras por medio de resortes, pinzas de seguridad o de otros dispositivos que impidan que dichas herramientas salten.
- No se de usar la manguera de aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar las virutas.
- Al usar herramientas neumáticas siempre debe cerrarse la llave de aire de las mismas antes de abrir la de la manguera.
- Nunca debe doblarse la manguera para cortar el aire cuando se cambie la herramienta.

- Verificar las fugas de aire que puedan producirse por las juntas, acoplamientos defectuosos o roturas de mangueras o tubos.
- Aún cuando no trabaje la máquina neumática, no deja de tener peligro si está conectada a la manguera de aire.
- No debe apoyarse con todo el peso del cuerpo sobre la herramienta neumática, ya que puede deslizarse y caer contra la superficie que se está trabajando.
- Las condiciones a tener en cuenta después de la utilización serán:
 - Cerrar la válvula de alimentación del circuito de aire.
 - Abrir la llave de admisión de aire de la máquina, de forma que se purgue el circuito.
 - Desconectar la máquina.
- Para las máquinas-herramientas hidráulicas, se fijará mediante una pequeña cadena el extremo de la manguera para impedir su descompresión brusca.
- Se emplazará adecuadamente la herramienta sobre la superficie nivelada y estable.
- Su entorno estará libre de obstáculos.
- Se utilizarán guantes de trabajo y gafas de seguridad para protegerse de las quemaduras por sobrepresión del circuito hidráulico y de las partículas que se puedan proyectar.
- Para las máquinas-herramientas eléctricas, se comprobará periódicamente el estado de las protecciones, tales como cable de tierra no seccionado, fusibles, disyuntor, transformadores de seguridad, interruptor magnetotérmico de alta sensibilidad, doble aislamiento, etc.
- No se utilizará nunca herramienta portátil desprovista de enchufe y se revisarán periódicamente este extremo.
- No se arrastrarán los cables eléctricos de las herramientas portátiles, ni se dejarán tirados por el suelo. Se deberán revisar y rechazar los que tengan su aislamiento deteriorado.
- Se deberá comprobar que las aberturas de ventilación de las máquinas estén perfectamente despejadas.
- La desconexión nunca se hará mediante un tirón brusco.

- A pesar de la apariencia sencilla, todo operario que maneje estas herramientas debe estar adiestrado en su uso.
- Se desconectará la herramienta para cambiar de útil y se comprobará que está parada.
- No se utilizarán prendas holgadas que favorezcan los atrapamientos.
- No se inclinarán las herramientas para ensanchar los agujeros o abrir luces.
- Los resguardos de la sierra portátil deberán estar siempre colocados.
- Si se trabaja en locales húmedos, se adoptarán las medidas necesarias, guantes aislantes, taburetes de madera, transformador de seguridad, etc.
- Se usarán gafas panorámicas de seguridad, en las tareas de corte, taladro, desbaste, etc. con herramientas eléctricas portátiles.
- En todos los trabajos en altura, es necesario el cinturón de seguridad.
- Los operarios expuestos al polvo utilizarán mascarillas equipadas con filtro de partículas.
- Si el nivel sonoro es superior a los 80 decibelios, deberán adoptarse las recomendaciones establecidas en el R.D. 1316/1.989, de 27 de octubre, sobre medidas de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido.

Radial

- Antes de su puesta en marcha, el operador comprobará el buen estado de las conexiones eléctricas, la eficacia del doble aislamiento de la carcasa y el disyuntor diferencial para evitar riesgos de electrocución.
- Se seleccionará adecuadamente el estado de desgaste del disco y su idoneidad para el material al que se ha de aplicar.
- Comprobar la velocidad máxima de utilización.
- Cerciorarse de que el disco gira en el sentido correcto y con la carcasa de protección sobre el disco firmemente sujeta.
- El operador se colocará gafas panorámicas ajustadas o pantalla facial transparente, guantes de trabajo, calzado de seguridad y protectores auditivos.

- Durante la realización de los trabajos se procurará que el cable eléctrico descanse alejado de elementos estructurales metálicos y fuera de las zonas de paso del personal.
- Si durante la operación existe el riesgo de proyección de partículas a terrenos o lugares con riesgo razonable de provocar un incendio, se apantallará con una lona ignífuga la trayectoria seguida por los materiales desprendidos.
- Cuando la esmeriladora portátil radial deba emplearse en locales muy conductores no se utilizarán tensiones superiores a 24 voltios.

Sierra circular

- El disco estará dotado de carcasa protectora y resguardos que impidan los atrapamientos.
- Se controlará el estado de los dientes, así como la estructura de éste.
- La zona de trabajo estará limpia de serrín y virutas, para prevenir posibles incendios.
- Se evitará la presencia de clavos al cortar.

Amasadora

- La máquina estará situada en superficie llana y consistente.
- Las partes móviles y de transmisión estarán protegidas con carcasas.
- Bajo ningún concepto se introducirá el brazo en el tambor cuando funcione la máquina ni cuando esté parada, salvo que se encuentre desconectada de la alimentación general.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra impactos
- Gafas de protección contra la proyección de fragmentos o partículas
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos

- Protecciones auditivas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo ajustada para evitar atropamientos

4.3.3 Medios auxiliares

4.3.3.1 Andamios tubulares

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes con objetos durante las operaciones de montaje, desmontaje o utilización del mismo
- Caída de objetos en manipulación

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todo andamio deberá cumplir las siguientes condiciones generales:
 - Los elementos y sistemas de unión de las diferentes piezas constitutivas del andamio, asegurarán perfectamente su función de enlace, con las debidas condiciones de fijeza y permanencia.
 - El andamio se organizará y armará en forma constructivamente adecuada para que quede asegurada su estabilidad y al mismo tiempo para que los operarios puedan trabajar en él con las debidas condiciones de seguridad.
- Los elementos del andamio que presenten deterioro deberán sustituirse inmediatamente.
- Se desecharán todos los elementos de montaje de andamios que no revistan unas garantías de seguridad mínimas una vez colocados.

- No se utilizarán los andamios para otros fines distintos a los de suministrar una plataforma de trabajo para el personal. En particular no podrán ser destinados a servir como torres de elevación de material o soporte de tuberías o equipos.
- Está rigurosamente prohibido utilizar cajas, bidones, etc. como andamios provisionales.
- Los andamios se montarán sobre pies hechos de madera o metálicos, suficientemente resistentes y arriostrados de modo que su estabilidad quede garantizada.
- Con objeto de evitar deformaciones y con el fin de prevenir que la estructura rectangular llegue a alcanzar formas romboidales, se dispondrán los suficientes arriostramientos diagonales que impidan este riesgo.
- Durante las operaciones de montaje y desmontaje del andamio se izarán los tubos con cuerdas anudadas de forma segura y los operarios deberán usar arnés de seguridad anclado a elementos fijos independientes del andamio o a líneas salvavidas.
- Los andamios deberán situarse a distancias tales de líneas o equipos eléctricos, de forma que no puedan producirse contactos con partes en tensión.
- Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares se tendrán presentes las siguientes especificaciones:
 - No se iniciará un nuevo nivel sin haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad.
 - La seguridad alcanzada en el nivel de partida ya consolidado será tal que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar a el fiador del cinturón de seguridad.
 - Las barras, módulos tubulares y tabloneros se izarán mediante sogas atadas con nudos de marinero.
 - Las plataformas de trabajo se consolidarán inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos.
 - Los tornillos de las mordazas se apretarán por igual, realizándose una inspección del tramo ejecutado antes de iniciar el siguiente en prevención de los riesgos por la existencia de tornillos flojos o de falta de alguno de ellos.
 - Las uniones entre tubos se efectuarán mediante los nudos o bases metálicas o bien mediante las mordazas o pasadores previstos.

- Los pisos o plataformas serán de 0,60 metros de anchura mínima hechos con tablones de madera para una resistencia de 160 Kg. en el punto medio entre soportes.
- Es preferible utilizar el piso metálico original del andamio tubular. En caso de ser de madera, los tablones estarán escuadrados y libres de nudos.
- Las plataformas, pisos, pasarelas, etc., hechos con tablones, se sujetarán con presillas, lazos de alambre, travesaños claveteados, de modo que formen un conjunto único.
- Los andamios en su base se protegerán contra golpes y deslizamientos mediante cuñas, dispositivos de bloqueo y/o estabilizadores.
- Montado el andamio no se retirará ningún elemento de su composición (tubo, travesaño o tablón, etc.), hasta que no sea desmontado totalmente. Caso de que por necesidad de trabajo deba mantenerse la estructura durante algunos días utilizando alguno de sus elementos para confeccionar otros andamios, se señalará claramente la prohibición de acceso al mismo y se retirará la plataforma de trabajo para impedir su utilización por personal de otros tajos o ajenos a la empresa.
- Las plataformas de trabajo de 2 ó más metros de altura tendrán montada sobre su vertical una barandilla de 90 centímetros de altura y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Se utilizarán las escaleras previstas en el andamio para subir a la plataforma o se dispondrán escaleras exteriores. Los tirantes y otros elementos de arrostramiento no se podrán utilizar para subir o bajar del andamio.
- Las plataformas de trabajo se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.
- Los módulos de fundamento de los andamios tubulares estarán dotados de bases nivelables sobre tornillos sin fin, con el que garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral se montarán con ésta hacia la cara exterior.

- Se prohíbe el uso de andamios sobre borriquetas apoyadas sobre plataformas de trabajo de andamios tubulares.
- Los andamios tubulares se arriostrarán a los paramentos verticales, anclándolos a los puntos fuertes de seguridad previstos.
- El caminar por los andamios se hará de manera normal, sin saltar sobre las plataformas ni tampoco de una a otra.
- Se protegerá del riesgo de caídas desde altura de los operarios sobre los andamios tubulares tendiendo redes tensas verticales de seguridad que protegerán las cotas de trabajo. En caso de no utilizar estas redes, si los operarios se encuentran trabajando a una altura igual o superior a los 2 metros, deberán ir provistos de cinturones de seguridad con arnés y amarrados a líneas de vida anteriormente fijadas.
- El personal que trabaje en andamios, sillas, colgantes y generalizando, en alturas superiores a los 2 metros, usará cinturón de seguridad, adaptado al riesgo que se pretende minimizar (sujeción, suspensión o anticaídas), anclado a una parte sólida de la estructura del edificio.
- Antes de colocarse el cinturón de seguridad será examinado y rechazado si no ofrece garantía o no es inteligible la etiqueta con la fecha de fabricación.
- En las plataformas de trabajo aisladas o que por necesidad del servicio carezca de la barandilla de seguridad reglamentaria se utilizará el cinturón de seguridad que se sujetará por el mosquetón a puntos sólidos, resistentes y distintos del andamio o plataforma de trabajo.
- Se prohíbe lanzar herramientas, materiales y otros objetos de un andamio a otro o de una persona a otra. Se entregarán en mano.
- El acceso a los andamios se realizará por escaleras bien fijadas por ambos extremos. Está prohibido utilizar los arriostrados para acceder de una plataforma de trabajo a otra.
- Para acceder a un andamio se tendrán siempre las manos libres.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares si antes no se han cercado con barandillas sólidas.
- Se prohíbe hacer pastas directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.

- Los materiales se repartirán uniformemente sobre un tablón colocado a media altura en la parte superior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas situadas en cotas por debajo de otras plataformas en las que se esté trabajando, en prevención de caída de objetos.
- Se prohíbe trabajar en los andamios tubulares bajo regímenes de vientos fuertes en prevención de caídas de los trabajadores.
- Cuando se desplace un andamio nunca se permanecerá sobre el mismo, independientemente de su altura.
- En trabajos nocturnos se iluminarán adecuadamente todas las plataformas de trabajo y accesos a las mismas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Arnés de sujeción anticaídas
- Ropa de protección para el mal tiempo

4.3.3.2 Escaleras

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes/choques con objetos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

Generales

- Antes de utilizar una escalera manual es preciso asegurarse de su buen estado, rechazando aquéllas que no ofrezcan garantías de seguridad.
- Hay que comprobar que los largueros son de una sola pieza, sin empalmes, que no falta ningún peldaño, que no hay peldaños rotos o flojos o reemplazados por barras, ni clavos salientes.
- Todas las escaleras estarán provistas en sus extremos inferiores, de zapatas antideslizantes.
- No se usarán escaleras metálicas cuando se lleven a cabo trabajos en instalaciones en tensión.
- El transporte de una escalera ha de hacerse con precaución, para evitar golpear a otras personas, mirando bien por donde se pisa para no tropezar con obstáculos. La parte delantera de la escalera deberá de llevarse baja.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- Antes de iniciar la subida deberá comprobarse que las suelas del calzado no tienen barro, grasa, ni cualquier otra sustancia que pueda producir resbalones.
- El ascenso y descenso a través de la escalera de mano se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los largueros que se están utilizando.
- La escalera tendrá una longitud tal, que sobrepase 1 metro por encima del punto o la superficie a donde se pretenda llegar. La longitud máxima de las escaleras manuales no podrá sobrepasar los 5 m. sin un apoyo intermedio, en cuyo caso podrá alcanzar la longitud de 7 metros. Para alturas mayores se emplearán escaleras especiales.
- No se podrán empalmar dos escaleras sencillas.
- En la proximidad de puertas y pasillos, si es necesario el uso de una escalera, se hará teniendo la precaución de dejar la puerta abierta para que sea visible y además protegida para que no pueda recibir golpe alguno.

- No se pondrán escaleras por encima de mecanismos en movimiento o conductores eléctricos desnudos. Si es necesario, antes se deberá haber parado el mecanismo en movimiento o haber suprimido la energía del conductor.
- Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo de 75° con la horizontal.
- Siempre que sea posible, se amarrará la escalera por su parte superior. En caso de no serlo, habrá un persona en la base de la escalera.
- Queda prohibida la utilización de la escalera por más de un operario a la vez.
- Si han de llevarse herramientas o cualquier otro objeto, deberán usarse bolsas portaherramientas o cajas colgadas del cuerpo, de forma que queden las manos libres para poder asirse a ella.
- Para trabajar con seguridad y comodidad hay que colocarse en el escalón apropiado, de forma que la distancia del cuerpo al punto de trabajo sea suficiente y permita mantener el equilibrio. No se deberán ocupar nunca los últimos peldaños.
- Trabajando sobre una escalera no se tratarán de alcanzar puntos alejados que obliguen al operario a estirarse, con el consiguiente riesgo de caída. Se deberá desplazar la escalera tantas veces como sea necesario.
- Los trabajos a más de 3,5 metros de altura desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan medidas de protección alternativas.
- Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- Las escaleras de mano deberán mantenerse en perfecto estado de conservación, revisándolas periódicamente y retirando de servicio aquéllas que no estén en condiciones.
- Cuando no se usen, las escaleras deberán almacenarse cuidadosamente y no dejarlas abandonadas sobre el suelo, en lugares húmedos, etc.
- Deberá existir un lugar cubierto y adecuado para guardar las escaleras después de usarlas.

Escaleras de madera

- Serán las escaleras a utilizar en trabajos eléctricos, junto con las de poliéster o fibra de vidrio.
- Las escaleras manuales de madera estarán formadas por largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños estarán ensamblados, no clavados.
- Estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos. Se prohíben las escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.

Escaleras de tijera

- Estarán dotadas en su articulación superior de topes de seguridad de apertura y hacia la mitad de su altura de una cadenilla o cinta de limitación de apertura máxima.
- Nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.
- En posición de uso estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.
- No se utilizarán si la posición necesaria sobre ellas para realizar un determinado trabajo, obliga a poner los dos pies en los tres últimos peldaños.
- Se utilizarán siempre montadas sobre pavimentos horizontales.

Escaleras metálicas

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Estarán pintadas con pinturas antioxidantes que las preserven de las agresiones de la intemperie y no estarán suplementadas con uniones soldadas.
- El empalme se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales fabricados para tal fin.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Arnés de seguridad de sujeción
- Ropa de protección para el mal tiempo

4.3.4 *Instalaciones provisionales*

Se considerarán en este apartado los riesgos y medidas preventivas en las instalaciones provisionales de obra.

4.3.4.1 Instalación provisional eléctrica

- Se procederá al montaje de la instalación provisional eléctrica de la obra desde el punto de toma fijado por la propiedad.
- La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección en módulos normalizados, dotados de contadores en energía activa y reactiva, si así se requiriese.
- A continuación, se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor onipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad, puesto que todas las masas y el valor de la toma de tierra es $< 10^0$.
- Además en los cuadros parciales se pondrán diferenciales de 30 mA. El cuadro estará constituido de manera que impida el contacto con los elementos en tensión.
- De este cuadro saldrán los circuitos necesarios de suministro a los cuadros secundarios para alimentación a los diferentes medios auxiliares, estando todos ellos debidamente protegidos con diferencial e interruptores magnetotérmicos.
- Por último, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil, según necesidades de obra y

cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie, estando colocados estratégicamente con el fin de disminuir en lo posible la longitud y el número de líneas. Las tomas de corriente y clavijas, llevarán contacto de puesta a tierra de manera obligatoria.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes con objetos o herramientas
- Contactos eléctricos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Solamente el personal capacitado podrá operar en los equipos eléctricos, sean cuadros de maniobra, de puesta en marcha de motores, etc.
- Los trabajadores considerarán que todo conductor eléctrico, cable o cualquier parte de la instalación se encuentra conectado y en tensión. Antes de trabajar en ellos se comprobará la ausencia de voltaje con aparatos adecuados y se pondrán a tierra y en cortocircuito.
- El tramo aéreo entre el cuadro general de protección y los cuadros para máquinas será tensado con piezas especiales sobre apoyos; si los conductores no pueden soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiadores con una resistencia de rotura de 800 kilogramos, fijando a estos el conductor con abrazaderas.
- Los conductores, en caso de ir por el suelo, no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos; al atravesar zonas de paso estarán protegidos adecuadamente.
- El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 metros en los lugares peatonales y de 5 metros en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento, como norma general.

- Si es posible, no obstante, se enterrarán los cables eléctricos en los pasos de vehículos, señalizando el paso del cable mediante una cubierta permanente de tablones. La profundidad mínima de la zanja será de 40 centímetros, y el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido.
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios se efectuará mediante manguera antihumedad.
- Los empalmes entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas.
- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua a las plantas.
- Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para intemperie, con puerta y cerrojo de seguridad (con llave), según norma UNE 20.324.
- Pese a ser de tipo intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra y poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Las cajas de interruptores poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Las cajas de interruptores serán colgadas, bien de los paramentos verticales, bien de pies derechos estables.
- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas y siempre que sea posible con enclavamiento.
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendiente de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a pies derechos firmes. Si es necesario que sean móviles deberán ser autoportantes.
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.

- La instalación de alumbrado general para las instalaciones provisionales de obra y de primeros auxilios y demás casetas, estará protegida por interruptores automáticos magnetotérmicos.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe terminantemente utilizarlo para otros usos.
- La toma de tierra de las máquinas-herramientas que no estén dotadas de doble aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.
- El punto de conexión de la pica estará protegido en el interior de una arqueta practicable.
- Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.
- El suministro eléctrico al fondo de una excavación se ejecutará por un lugar que no sea la rampa de acceso para vehículos o para el personal y nunca junto a escaleras de mano.
- Las mangueras eléctricas, en su camino ascendente a través de la escalera, estarán agrupadas y ancladas a elementos firmes en la vertical.
- En la instalación de alumbrado estarán separados los circuitos de valla, acceso a zonas de trabajo, escaleras, almacenes, etc.
- Los aparatos portátiles que sea necesario emplear serán estancos al agua y estarán convenientemente aislados.
- Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada.
- Estas conexiones, al ser portátiles, no estarán sometidas a tracción mecánica que origine su rotura.
- Las lámparas para alumbrado general y sus accesorios se situarán a una distancia mínima de 2,5 metros del piso o suelo; las que se pueden alcanzar con facilidad estarán protegidas con una cubierta resistente.

- Existirá una señalización sencilla y clara a la vez, prohibiendo la entrada a personas no autorizadas a los locales donde esté instalado el equipo eléctrico, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.
- Igualmente se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.
- Se sustituirán inmediatamente las mangueras que presenten algún deterioro en la capa aislante de protección.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad para protección contra arco eléctrico
- Guantes de trabajo
- Guantes aislantes para baja tensión
- Botas de seguridad aislantes, con puntera y plantilla reforzada y suela antideslizante
- Ropa de protección para el mal tiempo

4.4 PLIEGO DE CONDICIONES

4.4.1 Legislación Aplicable

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 54/2003 de Reforma del Marco normativo de Riesgos Laborales.

- Real Decreto 171/2004 de 30 de enero por el que se desarrolla el artículo 24 de la ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Ley 8/1998, de 7 de Abril, sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- Capítulo VII “Andamios” del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Orden 2988/1998, de 30 de Junio, por la que se establecen los requisitos mínimos exigibles para el montaje, uso, mantenimiento y conservación de los andamios tubulares utilizados en las obras de construcción. (Norma autonómica de la Comunidad de Madrid).
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (R.D. 3275/1982) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión (R.D. 3151/68).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 842/2002 de 2 de agosto).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, por el que se establecen las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Ordenanza de trabajo de construcción, vidrio y cerámica (O.M. 28/08/70).
- Reglamento de Aparatos a Presión (R.D. 1244/1979).
- Reglamento de seguridad en máquinas (R.D. 1495/86).
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de Noviembre por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de Noviembre por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios (R.D. 1.942/93).
- Real Decreto 786/2001, de 6 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas relativas a la manipulación manual de cargas.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a trabajos con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- 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 1316/1989, de 27 de Octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de Abril, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Orden del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, de 25 de marzo de 1998, de adaptación y modificación del Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de Mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 1124/2000, de 6 de Junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de Mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

- Orden 2027/2002, de 24 de Mayo, del Consejero de Trabajo, por la que se deroga la Orden 5518/1999, de 6 de Septiembre, que establecía el modelo de Aviso Previo preceptivo para las obras de construcción en la Comunidad de Madrid, incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre.
- Estatuto de los Trabajadores.
- Ley General de la Seguridad Social.

Y todas aquellas Normas o Reglamentos en vigor durante la ejecución de las obras que pudieran no coincidir con las vigentes en la fecha de redacción de este Estudio de Seguridad.

4.4.2 Consideraciones De Los Equipos De Protección Colectiva

- Las diversas protecciones colectivas a utilizar en la obra tendrán una calidad adecuada a las prestaciones exigidas, debiendo garantizar su eficacia mediante certificado del fabricante o bien por cálculos y ensayos justificativos realizados al efecto.
- Las protecciones colectivas se ajustarán a lo dispuesto en las Disposiciones Legales y Reglamentos Vigentes.
- Todos los elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose al término del mismo.
- Si por cualquier circunstancia, sea desgaste, uso o deterioro por acción mecánica, un elemento de protección colectiva sufriera algún deterioro, se repondrá de inmediato, haciendo caso omiso de su periodo de vida útil.
- Los trabajadores serán debidamente instruidos respecto a la correcta utilización de los diferentes elementos de protección colectiva.
- Las protecciones colectivas estarán disponibles en obra para su oportuna utilización en las respectivas zonas donde puedan ser necesitadas.

4.4.3 Consideraciones De Los Equipos De Protección Individual

- Los equipos de protección tanto individual como colectiva que se utilicen, deberán reunir los requisitos establecidos en las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y en particular relativos a su diseño, fabricación, uso y mantenimiento.
- Se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra, cumplirán las siguientes condiciones generales:
- Tendrán la marca “CE”, según las normas de Equipos de Protección Individual.
- Su utilización se realizará cumpliendo con el contenido del Real Decreto 773/1.997, de 30 de mayo: Utilización de equipos de protección individual.
- Los equipos de protección individual que cumplan con la indicación expresada en el punto primero de este apartado, tienen autorizado su uso durante su período de vigencia.
- Todo equipo de protección individual en uso que esté deteriorado o roto, será reemplazado de inmediato, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.
- Las variaciones de medición de los equipos de protección individual que puedan aparecer en cada plan de seguridad y salud que presenten los diversos instaladores, deberán justificarse técnicamente ante el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Si la justificación no es aceptada, el plan no podrá ser aprobado.
- Se recuerda, que en aplicación de los Principios de Acción Preventiva de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, no puede ser sustituida una protección colectiva prevista en este Estudio de Seguridad y Salud por el uso de equipos de protección individual.

4.4.4 Señalización De La Obra

Esta señalización cumplirá con lo contenido en el Real Decreto 485/97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización y seguridad en el trabajo,

que desarrolla los preceptos específicos sobre esta materia contenidos en la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

4.4.5 Equipos De Seguridad De Los Medios Auxiliares, Máquinas Y Equipos

De acuerdo con el art. 41 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, los instaladores obtendrán de los fabricantes y proveedores todas las especificaciones técnicas, normas y material impreso que incluyan las correspondientes características técnicas de toda la maquinaria, equipos, herramientas, dispositivos y equipos de protección personal a utilizar en las obras. La información facilitada por los fabricantes y proveedores deberá incluir:

- Instrucciones sobre los procedimientos para el funcionamiento y uso de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Procedimientos de mantenimiento y conservación de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Los instaladores mantendrán en todo momento en la base de operaciones de su zona de obras copias de los manuales y especificaciones impresas (en adelante, la información técnica) especificadas en el párrafo anterior.
- Todos los empleados de los instaladores recibirán información y formación sobre el contenido de los manuales técnicos pertinentes al trabajo que realizan.
- Cada instalador facilitará a todos sus empleados el equipo de protección seguridad y salud mínimo recogido en las normas que anteceden. Asimismo, deberá mantener copias de dichas normas en la base de operaciones de la obra.
- El Encargado de la obra será el responsable de la recepción de la maquinaria y medios auxiliares, comprobando a su llegada a obra el buen estado de los mismos, con todos sus componentes y de acuerdo con lo solicitado, así como, verificará que cumple la legislación vigente en materia de seguridad y salud que le afecte.
- Se prohíbe el montaje de los medios auxiliares, máquinas y equipos, de forma parcial; es decir, omitiendo el uso de alguno o varios de los componentes con los que se comercializan para su función.

- El uso, montaje y conservación de los medios auxiliares, máquinas y equipos, se hará siguiendo estrictamente las condiciones de montaje y utilización segura, contenidas en el manual de uso editado por su fabricante.
- Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en esta obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.
- Si el mercado de los medios auxiliares, máquinas y equipos, ofrece productos con la marca “CE”, cada instalador adjudicatario, en el momento de efectuar el estudio para presentación de la oferta de ejecución de la obra, debe tenerlos presentes e intentar incluirlos, porque son por si mismos, más seguros que los que no la poseen.

5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

5.1 OBRA CIVIL

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.1.1	40000	m2	Desbroce del terreno. Condicionado al terreno	0,4	16000,00
5.1.2	8000	m3	Explanación del terreno. Condicionado al terreno	0,3	2400,00
5.1.3	28	ud	Cimentación de seguidores	150	4200,00
5.1.4	1200	m3	Zanja canalizaciones BT	11,22	13464,00
			Zanjeado de 0,65 x 0,6 de profundidad en todo tipo de terrenos con la instalación de 1 hasta 10 tubos rojos de 110 mm y 1 tubo verde de comunicaciones de 50 mm, incluyendo cinta señalizadora y relleno de zanja con los mismos materiales extraídos en el zanjeado.		
5.1.5	870	ml	Cerramiento perimetral parcela	7,50	6525,00
5.1.6	1	ud	Puerta metálica galvanizada	255,00	255,00
			Puerta metálica galvanizada de 2 hojas de estructura metálica tubular de 5,00x3,00 m, totalmente terminada.		
5.1.7	1	ud	Sembrado de setos y matas autóctonas	1500,00	1500,00
TOTAL OBRA CIVIL CIVIL					44.344,00

5.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.2.1	420	ml	Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 1x4 mm ²	0,65	273,00
			Cable RETENAX o similar, mod. RV-K 0,6/1kV de 1x4 mm ² de sección, con conductor de cobre elctroítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para conexionado de los módulos FV .		
5.2.2	3200	ml	Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 1x25mm ²	3,50	11200,00
			Cable RETENAX Cu RV-K 0,671kV de 1x25mm ² de sección, con conductor de cobre elctroítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para la comunicación seguidores-Caseta inversor.		
5.2.3	688	ml	Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 1x16mm ²	2,50	1720,00
			Cable RETENAX Cu RV-K 0,671kV de 1x16mm ² de sección, con conductor de cobre elctroítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para la comunicación seguidores-Caseta inversor.		
5.2.4	280	ml	Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 1x50 mm ²	4,75	1330,00

Cable RETENAX o similar, mod. RV-K 0,6/1kV de 1x50 mm² de sección, con conductor de cobre electrolítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para conexionado entre caseta de inversores G1 y G3 a la caseta de M+I

5.2.5 48 ml Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 3.85 184,80
1x35 mm²

Cable RETENAX o similar, mod. RV-K 0,6/1kV de 1x50 mm² de sección, con conductor de cobre electrolítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para conexionado entre caseta de inversores G2 a la caseta de M+I

5.2.6 260 ml Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 6.70 1742,00
1x95 mm²

Cable RETENAX o similar, mod. RV-K 0,6/1kV de 1x50 mm² de sección, con conductor de cobre electrolítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para conexionado entre caseta de inversores G4 a la caseta de M+I

5.2.7 50 ml Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 8,30 415,00
1x150mm²

Cable RETENAX o similar, mod. RV-K 0,6/1kV de 1x150 mm² de sección, con conductor de cobre electrolítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para conexionado entre cuadro general de CC

5.2.8 100 ml Cable RETENAX Cu RV-K 0,6/1kV de 6,70 670,00
1x95 mm²

Cable RETENAX o similar, mod. RV-K 0,6/1kV de 1x95 mm² de sección, con conductor de cobre electrolítico recocido, con aislamiento de XLPE, con una tensión nominal de servicio de 0,6/1kV, para conexionado entre el inversor - cuadro de protecciones de CA - módulo de medida y CT.

5.2.9 640 ml *Tubo de PER (Polietileno reticulado) de 40 mm* 0,22 140,80

Suministro y colocación de tubo de polietileno reticulado de 40 mm de diámetro para instalación de BT a intemperie, para cables de conexión entre los módulos fotovoltaicos y el cuadro secundario de CC en cada seguidor.

5.2.10 1600 ml *Tubo rojo corrugado de PE de 110 mm* 1,10 1760,00

Suministro y colocación de tubo rojo corrugado homologado de polietileno de 110 mm de diámetro para instalación cables de CC de enterrada bajo tubo en zanja desde seguidores hasta caseta de inversores, totalmente terminado.

5.2.11 200 ml *Tubo rojo corrugado de PE de 110 mm* 1,10 220,40

Suministro y colocación de tubo rojo corrugado homologado de polietileno de 110 mm de diámetro para instalación de BT enterrada bajo tubo en zanja desde cada caseta inversores a caseta de M+I, totalmente terminado.

5.2.12 320 ml *Tubo rojo corrugado de PE de 63 mm* 0,55 176,00

Suministro y colocación de tubo rojo corrugado homologado de polietileno de 110 mm de diámetro para instalación cables de CC de enterrada bajo tubo en zanja desde seguidores hasta caseta de inversores, totalmente

terminado.

5.2.13 65 ml *Tubo rojo corrugado de PE de 140 mm* 2,08 135,20

Suministro y colocación de tubo rojo corrugado homologado de polietileno de 110 mm de diámetro para instalación de BT enterrada bajo tubo en zanja desde cada caseta inversores G4 a caseta de M+I, totalmente terminado.

5.2.14 28 ud *Cuadro secundario de CC TELERGON* 150,00 4200,00

Cuadro de CC intemperie TELERGON con interruptor seccionador 1p 32A - 1000 V, y descargador de Sobretensiones de CC, colocado y totalmente terminado en cada uno de los seguidores.

5.2.15 28 ud *Cuadro general de CC TELERGON* 250,00 7000,00

Cuadro de CC TELERGON con interruptor seccionador 1000 V, base portafusible y fusible gR de 32 A - 100 V, colocado y totalmente terminado en caseta de inversores.

5.2.16 4 ud *Cuadro protecciones CA* 235,00 940,00

Cuadro de protecciones de CA con interruptor automatico diferencial VIGI de 200 A, PC 36 kA, sensibilidad de 30 mA, curva C y descargador de sobretensiones de CA colocado y totalmente terminado en caseta de inversores.

TOTAL INSTALACION ELECTRICA 32.107,20

5.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.3.1	1680	ud	Módulo Fotovoltaico 250Wp	325,00	546000
Suministro de módulo fotovoltaico genérico, monocristalino con potencia máxima de 250Wp, completamente preparados para su colocación en la estructura del seguidor solar. Con etiquetado y certificado por módulo del fabricante. Según proyecto y puesto en obra.					
TOTAL MODULOS FOTOVOLTAICOS					546000,00

5.4 SEGUIDORES SOLARES

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.4.1	28	ud	Seguidor solar	3000,00	84000,00
Suministro y colocación de Seguidor, con seguimiento continuo en ambos ejes (Acimutal y Altitud). La estructura es de celosía tubular galvanizada en caliente e inspeccionada según norma UNE-EN ISO 1461:1999. Totalmente instalado según proyecto.					
TOTAL SEGUIDORES SOLARES					84.000,00

5.5 MÓDULOS DE POTENCIA

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.5.1	4	ud	Inversor 100kW	12350,00	49400,00
Suministro de inversor de 100 kW de potencia nominal a 230/400 V de tensión nominal en AC a 50 Hz senoidad, de entrada y salida unipolar, según proyecto. El grado de protección de la envolvente será IP-20. Incluida monitorización de su control y producción y conexionado del mismo. Según proyecto y puesto en obra.					
TOTAL MODULOS DE POTENCIA					49400,00

5.6 INSTALACIÓN, MONTAJES, PRUEBAS, AJUSTES Y PUESTA EN MARCHA

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.6.1	1	ud	Instalación, montajes y puesta en marcha	12000,00	12000,00
Montaje de seguidores solares sobre el pedestal de la cimentación, de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura del seguidor, cableado y conexionado de toda la instalación con pruebas, ajustes y puesta en marcha incluido ingeniería, proyecto técnico y dirección facultativa. Se incluye la parte proporcional de los costes repercutibles de la compañía eléctrica por su conexión.					
TOTAL 5.6					12.000,00

5.7 LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.7.1	1	Ud	Apoyo paso aéreo subterráneo.	1376,00	1376,00
			Apoyo para paso aéreo subterráneo con apoyo C-2000-12, cruceta recta CR-1, 3 cadenas de amarre, 1 seccionador XS, 3 autoválvulas, conjunto terminal exterior para línea subterránea, instalación de tierras autovalvulares, herrajes, forrado anti escala, triángulo de peligro alta tensión y pequeño material.		
5.7.2	35	ml	Conductor LA-56.	0,90	31,50
5.7.3	1	Ud	Conexión en apoyo Unión Fenosa.	538,00	538,00
			Conexionado para derivación en apoyo UF con: cruceta de derivación, cadenas de amarre, seccionador XS y pequeño material.		
TOTAL 5.7					1945,50

5.8 LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.8.1	600	ml	Conductor RHZ 1/OL 12/24 3 X 240 mm ²	18,40	11040,00
5.8.2	200	ml	Zanja 4 tubo de MT	14,20	2840,00
			Zanjeado de 1,1 x 0,6 de profundidad con la instalación de 1 tubo rojo de 160 mm y tubo		

verde de comunicaciones de 125 mm,
incluyendo cinta señalizadora, totalmente
terminada.

TOTAL 5.8 **13.880,00**

5.9 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

POS.	CANT.	UD.	CONCEPTO	P.UNIT.	TOTAL
5.9.1	1	ud	Centro de transformación Schneider <i>Electric.</i>	22000,00	22000,00

Centro de transformación en caseta prefabricada de hormigón ECH-3, con máquina transformadora de 630 kVA en baño de aceite, una celda de línea, una celda de medida, una celda de protección automática teledirigida por GSM y una celda de protección del lado de baja tensión por interruptor de corte en carga con fusible de 160 A y elementos auxiliares y de seguridad instalados.

TOTAL 5.9 **22000,00**

TOTAL PRESUPUESTO **805676,70 €**

6. ESTUDIO ENERGÉTICO-ECONOMICO

El estudio se ha realizado a través del programa PVSyst, en el cual se estudia un balance a 20 años añadiendo el presupuesto anterior y un interés del 5% a un préstamo bancario hipotético. Adjunto informe energético del programa al igual que el estudio económico.

PVSYST V6.43			07/02/18	Página 1/6
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación				
Proyecto : TFG_VILCHES Vega				
Lugar geográfico	VILCHES		País	España
Ubicación	Latitud	38.1°N	Longitud	3.3°W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud	200 m
	Albedo	0.20		
Datos climatológicos:	VILCHES	Meteonorm 7.1 (1996-2010), Sat=100% - Síntesis		
Variante de simulación : TFG				
	Fecha de simulación	07/02/18 12h37		
Parámetros de la simulación				
Plano de seguimiento, dos ejes	Inclinación Mínima	10°	Inclinación Máxima	80°
Limitaciones de rotación	Acimut Mínimo	-120°	Acimut Máximo	120°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas	Sombreado lineal			
Características generadores FV (4 Tipo de generador definido)				
Módulo FV	Si-mono	Modelo	Mono 250 Wp 60 cells	
Original PVsyst database		Fabricante	Generic	
Sub-generador "Sub-generador #1"				
Número de módulos FV	En serie	20 módulos	En paralelo	21 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	420	Pnom unitaria	250 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	105 kWp	En cond. funciona.	93.1 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	542 V	I mpp	172 A
Sub-generador "Sub-generador #2"				
Número de módulos FV	En serie	20 módulos	En paralelo	21 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	420	Pnom unitaria	250 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	105 kWp	En cond. funciona.	93.1 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	542 V	I mpp	172 A
Sub-generador "Sub-generador #3"				
Número de módulos FV	En serie	20 módulos	En paralelo	21 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	420	Pnom unitaria	250 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	105 kWp	En cond. funciona.	93.1 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	542 V	I mpp	172 A
Sub-generador "Sub-generador #4"				
Número de módulos FV	En serie	20 módulos	En paralelo	21 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	420	Pnom unitaria	250 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	105 kWp	En cond. funciona.	93.1 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	542 V	I mpp	172 A
Total	Potencia global generadores	Nominal (STC)	420 kWp	Total
	Superficie módulos		2733 m²	Superf. célula
				2389 m²
Inversor	Modelo	Sinvert 100 M		
Original PVsyst database	Fabricante	Siemens		
Características	Tensión Funciona.	450-750 V	Pnom unitaria	100 kWac
Sub-generador "Sub-generador #1"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	100 kWac

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

Sub-generador "Sub-generador #2"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	100 kWac
Sub-generador "Sub-generador #3"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	100 kWac
Sub-generador "Sub-generador #4"	N° de inversores	1 unidades	Potencia total	100 kWac
Total	N° de inversores	4	Potencia total	400 kWac
Factores de pérdida Generador FV				
Pérdidas por polvo y suciedad del generador			Fracción de Pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	54 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#2	54 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#3	54 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Generador#4	54 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas	2.0 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	-0.8 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05
Indisponibilidad del sistema	7.3 días, 3 períodos		Fracción de tiempo	2.0 %
Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)				

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : TFG_VILCHES Vega

Variante de simulación : TFG

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red			
Sombras cercanas	Sombreado lineal				
Orientación Campos FV	Seguimiento en dos ejes				
Módulos FV	Modelo	Mono 250 Wp	60 cells	Pnom	250 Wp
Generador FV	Nº de módulos	1680		Pnom total	420 kWp
Inversor	Modelo	Sinvert 100 M		Pnom	100 kW ac
Banco de inversores	Nº de unidades	4.0		Pnom total	400 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)				

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

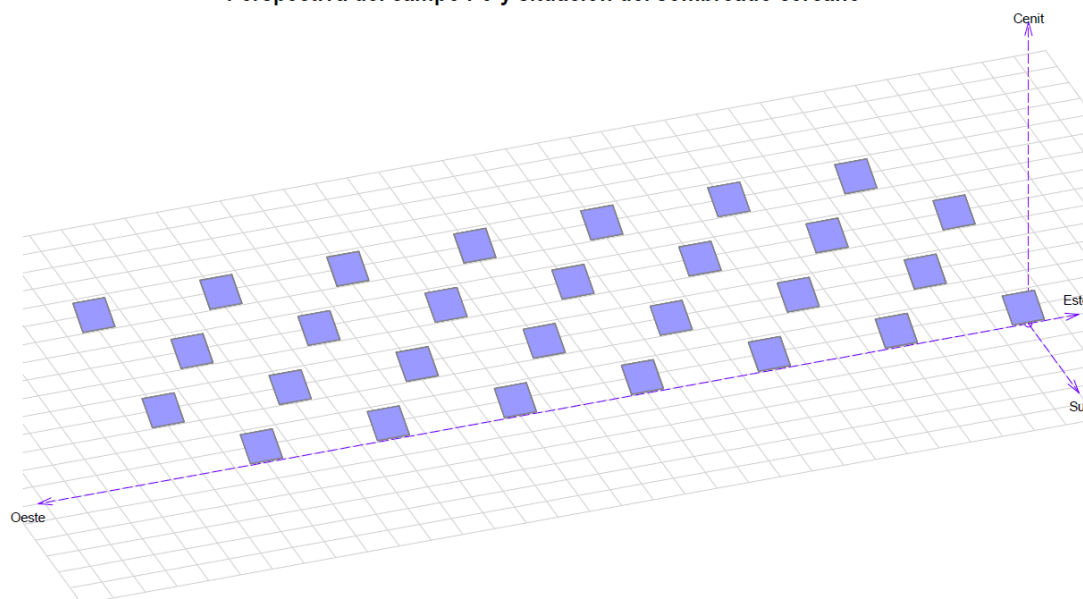
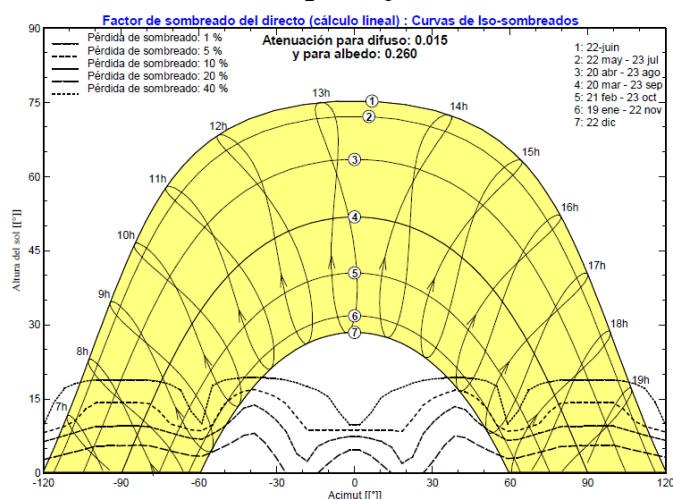


Diagrama de Iso-sombreados

TFG_VI Hora Legal



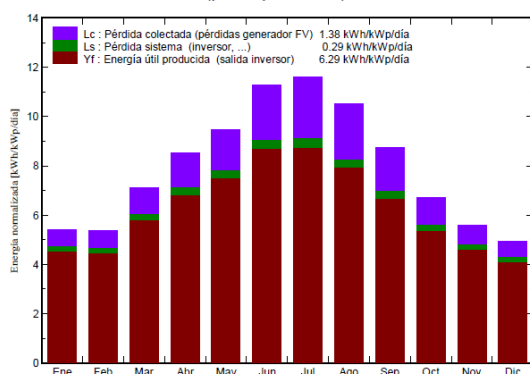
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : TFG_VILCHES Vega
Variante de simulación : TFG_Vilches_Vega

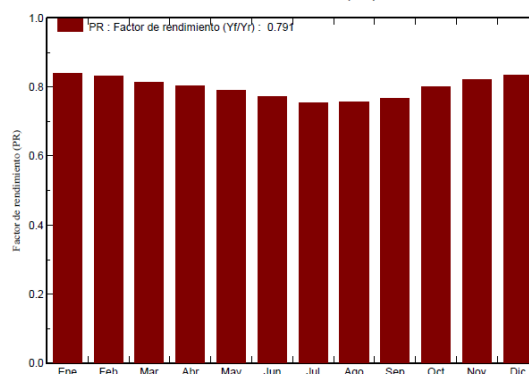
Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Conectado a la red	
Sombras cercanas		Sombreado lineal		
Orientación Campos FV		Seguimiento en dos ejes		
Módulos FV		Modelo	Mono 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wp
Generador FV		Nº de módulos	1680	Pnom total 420 kWp
Inversor		Modelo	Sinvert 100 M	Pnom 100 kW ac
Banco de inversores		Nº de unidades	4.0	Pnom total 400 kW ac
Necesidades de los usuarios		Carga ilimitada (red)		

Resultados principales de la simulación			
Producción del Sistema	Energía producida	964.5 MWh/año	Produc. específico 2296 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	79.1 %	
Inversión	Total incl. impuestos	974869 €	Específico 2.32 €/Wp
Costo anual	Anualidades (Préstamo 1.7%, 20 años)	57908 €/a.	Costo de explotación 0 €/a.
Costo de energía		0.06 €/kWh	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 420 kWp



Factor de rendimiento (PR)



TFG_Vilches_Vega Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	76.6	10.05	167.7	158.6	61.8	59.0	13.49	12.88
Febrero	88.7	11.85	150.8	141.8	55.2	52.8	13.39	12.80
Marzo	135.4	15.03	220.5	207.7	79.0	75.4	13.10	12.52
Abril	176.3	16.97	255.6	240.1	90.1	86.2	12.90	12.34
Mayo	209.8	21.40	293.6	278.2	102.0	97.6	12.72	12.17
Junio	236.9	26.37	338.6	321.2	114.5	109.6	12.37	11.85
Julio	253.0	29.19	360.2	343.8	119.2	114.1	12.11	11.59
Agosto	219.5	28.98	325.8	309.1	107.9	103.4	12.12	11.61
Septiembre	163.4	24.47	262.1	245.2	88.2	84.4	12.31	11.78
Octubre	119.8	20.14	208.5	196.9	73.4	70.2	12.87	12.32
Noviembre	82.8	13.70	168.4	158.2	60.8	58.1	13.21	12.63
Diciembre	69.9	10.82	153.1	144.4	56.2	53.7	13.44	12.84
Año	1832.0	19.13	2904.8	2745.3	1008.3	964.5	12.70	12.15

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	EffArrR	Eficiencia Esal campo/superficie bruta
	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EffSysR	Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

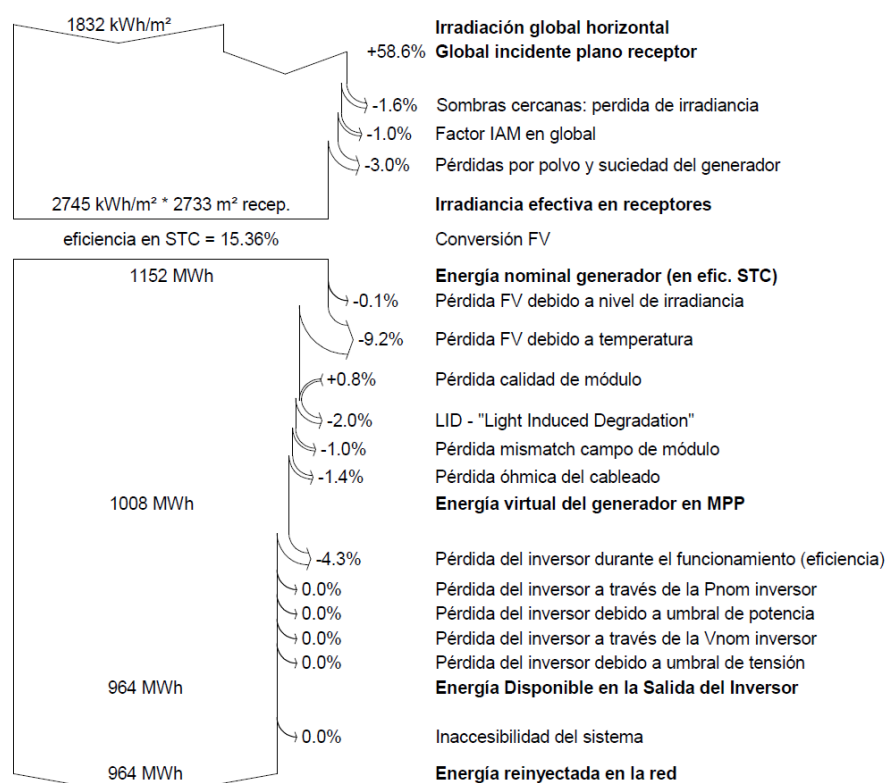
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **TFG_VILCHES Vega**

Variante de simulación : **TFG**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red			
Sombras cercanas	Sombreado lineal				
Orientación Campos FV	Seguimiento en dos ejes				
Módulos FV	Modelo	Mono 250 Wp 60 cells	Pnom	250 Wp	
Generador FV	N° de módulos	1680	Pnom total	420 kWp	
Inversor	Modelo	Sinvert 100 M	Pnom	100 kW ac	
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total	400 kW ac	
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)				

Diagrama de pérdida durante todo el año



PVSYST V6.43		07/02/18	Página 6/6
Sistema Conectado a la Red: Evaluación económica			
Proyecto : TFG_VILCHES Vega Variante de simulación : TFG_Vilches_Vega			
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Sombras cercanas	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	Seguimiento en dos ejes		
Módulos FV	Modelo	Mono 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wp
Generador FV	N° de módulos	1680	Pnom total 420 kWp
Inversor	Modelo	Sinvert 100 M	Pnom 100 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total 400 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		
Inversión			
Módulos FV (Pnom = 250 Wp)	1680 unidades	325 € / unidad	546000 €
Soportes/Integración		50 € / módulo	84000 €
Inversores (Pnom = 100 kW ac)	4 unidades	12350 € / unidad	49400 €
Ajustes, cableado, ...			32107 €
obra civil			44344 €
L MT			15826 €
CT			22000 €
Transporte y y montaje			10000 €
Ingeniería			2000 €
Sustitución subestimada			0 €
Inversión bruta (sin impuestos)			805677 €
Financiamiento			
Inversión bruta (sin impuestos)			805677 €
Impuestos sobre la inversión (IVA)	Tasa 21.0 %		169192 €
Inversión bruta (con IVA)			974869 €
Subsidios			0 €
Inversión neta (todos impuestos incluidos)			974869 €
Anualidades	(Préstamo 1.7 % sobre 20 años)		57908 €/año
Costos de explotación anuales: mantenimiento, seguros ...			0 €/año
Costo total anual			57908 €/año
Costo de energía			
Energía producida			964 MWh / año
Costo de la energía producida			0.06 € / kWh

El coste por energía producida es de 0,06 €/Kwh teniendo en cuenta todos los gastos. Si tenemos en cuenta que el precio medio de la luz está a 0,12207 €/Kwh (fuente <https://tarifaluzhora.es/>). Se obtiene un beneficio de:

$$\mathbf{B: 0,12207\text{€} - 0,06\text{€} = 0,062\text{€/Kwh}}$$

Este valor es sin incluir el consumo eléctrico de nuestra instalación, es un valor Bruto. Tampoco he supuesto ninguna cláusula de la compañía eléctrica. Estos valores no los descuenta la compañía eléctrica con cada factura.

Traducido anualmente y como nuestra instalación genera 964MWh/año:

$0,062\text{€/Kwh} \times 964.000\text{Kwh/año} = \mathbf{59767,48 \text{ €/año}}$ de beneficio bruto.
--

7. BIBLIOGRAFIA

Antes de nada, reseñar que he realizado el TFG con base a un proyecto que realicé en el 2007 para una empresa en la que trabajaba en ese momento como proyectista. Obviamente, no es una copia ni nada parecido ya que difiere de este en cálculos y memoria. La empresa era Instalaciones DinerSA que actualmente no existe. El proyecto original que hice está visado por el COITCR a mi nombre como colegiado 1159 del mismo.

7.1 Memoria

- Marcelo Romero Tous. Energía solar fotovoltaica. Ediciones CEAC
- Enríquez Harper. Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales. 2ª edición. Limusa noruega editores.
- Rafael Guirado Torres; Rafael Asensi Orosa; Francisco Jurado Melguizo; José Carpio Ibáñez - McGraw-Hill. Tecnología Eléctrica.
- REBT. Reglamento Electrotécnico Baja Tensión. 2017

7.2 Pliego de condiciones

- Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. PCT-C-REV - julio 2011. IDEA. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía C/ Madera, 8. E -28004 – MADRID. www.idae.es

7.3 Estudio básico de seguridad y salud.

- www.insht.es. Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo.
- www.coordinador-de-seguridad.com. Web para el coordinador de seguridad y salud en obras de construcción y edificación en España.

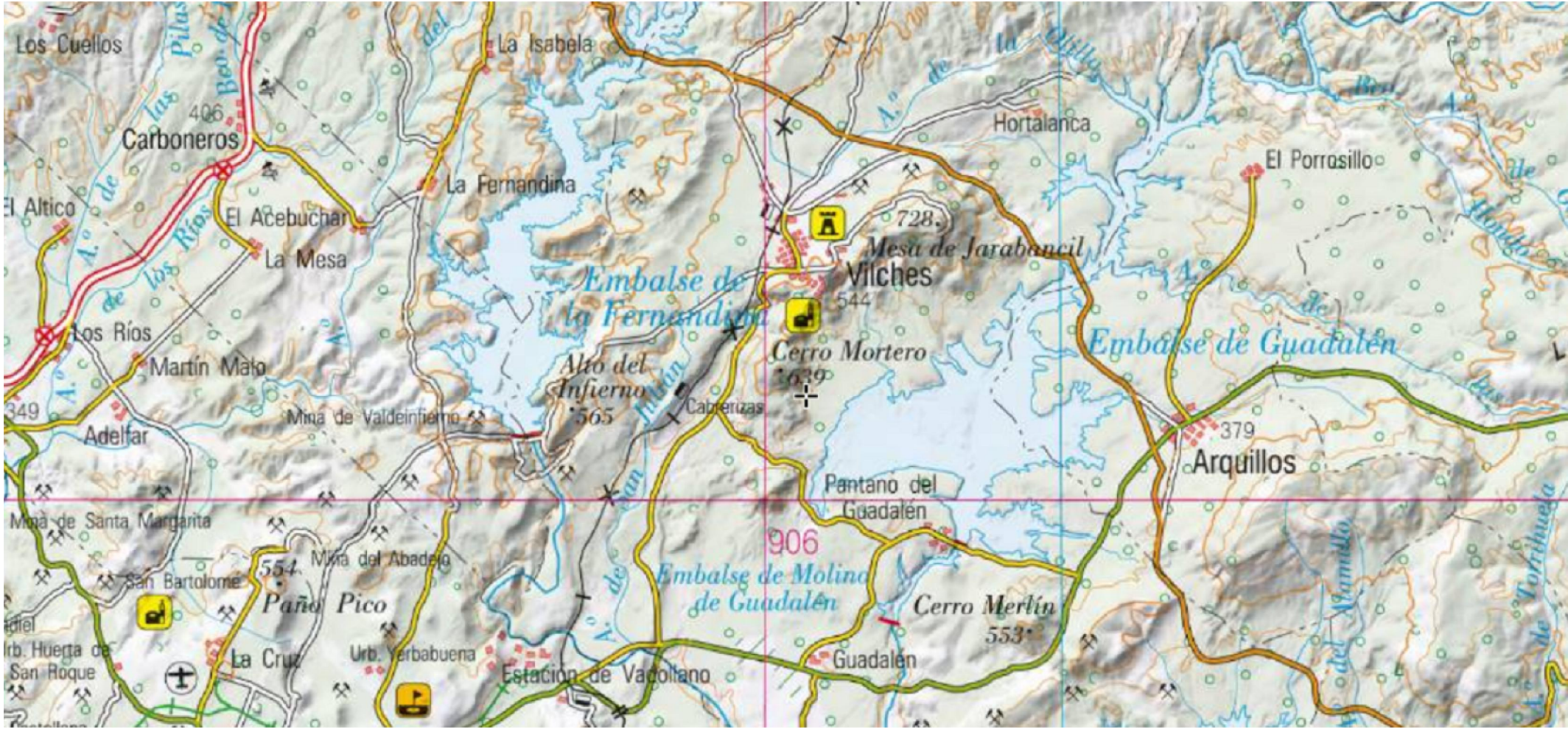
7.4 Página Webs.

www.idae.es
www.ujaen.es
http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx
http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Si_ambito.aspx?id_am=76
<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>
<http://www.ree.es/>

7.5 Programas informáticos utilizados

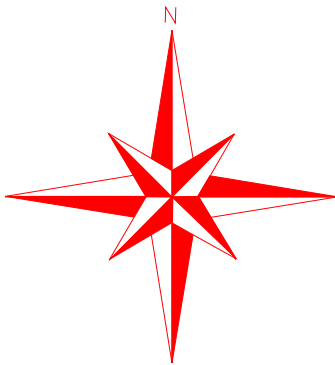
AUTOCAD.
PVSyst.

8. PLANOS

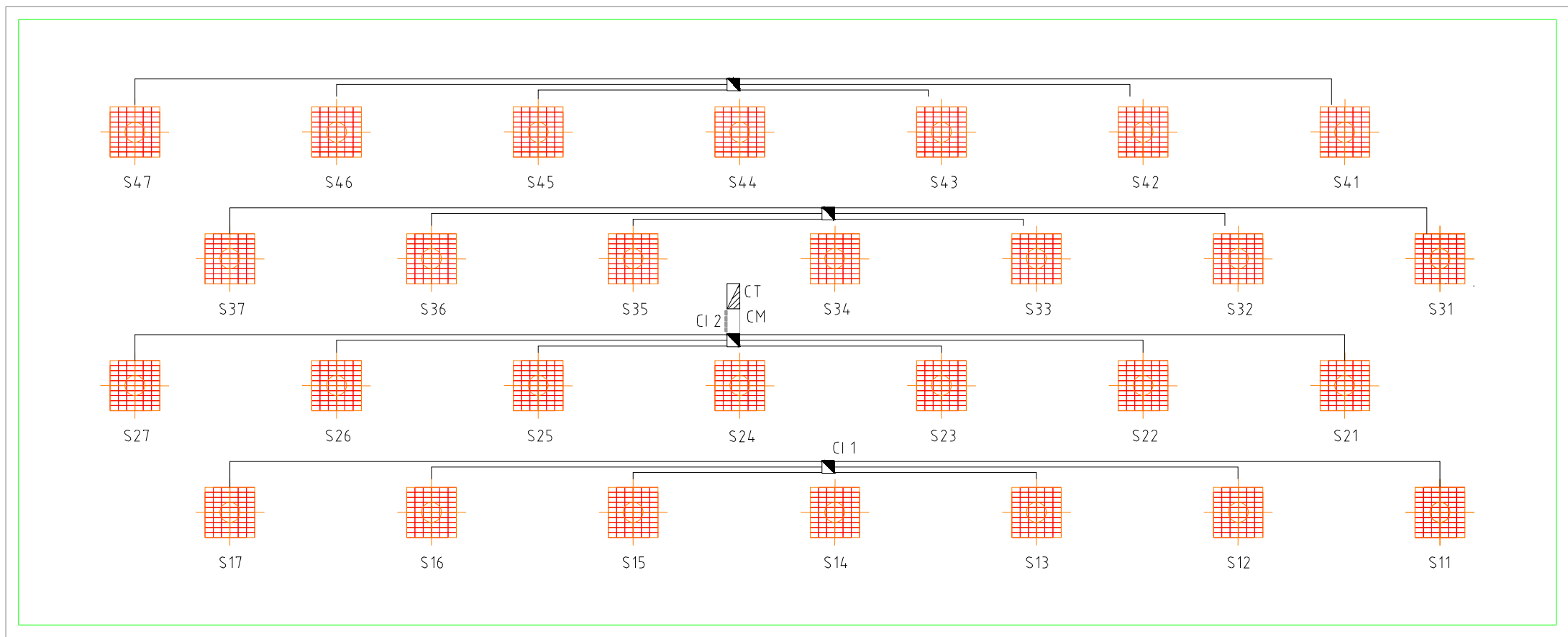
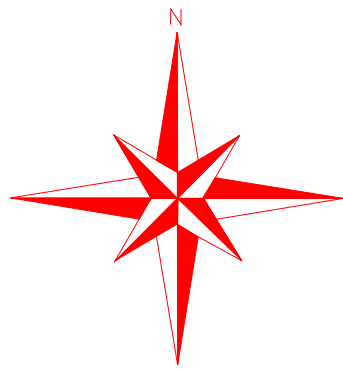


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/02/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO		LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Plano de Situación 1			Nº PLANO 1/10
1:200000				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

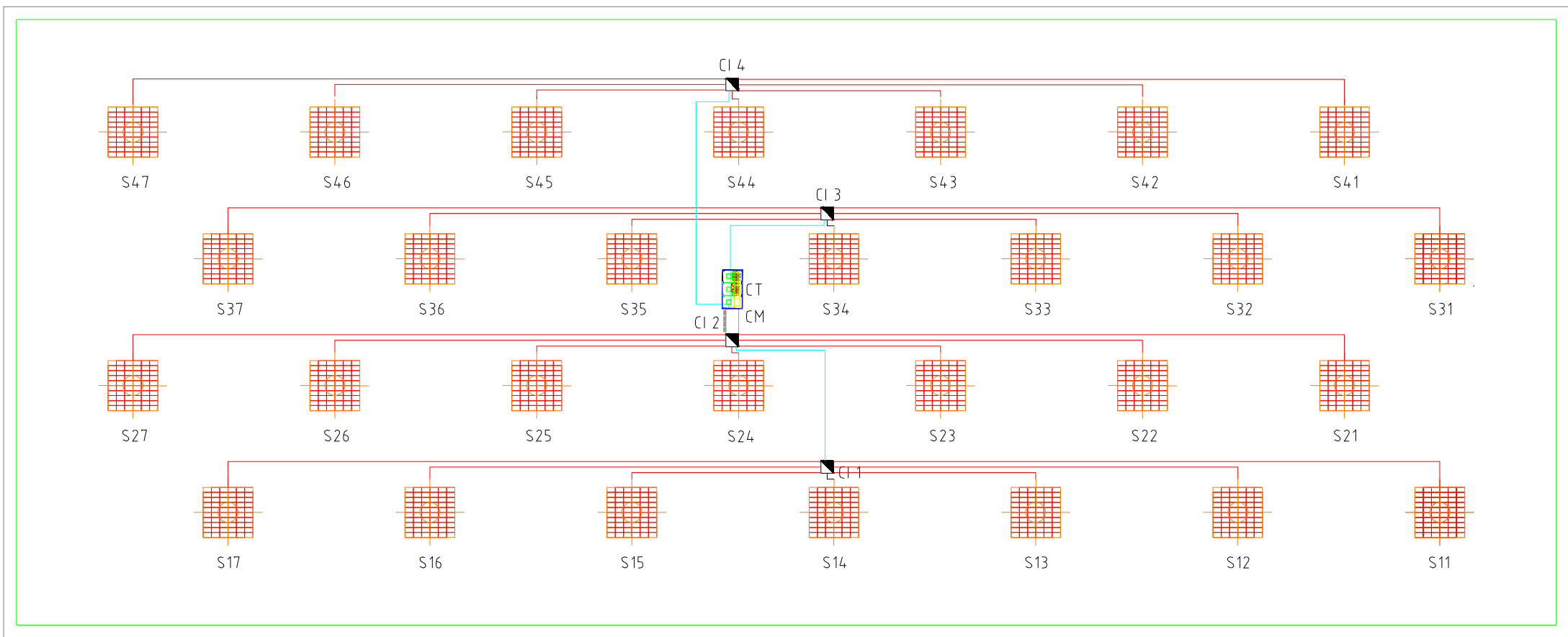
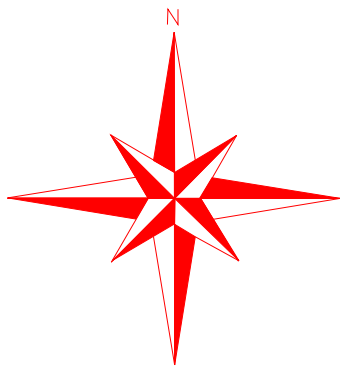
Plano de Situación 1



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/02/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO		LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Plano de Situación 2			Nº PLANO 2/10
1:4500				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



LEYENDA				
Sij : Seguidor y posición		CT : Centro de Transformación		
CI i : Caseta inversor subgeneración i		CM : Caseta de medida		
—— Cercado perimetral		—— Setos		
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/01/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO	04/01/18	LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Situación de Seguidores y Casetas			Nº PLANO 3/10
1:3000				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

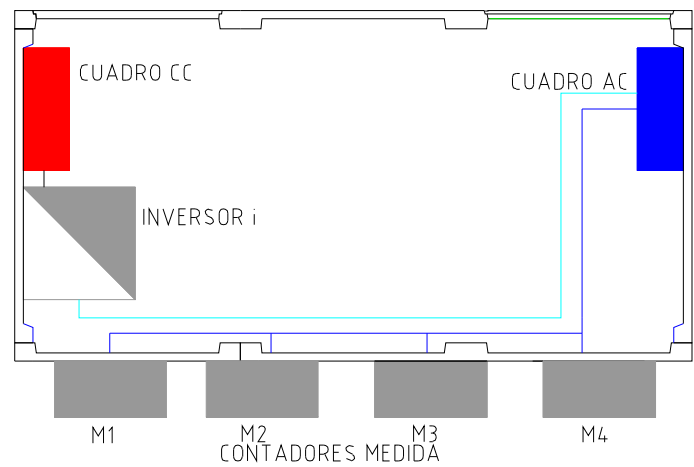


LEYENDA				
Sij : Seguidor y posición			CT : Centro de Transformación	
CI i : Caseta inversor subgeneración i			CM : Caseta de medida	
—— Cercado perimetral			—— Setos	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/01/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO	04/01/18	LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Situación de Seguidores y Casetas			Nº PLANO 4/10
1:3000				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

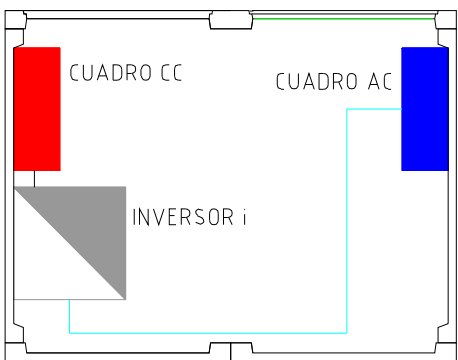


Escala 1:150

CM+I
DETALLE CASETA MEDIDA E INVERSION

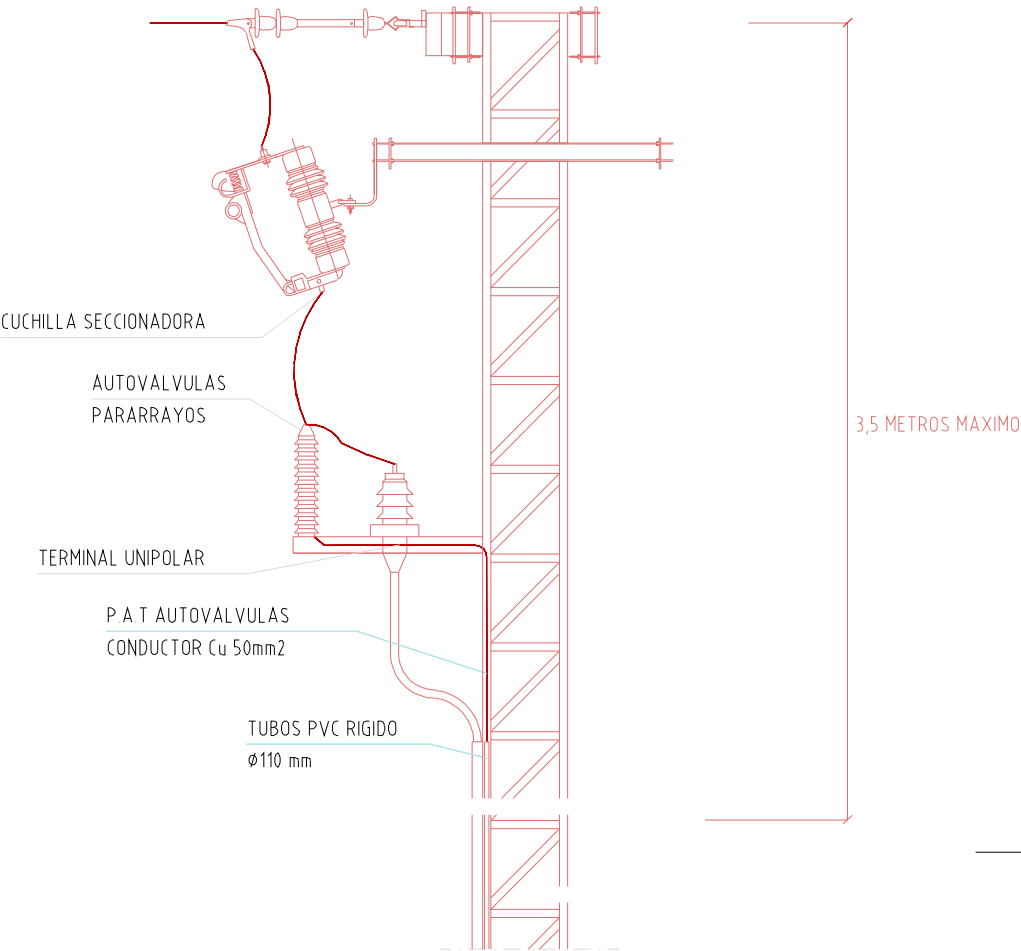


CI
DETALLE CASETA INVERSION i

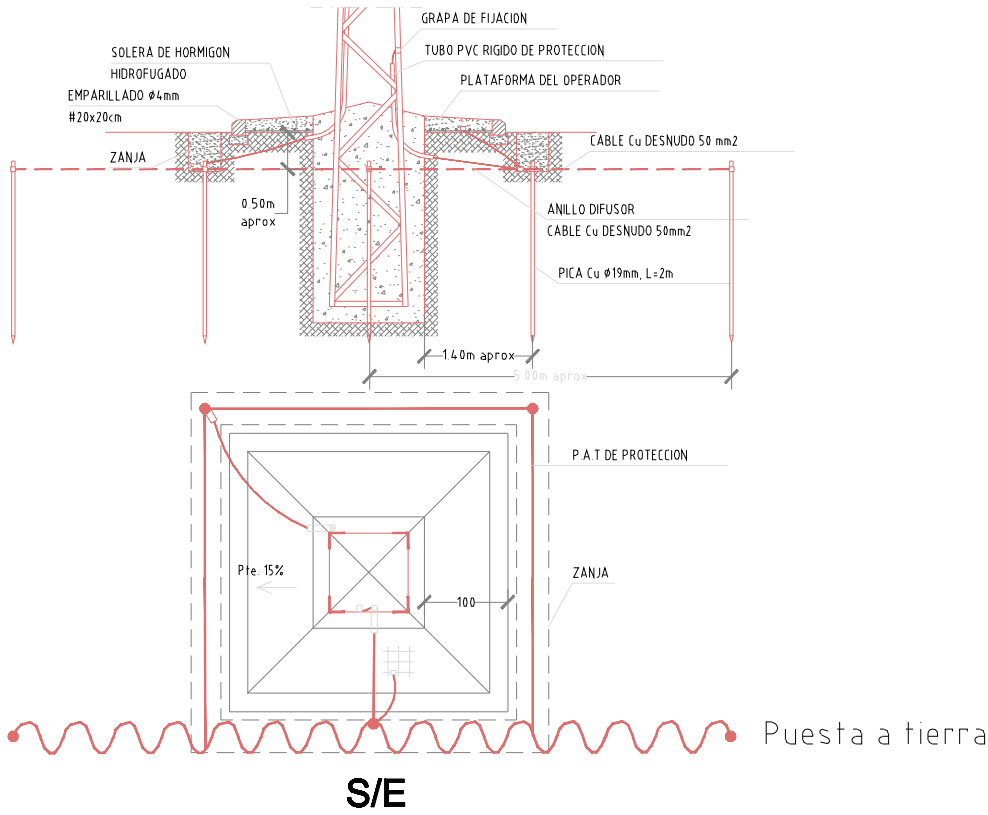
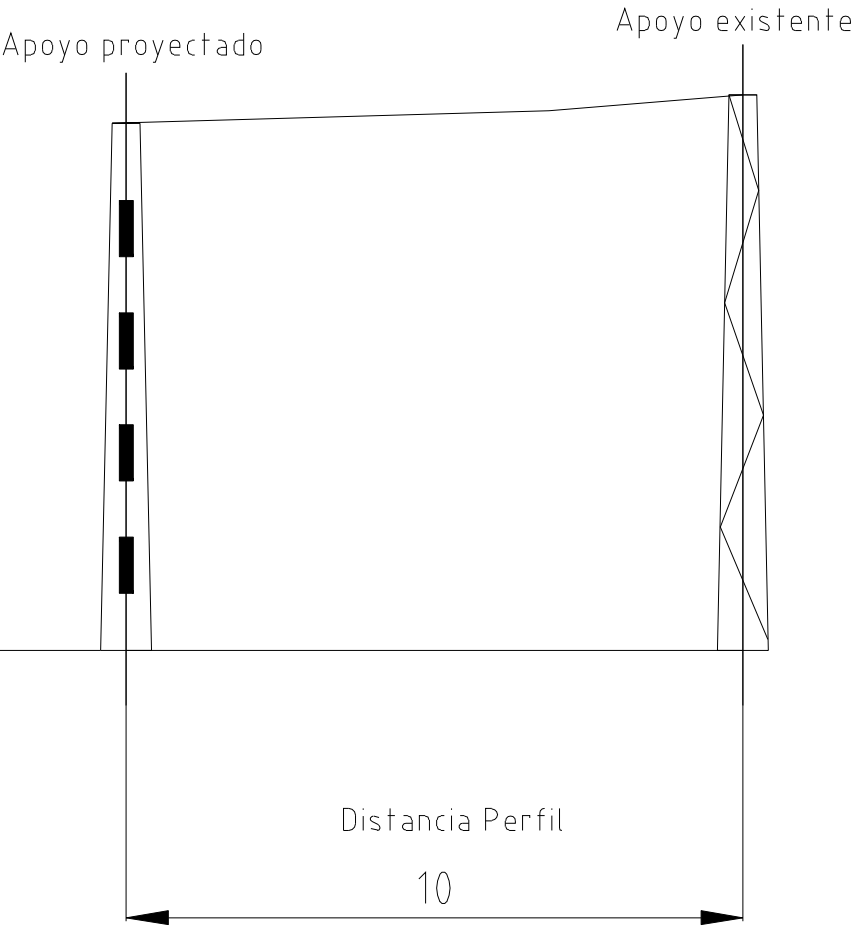


LEYENDA			
Sij : Seguidor y posición		CT : Centro de Transformación	
CI i : Caseta inverter subgeneración i		CM : Caseta de medida	
— Linea CC		— Linea AC	
— Linea AC Medida a CT		— Acometida Media Tension Subterr.	
P1 : Poste acometida		AA : Acometida Aérea	
PMT : Poste Media Tensión		LMT : Linea Media Tensión Ensesa	

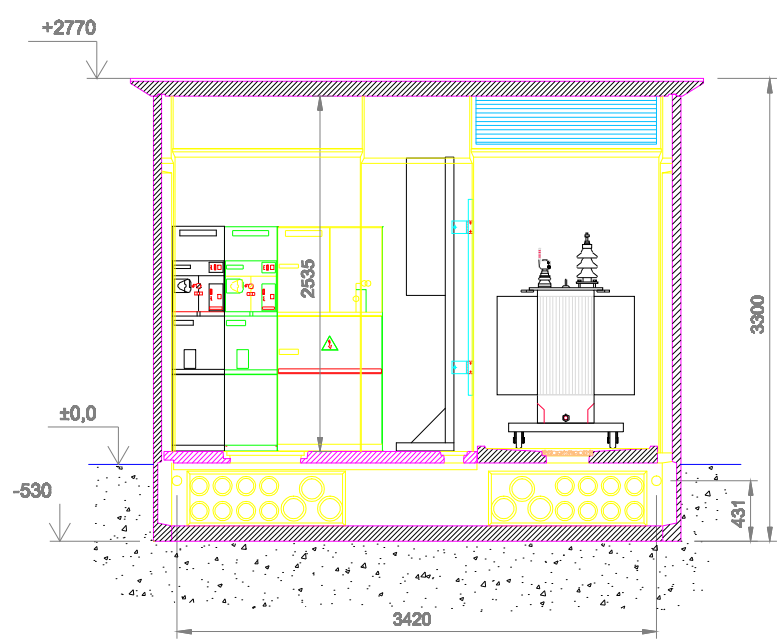
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/01/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO	04/01/18	LUIS HERVAS		
ESCALA: 1:1000	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Situación de Seguidores y Casetas			Nº PLANO 5/10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



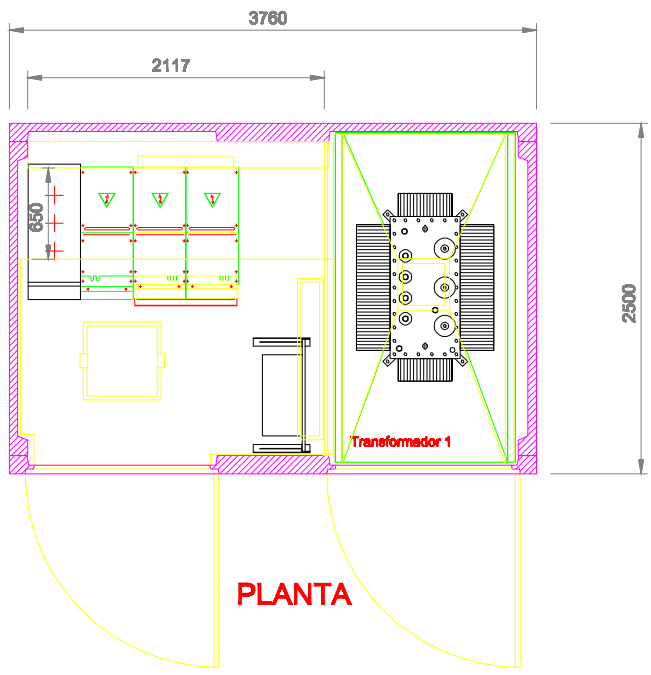
Plano Comparación = 0m



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/01/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO	04/01/18	LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Detalle conexión Aérea MT			Nº PLANO 6/10
1:1000				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

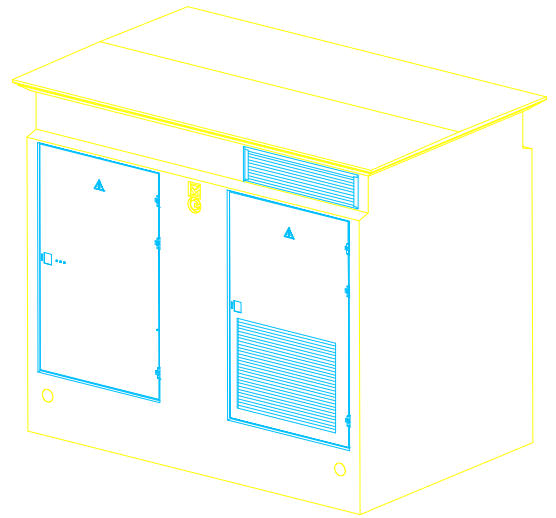


SECCIÓN

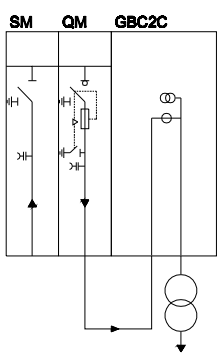


PLANTA

Hueco útil de puertas:
2100 x 1250



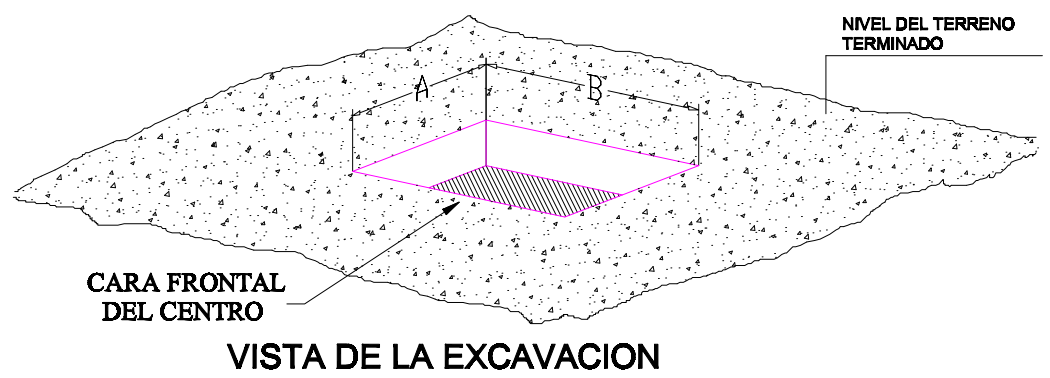
PERSPECTIVA



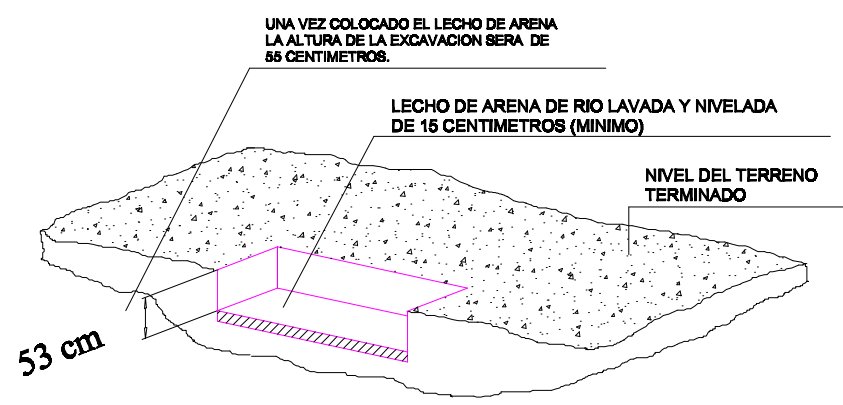
ESQUEMA UNIFILAR CELDAS MT

DIMENSIONES MINIMAS DE EXCAVACION

TIPO PREFABRICADO	DIMENSIONES (EN METROS)	
	A	B
EHC-3	3.50	4.50



VISTA DE LA EXCAVACION



SECCION DEL FOSO

SITUAR EL MODULO DE HORMIGON CENTRADO EN LA EXCAVACION, DEJANDO 50 cm. POR SU FRENTE Y SU PARTE POSTERIOR, PARA PERMITIR LA EXTRACCION DE LOS UTILES DE IZADO.

CONDICIONES QUE EL CLIENTE DEBERA CUMPLIR CON ANTERIORIDAD A LA INSTALACION:
- Deberá existir un camino hasta la zona de ubicación del centro suficiente para el acceso de un camión-grúa de características: PMA=47 T; TARA=16 T; CARGA=31 T.
- La zona de ubicación del centro poseerá un espacio libre que permita una distancia entre el eje longitudinal o transversal del foso y el eje longitudinal del vehículo pesado más alejado de 7 m. si se emplea camión-grúa y de 14 m. si se utiliza góndola más grúa, de forma que no existan obstáculos que impidan la descarga de los materiales y el montaje del centro. (Ver catálogo. Para distancias menores, consultar)
- El lecho de arena de 150 milímetros de espesor mínimo, será por cuenta del cliente, y deberá estar realizado con anterioridad a la instalación del centro según se indica en el dibujo superior.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/01/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO	04/01/18	LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Detalle Centro de Transformación			Nº PLANO 7/10
1:150				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

Todos Cu H07RN-F
2x(1X4mm²)

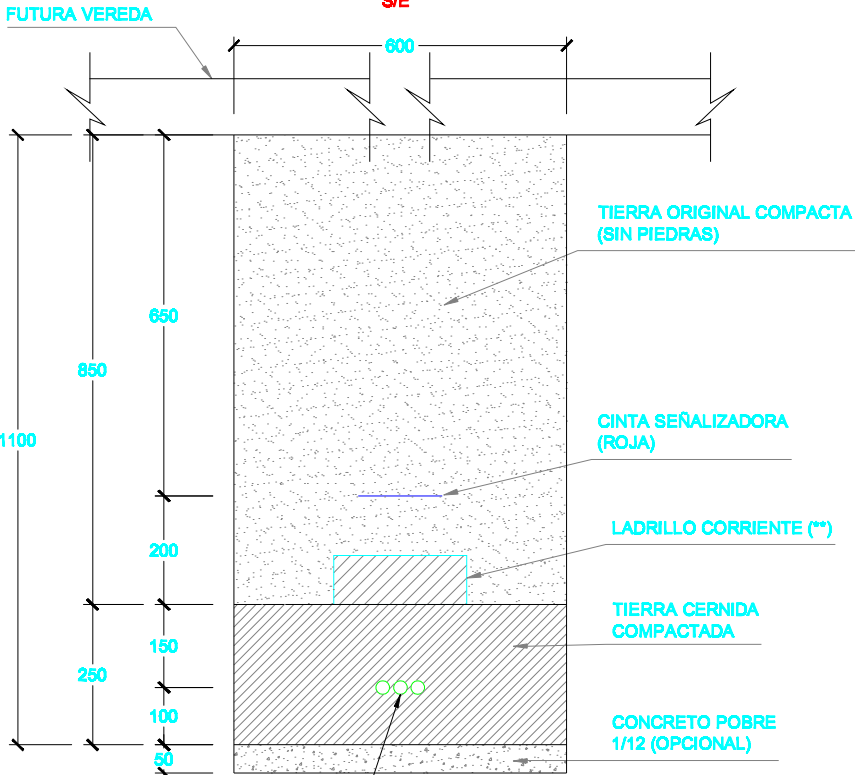
10A

10A

10A

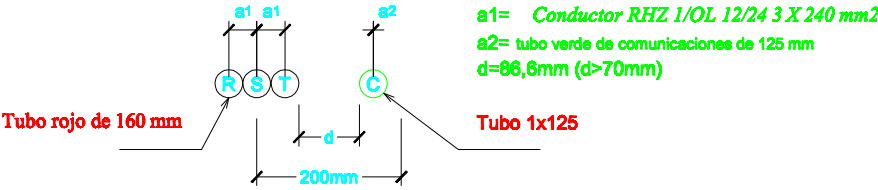
LEYENDA				
	Fusible			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/01/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO	04/01/18	LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW Conexión Módulos en Seguidor			Nº PLANO 9/10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

DETALLE TIPICO
INSTALACION CABLES M.T. - 15kV.
PROYECTADO
S/E

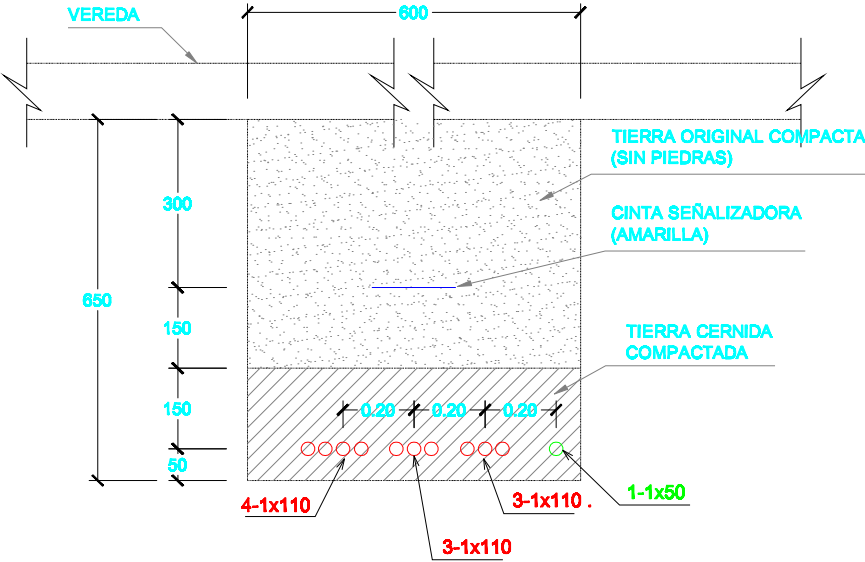


Conductor RHZ 1/OL 12/24 3 X 240 mm²

NORMA CD-7-001
NORMALIZACION BASICA DE CABLES
SUBTERRANEOS 15kV



DETALLE TIPICO INSTALACION
CABLES B.T.
PROYECTADO
S/E



- Tubo para líneas BT
- Tubo para Comunicaciones

LEYENDA				
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	04/01/18	LUIS HERVAS	LDHL	
COMPROBADO	04/01/18	LUIS HERVAS		
ESCALA:	Instalación Solar Fotovoltaica 400KW			Nº PLANO 10/10
	DETALLE ZANJAS BT Y MT			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR: