

1. JUSTIFICACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La orden TEC/1281/2019 del 19 de diciembre con instrucciones técnicas complementarias al Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico establece en su apartado 3.1 que “El punto de medida principal deberá ubicarse en el mismo lugar en que se encuentre la frontera, salvo imposibilidad técnica o excepcional coste de dicha ubicación, según se establece en el apartado 3.9 de estas Instrucciones Técnicas Complementarias. Se considerará el mismo lugar que la frontera, si la distancia entre el punto de medida principal y la frontera está de acuerdo al siguiente criterio:

- Instalaciones de más de 132 kV, menos de 500 metros.
- Instalaciones entre 66 kV y 132 kV, menos de 150 metros.
- Instalaciones entre 1 kV y 66 kV, menos de 50 metros

1.2. OBJETO DEL PROYECTO

La subestación de REE Buenavista 220 kV y la que recibe la energía de los parques solares distan entre sí más de 500 m por lo que, dentro del presente proyecto de línea, se requiere la construcción de una Estación de Medida Fiscal (EMF), que será el punto de medida principal.

El objeto del presente documento es describir las características de esta EMF, que dispondrá de un diseño particular al tener ubicados los elementos de medida en un apoyo de paso aéreo-subterráneo (PAS) para su posterior conexión mediante una línea subterránea a la subestación Buenavista 220 kV, propiedad de Red Eléctrica de España (REE). La descripción de la EMF comprenderá las principales características del apoyo PAS, distancias reglamentarias, geometría y configuración, y los elementos de medida correspondientes.

1.3. EMPLAZAMIENTO

El apoyo donde se sitúa la medida principal para la conexión a la SE de Buenavista 220 kV estará localizada en el T.M de Getafe, en la provincia de Madrid.

La altitud de la cota de explanación de la parcela donde se ubicará el apoyo donde se encuentra la estación de medida es 658m.

Las coordenadas del apoyo de la estación de medida son las siguientes:

XUTM	YUTM
436128	4462477

1.4. CRITERIOS DE DISEÑO

1.4.1. CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

Altitud	660 msnm
Zona a efectos de diseño	B
Temperaturas extremas	+45º / -15º
Velocidad del viento de diseño	140 Km/h
Contaminación ambiental	Medio
Nivel de niebla	Medio

1.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Los elementos de medida de la EMF se situarán en el apoyo PAS, configurado de manera particular para esta función. El sistema de medida estará formado por un transformador combinado de tensión e intensidad situado en unas crucetas especialmente diseñadas para albergar aparata en el apoyo. También dispondrá de armarios de medida en una construcción al pie del apoyo, quedando el apoyo y la construcción incluidos en un recinto señalizado correspondientemente.

El sistema de medida completo estará compuesto por:

- Aparata de medida de 220 kV de intemperie situado en el apoyo de:
 - o Tres (3) transformadores combinados de tensión-intensidad
 - o Tres (3) pararrayos o autoválvulas
- Un elemento de medida situado en la construcción en el suelo formado por:
 - o Un (1) armario de medida fiscal
- Un sistema de servicios auxiliares situado en la construcción en el suelo formado por:
 - o Un sistema de BT con rectificador con baterías

1.5. APARAMENTA DE 220 kV

Se incluyen los equipos indicados a continuación, todos ellos con las siguientes características comunes:

Normativa aplicable	UNE-EN 62271-1:2009 y UNE-EN 62271-1/A1:2011
Instalación	Exterior
Aisladores	Porcelana marrón
Número de fases	3
Frecuencia nominal	50 Hz
Tensión nominal	220 kV
Tensión primaria de aislamiento	245 kV

Tensión de ensayo 50 Hz 1 min:	460 kV
Tensión de impulso tipo rayo (1,2/50 ms):	1050 kV
Línea de fuga	25 mm/kV

1.5.1. TRANSFORMADORES COMBINADOS DE TENSIÓN-INTENSIDAD

Las principales características de los transformadores combinados de tensión-intensidad (TT-TI) se resumen a continuación:

Tensión máxima de servicio	245 kV
Tipo de aislamiento	Papel-aceite
Tensiones de ensayo:	
Frecuencia industrial	460 kV
Impulso	1.050 kVp
Línea de fuga	6.125 mm
Clases y potencias de precisión:	
100 VA Clase 0,2 / 3P	
250 VA Clase 0,5 / 3P	
Peso	1.050 kg
Dimensiones	450x450x3820 mm

1.5.2. AUTOVÁLVULAS O PARARRAYOS

Las principales características las autoválvulas de la instalación se resumen a continuación:

Tipo	Óxido de Zinc
Nº de unidades	3
Tensión máxima de servicio	220 kV
Tensión de servicio continuo	154 kV
Tensión nominal	192 kV
Clase de descarga	cl 2
Línea de fuga mínima	6.125 mm
Intensidad nominal de descarga cresta	10 kA
Servicio	Intemperie

1.5.3. CONEXIONES

El tendido de interconexión entre aparatos de 220 kV se realizará con conductor flexible de aluminio-acero, con las siguientes características:

Sección total	547,3 mm ²
Diámetro de alma / exterior	10,1/ 30,4 mm
Peso propio unitario	1,831 kg/m

Carga de rotura del material	174,14 kN
Módulo de elasticidad (E)	70.000 N/mm ²
Resistencia eléctrica a 20°C	0,0597 Ω/km
Coefficiente de dilatación lineal (s)	0,0194 mm/m°C
Intensidad máxima	990 A

En los tramos correspondientes a los tendidos de interconexión de aparatos, se instalarán aisladores, de las siguientes características mecánicas:

Carga de rotura a flexión	10.000 N
Carga de rotura a torsión	4.000 Nm
Altura del aislador	2.300 mm
Altura de la pieza soporte	175 mm
Línea de fuga	6.125 mm

1.6. MEDIDA FISCAL

El equipo de medida a instalar será parte del sistema correspondiente a:

- Punto de medida principal Nudo ST. Buenavista 220 REE

1.6.1. EQUIPO DE MEDIDA

El equipo de medida fiscal estará formado por los siguientes elementos:

- Un (1) armario de medida fiscal de energía de tipo I conforme al RUPM y las ITCs en vigor, que incluye los siguientes equipos:
 - o Bloques de pruebas precintables homologados de REE.
 - o Contador-registrador para medida a cuatro cuadrantes en trifásica desequilibrada a cuatro hilos clase 0,2s para activa y 0,5s para reactiva, homologados por REE. Serán autoalimentados y de dos puertos de comunicación de acceso simultáneo: P1 GSM para acceso telefónico y P2 para acceso vía Ethernet.
 - o Módem telefónico GSM multipunto para acceso telefónico del SIMEL.
 - o Analizador de redes.
 - o Switch de comunicaciones para salida en Modbus TCP hacia la unidad de control de subestación

Los contadores se suministrarán ajustados y verificados por la delegación de industria de la comunidad autónoma.

Toda la instalación de medida y de comunicaciones asociadas cumplirá con los requisitos para el alta en el SIMEL y deben facilitarse los protocolos necesarios para la solicitud de dicha alta.

1.7. OBRA CIVIL

La ejecución de la estación de medida requiere la realización de los trabajos de obra civil siguientes:

1.7.1. ESTRUCTURA METÁLICA

Se instalará la siguiente estructura metálica:

- Un (1) APOYO DE PASO AÉREO A SUBTERRÁNEO (PAS) 220 KV S/C (CON MEDIDA INSTALADA EN APOYO) con soportes y montantes para sujeción de aparamenta de llegada de línea aérea de 220 KV y conversión aéreo-subterránea.

El apoyo será de tipo metálico de celosía. con configuración en capa para facilitar la instalación de los elementos de medida. El tipo de apoyo seleccionado está construido con perfiles angulares totalmente atornillados. con el cuerpo formado por tramos tronco-piramidales de sección cuadrada. Las cimentaciones serán de patas separadas. tetrabloque y tipo circular con cueva. Los esfuerzos resistentes serán calculados en el proyecto de ejecución.

Las dimensiones y configuración del apoyo y los soportes para la aparamenta de medida y paso aéreo-subterráneo pueden consultarse en el “Documento N° 4 Planos”.

Toda la estructura metálica se fabricará con perfiles normalizados de alma llena protegidos contra la corrosión mediante galvanizado en caliente. El acero será procedente de laminación y se ajustará a las características correspondientes de la calidad soldable tipo S 275 JR (EN 10027-1), equivalente al A44b o calidad semejante.

Estas estructuras de soporte estarán formadas por perfiles en U (UPN), o con piezas angulares empesilladas tipo celosía, con objeto de conseguir sencillez y economía.

El coeficiente de mayoración de cargas se adoptará para los estados de carga definitivos y la seguridad de las estructuras irá referida al límite de fluencia del material en las peores condiciones de funcionamiento y de sobrecarga no debiendo ser inferior a dos.

Las dimensiones de las estructuras son tales que las bornas de los distintos equipos y los conductores se encuentran a la distancia exigida por los reglamentos vigentes, y la base de los aisladores a más de 230 cm del nivel del suelo.

El tratamiento final de todas las estructuras que componen el parque de intemperie será galvanizado en caliente por inmersión, con un espesor mínimo resultante de 80 micras. Las piezas que componen la estructura deben salir de los talleres totalmente mecanizadas y taladradas para proceder a su galvanizado totalmente construidas.

La tornillería de unión de las estructuras será de acero galvanizado con objeto de evitar la corrosión. La tornillería de fijación de la aparamenta a sus respectivos soportes será de acero inoxidable con objeto de evitar los efectos de corrosión por oxidación. Será de medidas métricas según DIN 933, con arandelas según DIN 7980 y la calidad de esta tornillería será A2 de 800 N/mm² de límite elástico, según norma UNE EN ISO 3506-1:2010.

Las estructuras irán atornilladas a los pernos que se colocarán en sus cimentaciones correspondientes mediante las plantillas suministradas por el proveedor de las estructuras.

La tornillería y demás piezas de pequeño tamaño estarán realizadas en acero inoxidable.

Los materiales de soldeo (varillas, electrodos) serán utilizados teniendo en cuenta las recomendaciones particulares del fabricante.

Antes de iniciar la fabricación, el fabricante de las estructuras realizará cuantas pruebas sean necesarias para la correcta cualificación de los distintos métodos de soldeo manual, automático o combinación de los mismos, a tope o en ángulo, tanto de procedimientos de soldeo como en homologación de los soldadores que deban intervenir en la misma (según norma UNE o ASME IX).

El trazado y taladrado de agujeros deberá permitir el montaje de los diferentes elementos sin forzarlos.

Las dimensiones de los taladros serán:

- Para tornillo de M12, taladro de 14 mm de diámetro
- Para tornillo de M16, taladro de 18 mm de diámetro
- Para tornillo de M18, taladro de 20 mm de diámetro
- Para tornillo de M20, taladro de 23 mm de diámetro

La tolerancia en todos los casos será de +0,4 mm sobre el material en negro.

Todas las estructuras irán atornilladas a los pernos que se encuentran ya embebidos en las fundaciones correspondientes. El montaje se realizará de forma que ningún elemento quede sometido a esfuerzos mayores que aquellos para los que ha sido calculado.

1.7.2. RED DE PUESTA A TIERRA

La malla de puesta a tierra de la estación de medida se ha calculado conforme a lo prescrito en la norma ITC-RAT 13, siguiendo el método de cálculo definido en la norma IEEE 80-2000. El detalle del cálculo se encuentra en el capítulo de cálculos.

Se realizará con conductor de cobre desnudo de 120 mm² de sección enterrado a 0,6 m de profundidad. Se instalará un conductor de tierra 1 m por el exterior de la valla perimetral, y otro por el interior de la valla perimetral. Así mismo, se instalarán picas de 2 m de profundidad en las cuatro esquinas del perímetro exterior de la estación de medida.

A esta malla se conectarán el cable de cobre y las pantallas de los cables de las líneas aéreas y/o subterráneas, las tierras de protección y las tierras de servicio. Con esta configuración de electrodo se reducen casi completamente las tensiones de paso y contacto, anulándose el peligro de electrocución del personal de la instalación.

Todas las conexiones enterradas se realizarán por medio de soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión tipo Cadwell, y los cables de tierra se fijarán a los soportes metálicos de la aparamenta de la estación de medida con grapas de conexión a compresión adecuadas.

1.8. SERVICIOS AUXILIARES

Se solicitará a REE la posibilidad de alimentar los equipos de la estación de medida desde la propia subestación de REE, situada a menos de 500m.

Si no existiera la posibilidad se incluirán los siguientes equipos para los servicios auxiliares:

1.8.1. RECTIFICADOR Y BATERÍAS DE 125 V C.C.

UN (1) rectificadores con las siguientes características:

Norma aplicable	IEC 62040-1 y IEC 60947-6
Tensión de entrada	230- 400V
Tensión de salida	125 V c.c.
Rizado	1%
Intensidad nominal del rectificador	25 A c.c.
Grado de protección	IP 22
Protección contra corrosión	C2
Color	RAL 7035

El armario rectificador irá asociado a una batería con las siguientes características:

Normativa aplicable	IEC 60623
Baterías	Ni-Cd
Tensión nominal	24 V
Capacidad nominal de baterías	180 Ah

La batería irá montada en la base del armario.

Se realizará con proyectores orientables, montados sobre estructura soporte.

1.8.2. SISTEMAS DE SEGURIDAD

1.8.3. PANOPLIA DE RIESGO ELÉCTRICO

- UN (1) paneles de riesgo eléctrico con los siguientes elementos:
 - Banqueta y guantes aislantes de 36 KV
 - Pértiga de salvamento con unidad detectora de tensión hasta 36 KV
 - Placa de instrucciones de primeros auxilios
- UN (1) esquema unifilar de la instalación enmarcado
- Un (1) panel soporte de palancas y llaves de la estación de medida, anillados e identificados según corresponde.
- Placas de aviso de riesgo eléctrico apoyo.

2. CÁLCULOS

2.1. DISTANCIAS

2.1.1. SISTEMA DE 220 kV

Se han adoptado los siguientes criterios básicos de diseño:

Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Tensión soportada a 50 Hz 1 min	460 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo	1050 kV
Neutro	Rígido
Intensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz)	40 kA
Tiempo de extinción de la falta	1 seg

De acuerdo a la ITC-RAT 12, la distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases correspondiente a la tensión soportada a impulsos tipo rayo definida es de 2,10 m.

Por otro lado, de acuerdo a la ITC-LAT 07, la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, correspondiente a una tensión de 220 kV es de 1,70 m.

El apoyo elegido para albergar la aparata de medida tiene una altura libre a los conductores de la línea aérea de alta tensión de 20 m, y una altura libre hasta los elementos de medida de 11,5 m, ambas superiores a los 7 m de altura reglamentarios.

En el documento Planos se puede comprobar la geometría y disposición de los conductores, la aparata de medida y protección en el apoyo.

Como se puede observar todas las distancias de seguridad igualan o superan las prescripciones de la ITC-RAT 12 y de la ITC-LAT 07.

2.2. RED DE TIERRAS INFERIORES

2.2.1. NORMATIVA APLICABLE

Los cálculos realizados a continuación cumplen y se basan en la normativa vigente en España: RD 337/2014 ITC-RAT 13

2.2.2. DATOS DE PARTIDA

2.2.3. INTENSIDAD DE FALTAS A TIERRA

El cálculo para una intensidad de falta de:

$$I_F = 30.000 \text{ A}$$

A efectos del cálculo de las tensiones de paso y contacto admisibles, consideramos que la falta durará:

$$t_F = 0,5 \text{ segundo}$$

Este valor está del lado de la seguridad ya que el sistema de protecciones de la subestación despejará la falta en menos de este tiempo.

2.2.4. DATOS DEL TERRENO Y DE LA CAPA DE GRAVA

En base a las medidas realizadas, el terreno se ha modelado como un terreno monocapa de resistividad:

$$\rho = 200 \Omega \text{m.}$$

Para mejorar la seguridad la parcela se terminará con una capa de grava uniforme de:

- $h_s = 0,1$ m de espesor
- Resistividad superficial de $\rho_s = 3.500 \Omega \text{m}$

2.2.5. SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR

Con el fin de estandarizar el diseño de las líneas de puesta a tierra y sólo a efectos del cálculo de su sección consideraremos $I_F = 40$ kA superior a la que tiene la estación de medida.

$$U_{pa} = 2.040 \text{ V} = 10 \cdot U_{ca}$$

Según la misma ITC-RAT-13, a partir de estos valores de tensión aplicada pueden calcularse en la estación de medida las tensiones admisibles de contacto (U_c) y de paso (U_p) en base a las siguientes fórmulas:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5\rho_s}{1000} \right] \quad (1)$$

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right] \quad (2)$$

- Z_B Impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1000 Ω
- R_{a1} Es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000 Ω
- R_{a2} Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie.
 $R_{a2} = 3\rho_s$, donde ρ_s es la resistividad superficial aparente del terreno

La resistividad superficial aparente del terreno (ρ_s) se calcula aplicando el coeficiente reductor (C_s) a la resistividad de la capa de grava según la siguiente fórmula:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right) \quad (3)$$

Siendo:

- Espesor de la capa superficial de grava: $h_s = 0,1 \text{ m}$
- Resistividad de la capa superficial: $\rho^* = 3.500 \Omega\text{m}$
- Resistividad del terreno natural: $\rho = 200 \Omega\text{m}$

Todas las partes metálicas no activas de la estación de medida estarán conectadas a la red de tierra, por lo que podemos considerar una $\rho_s > 0$.

Aplicando las fórmulas anteriores para la estación de medida podemos calcular:

- Tensión admisible de contacto: $U_c (1) = 1.129 \text{ V}$
- Tensión admisible de paso: $U_p (2) = 39.048 \text{ V}$

2.2.8. RESISTENCIA DE LA MALLA

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la malla (R_g) utilizamos la siguiente fórmula de la IEEE 80/2000 (fórmula de Sverak):

$$R_g = \rho * \left(\frac{1}{LM} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right)$$

donde:

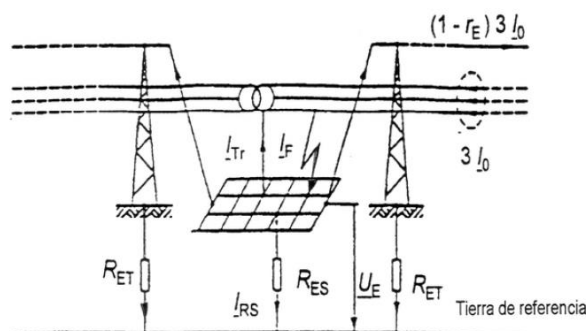
- R_g = resistencia de la malla en Ω
- ρ = resistividad del terreno natural en Ωm
- $LM=L_c$ = longitud de conductor de malla en m
- A = área cubierta por la red en m^2
- h = profundidad del enterramiento en m

Para los valores de esta estación de medida el resultado de la fórmula anterior es:

$$R_g = 4,71 \Omega$$

2.2.9. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE MALLA

ITC-RAT 13-5 permite considerar que parte de la corriente de falta se disipa por el cable de tierra de las líneas aéreas de AT y de las pantallas de los cables que van a los parques fotovoltaicos, dejando sólo parte como corriente de puesta a tierra por el electrodo de la estación de medida (I_{RS}).



Empleamos la metodología de la IEEE80-2013 para calcular el factor divisor S_f para calcular

$$I_{RS} = S_f \cdot I_f.$$



Este factor S_f depende de la resistencia de la malla de la estación de medida, de las impedancias de puesta a tierra y del número de líneas de AT y de MT que salen de la estación de medida.

$$S_f = 18 \%$$

con lo que la corriente disipada por la red de tierra de la estación de medida es:

$$I_{RS} = 5.488 \text{ A} = S_f \cdot I_F$$

2.2.10. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO CALCULADAS

Las tensiones de paso y contactos calculadas son menores que las admisibles:

PASO	Calculada	Admisible	
Ep (V) s/ ITC-RAT 20	1.960	39.048	CUMPLE
CONTACTO			
Ec (V) s/ ITC-RAT 20	1.125	1.129	CUMPLE

2.2.11. CONCLUSIONES

De acuerdo al Informe Anual de la Evolución de la Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Peninsular Español, tomamos la intensidad de cortocircuito monofásico P90 del nudo de conexión de REE.

$$I_F = 25,1 \text{ kA}$$

Como la intensidad de falta en este nudo es menor de 30kA, concluimos que:

La malla de puesta a tierra diseñada cumple los criterios de protección definidos por el ITC-RAT 13 y la IEEE GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING, edición 2013 en todos los aspectos:

1. Dimensionamiento del conductor
2. Seguridad frente a contactos tanto interiores como exteriores en presencia de cortocircuito
3. Seguridad frente a tensiones de paso en el exterior de la estación de medida sobre terreno natural

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se aplicarán las normas citadas en los documentos que conforman el presente proyecto. Asimismo, se tendrán en cuenta las actualizaciones posteriores a las normas citadas en el presente proyecto.

3.1. NORMATIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico que tiene por objeto establecer la regulación del sector eléctrico con la finalidad de garantizar el suministro de energía eléctrica, y de adecuarlo a las necesidades de los consumidores en términos de seguridad, calidad, eficiencia, objetividad, transparencia y al mínimo coste.

- 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 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Orden TEC/1281/2019 del 19 de diciembre con las Instrucciones técnicas complementarias al Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1075/1986, de 2 de mayo, por el que se establecen normas sobre las condiciones de los suministros de energía eléctrica y la calidad de este servicio, publicado en BOE número 135 de 6 de junio de 1986.
- Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial, declarando de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los cables conductores desnudos de aluminio-acero, aluminio homogéneo y aluminio comprimido.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Reglamento Electrotécnico de baja tensión aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, publicado en BOE N.º 224 de 18 de septiembre de 2003.
- Instrucciones Complementarias del Reglamento Electrotécnico para baja tensión.

- Guía Técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, editada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

3.2. NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD

- Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 50/98. Modificación de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y su modificación en el Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- 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, publicado en BOE número 97 de 23 de abril de 1997.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, publicado en BOE número 188 de 7 de agosto de 1997.
- Real Decreto 773/97. Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo, que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.

3.3. NORMATIVA DE OBRA CIVIL

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Instrucción de hormigón estructural, R.D. 1247/2008, de 18 de Julio (EHE-08).
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16)

- O.C. 15/03 Sobre señalización de los tramos afectados por la puesta en servicio de las obras. -Remates de obras.
- Normativa DB SE-AE Acciones en la edificación.
- Normativa DB SE-A Acero.
- Normativa DB SE Seguridad Estructural.
- Orden de 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
- Recomendaciones para el proyecto de intersecciones, MOP, 1967
- Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC de Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1-IC de Secciones de firme, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden FOM298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la Norma 5.2-IC de Drenaje superficial, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden FOM/534/2014, de 20 de marzo, por la que se aprueba la Norma 8.1-IC de Señalización Vertical, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden, de 16 de julio de 1987, por la que se aprueba la Norma 8.2-IC de Marcas Viales, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden Ministerial de 31 de agosto de 1987, por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC sobre Señalización, Balizamiento, Defensa, Limpieza y Terminación de Obras Fijas en Vías fuera de poblado.
- Manual de Ejemplos de Señalización de Obras Fijas de la DGC del Ministerio de Fomento.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carretera y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3). Aprobada por Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976.

3.4. OTRAS NORMATIVAS

- Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento.

4. PLANIFICACIÓN

Se estima una duración total de los trabajos de SIETE (7) meses equivalentes a 28 semanas. Para la compra y fabricación de equipos se estima un plazo de 24 semanas y para la construcción 4 semanas. La fecha prevista de los principales hitos del proyecto es la siguiente, cronograma detallado:

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE PUNTO DE MEDIDA				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Plataforma/Cerramiento/Puesta a Tierra				
Cimentaciones e instalación de prefabricado				
Montaje de estructura y apartamiento de AT				
Puesta en Servicio				

5. ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre establece unos límites de exposición máximos que se deberán cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

Según dicho Real Decreto, el campo magnético deberá ser:

- Inferior a 100 μT para el público en general
- Inferior a 500 μT para los trabajadores (medido a 200 mm de la zona de operación)

La comprobación de que no se superan dichos valores se realizará mediante los cálculos para el diseño correspondiente, antes de la puesta en marcha de las instalaciones que se ejecuten siguiendo el citado diseño.

Asimismo, con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasen los límites máximos admisibles, la Administración podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados. Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse a los valores máximos previstos de corriente.

El campo magnético producido por un conductor rectilíneo en un punto determinado vendrá dado por la ley de Biot-Savart:

$$B = \frac{\mu_0 * I * 10^6}{2 * \pi * r}$$

Siendo,

- B Campo magnético producido en microTesla (μT)
- μ_0 Permeabilidad del medio, su valor es de $4 \pi 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$
- I Corriente eléctrica de la línea de transmisión, en Amperios (A)
- r Distancia del conductor al punto de medida, en metros (m)

El campo magnético producido por un conductor es proporcional a la intensidad e inversamente proporcional a la distancia del conductor al punto de medida. Por lo tanto, la primera medida para reducir el campo magnético en las proximidades de la estación de medida es el alejamiento de los conductores desnudos de mayor intensidad de los límites de dicha estación de medida.

Por otra parte, dado que en corriente alterna trifásica equilibrada la suma de la corriente de las tres fases es siempre cero, así también el campo magnético producido por las tres fases se anula entre sí en un punto de medida suficientemente alejado. Por lo tanto, para minimizar la generación de campos magnéticos por los cables subterráneos es recomendable la disposición en triángulo de los mismos formando ternas.

Aplicando la ley de Biot-Savart y utilizando el programa PYTHON, se ha realizado un cálculo del campo magnético en el interior de la estación de medida (a 1 m de altura), cuyo resultado puede verse en el plano que se presenta en el apartado de planos.

De dicho cálculo, se comprueba que el valor del campo magnético en los cuatro lados del perímetro de la estación de medida es muy inferior al límite establecido de 100 μ T, debido fundamentalmente a las grandes distancias de seguridad observadas.

6. PRESUPUESTO

Ref.	Descripción	Unidad	Medición	P. Unitario	P. Total
1.	OBRA CIVIL				43.898,48 €
1.1.	Construcción prefabricada				10.000,00 €
1.2.	Vallado perimetral				1.080,00 €
1.3.	MALLA DE PUESTA A TIERRA				25.526,28 €
1.3.1	Apertura de zanjas para red de tierra h=0,6 m y tapado con tierra vegetal hasta 0,3 m y resto con aporte de excavación	m	483	6	2.898,00 €
1.3.2	S/I de cable desnudo de cobre de 120 mm ² , incluso parte proporcional de soldaduras aluminotérmicas	m	483	42,2	20.382,60 €
1.3.3	S/I de pica de puesta a tierra L=2m Diámetro 14 mm	Ud.	4	36,82	147,28 €
1.3.4	S/I de grapas para p.a.t. cerramiento	Ud.	20	26,86	537,20 €
1.3.5	S/I de grapas para p.a.t. estructuras soporte	Ud.	10	30,84	308,40 €
1.3.6	S/I de trenzas de cobre para p.a.t. aparamenta	Ud.	10	48,46	484,60 €
1.3.7	S/I de puntas Franklin	Ud.	2	384,1	768,20 €
1.4.	DRENAJES Y PASOS DE CABLES				7.292,20 €
2.	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO				122.587,50 €
2.1	APARAMENTA DE 220 KV				122.587,50 €
2.1.1	S/I transformador combinado de tensión-intensidad 220 kv	Ud.	3	28020	84.060,00 €
2.1.2	S/I autoválvulas 220 kv	Ud.	3	12842,5	38.527,50 €
3.	MEDIDA				17.473,00 €
3.2	ARMARIOS DE MEDIDA				14.973,00 €
3.2.1	S/I armario de medida fiscal incluyendo un contador cl. 0,2, un modem GPRS, un analizador de redes y un switch de comunicaciones	Ud.	1	9973	9.973,00 €
3.2.2	S/I de cajas de centralización, Circuitos de Intensidad para medida Oficial	Ud.	1	2500	2.500,00 €
3.2.3	S/I de cajas de centralización, Circuitos de Tensión para medida Oficial	Ud.	1	2500	2.500,00 €
3.4	CABLEADO DE FUERZA Y CONTROL				2.500,00 €

Ref.	Descripción	Unidad	Medición	P. Unitario	P. Total
3.4.1	Suministro, tendido, conexionado y pruebas de cable de fuerza y control realizado con cable RV-K 0,6/1 kV de diversas secciones	P.A.	1	2500	2.500,00 €
4.	INGENIERÍA, PRUEBAS Y P.E.S.				13.500,00 €
4.1	INGENIERÍA				6.750,00 €
4.1.1	Ingeniería de detalle	P.A.	1	2000	6.750,00 €
4.2	PRUEBAS Y P.E.S.				6.750,00 €
4.2.1	Pruebas funcionales y puesta en marcha	P.A.	1	4000	4.000,00 €
4.2.2	Boletín de baja tensión	P.A.	1	350	350,00 €
4.2.3	Medida de tensiones de paso y contacto	P.A.	1	2400	2.400,00 €
TOTAL, PRESUPUESTO PUNTO DE MEDIDA FISCAL					197.458,98 €

Madrid, julio de 2022

Dña. María Inmaculada Blázquez García

Ingeniera Industrial y del ICAI

Col. Nº 3694/2924

*PROYECTO DE EJECUCIÓN
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
FV GUADARRAMA de 103,995 MWp*

*SOCIEDAD MITRA BETA S.L.U.
T.M Moraleja de Enmedio (Madrid)*

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA.....	1
1 ANTECEDENTES.....	2
2 ENTIDAD PETICIONARIA.....	2
3 OBJETO.....	2
4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
5 LEGISLACIÓN APLICABLE AL PROYECTO.....	7
6 ELECCIÓN Y SITUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.....	12
7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN SOLAR DE LA FV.....	16
7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN SOLAR.....	17
7.2 RECURSO SOLAR.....	18
7.2.1 Año meteorológico típico (P50).....	19
7.2.2 Metodología de Cálculo.....	19
7.2.3 Pérdidas.....	20
7.2.4 Resultados de rendimiento energético.....	24
7.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	26
7.4 ESTRUCTURAS DE SOPORTACIÓN DE MÓDULOS.....	26
7.5 CAJAS DE STRING o CAJAS DC.....	28
7.6 CABLEADO DE LA INSTALACIÓN.....	28
7.6.1 Instalación del cableado.....	29
7.6.2 Canalizaciones.....	29
7.6.3 Sistema de puesta a tierra.....	30
7.7 INVERSOR CENTRAL.....	30
8 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA FV.....	32
8.1.1 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.....	33
8.2 TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	34
8.2.1 SEÑALIZACIONES Y MATERIAL DE SEGURIDAD.....	34
8.2.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	34
9 RED DE MEDIA TENSIÓN (RMT) DE LA FV.....	35
9.1 TRAZADO.....	35
9.2 DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	35
9.3 CLASE DE ENERGÍA.....	36
9.4 MATERIALES.....	36
9.5 CONDUCTORES, EMPALMES Y APARAMENTA ELÉCTRICA.....	37
9.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES Y SU INSTALACIÓN.....	37
9.7 AISLAMIENTO.....	37
9.8 PANTALLAS ELÉCTRICAS.....	38
9.9 PUESTA A TIERRA.....	38
10 SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES DE LA FV.....	38
11 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES. OBRA CIVIL DE LA FV.....	39
11.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	39
11.2 VIALES Y VALLADO PERIMETRAL.....	40
11.3 CORRECCIONES MEDIOAMBIENTALES.....	41
12 EDIFICIO O&M / ALMACÉN.....	42

12.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	42
12.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS DISTINTOS ESPACIOS	42
12.2.1	<i>Edificio de O&M.....</i>	42
12.2.2	<i>Almacén.....</i>	42
12.2.3	<i>Ejemplo de Edificio Tipo.....</i>	43
12.3	INSTALACIONES.....	43
12.3.1	<i>Fontanería y Saneamiento.....</i>	43
12.3.2	<i>Aire Acondicionado y Ventilación.....</i>	43
12.3.3	<i>Sistema de Seguridad Anti-Intrusos.....</i>	44
12.3.4	<i>Sistema de Protección Contra Incendios.....</i>	44
12.3.5	<i>Instalación Eléctrica.....</i>	44
13	ORGANISMOS AFECTADOS POR LAS INSTALACIONES.....	45
14	SEPARATAS AL PROYECTO	46
	MEMORIA DE CÁLCULO.....	47
1	CÁLCULOS ELÉCTRICOS DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	48
1.1	CÓDIGO DE DENOMINACIÓN DE CABLES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	48
1.2	CÁLCULO DEL CABLEADO DE DC.....	49
1.3	CÁLCULO DEL CABLEADO DE MT.....	50
2	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA FV.....	51
2.1	INTRODUCCIÓN.....	51
2.2	INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.....	51
2.3	CORTOCIRCUITOS.....	52
2.3.1	<i>Observaciones.....</i>	52
2.3.2	<i>Cálculo de las intensidades de cortocircuito.....</i>	52
2.4	DIMENSIONADO DEL EMBARRADO	53
2.4.1	<i>Comprobación por densidad de corriente.....</i>	53
2.4.2	<i>Comprobación por sollicitación electrodinámica.....</i>	53
2.4.3	<i>Comprobación por sollicitación térmica.....</i>	53
2.5	SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.....	54
2.6	CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	55
2.6.1	<i>Investigación de las características del suelo.....</i>	55
2.6.2	<i>Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....</i>	55
2.7	DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES DE LAS LÍNEAS DE MT AL EMBARRADO DE LA SET.....	55
2.7.1	<i>Cálculo de los cables de las líneas de MT al embarrado de la SET.....</i>	55
	ANEXO I: LISTADO DE CABLES DC.....	57
	ANEXO II: LISTADO DE CABLES MT.....	74
	PRESUPUESTO.....	76
	PLANOS.....	79
	ANEXO: SISTEMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE ALMACENAMIENTO POR BATERÍAS (OPCIONAL).....	104
1	DESCRIPCIÓN SISTEMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL CAMPO SOLAR	
	105	
1.1	ANÁLISIS HORARIO DE LA MÁXIMA ENERGÍA EXCEDENTE PRODUCIDA EN EL CAMPO SOLAR	106
1.2	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.....	107
1.3	SISTEMA DE BATERIAS.....	108

1.4	PRESUPUESTO.....	108
1.5	PLANOS	108
PLIEGO DE CONDICIONES.....		111
1	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	115
1.1.	OBJETO DEL PLIEGO.....	115
1.2.	ALCANCE	115
1.3.	INSTRUCCIONES, NORMAS Y DISPOSICIONES APLICABLES	115
1.4.	RELACIONES GENERALES	116
1.4.1.	<i>La propiedad.....</i>	<i>116</i>
1.4.2.	<i>La dirección facultativa.....</i>	<i>116</i>
1.4.3.	<i>El contratista y su personal de obras.....</i>	<i>116</i>
1.4.4.	<i>Residencia del contratista.....</i>	<i>117</i>
1.4.5.	<i>Oficina de obra del contratista.....</i>	<i>117</i>
1.4.6.	<i>El libro de órdenes.....</i>	<i>117</i>
1.4.7.	<i>Órdenes al contratista.....</i>	<i>117</i>
1.4.8.	<i>Interpretación del proyecto y sus modificaciones</i>	<i>118</i>
1.5.	OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA	118
1.5.1.	<i>Obligaciones sociales y laborales.....</i>	<i>118</i>
1.5.2.	<i>Contratación de personal.....</i>	<i>118</i>
1.5.3.	<i>Subcontratas.....</i>	<i>119</i>
1.5.4.	<i>Organismos oficiales.....</i>	<i>119</i>
1.5.5.	<i>Conocimiento del emplazamiento de las obras.....</i>	<i>119</i>
1.5.6.	<i>Servidumbres y permisos</i>	<i>120</i>
1.5.7.	<i>Vigilancia de las obras.....</i>	<i>120</i>
1.5.8.	<i>Guardería de la obra.....</i>	<i>121</i>
1.5.9.	<i>Anuncios y carteles</i>	<i>121</i>
1.6.	EL CONTRATO. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	122
1.6.1.	<i>El contrato.....</i>	<i>122</i>
1.6.2.	<i>Documentación técnica.....</i>	<i>122</i>
1.6.3.	<i>Alcance jurídico de la documentación técnica.....</i>	<i>123</i>
1.6.4.	<i>Modificaciones del contrato.....</i>	<i>123</i>
1.6.5.	<i>Conclusión de contrato.....</i>	<i>124</i>
1.7.	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	125
1.7.1.	<i>Comprobación del replanteo.....</i>	<i>125</i>
1.7.2.	<i>Replanteo</i>	<i>126</i>
1.7.3.	<i>Programa de trabajos.....</i>	<i>126</i>
1.7.4.	<i>Accesibilidad y comunicación.....</i>	<i>126</i>
1.7.5.	<i>Instalaciones, maquinaria y medios auxiliares.....</i>	<i>127</i>
1.7.6.	<i>Recepción de materiales.....</i>	<i>127</i>
1.7.7.	<i>Obras defectuosas y trabajos no realizados</i>	<i>128</i>
1.7.8.	<i>Trabajos nocturnos.....</i>	<i>128</i>
1.7.9.	<i>Control de calidad.....</i>	<i>128</i>
1.7.10.	<i>Conservación durante la ejecución de obras.....</i>	<i>129</i>
1.8.	ABONO DE LA OBRA EJECUTADA	130
1.8.1.	<i>Medición de la obra ejecutada.....</i>	<i>130</i>
1.8.2.	<i>Valoración de la obra ejecutada.....</i>	<i>130</i>
1.8.3.	<i>Certificaciones.....</i>	<i>131</i>
1.8.4.	<i>Precios unitarios de contrato.....</i>	<i>131</i>
1.8.5.	<i>Partidas alzadas o unitarias.....</i>	<i>132</i>
1.8.6.	<i>Precios contradictorios.....</i>	<i>132</i>
1.8.7.	<i>Abonos a cuenta por materiales acopiados</i>	<i>132</i>
1.8.8.	<i>Penalidades</i>	<i>133</i>
1.8.9.	<i>Garantías y fianzas</i>	<i>133</i>

2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	134
2.1.	CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	134
2.1.1.	Generador fotovoltaico.....	134
2.1.1.1.	Características de montaje.....	135
2.1.2.	Inversores.....	135
2.1.3.	Edificio de inversores.....	137
2.1.3.1.	Aislamiento térmico.....	137
2.1.3.2.	Ventilación.....	137
2.1.3.3.	Protección contra incendios.....	137
2.1.3.4.	Iluminación.....	137
2.1.4.	Instalación eléctrica.....	137
2.1.4.1.	Clasificación eléctrica.....	138
2.1.4.2.	Canalizaciones eléctricas	138
2.1.4.2.1.	Canalizaciones aéreas bajo tubo.....	138
2.1.4.2.2.	Canalizaciones aéreas en canal aislante.....	139
2.1.4.2.3.	Canalizaciones aéreas en bandeja	139
2.1.4.2.4.	Conductores aislados fijados directamente sobre la estructura	140
2.1.4.2.5.	Canalizaciones subterráneas.....	141
2.1.4.2.5.1.	Zanjas para líneas BT (continua y/o alterna).....	141
2.1.4.2.5.2.	Paso de caminos o zona de paso de vehículos pesados	142
2.1.4.2.5.3.	Paso de arroyos o lechos de agua	142
2.1.4.2.5.4.	Cruzamientos y paralelismos.....	142
2.1.4.3.	Cableado.....	143
2.1.4.3.1.	Tendido de cables	143
2.1.4.4.	Cajas de conexiones.....	144
2.1.4.5.	Cajas de paralelos.....	144
2.1.4.5.1.	Envolvente.....	145
2.1.4.5.2.	Equipamiento.....	145
2.1.4.6.	Cuadro de protección y medida	145
2.1.4.6.1.	Protección.....	146
2.1.4.6.2.	Medida.....	146
2.1.4.7.	Edificio para equipos de protección y medida	146
2.1.4.8.	Sistema de puesta a tierra.....	147
2.1.4.8.1.	Red principal de tierra del campo fotovoltaico.....	148
2.1.4.8.2.	Red de tierras casetas prefabricadas	148
2.1.5.	Accesibilidad de las instalaciones.....	148
2.1.6.	Señalización.....	149
2.2.	CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES	149
2.2.1.	Objeto.....	149
2.2.2.	Documentación del contrato de obra	149
2.2.3.	Condiciones de calidad	150
2.2.3.1.	Calidad del trabajo.....	150
2.2.3.2.	Calidad de los materiales.....	150
2.2.3.2.1.	Pruebas y ensayos de materiales.....	150
2.2.3.2.2.	Materiales no consignados en proyecto.....	150
2.2.4.	Condiciones generales de ejecución	151
2.2.4.1.	Obra civil.....	151
2.2.4.1.1.	Zanjas.....	151
2.2.4.1.2.	Conducciones subterráneas entubadas.....	151
2.2.4.1.3.	Hormigones.....	152
2.2.4.2.	Estructuras metálicas.....	152
2.2.4.3.	Instalación eléctrica.....	153
2.2.4.3.1.	Reglamentos y normas.....	153
2.2.4.3.1.1.	Normas de obligado cumplimiento	153

2.2.4.3.1.2.	Normas de referencia.....	153
2.2.4.3.1.3.	Normativa de materiales.....	153
2.2.4.3.2.	Canalizaciones de cables.....	154
2.2.4.3.2.1.	Canalizaciones subterráneas.....	154
2.2.4.3.2.2.	Canalizaciones aéreas.....	154
2.2.4.3.3.	Tendido de cables.....	156
2.2.4.3.3.1.	Tendido de cables subterráneos.....	156
2.2.4.3.3.2.	Tendido de cables aéreos.....	157
2.2.4.3.4.	Cajas de derivación.....	157
2.2.4.3.5.	Red de tierras.....	158
2.2.4.3.6.	Contadores.....	159
2.2.5.	Identificación de las instalaciones.....	159
2.2.6.	Pruebas de la instalación.....	160
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....		162
1. INTRODUCCIÓN.....		165
1.1.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	165
1.2.	OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	165
1.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	165
1.3.1.	Características generales.....	165
1.3.2.	Datos del emplazamiento.....	165
2. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE.....		166
2.1.	ÁMBITO GENERAL.....	166
2.2.	EQUIPOS DE OBRA.....	167
2.3.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	167
3. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....		168
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	168
3.2.	DERECHOS Y OBLIGACIONES.....	168
3.2.1.	Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.....	168
3.2.2.	Principios de la acción preventiva.....	168
3.2.3.	Evaluación de los riesgos.....	169
3.2.4.	Equipos de trabajo y medios de protección.....	170
3.2.5.	Información, consulta y participación de los trabajadores.....	170
3.2.6.	Formación de los trabajadores.....	170
3.2.7.	Medidas de emergencia.....	170
3.2.8.	Riesgo grave e inminente.....	171
3.2.9.	Vigilancia de la salud.....	171
3.2.10.	Documentación.....	171
3.2.11.	Coordinación de actividades empresariales.....	171
3.2.12.	Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos	171
3.2.13.	Protección de la maternidad.....	171
3.2.14.	Protección de los menores.....	172
3.2.15.	Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.....	172
3.2.16.	Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos	172
3.3.	SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....	172
3.3.1.	Protección y prevención de riesgos profesionales.....	172
3.3.2.	Servicios de prevención.....	173
3.4.	CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	173
3.4.1.	Consulta de los trabajadores.....	173

3.4.2.	<i>Derechos de participación y representación</i>	173
3.4.3.	<i>Delegados de prevención</i>	173
4.	DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	174
4.1.	INTRODUCCIÓN	174
4.2.	OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO	174
5.	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO	175
5.1.	INTRODUCCIÓN	175
5.2.	OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO	175
5.2.1.	<i>Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo</i> 176	
5.2.2.	<i>Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles</i> 177	
5.2.3.	<i>Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas</i>	178
5.2.4.	<i>Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general</i>	178
5.2.5.	<i>Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta</i>	179
6.	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	180
6.1.	INTRODUCCIÓN	180
6.2.	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	181
6.2.1.	<i>Riesgos más frecuentes en las obras de construcción</i>	181
6.2.2.	<i>Medidas preventivas de carácter general</i>	182
6.2.3.	<i>Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio</i>	184
6.2.3.1.	<i>Movimiento de tierras</i>	184
6.2.3.2.	<i>Relleno de tierras</i>	184
6.2.3.3.	<i>Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra</i>	185
6.2.3.4.	<i>Trabajos de manipulación del hormigón</i>	185
6.2.3.5.	<i>Montaje de prefabricados</i>	185
6.2.3.6.	<i>Albañilería</i>	185
6.2.3.7.	<i>Enfoscados y enlucidos</i>	186
6.2.3.8.	<i>Carpintería de madera, metálica y cerrajería</i>	186
6.2.3.9.	<i>Pintura y barnizados</i>	186
6.2.3.10.	<i>Instalación eléctrica provisional de obra</i>	186
6.2.4.	<i>Medidas específicas para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión</i>	188
6.3.	DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	190
7.	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	191
7.1.	INTRODUCCIÓN	191
7.2.	OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO	191
7.2.1.	<i>Protectores de la cabeza</i>	191
7.2.2.	<i>Protectores de manos y brazos</i>	191
7.2.3.	<i>Protectores de pies y piernas</i>	191
7.2.4.	<i>Protectores del cuerpo</i>	192
7.2.5.	<i>Equipos adicionales de protección para trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión</i>	192

7.2.6.	Protección contra caídas de alturas.....	192
8.	PRESUPUESTO.....	194
9.	PLANOS.....	202
9.1.	SEÑALIZACIÓN I	202
9.2.	SEÑALIZACIÓN II	203
9.3.	TOPE DE RETROCESO DE VERTIDOS DE TIERRAS	204
9.4.	BARANDILLA DE PROTECCIÓN	205
9.5.	PROTECCIÓN EN ZANJAS I	206
9.6.	PROTECCIÓN EN ZANJAS II.....	207
9.7.	BALIZAMIENTO EN CORTE DE CARRETERA CON DESVÍO	208
9.8.	PÓRTICO DE BALIZAMIENTO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS	209
9.9.	TERRAPLENES Y RELLENOS.....	210
9.10.	CÓDIGO DE LAS SEÑALES PARA MANIOBRAS	211
9.11.	EQUIPOS PARA TRABAJOS EN ALTURA	213
9.12.	RIESGOS ELÉCTRICOS I.....	215
9.13.	RIESGOS ELÉCTRICOS II	216
9.14.	RIESGOS ELÉCTRICOS III.....	217
9.15.	RIESGOS ELÉCTRICOS IV.....	218
9.16.	RIESGOS ELÉCTRICOS V.....	219
9.17.	TRABAJOS DE SOLDADURA	220
	ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS.....	221
	1.- MEMORIA	223
1.1.-	IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR.....	223
1.2.-	ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUO QUE SE GENERARÁ EN LA OBRA, EN TONELADAS Y METROS CÚBICOS, EN FUNCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DEL PUNTO 1.1	226
1.3.-	MEDIDAS DE SEGREGACIÓN "IN SITU" PREVISTAS (CLASIFICACIÓN / SELECCIÓN).	227
1.4.-	PREVISIÓN DE OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN EN LA MISMA OBRA O EN EMPLAZAMIENTOS EXTERNOS (EN ESTE CASO DE IDENTIFICARÁ EL DESTINO PREVISTO). ...	227
1.5.-	PREVISIÓN DE OPERACIONES DE VALORIZACIÓN "IN SITU" DE LOS RESIDUOS GENERADOS.....	227
1.6.-	DESTINO PREVISTO PARA LOS RESIDUOS NO REUTILIZABLES NI VALORABLES "IN SITU" (INDICANDO CARACTERÍSTICAS DE CADA TIPO).	228
	2.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	231
2.1.	OBLIGACIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES	231
2.2.-	PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO Y, EN SU CASO, OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN OBRA.	231
2.3-	DOCUMENTACIÓN	233
2.4.-	NORMATIVA	234
	3.- PRESUPUESTO	235
3.1.-	VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN CORRECTA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN, COSTE QUE FORMARÁ PARTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO EN CAPÍTULO APARTE.	235
	ANEXO A: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS.....	236
	ANEXO B: COORDENADAS UTM DE PLANTA FOTOVOLTAICA.....	241
	ANEXO C: COORDENADAS UTM DE LOS CIRCUITOS DE MT	244
	ANEXO D: POLÍGONOS Y PARCELAS PLANTA FOTOVOLTAICA	248
	ANEXO E: POLÍGONOS Y PARCELAS CIRCUITOS.....	250

MEMORIA

1 ANTECEDENTES

La empresa SOCIEDAD MITRA BETA S.L.U., se dedica principalmente al desarrollo de proyectos e instalaciones de aprovechamiento energético de recursos renovables en todo el territorio nacional, seleccionando los emplazamientos que se consideraron con mayor potencial de recurso solar y menor impacto ambiental, teniendo en cuenta los criterios de tipo técnico-económicos y sociales de integración en el territorio.

Al mismo tiempo SOCIEDAD MITRA BETA S.L.U., en relación a los emplazamientos seleccionados para este proyecto, fue realizando consultas a los distintos organismos tales como, Consejerías y Delegaciones de Medio Ambiente y de Industria, así como a la Compañía Eléctrica Distribuidora de la zona y/o al Gestor de la Red de Transporte y Operador del Sistema, sobre la viabilidad real de cada uno de estos emplazamientos. Asimismo, se toma contacto con los ayuntamientos afectados y se gestiona la cesión de terrenos para aprovechamiento solar con la propiedad de estos.

Con estos antecedentes y en aplicación de esta forma de trabajo, SOCIEDAD MITRA BETA S.L.U. está interesada en desarrollar y construir una Instalación Fotovoltaica (en adelante FV) con estructura seguidor a un eje Norte-Sur de 103,995 MWp de potencia pico instalada y 95,000 MW de capacidad acceso a red, en el término municipal de Moraleja de Enmedio (Madrid), denominada FV "GUADARRAMA". Se pretende la explotación comercial de esta Instalación Fotovoltaica, como sistema productor de energía eléctrica, consiguiendo el aprovechamiento de la energía solar, ahorrando así otras fuentes energéticas y fomentándose a la vez la incorporación de tecnologías energéticas avanzadas.

2 ENTIDAD PETICIONARIA

La sociedad promotora y peticionaria de la instalación fotovoltaica "GUADARRAMA" es la siguiente:

Nombre: SOCIEDAD MITRA BETA S.L.U.

Actividad principal: Desarrollo y explotación de instal. de generación eléctrica.

C.I.F.: B-88423280

Domicilio: Paseo Castellana 259, (Torre Cepsa)

Localidad: 28046 Madrid (Madrid)

3 OBJETO

El proyecto consiste en la definición del diseño y de las obras necesarias para la ejecución de la Instalación Fotovoltaica denominada "GUADARRAMA" de 103,995 MWp y 95,000 MWn (en adelante "FV GUADARRAMA"), la instalación eléctrica proyectada permitirá la evacuación de la energía generada desde cada uno de los módulos fotovoltaicos hasta la subestación transformadora y desde allí mediante una Línea Aérea de Alta Tensión de 220,00 kV al punto de conexión con la red de transporte en la subestación " SET Buenavista" perteneciente a Red Eléctrica de España.

Para llevar a cabo esta evacuación de energía desde los paneles fotovoltaicos, entran en juego distintas instalaciones eléctricas que podremos separar en:

- Cableado en corriente continua hasta la entrada de los inversores.
- Centros de transformación, 0.645/30.0kV, y su conexión con los inversores.
- Red subterránea de media tensión de la Instalación Solar Fotovoltaica, 30,00 kV.
- Subestación transformadora 30,00/220,00 kV.
- Línea de Alta Tensión de evacuación 220,00 kV a la SET "SET Buenavista".
- Subestación Transformadora "SET Buenavista" de Red Eléctrica de España.