

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



TENDIDO SUBTERRÁNEO DE MEDIA
TENSIÓN PARA CANALIZAR ENERGÍA
ELÉCTRICA PROCEDENTE DE UNA
PLANTA FOTOVOLTAICA HACIA LA RED
DE DISTRIBUCIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

Noviembre - 2025

AUTOR: José Juan Sánchez López

DIRECTOR/ES: Carolina Senabre Blanes

INDÍCE

1. MEMORIA	1
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO	1
1.2. POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PREVISIÓN DE POTENCIA Y DISEÑO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA	3
1.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DC Y RATIO DE SOBREDIMENSIONAMIENTO	3
1.3.2. SELECCIÓN DE MÓDULOS Y CÁLCULO DE UNIDADES	4
1.3.3. SELECCIÓN Y TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DE INVERSIÓN	5
1.3.4. JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y OCUPACIÓN DE SUELO	7
1.3.5. SELECCIÓN DE ESTRUCTURA Y RATIO DE OCUPACIÓN	7
1.3.6. DEFINICIÓN DEL ÁNGULO ACIMUTAL	9
1.4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	10
1.5. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	10
2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN	11
2.1. PARÁMETROS DEL CONDUCTOR	11
2.2. DENSIDAD MÁXIMA DE CORRIENTE	12
2.3. POTENCIA A TRANSPORTAR (CRITERIO TÉRMICO)	13
2.3.1. VERIFICACIÓN DEL SOBREDIMENSIONAMIENTO LEGAL (DECRETO-LEY 14/2020)	14
2.4. CÁLCULO DE REACTANCIA DE LÍNEA	14
2.5. CAÍDA DE TENSIÓN	15
2.6. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	17
2.7. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DURANTE UN CORTOCIRCUITO	17
2.8. RESUMEN DE RESULTADOS	19
3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN Y OBRA CIVIL	20
3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA LÍNEA	20
3.1.1. PUNTO DE ENTRONQUE Y FINAL DE LÍNEA	20
3.1.2. LONGITUD Y TRAZADO	20
3.1.3. CATEGORÍA DE LA LÍNEA Y ZONA	21

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

3.2. MATERIALES Y COMPONENTES DE LA LÍNEA.....	21
3.2.1. CONDUCTORES.....	22
3.2.2. HERRAJES Y ACCESORIOS	22
3.2.3. PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE PRINCIPIO Y FIN DE LÍNEA	23
3.3. METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN Y OBRA CIVIL.....	23
3.3.1. CANALIZACIONES.....	23
3.3.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.....	25
3.3.3. PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN.....	25
3.4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	26
3.5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS Y PUESTA EN SERVICIO	28
3.6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	29
3.7. PREVISIONES E INFORMACIONES ÚTILES PARA TRABAJOS POSTERIORES.....	29
4. PLIEGO DE CONDICIONES	29
4.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES Y CONDICIONES DE EJECUCIÓN.	29
4.1.1. OBRA CIVIL	29
4.1.2. CONDUCTORES.....	31
4.1.3. HERRAJES Y ACCESORIOS	33
4.2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES.....	34
4.2.1. NORMATIVA APLICABLE	34
4.2.2. NORMAS OFICIALES	34
5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	40
5.1. MARCO LEGAL Y OBJETO DEL ESTUDIO	40
5.2. CAMPO DE APLICACIÓN	40
5.3. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	40
5.3.1. ASPECTOS GENERALES	40
5.4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.....	41
5.4.1. TRABAJOS PREVIOS	41
5.4.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	42
5.4.3. LISTADO DE RIESGOS IDENTIFICADOS	42
5.4.4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS ESPECÍFICAS.....	44

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

5.5. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y EMERGENCIA	53
5.5.1. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS MÁS FRECUENTES	53
5.5.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN ESPECÍFICAS FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO	55
5.5.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN TAREAS ESPECÍFICAS	57
5.5.4. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN EN LA ZONA DE TRABAJO	59
5.5.5. MEDIDAS GENERALES DE PROTECCIÓN (EPI Y EPC)	60
5.5.6. ALCANCE DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN	61
5.6. ANÁLISIS DE RIESGOS POR FASES.....	62
5.6.1. MANIOBRAS, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES.....	62
5.6.2. TRABAJOS EN LÍNEAS SUBTERRÁNEAS	64
5.7. INSTRUCCIONES Y MEDIDAS DE EMERGENCIA.....	68
5.7.1. PRECAUCIÓN GENERAL: PROXIMIDAD DE ELEMENTOS EN TENSIÓN.....	68
5.7.2. CONSIDERACIONES GENERALES: PRINCIPIOS DE ACTUACIÓN (PAS)	68
5.7.3. ACTUACIONES ESPECÍFICAS EN CASO DE INCENDIO EN LAS INSTALACIONES.....	69
5.7.4. ACTUACIONES EN CASO DE ACCIDENTES ELÉCTRICOS.....	71
5.7.5. ACTUACIONES ANTE OTRAS SITUACIONES DE EMERGENCIA.....	73
6. EJECUCIÓN DE LA OBRA CIVIL Y MEDIDAS DE SEGURIDAD VIAL	77
6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA	77
6.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SITUACIÓN.....	77
6.1.2. SUMINISTROS PROVISIONALES DE OBRA	77
6.1.3. SERVICIOS HIGIÉNICOS.....	77
6.2. TRABAJOS DE EXCAVACIÓN (“ZANJAS”) Y HORMIGONADO	78
6.2.1. METODOLOGÍA GENERAL DE EXCAVACIÓN	78
6.2.2. FACTORES DE RIESGO Y NECESIDAD DE ENTIBACIÓN	78
6.2.3. CRITERIOS PARA EL USO DE ENTIBACIÓN.....	79

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

6.2.4. PRÁCTICAS DE TRABAJO EN ZANJAS Y VÍA PÚBLICA	79
6.3. CANALIZACIONES SUBTERRÁNEAS.....	80
6.4. TENDIDO DE CABLES SUBTERRÁNEOS.....	80
6.5. PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO	81
6.6. DISTANCIAS LÍMITE Y PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA DURANTE LA OBRA CIVIL.....	81
6.6.1. DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO (RD614/2001)	81
6.6.2. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO Y SEGURIDAD ELÉCTRICA EN PROXIMIDAD	83
6.6.3. NORMAS PREVENTIVAS: EJECUCIÓN CERCA DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS EXISTENTES.....	83
6.7. VEHÍCULOS Y MAQUINARIA DE OBRA.....	85
6.8. VERIFICACIONES DURANTE LA OBRA CIVIL	85
6.9. SEGURIDAD VIAL Y SEÑALIZACIÓN DE OBRA	86
6.9.1. VALLADO Y DELIMITACIÓN.....	86
6.9.2. PASOS PEATONALES Y DE VEHÍCULOS.....	87
6.9.3. SEÑALIZACIÓN COMPLEMENTARIA Y VISIBILIDAD	88
7. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	90
7.1. DEFINICIÓN DE RESIDUOS	90
7.2. RESIDUOS GENERADOS POR LA OBRA CODIFICADOS DE ACUERDO A LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS (LER)	91
7.3. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA	92
7.3.1. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN EN LA COMPRA DE MATERIALES	93
7.3.2. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN EN EL COMIENZO DE LAS OBRAS	93
7.3.3. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN EN LA PUESTA EN OBRA.....	93
7.3.4. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN DEL ALMACENAMIENTO EN OBRA	94
7.4. ESTIMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE RESIDUOS A GENERAR ...	94
7.5. GESTIÓN DE RESIDUOS EN OBRA	95
7.5.1. ALMACENAMIENTO Y SEGREGACIÓN.....	95
7.5.2. GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN OBRA	95

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

7.5.3. TRANSPORTE Y DESTINO FINAL	95
7.6. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.....	96
7.6.1. OBLIGACIONES DEL POSEEDOR DE RESIDUOS (CONTRATISTA).....	96
7.6.2. PRESCRIPCIONES SOBRE SEGREGACIÓN	96
7.6.3. PRESCRIPCIONES SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS NO PELIGROSOS.....	97
7.6.4. PRESCRIPCIONES SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	97
7.6.5. RESUMEN DE DOCUMENTACIÓN (GESTIÓN RP).....	99
8. PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y RESTITUCIÓN	100
8.1. OBJETO	100
8.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	100
8.3. JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA DEL EMPLAZAMIENTO ORIGINAL	101
8.4. FICHA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN A DESMANTELAR.....	101
8.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE DESMANTELAMIENTO Y RESTITUCIÓN	101
9. PRESUPUESTO	103
10. PLANOS	105

1. MEMORIA

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

La empresa JJ CONSTRUCCIONES, S.L. tiene previsto desarrollar las actuaciones necesarias para garantizar la correcta evacuación de la energía eléctrica producida en la planta fotovoltaica denominada “FV LO CELSO”.

Con este objetivo, se proyecta la construcción de un nuevo tramo de línea subterránea de media tensión (20 kV), que permitirá establecer la conexión eléctrica entre el centro de protección y medida de la instalación fotovoltaica y la subestación Sant Joan d’Alacant, ubicada en el término municipal de Sant Joan d’Alacant (Alicante).

Esta infraestructura resulta imprescindible para posibilitar la inyección de la energía generada en la planta a la red de distribución, cumpliendo con los requisitos técnicos y normativos vigentes. Asimismo, la ejecución de este tramo de línea subterránea se plantea siguiendo criterios de seguridad, eficiencia y respeto al entorno, garantizando la integración adecuada de la instalación en la red eléctrica existente.

Las actuaciones contempladas en el presente proyecto consisten en la ejecución de un nuevo tramo de línea subterránea de media tensión (LSMT) de 20 kV, con una longitud total de 2.300 metros. Esta línea estará formada por un conductor HEPRZ1 12/20 kV 3x(1x630) mm², garantizando así las condiciones técnicas necesarias para la correcta transmisión de la energía eléctrica.

El trazado de la línea se iniciará en la Subestación Eléctrica “ST SANT JOAN D’ALACANT”, discurriendo inicialmente por el interior de dicha instalación. A continuación, continuará a lo largo del recorrido proyectado hasta alcanzar el centro de protección y medida, ubicado en la planta solar fotovoltaica “LO CELSO”, situada en el Parque Forestal Monte Orgegia, en la provincia de Alicante.

En el presente documento se detallan las condiciones técnicas y de seguridad que deberán cumplir las instalaciones proyectadas, con el objetivo de garantizar la protección de las personas y los bienes, así como de asegurar el pleno

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

cumplimiento de la legislación y reglamentación vigente en materia de instalaciones eléctricas.

Asimismo, esta documentación servirá de base para la solicitud de la correspondiente autorización administrativa ante la consejería de industria de la Comunidad Autónoma, requisito indispensable para proceder a la ejecución de las obras y su posterior puesta en servicio.

1.2. POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR

La línea eléctrica de interconexión proyectada entre el centro de protección y medida y la subestación ST Sant Joan d'Alacant tiene como finalidad transportar la energía generada por la planta fotovoltaica FV LO CELSO. La potencia máxima a evacuar a través de esta línea se estima en 9.200 kW, por lo que su diseño ha sido dimensionado para garantizar la capacidad de transporte necesaria, así como la seguridad y estabilidad de la operación dentro del sistema eléctrico.

Asimismo, se han considerado criterios de eficiencia energética, protección de los conductores y cumplimiento normativo, asegurando que la interconexión cumpla con los requisitos técnicos establecidos por la normativa vigente y los estándares de confiabilidad del sistema de distribución.

El dimensionamiento del proyecto parte de una potencia nominal de evacuación de 9.200 kW. Esta cifra corresponde a la capacidad de acceso y conexión solicitada y concedida por la empresa distribuidora (i-DE) en el nudo de la Subestación Transformadora (SET) de Sant Joan d'Alacant (40.0S.E. ALICANTE 3 / 46083 ST JOAN).

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PREVISIÓN DE POTENCIA Y DISEÑO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

1.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DC Y RATIO DE SOBREDIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento del campo fotovoltaico parte de la potencia nominal de evacuación fijada para el proyecto, que se corresponde con la potencia nominal total de los inversores (potencia en corriente alterna, AC).

- Potencia nominal AC ($P_{\text{nominal,AC}}$): 9.200 kW

En la práctica del diseño fotovoltaico, la potencia pico total de los módulos (potencia en corriente continua, DC) es siempre superior a la potencia nominal de los inversores. La relación entre ambas se conoce como Ratio de Sobredimensionamiento ($R_{\text{DC/AC}}$).

Para este proyecto, ubicado en Alicante, una zona de alta irradiación se adopta un ratio de sobredimensionamiento de 1,25.

Este valor (125%) se justifica técnicamente porque permite maximizar la producción energética anual. Al sobredimensionar el campo DC, se consigue que los inversores trabajen a su potencia nominal durante un mayor número de horas al día. Esto "aplancha" la curva de generación, aumentando la producción en las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde, compensando las inevitables pérdidas por saturación (clipping) que ocurren durante el pico de irradiancia al mediodía.

La potencia pico DC requerida se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{\text{pico DC}} = P_{\text{nominal AC}} * R_{\text{DC/AC}}$$

Donde:

- $P_{\text{pico DC}}$ = Potencia Pico total del campo fotovoltaico (kWp).
- $P_{\text{nominal AC}}$ = Potencia Nominal AC total de los inversores (kW).
- $R_{\text{DC/AC}}$ = Ratio de Sobredimensionamiento (adimensional).

Aplicando los valores definidos para el proyecto:

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

$$P_{\text{pico DC}} = 9.200 \text{ kW} * 1,25 = 11.500 \text{ kWp}$$

Por lo tanto, la planta fotovoltaica se diseñará con una potencia pico total instalada de 11.500 kWp para asegurar una evacuación nominal máxima de 9.200 kW.

1.3.2. SELECCIÓN DE MÓDULOS Y CÁLCULO DE UNIDADES

Una vez determinada la potencia pico total requerida para el campo fotovoltaico, se procede a seleccionar el módulo generador.

Para este proyecto, se ha optado por un módulo monocristalino bifacial con tecnología PERC (Passivated Emitter and Rear Cell). Esta elección se justifica por:

1. Alta eficiencia: La tecnología monocristalina ofrece un rendimiento superior en comparación con la policristalina.
2. Ganancia bifacial: Al ser un módulo bifacial, es capaz de generar electricidad por ambas caras (radiación directa en la cara frontal y radiación reflejada en la cara trasera), lo cual es óptimo para la alta irradiación de Alicante, especialmente al combinarse con seguidores solares.
3. Rendimiento (PERC): La capa dieléctrica pasivante trasera mejora la captación de luz y reduce la recombinación de electrones, aumentando la eficiencia general del módulo.

Se selecciona un módulo de potencia estándar para proyectos utility-scale actuales que tiene una potencia nominal de 550 Wp (0,55kWp).

El número total de módulos ($N_{\text{módulos}}$) necesarios para alcanzar la potencia pico objetivo se calcula dividiendo la potencia pico total de la planta entre la potencia nominal de cada módulo, según la siguiente ecuación:

$$N_{\text{módulos}} = \frac{P_{\text{pico DC}}}{P_{\text{módulo}}}$$

Donde:

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- $N_{\text{módulos}}$ = Número total de módulos fotovoltaicos.
- $P_{\text{pico DC}}$ = Potencia Pico total del campo fotovoltaico (11.500 kWp).
- $P_{\text{módulo}}$ = Potencia Nominal del módulo seleccionado (0,55 kWp).

Aplicando los valores:

$$N_{\text{módulos}} = \frac{11.500 \text{ kWp}}{0,55 \text{ kWp}} = 20.909,09 \text{ módulos}$$

Se redondea al entero superior para asegurar el cumplimiento de la potencia de diseño. Por lo tanto, el número total de módulos a instalar serán 20.910 módulos.

Con esta cantidad, la potencia pico total instalada será:

$$P_{\text{pico,DC,real}} = 20.910 \text{ módulos} * 0,55 \frac{\text{kWp}}{\text{módulo}} = 11.500,5 \text{ kWp}$$

1.3.3. SELECCIÓN Y TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DE INVERSIÓN

El sistema de inversión es el encargado de convertir la corriente continua (DC) generada por el campo fotovoltaico en corriente alterna (AC), así como de garantizar que la potencia máxima inyectada a la red no supere el límite establecido de 9.200 kW.

Para este proyecto, se ha seleccionado una topología de generación distribuida basada en inversores string (inversores de cadena) de gran potencia, en lugar de una arquitectura centralizada (que utilizaría pocos inversores de varios MW).

Esta elección se justifica por las siguientes ventajas técnicas:

1. Optimización del MPPT: Los inversores string disponen de múltiples seguidores del punto de máxima potencia (MPPTs) independientes. Esto permite una optimización mucho más granular de la producción, minimizando las pérdidas por desajustes (mismatch) entre módulos, suciedad o sombreados parciales que puedan ocurrir en las diferentes zonas del parque.
2. Mayor disponibilidad y redundancia: La fiabilidad de la planta (disponibilidad) aumenta significativamente. En caso de fallo de una

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

unidad (100 kW), solo se pierde el 1,08% de la potencia nominal de la planta (100 kW/9.200 kW). En un modelo centralizado (ej. 3 inversores de 3 MW), el fallo de una unidad supondría la pérdida del 33% de la producción.

3. Mantenimiento simplificado: El mantenimiento correctivo es más rápido, económico y seguro. La sustitución de un inversor string (unidades más pequeñas y ligeras) puede ser realizada por un equipo técnico reducido sin necesidad de maquinaria pesada.
4. Optimización del cableado DC: Los inversores se distribuyen por el campo solar, cerca de los strings que gestionan, acortando las distancias del cableado de corriente continua y, por tanto, reduciendo las pérdidas óhmicas (pérdidas por I^2R).

Para implementar esta estrategia, se selecciona un modelo de inversor string trifásico con una potencia nominal de salida adaptada a proyectos utility-scale, la cual es de 100 kW.

El número total de inversores (N_{inv}) se determina dividiendo la potencia nominal total AC del proyecto entre la potencia nominal de la unidad de inversor seleccionada:

$$N_{inv} = \frac{P_{nominal,AC,total}}{P_{inv,unidad}}$$

Donde:

- N_{inv} = Número total de inversores.
- $P_{nominal,AC,total}$ = Potencia Nominal AC total del proyecto (9.200 kW).
- $P_{inv,unidad}$ = Potencia Nominal AC del inversor seleccionado (100 kW).

Aplicando los valores del proyecto:

$$N_{inv} = \frac{9.200 \text{ kW}}{100 \text{ kW/inv}} = 92 \text{ inversores}$$

Se instalará un total de 92 inversores de 100 kW cada uno.

Este sistema de inversión cumple exactamente con la potencia de evacuación requerida. Gestionará los 11.500,5 kWp del campo DC, operando con el ratio de sobredimensionamiento $R_{DC/AC}$ de 1,25 (11.500,5 kWp / 9.200 kW) definido en el diseño.

1.3.4. JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y OCUPACIÓN DE SUELO

El paso final para la justificación del diseño es dimensionar la superficie de terreno necesaria para albergar la planta de 11,5 MWp (9,2 MW nominales) y confirmar su viabilidad en la ubicación seleccionada.

El emplazamiento propuesto se sitúa en el entorno del Monte Orgegia, a aproximadamente 2.300 metros de la subestación de Sant Joan d'Alacant. Se trata de una zona de suelo rústico cuya viabilidad depende de la disponibilidad de área suficiente.

1.3.5. SELECCIÓN DE ESTRUCTURA Y RATIO DE OCUPACIÓN

Para el dimensionamiento de la planta de 11,5 MWp, la elección de la estructura de montaje es un factor crítico que impacta directamente tanto en la producción energética como en la superficie de terreno requerida.

Dada la selección de módulos monocristalinos bifaciales, se descarta el uso de estructuras fijas. Aunque las estructuras fijas suponen un menor coste de instalación (CAPEX) y ocupan menos terreno (aprox. 1,8 ha/MWp), anularían la ventaja competitiva de los módulos bifaciales, resultando en un coste nivelado de la energía (LCOE) subóptimo.

Por tanto, se selecciona la solución tecnológicamente más avanzada y coherente con el módulo escogido: seguidores solares a un eje (single-axis trackers) con eje de rotación Norte-Sur.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Esta elección se justifica por dos motivos principales:

1. Maximización de la producción frontal: El seguidor orienta los módulos de Este a Oeste, siguiendo la trayectoria del sol, lo que incrementa la captación de radiación directa en un +20-25% anual en comparación con una estructura fija.
2. Optimización de la ganancia bifacial: Al elevar los módulos y permitir su movimiento, se maximiza la captación de radiación difusa y reflejada (albedo) en la cara trasera, aprovechando todo el potencial del módulo bifacial.

La topología de seguidores exige una mayor separación entre filas (conocida como pitch) para evitar que una fila proyecte sombras sobre la fila contigua durante las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde (cuando los paneles están más inclinados).

Este mayor espaciamiento resulta en un ratio de ocupación de suelo superior. Para una planta utility-scale con seguidores en España, se adopta un ratio estándar de 2,3 hectáreas por MWp.

La superficie total necesaria (S_{total}) se calcula multiplicando la potencia pico total de la planta por este ratio:

$$S_{total} = P_{pico,DC} * R_{sup}$$

Donde:

- S_{total} = Superficie total requerida (ha).
- $P_{pico,DC}$ = Potencia Pico total del campo fotovoltaico (11,5 MWp).
- R_{sup} = Ratio de Ocupación para seguidores (2,3 ha/MWp).

Aplicando los valores del proyecto:

$$S_{total} = 11,5 \text{ MWp} * 2,3 \frac{\text{ha}}{\text{MWp}} = 26,45 \text{ hectáreas}$$

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

La planta fotovoltaica requiere una superficie neta de 26,45 hectáreas (264.500 m^2).

Se ha realizado un estudio preliminar sobre la cartografía del SIGPAC en la zona de Monte Orgegia, a 2.3 km de la subestación Sant Joan. Dicho estudio confirma la disponibilidad de varias parcelas de suelo rústico, no sujetas a protección ambiental, cuya superficie agregada supera las 26,45 hectáreas requeridas.

Por consiguiente, se valida la viabilidad física del emplazamiento para albergar la planta de 9.200 kW nominales utilizando la configuración de seguidores a un eje, que representa la solución de mayor rendimiento técnico.

1.3.6. DEFINICIÓN DEL ÁNGULO ACIMUTAL

Para el diseño de una planta fotovoltaica, el ángulo acimut (γ) define la orientación horizontal de la estructura de captación. En el hemisferio norte, un acimut de 0° corresponde a una orientación Sur.

Sin embargo, dado que en este proyecto se ha seleccionado una configuración de seguidores solares a un eje (single-axis trackers), el concepto de acimut se aplica al eje de rotación de la estructura, no al panel (cuyo acimut varía constantemente).

Para maximizar la producción energética anual, se establece un ángulo acimut del eje de rotación = 0° .

Implica que las filas de seguidores se instalan en una alineación perfecta con el meridiano geográfico, es decir, en dirección Norte-Sur (N-S).

Esta alineación N-S es la configuración óptima ya que permite a los módulos realizar un seguimiento completo de la trayectoria del sol, pivotando desde el Este (E) por la mañana hasta el Oeste (O) por la tarde. Este movimiento (seguimiento E-O) asegura que la superficie del módulo mantenga el ángulo de incidencia más perpendicular posible a la radiación solar directa durante el mayor número de horas del día, maximizando la captación de energía y el rendimiento global de la planta.

1.4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El trazado de la línea objeto del presente proyecto discurre principalmente por calzadas y caminos públicos, abarcando los términos municipales de Sant Joan d'Alacant, en la provincia de Alicante.

La situación y el emplazamiento exactos de la línea de MT se representan de forma detallada en el plano de situación incluido en esta memoria.

1.5. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El plazo de ejecución estimado para la realización de las distintas instalaciones objeto del proyecto, contando desde la aprobación del proyecto y la obtención de la correspondiente autorización administrativa, se establece en aproximadamente tres meses. Este periodo contempla todas las fases de la obra, incluyendo la preparación del terreno, la instalación de la línea subterránea de media tensión, la conexión al centro de protección y medida y la puesta en marcha de la infraestructura. Asimismo, se han considerado márgenes de tiempo para la coordinación con las autoridades locales, la verificación del cumplimiento de la normativa vigente y la realización de pruebas de seguridad y operatividad, con el fin de garantizar que la instalación entre en servicio cumpliendo todos los requisitos técnicos y legales establecidos.

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN

2.1. PARÁMETROS DEL CONDUCTOR

Las características eléctricas y constructivas del conductor a utilizar, según el fabricante, son la base para todos los cálculos justificativos.

- Tipo: Unipolar HEPRZ1 12/20 KV.
- Naturaleza: Aluminio.
- Aislamiento: Polietileno reticulado (HEPRZ)
- Pantalla: Alambre de Cu y contra espiras.
- Tensión nominal de servicio: 12/20 KV.
- Sección nominal conductor: 630 mm^2
- Sección nominal pantalla: 16 mm^2
- Armadura: Sin.
- Cubierta: Termoplástico poliolefina.
- Resistencia máx.: $0,047 \text{ } \Omega/\text{km}$
- Reactancia por fase: $0,091 \text{ } \Omega/\text{km}$
- Capacidad: $0,605 \text{ } \mu\text{F}/\text{km}$
- Intensidad 3 unipolares (BAJO TUBO Y ENTERRADO): 590 A.

La elección del cable HEPRZ1 12/20 kV 1x630 mm² Al se justifica por ser la solución técnica, económica y de seguridad óptima para el proyecto. El "12/20 kV" es el estándar industrial requerido para conectarse a la red de distribución de 20 kV. La gran sección de "630 mm²" es la decisión de ingeniería clave, necesaria para evacuar los 9,2 MW sin sobrecalentarse (criterio térmico), para minimizar las pérdidas de energía y la caída de tensión a lo largo de los 2,3 km (eficiencia), y para cumplir con los requisitos legales de sobredimensionamiento. En cuanto a los materiales, se usa "Al" (Aluminio) en

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

lugar de cobre por su viabilidad económica y menor peso en una línea tan larga y gruesa. Finalmente, el "HEPRZ1" aporta un aislamiento de alta calidad (HEPR) que soporta altas temperaturas y, de forma crítica, una cubierta de alta seguridad "Z1" (libre de halógenos), que en caso de incendio no propaga la llama ni emite humos tóxicos, protegiendo así a las personas y a los equipos de la subestación.

2.2. DENSIDAD MÁXIMA DE CORRIENTE

Para garantizar una evacuación de energía segura, eficiente y fiable desde la planta fotovoltaica, es imprescindible determinar la densidad máxima de corriente que soportará el conductor. Este cálculo permite seleccionar la sección de cable adecuada para que la disipación de calor no comprometa el material aislante, salvaguardando así la seguridad y durabilidad de la infraestructura. Asimismo, este parámetro influye directamente en la eficiencia del sistema, ya que un dimensionamiento incorrecto podría acarrear pérdidas energéticas significativas, afectando la rentabilidad del proyecto, debiendo siempre cumplir con los requisitos estipulados por el reglamento técnico vigente.

Comprobación de la densidad de corriente soportada por el conductor a utilizar, se calcula a partir de la intensidad que lo atraviesa por unidad de sección:

$$\delta = \frac{I_{nominal}}{Seccion} \frac{A}{mm^2}$$
$$I_{nominal} = \frac{Potencia}{\sqrt{3} * V} = \frac{9200}{\sqrt{3} * 20} = 265,58 A$$
$$\delta = \frac{265,58}{630} = 0,421 \frac{A}{mm^2}$$

Se ha realizado la comprobación de la densidad de corriente para el conductor seleccionado. El cable tipo HEPRZ-1 630 Al posee una densidad de corriente máxima admisible de 0,936 A/mm². Este valor es significativamente superior a la densidad de corriente de servicio calculada, que asciende a 0,421 A/mm².

Por consiguiente, se verifica que la condición de diseño se cumple con un amplio margen:

$$0,936 \frac{A}{mm^2} > 0,421 \frac{A}{mm^2}$$

De este modo, se valida la idoneidad del conductor seleccionado.

2.3. POTENCIA A TRANSPORTAR (CRITERIO TÉRMICO)

La potencia máxima a transportar de 9.200 kW es el parámetro de diseño principal, ya que define la sollicitación eléctrica a la que estará sometida la línea. A partir de este dato se calcula la corriente nominal, lo que permite dimensionar correctamente la sección del conductor para evitar sobrecalentamientos y caídas de tensión excesivas. Además, este valor es indispensable para la correcta especificación y calibración de todos los equipos de protección y maniobra asociados a la instalación.

A partir de la $I_{nominal}$, se comprueba la potencia máxima a transportar soportada por el conductor a utilizar.

$$I_{nominal} = \frac{Potencia}{\sqrt{3} * V} = \frac{9200}{\sqrt{3} * 20} = 265,58 A$$

Se ha procedido a la comprobación del criterio térmico de la línea, comparando la intensidad de servicio calculada con la capacidad máxima del conductor. La intensidad de servicio calculada para la línea es de 265,58 A. Según las especificaciones del fabricante, el cable HEPRZ-1 630 Al tiene una intensidad máxima admisible de 590 A para la condición de instalación en canalización subterránea.

Dado que la corriente de servicio es inferior a la capacidad máxima del cable, se cumple la condición:

$$265,58 A < 590 A$$

Por lo tanto, se valida que la sección del conductor es térmicamente adecuada para la carga proyectada.

2.3.1. VERIFICACIÓN DEL SOBREDIMENSIONAMIENTO LEGAL (DECRETO-LEY 14/2020)

En estricto cumplimiento del Decreto-Ley 14/2020, y en particular de lo estipulado en sus artículos 9 al 11, la línea de evacuación "FV LO CELSO" ha sido dimensionada para garantizar una capacidad de transporte superior. Dicha legislación requiere que la potencia máxima de la línea de evacuación supere el 200% de la potencia nominal de la planta, satisfaciendo así el requisito de sobredimensionamiento reglamentario.

Por lo tanto, se sabe que la potencia al 200% son 18.400 kW.

Se calcula la intensidad para este escenario:

$$I_{200\%} = \frac{Potencia}{\sqrt{3} * V} = \frac{18400}{\sqrt{3} * 20} = 531,16 A$$

Se ha verificado el cumplimiento de la condición impuesta por el DL 14/2020. La intensidad de 531,16 A, correspondiente al 200% de la potencia, no supera la capacidad máxima del conductor 1x630 mm² HEPR-Z1 (590 A).

Por consiguiente, el conductor seleccionado cumple satisfactoriamente con este criterio legal.

2.4. CÁLCULO DE REACTANCIA DE LÍNEA

El cálculo de la reactancia de la línea es crucial para evaluar su comportamiento en corriente alterna. Este parámetro, originado por el campo magnético alrededor de los conductores, es un componente clave de la impedancia total del sistema. Su correcta determinación es vital para dos análisis fundamentales: el cálculo preciso de la caída de tensión, garantizando la calidad del suministro, y el estudio de flujos de potencia, que permite comprender cómo la línea afecta al factor de potencia global de la instalación fotovoltaica.

El valor de la reactancia de la línea (X) se ha determinado a partir de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante del conductor. Para una configuración de línea trifásica, el coeficiente de inducción del cable seleccionado asciende a 0,096 Ω/Km.

Por consiguiente, el valor de reactancia para 2.300 metros de longitud es:

$$X = 0,096 * 2,3 = 0,2208 \Omega$$

2.5. CAÍDA DE TENSIÓN

La determinación de la caída de tensión es un análisis crítico para confirmar que la energía generada se entrega a la red en condiciones óptimas. Este cálculo verifica que el voltaje en el punto de acoplamiento no descienda por debajo de los límites admisibles, lo cual es fundamental por tres razones:

1. Cumplir con la normativa de la compañía distribuidora.
2. Minimizar las pérdidas energéticas en la línea de transporte.
3. Asegurar la correcta operación de los sistemas de conexión a red.

En resumen, este cálculo valida que la infraestructura de evacuación es eléctricamente eficiente y funcional.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Para plantas fotovoltaicas, el valor de $\cos \varphi$ se utiliza para saber cómo de eficiente es la planta fotovoltaica y están estipulados los siguientes valores:

- $\cos \varphi = 1 \rightarrow$ PERFECTO
- $\cos \varphi = 0,99 \rightarrow$ CASI PERFECTO, MUY EFICIENTE
- $\cos \varphi = 0,9 \rightarrow$ EFICIENTE

En este caso, es una planta eficiente por lo que $\cos \varphi = 0,9$.

Para el cálculo del $\sin \varphi$, se utiliza la identidad trigonométrica fundamental:

$$\sin^2(\varphi) + \cos^2(\varphi) = 1$$

Por lo tanto, $\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2(\varphi)} = 0,44$

Prosiguiendo con datos que aparecen en la fórmula de caída de tensión, falta calcular el valor de la resistencia (R).

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

$$R = 0,047 \frac{\Omega}{Km} * 2,3 Km = 0,1\Omega$$

Donde 0,047 Ω/Km es un valor proporcionado por el fabricante y 2,3 Km es la longitud de la línea.

Sustituyendo en la fórmula inicial, sabiendo también que $I = I_{nominal} = 259,66 A$:

$$\Delta V = \sqrt{3} * 265,58 * (0,1 * 0,9 + 0,199 * 0,44) = 81,67 V$$

Este valor obtenido es la caída de tensión absoluta, se procede a calcular la porcentual:

$$\% \Delta U = \frac{81,67 V}{20.000 V} * 100 = 0,4083\% \approx 0,4\%$$

Los 20.000 V son de la tensión nominal de la línea (12/20 kV).

La normativa vigente, que incluye tanto el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión (RAT) como las especificaciones particulares de la compañía distribuidora, establece un umbral máximo admisible para la caída de tensión porcentual (fijado habitualmente entre el 1% y 1,5% para líneas de evacuación). El valor obtenido en el presente cálculo, $\% \Delta U = 0,4\%$, se sitúa con un amplio margen por debajo de dicho límite reglamentario. Este resultado valida la idoneidad de la sección del conductor, asegurando una alta eficiencia en el transporte, pérdidas energéticas minimizadas y una entrega de potencia a la red con la estabilidad y calidad de tensión requeridas.

2.6. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

La expresión de este término es:

$$\%P_{potencia} = \frac{P_w * L * R}{U^2 * \cos^2(\varphi)} * 100$$

En la cual:

- $P_w \rightarrow$ Potencia a transportar = 9,2 MW
- $L \rightarrow$ Longitud de la línea = 2,3 Km
- $R \rightarrow$ Resistencia (dada por el fabricante) = 0,047 Ω /Km

Nota: El cálculo se hará con los valores R (total) e I (calculados en apartados anteriores).

Sustituyendo, se obtiene:

$$\%P_{potencia} = \frac{9,2 * 2,3 * 0,047}{20^2 * 0,9^2} * 100 = 0,306\%$$

En cumplimiento de lo estipulado por el Decreto-Ley 14/2020, en sus artículos 9 al 11, se ha verificado el porcentaje de pérdidas de potencia en la línea de evacuación. Dicha normativa establece que la pérdida de potencia ($\%P_{potencia}$) debe ser inferior al 1 %. El cálculo realizado para la línea "FV LO CELSO" arroja un valor de 0,306 %, satisfaciendo así la exigencia legal al encontrarse por debajo del umbral máximo.

2.7. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DURANTE UN CORTOCIRCUITO

Conocer la corriente máxima de cortocircuito es crucial para el diseño seguro de la línea de evacuación, ya que representa el evento más severo al que puede ser sometida. Este valor determina la robustez requerida de todos los elementos de la instalación para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos extremos durante un fallo. De forma crítica, define la capacidad de interrupción (poder de corte) que deben tener los sistemas de protección para despejar el cortocircuito de manera segura, evitando la destrucción de equipos y garantizando la seguridad global del sistema.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Para el correcto dimensionamiento de la instalación frente a los esfuerzos de cortocircuito, es imprescindible partir de la potencia de cortocircuito trifásico (S_{cc}) en el punto de conexión con la red de la compañía distribuidora. Es un dato de diseño estandarizado proporcionado por la propia compañía eléctrica (Iberdrola) y es de 500 MVA.

Este valor representa la potencia de falta máxima que la red de media tensión puede suministrar en dicho nudo. El empleo de este dato conservador es fundamental, ya que permite determinar la corriente de cortocircuito máxima (I_{cc}) que la instalación de evacuación debe ser capaz de soportar, siendo el parámetro clave para dimensionar el poder de corte de la apartamentada de protección y verificar la robustez térmica y electrodinámica de los cables y celdas.

Para su cálculo se utilizará la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U} = \frac{500.000.000}{\sqrt{3} * 20.000} = 14.434 \text{ A}$$

Este es el "golpe" máximo que la instalación debe ser capaz de soportar sin destruirse.

2.8. RESUMEN DE RESULTADOS

DENSIDAD MAXIMA DE CORRIENTE (δ)
0,421 A/mm ²
INTENSIDAD NOMINAL ($I_{nominal}$)
265,58 A
INTENSIDAD 200% ($I_{200\%}$)
531,16 A
REACTANCIA (X)
0,2208 Ω
CAIDA DE TENSION (% ΔU)
0,40%
PERDIDA DE POTENCIA (% $P_{potencia}$)
0,306%
INTENSIDAD CORTOCIRCUITO (I_{cc})
14.434 A

3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN Y OBRA CIVIL

3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA LÍNEA

3.1.1. PUNTO DE ENTRONQUE Y FINAL DE LÍNEA

La línea subterránea de media tensión partirá desde el centro de protección y medida de la FV LO CELSO hasta la Subestación ST SANT JOAN D'ALACANT, conforme al punto de entrega asignado por la compañía distribuidora, con el fin de garantizar la evacuación de la energía generada por las instalaciones fotovoltaicas a instalar.

La conexión con las infraestructuras eléctricas existentes se realizará en los siguientes puntos:

- Origen: Subestación Eléctrica Sant Joan d'Alacant, ubicada en el Término Municipal de Sant Joan d'Alacant, provincia de Alicante.
- Final: Conexión con el Centro de Protección y Medida situado en la planta solar fotovoltaica "LO CELSO", ubicada en el PARQUE FORESTAL MONTE ORGEGIA, provincia de Alicante.

Este trazado garantiza la correcta interconexión entre la planta fotovoltaica y la red de distribución, cumpliendo con los requisitos técnicos, normativos y de seguridad, y asegurando la evacuación eficiente de la energía generada.

3.1.2. LONGITUD Y TRAZADO

El trazado de la línea en proyecto se ha diseñado de manera que su longitud sea la mínima posible, teniendo en cuenta tanto la topografía del terreno como la propiedad de los mismos.

Se prevé la instalación de un nuevo tramo de línea eléctrica subterránea de media tensión (20 kV), simple circuito, que discurrirá mediante zanja entubada a lo largo de la calzada.

La línea se inicia en la posición reservada y otorgada por la Subestación Eléctrica "ST SANT JOAN D'ALACANT", conforme a la carta de condiciones técnicas de

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

la compañía distribuidora, utilizando un conductor HEPR-Z1 12/20 kV 3x(1x630) mm² en simple circuito.

La longitud total es de 2.300 metros.

En los tramos donde la línea en proyecto cruce o discorra paralela a otras líneas eléctricas u otros servicios, se cumplirán estrictamente las condiciones establecidas en el punto 5 de la ITC-LAT-06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

Finalmente, una vez concluidas las obras, los terrenos afectados serán restituidos a su estado original, asegurando la mínima alteración del entorno y el cumplimiento de los requisitos ambientales y legales aplicables.

3.1.3. CATEGORÍA DE LA LÍNEA Y ZONA

Las líneas subterráneas objeto de estudio presentan una tensión nominal de 20 kV entre fases a 50 Hz. Están constituidas por un circuito único de conductor del tipo HEPR-Z1 con tensión nominal de 12/20 kV, adecuado para la evacuación de la energía generada en la planta fotovoltaica.

La categoría de la red se clasifica como “A”, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, y en sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 06.

Esta configuración asegura que la línea cumpla con los requisitos técnicos de seguridad y confiabilidad definidos por la normativa vigente, garantizando una operación estable y segura dentro del sistema de evacuación de energía de la FV LO CELSO.

3.2. MATERIALES Y COMPONENTES DE LA LÍNEA

Para la correcta ejecución de la línea subterránea de media tensión proyectada, resulta fundamental seleccionar y disponer adecuadamente los componentes necesarios para la infraestructura eléctrica. Estos elementos deben cumplir con los requisitos técnicos, normativos y de seguridad, asegurando la fiabilidad, durabilidad y eficiencia de la instalación a lo largo de su vida útil.

3.2.1. CONDUCTORES

Para la ejecución de la línea subterránea se emplearán cables con aislamiento dieléctrico seco, conforme a la normativa NI 56.43.01, cumpliendo con las características esenciales que se describen a continuación:

1. Los cables presentan un conductor de sección circular y compacta, diseñado para soportar las condiciones eléctricas y mecánicas del proyecto. Sobre el conductor se dispone una pantalla semiconductora, aplicada mediante extrusión, que asegura la uniformidad del campo eléctrico.
2. El aislamiento se compone de una mezcla de alto módulo basada en etileno-propileno, proporcionando las propiedades dieléctricas necesarias para la seguridad y eficiencia del sistema. Sobre el aislamiento se aplica una pantalla semiconductora pelable no metálica, complementada con una corona de alambre y contraespira de cobre, que garantiza una correcta gestión de las tensiones y perturbaciones eléctricas.
3. Finalmente, los cables cuentan con una cubierta externa de compuesto termoplástico, formulada a base de poliolefina y libre de componentes clorados u otros contaminantes, asegurando la resistencia ambiental y química necesaria para la durabilidad de la instalación.

3.2.2. HERRAJES Y ACCESORIOS

Los accesorios necesarios para la instalación comprenden un total de seis unidades de botellas de interior para cable seco de tensión 12/20 kV, que serán instaladas tanto en el inicio como en el final de la línea, conforme a lo definido en el punto de conexión. Estos elementos permiten una terminación segura y estanca de los cables, garantizando una conexión fiable con los equipos de maniobra y protección, así como con la infraestructura de evacuación.

Además, se contempla la utilización de herrajes y elementos auxiliares indispensables para la correcta fijación y soporte de los componentes de la instalación. Entre ellos se incluyen abrazaderas, anclajes, soportes metálicos, elementos de guiado y sistemas de sujeción, diseñados para asegurar la

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

estabilidad mecánica de la línea, facilitar el tendido y proteger las conexiones frente a esfuerzos externos.

3.2.3. PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE PRINCIPIO Y FIN DE LÍNEA

La protección de principio de línea se llevará a cabo en el Centro de Protección y Medida, ubicado en la planta fotovoltaica FV LO CELSO, mediante la instalación de una celda de línea de salida, que permitirá la correcta maniobra, seccionamiento y protección de la línea subterránea. Esta celda constituye el elemento de control inicial de la instalación, garantizando la seguridad tanto de la infraestructura eléctrica como del personal encargado de su operación y mantenimiento.

Por su parte, la protección de final de línea se realizará en la Subestación ST SANT JOAN D'ALACANT, en la celda de entrada asignada de acuerdo con la carta de condiciones técnicas otorgada por la compañía distribuidora para la evacuación de la energía generada por la planta fotovoltaica FV LO CELSO. En este punto, se llevará a cabo la instalación de una celda de línea de entrada, que permitirá integrar la línea proyectada en la red de distribución existente, garantizando el cumplimiento de los requisitos técnicos y de protección establecidos por la normativa vigente y por la distribuidora.

3.3. METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN Y OBRA CIVIL

3.3.1. CANALIZACIONES

La canalización subterránea proyectada se ejecutará bajo calzada, por lo que las líneas eléctricas irán entubadas y hormigonadas, garantizando así la protección mecánica necesaria y el cumplimiento de la normativa aplicable. Las características constructivas de la canalización se detallan a continuación:

- La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m, suficiente para alojar dos tubos rectos de 160 mm de diámetro, incrementándose la anchura en función del número total de tubos a instalar. En el caso concreto de la línea de 20 kV con conductor de 240 mm² de sección, se emplearán tubos de 160 mm de diámetro, instalando las tres fases en un único tubo.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Los tubos podrán disponerse en uno, dos o tres planos, dependiendo del número total utilizado; en este proyecto se prevé la colocación de dos tubos en un primer plano y un tercer tubo en un segundo plano.
- La profundidad de la zanja variará en función de la disposición de los tubos, siendo suficiente para que el plano superior quede a una profundidad aproximada de 0,60 m, medida desde la rasante del terreno hasta la parte inferior del tubo (según se detalla en planos). En este caso, para tres tubos de 160 mm, la profundidad total es de 0,90 m.
- En situaciones donde se instalen tubos de distinto diámetro, los de mayor tamaño se colocarán en el plano inferior y en las posiciones laterales, optimizando la distribución mecánica y facilitando su identificación.
- En el fondo de la zanja, a lo largo de toda su extensión, se colocará una solera de limpieza de hormigón H-125 de 0,05 m de espesor, sobre la que se dispondrán los tubos en los planos definidos. A continuación, se aplicará una capa de hormigón H-125 de 0,10 m de espesor, cubriendo completamente los tubos y asegurando su correcta sujeción.

Posteriormente, se procederá al relleno de la zanja, dejando libre el espesor correspondiente al pavimento. Para este relleno se empleará hormigón H-125, salvo que las Ordenanzas Municipales indiquen otro material, en cuyo caso podrá utilizarse todo-uno o zahorra compactada. Sobre esta capa, se dispondrá un firme de hormigón H-125 de aproximadamente 0,30 m de espesor, y finalmente se repondrá el pavimento original, procurando utilizar materiales de igual tipo y calidad a los existentes previamente a la apertura.

Como medida de señalización, se instalará en toda la longitud de la canalización una cinta amarilla de advertencia con el mensaje “atención cable eléctrico”, situada a una cota adecuada para su detección en futuras intervenciones.

En cuanto a las medidas de seguridad, se emplearán tubos de 160 mm de diámetro para garantizar la protección mecánica de los conductores, reduciendo el riesgo de daños externos y facilitando las tareas de mantenimiento.

3.3.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

De acuerdo con lo establecido en las normas particulares de IBERDROLA, específicamente en la instrucción MT-31-01, las líneas subterráneas de media tensión (LSMT) deberán cumplir las condiciones generales para cruzamientos y paralelismos que se detallan en su artículo 9.3, las cuales se resumen a continuación.

La canalización destinada a la instalación de los tubos tendrá una anchura mínima de 0,35 m, suficiente para la colocación de dos tubos rectos de 160 mm de diámetro, incrementándose la anchura en función del número de tubos a instalar. Para las líneas de 20 kV con conductores de 400 mm² de sección y las líneas de 30 kV (150, 240 y 400 mm² de sección), se utilizarán tubos de 200 mm de diámetro, instalando las tres fases en un único tubo.

Los tubos podrán disponerse en uno, dos o tres planos, y en los planos 8, 9 y 10, así como en las tablas del anexo de la instrucción, se presentan diferentes tipos de disposición de tubos y, a título orientativo, valores recomendados de las dimensiones de la zanja.

En los casos en que se utilicen tubos de distintos diámetros, los de mayor tamaño se colocarán en el plano inferior y en las posiciones laterales, asegurando así una correcta organización y facilidad de mantenimiento de la infraestructura.

3.3.3. PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

3.3.3.1 PUESTA A TIERRA DE CUBIERTAS METÁLICAS

Con el objetivo de garantizar la seguridad eléctrica y minimizar tensiones inducidas, se realizará la puesta a tierra de las pantallas y armaduras metálicas de todas las fases en ambos extremos de la línea, así como en puntos intermedios del trazado. Esta medida evita la aparición de potenciales no deseados en las cubiertas metálicas, contribuyendo al correcto funcionamiento de la instalación y a la protección de las personas y equipos.

3.3.3.2 PANTALLAS

En el caso de cables unipolares y cables tripolares, las pantallas metálicas se conectarán a tierra en ambos extremos, asegurando la continuidad eléctrica y reduciendo el riesgo de circulación de corrientes inducidas no controladas.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Para instalaciones en galería, se dispondrá un sistema de puesta a tierra único, accesible a lo largo de toda la infraestructura, diseñado para soportar la corriente máxima de defecto prevista. Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a este sistema en cada empalme y terminación, evitando la aparición de tensiones peligrosas en caso de defectos a masa lejanos y garantizando un camino de retorno seguro para las corrientes de fallo.

3.3.3.3 DISPOSITIVOS DE PUESTA A TIERRA EN CELDAS

Las celdas de entrada y salida de la línea subterránea, ubicadas en el centro de seccionamiento telemandado, estarán equipadas con sistemas de puesta a tierra que permitirán descargar los cables de forma segura durante trabajos de mantenimiento o reparación de averías. De este modo, se evita la presencia de cargas residuales por capacidad, reduciendo significativamente el riesgo de accidentes eléctricos durante las intervenciones.

3.4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

La instalación de los cables de media tensión en los conductos subterráneos se ejecutará siguiendo una metodología estricta para garantizar la integridad física y eléctrica de los mismos a largo plazo. El proceso se divide en las fases de preparación, tendido y finalización.

1. Preparación de la canalización

Antes de proceder con la instalación de los cables, se realizarán las siguientes verificaciones y preparativos:

- El diámetro interior de los tubos se seleccionará en función del diámetro exterior 'D' del cable a instalar, respetando los siguientes valores mínimos para facilitar el deslizamiento y la disipación térmica:
 - Para cables unipolares o tripolares individuales: diámetro interior $\geq 1.6 D$
 - Para ternas de cables unipolares en un mismo tubo: diámetro interior $\geq 4 D$

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Se llevará a cabo una limpieza y revisión exhaustiva del interior de toda la canalización. Es imperativo asegurar la ausencia de aristas, cantos vivos o cualquier residuo de obra. Para verificar la correcta alineación y la inexistencia de obstrucciones, se pasará un mandril o testigo calibrado por toda la longitud del tramo.

2. Proceso de tendido del cable

La operación de tendido es la fase más crítica y debe realizarse controlando los siguientes parámetros:

- Protección en embocaduras: Para evitar daños por rozamiento en la cubierta del cable al entrar en el tubo, se instalarán boquillas protectoras o rodillos en los extremos, que guiarán el cable y minimizarán la fricción.
- Control del radio de curvatura: Este es un parámetro fundamental para preservar la integridad estructural del cable. Una flexión excesiva durante el tendido puede provocar deformaciones permanentes, la creación de huecos (oquedades) en el aislamiento dieléctrico y daños en la pantalla metálica.
- Los radios de curvatura mínimos, expresados en función del diámetro exterior 'D' del cable, son:
 - Radio mínimo dinámico (durante el tendido): no deberá ser inferior a 20 D mientras el cable está en movimiento y bajo tensión de arrastre.
 - Radio mínimo estático (en posición final):
 - Cables unipolares: $R \geq 15 D$
 - Cables tripolares: $R \geq 10 D$

En tramos donde la geometría del trazado exija un radio final comprendido entre 15 D y 20 D, se emplearán técnicas de tendido que suavicen la trayectoria durante el tiro, asegurando que el cable solo adopte el radio de curvatura definitivo una vez posicionado y sin tensión.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

3. Trabajos de Finalización

Una vez el cable esté correctamente instalado en su posición definitiva, se realizará un sellado de conductos. Se procederá al sellado de todas las embocaduras de los tubos para impedir la entrada de humedad, gases, roedores u otros agentes externos. Este, se realizará con materiales adecuados como espumas de poliuretano, resinas expandibles o taponamientos con mortero pobre sobre una base protectora que no esté en contacto directo con la cubierta del cable.

3.5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS Y PUESTA EN SERVICIO

Durante la ejecución de las obras se llevará a cabo un estricto control de calidad sobre los materiales empleados, realizándose para ello todas las pruebas que la dirección facultativa considere oportunas, así como aquellas prescritas por la compañía suministradora IBERDROLA S.A., corriendo los costes de dichos ensayos a cargo del contratista. La dirección facultativa se reserva el derecho de rechazar cualquier material o elemento que, a su juicio exclusivo, no ofrezca las garantías de calidad requeridas, pudiendo ejercer esta potestad incluso sobre componentes ya instalados, los cuales deberán ser retirados y sustituidos. Para asegurar la debida trazabilidad y el registro formal de todas las actuaciones, inspecciones y pruebas realizadas, existirá un libro de órdenes que documentará el progreso y las incidencias de la obra.

El responsable de ejecución de la obra realizará las siguientes operaciones:

- Una vez terminados los trabajos, se asegurará de que todos los medios de protección utilizados para la conexión final hayan sido retirados.
- Dará su consentimiento para la puesta en servicio.
- Se asegurará de que todo el material queda recogido y que cualquier objeto existente como consecuencia de los trabajos quede retirado, dejando el lugar en perfecto estado.
- Cumplimentará la hoja de control de puntos de inspección (o similar) de la planificación de obra, haciéndosela llegar al responsable de obra para

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

su revisión, y este a su vez al responsable de delegación para su control, certificación y archivo.

3.6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

Las condiciones generales de uso, mantenimiento y seguridad serán las establecidas internamente por la compañía suministradora Iberdrola, a la que corresponde la explotación de la instalación.

El personal asignado para realizar las maniobras de puesta en funcionamiento de la línea deberá estar debidamente cualificado y contar con la autorización explícita para tal fin. Con posterioridad a su entrada en servicio, la gestión y operación de la infraestructura será competencia de la compañía suministradora, IBERDROLA S.A. En consecuencia, las condiciones generales de uso, los planes de mantenimiento y los procedimientos de seguridad serán los definidos en los reglamentos internos de dicha compañía.

3.7. PREVISIONES E INFORMACIONES ÚTILES PARA TRABAJOS POSTERIORES

Para futuras intervenciones, se deberá disponer, entre otras, de la siguiente información y medios:

- Instrucciones de operación normal y de emergencia.
- Señalización clara de los mandos de operación y emergencia.
- Dispositivos de protección personal y colectiva previstos para trabajos posteriores de mantenimiento.
- Equipos de rescate y auxilio para los casos en que sean necesarios.

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES Y CONDICIONES DE EJECUCIÓN

4.1.1. OBRA CIVIL

- Planificación y trabajos preliminares

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Previamente al inicio de la obra, se llevará a cabo un estudio detallado de la traza de la canalización en estricto cumplimiento de las ordenanzas municipales y normativas de los servicios afectados. Dicho estudio definirá las medidas de protección, señalización y gestión del tráfico necesarias, las cuales deberán estar implementadas antes de comenzar cualquier trabajo de excavación.

El trazado de la canalización se ha proyectado preferentemente sobre terrenos de dominio público, discurriendo bajo aceras para minimizar la afectación al tráfico rodado. La línea seguirá un trazado rectilíneo en la medida de lo posible, admitiendo únicamente las curvaturas especificadas en el apartado de tendido de cables.

- Metodología de ejecución de zanja tipo

El proceso constructivo de las zanjas para el alojamiento de los conductores bajo tubo se desglosa en las siguientes fases operativas:

1. Demolición del firme: apertura de la zanja mediante la demolición del pavimento existente (acera, calzada de asfalto u hormigón) en una anchura mínima de 500 mm.
2. Excavación: ejecución de la excavación por medios mecánicos adecuados al terreno hasta alcanzar una profundidad de 1.100 mm. Los materiales extraídos se clasificarán, separando la tierra apta para el posterior relleno de los escombros, que serán transportados a un vertedero autorizado.
3. Preparación del fondo: nivelación y compactación del fondo de la zanja para asegurar una superficie de apoyo homogénea.
4. Solera de asiento: ejecución de una solera de hormigón de limpieza (tipo H-125 o similar) de 50 mm de espesor, que servirá como base para los tubos.
5. Instalación de tubos: tendido de tubos protectores de polietileno de doble capa y 160 mm de diámetro nominal.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

6. Protección mecánica: recubrimiento y fijación de los tubos con una capa de hormigón H-125 de 300 mm de altura mínima, garantizando su protección e inmovilización.
7. Relleno y señalización: una vez fraguado el hormigón, se procederá al relleno de la zanja con zahorra artificial o material seleccionado, compactado por tongadas. A una cota aproximada de 30 cm por debajo de la rasante, se instalará una cinta plástica de señalización de "Peligro: Cables Eléctricos".
8. Acabado y reposición: se completará el relleno y compactación hasta el nivel requerido para la posterior reposición del firme original, devolviendo la superficie a su estado previo.

- Gestión de la obra, seguridad y modificaciones

La señalización de seguridad es un requisito de obligado cumplimiento durante todas las fases de la obra. La obligación no se limita al perímetro de la zanja, sino que se extiende a todas las zonas adyacentes que requieran indicaciones o desvíos como consecuencia de los trabajos.

Antes del replanteo inicial, el constructor verificará la correspondencia del proyecto con la realidad del terreno. Cualquier modificación necesaria durante la ejecución (variaciones de trazado, profundidad o interferencias con otros servicios) deberá ser comunicada y aprobada formalmente por la dirección de obra y el representante de la Compañía Suministradora antes de su implementación. No se autorizará ninguna alteración sobre la traza replanteada sin dicho consentimiento explícito.

Finalmente, se garantizará la estabilidad de las paredes de la excavación. Cualquier alteración de las características mecánicas del terreno colindante será corregida para restaurar su estado original y asegurar la integridad de la zanja y su entorno.

4.1.2. CONDUCTORES

Para la línea subterránea de evacuación se ha seleccionado un cable unipolar de dieléctrico seco, cuyas características técnicas y constructivas se detallan a

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

continuación, en conformidad con la normativa y las especificaciones de la compañía distribuidora.

1. Características eléctricas y niveles de Aislamiento

El cable ha sido dimensionado para operar bajo los siguientes parámetros eléctricos, garantizando su fiabilidad frente a sobretensiones tanto de origen atmosférico como de maniobra:

- Tensión nominal de servicio (U_0/U): 12/20 kV
- Tensión más elevada de la red (U_m): 24 kV
- Tensión soportada a impulso tipo rayo: 125 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial (corta duración): 50 kV

2. Composición y estructura del cable

La morfología del conductor, de acuerdo con la norma de particular NI 56.43.01, se compone de las siguientes capas, dispuestas desde el interior hacia el exterior:

- Conductor: alma de aluminio compacto de sección circular, clase 2, según la norma UNE 21-022.
- Pantalla interna (sobre conductor): capa semiconductora extruida para uniformizar el campo eléctrico.
- Aislamiento: compuesto dieléctrico a base de etileno-propileno de alto módulo (HEPR), garantizando un excelente comportamiento térmico y eléctrico.
- Pantalla externa (sobre aislamiento): formada por una capa semiconductora extruida y pelable, en contacto con una pantalla metálica. Dicha pantalla está constituida por una corona de alambres de cobre de 16 mm² de sección y una contraespira de cinta de cobre.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Cubierta exterior: revestimiento termoplástico a base de poliolefinas, libre de halógenos y componentes clorados, ofreciendo una alta resistencia mecánica y un comportamiento mejorado ante el fuego.

3. Normativa de aplicación

El cableado seleccionado cumplirá con todos los ensayos y prescripciones establecidos en la norma internacional IEC 60502-2. Asimismo, su diseño y características se adecúan a las recomendaciones de la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) y a las especificaciones recogidas en la Norma Técnica NT-IMBT 1400/020/1, garantizando su idoneidad para la interconexión con la red de distribución.

4.1.3. HERRAJES Y ACCESORIOS

La continuidad y conexión de la línea de media tensión se garantizará mediante el uso de empalmes y terminales específicamente diseñados para ser compatibles con la naturaleza constructiva, la composición y la sección de los cables empleados.

- Todos los accesorios asegurarán una perfecta continuidad eléctrica, sin introducir un aumento de la resistencia óhmica en el punto de conexión. La selección de los terminales se realizará considerando las condiciones ambientales de su ubicación (interior, intemperie, grado de contaminación salina o industrial, etc.).
- La ejecución de estas uniones se realizará siguiendo rigurosamente las instrucciones del fabricante o, en su caso, los procedimientos normalizados MT-NEDIS correspondientes. Las características técnicas de empalmes, terminales —incluidos los de tipo enchufable— y conectores se ajustarán a lo estipulado en las normas de particular NI 56.80.02 y NI 56.86.01.

También, con el objetivo de salvaguardar la integridad de los cables frente a posibles daños mecánicos externos, se implementará un sistema de protección

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

a lo largo de toda la traza. Este sistema, que forma parte integral de la obra civil, se ejecutará de la siguiente manera:

1. Lecho de arena: una vez tendidos los conductores en el fondo de la zanja, se cubrirán con una capa de arena o tierra cribada de un espesor máximo de 0,25 metros. Esta capa proporciona un asiento uniforme y protege el cable de elementos punzantes.
2. Protección superior: sobre el lecho de arena se dispondrá una barrera de protección mecánica. Se emplearán placas o conductos de material plástico (libres de halógenos) u otras soluciones equivalentes que ofrezcan una resistencia adecuada al impacto y la compresión.
3. Relleno final: por encima de esta protección, se continuará el relleno de la zanja con tierra seleccionada, exenta de piedras, escombros u otros cuerpos extraños que pudieran comprometer la integridad de la canalización a largo plazo.

4.2. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

4.2.1. NORMATIVA APLICABLE

En el desarrollo del presente documento ha sido aplicada la siguiente legislación:

La relación de normativa presentada a continuación no pretende ser exhaustiva. Se trata únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento que es de aplicación y de mayor interés para la realización de los trabajos objeto del proyecto al que se adjunta este estudio básico de seguridad y salud.

4.2.2. NORMAS OFICIALES

Entre las disposiciones legales de aplicación para la realización de los trabajos (teniendo también en cuenta las instalaciones donde se realizan), se destaca la siguiente normativa:

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE nº 176, de 23/7/92).
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 285, de 28 de noviembre de 1997).

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Ley 17/2007, de 4 de Julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a los dispuesto en la Directiva 2003/54/CE.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto-Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (BOE nº 224, de 18/09/2002).
- Orden de 5 de septiembre de 1985 por la que se establecen normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5000 kVA y centrales de autogeneración eléctrica.
- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones conectadas a la red PCT-C, IDAE 2002.
- 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, de 19 de diciembre, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- 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 ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la Protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23¹.
- Orden de 18 de octubre de 1984 complementaria de la orden de 6 de julio que aprueba las instrucciones técnicas complementarias del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- 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.
- Condiciones técnicas para la conexión a la red de Media Tensión de instalaciones o agrupaciones fotovoltaicas. Documento AG8, edición 4.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 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 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 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.
- Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, aprobado por Decreto de la Presidencia del Gobierno 2.414/1.961.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- UNE 62446-1/2019 Sistemas fotovoltaicos (FV). Requisitos para ensayos, documentación y mantenimiento. Parte 1: sistemas conectados a la red.
- UNE-HD 60364-7-712/2017 Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV).
- UNE 62053-11/2003 Equipos de medida de la energía eléctrica (c.a.). Requisitos Particulares. Parte 11: contadores electromecánicos de energía activa.
- UNE 62053-24/2015 Equipos de medida de la energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares. Parte 24: contadores estáticos para la componente fundamental de la energía reactiva.
- UNE 61277 Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia.
- UNE 20003/1954: cobre tipo recocido o industrial.
- UNE 60076-1/2013 Transformadores de potencia. Parte 1: generalidades.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- UNE 60332-3-10/2009: métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego.
- UNE 60332-3-21/2009: ensayo de propagación vertical de la llama. Categoría A F/R.
- UNE 60332-3-22/2009: ensayo de propagación vertical de la llama. Categoría A.
- UNE 60332-3-23: ensayo de propagación vertical de la llama. Categoría B.
- UNE 60332-3-24/2009: ensayo de propagación vertical de la llama. Categoría C.
- UNE 50395/2011 Métodos de ensayo eléctricos para cables de energía en baja tensión.
- UNE 50396/2011 Métodos de ensayos no eléctricos para cables de energía de baja tensión.
- UNE 60364-4-41/2018: instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-41: protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos.
- UNE 62271-100/2011: aparatos de alta tensión. Parte 100: interruptores automáticos de corriente alterna.
- UNE 21127/1991: tensiones nominales.
- UNE 61869-1/2010: transformadores de medida. Parte 1: requisitos generales.
- UNE 61869-2/2013: transformadores de medida. Parte 2: requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- UNE 61869-3/2012: transformadores de medida. Parte 3: requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- UNE 61869-5/2015: transformadores de medida. Parte 5: requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.
- UNE EN 60909-0/2016: corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: cálculo de corrientes.
- UNE EN 62271-202/2015: aparataje de alta tensión. Parte 202: centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- Instrucción de Servicio 2-CT/2003 sobre el mantenimiento obligatorio para los Centros de Transformación.
- Instrucción de Servicio 1-AT/2004 de la Dirección General de Industria y Energía sobre modelos de Certificados de inspección de instalaciones de alta tensión.
- Normas particulares compañía eléctrica para instalaciones de alta tensión (hasta 30 kV) y baja tensión.
- Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones conectadas a red (IDAE).
- Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana.
- Decreto Ley 14/2020, de 7 de agosto, del Consell, de medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables.
- Ley 6/1991, de 27 de marzo, de carreteras de la Comunidad Valenciana.
- Ordenanzas Municipales de Alicante y Sant Joan d'Alacant.
- Demás condiciones impuestas por los organismos públicos afectados y ordenanzas municipales.

Se cumplirá, además, cualquier otra disposición sobre la materia que esté en vigor o que se promulgue durante la vigencia del contrato y que afecte a las condiciones de prevención en los trabajos.

5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

5.1. MARCO LEGAL Y OBJETO DEL ESTUDIO

La redacción de este estudio de seguridad y salud responde a la necesidad de cumplir con las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, estipuladas en el Real Decreto 1627/97 (de 24 de octubre), el cual se encuadra dentro del marco legal de la Ley 31/1995 (de 8 de noviembre) de prevención de riesgos laborales.

La finalidad principal de este estudio es proporcionar el documento base sobre el cual el contratista desarrollará el plan de seguridad y salud laboral correspondiente. Dicho plan deberá analizar, complementar y desarrollar las previsiones aquí contenidas, adaptándolas al sistema de ejecución particular de los trabajos proyectados (línea subterránea de alta tensión).

Adicionalmente, se deberá observar lo dispuesto en la documentación técnica MT 4.60.11 (“Información de los riesgos y de las medidas de prevención, protección y emergencia de las instalaciones para la coordinación de actividades empresariales”).

5.2. CAMPO DE APLICACIÓN

Los trabajos relativos a la construcción, mantenimiento, así como al desguace o recuperación de instalaciones de líneas subterráneas de media tensión, constituyen el ámbito de aplicación del presente estudio de seguridad y salud.

5.3. MEMORIA DESCRIPTIVA

5.3.1. ASPECTOS GENERALES

Será responsabilidad del contratista o empresario certificar que todo el personal de la obra ha recibido la formación y el adiestramiento adecuados en materia de prevención y primeros auxilios. Se pondrá especial énfasis en la capacitación para afrontar los riesgos eléctricos y los derivados de caídas de altura (si aplicasen).

Corresponderá a la dirección facultativa verificar la existencia de un plan de emergencia para la atención del personal en caso de accidente, así como la contratación de los servicios asistenciales pertinentes.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

En lugares estratégicos y visibles de la obra se expondrá la dirección y los teléfonos de dichos servicios asistenciales. Diariamente, previo al inicio de los trabajos, los mandos responsables planificarán las tareas conforme al plan establecido. Es imperativo que informen a todos los operarios sobre las maniobras a ejecutar, los riesgos asociados y las medidas preventivas y de protección adoptadas para su eliminación o minimización, asegurándose de la total comprensión por parte del equipo.

5.4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

Atendiendo a las obras a ejecutar y sus correspondientes fases de trabajo, se detallan a continuación los riesgos más habituales, si bien esta relación no debe considerarse exhaustiva. A continuación, se definen las actividades y trabajos cuya intervención es objeto de prevención de riesgos laborales en el marco de este estudio.

5.4.1. TRABAJOS PREVIOS

Esta fase comprende el conjunto de labores requeridas para el correcto desarrollo de la obra y su habilitación como centro de trabajo. Estas labores se localizan en las zonas destinadas al tendido de las líneas de media tensión, conforme a la ubicación especificada en los planos del proyecto.

- **Acondicionamiento de terreno:** se contemplan aquí las labores relativas al movimiento de tierras, lo que abarca explanaciones, transportes, vaciados, terraplenados, compactaciones, así como la ejecución de zanjas y pozos, ya sea mediante medios manuales o mecánicos.
- **Instalación eléctrica:** refiere a la instalación de conductores y otros componentes necesarios para el abastecimiento eléctrico de la obra.

5.4.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El proceso de evaluación de riesgos se basa en relacionar y prevenir los peligros potenciales que pueden surgir durante la ejecución de la obra. Se procede a la identificación y clasificación de las medidas preventivas para los riesgos laborales (tanto evitables como no evitables) según las distintas tipologías de trabajo.

Para la codificación de dichos peligros, se ha adoptado el sistema utilizado por la administración laboral en el modelo oficial de parte de accidente de trabajo. Dicho listado se ha ampliado para incluir peligros asociados a enfermedades profesionales, tales como aspectos ergonómicos o psicosociales, entre otros.

5.4.3. LISTADO DE RIESGOS IDENTIFICADOS

Riesgos evitables en este proyecto:

- RIESGO 01: CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL.
- RIESGO 03: CAÍDAS DE OBJETOS POR DESPLOME O DERRUMBAMIENTOS
- RIESGO 05: CAÍDA DE OBJETOS DESPRENDIDOS
- RIESGO 08: GOLPES Y RIESGOS POR OBJETOS MÓVILES.
- RIESGO 09: GOLPES Y CORTES POR OBJETOS O HERRAMIENTAS.
- RIESGO 10: PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS O PARTÍCULAS.
- RIESGO 11: ATRAPAMIENTO O APLASTAMIENTO POR O ENTRE OBJETOS.
- RIESGO 12: ATRAPAMIENTO O APLASTAMIENTO POR VUELCO DE MAQUINAS O VEHÍCULOS.
- RIESGO 13: SOBRESFUERZOS
- RIESGO 16: CONTACTOS ELÉCTRICOS
- RIESGO 17.2: EXPOSICIÓN A POLVO SILICÓTICO
- RIESGO 23: ATROPELLOS O GOLPES CON VEHÍCULOS

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- RIESGO 24: EXPOSICIÓN A RUIDO
- RIESGO 26: ILUMINACIÓN INADECUADA

Riesgos no evitables en este proyecto:

- RIESGO 02: CAÍDAS DE PERSONAS AL MISMO NIVEL.
- RIESGO 04: CAÍDAS DE OBJETOS EN MANIPULACIÓN
- RIESGO 06: PISADAS SOBRE OBJETOS.
- RIESGO 07: GOLPES Y CHOQUES CONTRA OBJETOS INMÓVILES.
- RIESGO 13: POSTURAS INADECUADAS.
- RIESGO 25: EXPOSICIÓN A VIBRACIONES



Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

5.4.4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS ESPECÍFICAS

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
1) Caída de personas al mismo nivel: Este riesgo puede identificarse cuando existen en el suelo obstáculos o sustancias que pueden provocar una caída por tropiezos o resbalón. Puede darse también por desniveles propios del terreno, conducciones, cables, bancadas o tapas sobresalientes del suelo, piedras o restos de materiales varios, barro y charcos, tapas y losetas sin buen asentamiento, pequeñas zanjas por trabajos en curso, hoyos, etc.	1. Caídas por deficiencias en el suelo. 2. Caídas por pisar o tropezar con objetos en el suelo, pequeños desniveles, zanjas, hoyos... 3. Caídas por existencia de vertidos o líquidos. 4. Caídas por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). 5. Resbalones/tropezones por malos apoyos del pie.	1. Formación e información del personal. 2. Condiciones de orden y limpieza en lugar de trabajo. 3. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. 5. Inspecciones de trabajo, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. 6. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.
2) Caídas de personas a distinto nivel: Trabajos en zonas elevadas en instalaciones que, por construcción, no cuentan con una protección adecuada como barandilla, murete, antepecho, barrera, etc. También en los accesos a estas zonas. Otra posibilidad de este riesgo lo constituyen los huecos sin protección ni señalización existentes en pisos y zonas de trabajo, así como los terraplenes, banales o desniveles en el propio terreno de la instalación, las zanjas o excavaciones de trabajos en curso y los huecos, dejados sin proteger o señalizar, de acceso a las canalizaciones subterráneas, galerías de cables, etc. A estos habrá que añadir los propios de la caída desde un elemento, como pueden ser los apoyos, escaleras, cestas o dispositivos elevadores, así como estructuras de soporte de equipos e instalaciones de distintos tipos, a los pueda acceder un operario en la realización un trabajo.	1. Caídas por huecos. 2. Caídas desde escaleras portátiles. 3. Caídas desde escaleras fijas. 4. Caídas desde andamios y plataformas temporales. 5. Caídas desde tejados y muros. 6. Caídas por desniveles, zanjas, taludes, etc. 7. Caídas desde apoyos de madera. 8. Caídas desde apoyos de hormigón. 9. Caídas desde apoyos metálicos. 10. Caídas desde torres metálicas de transporte. 11. Caídas desde estructuras, pórticos, grúas, etc. 12. Caídas de lo alto de equipos: transformadores de potencia, torres de refrigeración, bacas de vehículos...	1. Formación e información del personal. 2. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. 3. Inspección y mantenimiento de equipos empleados. 4. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva. 5. Solidez, resistencia y estabilidad en los medios empleados. 6. Caminos de andadura, líneas de seguridad. 7. Escaleras con sistema de apoyo y amarradas en la parte superior 8. Comprobaciones previas. 9. Prescripciones de Seguridad de AMYS para trabajos mecánicos y diversos. 10. Procedimientos para trabajos en altura.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
3) Caídas de objetos: Este riesgo se presenta cuando existe la posibilidad de caída de objetos o materiales durante la ejecución de trabajos o en operaciones de transporte y elevación por medios manuales o mecánicos. Además, puede presentarse cuando existe la posibilidad de caída de objetos que se están manipulando y se caen de su emplazamiento. Pudiera darse este riesgo como consecuencia de trabajos en lo alto de los apoyos o de una estructura realizados por personal ajeno al considerado aquí	1. Caídas por manipulación manual de objetos y herramientas. 2. Caídas de elementos manipulados con aparatos elevadores. 3. Caídas de elementos apilados (almacén)	1. Prohibición de trabajos en la misma vertical. 2. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva. 3. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. Protección de zonas de paso inferiores. 4. Estudio previo de trabajos y maniobras de movimiento de cargas
4) Desprendimientos, desplomes y derrumbes: El riesgo puede presentarse por la posibilidad de desplome o derrumbamiento de estructuras fijas o temporales o parte de ellas, la caída de escaleras portátiles, la posible caída o desplome de un apoyo, estructuras o andamios, y el posible vuelco de cestas o grúas en la elevación del personal o traslado de cargas. También debe considerarse el desprendimiento o desplome de muros y el hundimiento de zanjas o galerías.	1. Desprendimientos de elementos de montaje fijos. 2. Desprendimientos de muros. 3. Desplome de muros. 4. Hundimiento de zanjas o galerías	1. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. Protección de zonas de paso inferiores. 2. Inspecciones de instalaciones, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. 3. Prescripciones de Seguridad de AMYS para trabajos mecánicos y diversos.
5) Choques y golpes: Posibilidad de que se provoquen lesiones derivadas de choques o golpes con elementos tales como partes salientes de máquinas, instalaciones o materiales, estrechamiento de zonas de paso, vigas o conductos a baja altura, etc.	1. Choques contra objetos fijos. 2. Choques contra objetos móviles. 3. Golpes por herramientas manuales. 4. Golpes por herramientas portátiles eléctricas. 5. Golpes por otros objetos	1. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. 2. Condiciones de orden y limpieza en lugar de trabajo. 3. Comprobaciones previas. 4. Prescripciones de Seguridad de AMYS para trabajos mecánicos y diversos.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
6) Maquinaria automotriz y vehículos (dentro del centro de trabajo): Posibilidad de un accidente al utilizar maquinaria/vehículos o por atropellos de éstos dentro del lugar de trabajo.	1. Atropello de peatones. 2. Choques y golpes entre vehículos. 3. Choques y golpes contra elementos fijos. 4. Vuelco de vehículos. 5. Caída de cargas.	1. Formación e información del personal para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas. 2. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso.
7) Atrapamiento: Posibilidad de sufrir una lesión por atrapamiento o aplastamiento de cualquier parte del cuerpo por mecanismos de máquinas o entre objetos, piezas o materiales.	1. Atrapamiento por herramientas manuales. 2. Atrapamiento por herramientas portátiles eléctricas. 3. Atrapamiento por máquinas fijas. 4. Atrapamiento por objetos 5. Atrapamiento por mecanismos en movimiento.	1. Formación e información del personal para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas. 2. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. 3. Estudio previo de maniobras de movimiento de cargas. 4. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva
8) Cortes: Posibilidad de lesión producida por objetos cortantes, punzantes o abrasivos, herramientas y útiles manuales, máquinas-herramientas, etc.	1. Cortes por herramientas portátiles eléctricas. 2. Cortes por herramientas manuales. 3. Cortes por máquinas fijas. 4. Cortes por objetos o superficies.	1. Formación e información del personal para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas. 2. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. 3. Estudio previo de maniobras de movimiento de cargas. 4. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva
9) Proyecciones: Posibilidad de que se produzcan lesiones por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material proyectadas por una máquina, herramienta o acción mecánica. Incluye, además, las proyecciones líquidas originadas por fugas, escapes de vapor, gases licuados.	1. Impacto de fragmentos o partículas sólidas. 2. Proyecciones líquidas. (Se excluyen las proyecciones provocadas por arco eléctrico)	1. Formación e información del personal para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas. 2. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso. 3. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
10) Contactos Térmicos: Posibilidad de quemaduras o lesiones ocasionados por contacto con superficies o productos calientes o fríos.	1. Contacto con fluidos o sustancias calientes o frías. 2. Contactos con focos de calor o frío. 3. Contacto con proyecciones calientes o frías	1 Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas sustancias, máquinas, equipos o herramientas. 2 Señalización de las zonas de riesgo. 3 Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.
11) Contactos químicos: Posibilidad de lesiones producidas por contacto con sustancias agresivas o afecciones motivadas por presencia de éstas en el ambiente.	(Pueden provocar accidentes de trabajo) 1. Contacto con sustancias corrosivas. 2. Contacto con sustancias irritantes/alergizantes. 3. Otros contactos con sustancias químicas.	1. Formación e información del personal para el empleo de determinadas sustancias, máquinas, equipos o herramientas. 2. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso. 3. Inspecciones de instalaciones, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. 4 Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.
12) Contactos eléctricos: Posibilidad de lesiones o daño producidos por el paso de corriente por el cuerpo.	1. Contactos directos. 2. Contactos indirectos. 3. Descargas eléctricas (inductiva/capacitiva)	1. Personal con la Formación indicada en el Real Decreto 614/2001. 2. Conocimiento contrastado de todos los trabajadores de las distancias de seguridad a mantener en los distintos niveles de tensión en que trabajen. 3. Cumplimiento de Procedimientos para trabajos en instalaciones eléctricas. 4. Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas de AMYS.
13) Arco eléctrico: Posibilidad de lesiones o daño producido por quemaduras en caso de arco eléctrico.	1. Arco eléctrico. 2. Proyecciones por arco eléctrico.	1. Personal con la Formación indicada en el Real Decreto 614/2001. 2. Conocimiento contrastado de todos los trabajadores de las distancias de seguridad a mantener en los distintos niveles de tensión en que trabajen. 3. Cumplimiento de Procedimientos para trabajos en instalaciones eléctricas. 4. Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas de AMYS

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
14) Sobreesfuerzos: Posibilidad de lesiones músculo- esqueléticas al producirse un desequilibrio acusado entre las exigencias de la tarea y la capacidad física. Puede darse en el trabajo sobre estructuras, en situaciones de manejo de cargas o debido a la posición forzada en la que se debe realizar en algunos momentos el trabajo.	1. En el manejo de equipos o herramientas manuales en posiciones forzadas. 2. En el manejo de máquinas herramientas y herramientas portátiles. 3. En el manejo de cargas. 4. En el accionamiento de elementos de maniobra de instalaciones: palancas... 5. Obligado por mecanismos en movimiento.	1. Formación e información del personal para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas. 2. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso y mantenimiento de viales. 3. Estudio previo de maniobras de movimiento de cargas y apoyo siempre en superficies estables. 4. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.
15) Explosiones: Posibilidad de que se produzca una mezcla explosiva del aire con gases o sustancias combustibles o sobrepresión de recipientes a presión.	1. Atmósferas explosivas. 2. Máquinas, equipos o botellas. 3. Deflagraciones.	1. Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas sustancias, máquinas, equipos o herramientas. 2. Actuación en lugares con posible presencia de atmósferas inflamables. 3. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso. 4. Inspecciones de instalaciones, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. 5. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
16) Incendios: Posibilidad de que se produzca o se propague un incendio como consecuencia de la actividad laboral y las condiciones del lugar de trabajo.	1. Acumulación de material combustible. 2. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. 3. Foco de ignición. 4. Atmósfera inflamable. 6. Proyecciones de partículas calientes (soldadura). 7. Llamas abiertas. 8. Descarga de electricidad estática. 8. Descarga de electricidad estática. 9. Sobrecarga de la red eléctrica.	1. Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas sustancias, máquinas, equipos o herramientas. 2. Actuación en lugares con posible presencia de atmósferas inflamables. 3. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso. 4. Inspecciones de instalaciones, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. Empleo de Equipos de mantenimiento. 6. Dimensionado de instalaciones y protecciones eléctricas.
17) Confinamiento: Posibilidad de quedarse recluso o aislado en recintos cerrados, o de sufrir algún accidente como consecuencia de la atmósfera respirable en dicho recinto.	1. Recintos cerrados con atmósferas bajas en oxígeno. 2. Recinto cerrado con riesgo de puesta en marcha accidental de elementos móviles o fluidos.	1. Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas sustancias, máquinas, equipos o herramientas. 2. Actuación en lugares con posible presencia de atmósferas inflamables. 3. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso. 4. Inspecciones de instalaciones, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. 5. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
18) Agresión de animales: Posibilidad de nidos de avispas o bien las complicaciones debidas a mordeduras, picaduras, irritaciones, sofocos, alergias, etc., provocadas por vegetales o animales, colonias de los mismos o residuos debidos a ellos y originadas por su crecimiento, presencia, estancia o nidificación en la instalación. Igualmente, los sustos o imprevistos por esta presencia pueden provocar el inicio de otros riesgos.	- Existencia de insectos en oquedades o cajas. - Alergias. - Zonas de coexistencia de las instalaciones con animales sueltos - Zonas de maleza o boscosas.	- Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y zonas. - Empleo de ropa de trabajo y Equipos de Protección Individual y Colectiva.
19) Sobrecarga térmica: Posibilidad de daño por permanencia en ambiente con calor o frío excesivo. Este riesgo se evalúa por mediciones de diferentes tipos de temperatura (seca, húmeda, etc.,)	- Exposición prolongada al calor . - Exposición prolongada al frío. - Cambios bruscos de temperatura. - Estrés térmico.	- Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de equipos de protección. - Limitar el tiempo de exposición según las tablas WBGT y los criterios de TLVs. - Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.
20) Ruido: No con la posibilidad de producir pérdida auditiva, con excepción del disparo de los interruptores neumáticos antiguos que pueden dar niveles superiores a los 120 dB (A). Consideramos el riesgo que pueda presentar para personal no habituado, el procedente de las maniobras habituales de la instalación y los sonidos de sirenas de aviso, que pueden producir reacciones imprevistas en caso de no estar informados.	- Disparo de interruptores neumáticos. - Mantenimiento y prueba de motogeneradores. - Sirenas de aviso. - Trabajos con máquinas de abrasión o arranque de viruta.	Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
21) Vibraciones: Posibilidad que se produzcan lesiones por exposición prolongada a vibraciones mecánicas. Este riesgo se evalúa mediante medición y comparación con valores de referencia.	1. Exposición a vibraciones (martillos neumáticos, vibradores de hormigón, etc)	1. Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas. 2. Empleo de Equipos de Protección Individual.
22) Radiaciones no ionizantes: Posibilidad de lesión por la acción de radiaciones no ionizantes.	1. Exposición a radiación no ionizante ultravioleta (soldadura). 2. Exposición a radiación no ionizante Infrarroja. 4. Exposición a radiación visible o luminosa.	1 Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas máquinas, equipos o herramientas. 2 Empleo de Equipos de Protección Individual.
23) Ventilación: Posibilidad de que se produzcan lesiones como consecuencia de la permanencia en locales o salas con ventilación insuficiente o excesiva por necesidad de la actividad. Este riesgo se evalúa mediante medición y comparación con los valores de referencia.	1. Ventilación ambiental insuficiente. 2. Ventilación excesiva (zonas de ventilación forzada, etc.) 3. Condiciones de ventilación especiales. 4. Atmósferas bajas en oxígeno.	1. Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas sustancias, máquinas, equipos o herramientas. 2. Actuación en lugares con posible presencia de atmósferas inflamables. 3. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso. 4. Inspecciones de instalaciones, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. 5. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.
24) Iluminación: Posible riesgo por falta de o insuficiente iluminación, reflejos, deslumbramientos, etc.	1. Iluminación ambiental insuficiente. 2. Deslumbramientos y reflejos.	1. Señalización, iluminación, delimitación, protección de zonas de trabajo y de paso. 2. Inspecciones de instalaciones, Partes de Observación de Anomalías y mantenimiento. 3. Empleo de iluminación portátil. 4. Empleo de Equipos de Protección Individual y Colectiva.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	SITUACIONES DE RIESGO TÍPICAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN BÁSICAS
25) Agentes químicos: Posibilidad de lesiones o afecciones producidas por la exposición a sustancias perjudiciales para la salud.	- Exposición a sustancias asfixiantes. - Exposición a sustancias tóxicas - Exposición a atmosferas contaminadas.	- Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinadas sustancias químicas. - Seguir las indicaciones de la Ficha de Seguridad del producto - Empleo de Equipos de Protección Individual.
26) Agentes biológicos: Riesgo de lesiones o afecciones por la exposición a contaminantes biológicos.	- Exposición a agentes biológicos. - Calidad del aire y el agua.	- Formación e información del personal para el trabajo en determinadas instalaciones y para el empleo de determinados agentes biológicos. - Empleo de Equipos de Protección Individual.
27) Carga Física: Posibilidad de carga física al producirse un desequilibrio ligero entre las exigencias de la tarea y a la capacidad física del trabajador.	- Movimientos repetitivos. - Espacios de trabajo. - Condiciones climáticas exteriores. - Carga estática. - Carga dinámica	- Formación e información del personal sobre el manejo manual de cargas. - Utilización de medios de elevación mecánicos. - Empleo de Equipos de Protección Individual.

5.5. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y EMERGENCIA

A continuación, se detallan medidas concretas de prevención y protección orientadas a los riesgos específicos de las instalaciones eléctricas y de la obra en general.

5.5.1. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS MÁS FRECUENTES

1. El personal del empresario o contratista deberá ser declarado médicamente apto para el trabajo. Asimismo, deberá acreditar una formación y adiestramiento adecuados, tanto en los aspectos técnicos necesarios para la ejecución de las tareas como en materia de prevención de riesgos laborales y primeros auxilios. Se dará cumplimiento específico al Real Decreto 614/2001 (y lo indicado en el MO 07.P2.02). En lo referente al recurso preventivo (Ley 54/2003), este deberá contar con la formación de nivel básico en prevención (mínimo 50 horas, o lo estipulado por la normativa o convenio aplicable) cuando se realicen trabajos que impliquen riesgos especiales, tales como altura o alta tensión. El empresario deberá especificar en su plan de seguridad la formación académica o experiencia mínimas que definen a un trabajador como capacitado para la realización de determinadas tareas o el manejo de equipos y maquinaria específicos, siempre atendiendo a las exigencias legales vigentes. Este requisito de cualificación es especialmente relevante para las figuras de trabajador autorizado o trabajador cualificado, según lo dispuesto en el RD 614/2001. Respecto a la formación en primeros auxilios, el mismo Real Decreto exige la presencia de al menos dos trabajadores con dicha formación en emplazamientos donde la comunicación para solicitar ayuda externa sea dificultosa.
2. Procedimientos de trabajo y seguridad operativa
 - El trabajador designado como recurso preventivo deberá estar presente de forma continuada durante todo el tiempo que se desarrollen trabajos con riesgos especiales. Se consideran como

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

tales: el riesgo de proximidad a alta tensión, el riesgo de caída de altura, los trabajos en tensión en baja tensión, y las labores en galerías o centros de transformación subterráneos.

- En todos los casos, se mantendrán las distancias de seguridad estipuladas en el RD 614/2001 respecto a instalaciones en tensión. Se adoptarán las medidas necesarias de señalización, apantallamiento y delimitación cuando sea preciso. La preparación y ejecución de estos trabajos debe ser realizada por personal con la debida formación técnica y preventiva.
 - Previo al inicio de los trabajos, los mandos planificarán las tareas conforme al plan establecido. Es obligatorio que informen a todos los operarios de forma clara sobre las maniobras a realizar, el alcance de los trabajos, los riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección a implementar, debiendo cerciorarse de que todos lo han comprendido.
3. El empresario o contratista incluirá en su plan la actuación detallada en caso de emergencia o accidente. En este apartado se resaltarán la dotación de medios con que contará el personal en obra (especialmente medios de comunicación y primeros auxilios), así como las instrucciones, direcciones y teléfonos de contacto para garantizar la asistencia necesaria. La dirección y teléfonos de estos servicios deberán ser conocidos por todo el personal.
4. El contratista dotará a su personal de equipos de protección individual (EPI) y Colectiva (EPC). Las funcionalidades y características de dichos equipos deberán ser equivalentes a los que "Distribución" (la empresa principal) proporciona a sus propios empleados para la realización del tipo de actividades contratadas, poniendo especial énfasis en la protección frente al riesgo eléctrico y al de caída de altura (si aplica).

5.5.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN ESPECÍFICAS FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO

El mantenimiento de distancias de seguridad respecto a los puntos en tensión más próximos constituye una de las medidas preventivas fundamentales para evitar el accidente eléctrico.

En cumplimiento de lo estipulado en el RD 614/2001, para la ejecución de trabajos en instalaciones, deberán respetarse las distancias mínimas que se especifican en la siguiente tabla:

Un	TET* FASE-TIER	MANIOBRAS ST DPEL-1	DELIMITACIÓN TRABAJOS SIN TENSIÓN DPROX - 1	TRABAJO NO CONTROLADO DPROX-2
< 1	80	50	70	300
3	80	62	112	300
6	80	62	112	300
10	80	65	115	300
15	80	66	116	300
20	80	72	122	300
30	80	82	132	300
45	120	98	148	300
66	120	120	170	300
110	130	160	210	500
132	130	180	330	500
220	160	260	410	500
380	250	390	540	700

La formación y cualificación específica (riesgo eléctrico) es un requisito que todo trabajador expuesto a riesgo eléctrico posea la formación indicada en el Real Decreto 614/2001. Esto incluye un conocimiento contrastado de las distancias de seguridad que deben mantenerse en los distintos niveles de tensión en los que operen, abarcando sus valores, referencias y los métodos para medirlas.

- Para Trabajos en Tensión (TET): el personal debe tener la formación específica exigida por el R.D. 614. Adicionalmente, para trabajos en alta tensión, la empresa debe estar autorizada por el comité técnico de trabajos en tensión de Iberdrola (si aplica).

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Para maniobras locales: la realización de maniobras en líneas y centros de transformación será efectuada exclusivamente por personal de la contrata que posea la formación teórica y práctica adecuada. La contrata debe certificar que dicho personal está capacitado para estas maniobras.

Las medidas operativas generales frente al riesgo eléctrico dado que este es un factor de gran importancia (para contacto directo/indirecto en AT/BT, arco eléctrico o contacto con elementos candentes) son las siguientes:

- Formación teórica, práctica, técnica y de prevención de riesgos laborales en materia eléctrica, en estricto cumplimiento del Real Decreto 614/2001 y en función del trabajo a desarrollar.
- Dotación y empleo de los equipos de protección individual (EPI) y colectiva (EPC) pertinentes, conforme a la normativa vigente (estatal y de Iberdrola).
- Coordinación con la empresa suministradora para definir las maniobras eléctricas necesarias.
- Conocimiento y seguimiento de los procedimientos de Iberdrola (MO correspondientes) para trabajos en instalaciones de alta tensión.
- Ejecución de los trabajos en baja tensión según las prescripciones de AMYS aplicables.
- Aplicación de las 5 reglas de oro y seguimiento del permiso de trabajo en instalaciones de alta tensión, tal como indica el MO 07.P2.03.
- Apantallamiento de los elementos en tensión en caso de proximidad, respetando siempre las distancias del Real Decreto 614/2001.
- Información preceptiva por parte del jefe de trabajo a todo el personal sobre la situación de la zona de trabajo y la ubicación de los puntos en tensión más cercanos.

Para los TET, se debe disponer de procedimientos de trabajo concretos para cada tipo de labor, los cuales serán escritos para trabajos en alta tensión. En baja tensión, existirán procedimientos básicos escritos que habrán servido de

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

base para la formación teórica y práctica del personal. Para las maniobras locales, el personal seguirá lo indicado en las instrucciones del fabricante y en los MT relacionados.

5.5.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN TAREAS ESPECÍFICAS

1. Instalación de grupos electrógenos cuando estos trabajos impliquen actuaciones de alta tensión. Se realizarán sin tensión, aplicando el MO 07.P2.03 ("Procedimiento de descargos..."). Además, se contemplarán los riesgos y medidas de este documento y lo indicado en el MT 2.13.25 ("Instalación de grupos electrógenos").
 - Si la conexión/desconexión debe realizarse cerca de elementos en tensión, se adoptarán medidas para reducir el número de dichos elementos o se instalarán protecciones. Si esto no es suficiente, se usarán técnicas de trabajo en tensión (TET) o se solicitará el descargo de la instalación (REEX).
 - El riesgo eléctrico indirecto durante el funcionamiento del grupo se evitará mediante la instalación de la pica de puesta a tierra del mismo.
 - Riesgo de incendio (combustible):
 - No se almacenará combustible en las proximidades del grupo para reposición o como depósito auxiliar.
 - El repostaje de gasoil se hará con el grupo totalmente parado y retenido.
 - Se prohíbe fumar en las inmediaciones durante el llenado, así como acumular paños, papeles u otros materiales impregnados de combustible.
 - Se cuidará la estanqueidad de los circuitos y la ventilación para evitar la acumulación de vapores inflamables o gases de combustión. El acceso al recinto motor-alternador para

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

mantenimiento se hará con el grupo parado, retenido y con la batería desconectada.

- Se tendrán en cuenta las medidas de manejo de cargas. Se evaluará el posicionamiento y los riesgos de desprendimientos, vuelcos o desplomes debidos a excavaciones, instalaciones subterráneas o deficiencias del terreno (realizando un estudio previo si es necesario). Se considerará también la evacuación de humos y el nivel de ruido, por su posible afectación a zonas próximas.

2. Trabajos con riesgo de caída de altura. La Ley 31/1995 (Prevención de Riesgos Laborales) y sus reglamentos exigen controlar en todo momento el riesgo de caída de altura superior a 2 metros.

- La empresa contratada debe disponer de un procedimiento para el ascenso, descenso, permanencia y desplazamientos horizontales en apoyos, estructuras o sobre equipos (si aplica).
- Se utilizará un sistema que garantice que el operario esté sujeto en todo momento a un punto fijo de resistencia suficiente, partiendo de que el trabajador conoce el uso correcto de cada componente del sistema.
- La persona que efectúe ascensos debe cumplir:
 - Haber recibido la formación específica teórica y práctica.
 - Disponer del equipo y elementos de protección personal correspondientes.
 - Seguir un procedimiento de revisión del equipo antes de su uso y de forma periódica.
- Se deben utilizar escaleras, andamios, plataformas de trabajo y equipos adecuados para minimizar el riesgo en trabajos de altura.
- Se debe analizar previamente la resistencia y estabilidad de las superficies, estructuras y apoyos a los que se vaya a acceder,

disponiendo los medios necesarios para asegurarlas. Los trabajos en altura solo serán realizados por personal formado y equipado.

5.5.4. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN EN LA ZONA DE TRABAJO

A continuación, se indican acciones generales para evitar o disminuir riesgos comunes, sin incluir aquellas específicas del método de trabajo del contratista. El personal dispondrá de los medios necesarios para su cumplimiento:

- Implementar las medidas preventivas colectivas según la normativa vigente.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de máquinas en movimiento y establecer un mantenimiento correcto de las mismas.
- El personal debe tener la información de los riesgos y la formación necesaria para detectarlos y controlarlos.
- Reconocer la instalación antes de comenzar, identificando, señalizando y protegiendo los puntos de riesgo (si es necesario, conjuntamente con personal de Iberdrola).
- Delimitación y acceso:
 - Especificar y delimitar las zonas donde no se puedan usar ciertos elementos por proximidad a tensión.
 - Acotar la zona de trabajo, prohibir la entrada a personal ajeno y velar por que se respete la limitación de acceso a zonas de trabajo ajenas.
 - Establecer y señalizar zonas de paso y acceso, diferenciándolas de las zonas prohibidas.
 - Balizar, señalizar y vallar el perímetro de trabajo y puntos singulares internos.
 - Informar a todos los participantes de las características de la instalación, sistemas de aviso y zonas permitidas/prohibidas.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Condiciones de trabajo:
 - Acordar las condiciones atmosféricas que obligarían a suspender el trabajo para no aumentar el riesgo.
 - Evitar pasar o trabajar debajo de la vertical de otros trabajos.
- Vehículos y herramientas:
 - Controlar que la carga, dimensiones y recorridos de los vehículos no superen límites y mantengan la distancia de seguridad a partes en tensión.
 - Transportar los elementos de trabajo alargados y conductores siempre en posición horizontal y a una altura inferior a la del operario.
 - No emplear escaleras ni alargadores de mangos de herramientas que no sean de material aislante.
- Estructuras: aplicable principalmente a entibaciones o estructuras temporales. Se arriostran los apoyos y verifican su estado de conservación y empotramiento antes de acceder o variar las tensiones mecánicas que soportan.
- Se debe concienciar sobre la posible presencia de seres vivos, basándose en las características biogeográficas del entorno, el periodo anual, la meteorología y los lugares propicios de la instalación (cuadros, zanjas, arquetas, etc.).

5.5.5. MEDIDAS GENERALES DE PROTECCIÓN (EPI Y EPC)

Se dan indicaciones generales sobre la necesidad de equipos de protección individual (EPI) y colectiva (EPC) en las fases generales de trabajo.

- La ropa de trabajo deberá ser adecuada a la tarea. En trabajos en tensión (AT y BT) y para maniobras en líneas y centros de transformación (AT), se deberá disponer de ropa ignífuga.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- El contratista seleccionará los equipos de protección necesarios según el tipo de trabajo, de entre los de uso más frecuente:
 - EPIs (según normas UNE EN): calzado de seguridad, casco, guantes aislantes (BT y AT), guantes de protección mecánica, pantalla contra proyecciones, gafas/pantalla de seguridad, arnés de seguridad, equipo contra caídas y chaleco de alta visibilidad.
 - Protecciones colectivas: señalización (cintas, banderolas, etc.), vallado y entibaciones.

Se requerirá cualquier tipo de protección colectiva específica para el trabajo, especialmente las necesarias para trabajos en instalaciones eléctricas (AT o BT), adecuadas al método de trabajo y características de las instalaciones.

Se incluyen también dispositivos y protecciones que eviten la caída del operario, como líneas de seguridad fijas, puntos de amarre, redes, aros de protección, etc., tanto en el ascenso/descenso como en la permanencia en altura.

5.5.6. ALCANCE DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Con carácter general, se indican los posibles riesgos y las medidas preventivas/protección a adoptar (para eliminarlos o minimizarlos) en las fases de construcción, mantenimiento, pruebas, puesta en servicio, retirada, desmontaje o desguace de instalaciones.

Se incluye un resumen de riesgos y medidas para fases típicas de algunos trabajos. Aunque esos trabajos no se estén realizando, este resumen puede servir como pauta para la evaluación de riesgos y la disposición de medidas en un trabajo y lugar determinado, especialmente si en su proximidad se realiza una tarea similar.

5.6. ANÁLISIS DE RIESGOS POR FASES

5.6.1. MANIOBRAS, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES

Fase	Riesgos	Medidas tipo de prevención y protección
FASE 1. Maniobras, pruebas y puesta en servicio. (Desconexión y/o protección en el caso de mantenimiento, retirada o desmontaje de instalaciones)	• Golpes • Heridas • Caídas de objetos • Atrapamientos • Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT. • Elementos candentes y quemaduras. • Arco eléctrico en AT y BT. • Presencia de animales, colonias, etc.	• Cumplimiento MO 07.P2.02 al 05. Preparación previa de la zona de trabajo por un Trabajador Cualificado cuando haya riesgo de AT. • Procedimientos escritos para los trabajos en TET – BT. • Aplicar las 5 Reglas de Oro. • Apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión. • Informar por parte del Jefe de Trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos en tensión más cercanos. • Mantenimiento equipos y utilización de EPIs. • Adecuación de las cargas Control de maniobras Vigilancia continuada. • Presencia de Recurso Preventivo si se trata de trabajos en proximidad de alta tensión, altura o TET en baja tensión. • Dotación de medios para aplicar las 5 Reglas de Oro. • Mantenimiento de distancias de seguridad a partes en tensión no protegidas. • Prevención antes de aperturas de armarios, etc. frente a posibles riesgos de animales, desprendimientos, ...

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Fase	Riesgos	Medidas tipo de prevención y protección
FASE 1. Maniobras, pruebas y puesta en servicio. (Desconexión y/o protección en el caso de mantenimiento, retirada o desmontaje de instalaciones)	• Golpes • Heridas • Caídas de objetos • Atrapamientos • Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT. • Elementos candentes y quemaduras. • Arco eléctrico en AT y BT. • Presencia de animales, colonias, etc.	• Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas a realizar. • Formación y autorización de acuerdo con el Real Decreto 614/2001. Personal formado y con experiencia en el manejo de equipos y en este tipo de trabajos. • Conocimiento contrastado de todos los trabajadores de las distancias de seguridad a mantener en los distintos niveles de tensión en que trabajen. • Conocimiento de los Procedimientos aplicables a los trabajos. • Seguir los procedimientos de descargo de instalaciones eléctricas, MO. • Cumplimiento MO 07.P2.02 al 05. • Preparación previa de la zona de trabajo por un Trabajador Cualificado cuando haya riesgo de AT. • Procedimientos escritos para los trabajos • en TET – BT. • Aplicar las 5 Reglas de Oro. • Apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión Informar por parte del jefe de trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos en tensión más cercanos. • Mantenimiento equipos y utilización de EPIs • Adecuación de las cargas Control de maniobras Vigilancia continuada. • Presencia de Recurso Preventivo si se trata de trabajos en proximidad de alta tensión, altura o TET en baja tensión.

Fase	Riesgos	Medidas tipo de prevención y protección
FASE 1. Maniobras, pruebas y puesta en servicio. (Desconexión y/o protección en el caso de mantenimiento, retirada o desmontaje de instalaciones)	• Golpes • Heridas • Caídas de objetos • Atrapamientos • Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT. • Elementos candentes y quemaduras. • Arco eléctrico en AT y BT. • Presencia de animales, colonias, etc.	• Dotación de medios para aplicar las 5 Reglas de Oro. • Mantenimiento de distancias de seguridad a partes en tensión no protegidas. • Prevención antes de aperturas de armarios, etc. frente a posibles riesgos de animales, desprendimientos, ...

5.6.2. TRABAJOS EN LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Los trabajos en este tipo de instalaciones deben comenzar con la delimitación de la zona de trabajo. Esta acción es primordial para evitar riesgos tanto a los trabajadores que ejecutan las labores como al público, ya sean peatones o vehículos.

Es crucial considerar que en estas instalaciones pueden producirse concentraciones de gases inflamables. Estos gases pueden tener diversas fuentes, incluyendo la proximidad de instalaciones de gas natural, y cualquier variación de las condiciones existentes puede provocar una explosión o deflagración.

Asimismo, en arquetas de tamaño suficiente para que el trabajador se sitúe dentro, existe el riesgo de respirar emanaciones, con el consiguiente peligro de intoxicación o asfixia. Por tanto, el personal debe estar informado de estos riesgos y disponer de los medios de detección, prevención y protección

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

necesarios, así como de instrucciones claras de actuación. Se debe conocer y cumplir el MO 07.P2.10.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el riesgo de sobreesfuerzo al realizar la apertura de las arquetas. Para prevenirlo, se debe contar con los medios apropiados que faciliten la tarea de levantamiento y traslado, limitando así el esfuerzo físico requerido por el trabajador.

A continuación, se detallan la fase, riesgos y medidas tipo de prevención y protección diseñadas para evitar o minimizar dichos riesgos.



Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Fase	Riesgos	Medidas tipo de prevención y protección
1. Acopio, carga y descarga. (Acopio carga y descarga de material recuperado/ chatarra)	• Golpes. • Heridas. • Caídas de objetos. • Atrapamientos. • Presencia de animales. • Mordeduras, picaduras, sustos.	• Mantenimiento equipos. • Utilización de EPIs. • Adecuación de las cargas. • Control de maniobras. • No situarse bajo la carga • Vigilancia continuada. • Revisión del entorno.
2. Excavación, hormigonado y obras auxiliares.	• Caídas al mismo nivel. • Caídas a diferente nivel. • Caídas de objetos. • Golpes y heridas. • Oculares, cuerpos extraños. • Atrapamientos. • Exposición al gas natural. • Desprendimientos. • Riesgos a terceros. • Sobreesfuerzos. • Contacto Eléctrico en AT o en BT.	• Orden y limpieza. • Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente. • Identificación de canalizaciones. • Control de maniobras y vigilancia continuada. • Cumplimiento del MO 07.P2.10. • Entibamiento. • Vallado de seguridad, protección huecos, información sobre posibles conducciones. • Utilizar fajas de protección lumbar. • Vigilancia continuada de la zona donde se está excavando.
3. Izado y acondicionado del cable en apoyo LA. (Desmontaje cable en apoyo de Línea Aérea)	• Caídas desde altura • Golpes y heridas • Atrapamientos. • Caídas de objetos • Desplome o rotura del apoyo o estructura	• Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente. • Control de maniobras y vigilancia continuada. • Análisis previo de las condiciones de tiro y equilibrio y atirantado o medios de trabajo específicos.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Fase	Riesgos	Medidas tipo de prevención y protección
4. Tendido, empalme y terminales de conductores. (Desmontaje de conductores, empalmes y terminales)	• Caídas desde altura. • Golpes y heridas. • Atrapamientos. • Caídas de objetos. • Quemaduras. • Vuelco de maquinaria. • Sobreesfuerzos. • Riesgos a terceros. • Ataque de animales	• Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente. • Control de maniobras y vigilancia continuada. • Acondicionamiento de la zona de ubicación, anclaje correcto de las máquinas de tracción. • Utilizar fajas de protección lumbar - Vigilancia continuada y señalización de Riesgos. • Revisión del entorno.
5. Engrapado de soportes en galerías. (Desengrapado de soportes en galerías)	• Caídas desde altura. • Golpes y heridas. • Atrapamientos. • Caídas de objetos. • Sobresfuerzos.	• Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente. • Control de maniobras y vigilancia continuada. • Utilizar fajas de protección lumbar.
6. Pruebas y puesta en servicio. (Mantenimiento, desguace o recuperación de instalaciones)	• Los recogidos en la tabla de “Maniobras, pruebas y puesta en servicio de las instalaciones”. • Presencia de colonias, nidos.	• Las indicadas en la tabla de “Maniobras, pruebas y puesta en servicio de las instalaciones”. • Revisión del entorno.

5.7. INSTRUCCIONES Y MEDIDAS DE EMERGENCIA

5.7.1. PRECAUCIÓN GENERAL: PROXIMIDAD DE ELEMENTOS EN TENSIÓN

En cualquier circunstancia, es imperativo mantener la distancia de seguridad indicada en el Real Decreto 614/2001 con respecto a cualquier elemento que pueda estar en tensión.

5.7.2. CONSIDERACIONES GENERALES: PRINCIPIOS DE ACTUACIÓN (PAS)

En el caso de que se produzca una situación de emergencia, se deben seguir los principios básicos de Proteger, Alertar y Socorrer (PAS).

- Proteger: se debe valorar la situación de forma inmediata. La prioridad absoluta es garantizar la seguridad, en este orden:

1. La de los trabajadores que no se han visto implicados en el accidente o emergencia.
2. La de la persona accidentada o los trabajadores implicados en la situación de emergencia. (Ejemplo: ante una atmósfera tóxica, no se atenderá al intoxicado sin antes proteger las vías respiratorias de quienes van a auxiliarle). Como medida de protección esencial, y siempre que sea posible, se detendrá el proceso que causa la emergencia (por ejemplo, cortar el suministro eléctrico en caso de electrocución, cerrar las llaves del gas en un escape, etc.). Esto se hace para evitar que haya más personas afectadas y para poder atender de inmediato a quien lo requiera.

- Alertar: se debe pedir ayuda a los servicios de emergencia, respondiendo a todas las preguntas que realicen antes de cortar la comunicación.

- Las llamadas de atención médica inmediata se enviarán directamente y lo antes posible al teléfono 112.
- Cualquier otra llamada de emergencia se canalizará hacia los centros de control de distribución de la zona. En todos los lugares

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

de trabajo se deberá contar con un medio de comunicación (teléfono móvil o emisora). Además, se tendrán siempre disponibles los números de teléfono pertinentes para casos de emergencia, que incluirán:

- La dirección y el número de teléfono de los servicios locales de urgencia.
- El número de emergencia de la mutua de accidentes de trabajo de las empresas intervinientes.

- Socorrer: en caso de caída de altura o accidente eléctrico, se presupondrá siempre la existencia de lesiones graves. En consecuencia, se extremarán las precauciones de atención primaria en la obra. Se aplicarán las técnicas especiales para la inmovilización del accidentado hasta la llegada de los equipos de emergencia. Se procederá a acotar y señalizar la zona. Si existe gravedad manifiesta, la evacuación del herido se realizará siempre en ambulancia, evitando el uso de transportes particulares.

5.7.3. ACTUACIONES ESPECÍFICAS EN CASO DE INCENDIO EN LAS INSTALACIONES

En caso de incendio, se seguirán las siguientes instrucciones:

- Al descubrir el fuego, comuníquelo de inmediato con el centro de control de distribución de la zona (personalmente o a través de un compañero).
- Si la magnitud del fuego se considera incontrolable, llame a los bomberos.
- Cuando llegue el auxilio de los bomberos, coordine con el jefe de bomberos su actuación. Es prioritario garantizar que las zonas afectadas están sin tensión antes de que los bomberos accedan a ellas.
- Solicite al centro de control que deje sin tensión las zonas que puedan verse afectadas por llamas o humos, así como las zonas próximas que deban invadirse para controlar el fuego.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Intente controlar el incendio utilizando los extintores más próximos que sean apropiados para la clase de fuego y acerque los que se encuentren más alejados.
- Se utilizarán los equipos de extinción situados para tal efecto. (Se dispondrá de dos extintores de eficacia 89B en cada vehículo. Estos serán del agente extintor y tamaño adecuados al tipo de incendio previsible y se revisarán cada 6 meses como máximo).

TIPO DE FUEGO	AGUA	CO2	POLVO	HALON
Sólidos	Sí	No	Sí	Sí
Líquidos	No	Sí	Sí	Sí
Gases	No	No	Sí	Sí
Eléctrico	No	Sí	Sí	Sí

A continuación, el procedimiento de uso de extintores:

- Aproximación: aproxímese a las proximidades del fuego sin accionar el extintor. Posiciónese siempre de espaldas a la dirección del viento, asegurando que se mantiene en una ubicación intermedia entre el fuego y una ruta de escape clara.
- Preparación: prepare el extintor siguiendo las instrucciones de la etiqueta del propio equipo.
- Comprobación: presione la palanca de descarga brevemente para verificar su funcionamiento.
- Extinción: dirija el chorro a la base del objeto que arde y manténgalo hasta la total extinción del fuego o hasta que el agente extintor se agote.
- Evacuación: evacue la zona con la mayor brevedad posible, procurando no inhalar los posibles gases generados por la combustión.
- Confinamiento: tras una evacuación total, cierre las vías de oxigenación (puertas, ventanas, etc.) para evitar la propagación del fuego.
- Precaución: no se arriesgue inútilmente.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

También, para la intervención sobre instalaciones eléctricas en tensión, se aplicarán las siguientes normas si no se ha podido realizar el descargo de la instalación:

- Idoneidad del extintor: Asegurarse de que el extintor es apto para emplearse sobre instalaciones eléctricas en tensión, siguiendo las instrucciones del fabricante (etiquetado). Están prohibidos los extintores de agua o de espuma.
- Protección: Utilizar siempre guantes aislantes.
- Distancias de Seguridad: Mantener una separación mínima entre el aparato extintor y los puntos en tensión de la instalación, según la siguiente tabla:
 - Instalaciones de B.T.: 0,5 metros
 - Instalaciones de A.T. (hasta 15 kV incluidos): 1 metro
 - Instalaciones de A.T. (entre 15 y 66 kV incluidos): 2 metros
 - Instalaciones de A.T. (más de 66 kV): 4 metros
- Alta Tensión (>66 kV): No es aconsejable el uso de extintores en estas instalaciones, salvo que exista la certeza absoluta de que la parte siniestrada de la instalación está sin tensión.

5.7.4. ACTUACIONES EN CASO DE ACCIDENTES ELÉCTRICOS

1. Pasos Inmediatos

- Comunicar: informar de inmediato sobre la incidencia a una tercera persona que pueda prestar ayuda. Si es necesario, comunicar con el Centro de Control de Distribución.
- Verificar contacto: antes de intentar cualquier maniobra de reanimación, es imperativo comprobar que el accidentado no sigue en contacto con un conductor en tensión. Si lo estuviera, se debe proceder primero a su desprendimiento.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

2. Desprendimiento de la víctima

- Opción 1 (prioritaria): cortar inmediatamente la corriente si el aparato de corte se encuentra en la proximidad del lugar del accidente.
- Opción 2: poner los conductores en cortocircuito (colocándose fuera del alcance de los efectos de la corriente o del propio cortocircuito) para lograr el mismo resultado.
- Opción 3 (Si no se puede cortar la corriente): el personal que efectúe el desprendimiento deberá:
 - Aislarse simultáneamente de la tensión y de la tierra.
 - Protegerse con guantes, utilizando pértigas o ganchos, y banquetas o alfombras aislantes, todo ello adecuado a la tensión de la instalación.
 - Separar al accidentado del conductor (o conductores) sin entrar en contacto directo ni con él ni con objetos metálicos que toquen un conductor con tensión.

3. Accidentes eléctricos ocurridos en altura

- Prever la caída: antes de cortar la corriente, se debe prever en todo momento la posible caída de la víctima.
- Víctima suspendida: si la víctima queda colgada de un poste por su cinturón o arnés de seguridad, las posibilidades de reanimación aumentan si el auxiliador puede, (sin ponerse en contacto con el conductor, o idealmente, habiendo cortado la corriente), practicar una docena de insuflaciones boca-boca antes de iniciar el descenso, y otra vez a mitad de este.
- Descenso rápido: si lo anterior no es posible, se procederá a bajar a la víctima por los medios más rápidos disponibles (cuerdas, descensor, escaleras, etc.). No se debe perder tiempo en mantener el cuerpo en una posición determinada durante el descenso.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

4. Conducta a seguir tras el desprendimiento de la víctima

- Reanimación: una vez la víctima esté en el suelo, si se encuentra inanimada, se procederá con toda urgencia a la respiración artificial.
- Parada circulatoria: Si tras una docena de insuflaciones (método boca-boca) se observan signos de parada circulatoria (palidez, ausencia de pulso en cuello y muñeca, pupilas dilatadas, pérdida de consciencia persistente), se debe proceder simultáneamente al masaje cardíaco externo.
- No mover: no se debe perder tiempo en mover al accidentado, salvo que sea imprescindible retirarlo de una atmósfera viciada.
- Aviso: si hay varias personas presentes, una de ellas debe avisar al médico, pero en ningún caso se debe mover a la víctima ni interrumpir la reanimación.
- Temperatura: evitar que el accidentado se enfríe, abrigándole con mantas, pero sin interrumpir la reanimación en ningún momento.
- Vigilancia: cuando la víctima se reanime, hay que permanecer a su lado para reiniciar la respiración artificial si la respiración natural cediese.
- Convulsiones: no debe olvidarse que un accidentado de este tipo puede presentar movimientos convulsivos al recobrar la consciencia, lo que podría determinar una nueva pérdida de la misma.

5.7.5. ACTUACIONES ANTE OTRAS SITUACIONES DE EMERGENCIA

Si hay cables en el suelo:

- Líneas de baja tensión (BT):
 - Evitar daños a terceros, aislando y controlando la zona.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Avisar al Centro de Control de Distribución de la zona.
- Nunca debe levantarse un conductor de BT del suelo si no se emplean medios de protección personal y herramientas aisladas adecuadas, o si no se tiene la certeza de que el servicio eléctrico ha sido cortado.
- Líneas de alta tensión (AT):
 - Evitar daños a terceros, aislando y controlando la zona.
 - Prestar especial atención a las tensiones de paso y a las transferidas.
 - Avisar al Centro de Control de Distribución de la zona.

Si hay una línea caída (sin tocar el suelo):

- Actuar como en el caso anterior de líneas de alta tensión, incluso si la línea fuese de baja tensión.

Si hay que despejar elementos de instalaciones:

- Instalaciones de Baja Tensión (BT):
 - Controlar la zona para prevenir posibles daños a terceros.
 - Avisar al Centro de Control de Distribución de la zona.
 - En su caso, proceder a retirar los elementos utilizando el equipo de protección personal. Prestar máxima atención a la posible formación de cortocircuitos.
- Instalaciones de Alta Tensión (AT):
 - Controlar la zona para prevenir posibles daños a terceros.
 - Avisar al Centro de Control de Distribución de la zona.
 - Esperar a que acuda personal de la Empresa Eléctrica para efectuar el despeje de la instalación de AT.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Además, la presencia de gas natural o atmósferas asfixiantes/tóxicas en la proximidad de instalaciones de gas natural puede generar riesgos por acumulación de gases inflamables en cavidades subterráneas, sustancias tóxicas o deficiencia de oxígeno. Si se detectan evidencias de gas (olor, avisos, etc.) o se confirma con detectores, se procederá a:

1. Interrumpir inmediatamente la actividad.
 2. Informar urgentemente al centro de control de distribución.
 3. Esperar las instrucciones del centro de control.
 4. Colaborar con el personal de la compañía de gas si se indica.
 5. Reanudar la actividad únicamente cuando lo indique el centro de control.
- También, se seguirán las indicaciones del plan de autoprotección de la instalación y, en subestaciones, se tendrá en cuenta el MO 07.P2.17.

Si hay un accidente laboral o enfermedad (con asistencia médica inmediata):

- Las llamadas de atención médica inmediata se dirigirán, lo antes posible, al teléfono 112.
- Posteriormente, si el incidente ocurre en centros de IBERDROLA, se comunicará con el centro de control de distribución.
- En caso de accidente eléctrico, quitar tensión o alejar al accidentado (con seguridad).
- Calmar al herido.
- Sacar al afectado de la zona de peligro (teniendo en cuenta posibles lesiones medulares).
- Examinar síntomas (respiración, pulso, fracturas, hemorragias).
- Prestar primeros auxilios.

En caso de evacuación del personal por distintas circunstancias en trabajos realizados en centros con dependencias que pudieran ser afectadas por una emergencia:

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Al incorporarse: solicitar al responsable del centro la información sobre la actuación ante emergencias y conocer las consignas y medios disponibles.
- Información específica: el responsable del centro informará de las consignas generales y de las particulares derivadas de los trabajos a desarrollar. Pautas generales a recordar en caso de emergencia:
 - Atender las consignas (megafonía o personales).
 - Desconectar equipos de trabajo y dejarlos en posición segura.
 - Cerrar válvulas de equipos a presión.
 - Evacuación de zona: dejar los equipos en situación segura.
 - Colaborar: informar al personal y colaborar en una evacuación rápida y segura.
 - Señalización: seguir las consignas y señales (salidas, extintores, etc.).
 - No usar ascensores.
 - Realizar la evacuación sin carreras ni apresuramientos.
 - Recuento: una vez en la zona de seguridad, hacer un recuento del personal del equipo e informar de cualquier anomalía.

6. EJECUCIÓN DE LA OBRA CIVIL Y MEDIDAS DE SEGURIDAD VIAL

6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA

6.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SITUACIÓN

La situación y el tipo de obra a realizar (línea subterránea de media tensión) deberán recogerse en un anexo específico para el estudio básico de seguridad y salud concreto. Se deberán considerar las dificultades de acceso que pudieran existir, estableciendo los medios de transporte y traslado más adecuados a la orografía.

6.1.2. SUMINISTROS PROVISIONALES DE OBRA

- Suministro de energía eléctrica: el suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la empresa constructora, que proporcionará los puntos de enganche necesarios. Todos los puntos de toma de corriente, incluidos los provisionales para herramientas portátiles, deberán contar con la protección térmica y diferencial adecuada.
- Suministro de agua potable: el suministro de agua potable se realizará a través de las conducciones habituales de la región o zona. Si esto no fuera posible, se dispondrá de los medios necesarios (cisternas, etc.) que garanticen su existencia regular desde el comienzo de la obra.

6.1.3. SERVICIOS HIGIÉNICOS

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado. En caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos, de modo que no se agrede al medio ambiente.

6.2. TRABAJOS DE EXCAVACIÓN (“ZANJAS”) Y HORMIGONADO

6.2.1. METODOLOGÍA GENERAL DE EXCAVACIÓN

Las labores de excavación se ejecutarán conforme a la anchura y profundidad establecidas en el proyecto. La instalación de entibaciones (sistemas de contención) se realizará en aquellos casos en que la naturaleza del terreno lo precise.

Para este proyecto en particular, la profundidad de las zanjas será de 1.32 m. De acuerdo con la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE- CCT/1977) sobre "Cimentaciones. Contenciones. Taludes", esta profundidad permite la ejecución de taludes, zanjas o pozos sin necesidad de entibación bajo ciertas condiciones.

Dicha norma especifica la altura máxima admisible para un talud provisional (siempre que esté libre de solicitaciones de sobrecarga) en función de dos variables: la resistencia a la compresión simple del terreno y el ángulo de inclinación del talud, que no debe ser mayor de 60° sexagesimales.

Normas de ámbito europeo también aceptan la ejecución de un corte vertical sin entibar de hasta 1.75 m, siempre y cuando exista un talud superior de 0.50 m de altura y un ángulo de 45°.

6.2.2. FACTORES DE RIESGO Y NECESIDAD DE ENTIBACIÓN

Es de suma importancia considerar que agentes atmosféricos como lluvias, sequías o heladas actúan directamente sobre la estabilidad de la zanja.

Se deberá considerar la entibación a cualquier profundidad si se presentan riesgos que puedan afectar al talud, tales como:

- El rebajamiento del nivel freático mediante la apertura de una represa.
- La entrada de agua entre las distintas capas del suelo.
- La desecación de suelos que no sean cohesivos.
- La inexistencia de zonas de seguridad perimetrales libres de cargas.
- Sacudidas o vibraciones debidas al tráfico, hincado de pilotes, compactaciones del terreno o voladuras, entre otros motivos.

6.2.3. CRITERIOS PARA EL USO DE ENTIBACIÓN

Cuando no se cumplan las condiciones técnicas que posibilitan la ejecución de taludes seguros (mencionadas anteriormente), debe considerarse la existencia de un peligro potencial por desprendimiento. Por tanto, las zanjas deben asegurarse empleando los diferentes sistemas de entibación existentes.

Se debe señalar la necesidad de utilizar entibaciones en los siguientes casos:

- Suelos finos no cohesivos (como arenas), granulares no cohesivos, rellenos artificiales o suelos cohesivos con presencia de agua.
- Zanjas de mediana o gran profundidad en cualquier tipo de suelo, donde la creación de un talud mínimo involucraría un gran volumen de excavación o un importante volumen adicional de rellenos compactados.¹
- Zanjas en ámbitos urbanos.²
- Casos especiales: cuando la construcción de taludes estables sea desigual o en suelos cuya composición sea diferente a lo largo del trazado.

Los agentes decisivos que definen el tipo de entibación a utilizar son:

- La longitud de las planchas a usar (en función de la longitud del tubo a instalar).
- La presencia de servicios transversales.

6.2.4. PRÁCTICAS DE TRABAJO EN ZANJAS Y VÍA PÚBLICA

- Acopio de tierras: se procurará dejar un paso de 0.50 m entre la zanja y las tierras extraídas para facilitar la circulación del personal y evitar caídas de material. Las tierras aptas para relleno se separarán de los restos de pavimentos demolidos.
- Servicios existentes: se tomarán precauciones para no tapar registros (gas, teléfono, riego, alcantarillas, etc.).

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Gestión del tránsito: se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como accesos a edificios. Cualquier interrupción de la circulación requerirá autorización del director de Obra.
- Afección a otros servicios: si aparecen instalaciones de otros servicios, se tomarán precauciones para no dañarlas y dejarlas en su estado original al finalizar.
- Averías: si se causa una avería involuntaria, se avisará con urgencia a la empresa correspondiente para su reparación.

6.3. CANALIZACIONES SUBTERRÁNEAS

En este caso, la canalización será entubada. Se utilizarán tubos con ensambles que eviten rozamientos internos durante el tendido del cable.

Las dimensiones de la zanja (anchuras mínimas) considerarán la anchura máxima de la conducción y la profundidad.

- Arquetas: se preverán arquetas distanciadas a no más de 40 m, en cambios de dirección y en puntos de derivación o acometida. Tendrán un lecho absorbente en el fondo y sus dimensiones se ajustarán al proyecto.
- Cruces de vías: se realizarán mediante tubos hormigonados en toda su longitud, asegurando la penetración del hormigón entre ellos.
- Procedimiento de cruce: antes de cruzar una vía, se explorará mediante calas de reconocimiento en ambas aceras. Se abrirá media calzada; si está libre, se protegerá con chapas metálicas para el tráfico. Luego se abrirá la otra media. Si aparece un obstáculo, se buscará otro punto de cruce y se restablecerá el pavimento original.

6.4. TENDIDO DE CABLES SUBTERRÁNEOS

Los preparativos antes del tendido incluyen el estudio de la ubicación de la bobina y las formas de extracción del cable.

- Ubicación de la bobina: se elegirá el lugar más adecuado.
 - En pendiente, preferiblemente en sentido descendente.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Si hay obstáculos (curvas, tubulares) cerca de un extremo, colocar la bobina en el extremo opuesto.
- Extracción del cable:
 - Haciendo rodar la bobina sobre su eje, extrayendo por la parte superior.
 - O montada sobre un vehículo, extrayendo por desplazamiento del vehículo.
 - La bobina se suspenderá con una barra a través del agujero central, soportada por gatos mecánicos. Los soportes asegurarán la estabilidad durante la rotación.

6.5. PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO

Fuera del centro de transformación, el conductor neutro (si existiera en el sistema de MT) se pondrá a tierra, como mínimo, cada 200 m. El valor de dicha puesta a tierra debe ser inferior a 200 ohm.

6.6. DISTANCIAS LÍMITE Y PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA DURANTE LA OBRA CIVIL

6.6.1. DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO (RD614/2001)

Para la ejecución de los trabajos de excavación y hormigonado, será preceptivo tomar en consideración las distancias límite de las zonas de trabajo establecidas en el RD 614/2001 frente al riesgo eléctrico.

Tabla 1. Distancias límite de las zonas de trabajo				
Un	DPEL-1	DPEL-2	DPROX-1	DPROX-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).
- DPEL-1: Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro (con riesgo de sobretensión por rayo, cm).
- DPEL-2: Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro (sin riesgo de sobretensión por rayo, cm).
- DPROX-1: Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad (si es posible delimitar y controlar la zona, cm).
- DPROX-2: Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad (si NO es posible delimitar y controlar la zona, cm).

Para valores de tensión intermedios, las distancias se calcularán por interpolación lineal.

6.6.2. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO Y SEGURIDAD ELÉCTRICA EN PROXIMIDAD

Aunque en este caso se cumplan las distancias, como medida de precaución adicional, siempre que se ejecuten zanjas en accesos a CTs o en cruzamientos con otras líneas (LSBT o LSMT) existentes, se solicitará su puesta en régimen especial de explotación para garantizar la seguridad.

Una vez identificada la zona y los elementos con tensión, el procedimiento seguirá los principios de trabajo sin tensión:

1. Desconectar / Solicitar Régimen Especial (REEX).
2. Prevenir realimentación (bloqueo, señalización).
3. Verificar ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito.
5. Proteger frente a elementos próximos en tensión y delimitar la zona de trabajo.

La reposición de la tensión solo comenzará tras finalizar el trabajo, retirar al personal no indispensable y recoger herramientas.

6.6.3. NORMAS PREVENTIVAS: EJECUCIÓN CERCA DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS EXISTENTES

Al realizar trabajos con riesgo de contacto con líneas soterradas, se establecen las siguientes medidas:

Identificación y medidas Generales:

- Recabar información sobre existencia y ubicación de servicios subterráneos. Consultar planos del proyecto.
- Intentar desviar o anular los servicios afectados. Priorizar la descarga de líneas eléctricas.
- Si no es posible desviar/anular, evaluar el riesgo (maquinaria, proximidad, etc.).

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Usar localizadores de servicios. Evitar útiles metálicos.
- Señalizar adecuadamente la situación de las líneas localizadas (RD 1627/1997).
- Solicitar autorización a compañías para poner fuera de servicio instalaciones que interfieran.
- Cualquier manipulación será realizada exclusivamente por personal autorizado por la Compañía Suministradora.
- Dar instrucciones claras a los trabajadores.

Procedimientos de actuación en proximidad a líneas en tensión:

- Si la línea es conocida:
 - Intentar descargo previo.
 - Excavación mecánica hasta 1 m.
 - Excavación manual asistida (martillo, pico) hasta 0,50 m.
 - Excavación manual (pala) desde 0,50 m hasta protección física, con autorización.
 - Supervisión "in situ" por responsable contratista y consentimiento de la compañía suministradora.
 - Uso de detectores de campo y calas para confirmar posición.
 - EPIs específicos: Botas/cascos dieléctricos, protección ocular y calzado aislante.
- Si la línea es existente pero el trazo es desconocido:
 - Solicitar información de ubicación/tensión a la compañía.
 - Si no hay garantías, operar como en el anterior caso, pero solicitando supervisión de responsable cualificado de la compañía suministradora.
 - Informar a los trabajadores.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Si la línea es desconocida:
 - Usar radio detector de campos eléctricos antes de empezar cualquier excavación.
 - Planificar trabajos según información del detector.

6.7. VEHÍCULOS Y MAQUINARIA DE OBRA

Se comprobará que la maquinaria no presenta defectos y se dispondrá en obra del acta de Mantenimiento (RD 1627/1997).

Los vehículos y maquinaria deberán:

1. Estar bien proyectados (principios de ergonomía).
2. Mantenerse en buen estado.
3. Utilizarse correctamente.

Los conductores recibirán formación especial. Se tomarán medidas para evitar caídas en excavaciones. Cuando sea necesario, equiparán estructuras ROPS y FOPS.

6.8. VERIFICACIONES DURANTE LA OBRA CIVIL

El responsable de ejecución realizará las siguientes inspecciones:

- Equipos de inspección/medición en perfecto estado y calibrados.
- Verificar que servicios aparecidos no sufran daños.
- Dimensiones de zanja correctas. Fondo limpio (sin piedras/aristas).
- El relleno/protección será una capa de arena correcta (bajo y sobre cable) con la protección mecánica y cinta de señalización colocadas.
- Dimensiones correctas de arquetas.
- Hormigón sobre tubos correcto.
- Canalización limpia antes del tendido.
- Alambre-guía colocado.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

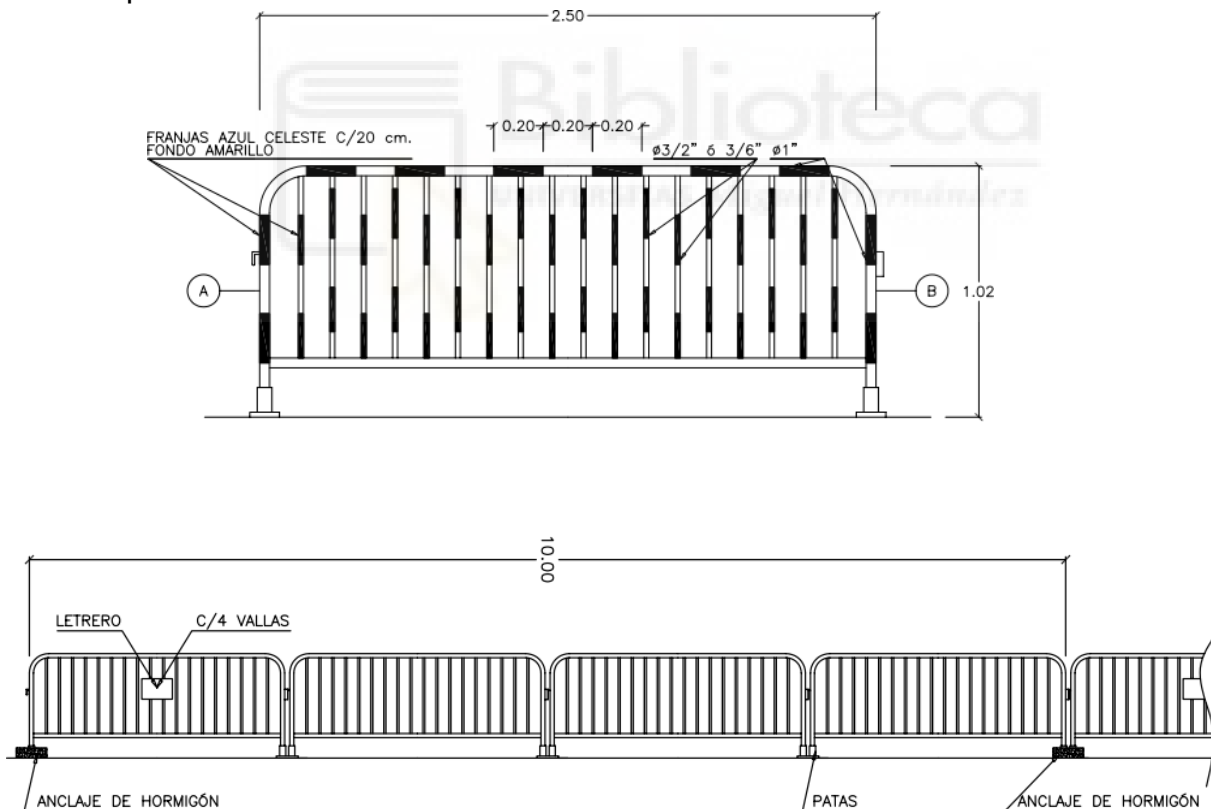
- Puesta a tierra < 20 ohm.
- Reposición pavimentos correcta.
- Medios de protección retirados.
- Materiales sobrantes/herramientas recogidos.
- Lugar de obra en perfecto estado.

6.9. SEGURIDAD VIAL Y SEÑALIZACIÓN DE OBRA

Durante la ejecución de las obras, se aportará plano con las medidas de seguridad vial, indicando vallado, luminaria, señalización, etc.

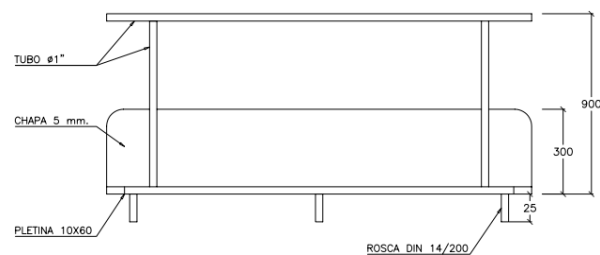
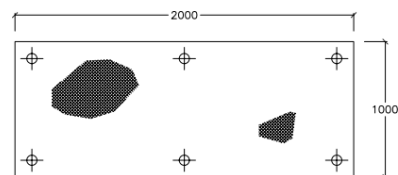
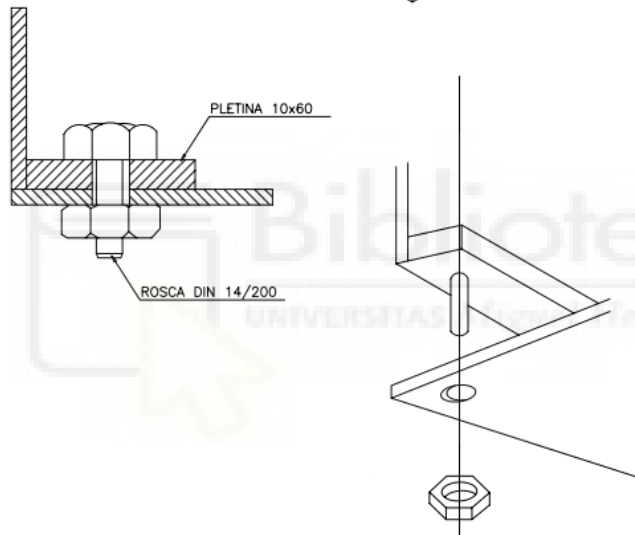
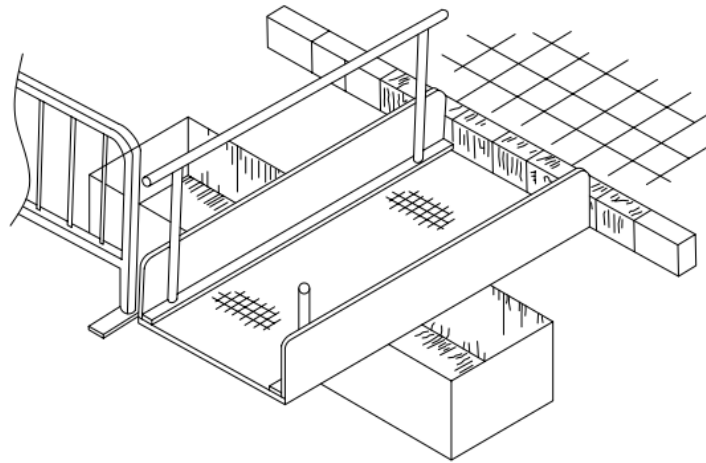
6.9.1. VALLADO Y DELIMITACIÓN

Las vallas metálicas a utilizar tendrán las siguientes características y disposiciones:



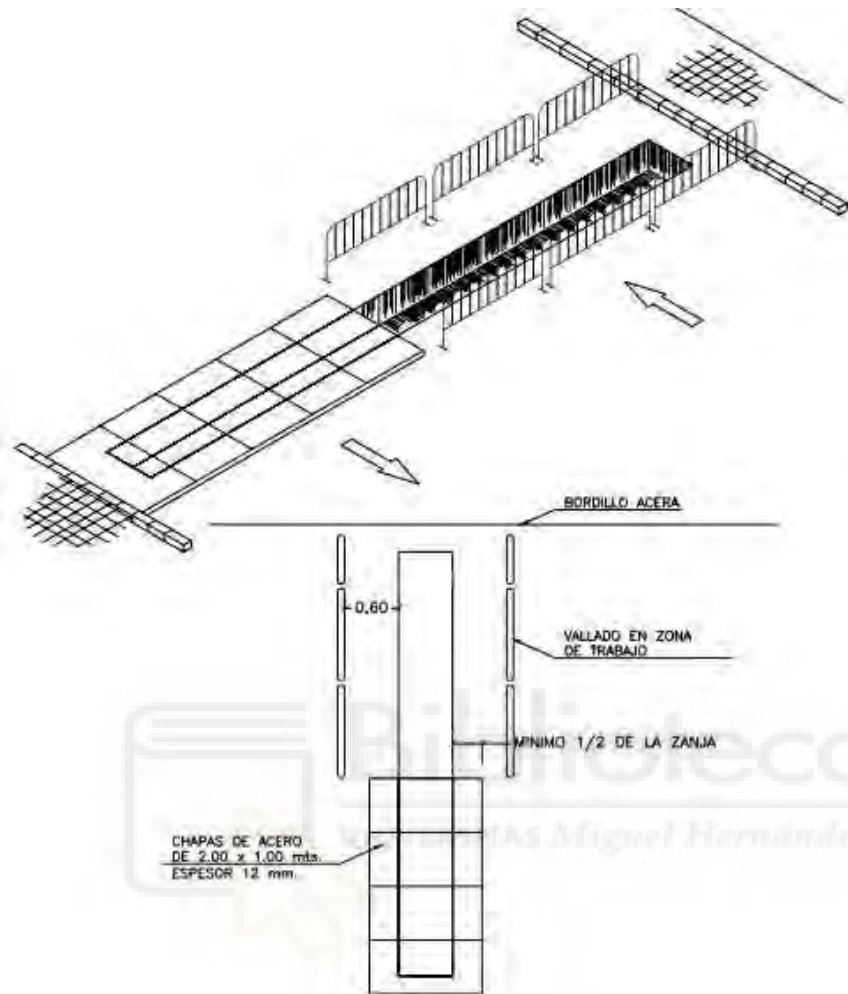
6.9.2. PASOS PEATONALES Y DE VEHÍCULOS

Para el cruce de calzada, se dispondrá de un paso peatonal sobre la zanja:



Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

En caso de tener que dejar paso para vehículos, se pondrá lo siguiente:



6.9.3. SEÑALIZACIÓN COMPLEMENTARIA Y VISIBILIDAD

Además de la señalización en accesos, se requiere señalización interior:

- Uso de chalecos reflectantes (trabajos nocturnos, vías circulación, tráfico intenso).
- Señalización de medios de extinción, botiquines y locales de primeros auxilios.

Requisitos de visibilidad nocturna:

- La señalización debe ser visible por la noche.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- En zonas sin buena iluminación, vallas reflectantes o con captafaros/bandas reflectantes (verticales, 10 cm).
- Señales siempre reflectantes (Nivel 1 mínimo, Norma Señalización Vertical MOPT).
- Recintos vallados/balizados llevarán luces propias (intervalos máx. 10 m, siempre en ángulos salientes).

Otros Elementos de Balizamiento:

- Conos reflectantes (base cuadrada, PVC reciclado, 50x28,5 cm) para carreteras/vías públicas.
- Carros de señalización: estructura metálica con señales y dispositivos eléctricos (intermitentes/permanentes). Son útiles para situaciones puntuales y pueden usar baterías recargables.

Se implementará señalización vial para:

1. Ordenar el tráfico interno de la obra.
2. Señalizar adecuadamente las obras en zonas de tránsito de vehículos ajenos.

7. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

7.1. DEFINICIÓN DE RESIDUOS

A efectos de este estudio, se adoptan las definiciones de "residuo" contenidas en el artículo 3 de la Ley 10/1998 y en el RD 105/2008. A continuación, se detallan las más relevantes:

- «Residuo de construcción y demolición» (RCD): todo objeto o sustancia generado en una obra de construcción o demolición del que su poseedor tenga la intención o la obligación de desprenderse. En cualquier caso, se considerarán como tales los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias.
- «Residuos urbanos o municipales»: aquellos generados en domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios. Se incluyen también todos los residuos no calificados como peligrosos que, por su composición o naturaleza, sean asimilables a los producidos en dichas actividades.
- «Residuo inerte»: un residuo no peligroso que no sufre transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Se caracteriza por no ser soluble, no combustible, no reaccionar de ninguna forma, no ser biodegradable y no afectar negativamente a otras materias. Su lixiviabilidad total, contenido de contaminantes y la ecotoxicidad del lixiviado deben ser insignificantes, sin suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.
- «Residuos peligrosos»: se refiere a los que figuran en la lista de residuos peligrosos (aprobada en el Real Decreto 952/1997), incluyendo los envases y recipientes que los hayan contenido. También se consideran peligrosos los calificados como tales por la normativa comunitaria o los que el Gobierno apruebe conforme a la normativa europea o convenios internacionales.

7.2. RESIDUOS GENERADOS POR LA OBRA CODIFICADOS DE ACUERDO A LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS (LER)

La clasificación de residuos se realiza mediante los códigos de seis cifras (códigos LER) establecidos en la lista europea de residuos (LER), conforme a la Orden MAM/304/2002.

En este tipo de proyectos, los residuos de obra civil se componen principalmente de capa vegetal retirada, restos de ferralla, tierra caballero y limpieza de cubetas de hormigón. Por su parte, los trabajos de montaje e instalaciones generan residuos mayoritariamente reciclables, como cartones, plásticos de embalaje, palés, mermas de cableado y remanentes de estructura metálica.

A continuación, se enumeran los residuos que se pueden generar en una obra de estas características, junto a su código LER:

- 17.05.04: tierras limpias y materiales pétreos. Procedentes del movimiento de tierras para zanjas, cimentaciones, nivelaciones, etc.
- RCD (Residuos de Construcción y Demolición):
 - RCD de naturaleza pétrea:
 - 17.01.01: hormigón.
 - 17.01.02: ladrillos.
 - 17.09.04: residuos mezclados de construcción que no contengan sustancias peligrosas.
 - RCD de naturaleza no pétrea:
 - 17.02.01: madera (restos de corte, encofrados, palés de suministro).
 - 17.02.03: plásticos.
 - 17.04.05: hierro y acero (armaduras, restos de estructuras, paneles de encofrado).

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- 17.04.11: cables que no contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla u otras sustancias peligrosas.
- Otros residuos:
 - Residuos peligrosos:
 - 15.02.02: absorbentes contaminados (principalmente trapos de limpieza).
 - 15.01.10: envases vacíos de metal o plástico contaminados.
 - 12.01.12: ceras y grasas
 - Residuos no peligrosos:
 - 20.01.01: papel y cartón (restos de embalajes, etc.).
 - 20.01.39: plásticos (material de envases y embalajes de equipos).
 - 20.03.01: residuos sólidos urbanos (RSU) o asimilables (generados en vestuarios, casetas, etc.).
 - 20.03.04: lodos procedentes de baños químicos y de fosa séptica estanca.

7.3. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA

Las medidas preventivas en la obra se centran en fomentar la jerarquía de residuos: prevención, reutilización, reciclado y valorización. Se busca asegurar el tratamiento adecuado de los residuos destinados a eliminación y contribuir al desarrollo sostenible.

Estas medidas se aplicarán en las siguientes actividades:

1. Adquisición de materiales
2. Comienzo de la obra
3. Puesta en obra

4. Almacenamiento en obra

7.3.1. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN EN LA COMPRA DE MATERIALES

- Realizar pedidos ajustados a las mediciones reales para minimizar excedentes.
- Exigir a suministradores la reducción de embalajes.
- Priorizar materiales reciclables.
- Suministrar metales con las cantidades mínimas necesarias.
- Adquirir suministros justo a tiempo para evitar deterioro por almacenamiento prolongado.

7.3.2. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN EN EL COMIENZO DE LAS OBRAS

- Planificar excavaciones para minimizar sobrantes y posibilitar reutilización de tierras.
- Destinar zonas específicas para acopio de tierras y movimiento de maquinaria (evitar compactación excesiva).
- Asegurar formación adecuada del personal en identificación y manejo de residuos.

7.3.3. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN EN LA PUESTA EN OBRA

- Ajustar excavaciones a las dimensiones del proyecto.
- Reutilizar sobrantes de hormigón (limpieza, rellenos).
- Vaciar completamente recipientes antes de limpieza/eliminación (especialmente peligrosos).
- Favorecer elaboración en taller frente a in situ.
- Evitar deterioro de envases reutilizables (palés) para devolución.
- Ajustar volúmenes de materiales pétreos para evitar sobrantes.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Usar madera recuperada para medios auxiliares/embalajes y reutilizarla al máximo. Separarla al final para reciclaje.
- Reutilizar encofrados tantas veces como sea posible.
- Solicitar armaduras cortadas y montadas para no generar recortes. Almacenar sobrantes para reutilización.
- Abrir solo los embalajes necesarios, dejando sobrantes protegidos.
- Fomentar la recogida de embalajes por parte del proveedor.

7.3.4. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN DEL ALMACENAMIENTO EN OBRA

- Almacenar correctamente los materiales para evitar deterioro.
- Ubicar una zona de corte específica para evitar dispersión y aprovechar restos.
- Designar y señalizar correctamente las zonas de almacenamiento de residuos.
- Realizar una clasificación correcta de residuos según plan de gestión.
- Efectuar vigilancia y seguimiento del almacenamiento y gestión.

7.4. ESTIMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE RESIDUOS A GENERAR

Todos los residuos generados serán de obra nueva, sin residuos de demolición.

1. Residuos vegetales: proceden del desbroce. Se estima valorizar el 80% (reincorporación en taludes, bordes). El 20% restante irá a vertedero.
2. Tierras y pétreos de excavación: excedentes de movimientos de tierra (no contaminados). El proyecto optimiza el balance desmonte/terraplén para minimizar residuos. Los excedentes se usarán en caminos interiores y rellenos. Lo no reutilizable irá a graveras o vertederos.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

3. Residuos inertes pétreos (no excavación): restos de hormigón, gravas, arenas. Se almacenan separados y se gestionan como no peligrosos (si no se reutilizan).
4. Residuos no pétreos: mayoritariamente inertes y reciclables (madera, metal, papel, plástico). Se prioriza reutilización/reciclado; el resto se gestiona como no peligroso.
5. Residuos peligrosos: principalmente absorbentes contaminados (15.02.02) y, potencialmente, ceras/grasas (12.01.12).

7.5. GESTIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

7.5.1. ALMACENAMIENTO Y SEGREGACIÓN

El almacenamiento se realizará por separado según naturaleza, en la zona designada:

- No peligrosos: en contenedores metálicos o sacos industriales.
- Valorizables (metal, madera): en contenedores/sacos independientes.
- Identificación: contenedores/sacos identificados (tipo residuo, datos titular, nº registro transportista). Evitar depósito de residuos ajenos.
- RSU (Casetas): en contenedores específicos, según normativa municipal (uso de públicos cercanos o contratación de servicio).

7.5.2. GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN OBRA

- Almacenamiento en recipientes cerrados, señalizados y bajo cubierto.
- Seguir normativa específica: envases identificados (nombre residuo, LER, productor, pictograma peligro).
- Gestión posterior mediante gestor autorizado.

7.5.3. TRANSPORTE Y DESTINO FINAL

- Traslado y gestión según legislación.
- Tener constancia de autorizaciones de gestores, transportistas y vertederos.

7.6. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS

7.6.1. OBLIGACIONES DEL POSEEDOR DE RESIDUOS (CONTRATISTA)

- Presentar a la propiedad un plan de gestión de residuos que refleje el cumplimiento de sus obligaciones. Este plan, aprobado y aceptado, formará parte del contrato.
- Si no los gestiona por sí mismo, entregarlos a un gestor autorizado.
- Destinar los RCD preferentemente a reutilización, reciclado o valorización, siendo el vertedero la última opción.
- Sufragar los costes de gestión (RD 105/2008).
- Facilitar al productor (promotor) la documentación acreditativa de la correcta gestión (destino final).
- Disponer de documentos de aceptación del gestor para cada tipo de residuo.
- Recopilar los certificados acreditativos de gestión emitidos por el gestor (identificación, obra, cantidad, tipo LER).
- Si el gestor inicial solo transporta/almacena, el documento debe indicar el gestor final (valorización/eliminación).
- Completar el documento de control y seguimiento para residuos peligrosos.
- Realizar notificación previa de traslado de residuos peligrosos (10 días antelación) al órgano competente (C.A. y/o Ministerio).

7.6.2. PRESCRIPCIONES SOBRE SEGREGACIÓN

- Obligatoriedad:
 - Residuos peligrosos (RP): siempre separación en origen. Prohibido mezclar/diluir.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Residuos de construcción y demolición (RCD): obligatoria separación en origen si se superan umbrales por fracción (RD 105/2008): Hormigón (80t), Ladrillos (40t), Metal (2t), Madera (1t), Vidrio (1t), Plástico (0,5t), Papel/Cartón (0,5t).
- Si falta espacio físico, un gestor autorizado puede segregar en instalación externa (con Documentación Acreditativa).
- Segregar siempre en contenedores/acopios señalizados.
- Impedir depósito de residuos ajenos y mezcla de valorizables con no valorizables.
- Los contenedores deben estar en buen estado, con identificación visible (razón social, CIF, tel., nº registro transportista).
- RSU (Casetas): Gestionar según normativa municipal.

7.6.3. PRESCRIPCIONES SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS NO PELIGROSOS

- Prohibido verter RCD sin tratamiento previo.
- Mantener residuos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, evitando mezclas que dificulten valorización.
- Verificar autorizaciones de transportistas/gestores. Tener un control documental estricto por el contratista y su posterior entrega al promotor.
- Almacenar el menor tiempo posible las tierras, altura < 2 m.
- El depósito temporal tiene que ser en contenedores/sacos adecuados.
- Duración almacenamiento: < 2 años (valorización), < 1 año (eliminación).

7.6.4. PRESCRIPCIONES SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

- Inscripción (NIMA): presentar Comunicación Previa de actividad productora de RP (Ley 22/2011).
- La segregación siempre en origen.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Almacenamiento temporal:
 - Zona específica.
 - < 6 meses (plazo modificable excepcionalmente).
 - Ubicación: exterior cubierto, interior nave, o intemperie (envases herméticos).
 - Condiciones zona: suelo impermeable, cubierto, cubeto (líquidos), alejado de saneamiento.
 - Prohibido almacenar RP fuera de la obra.
- Envasado: 1 recipiente/tipo residuo, adecuado y etiquetado. Usar preferentemente los del gestor.
- Etiquetado (mín. 10x10 cm): Código LER, peligrosidad, datos productor, fecha envasado, pictogramas (Reg. CE 1272/2008). Tener la etiqueta fijada, anular anteriores. Además, hay que rellenar fecha inicio almacenamiento.
- Archivo cronológico: registro (físico/telemático) de cantidad, naturaleza, origen, destino, tratamiento y transporte. Hay que guardarlo mínimo 3 años (Ley 22/2011).
- Requisitos traslado (RD 180/2015):
 - Contrato de tratamiento previo: especificaciones, condiciones y obligaciones.
 - Documento de identificación (DI): acompaña al residuo. Contenido según Anexo I RD 180/2015.
 - Procedimiento DI: Operador -> Transportista -> Destinatario.
 - Hay que notificar con 10 días de antelación a C.A para RP a eliminación, incineración (>20kg) y LER 20 03 01 a valorización.

7.6.5. RESUMEN DE DOCUMENTACIÓN (GESTIÓN RP)

	Documentación	Legislación
Inicio de obra	Plan de Gestión de Residuos	
	Comunicación previa al inicio de la actividad (NIMA)	Ley 22/2011 art.29
Fase de obra	Datos del gestor de Residuos Peligrosos	
	Datos transportista del Residuos Peligrosos	
	Registro de control interno de la gestión y almacenamiento de residuos peligrosos.	RD 833/1988 art.7
	Documentos de Aceptación*	
	Documentos de Control y Seguimiento*	RD 833/1988 art.6
	Comunicación traslado de RP de una comunidad a otra	Ley 22/2011 art.25



8. PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y RESTITUCIÓN

8.1. OBJETO

El propósito de este estudio de desmantelamiento y restitución es doble.

En primer lugar, describe la secuencia de trabajos requeridos para desmantelar la línea subterránea de media tensión (de 2.300 metros) que evacua la energía de la Planta Fotovoltaica “FV LO CELSO”. Este proceso incluye la restauración de las condiciones ambientales y paisajísticas oportunas, con el fin de devolver los terrenos utilizados a la situación en la que se encontraban antes del establecimiento de la actividad.

En segundo lugar, el estudio valora económicamente dichos trabajos. Esta valoración tiene como objetivo fijar la cuantía que servirá de aval, si así procede, para asegurar los gastos asociados a la restitución de los terrenos a su estado original.

8.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

El marco normativo específico que se ha tenido en cuenta para la elaboración de este documento de desmantelamiento, presentado en orden cronológico, es el siguiente:

- Real Decreto 833/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social.
- Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

8.3. JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA DEL EMPLAZAMIENTO ORIGINAL

A la instalación, y en particular a la parcela donde se implantó, le es de aplicación lo indicado en el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Alicante.

Atendiendo a dicha normativa, la parcela se encuentra clasificada como “Suelo no Urbanizable común y Suelo Rústico”.

Si bien el uso de planta fotovoltaica como tal no se contemplaba en las mencionadas Normas Urbanísticas, se trata de una actuación que pudo ser considerada de “interés regional” según la Ley 13/2015. Al mismo tiempo, es una instalación que no induce a la creación de nuevos núcleos de población, por lo que se consideró una actuación autorizable en suelo no urbanizable.

8.4. FICHA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN A DESMANTELAR

Las características técnicas de la instalación objeto del presente plan de desmantelamiento son:

- Línea subterránea S/C de conductor HEPR-Z1 de 3x630mm² AL y longitud 2.300 mts.

8.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE DESMANTELAMIENTO Y RESTITUCIÓN

El criterio principal de actuación se centrará en la minimización de la afección al entorno recuperado. En este sentido:

- Extracción vs. Permanencia: Si la extracción física de la red de media tensión pudiera alterar significativamente la cobertura vegetal que de forma natural haya cubierto la traza, se propone como alternativa preferente que los tendidos inutilizados queden soterrados permanentemente, previa desconexión y aseguramiento. La decisión final se tomará en función del estado del terreno y la vegetación en el momento del desmantelamiento.

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

Para la gestión de los materiales resultantes (si se procede a la extracción), se establecen las siguientes directrices:

1. Estará terminantemente prohibido el vertido o abandono de cualquier tipo de residuo en el área de desmantelamiento.
2. Se procederá a clasificar todos los residuos producidos en peligrosos y no peligrosos.
3. Por las características de la línea, no se prevé la producción de residuos peligrosos durante el desmantelamiento. En caso excepcional, serían gestionados por un gestor autorizado.
4. Gestión de Residuos no Peligrosos:
 - Si se extraen cables, se transportarán a una planta de reciclado donde serán clasificados por tipo (cobre de pantallas y aluminio del conductor) para su valorización.
 - Otros residuos (p.ej., arquetas, tubos si se extraen), seguirán la jerarquía de gestión (reutilización si es posible, reciclado, valorización). La entrega a vertedero será la última opción.
 - No se prevé la generación significativa de chatarra adicional o escombros más allá de los propios de la extracción de la línea si esta se realiza.

El objetivo final es que, una vez concluidas las labores de desmantelamiento y restitución, no deben aparecer restos de la instalación en el entorno de la zona de actuación, y el terreno deberá quedar restaurado a unas condiciones lo más similares posible a las originales o a las de su entorno inmediato.

9. PRESUPUESTO

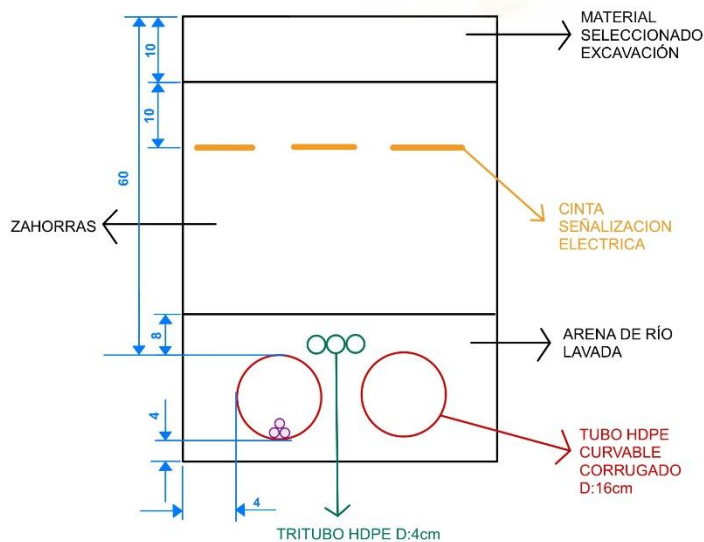
CONCEPTO	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
1. Suministros				
Cable Unipolar HEPRZ1 12/20 kV 1x630 mm² Al	m	6.900	30 €	207.000 €
Tubo PE corrugado doble capa Ø160 mm	m	6.900	5 €	34.500 €
Terminales interior MT p/cable seco 630 mm² (kit 3 ud.)	ud	2	1.500 €	3.000 €
Material vario (cinta señalización, pequeño material)	u.t.	1	2.000 €	2.000 €
Subtotal Suministros				246.500 €
2. Obra Civil				
Exc., zanja, tubos, hormigón H-125, relleno y compact.	m	2.300	95 €	218.500 €
Reposición pavimento (asfalto/hormigón/acera - 0,5m ancho est.)	m²	1.033	30 €	30.990 €
Subtotal Obra Civil				249.490 €

Trabajo final de grado – Grado en Ingeniería Mecánica 2025-2026

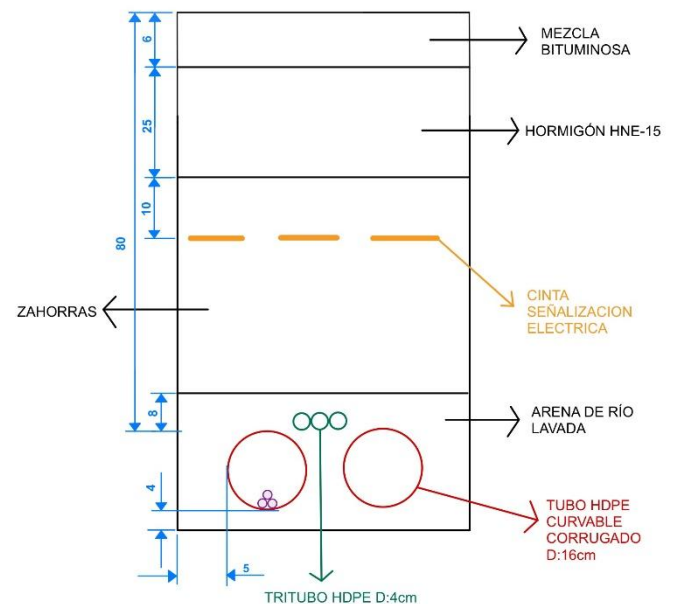
CONCEPTO	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
3. Obra Eléctrica				
Tendido de conductores en zanja entubada (3 fases)	m	2.300	15 €	34.500 €
Conexión de terminales MT (6 uds)	ud	6	250 €	1.500 €
Puesta a tierra de pantallas	u.t.	1	1.535 €	1.535 €
Pruebas reglamentarias y puesta en servicio	u.t.	1	12.000 €	12.000 €
Subtotal Obra Eléctrica				49.535 €
4. Gestión de residuos				
Gestión de residuos (incluye transporte y tasas)	u.t.	1	12.030 €	12.030 €
Subtotal Gestión Residuos				12.030 €
5. Calidad y control				
Control calidad y pruebas adicionales (incluye ensayos)	u.t.	1	12.000 €	12.000 €
Subtotal Control Calidad				12.000 €
Presupuesto Ejecución Material				569.555 €



ZANJA TIPO 2: EN CALZADA



DIMENSIONES EN CM



DIMENSIONES EN CM