



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

DISEÑO E INSTALACIÓN DEL PARQUE EÓLICO “CAÑONERAS”

Alumno/a

Vázquez Corral, Hugo

Fecha

Septiembre, 2017

Director/a

Eguía Lopez, Pablo

Curso académico

2016/2017

Índice

Listas	9
Tablas	9
Ilustraciones	11
1. Introducción	12
2. Memoria	15
2.1. Contexto	15
2.1.1. España.....	15
2.1.2. Europa.....	18
2.1.3. Mundo	20
2.2. Objetivos	21
2.3. Alcance	23
2.4. Beneficios	25
2.4.1. Económicos.....	25
2.4.2. Ambientales.....	28
2.4.3. Sociales	28
2.5. Estado del arte	29
2.5.1. Elementos de los aerogeneradores.....	29
2.5.2. Aerodinámica.....	33
2.5.2.1. Sustentación	33
2.5.2.2. Perdida de sustentación	35
2.5.2.3. Perfiles de las palas	36
2.5.2.4. Materiales de las palas	36
2.6. Análisis de alternativas	37
2.6.1. Aerogeneradores	37
2.6.1.1. Sistema de control de potencia.....	37
2.6.1.1.1. Regulación de potencia por cambio del ángulo de paso (“pitch-controlled”)	37
2.6.1.1.2. Regulación pasiva por pérdida aerodinámica (“stall-controlled”)	38

2.6.1.1.3.	Regulación activa por pérdida aerodinámica.....	39
2.6.1.2.	Sistema de giro de las palas	40
2.6.1.2.1.	Velocidad fija	40
2.6.1.2.2.	Velocidad variable	41
2.6.1.3.	Eje del rotor	41
2.6.1.3.1.	Vertical	41
2.6.1.3.2.	Horizontal.....	43
2.6.2.	Subestación	44
2.6.2.1.	Tipo de transformador	44
2.6.2.1.1.	Seco	44
2.6.2.1.2.	En baño de aceite.....	45
2.6.2.2.	Tipo de Subestación	46
2.6.3.	Red de M.T.....	46
2.6.3.1.	Serie.....	46
2.6.3.2.	Paralelo.....	46
2.7.	Justificación de la solución	48
2.7.1.	Aerogeneradores	48
2.7.1.1.	Sistema de control de potencia.....	48
2.7.1.2.	Sistema de giro de las palas	48
2.7.1.3.	Eje del rotor	49
2.7.2.	Subestación	49
2.7.2.1.	Tipo de transformador	49
2.7.3.	Red de M.T.....	50
2.8.	Análisis de riesgos	51
2.8.1.	Riesgos tecnológicos.....	51
2.8.2.	Riesgos políticos	51
2.8.3.	Riesgos operativos	52
2.8.4.	Riesgos de construcción	52
3.	Metodología.....	54
3.1.	Descripción de la solución	54
3.1.1.	C.T.....	54
3.1.1.1.	Transformador B.T./M.T.....	55
3.1.1.2.	Celda de conexión (Aerogenerador-M.T.).....	56

3.1.2.	Red de M.T.....	59
3.1.3.	Red de puesta a tierra	59
3.1.4.	Cable de comunicaciones	59
3.1.5.	Subestación M.T./A.T.	60
3.1.5.1.	Obra civil.....	61
3.1.5.1.1.	Recinto	61
3.1.5.1.2.	Cimentaciones.....	62
3.1.5.1.3.	Estructuras metálicas	62
3.1.5.1.4.	Drenaje.....	63
3.1.5.1.5.	Canalizaciones eléctricas.....	63
3.1.5.1.6.	Viales y relleno	63
3.1.5.2.	Instalaciones eléctricas	63
3.1.5.2.1.	Transformador	64
3.1.5.2.2.	Transformador de tensión inductivo	65
3.1.5.2.3.	Transformador de intensidad	66
3.1.5.2.4.	Interruptor automático	66
3.1.5.2.5.	Reactancia de P.A.T.....	67
3.1.5.2.6.	Transformador de S.S.A.A.	67
3.1.5.2.7.	Columnas aislantes.....	68
3.1.5.2.8.	Celdas de 20 kV	68
3.1.5.2.9.	Armarios de protección, control y medida	69
3.1.5.2.10.	Caseta de relés	71
3.1.5.2.11.	Instalaciones de P.A.T.	71
3.1.5.2.12.	Alumbrado.....	72
3.1.6.	Línea de evacuación	72
3.1.7.	Aerogeneradores	73
3.1.7.1.	Descripción general y tipo de turbina	74
3.1.7.2.	Rotor	75
3.1.7.3.	Sistema de transmisión y generador.....	76
3.1.7.4.	Sistema de frenado	79
3.1.7.5.	Sistema de orientación.....	80
3.1.7.6.	Góndola	82
3.1.7.7.	Torre	83
3.1.7.8.	Descripción del sistema ingecon-w	85
3.1.7.9.	Unidad de control y potencia	86

3.1.7.10.	Nivel de ruido	89
3.1.7.11.	Montaje	91
3.2.	Planificación	93
3.2.1.	Proyecto de diseño	93
3.2.1.1.	Diagrama de Gantt	93
3.2.1.2.	Descripción de las tareas.....	94
3.2.1.2.1.	Reuniones de seguimiento.....	94
3.2.1.2.2.	Planteamiento de objetivos	94
3.2.1.2.3.	Puesta a punto	95
3.2.1.2.3.1.	PC	95
3.2.1.2.3.2.	Compra de material	95
3.2.1.2.3.3.	Formación	96
3.2.1.2.3.4.	Catálogos.....	96
3.2.1.2.4.	Alternativas	97
3.2.1.2.4.1.	Búsqueda de información	97
3.2.1.2.4.2.	Análisis de alternativas.....	97
3.2.1.2.4.3.	Selección de alternativas.....	98
3.2.1.2.5.	Cálculos	98
3.2.1.2.5.1.	Potencia eólica	98
3.2.1.2.5.2.	C.T. Aerogeneradores	99
3.2.1.2.5.3.	Red de M.T.	99
3.2.1.2.5.4.	Transformador	100
3.2.1.2.6.	Riesgos	100
3.2.1.2.6.1.	Rastreo de posibles riesgos.....	100
3.2.1.2.6.2.	Análisis de riesgos	101
3.2.1.3.	Planteamiento de la oferta	101
3.2.2.	Proyecto de ejecución	102
3.2.2.1.	Diagrama de Gantt	102
3.2.2.2.	Descripción de las tareas.....	103
3.2.2.2.1.	Firma del contrato.....	103
3.2.2.2.2.	Parque eólico	103
3.2.2.2.2.1.	Viales	103
3.2.2.2.2.2.	Cimentaciones.....	103
3.2.2.2.2.3.	Plataformas	104

3.2.2.2.2.4.	Red de media tensión	104
3.2.2.2.2.5.	Adecuación urbanística	104
3.2.2.2.2.6.	Montaje de aerogeneradores	105
3.2.2.2.2.7.	Pruebas.....	105
3.2.2.2.3.	Subestación	105
3.2.2.2.3.1.	Ingeniería	105
3.2.2.2.3.2.	Acopio de materiales	106
3.2.2.2.3.3.	Obra civil	106
3.2.2.2.3.4.	Montaje.....	106
3.2.2.2.3.5.	Pruebas.....	106
3.2.2.2.4.	Prueba de funcionamiento global.....	107
4.	Cálculos	108
4.1.	Energéticos.....	108
4.1.1.	Energía del viento aprovechable	108
4.2.	Eléctricos.....	116
4.2.1.	C.T. Aerogeneradores	116
4.2.2.	Red M.T.....	117
4.2.2.1.	Criterio térmico	118
4.2.2.1.1.	Temperatura del terreno	118
4.2.2.1.2.	Resistividad del terreno	119
4.2.2.1.3.	Nº de ternas	120
4.2.2.1.4.	Profundidad de la instalación.....	121
4.2.2.1.5.	Resultados.....	121
4.2.2.2.	Caída de tensión.....	124
4.2.2.2.1.	Cálculo.....	124
4.2.2.2.2.	Resultados.....	125
4.2.3.	Transformador M.T./A.T.....	126
4.2.3.1.	Potencia.....	126
4.2.3.2.	Cortocircuito.....	126

5.	Aspectos económicos	134
5.1.	Presupuesto	134
5.1.1.	Obra civil-Parque eólico.....	134
5.1.2.	Elementos-Aerogeneradores.....	136
5.1.3.	Redes eléctricas	138
5.1.4.	Obra civil-Subestación	139
5.1.5.	Elementos-Subestación	140
5.1.6.	Resumen	142
6.	Conclusiones	143
7.	Bibliografía	145
8.	Anexos	146
8.1.	Características de los cables	146
8.2.	Planos	147
8.3.	Estudio de seguridad y salud	158
8.4.	Normativa	269

Datos básicos del proyecto

- Alumno/a: Hugo Vazquez Corral.
- Director/a: Pablo Eguia López.
- Departamento: Ingeniería eléctrica.
- Título del trabajo: Diseño e instalación del parque eólico "Cañoneras".
- Resumen: Se proyecta en el municipio de Ramales de la victoria (Cantabria), previo estudio de vientos por parte del cliente, un parque eólico con 21 aerogeneradores de 850 kW, dotado de una potencia global de 17,85 MW. Se decide el modelo, ubican y orientan los generadores para maximizar el aprovechamiento eólico, se dimensionan la red de M.T. necesaria para la instalación y el transformador a emplear en la subestación MT/AT.
- Palabras clave: Aerogenerador, Parque eólico, Red de tensión, Transformador, generador, Potencia, cortocircuito, ángulo de paso.
- Title: "Cañoneras" wind farm design and installation.
- Abstract: A wind farm with 21 wind turbines of 850 kW is projected in the township of Ramales de la Victoria (Cantabria), after a wind study by the client, with an overall power capacity of 17.85 MW. The generators model has to be decided, and then located and orientated to maximize the wind power generation. The M.T. grid necessary for the installation and the transformer located in the MT/AT substation is calculated too.
- Keywords: Wind-turbine, wind-farm, voltaje network, generator, short-circuit.
- Izenburua: "Cañoneras" parke eolikoa diseinatzea eta instalatzea.
- Laburpena: Ramales de la Victoria-ko (kantabria) udalerrian kokatzen da proiektua, bezeroaren aldetik haize neurketak eginda, 850 KW-ko 21 aerogeneragailuko parke eolikoa, denetara 12,85 MW-ko indarra duena. Modeloa, kokapena eta orientazioa erabakitzen dira haizearen errendimendu hadiena lortzeko, beharrezkoa den M.T. sarea dimentionatzen da eta erabiliko den transformatzailea MT/AT subestaziorako.

Listas

Tablas

Tabla 2.4-1 Longitud de cada tramo de la red de M.T.	27
Tabla 2.4-2 Longitud del cableado en función del nivel de tensión.....	27
Tabla 2.6-1 Cantidad (m) de cable según sección	46
Tabla 2.6-2 Metros de cable desde cada aerogenerador a la subestación.....	47
Tabla 2.7-1 Factores ponderados para el sistema de control de potencia	48
Tabla 2.7-2 Factores ponderados para el sistema de giro de las palas.....	48
Tabla 2.7-3 Factores ponderados para el eje del rotor	49
Tabla 2.7-4 Factores ponderados para el tipo del transformador	49
Tabla 2.7-5 Factores ponderados para la red de M.T.	50
Tabla 3.2-1 Descripción tarea "Reunión de seguimiento"	94
Tabla 3.2-2 Descripción tarea "Planteamiento de objetivos"	94
Tabla 3.2-3 Descripción tarea "Puesta a punto-PC"	95
Tabla 3.2-4 Descripción tarea "Compra de material"	95
Tabla 3.2-5 Descripción tarea "Formación"	96
Tabla 3.2-6 Descripción tarea "Catálogos"	96
Tabla 3.2-7 Descripción tarea "Búsqueda de información"	97
Tabla 3.2-8 Descripción tarea "Análisis de alternativas"	97
Tabla 3.2-9 Descripción tarea "Selección de alternativas"	98
Tabla 3.2-10 Descripción tarea "Potencia eólica"	98
Tabla 3.2-11 Descripción tarea "C.T. Aerogeneradores"	99
Tabla 3.2-12 Descripción tarea "Red de M.T."	99
Tabla 3.2-13 Descripción tarea "Transformador"	100
Tabla 3.2-14 Descripción tarea "Rastreo de posibles riesgos"	100
Tabla 3.2-15 Descripción tarea "Análisis de riesgos"	101
Tabla 3.2-16 Descripción tarea "Planteamiento de la oferta"	101
Tabla 3.2-17 Diagrama de Gantt de la fase de ejecución.....	102
Tabla 3.2-18 Descripción tarea "Firma del contrato".....	103
Tabla 3.2-19 Descripción tarea "Viales"	103
Tabla 3.2-20 Descripción tarea "Cimentaciones"	103
Tabla 3.2-21 Descripción tarea "Plataformas"	104
Tabla 3.2-22 Descripción tarea "Red de media tensión"	104
Tabla 3.2-23 Descripción tarea "Adecuación urbanística".....	104
Tabla 3.2-24 Descripción tarea "Montaje aerogeneradores"	105
Tabla 3.2-25 Descripción tarea "Pruebas".....	105
Tabla 3.2-26 Descripción tarea "Ingeniería"	105
Tabla 3.2-27 Descripción tarea "Acopio de materiales"	106
Tabla 3.2-28 Descripción tarea "Obra civil"	106

Tabla 3.2-29 Descripción tarea "Montaje"	106
Tabla 3.2-30 Descripción tarea "Pruebas"	106
Tabla 3.2-31 Descripción tarea "Prueba de funcionamiento global"	107
Tabla 4.1-1 Horas de viento en función de la dirección y la velocidad a 80 m.	108
Tabla 4.1-2 Horas de viento en función de la dirección y la velocidad a 10 m.	110
Tabla 4.1-3 Rosa de vientos a 10 m.....	111
Tabla 4.1-4 Potencia del viento para diferentes velocidades	112
Tabla 4.1-5 Potencia del viento para diferentes velocidades limitada por la potencia del generador	113
Tabla 4.1-6 Energía anual generada para cada posible orientación del aerogenerador	114
Tabla 4.2-1 Características eléctricas del aerogenerador	116
Tabla 4.2-2 Datos de la red de M.T.	117
Tabla 4.2-3 F1 en función de la temperatura del terreno.....	118
Tabla 4.2-4 F2 en función de la resistividad del terreno	119
Tabla 4.2-5 F3 en función del número de ternas del cable	120
Tabla 4.2-6 F4 en función de la profundidad de la instalación	121
Tabla 4.2-7 Sección de cable en función de la intensidad.....	122
Tabla 4.2-8 Caída de tensión de la red de M.T.....	125
Tabla 4.2-9 Impedancias de cortocircuito de las líneas de M.T.	130
Tabla 7.1-1 Características del cable DHZ1 12/20 kV h16 Al.....	146

Ilustraciones

Ilustración 2.1-1 Potencia eólica instalada en España	15
Ilustración 2.1-2 Generación eólica mensual nacional.....	16
Ilustración 2.1-3 Generación eólica frente a generación neta.....	16
Ilustración 2.1-4 Potencia total instalada y porcentaje frente al total	19
Ilustración 2.1-5 Potencia eólica mundial y potencia instalada anual	20
Ilustración 2.5-1 Elementos contenidos en la góndola	29
Ilustración 2.5-2 Sistemas de orientación de Aero y palas	31
Ilustración 2.5-3 Sistema de orientación del aerogenerador.....	32
Ilustración 2.5-4 Tipos de torres. Con tensores (A), de celosía (B) y tubulares(C).....	33
Ilustración 2.5-5 Flujo de viento en aerogeneradores	33
Ilustración 2.5-6 Flujo de viento a través del perfil de las palas	34
Ilustración 2.5-7 Principio de sustentación	35
Ilustración 2.5-8 Pérdida de sustentación	35
Ilustración 2.6-1 Ángulo de ataque	38
Ilustración 2.6-2 Pérdida de sustentación.....	39
Ilustración 2.6-3 Aerogeneradores de rotor Darrieus.....	41
Ilustración 2.6-4 Rendimiento según tipo de aerogenerador	43
Ilustración 2.6-5 Transformador tipo seco	44
Ilustración 2.6-6 Transformador en baño de aceite.....	45
Ilustración 3.1-1 Descripción gráfica de la góndola	74
Ilustración 3.1-2 Esquema de la pala de aerogenerador G52S	77
Ilustración 3.1-3 Nivel de ruido (dB) vs. velocidad del viento (m/s)	89
Ilustración 3.1-4 Presión sonora vs. Distancia.....	90
Ilustración 3.2-1 Diagrama de Gantt proyecto de diseño	93
Ilustración 4.1-1 Rosa de vientos a 80 m.....	109
Ilustración 4.1-2 Curva de potencia del aerogenerador	113
Ilustración 4.1-3 Energía anual generada para cada posible orientación del aerogenerador.....	115
Ilustración 4.2-1 Margen de funcionamiento del cableado de la red de M.T.....	123
Ilustración 4.2-2 Esquema funcional del parque eólico	126
Ilustración 4.2-3 Esquema para el cálculo de la intensidad de cortocircuito	131
Ilustración 4.2-4 Esquema de cálculo de impedancias de cortocircuito.....	132
Ilustración 5.1-1 Margen de funcionamiento del cableado de media tensión.....	143

1. Introducción

En el presente documento será proyectado el diseño del parque eólico “Cañoneras”, ubicado en el municipio de Ramales de la victoria. La instalación dispone de una potencia de 17,85 MW, con el fin de producir una energía anual equivalente a la consumida por 80.000 personas.

La energía eólica es una energía renovable, lo que hace mención al tipo de energía que se obtiene de materia prima que se renuevan o regeneran. Esto es, una fuente de energía natural virtualmente inagotable.

En la actualidad, como energía primaria, se consumen principalmente materias primas fósiles, con los problemas que ello conlleva, principalmente económicos y ambientales.

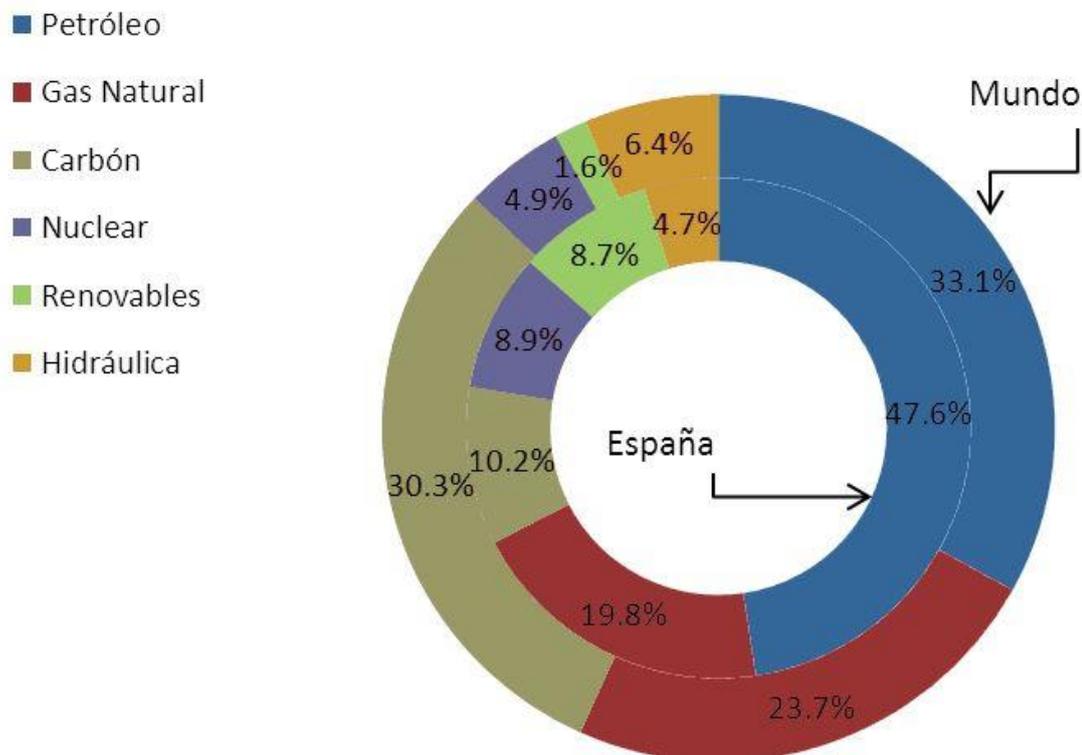


Ilustración 0-1 Reparto de energía primaria según materia prima

El proyecto abarca el diseño del parque eólico, así como las infraestructuras y obra civil necesaria para su construcción. Se ha estructurado de la siguiente forma.

La memoria está compuesta por:

- Contexto: Se sitúa el proyecto en el marco actual, a nivel nacional, europeo y mundial.
- Objetivos: Se establecen las metas a lograr con la consecución del presente documento.
- Alcance: Se fijan los trabajos que abarca el proyecto.
- Beneficios: Se señalan los rendimientos económicos, ambientales y sociales que generara el parque eólico.
- Estado del arte: Se explica el estado de la tecnología de los aerogeneradores actuales.
- Análisis de alternativas: En los aspectos que se encuentran diferentes posibles soluciones a los problemas encontrados, se explicaran cada una de ellas.
- Justificación de la solución: Se razonará el motivo de la elección final escogida.
- Análisis de riesgos: Se estudiarán las posibles contingencias provocadas por el proyecto.

La metodología define:

- Descripción de la solución: se enumeran los elementos a utilizar y sus características principales.

- Planificación: Se desarrolla la planificación de la fase de diseño del proyecto y una aproximación de la de la fase de ejecución de la obra.

Los cálculos desarrollan:

- Energía eólica: Se realiza un estudio del potencial eólico de la zona y la energía aprovechable por los molinos.
- C.T. de los aerogeneradores: Se define el centro de transformación necesario para colocar a la salida de los aerogeneradores.
- Red de M.T.: Se dimensiona el cableado de media tensión.
- Transformador M.T.: Se valora el transformador a utilizar en la subestación transformadora M.T./A.T.

Aspectos económicos:

- Presupuesto: Se detalla el presupuesto de las fases definidas en la planificación (diseño y ejecución).

Conclusiones: Se remarcarán las cuestiones de mayor importancia del documento.

En los anexos se aportará la información extra necesaria para la correcta comprensión del documento.

2. Memoria

2.1. Contexto

2.1.1. España

España ha sido, históricamente, un país promotor de las energías renovables. Previo a 2012, cuando se sufrió un parón en su progresión en cuanto a potencia instalada, era líder europeo en el sector.

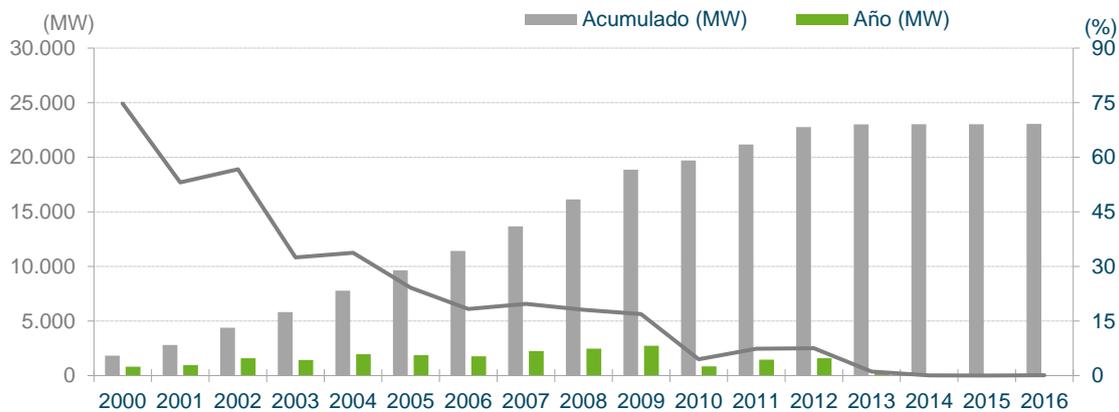


Ilustración 2.1-1 Potencia eólica instalada en España

Como se puede comprobar en la gráfica, elaborada con datos de la REE, a partir del año 2012 el avance de la energía eólica ha sido prácticamente nulo, siendo esto un fiel reflejo de la situación estatal de las energías renovables.

El principal motivo ha sido la supresión de las primas a las renovables que se venían dando para las nuevas instalaciones. A pesar de ello, en 2013, la energía eólica logro colocarse, por primera vez en la historia, como la principal fuente de energía del país, logrando cubrir el 20,3% de la demanda eléctrica.

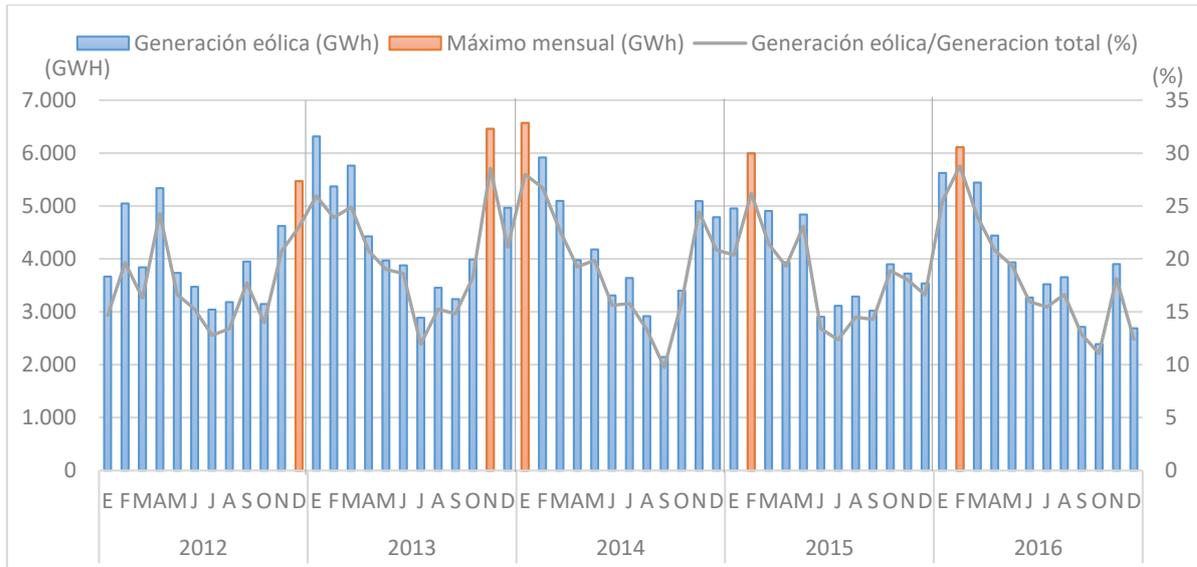


Ilustración 2.1-2 Generación eólica mensual nacional

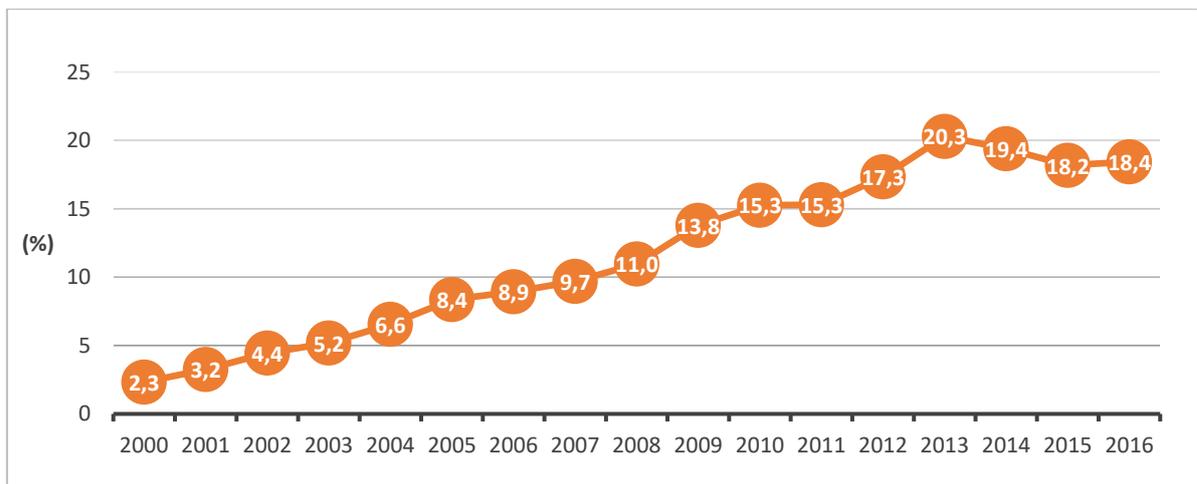


Ilustración 2.1-3 Generación eólica frente a generación neta

Frente a esta situación negativa de los últimos 4 años, se ha abierto un nuevo marco en el que España de nuevo comienza a mirar hacia las energías renovables. Principalmente se debe al compromiso de cumplir con los objetivos del 20/20/20, los cuales se explicarán en el 5.2.2. Contexto europeo, ya que es el ámbito de dicho tratado.

La REE ha constituido un documento para consolidar el compromiso contra el cambio climático, en él se trazan tanto los principios como las líneas de trabajo a seguir para no solo cumplir con las responsabilidades fijadas en el 20/20/20, sino también con los objetivos europeos fijados para 2030 y 2050.

Dentro de los principios establecidos, hay uno que afecta directamente a las energías renovables, dice así:

“Integración de energías renovables en el Sistema: mediante la construcción de las infraestructuras necesarias para su evacuación y la optimización de su integración en el sistema a través del CECRE (Centro de Control de Energías Renovables)”.

Para llevar a cabo el plan, se deben aplicar unas líneas de trabajo, donde también se guardan especiales cometidos para las renovables:

“Favorecer la evacuación de la nueva generación de origen renovable instalada: De este modo es posible reducir el factor de emisión del mix energético.”

“2.1 Integración de renovables: Uno de los pilares de la política energética de los países miembros de la Unión Europea es la incorporación de energías renovables. Como operador del sistema, Red Eléctrica trabaja para integrar en condiciones de seguridad la mayor cantidad posible de energía renovable. El control y seguimiento de este tipo de energía se lleva a cabo desde el CECRE (Centro de control de régimen especial). Así se hace posible la reducción de las emisiones de CO2 gracias a que la cobertura de la demanda se pueda realizar con este tipo de energías sin que la seguridad ni la calidad de suministro se vean afectadas.

Por otro lado, para facilitar la incorporación de energías no gestionables y evitar desaprovechar la energía generada cuando la demanda es baja Red Eléctrica trabaja en el desarrollo de instrumentos de almacenamiento de energía basados tanto en sistemas hidráulicos como en otras tecnologías (I+D+i). Para ello lleva a cabo evaluaciones prospectivas sobre el impacto de nuevas instalaciones de almacenamiento en la integración de renovables, identifica las características técnicas o de gestión necesarias para una mayor integración y como consecuencia de ambos trabajos, realiza propuestas de carácter normativo y regulatorio a la administración competente. Estos sistemas contribuirán además a mejorar notablemente la eficiencia del sistema eléctrico en su conjunto y a optimizar las infraestructuras eléctricas.”

Como consecuencia, en España se van a invertir 7.500 millones de euros en energías verdes, provocando un gran salto con respecto a los últimos años. De esta remesa, alrededor de 4.146 millones se destinarán a la energía eólica.

2.1.2. Europa

En el marco europeo se encuentra el acuerdo del 20/20/20, que afecta al sector de las energías renovables. Se trata de un acuerdo comunitario que tiene tres objetivos:

- **Seguridad de abastecimiento:** Desarrollando una política exterior común y el establecimiento de un diálogo con los Estados miembros y sus socios.
- **Competitividad:** De las economías europeas y abastecimiento energético a coste asequible. Se necesita poner en práctica una legislación transparente relativa al mercado interior.
- **Sostenibilidad medioambiental:** Reforzando el liderazgo de la UE a través de la adopción de un plan de acción sobre la eficiencia energética y la continuación del desarrollo de las energías renovables, así como la puesta en práctica del plan de acción en materia de biomasa.

Para lograr los objetivos se han establecido una serie de compromisos:

- 20% de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sobre las cifras de 1990.
 - Solicita la celebración de un acuerdo internacional en el que los países desarrollados se comprometan a reducir en un 30 % sus emisiones de gases de efecto invernadero de aquí al citado año 2020.
 - El 15 de diciembre de 2011, la Comisión Europea adoptó la comunicación "Energía: Hoja de ruta para el año 2050", donde la UE se compromete a reducir para el año 2050 las emisiones de gases de efecto invernadero al 80-95% por debajo de los niveles de 1990.

- 20% de reducción en el consumo de energía, también con referencia a 1990, promoviendo mayor eficiencia energética.11 titulada «Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial».
- 20% de la energía primaria consumida ha de proceder de fuentes renovables.

Este contexto establece una situación favorable a la construcción de nuevas instalaciones de generación con energías renovables.

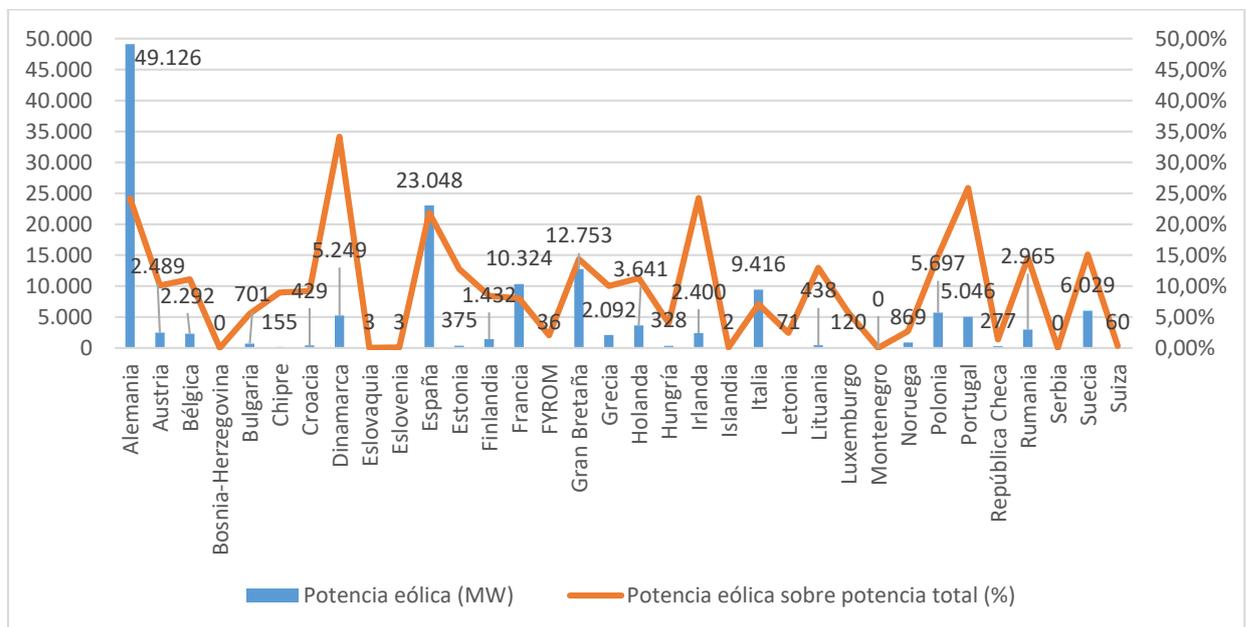


Ilustración 2.1-4 Potencia total instalada y porcentaje frente al total

2.1.3. Mundo

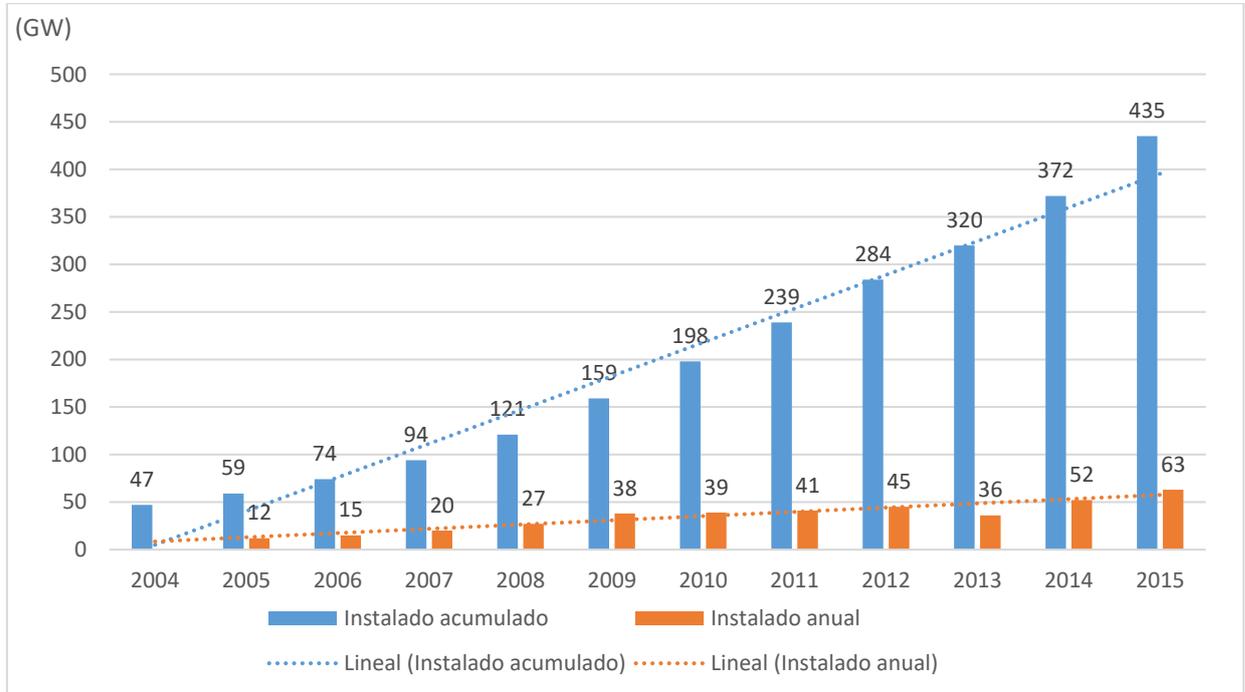


Ilustración 2.1-5 Potencia eólica mundial y potencia instalada anual

2.2. Objetivos

El presente proyecto trata de fijar las condiciones técnico económicas, así como los procedimientos para el diseño y construcción de un parque de generación eólica.

El parque debe ser capaz de inyectar la energía al sistema eléctrico, su potencia nominal de diseño es de 17.85MW y el documento del proyecto tiene como fecha límite de entrega el 27 de septiembre del 2017.

El parque permitirá mejorar el ratio de energías renovables al poder sustituir a fuentes de energía fósiles, siendo la producida por el viento barata y limpia, otorgando grandes beneficios económicos y medioambientales al ecosistema.

Se diseñarán los aerogeneradores para trabajar con una eficiencia, al menos, del 46%, previamente delimitada por el límite de Betz, valorado en el 59,3%.

Se tendrá en cuenta el rendimiento de las diferentes partes del aerogenerador, estimados como límite inferior en:

- Rendimiento de la hélice: 85%
- Rendimiento del multiplicador: 98%
- Rendimiento del alternador: 95%
- Rendimiento del transformador: 98%

Se deducirán las localizaciones más convenientes de los aerogeneradores mediante el análisis del estudio de vientos para el mayor aprovechamiento de los vientos de la zona.

Se diseñará el parque con la tecnología de aerogeneradores adecuada a los vientos predominantes en la zona, mediante la observación del estudio anteriormente indicado.

La red de media tensión seguirá un esquema en el que se ahorre la mayor cantidad posible de material, se estudiará en el apartado análisis de alternativas, escogiendo la más propicia en función de las soluciones consideradas.

La subestación de cañoneras enlazará la red de media tensión del parque con la red de alta tensión para el transporte de energía en la zona.

Se evitarán interrupciones en el suministro, para lo que se hará un estudio de las posibles alternativas.

Se tratará de disminuir las pérdidas energéticas en la distribución, ya que la transformación MT/AT se realizará lo más próximo posible a la generación, mediante una subestación transformadora elevadora.

El centro de transformación se diseñará de forma que facilite posibles futuras ampliaciones del parque, debidas al posible aumento de la actividad, y como consecuencia, de la demanda energética en la zona.

Las obras y trabajos posteriores derivados tanto de la construcción como del funcionamiento del parque, subestación e infraestructuras necesarias trataran de favorecer el empleo y desarrollo de la región.

Se prevé un plazo de ejecución de obras de 11 meses y se contempla presupuesto que ronde los 23.000.000€.

2.3. Alcance

Los resultados del estudio de vientos subcontratado por la empresa definen la zona como apta para el montaje de un parque eólico.

Se plantea el diseño y construcción de una instalación capaz de inyectar una potencia de 17.85MW a la red eléctrica.

Para obtener el resultado final de forma satisfactoria, las actividades a realizar se organizarán de la siguiente manera:

- La decisión del emplazamiento de los aerogeneradores se tomará tras el análisis del estudio de vientos.
- Se analizarán los datos eólicos obtenidos por una torre de medición construida en Cañoneras, y mediante un software especializado se propondrá los modelos de aerogenerador más apropiados a las características del emplazamiento.
- Basándose en criterios técnico-económicos se elegirá un modelo de aerogenerador del catálogo de GAMESA EÓLICA S.A., empresa colaboradora en el presente proyecto.
- Se realizará el diseño y dimensionamiento de la red de media tensión, que conectará la salida de los centros de transformación de los aerogeneradores con la subestación “Cañoneras”.
- Se diseñará y dimensionará la “subestación de Cañoneras” en función de las características técnicas del parque eólico, así como de las exigencias en la calidad del servicio ofrecido.
- El diseño de la subestación debe considerar las posibles condiciones de funcionamiento en caso de ampliación de las instalaciones.

- Todos los trabajos de construcción del parque serán coordinados por la empresa ELECNOR S.A. y serán ejecutados por empresas externas, tratando siempre de favorecer el empleo regional, mediante trabajos de subcontratación.

2.4. Beneficios

La energía eólica es a día de hoy de todas las renovables la más madura y desarrollada. Se trata de la tecnología para la generación de energía de forma segura y sostenible, esto es, sin emisiones, inagotable, competitiva y productora de empleo y riqueza.

2.4.1. Económicos

Con respecto a los beneficios económicos, en primer lugar, cabe mencionar el hecho de la reducción del uso de combustibles fósiles.

El consumo de combustibles fósiles conlleva gastos de 2 orígenes diferentes, por una parte, en caso de tener algún tipo de reservas de esta materia prima, el hecho de tener que crear las infraestructuras necesarias para llevar a cabo el proceso de extracción de la misma. Como se ha visto anteriormente, las materias primas fósiles más utilizadas a nivel mundial son el petróleo ($\simeq 37\%$), carbón ($\simeq 25\%$) y el gas natural ($\simeq 23\%$).

El parque eólico “Cañoneras” tiene una potencia de 17.85 MW, con lo que se estima una producción anual de energía de 18,2 GWh, según se constata en “7.1.1. *Energía del viento aprovechable*”.

Tomando como ejemplo el petróleo, dada su simplicidad para abordar el apartado actual, se estima el coste de producción por cada barril entre 20\$ (México) y 50\$ (Reino Unido).

Para establecer el precio de compra del barril BRENT, se toma una media de los últimos 10 años, ya que el precio de este es muy variable en el tiempo. Se sitúa en 90\$/Barril.

Si los gastos fueran principalmente de producción, para un país productor de petróleo, el ahorro anual se estima en aproximadamente en unos 920.000 €/año. Por otro lado, en el caso de ser gasto de importación el ahorro aumentaría hasta 2.300.000€/año.

En adición a los beneficios mencionados, se debe tomar en consideración el ahorro en costes de transporte de energía. El municipio en cuestión se encuentra en la frontera entre Cantabria y Bizkaia.

El transporte en largas distancias supone grandes inversiones en equipamiento apropiado para trabajar en alta tensión, ya que es el sistema utilizado, con el fin de reducir las pérdidas energéticas.

Estas pérdidas, a pesar de ser menores en alta tensión que en media y baja tensión, es imposible reducirlas a cero, y cuanto mayor sean las distancias, mayor serán también las pérdidas.

Ambos conceptos están fuertemente ligados con la relación en la distancia entre la fuente de donde se obtiene la energía eléctrica y el destino a donde se transporta y será consumida.

En este proyecto se propone la construcción de 8,07 km de red de media tensión entre los aerogeneradores y la subestación, transportada a 20 kV, y otro tramo para unir esta subestación a la ya existente de Ramales de la victoria, donde la energía se conduce a 55 kV. Este último tramo consta de 12 km de tendido aéreo de alta tensión y 2 km de tendido subterráneo de alta tensión, ambos tramos al mismo voltaje.

Tramo	L (m)
1-2	213,2
2-3	264,3
3-4	194,4
4-5	217,8
5-6	224,9
6-7	263,4
7-8	928,4
8-9	242,6
9-10	235,0
10-11	86,9

11-12	84,0
16-15	213,5
15-14	215,1
14-13	189,9
13-12	215,9
34-35	286,8
35-36	306,3
36-37	265,0
37-38	400,6
12-sub	1749,8
38-sub	1268,2

Tabla 2.4-1 Longitud de cada tramo de la red de M.T.

NIVEL DE TENSIÓN	L (km)
A.T.	14
M.T	8

Tabla 2.4-2 Longitud del cableado en función del nivel de tensión

Las pérdidas técnicas se reducen un 70% de las que originarían al traer esta misma cantidad de energía desde la central de generación alternativa más cercana. Esto se traduce en reducción de pérdidas económicas que varían en función del precio de la energía.

El parque tiene otros beneficios económicos. De hecho, genera 197.000 euros de ingresos anuales al municipio: 68.000 euros al Ayuntamiento por el canon e impuestos locales; 109.000 euros a las juntas vecinales; y 19.000 euros a la Dirección General de Biodiversidad del Gobierno cántabro.

2.4.2. Ambientales

El uso de la energía eólica está en pleno crecimiento tanto en España como en el resto del mundo. Esta tendencia se debe a que se trata de una energía limpia, inagotable y cada día más competitiva.

Al compararse con los combustibles fósiles se pueden encontrar grandes diferencias, principalmente por su abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier lugar, en contraposición a los mencionados fósiles, cuyas reservas son finitas. Es un elemento fundamental para lograr un sistema energético sostenible que permita el desarrollo sin poner en riesgo a futuras generaciones.

Además de inagotable, la energía eólica es una fuente renovable, no contaminante y reduce el uso de los combustibles fósiles.

Se evitan la emisión a la atmósfera de 64.000 toneladas de CO₂ al año, 230 toneladas de NO_X (Óxido de Nitrógeno), 260 toneladas de SO₂ (Dióxido de Azufre) y 50 toneladas de partículas que se producirían si se generase la misma electricidad con fuentes convencionales.

El efecto depurativo producido por este parque eólico cada año es el equivalente al producido por 3.200.000 árboles. Para producir la misma electricidad en un año, necesitaríamos 30.000 barriles de petróleo.

2.4.3. Sociales

Las obras de del Parque de Cañoneras supondrán la creación de entre 30 y 40 empleos durante 6 meses, y en ellas participarán diferentes empresas cántabras como 'Copsesa', en la obra civil; 'Inelecma', en los trabajos eléctricos; 'Teican', en el estudio y seguimiento ambiental; 'Gysco', en la prevención y seguridad y salud; 'Cantarey', en la construcción de generadores; 'Gamesa', en la fabricación de los aerogeneradores, así como otras empresas de la región en el transporte y montaje de componentes y aerogeneradores.

2.5. Estado del arte

2.5.1. Elementos de los aerogeneradores

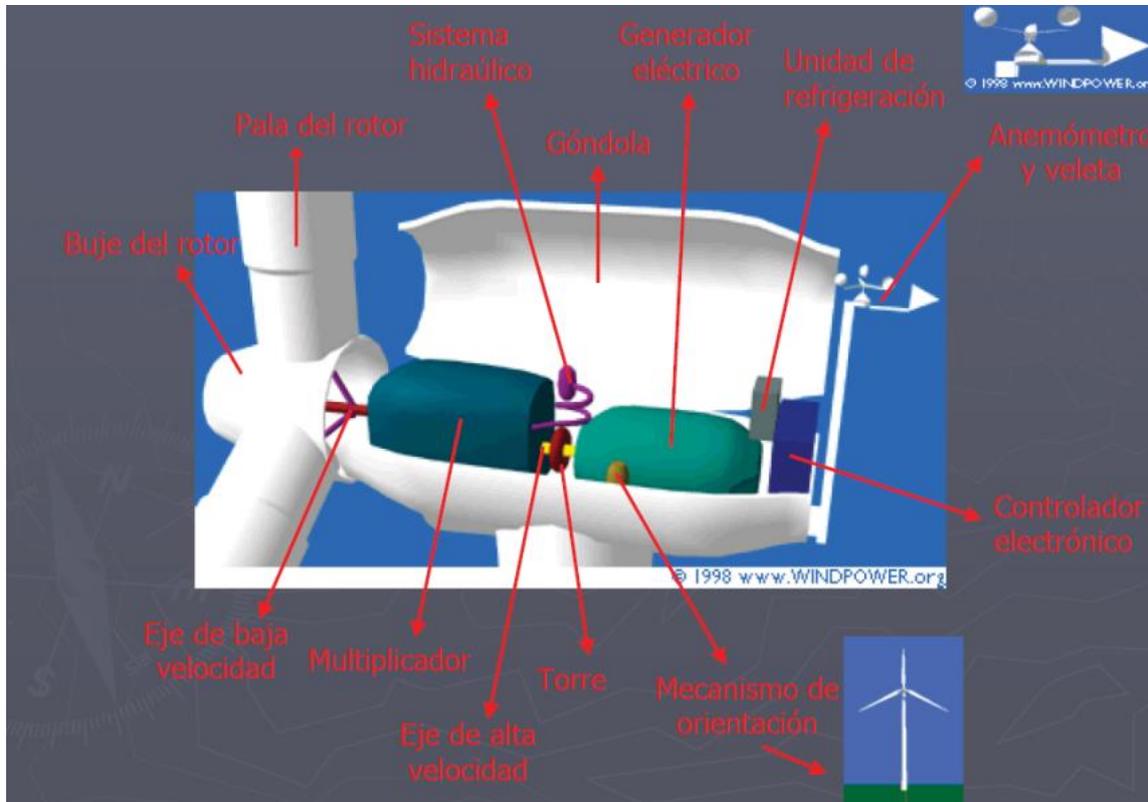


Ilustración 2.5-1 Elementos contenidos en la góndola

La góndola contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina. A la izquierda de la góndola tenemos el rotor del aerogenerador, es decir, las palas y el buje.

El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.

Las palas del rotor capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. En un aerogenerador moderno de 1000 kW cada pala mide alrededor de 27 metros de longitud y su diseño es muy parecido al del ala de un avión.

El eje de baja velocidad del aerogenerador conecta el buje del rotor al multiplicador. En un aerogenerador moderno el rotor gira bastante lentamente, de unas 19 a 30 revoluciones por minuto (r.p.m.). El eje contiene conductos del sistema hidráulico para permitir el funcionamiento de los frenos aerodinámicos.

El eje de alta velocidad gira aproximadamente a 1.500 revoluciones por minuto (r.p.m.), lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

El multiplicador tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha gire 50 veces más rápidamente que el eje de baja velocidad.

El generador eléctrico por norma general será un generador asíncrono o de inducción. En un aerogenerador moderno la potencia máxima suele estar entre 500 y 3000 kilovatios (kW).

El mecanismo de orientación es activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta. El dibujo muestra la orientación de la turbina.



Ilustración 2.5-2 Sistemas de orientación de Aero y palas

Normalmente, la turbina sólo se orientará unos pocos grados cada vez, cuando el viento cambia de dirección.

El controlador electrónico tiene un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador y llama al ordenador del operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico mediante módem.

El sistema hidráulico es utilizado para restaurar los frenos aerodinámicos del aerogenerador.

La unidad de refrigeración contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además, contiene una unidad de refrigeración del aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores enfriados por agua.

El anemómetro y la veleta se utilizan para medir la velocidad y la dirección del viento. Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectar el aerogenerador cuando el viento alcanza aproximadamente 5 metros por segundo. El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 metros por segundo, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para girar al aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.

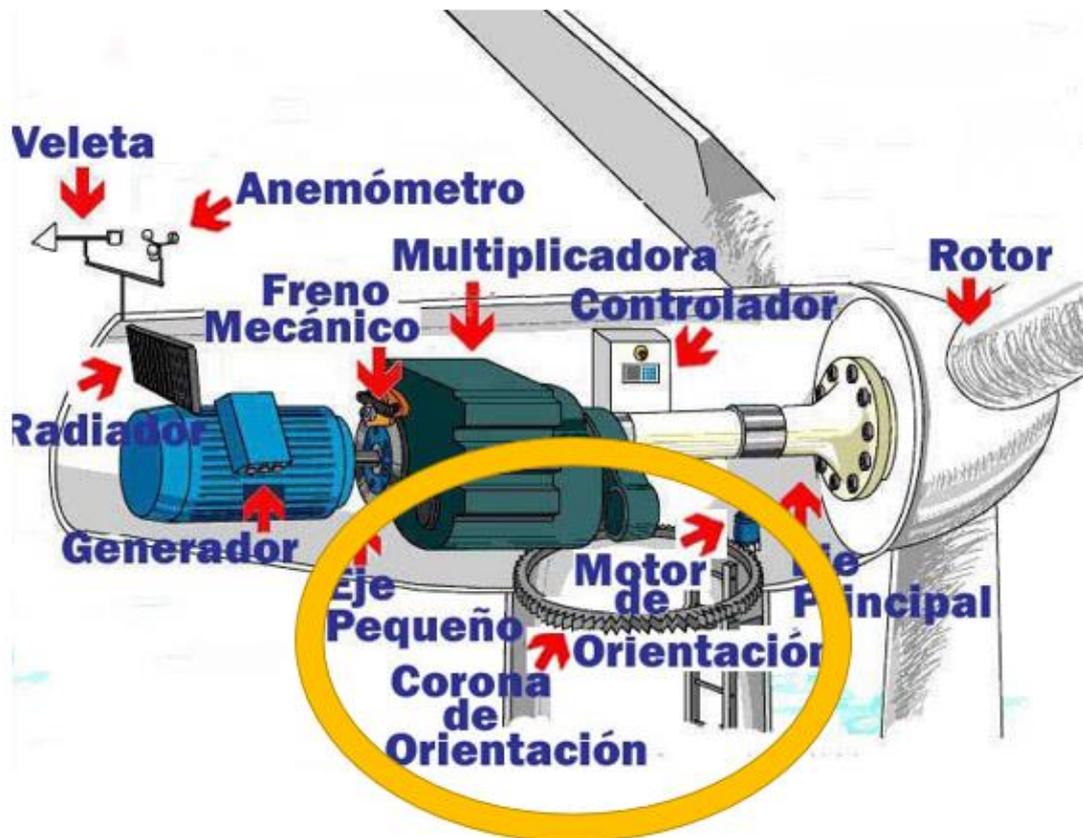


Ilustración 2.5-3 Sistema de orientación del aerogenerador

La torre del aerogenerador soporta la góndola y el rotor. En los grandes aerogeneradores las torres tubulares pueden ser de acero, de celosía o de hormigón. Las torres tubulares tensadas con vientos sólo se utilizan en aerogeneradores pequeños (cargadores de baterías, etc.).

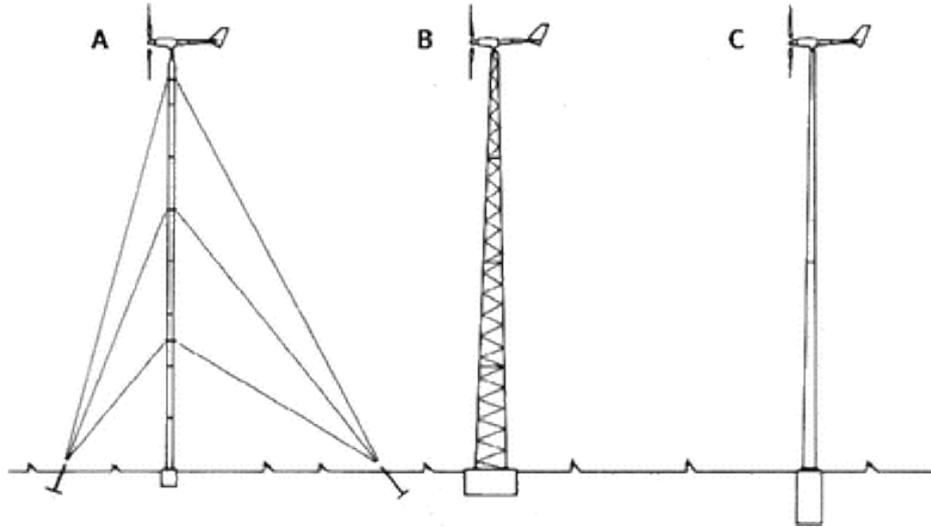


Ilustración 2.5-4 Tipos de torres. Con tensores (A), de celosía (B) y tubulares(C)

2.5.2. Aerodinámica

2.5.2.1. Sustentación

El rotor, compuesto por las palas y el buje, está situado corriente arriba de la torre y también la góndola en la mayoría de aerogeneradores modernos. Esto se hace, sobre todo, porque la corriente de aire tras la torre es muy irregular (turbulenta).

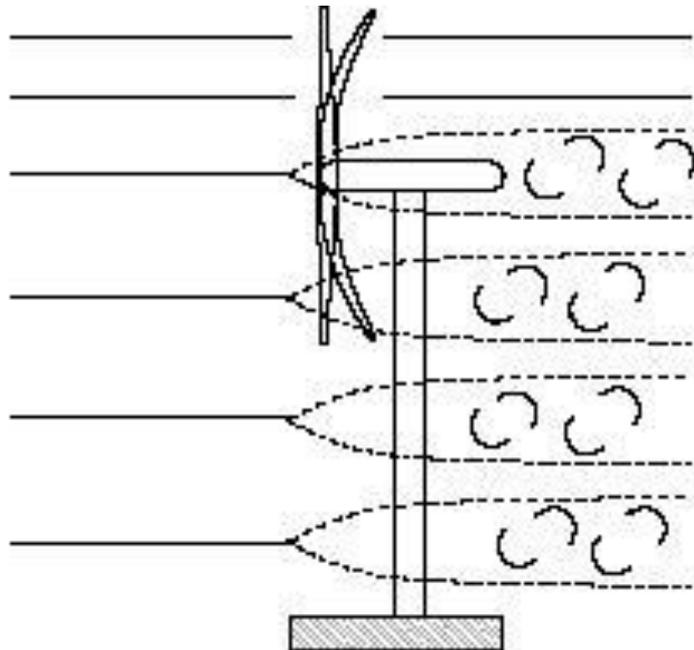


Ilustración 2.5-5 Flujo de viento en aerogeneradores

Es obvio que es el viento quien hace girar al rotor, pero en realidad, no se trata simplemente de moléculas de aire que chocan contra la parte delantera de las palas del rotor.

Los aerogeneradores modernos toman prestada de los aviones y los helicópteros tecnología ya conocida, además de tener algunos trucos propios más avanzados, ya que los aerogeneradores trabajan en un entorno realmente muy diferente, con cambios en las velocidades y en las direcciones del viento.

Obsérvese la imagen del perfil cortado (sección transversal) del ala de un avión. La razón por la que un aeroplano puede volar es que el aire que se desliza a lo largo de la superficie superior del ala se mueve más rápidamente que el de la superficie inferior.

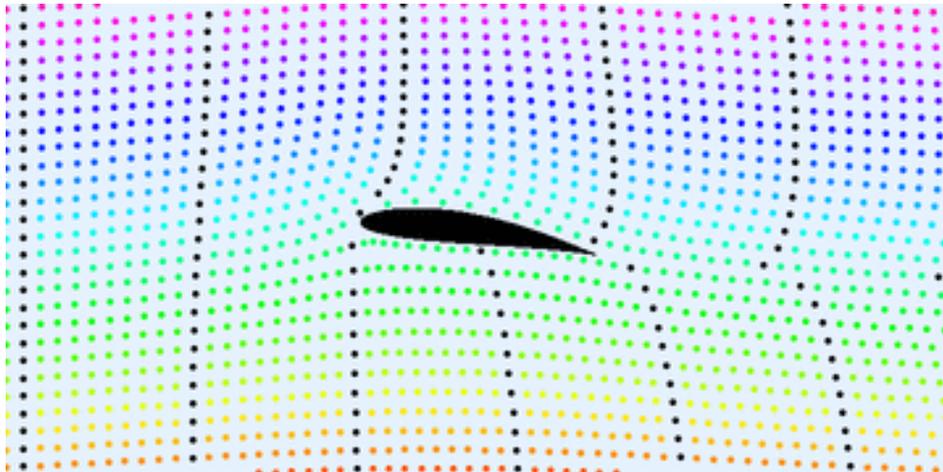


Ilustración 2.5-6 Flujo de viento a través del perfil de las palas

Esto implica (por efecto Venturi) una presión más baja en la superficie superior, lo que crea la sustentación, es decir, la fuerza de empuje hacia arriba que permite al avión volar.

La sustentación es perpendicular a la dirección del viento.

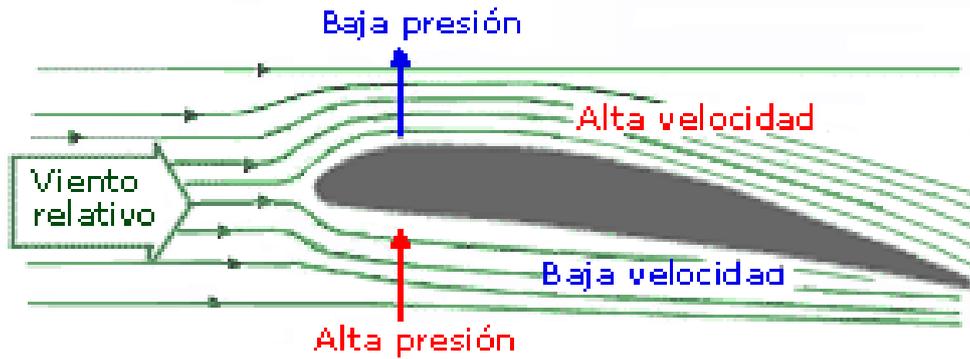


Ilustración 2.5-7 Principio de sustentación

2.5.2.2. Pérdida de sustentación

Al aumentar en gran medida el ángulo de ataque, la sustentación del ala aumenta, pero en la imagen puede verse como el flujo de aire de la superficie superior deja de estar en contacto con la superficie del ala. En su lugar, el aire gira alrededor de un vórtice irregular (condición que también se conoce como turbulencia). Bruscamente, la sustentación derivada de la baja presión en la superficie superior del ala desaparece. Este fenómeno es conocido como pérdida de sustentación.

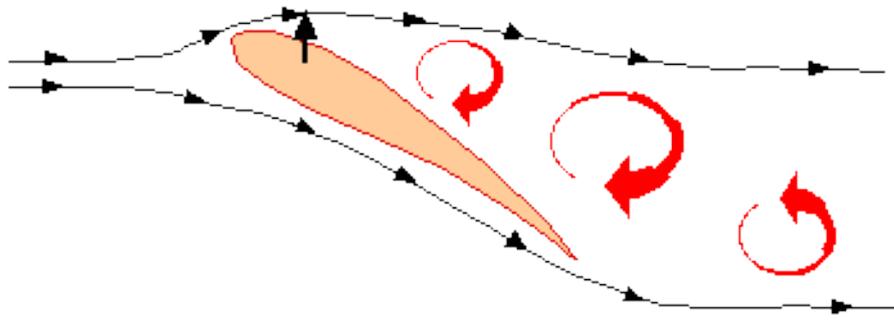


Ilustración 2.5-8 Pérdida de sustentación

Observe que la turbulencia es creada en la cara posterior de la pala en relación con la corriente de aire.

La pérdida de sustentación puede ser provocada si la superficie del ala de la pala no es completamente uniforme y lisa. Una mella en el ala o en la pala del rotor, o un trozo de cinta adhesiva, pueden ser suficiente para iniciar una turbulencia en la parte trasera, incluso si el ángulo de ataque es bastante pequeño. En la fase de diseño se trata de evitar la pérdida de sustentación a toda costa.

2.5.2.3. Perfiles de las palas

Como puede ver, las palas del rotor de un aerogenerador se parecen mucho las alas de un avión. De hecho, los diseñadores de palas de rotor usan a menudo perfiles clásicos de alas de avión como sección transversal de la parte más exterior de la pala. Sin embargo, los perfiles gruesos de la parte más interior de la pala suelen estar específicamente diseñados para turbinas eólicas. La elección de los perfiles de las palas del rotor conlleva una solución de compromiso entre unas características adecuadas de sustentación y pérdida de sustentación, y la habilidad del perfil para funcionar bien incluso si hay algo de suciedad en su superficie (lo cual puede ser un problema en áreas en las que llueve poco).

2.5.2.4. Materiales de las palas

La mayoría de las modernas palas de rotor de grandes aerogeneradores están fabricadas con plástico reforzado con fibra de vidrio ("GRP"), es decir, poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio. Utilizar fibra de carbono o aramidas (Kevlar) como material de refuerzo es otra posibilidad, pero normalmente estas palas son antieconómicas para grandes aerogeneradores. Los materiales compuestos (composites) de madera, madera-epoxy, o madera-fibra-epoxy aún no han penetrado en el mercado de las palas de rotor, aunque existe un desarrollo continuado en esa área. Las aleaciones de acero y de aluminio tienen problemas de peso y de fatiga del metal, respectivamente. Actualmente sólo son utilizados en aerogeneradores muy pequeños.

2.6. Análisis de alternativas

2.6.1. Aerogeneradores

2.6.1.1. Sistema de control de potencia

Los aerogeneradores están diseñados para producir energía eléctrica de la forma más barata posible. Así pues, están generalmente diseñados para rendir al máximo a velocidades cercanas a 15 m/s. Es preferible no diseñar aerogeneradores que maximicen su rendimiento con vientos más fuertes, ya que los vientos tan fuertes no son comunes.

En el caso de vientos más fuertes es necesario gastar parte del exceso de la energía del viento para evitar daños en el aerogenerador. En consecuencia, todos los aerogeneradores están diseñados con algún tipo de control de potencia. Existen diversas formas de controlarlo con seguridad en los modernos aerogeneradores:

1. Regulación de potencia por cambio del ángulo de paso (“pitch-controlled”)
2. Regulación pasiva por pérdida aerodinámica (“stall-controlled”)
3. Regulación activa por pérdida aerodinámica

2.6.1.1.1. Regulación de potencia por cambio del ángulo de paso (“pitch-controlled”)

En un aerogenerador de regulación por cambio del ángulo de paso, el controlador electrónico de la turbina comprueba varias veces por segundo la potencia generada. Cuando ésta alcanza un valor demasiado alto, el controlador envía una orden al mecanismo de cambio del ángulo de paso, que inmediatamente hace girar las palas del rotor ligeramente fuera del viento (del paisaje). Y a la inversa, las palas son vueltas hacia el viento cuando éste disminuye de nuevo.

Así pues, las palas del rotor deben ser capaces de girar alrededor de su eje longitudinal (variar el ángulo de paso), tal y como se muestra en la figura. Durante la operación normal, las palas girarán una fracción de grado cada vez (y el rotor estará girando al mismo tiempo).

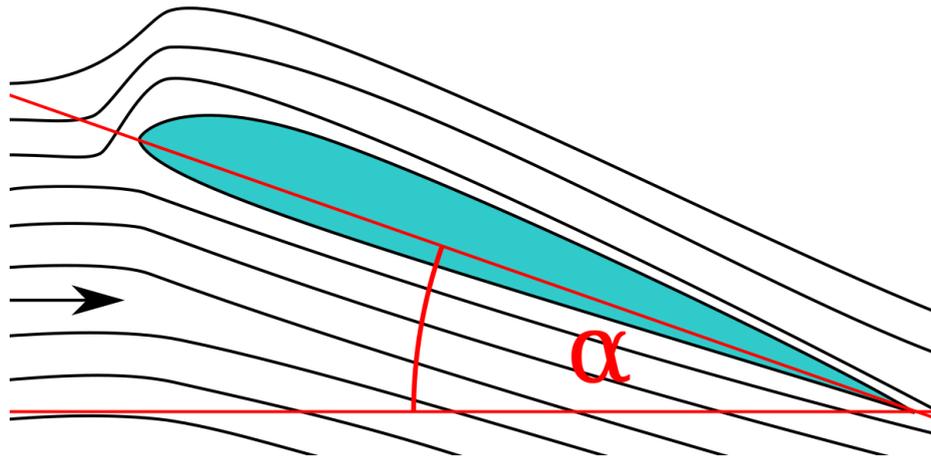


Ilustración 2.6-1 Ángulo de ataque

El diseño de aerogeneradores controlados por cambio del ángulo de paso requiere una ingeniería muy desarrollada, para asegurar que las palas giren exactamente el ángulo deseado. En este tipo de aerogeneradores, el ordenador generalmente girará las palas unos pocos grados cada vez que el viento cambie, para mantener un ángulo óptimo que proporcione el máximo rendimiento a todas las velocidades de viento. El mecanismo de cambio del ángulo de paso suele funcionar de forma hidráulica.

2.6.1.1.2. Regulación pasiva por pérdida aerodinámica (“stall-controlled”)

Los aerogeneradores de regulación (pasiva) por pérdida aerodinámica tienen las palas del rotor unidas al buje en un ángulo fijo. Sin embargo, el perfil de la pala ha sido aerodinámicamente diseñado para asegurar que, en el momento en que la velocidad del viento sea demasiado alta, se creará turbulencia en la parte de la pala que no da al viento, tal y como se mostraba cinco diapositivas atrás. Esta pérdida de sustentación evita que la fuerza ascensional de la pala actúe sobre el rotor.

Conforme aumenta la velocidad real del viento en la zona, el ángulo de ataque de la pala del rotor también aumentará, hasta llegar al punto de empezar a perder sustentación. Si mira con atención la pala del rotor de un aerogenerador regulado por pérdida aerodinámica observará que la pala está ligeramente torsionada a lo largo de su eje longitudinal. Esto es así en parte para asegurar que la pala pierda la sustentación de forma gradual, en lugar de hacerlo bruscamente, cuando la velocidad del viento alcanza su valor crítico (Existen diferentes razones para torsionar la pala, pero sus motivos son de ámbitos diferentes al control de potencia por regulación pasiva por pérdida aerodinámica).

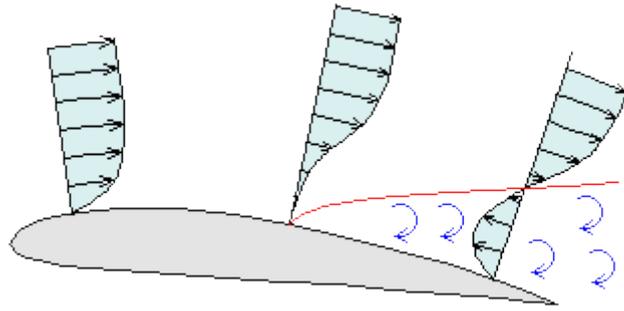


Ilustración 2.6-2 Pérdida de sustentación

La principal ventaja de la regulación por pérdida aerodinámica es que se evitan las partes móviles del rotor y un complejo sistema de control. Por otro lado, la regulación por pérdida aerodinámica representa un problema de diseño aerodinámico muy complejo, y compota retos en el diseño de la dinámica estructural de toda la turbina, para evitar las vibraciones provocadas por la pérdida de sustentación. Alrededor de las dos terceras partes de los aerogeneradores que actualmente se están instalando en todo el mundo son máquinas de regulación por pérdida aerodinámica.

2.6.1.1.3. Regulación activa por pérdida aerodinámica

Un número creciente de aerogeneradores están siendo desarrollados con un mecanismo de regulación activa por pérdida aerodinámica. Técnicamente, las máquinas de regulación activa por pérdida aerodinámica se parecen a las de regulación por cambio del ángulo de paso, en el sentido de que ambos tienen palas que pueden girar. Para tener un momento de torsión razonablemente alto a bajas velocidades del viento, este tipo de máquinas serán normalmente programadas para girar sus palas como las de regulación por cambio del ángulo de paso a bajas velocidades del viento (a menudo sólo utilizan unos pocos pasos fijos, dependiendo de la velocidad del viento). Sin embargo, cuando la máquina alcanza su potencia nominal, observará que este tipo de máquinas presentan una gran diferencia respecto a las máquinas reguladas por cambio del ángulo de paso: si el generador va a sobrecargarse, la máquina girará las palas en la dirección contraria a la que lo haría una máquina de regulación por cambio del ángulo de paso. En otras palabras, aumentará el ángulo de paso de las palas para llevarlas hasta una posición de mayor pérdida de sustentación, y poder así consumir el exceso de energía del viento.

Una de las ventajas de la regulación activa por pérdida aerodinámica es que la producción de potencia puede ser controlada de forma más exacta que con la regulación pasiva, con el fin de evitar que al principio de una ráfaga de viento la potencia nominal sea sobrepasada. Otra de las ventajas es que la máquina puede funcionar casi exactamente a la potencia nominal a todas las velocidades de viento. Un aerogenerador normal de regulación pasiva por pérdida aerodinámica tendrá generalmente una caída en la producción de potencia eléctrica a altas velocidades de viento, dado que las palas alcanzan una mayor pérdida de sustentación. El mecanismo de cambio del ángulo de paso suele operarse mediante sistemas hidráulicos o motores eléctricos paso a paso. La elección de la regulación por cambio de paso es sobre todo una cuestión económica: hay que considerar si vale o no la pena pagar por la mayor complejidad de la máquina que supone el añadir el mecanismo de cambio de paso de la pala.

2.6.1.2. Sistema de giro de las palas

2.6.1.2.1. Velocidad fija

Se trata del sistema más sencillo y más ampliamente utilizado en la actualidad. Con esta tecnología, la turbina siempre girará a la misma velocidad, independientemente de la velocidad del viento.

Son capaces de regular el par del rotor por medio de la variación del ángulo de ataque de las palas. De este modo el par en el alternador se consigue que sea el máximo para entregar la máxima potencia eléctrica.

La regulación puede hacerse, sin embargo, por medio de flaps que redirigen el flujo a lo largo de la pala o únicamente lo alteran en el borde de salida. De esta manera el aerogenerador sigue siendo de paso fijo, pero tiene un mecanismo de protección contra el embalamiento a altas velocidades de viento. Estos aerogeneradores presentan la ventaja de una mayor sencillez y robustez, aunque su capacidad de aprovechamiento energético es menor.

En el caso del paso variable, la orientación de las palas permite, por un lado, variar el ángulo de ataque a altas velocidades para acercar la velocidad del rotor a la velocidad de giro nominal y, por otro permiten reducir las cargas que de no tener un paso variable afectarían a la integridad estructural del equipo. La mayoría de aerogeneradores de gran potencia construidos en la actualidad incorporan el sistema de paso variable sean, o no, de velocidad de giro en el rotor fija.

2.6.1.2.2. Velocidad variable

En este tipo de turbina eólica puede controlarse la velocidad del rotor cambiando la orientación de las palas y controlando el par en el generador. Para controlar el par en el alternador se emplean convertidores electrónicos que permiten funcionar al rotor del aerogenerador a velocidad variable manteniendo la frecuencia a la salida del alternador. Mientras que como medida de seguridad el aerogenerador incorpora los sistemas de regulación de carga del rotor para reducir su velocidad en caso que la energía cinética que le transmite el viento sea demasiado elevada.

Mediante este sistema se logra que en cada régimen de viento la velocidad de giro del equipo sea la óptima para maximizar la extracción de energía del viento. Con velocidades de giro variables del generador, el sistema de control de potencia es capaz de producir energía eléctrica a la frecuencia de la red (50 o 60 Hz.).

Permite el control en la generación de la relación entre la potencia activa y reactiva, pudiendo así adaptar el factor de potencia al requerido por la compañía eléctrica.

2.6.1.3. Eje del rotor

2.6.1.3.1. Vertical

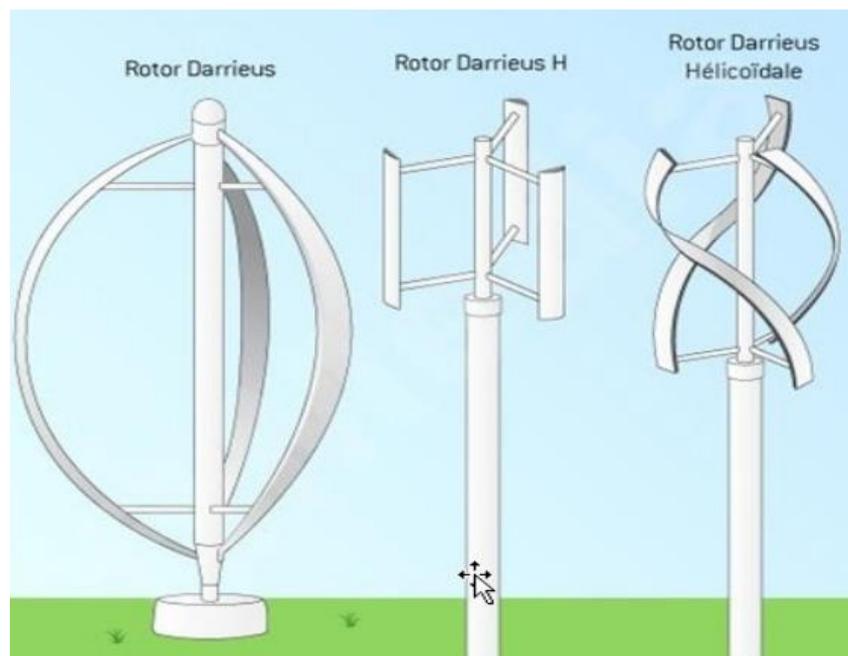


Ilustración 2.6-3 Aerogeneradores de rotor Darrieus

La única turbina de eje vertical que ha sido comercialmente fabricada a todos los volúmenes es la máquina Darrieus, que debe su nombre al ingeniero francés Georges Darrieus. La máquina Darrieus se caracteriza por sus palas en forma de C.

En esta tipología de máquinas, se pueden situar el generador, multiplicador, etc. en el suelo, pudiendo así evitar la necesidad de utilizar una torre. Las velocidades del viento cercano al suelo son reducidas, por lo que el efecto de este ahorro tiene un elevado hándicap en este apartado.

Tampoco será necesario el empleo de un sistema de orientación, ya que están diseñados para aprovechar la energía del viento sea cual sea la dirección de este.

El impacto visual es menor que para las máquinas de eje horizontal, además de que estas pueden situarse a una distancia menor unas de otras, reduciendo así el área de ocupación del parque.

2.6.1.3.2. Horizontal

La mayor parte de los aerogeneradores comerciales conectados a la red se construyen actualmente con un rotor tipo hélice de eje horizontal. El gráfico muestra el rendimiento (a través del coeficiente de potencia) de los distintos tipos de aerogeneradores que se discuten brevemente.

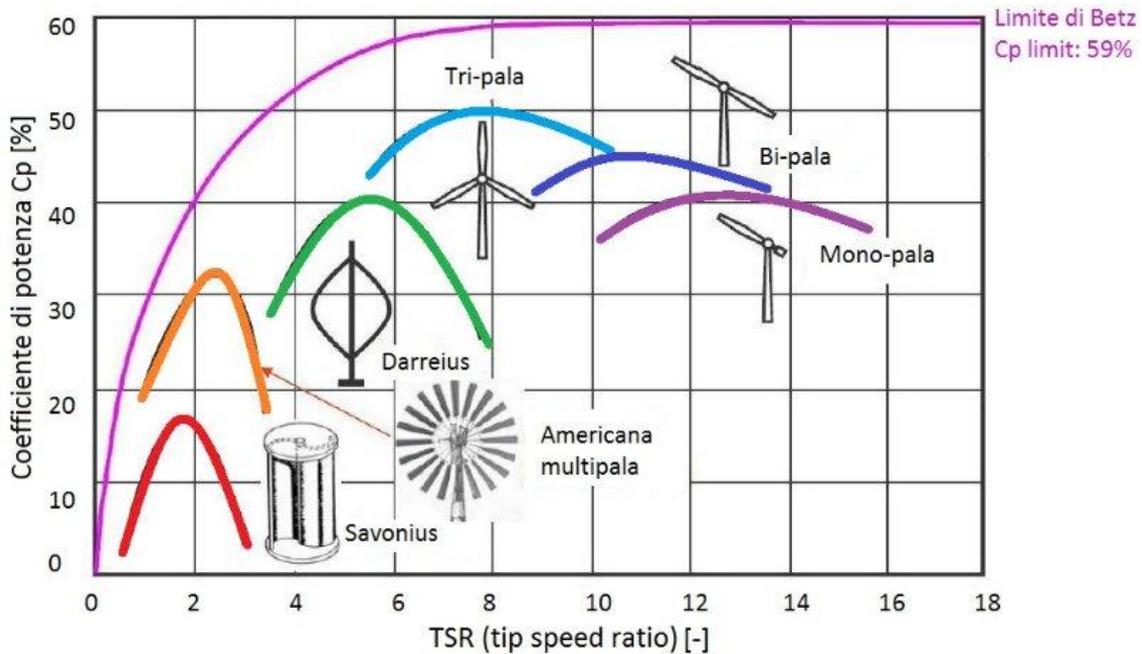


Ilustración 2.6-4 Rendimiento según tipo de aerogenerador

Por supuesto, la finalidad del rotor es la de convertir el movimiento lineal del viento en energía rotacional que pueda ser utilizada para hacer funcionar el generador. El mismo principio básico es el que se utiliza en las modernas turbinas hidráulicas, en las que la corriente de agua es paralela al eje de rotación de los álabes de la turbina.

El rendimiento, como se puede observar, es mayor que en el caso de aerogeneradores de eje vertical.

2.6.2. Subestación

2.6.2.1. Tipo de transformador

2.6.2.1.1. Seco

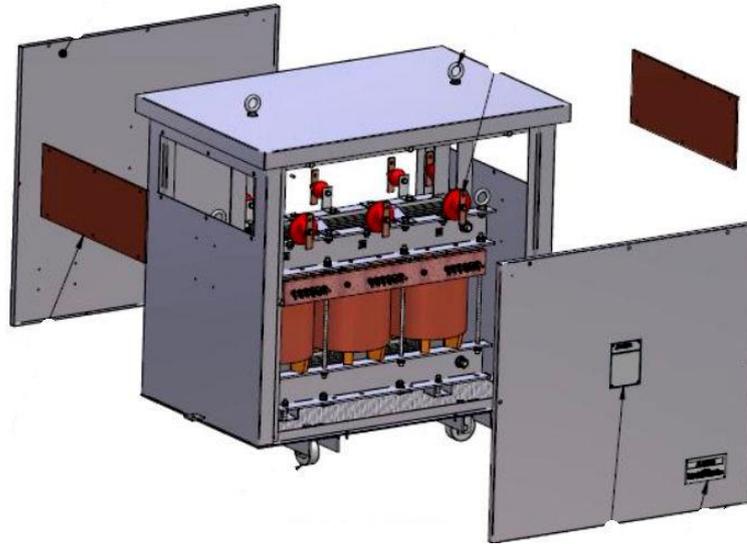


Ilustración 2.6-5 Transformador tipo seco

Los transformadores secos gozan de un diseño compacto y requieren de una obra civil mínima, por lo que el impacto visual será reducido (reducción de cerca del 15% en las dimensiones y del 10% del peso en comparación con los Transformadores sumergidos en aceite).

Disponen de una gran capacidad para soportar sobretensiones y máxima resistencia mecánica ante esfuerzos dinámicos provocados por cortocircuitos. Su resistencia le protege también ante ambientes agresivos, salinos, corrosivos, humedad, temperatura y polvo.

Se fabrican con materiales retardantes del fuego y auto-extinguibles. Por consiguiente, tienen una inflamabilidad reducida y una emisión mínima de gases tóxicos. Gracias a la total ausencia de líquidos de enfriamiento, los Transformadores Secos, no presentan riesgos de contaminación por derrame de líquidos como el aceite y reducen drásticamente su propio aporte en caso de incendio.

2.6.2.1.2. En baño de aceite



Ilustración 2.6-6 Transformador en baño de aceite

Al contrario que los transformadores secos, éstos si requieren de obra civil, ya sea para ellos mismos, como para las pozas colectoras para el aceite, rejillas de extinción y barreras de separación resistentes al fuego, para evitar la propagación del incendio y el derrame de líquidos aislantes.

El mantenimiento en estos es mayor, mientras que en los de tipo seco tan solo se necesita de inspecciones para verificar que no se acumule polvo ni suciedad, deben vigilarse para garantizar el nivel de líquido aislante y verificar que éste conserve sin alterarse las características dieléctricas propias, ya que, por ejemplo, la rigidez dieléctrica de los aceites minerales disminuye significativamente ante la presencia de leves indicios de humedad.

2.6.2.2. Tipo de Subestación

En cuanto a la Subestación, se ha analizado la posibilidad de construir una “Subestación doble”, esto quiere decir, duplicar la subestación, tanto transformador como demás elementos.

Esta posibilidad se ha dado con el fin de evitar posibles interrupciones en el suministro de energía, ya sea por incidencias en las instalaciones o por paradas debidas al mantenimiento.

2.6.3. Red de M.T.

2.6.3.1. Serie

En este caso la red de MT va enlazando la salida del centro de transformación de cada aerogenerador con la salida del siguiente en dirección hacia la subestación.

De esta forma los metros totales de cable a utilizar serán menores, a costa de ir aumentando la sección del cable a medida que va aumentando la intensidad a circular a través de cada tramo.

La longitud de cable de cada una de las secciones disponibles queda definida según la siguiente tabla.

Sección (mm ²)	95	240	500
cable (m.)	5909,99	736,12	1749,84

Tabla 2.6-1 Cantidad (m) de cable según sección

2.6.3.2. Paralelo

En este caso la red de media tensión se ejecutaría de forma que, desde cada aerogenerador, más concretamente desde la salida de los centros de transformación, se tiende un cable hasta la entrada a la subestación. Justo a la entrada de la subestación es donde se empalman los tramos de cable de todos los aerogeneradores.

En este caso los metros de cable son mayores, pero la sección de estos es más pequeña, compensando la mayor cantidad de material por un menor coste unitario. A la entrada de la subestación se debe emplear un pequeño tramo de 500 mm², que a efectos prácticos se desprecia debido a su mínima longitud.

En este caso se dan dos posibilidades, la primera que se ofrezca la posibilidad de ampliar el catálogo de secciones de cable a adquirir añadiendo la de 35 mm², ya que todos los tramos podrían ejecutarse con esta sección de cable, y la segunda, que no se amplíe y se deba sobredimensionar utilizando sección de 95 mm² en todos los tramos.

En todo caso los metros de cable a emplear serán los mismos.

Aerogenerador	Metros de cable
1	4704,7
2	4491,5
3	4227,1
4	4032,8
5	3814,9
6	3590,1
7	3326,7
8	2398,4
9	2155,8
10	1920,8
11	1833,9
12	1749,8
13	1965,8
14	2155,6
15	2370,7
16	2584,2
34	2526,8
35	2240,0
36	1933,7
37	1668,8
38	1268,2
TOTAL	56960,3

Tabla 2.6-2 Metros de cable desde cada aerogenerador a la subestación

2.7. Justificación de la solución

Para la selección de la opción más favorable se emplea el método de los factores ponderados, por su eficacia y sencillez a la hora de analizar los resultados obtenidos. La alternativa seleccionada será la que cuente con mayor puntuación todos los casos.

2.7.1. Aerogeneradores

2.7.1.1. Sistema de control de potencia

- Coste: Coste total de la instalación en euros.
- Calidad de la onda: Armónicos producidos por el sistema de generación.
- Esfuerzos mecánicos: Fuerzas mecánicas a soportar por la instalación.
- Rendimiento: Relación entre la energía potencial eólica y la energía producida.

	Pitch-controlled	Stall-controlled	Regulación activa	
Coste	1	3	2	4
Calidad de onda	3	1	2	1
Esfuerzos mecánicos	3	1	2	3
Rendimiento	3	1	2	2
	22	18	20	

Tabla 2.7-1 Factores ponderados para el sistema de control de potencia

2.7.1.2. Sistema de giro de las palas

- Coste: Coste total de la instalación en euros.
- Calidad de la onda: Armónicos producidos por el sistema de generación.
- Esfuerzos mecánicos: Fuerzas mecánicas a soportar por la instalación.
- Rendimiento: Relación entre la energía potencial eólica y la energía producida.

	Velocidad fija	Velocidad variable	
Coste	2	1	4
Calidad de onda	1	2	1
Esfuerzos mecánicos	1	2	3
Rendimiento	1	2	2
	14	16	

Tabla 2.7-2 Factores ponderados para el sistema de giro de las palas

2.7.1.3. Eje del rotor

- Coste: Coste total de la instalación en euros.
- Esfuerzos mecánicos: Fuerzas mecánicas a soportar por la instalación.
- Rendimiento: Relación entre la energía potencial eólica y la energía producida.
- Mantenimiento: Trabajos y esfuerzo necesario para realizar reparaciones y/o revisiones periódicas.
- Impacto visual: Alcance de las alteraciones en el entorno, como por ejemplo posibles vistas del paisaje.

	Vertical	Horizontal	
Coste	1	2	5
Esfuerzos mecánicos	2	1	4
Rendimiento	1	2	3
Mantenimiento	1	2	2
Impacto visual	2	1	1
	20	25	

Tabla 2.7-3 Factores ponderados para el eje del rotor

2.7.2. Subestación

2.7.2.1. Tipo de transformador

- Coste: Coste total de la instalación en euros.
- Rendimiento: Relación entre la energía potencial y la energía producida.
- Mantenimiento: Trabajos y esfuerzo necesario para realizar reparaciones y/o revisiones periódicas.
- Seguridad: Riesgo y magnitud de posibles accidentes.
- Impacto visual: Alcance de las alteraciones en el entorno, como por ejemplo posibles vistas del paisaje.

	Seco	Aceite	
Coste	1	2	5
Rendimiento	1	2	3
Mantenimiento	2	1	2
Seguridad	2	1	4
Impacto visual	2	1	1
	22	23	

Tabla 2.7-4 Factores ponderados para el tipo del transformador

2.7.3. Red de M.T.

- Coste: Coste total de la instalación en euros.
- Rendimiento: Directamente relacionado con las pérdidas totales en las líneas.
- Mantenimiento: Trabajos y esfuerzo necesario para realizar reparaciones y/o revisiones periódicas.
- Seguridad: Riesgo y magnitud de posibles accidentes.
- Robustez: Resistencia de la instalación ante posibles fallos.
- Simplicidad: A menor número de elementos, mayor grado de simplicidad.

	Serie	Paralelo	
Coste	2	1	6
Rendimiento	2	1	2
Mantenimiento	1	2	1
Seguridad	1	2	5
Robustez	2	1	3
Simplicidad	2	1	4
	31	17	

Tabla 2.7-5 Factores ponderados para la red de M.T.

2.8. Análisis de riesgos

Antes de acometer un proyecto de estas características, es realmente importante realizar un preciso análisis de riesgos.

2.8.1. Riesgos tecnológicos

La tecnología en el sector de las energías renovables avanza a una velocidad muy elevada, por lo que se debe utilizar la de mayor vanguardia en el momento de la ejecución del proyecto.

Utilizando aerogeneradores de última tecnología se corre el riesgo de que no estén lo suficientemente desarrollados, pudiendo provocar la aparición de defectos durante su funcionamiento.

Para evitar este riesgo, se debe encontrar el equilibrio entre el uso de tecnología suficientemente avanzada y asegurarse de que su funcionamiento este probado con certeza de su correcto funcionamiento.

2.8.2. Riesgos políticos

Es de vital importancia encontrar un marco político estable para el desarrollo del proyecto, ya que un cambio en las políticas energéticas, como un mayor apoyo a la energía nuclear o procedente de otras materias primas fósiles, podría alterar sensiblemente el avance del proyecto.

Como se ha observado en “3.2. Contexto”, el marco actual favorece el uso de las energías renovables, con diversos acuerdos tanto nacionales como internacionales donde se han adquirido compromisos a largo plazo.

2.8.3. Riesgos operativos

Los principales riesgos en esta fase incluyen asegurar el abastecimiento de los inputs necesarios para llevar a cabo el proyecto, riesgos operacionales relacionados generalmente con el rendimiento de las instalaciones en comparación con los estándares del proyecto.

Su presencia puede causar una reducción de los flujos de efectivo generados por el proyecto durante su vida económica. Afecta directamente a la tasa interna de retorno esperada.

En el caso de un parque eólico, el primer riesgo operativo que podemos encontrar es la disponibilidad del recurso eólico, es decir la posible falta de viento. Si el viento no es el esperado, la capacidad productiva del parque se vería claramente afectada.

Para evitar esto es importante tener mediciones técnicas de viento en el área que vamos a llevar a cabo el proyecto.

2.8.4. Riesgos de construcción

Esta fase va desde el inicio de las obras, hasta el inicio de las operaciones. En esta fase, los riesgos deben ser evaluados cuidadosamente, ya que surgen al comienzo del proyecto.

En la fase de construcción los principales riesgos son los siguientes: En primer lugar, está posibilidad de retrasos en la finalización del proyecto. En el caso de que se diese un retraso en la finalización de la construcción del parque, los flujos de caja no se empezarían a generar en el plazo planificado y esto podría hacer que el proyecto no pudiese hacer frente a sus obligaciones como repagar la financiación recibida.

Otro riesgo relativamente común en esta fase es que una vez que la empresa constructora está llevando a cabo la construcción aparezcan sobrecostes. Por último, aunque este sea menos común también existe el riesgo del abandono del proyecto por parte de la empresa constructora en mitad del proceso.

Una posible solución sería la firma de un contrato llave en mano con la empresa constructora, en el que se compromete a finalizar las obras en un plazo determinado y con un presupuesto cerrado. Así se logra transferir el riesgo de construcción a la constructora.

Además, este tipo de contratos también incluye cierta formación al personal que va a trabajar en el proyecto, así como asistencia técnica en el caso de que haya problemas en el futuro. Con lo cual, también ayudaría a reducir el riesgo de desperfectos o averías en la construcción, ya que la propia empresa constructora se haría cargo de las reparaciones los primeros años.

3. Metodología

3.1. Descripción de la solución

3.1.1. C.T.

La potencia unitaria de los aerogeneradores será de 850 kW, con una tensión de generación de 690 V a 50Hz.

Para entregar la energía producida en cada unidad eólica a la red de media tensión se instalan centros de transformación individuales en cada aerogenerador, para elevar la tensión de 690 V a 20.000 V. Estos centros de transformación se instalan en el interior de la torre soporte del aerogenerador, situándose un transformador en una plataforma elevada unos 5 m. sobre el nivel del suelo y una celda compacta de aislamiento en SF6 en la parte inferior.

La energía generada por cada unidad es entregada al cuadro de baja tensión (Ground controller) situado en la base de la torre, enfrentado con la celda de SF6.

Los elementos del subsistema son:

1. Transformador BT/MT.
2. Celda de protección MT.
3. Cables y conexiones entre el cuadro de BT y el transformador BT/MT.
4. Cables y conexiones entre el transformador BT/MT y las celdas de MT.
5. Conexión de las sondas de temperatura al armario BT.
6. Conexión de la bobina de disparo de la celda de MT.
7. Fusibles a la salida del transformador.

A continuación, se detallan las características de los principales elementos del centro de transformación.

3.1.1.1. Transformador B.T./M.T.

El transformador de BT/MT será de tipo seco y aislado con materiales auto-extinguibles:

Tipo de transformador	Trifásico, seco encapsulado
Relación.....	$20 \pm 2,5\% \pm 5\%$ / 0,690 kV
Grupo de conexión.....	Dyn11
Potencia nominal.....	1.000 kVA.(AN)
Frecuencia.....	50 Hz
Tensión de cortocircuito.....	6 %
Pérdidas en vacío (W_0).....	2.300 W
Pérdidas en carga (W_c).....	11.000 W
Rendimiento con $\cos(\varphi)=1$	98,68 %
Clase de aislamiento.....	F
Calentamiento.....	90°
Comportamiento al fuego.....	F1
Clases climática y medioambiental...	C2, E2

Niveles de aislamiento:

A. Primario

Frecuencia industrial.....50 kV

Impulso tipo rayo.....125 kV

B. Secundario y neutro

Frecuencia industrial.....3 kV

Las conexiones de MT del cable proveniente del transformador en la celda se harán con bornas enchufables y las de BT mediante tornillos para conectarse a cables o pletinas.

3.1.1.2. Celda de conexión (Aerogenerador-M.T.)

La celda será compacta de protección por fusibles y estará equipada para realizar las funciones de protección del Transformador BT/MT y la conexión a los cables de la Red de MT.

Las configuraciones de las celdas a utilizar son del tipo:

- OL + 1P: formada por un remonte de línea y una protección de transformador.
- OL + 1L + 1P: formada por un remonte de línea, un seccionamiento de línea y una protección de transformador. Se utiliza en el caso de fin del circuito.
- OL + 2L + 1P: formada por un remonte de línea, dos seccionamientos de línea y una protección de transformador. Se utiliza cuando se tiene una línea de entrada y otra de salida.

La composición de los diferentes módulos es la siguiente:

- Módulo función de protección

Dispondrá de un interruptor-seccionador combinado con fusibles que, por la actuación de cualquiera de ellos, provoque la apertura del interruptor-seccionador asociado.

El accionamiento será manual y llevará una bobina de disparo incorporada a 220 V, 50 Hz.

Llevará pasatapas enchufables y detectores de tensión.

- Modulo función de remonte

No dispondrá de ningún elemento de corte. llevará pasatapas enchufables y detectores de tensión. Esta celda tan solo hace funciones de unión entre dos tramos del circuito en caso de requerirse.

- Modulo función de conexión a cables (Seccionamiento de cables)

Dispondrá de un interruptor-seccionador. El accionamiento será manual. Llevará pasatapas enchufables y detectores de tensión.

- Características generales

Las características asignadas a esta celda compacta son:

Tipo.....Aparamenta blindada aislada en SF6

Servicio.....Continuo

Instalación.....Interior

Nº Fases.....3

Tensión nominal.....24 kV

Tensión de servicio.....20 kV

Frecuencia nominal.....50 Hz

Intensidad nominal:

A. Función de protección.....200 A

B. Función de conexión a red.....400 A / 630 A

Nivel de aislamiento:

A. A tierra, entre polos y entre bornas aparellaje:

A frecuencia industrial.....50 kV

A impulso tipo rayo.....125 kV

B. Sobre distancia de seccionamiento:

A frecuencia industrial.....60 kV

A impulso tipo rayo.....145 kV

A. Intensidad de cortocircuito:

Nominal de corta duración (1s).....16 kA

Nominal valor de cresta.....40 kA

B. Resistencia a arcos internos:

Tensión.....	24 kV
Intensidad.....	16 kA
Duración del arco.....	0,5 s

3.1.2. Red de M.T.

La red de media tensión es la encargada de recoger la energía generada en los aerogeneradores. La interconexión entre los centros de transformación de los aerogeneradores se realizará mediante ternas de cable unipolar de aislamiento seco tipo DHZ1 12/20 de 95, 240 y 500 mm² de sección en aluminio.

La red de media tensión está dimensionada para soportar la ampliación de dos máquinas de 900 kW que se conectarán al aerogenerador nº 16, para lo cual se ha previsto que disponga de una celda del tipo 0L + 2L + 1P.

3.1.3. Red de puesta a tierra

Será realizada con cable de Cu desnudo de 70 mm² de sección y enlazará los sistemas de puesta a tierra del transformador de cada uno de los aerogeneradores proyectados, de forma que toda la instalación eléctrica forme un conjunto equipotencial.

3.1.4. Cable de comunicaciones

Las comunicaciones no se encuentran dentro del alcance del proyecto, pese a lo que se dará una breve explicación del sistema y los equipos utilizados.

Para la transmisión de señales se conectarán entre sí todos los aerogeneradores y éstos con la subestación, con fibra óptica multimodo 62,5/125 mm de 8 fibras, con configuración ajustada y protección anti-roedores dieléctrica.

Las fibras son de construcción ajustada y cada una de ellas tiene un elemento de tracción propio, lo que le proporciona una mayor robustez al cable y también a las fibras.

Cuando el cable es despojado de su cubierta en el proceso de acabado, estas protecciones permiten la terminación directa del conector sobre el cable estando esta terminación suficientemente protegida. La conectorización se realizará directamente en las tarjetas de comunicación mediante crimpado de conectores ST 62,5/125, sin necesidad de utilizar cajas de conectorización intermedias.

El circuito de fibra óptica considerado es el siguiente:

A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-EC-A34-A35-A36-A37A38

A16-A15-A14-A3-A12

En total habrá un único circuito de fibra óptica que agrupará la conexión de todos los aerogeneradores hacia la subestación.

En caso de que fuera necesario integrar también la torre meteorológica en el sistema de telecontrol del parque eólico se realizaría la conexión a través del mismo cable de fibra óptica utilizando dos de las 8 fibras del cable.

Para la conexión de los aerogeneradores se emplearán 4 fibras, por lo que empleando otras dos para la conexión de la torre meteorológica, quedarían dos fibras de reserva.

3.1.5. Subestación M.T./A.T.

La subestación dispondrá de un edificio prefabricado que albergará las celdas y armarios necesarios.

3.1.5.1. Obra civil

La subestación eléctrica se encuentra junto al camino de acceso en la zona noroeste del parque, ocupa una superficie rectangular de 28 x 17 m aprox. a la intemperie. La elección del emplazamiento se ha realizado con el fin de minimizar la línea aérea de interconexión a la red y buscando una reducida cuenca visual.

Para lograr que esta superficie sea horizontal se llevarán a cabo los movimientos de tierra que sean necesarios, a fin de conseguir:

- Superficie nivelada y compactada
- Capacidad de carga de 2 kg/cm²

El material del préstamo estará compuesto a base de material seleccionado procedente de la excavación o zahorras naturales. Los rellenos se realizarán por tongadas, que se extenderán tomando las precauciones necesarias para evitar su segregación, siendo de 0,3 m el espesor máximo por tongada.

Una vez extendido el material se procederá a su compactación hasta alcanzar una densidad igual o superior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, procediéndose si es preciso a su humectación o desecación para obtener la densidad exigida.

3.1.5.1.1. Recinto

Todo el recinto destinado al parque de intemperie estará protegido por un vallado perimetral de 2 metros de altura medida desde el exterior.

El murete o zapata corrida ejecutará en hormigón visto, dispondrá de una puerta de 2 hojas de 5 metros de ancho en total.

El muro y las puertas dispondrán de señalización de advertencia de peligro por alta tensión, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

3.1.5.1.2. Cimentaciones

Para dar estabilidad a las diferentes estructuras metálicas que componen la subestación, se realizarán cimentaciones prismáticas de hormigón.

3.1.5.1.3. Estructuras metálicas

Se consideran estructuras metálicas tanto el pórtico de entrada como los soportes y herrajes de los diferentes aparatos. Los aceros serán laminados de calidad A-42b y cumplirán las Normas MV-102 y 104.

La altura y diseño de las estructuras soportes será tal que en ningún caso los elementos en tensión queden a menos de 3,5 metros. Dentro de esta distancia se tendrá en cuenta la flecha que pueden alcanzar los diferentes conductores. Los pasillos quedarán libres de todo obstáculo hasta una altura mínima de 2,5 metros.

Todo el acero estará galvanizado en caliente por inmersión.

La totalidad de la estructura metálica está constituida a base de perfiles normalizados tipo “H”, “I”, “U” o tipo “L”, empresillados mediante chapas y perfiles del mismo tipo. La unión de los distintos elementos se realizará mediante cordones de soldadura y tortillería homologada.

Los apoyos metálicos serán de estructuras soldadas y atornilladas, estarán galvanizados por inmersión en caliente. Dispondrán de la resistencia adecuada al esfuerzo que hayan de soportar.

Las fundaciones de los soportes están proyectadas teniendo en cuenta los esfuerzos aplicados y asegurando la estabilidad al vuelo en las peores condiciones.

3.1.5.1.4. Drenaje

Se realizará una red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo dren, envuelto en grava y tubo de PVC rígido. Para recogida y registro de dicha red se completará la instalación con arquetas de paso, enfoscadas y con tapa de hormigón armado.

3.1.5.1.5. Canalizaciones eléctricas

Para la comunicación de los diferentes equipos con los armarios, así como para la interconexión de las celdas de potencia con la apartamentada de intemperie se dispondrán de canalizaciones prefabricadas de hormigón armado o realizadas “in situ”, dependiendo de si se encuentran en zona transitable (tapa de hormigón) o zona intransitable (tapa metálica).

3.1.5.1.6. Viales y relleno

Para facilitar el acceso y las maniobras de descargas durante el periodo de construcción y/o mantenimiento se dotará a la instalación de un vial de servicio de 4 m de anchura a lo largo de toda su longitud, dicho vial estará constituido por una plancha de hormigón en masa de 20 cm. de espesor.

Una vez terminada todos los trabajos de obra civil correspondientes a la subestación se procederá a su relleno, en un espesor de 10 cm, con gravilla.

3.1.5.2. Instalaciones eléctricas

Toda la apartamentada queda especificada en el esquema unifilar adjunto al presente documento del proyecto. Así mismo, se adjunta plano de planta de la subestación, así como de la disposición de equipos dentro del edificio prefabricado.

Las características de la apartamentada proyectada para la SET Cañoneras son las que se describen a continuación.

3.1.5.2.1. Transformador

Un transformador de potencia trifásico, de relación 55/20 kV 30/35 MVA con las siguientes características principales:

Tipo de transformador	Trifásico intemperie
Relación nominal	$55 \pm 10 \times 1\% / 20$ kV
Grupo de conexión	YNd11
Potencia nominal	30/35 MVA (ONAN/ONAF)
Perdidas en vacío (W_0)	11kW
Perdidas en carga (W_c)	110 kW
Intensidad máxima de cortocircuito	22,5 kA

Transformadores de intensidad integrados:

Dos juegos de tres transformadores de intensidad lado de 55 kV, 3 para protección y 3 para medida:

Relación de Transformación	400/5 A
Potencia y clase de precisión (medida)	20 VA cl 0,5
Potencia y clase de precisión (protección)	30 VA cl 5P20

Un transformador de intensidad en el neutro de 55 kV:

Relación de Transformación	400/5 A
Potencia y clase de precisión (protección)	30 VA cl 5P20

Dos juegos de tres transformadores de intensidad lado de 20 kV, 3 para protección y 3 para medida:

Relación de Transformación	1.250/5 A
Potencia y clase de precisión (medida)	20 VA cl 0,5
Potencia y clase de precisión (protección)	30 VA cl 5P20

Las protecciones propias del transformador son:

- Termómetro con contactos.
- Liberador de presión con contacto.
- Relé Buchholz con dispositivo de toma de muestras.

Están destinados a proteger al transformador del peligro debido a las sobretensiones producidas por causas atmosféricas o por maniobras, se han previsto próximos al transformador de 55/20 kV dos juegos trifásicos de autoválvulas, uno del lado de 55 kV y otro del de 20 kV.

3.1.5.2.2. Transformador de tensión inductivo

Se instalarán tres transformadores de tensión, destinados a la conexión con los relés de protección.

Las características de estos transformadores serán las siguientes:

Relación	55.000 : $\sqrt{3}$ / 110 : $\sqrt{3}$ / 110 : $\sqrt{3}$ / 110 : 3 V
----------------	---

Potencias y clases de precisión:

1er Devanado (medida y protección)	25 VA cl 0,5- 3P
2º Devanado (medida)	25 VA cl. 0.2
3er Devanado (protección)	10 VA cl 6P

3.1.5.2.3. Transformador de intensidad

Se dispondrá de tres transformadores de intensidad de las siguientes características:

Tensión de aislamiento 72,5 kV

Relación de transformación, potencias y clases de precisión:

Relación de transformación	400/5-5-5 A
1er devanado	10 VA cl 0,2s
2º devanado	20 VA cl.0,5
3er devanado	20 VA 5P30

3.1.5.2.4. Interruptor automático

Se instalará un interruptor de mando tripolar con cámaras de corte en SF6 y de las siguientes características:

Tensión nominal	72,5 kV
Intensidad nominal	2.500 A
Frecuencia nominal	50 Hz

3.1.5.2.5. Reactancia de P.A.T.

Conectada al transformador de potencia, en el lado de 20 kV, se ha dispuesto una reactancia trifásica de puesta a tierra que limita la corriente de falta a 500 A, estando prevista para soportar esta corriente durante 30 segundos.

Las características principales de esta reactancia son las siguientes:

Tipo de reactancia Trifásica intemperie en baño de aceite
Tensión nominal 20 kV
Tiempo de falta máximo 30 s
Grupo de conexión ZN
Frecuencia 50 Hz

Transformadores de intensidad tipo bushing en bornas: uno por fase y uno en el neutro de 300/5 A 15 VA 5P20.

3.1.5.2.6. Transformador de S.S.A.A.

Transformador seco encapsulado de interior situado dentro de un envolvente de trafo para protección.

Será de las siguientes características:

Potencia nominal 100 kVA
Tensión primaria $20 \pm 2,5\% \pm 5\%$ kV
Tensión secundaria 400 V
Grupo de conexión Yzn11

3.1.5.2.7. Columnas aislantes

Las columnas aislantes a emplear en los soportes, serán de las características siguientes:

Tipo	C4-125
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	125 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia	50 kV
Carga de rotura a flexión	4000 N
Carga de rotura a torsión	800 Nm
Longitud mínima nominal de la línea de fuga	380 mm

3.1.5.2.8. Celdas de 20 kV

Serán de las siguientes características:

Tipo	Interior
Tensión nominal	24 kV
Tensión de servicio	20 kV

Nivel de aislamiento:

A frecuencia industrial, 50 Hz (kV eficaces)	50 kV
A onda de choque tipo rayo (kV cresta)	125 kV

Intensidad nominal en servicio continuo:

Barras generales	1600 A
------------------------	--------

3.1.5.2.9. Armarios de protección, control y medida

No se encuentra en el alcance del proyecto, pero se hará una breve explicación con el fin de mostrar su funcionamiento de forma básica. La aparatenta a utilizar para protección, control y medida está predeterminada por el cliente.

El control y protección de la subestación estará basado en un sistema integrado de control digital, formado por protecciones en formato tipo rack 19” instaladas en paneles de chapa de acero situados en el interior del edificio de control.

Los armarios de control y protección estarán compuestos por chasis construidos con perfiles metálicos de dimensiones aproximadas 2100x800x800 mm, cerrados por paneles laterales fijos, acceso anterior con chasis pivotante y puerta frontal de cristal o policarbonato ignífugo, lo cual permite una gran visibilidad, protección contra polvo y suciedad, fácil manejo y acceso a los aparatos instalados.

Se ofertan los siguientes armarios de protección y control y medida:

- 1 armario de S.S.A.A.
- 1 armario de protección de trafo.
- 1 armario de telecontrol.
- 1 armario de medida.

Los armarios de medida, control, protección y S.S.A.A. no entran en el alcance del proyecto y vienen prefijados por el cliente, siendo el contenido de éstos el siguiente.

Armarios de servicios auxiliares:

Contiene:

- Una unidad de control de posición UCP.
- Un contador.
- Esquema sinóptico con distribución de interruptores magnetotérmicos.

Armario de protección de trafo:

Contiene:

- Relé de distancia, con reenganchador (21+67N+79).
- Relé de sobreintensidad, con reenganchador (50/51+50/51N + 79).
- Relé de máxima-mínima tensión (27+59).
- Relé de máxima-mínima frecuencia (81M/m).
- Relé de enclavamiento (86).
- Relé diferencial de transformador (87).
- Una unidad de control de posición UCP.
- Los relés de temperatura (23) y presión de gas (63) irán instalados en el transformador de potencia.

Armario de medida:

Contiene:

- Un equipo contador + registrador principal y otro redundante.
- Un difusor de módem.
- Un módem GSM.
- Dos bloques de pruebas.

Armario de telecontrol:

Contiene:

- Una unidad de control de subestación UCS.
- Un reloj de sincronización horaria.
- Un ondulador.
- Un módem GSM.

3.1.5.2.10. Caseta de relés

Las celdas y armarios necesarios para el control y protección de la subestación irán ubicadas dentro de un edificio prefabricado de dimensiones adecuadas.

El sistema de protección y control estará formado por distintas unidades de posición (UCP) ubicadas en las celdas y una unidad de sistema (UCS) en un armario.

La instalación se completa con una unidad cargador-batería de 48 Vcc y 20A-90Ah de intensidad nominal y otro cargador-batería de 125 Vcc y 20A-112Ah.

La caseta de la subestación irá equipada además con las siguientes instalaciones complementarias:

- Sistema de detección de humos.
- Sistema de extinción de incendios con medios manuales.
- Sistema anti-intrusismo mediante contactos de puerta.
- Alarma.
- Sistema de aire acondicionado.

3.1.5.2.11. Instalaciones de P.A.T.

Se instalará una malla de tierra inferior enterrada a 0,6 m de profundidad, que permita reducir las tensiones de paso y contacto a niveles admisibles, anulando el peligro por electrocución del personal que pueda transitar tanto por el interior como el exterior de las instalaciones.

Todos los elementos metálicos de la instalación quedarán unidos a la malla de tierras inferior, dando cumplimiento a las exigencias descritas en la MIE-RAT 13 del reglamento de condiciones técnicas y garantías de seguridad para subestaciones.

Según lo establecido en el apartado 6.1 de la MIE-RAT 13, se conectarán a las tierras de protección todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, pero que pueden estarlo como consecuencia de averías, accidentes, sobretensiones por descargas atmosféricas o tensiones inductivas. Debido a lo mencionado, se unirá a la malla de tierra:

- Chasis y bastidores de aparamenta de maniobra.
- Envoltentes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Puertas metálicas de los locales.
- vallas y cerramientos metálicos.
- Estructuras metálicas.
- Blindajes metálicos de cables.
- Carcasas de transformadores, motores y demás máquinas.

3.1.5.2.12. Alumbrado

La subestación dispondrá de un sistema de alumbrado exterior y otro interior en el edificio con un nivel lumínico, en ambos casos, suficiente para poder efectuar las maniobras precisas, con el máximo de seguridad.

El encendido de este alumbrado se produce manual o automáticamente por medio de un reloj programador instalado en el cuadro de servicios auxiliares, en el que irá montado el contactor y los fusibles que protegen el correspondiente circuito.

El alumbrado interior en el edificio se realizará con pantallas para tubos fluorescentes que proporcionarán la iluminación exigida a cualquier necesidad.

3.1.6. Línea de evacuación

La línea de evacuación no está en el alcance del proyecto, pero se disponen de los datos característicos de ésta, son los siguientes.

Se trata de una línea de tensión nominal de proyecto 66 kV (tensión de servicio 55 kV) equipada con apoyos para doble circuito, aunque solo se equipará uno de ellos. La línea discurre desde el parque eólico de Cañoneras (t.m. Soba) hasta la subestación de Ramales de la Victoria.

La línea constará de un tramo aéreo (12 Km.) y un tramo subterráneo (1950 m).

La potencia a transportar será de 17,85 MW y el conductor utilizado será un cable desnudo de aluminio acero tipo LA-280, los apoyos serán metálicos de celosía, además se dispondrá de un cable de guarda tipo OPGW, que servirá como cable de tierra y como cable de comunicaciones.

El tramo subterráneo se equipará con un conductor aislado de sección 400 mm² de Aluminio.

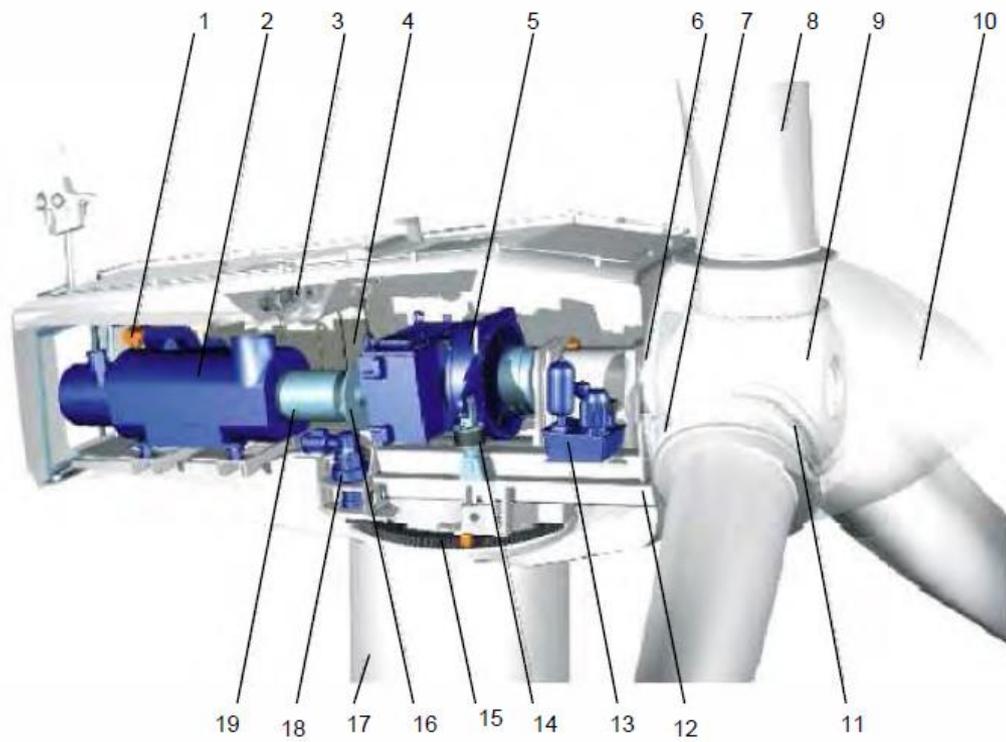
En el último apoyo se colocará un seccionador tripolar, así como un juego de 3 autoválvulas que también se instalarán al final del tramo subterráneo.

3.1.7. Aerogeneradores

El Parque Eólico Cañoneras estará constituido por un total de 21 aerogeneradores de 850 kW de potencia unitaria y con una altura de 44 m. La potencia total instalada del parque será de 17,85 MW.

Los aerogeneradores serán de paso y velocidad variable ya que estas características aseguran una potencia de salida suave y, al mismo tiempo, se reducen los esfuerzos mecánicos de manera significativa.

3.1.7.1. Descripción general y tipo de turbina



1. Polipasto	11. Rodamiento pala
2. Generador	12. Bastidor
3. Sist. Refrigeración	13. Sistema hidráulico
4. Unidad control eléctrico	14. Amortiguador
5. Multiplicadora	15. Corona de giro
6. Eje principal	16. Disco de freno
7. Sistema bloqueo rotor	17. Torre
8. Pala	18. Reductora de giro
9. Buje	19. Transmisión
10. Cono	

Ilustración 3.1-1 Descripción gráfica de la góndola

El aerogenerador está constituido esencialmente por una turbina eólica, un multiplicador mecánico y un generador eléctrico situados en lo alto de una torre de acero de 44 m de altura cimentada sobre una zapata de hormigón armado.

3.1.7.2. Rotor

La turbina posee un sistema de orientación activo y un rotor tripala de 47 m de diámetro situado a barlovento. Las palas (8) se unen al buje (9) mediante rodamientos (11) que permiten el movimiento de cambio de paso de las mismas. La regulación del paso de las palas se controla mediante microprocesador, adaptando el régimen de giro de la máquina a las condiciones de viento.

Desde el rotor, el movimiento se transmite a través del eje principal (6) hacia la caja multiplicadora (5), la cual a su vez se acopla a un generador eléctrico de velocidad variable (2) mediante un sistema de transmisión (19) adecuado. La caja multiplicadora acomoda el movimiento de giro del rotor eólico al del generador eléctrico por medio de un conjunto de engranajes. El apoyo de la multiplicadora transfiere todos los esfuerzos desde la parte frontal al bastidor (12). El disco de freno de emergencia (16) se encuentra acoplado al eje de alta velocidad a la salida de la multiplicadora.

Los sistemas hidráulicos de cambio de paso de las palas y el freno mecánico tienen actividad a partir de la unidad hidráulica (13) situada tras el buje.

Todos los equipos van situados en el interior de una góndola con la disposición que puede apreciarse en la figura anterior. El bastidor de la góndola se apoya sobre la torre tubular tronco-cónica (17) a través del cojinete de la corona de orientación (15). Esta engrana con dos motores eléctricos (18) que provocan el movimiento de orientación de la góndola en función de las señales recibidas a partir de la veleta situada en el exterior y el sistema de control de orientación.

La góndola posee en su parte posterior una grúa de servicio de 125 kg (1).

Todas las funciones del aerogenerador son monitorizadas y centralizadas en unidades de control basadas en microprocesadores, una de las cuales (4) se encuentra en un armario en la parte trasera de la góndola.

3.1.7.3. Sistema de transmisión y generador

El rotor está constituido por tres palas diseñadas aerodinámicamente y unidas por rodamientos a un buje esférico de fundición nodular de hierro. Con el fin de alejar la punta de las palas de la torre el eje principal posee un ángulo de 6º respecto del plano horizontal.

El buje se monta directamente en el eje principal y posee una abertura frontal que da acceso al interior para realizar inspecciones y ajustar los tornillos de las palas.

Los rodamientos de bolas de las palas junto con un mecanismo de bielas y manivelas hacen posible el movimiento de cambio de paso, de modo que las tres palas tengan el mismo ángulo de ataque en cada momento. Un émbolo hidráulico mueve longitudinalmente una varilla actuadora que atraviesa la multiplicadora y el eje principal y termina en una pieza plana triangular situada perpendicularmente; en los vértices de esta pieza se colocan las bielas que rotan las palas. La pieza cónica de la “nariz” se atornilla al buje y protege a este y a los rodamientos de las palas del ambiente exterior. Las características principales del rotor son:

Diámetro (m).....	47
Área de barrido (m ²).....	1733
Intervalo de rotación (r.p.m.).....	14,5:31,6
Sentido de giro.....	Sentido horario (visto frontalmente)
Orientación.....	A barlovento
Número de palas.....	3
Ángulo de inclinación.....	3º
Altura del eje principal (m).....	44
Frenos aerodinámicos.....	Totalmente ajustables
Construcción del buje.....	Rígido
Material buje.....	EN-GJS-400-18U-LT (según EN 1563)

Las palas están construidas a modo de conchas pegadas a una viga soporte. Esta viga es un larguero tubular que aporta resistencia al conjunto y transmite los esfuerzos al buje. Las dos conchas de cada pala se fabrican por separado y no tienen función estructural alguna, actuando sólo como un revestimiento de perfil aerodinámico que permite aprovechar la energía cinética del viento para producir par motor. Están fabricadas con estructura tipo “sándwich”, con núcleo de PVC y laminados de fibra de vidrio y resina epoxy. Las palas del aerogenerador disponen de un cable de acero que actúa como pararrayos, transmitiendo las descargas atmosféricas hacia el buje, para ser conducidas después hacia la torre y a tierra.

Por considerarse del modelo de Gamesa G52S, derivado del G52, las palas constan de los refuerzos estructurales que a continuación se detallan:

- El rotor, de 47 metros de diámetro, incluye telas de refuerzo en la viga interna.
- Se han fabricado conchas de palas más cortas (22,8 m) que para el modelo G52 estándar (25 m).
- Se utiliza rodamiento de pala de doble hilera.
- La viga es reforzada y recortada en la punta.

El esquema de la pala reforzada del modelo de Gamesa G52S es el siguiente:

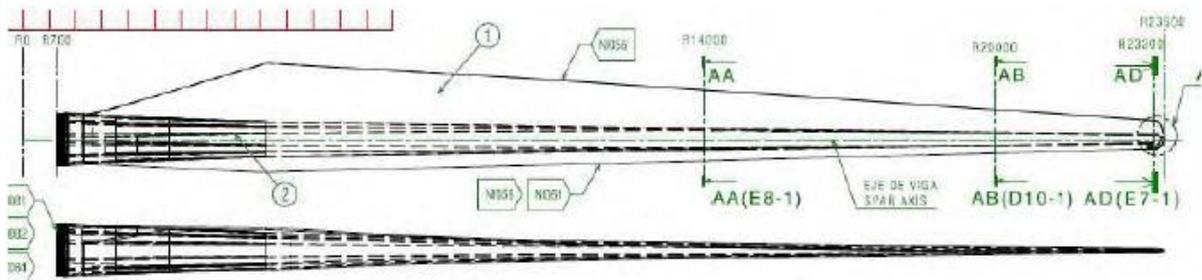


Ilustración 3.1-2 Esquema de la pala de aerogenerador G52S

La unión de cada pala con su rodamiento en el buje es atornillada, y se lleva a cabo mediante insertos metálicos roscados introducidos en la sección de raíz del larguero de la pala. Son rodamientos de bolas con juntas sellantes y agujeros roscados tanto en el anillo exterior (para la unión con el buje) como en el interior (para la unión con la pala). Las características esenciales de las palas se detallan a continuación:

Superficie de sustentación.....	NACA 63.XXX + FFA-W3
Ancho (base/extremo).....	1,9 m / 0,4 m
Alabeo.....	16,4°
Longitud.....	22,8 m
Frenos aerodinámicos.....	por giro total de palas

Cuando el viento cambia su velocidad ello se traduce en un cambio similar de la potencia de salida. Una vez alcanzada la potencia nominal las fluctuaciones son indeseables. La regulación de paso de las palas en conjunción con el generador eléctrico de velocidad variable posibilita que la máxima potencia esté limitada a la nominal, en promedio, en condiciones de elevada velocidad del viento.

El rotor se pone en movimiento cuando el viento supera los 4 m/s. A bajas velocidades la pala es orientada de forma que presente una gran superficie vista en dirección al viento dominante. A medida que la velocidad del viento aumenta, ésta superficie se reduce cambiando el ángulo de orientación. Si la velocidad del viento supera los 25 m/s, las palas se giran totalmente para ofrecer la menor resistencia posible al viento y el rotor de girar como medida de seguridad. De este modo, el rango de producción de un aerogenerador se extiende desde 4 m/s hasta 25 m/s, siendo la velocidad nominal de giro de 24,19 r.p.m.

Cuando una racha de viento golpea el rotor, el controlador permite un suave incremento de la velocidad del generador. Al mismo tiempo, el sistema de paso variable gira las palas hacia un ángulo de ataque menos agresivo en tanto se reduce la velocidad del rotor. El resultado es una potencia de salida suave y con una carga mínima sobre las palas, el eje principal y los engranajes. También, con este sistema, se aumenta la potencia a altas y bajas velocidades del viento respecto de la respuesta proporcionada por los aerogeneradores de palas fijas.

3.1.7.4. Sistema de frenado

El aerogenerador está equipado con dos sistemas independientes de frenado (aerodinámico y mecánico) activados hidráulicamente e interrelacionados entre sí para detener la turbina en todas las condiciones de funcionamiento.

El sistema de regulación del paso (conocido como "pitch") de las palas se utiliza para detener la turbina, ya que cuando las palas giran 90º sobre su eje longitudinal, el rotor no presenta superficie frente al viento y no se produce par de giro. El sistema hidráulico de control de paso permite un rango de rotación de la pala entre -5º y 88º. Este sistema se utiliza como freno de servicio de la máquina.

Por otro lado, el sistema de frenado mecánico incorpora un disco de freno fijado al eje de alta velocidad y tres calibradores hidráulicos (mordazas de frenado), con pastillas de freno sin amianto. Se utiliza como freno de bloqueo de la máquina una vez detenida, o como freno de emergencia. Las características principales son las siguientes:

Tipo..... Freno de disco
 Diámetro..... 600 mm
 Calibradores..... 3, activados hidráulicamente
 Material del disco..... SJV300

Ambos sistemas de frenado, aerodinámico y mecánico, tienen actividad a partir de la unidad hidráulica situada en la parte delantera de la góndola. Las características principales de la misma son las siguientes:

Tipo..... bomba de engranajes
 Caudal máximo de la bomba..... 9,45 l/min
 Presión máxima..... 200 bar
 Presión del freno..... 21,5 bar
 Interruptores de presión..... Piezoeléctricos
 Volumen de aceite..... 60 l
 Motor..... 4.0 kW

Cuenta, además con acumuladores y válvulas solenoides de control.

El sistema distingue dos tipos de frenado:

- Frenado normal (en operación): en el que sólo se usa el sistema de regulación del paso de las palas para realizar el frenado "controlado" a baja presión hidráulica. Con ello se reducen al mínimo las cargas sobre la turbina y se contribuye a una larga vida del sistema.
- Frenado de emergencia: en situaciones críticas, con aplicación a presión elevada de los calibradores hidráulicos junto con el giro total de las palas. En caso de sobre velocidad en el rotor que coincida con un fallo del controlador, un dispositivo auxiliar de seguridad, independiente del controlador, puede también parar el aerogenerador.

El proceso de frenado está garantizado por la unidad hidráulica, que mantiene una reserva permanente de energía almacenando fluido a presión en acumuladores, estando siempre disponible independientemente del suministro eléctrico. Esto supone un seguro anti-fallos del sistema. La válvula de control regula el flujo a los calibradores (mordazas) para que se mantengan liberados cuando la turbina está en marcha, y abastecidos con fluido a presión cuando se requiera frenarla. La unidad de control monitoriza y controla la presión hidráulica necesaria para el frenado.

3.1.7.5. Sistema de orientación

El aerogenerador dispone de un sistema de orientación eléctrico activo. La alineación de la góndola frente al viento, se efectúa por medio de dos motorreductores que engranan con la corona de orientación de la torre. La corona es una rueda dentada atornillada a la torre.

La veleta, situada sobre la cubierta de la góndola, envía una señal al controlador y éste acciona los motores de orientación que pivotan la turbina a una velocidad de 0,25°/s.

Los componentes del sistema se especifican a continuación:

- Veleta

Tipo.....Dos sensores optoelectrónicos

- Sistema de orientación

Tipo.....Corona de orientación con cojinete de fricción

Materiales:

Corona de orientación EN-GJS-500-7U según EN 1503

Elemento de fricción PETP

Velocidad de deslizamiento..... 0.25°/s

Dientes..... M12, Z=177

- Reductor de orientación (2):

Tipo..... Planetaria / Helicoidal de 2 etapas

Torsión..... 2 x 15.000 Nm

Dientes..... M12, Z=16

- Motores de orientación (2):

Tipo..... Inducción / Asíncrono

Velocidad de rotación..... 940 rpm (50 Hz) y 1130 (60 Hz)

Potencia..... 2.2 kW

- Control de orientación:

Tipo..... Rueda dentada/dientes rectos

Función..... Protección contra torsión del cableado

Como característica adicional de seguridad, el sistema de orientación puede ser utilizado para girar, mediante una activación manual, la góndola y el plano del rotor fuera de la dirección del viento en caso de que se requiera.

3.1.7.6. Góndola

Todos los componentes descritos se sitúan sobre la plataforma de la góndola. El bastidor está diseñado siguiendo los criterios de simpleza y robustez mecánica necesarias para soportar los elementos situados en la góndola, y también para transmitir los esfuerzos a la torre a través del cojinete de orientación. El bastidor se puede dividir en dos partes:

- La parte delantera está constituida por un ensamblaje de chapas soldadas que forman una viga rígida a la que se fijan la caja de rodamientos y el sistema de orientación.
- La parte trasera la conforman dos vigas que soportan el generador eléctrico (derecha) y la unidad de control superior (izquierda). Entre las dos vigas se sitúa el suelo de la góndola que sirve de plataforma de trabajo para mantenimiento y reparación de averías.

El bastidor de la góndola se apoya sobre la corona de orientación y desliza sobre unas zapatas para evitar que los esfuerzos transmitidos por el rotor ocasionen tensiones excesivas sobre los engranajes del sistema de orientación. El peso total de la góndola, incluyendo los equipos que contiene, es de 22 Toneladas.

La góndola incorpora en el exterior, junto al pararrayos, un mástil vertical con dos brazos transversales que sirven de soporte a los sensores de medida de viento (anemómetro y veleta). Los datos que proporcionan sirven a la unidad de control para optimizar la producción energética del aerogenerador, mediante el control adecuado de los sistemas de cambio de paso de las palas y de orientación.

Toda la maquinaria, a excepción del anemómetro y veleta, está protegida por una cubierta cerrada o capota, fabricada en resina poliéster con refuerzos de fibra de vidrio, que se apoya sobre una banda de goma en los bordes del bastidor. Este tipo de cerramiento total protege los diversos componentes contra las condiciones atmosféricas ambientales, al tiempo que reduce el ruido del aerogenerador, impidiendo que se transmita a través del aire. El interior de la góndola posee suficiente espacio para realizar las operaciones de mantenimiento y reparación. Una trampilla en la parte frontal permite el acceso al cubo del rotor y rodamientos de palas, mientras que una puerta en la parte trasera permite manejar el polipasto. La claraboya del techo proporciona luz solar, ventilación adicional y proporciona acceso al exterior. Además, en la góndola hay instalada una lámpara.

La plataforma de la góndola dispone de un hueco para el acceso a la misma desde el interior de la torre.

3.1.7.7. Torre

El aerogenerador se monta sobre una torre metálica tubular troncocónica de acero, de 44 m de altura, metalizada y pintada. El diámetro de la base es 3,32 m y 2,17 m el de coronación.

El peso total de la torre es de 44 Toneladas.

En su interior se dispone una escalera para acceder a la góndola, equipada con dispositivos de seguridad y plataformas de descanso y protección. Cuenta, también, con elementos de paso y fijación del cableado eléctrico e instalación auxiliar de iluminación. En la parte inferior tiene una puerta con escalera de acceso.

Se construye en tres tramos que se unen mediante bridas interiores a pie de su emplazamiento, siendo elevada mediante una grúa para su posterior anclaje al pedestal de la cimentación con otra brida. Su suministro incluye las barras de anclaje y la virola de cimentación.

Las características principales de la torre metálica son:

- Estructura metálica

Tipo.....	Tronco-cónica tubular
Material.....	Acero al carbono estructural
Material virola cimentación.....	S 235 JR según EN 10025
Material bridas.....	S 355 NL según EN 10113-2
Altura de buje.....	44,1 m
Tratamiento superficial.....	Metalizada + pintura
Peso.....	aprox. 44.000 kg
Diámetro de la base.....	3,32 m
Diámetro superior.....	2,17 m

- Pintura externa

Tratamiento superficial.....	Metalizado + pintado
Chorro de arena.....	Grado Sa21/2 (ISO 8501-1)
Imprimación.....	75 mm (película seca de epoxy rico en Zn)
Capa externa.....	125 mm (espesor de película seca de polixiloxano)
Clase de corrosión (ISO 12944-2).....	C5-M

- Pintura interna

Tratamiento superficial.....	Pintado
Chorro de arena.....	Sa 21/2 (ISO 8501-1)
Imprimación.....	50 mm (película seca de epoxy rico en Zn)
Capa externa.....	100 mm (película seca de epoxy poliamida)
Clase de corrosión (ISO 12944-2).....	C3

3.1.7.8. Descripción del sistema ingecon-w

El desarrollo e implantación del sistema queda fuera del alcance del presente proyecto, ya que es un sistema implantado por Gamesa S.A. en sus aerogeneradores. A pesar de ello, se hará un breve resumen de su modo de funcionamiento para poder comprender posteriormente la actividad de la unidad de control y potencia.

El sistema de control Ingecon-W monitoriza todas las funciones críticas de la máquina a fin de optimizar, en todo momento, el funcionamiento del aerogenerador en toda la gama de velocidades del viento.

El sistema Ingecon-W consiste esencialmente en un generador asíncrono de rotor devanado, anillos deslizantes, 4 polos y una cascada rotórica con dos convertidores electrónicos de funcionamiento en cuatro cuadrantes basados en tecnología de (IGBT) y unidos entre sí mediante un lazo de corriente continua.

El sistema Ingecon-W asegura que la velocidad de giro y el par motor del generador suministren una potencia eléctrica estable a la red, siendo posible regular de forma dinámica el factor de potencia. Por su forma de funcionamiento, el generador es visto desde la red como si fuera síncrono.

Este tipo especial de generación síncrona permite modificar la velocidad de giro del generador, pudiendo ésta llegar a ser un 40% inferior y un 30% superior (caso de ráfagas de viento) a la velocidad de sincronismo por medio del control del par electromagnético del generador, obteniéndose una potencia eléctrica de salida sin fluctuaciones y con baja distorsión tanto en las ondas de tensión como en las de corriente. Este funcionamiento mejorado de la máquina se lleva a cabo mediante el control de las corrientes del rotor con técnicas de modulación de ancho de pulso (PWM). Con esta forma de operación el flujo de energía entre el rotor y la red es bidireccional, siendo posible regular la potencia reactiva intercambiada con la red y con ello el factor de potencia (haciendo innecesaria la instalación de condensadores de compensación de energía reactiva).

3.1.7.9. Unidad de control y potencia

La unidad de control y potencia está basada en el sistema Ingecon-W y gobierna todas las funciones del aerogenerador siguiendo los criterios de optimización de la generación energética.

El sistema de control registra de modo continuo las señales de los sensores distribuidos por la máquina, y cuando detecta cualquier error de funcionamiento realiza las acciones oportunas, llegando a detener el aerogenerador si la avería lo requiere. El sistema está preparado para la monitorización y el control remotos mediante comunicación serie.

El sistema de control se implementa físicamente en dos armarios, uno en la base de la torre (“ground”) que actúa como maestro y otro en la góndola (“top”) que actúa como esclavo. La conexión entre ambos se realiza a través de un cable de alimentación y señal y otro de fibra óptica para las comunicaciones.

Cada uno de los armarios contiene un procesador con las siguientes misiones asignadas:

- El “top” se encarga de las tareas propias de la góndola, como monitorización de los datos de viento, cambio de paso, orientación, control de la temperatura interior y control remoto.
- El “ground” realiza la conexión y desconexión del generador, la medida de la tensión e intensidad y el control de potencia.

Desde el panel de control del “ground” se pueden observar datos de la operación del aerogenerador, así como detener y arrancar la máquina. Se puede conectar también una pantalla portátil en el “top” para realizar estas mismas tareas.

En cada instante la velocidad de giro de la máquina y el ángulo de paso de las palas se adaptan al viento que llega al rotor eólico. El sistema de control se encarga de elegir estos valores en todo momento, pudiéndose distinguir cuatro modos de operación:

- Viento bajo.

Cuando la velocidad del viento es inferior a la de arranque del aerogenerador, pero próxima a ésta, el sistema coloca las palas a un ángulo de paso cercano a 45° , lo que proporciona un par de arranque suficiente sin ningún otro dispositivo. La intensidad de conexión es controlada por los dispositivos electrónicos de potencia conectados al rotor.

- Viento medio.

A velocidades de viento por encima de la de arranque e inferiores a la nominal, el control elige la velocidad de rotación y el ángulo de paso que maximizan la potencia eléctrica en cada momento.

- Viento alto.

Si la velocidad del viento es superior a la nominal, la máquina produce potencia nominal y el control va encaminado a mantener constante ese valor.

- Viento muy alto.

Cuando la velocidad del viento es superior a la de parada, el generador se desconecta y el sistema lleva las palas a la posición de bandera (90° , alineada con la dirección del viento) frenando la máquina sin ninguna actuación adicional. Si la velocidad del viento desciende por debajo de la de re-arranque la máquina es enganchada de nuevo a la red.

A continuación, se describen algunas características de la unidad de control:

Supervisión/ control:

- Potencia activa Temperatura del aire
- Potencia reactiva Rotación
- Orientación Generador
- Hidráulicos Sistema de cambio de paso
- Red eléctrica Monitorización remota.

Información:

- Datos de operación Listado de operación
- Producción Listado de alarmas
- Órdenes:
- Arranque / pausa
- Inicio / parada de orientación manual
- Tests de mantenimiento.

Controladores Top y Ground:

Temperatura de diseño..... 0-60°C (Top)

..... 0-35°C (Ground)

Temperatura ambiente cables..... -20°C – 50°C

Grados de protección..... IP-54 (Top)

..... IP-43 (Ground)

Dimensiones (mm)..... 1600x1350x465 (Top)

..... 1840x2300x540 (Ground)

Pesos (kg)..... 275 (Top)

..... 1000 (Ground)

Carcasa..... Acero (chapa de 3mm en armario y pedestal y 1,5 mm en puerta)

Protección personas..... según UNE 60439-1 y UNE 60204

3.1.7.10. Nivel de ruido

Se han realizado mediciones del ruido de aerogeneradores de este tipo a una distancia de 75 m a sotavento del centro de la torre y a 80 m a barlovento. Se miden, para diferentes velocidades del viento, el ruido total y el existente con el aerogenerador parado. El gráfico de la Figura 1 recoge los valores obtenidos y las regresiones lineales correspondientes.

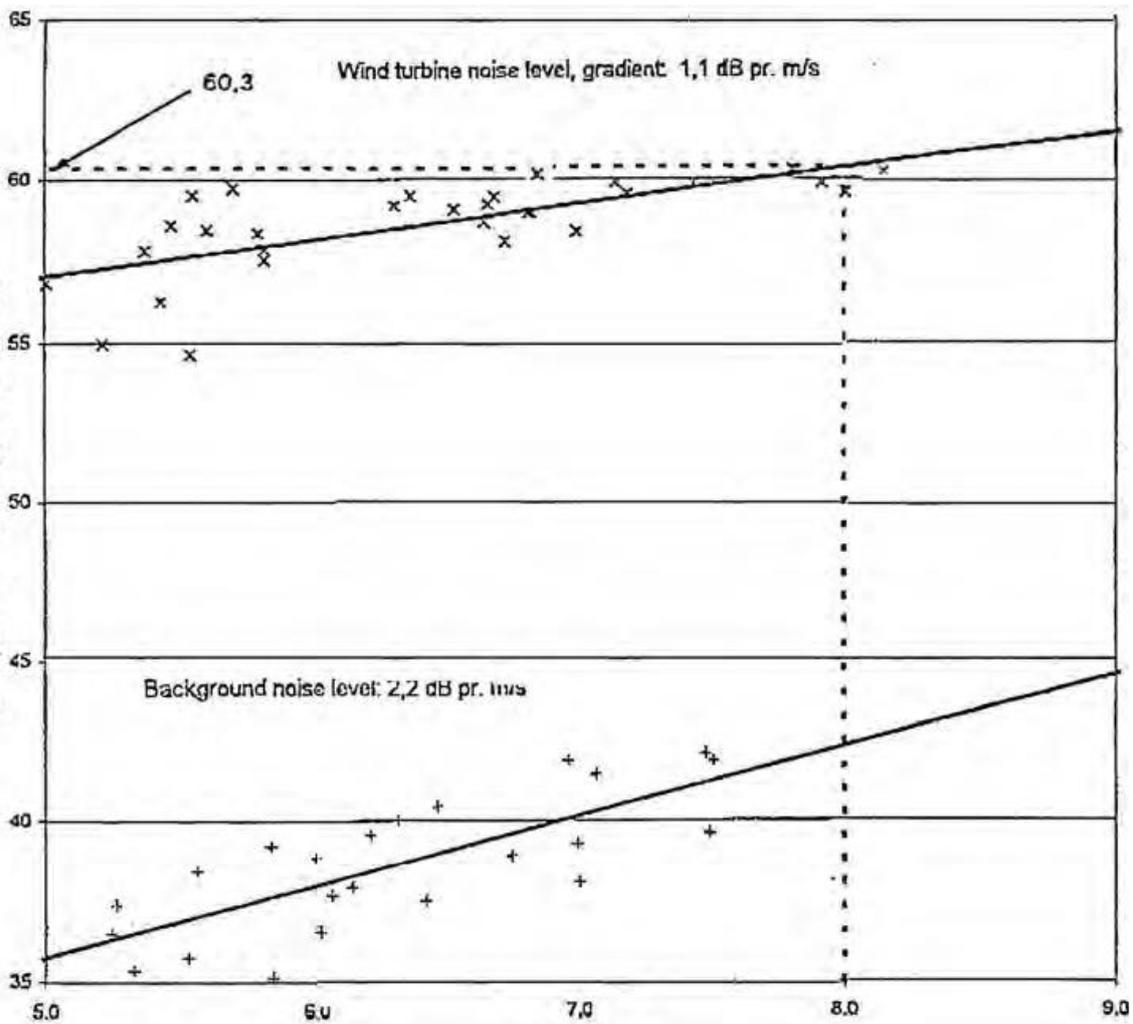


Ilustración 3.1-3 Nivel de ruido (dB) vs. velocidad del viento (m/s)

Como puede apreciarse, los valores del ruido total son inferiores a 65 dB(A), siendo el ruido ambiente debido al viento (con el aerogenerador parado) ligeramente superior a 40 dB(A).

Esto significa, que la contribución del aerogenerador al ruido ambiente natural sería inferior a 25 dB(A) a una distancia a su base de sustentación de, aproximadamente, 75 m. En la figura se aprecia cómo el gradiente del nivel sonoro total (aerogenerador en funcionamiento) es de 1,1 dB por cada m/s de aumento de la velocidad del viento mientras que el gradiente del nivel sonoro ambiental (aerogenerador parado) es de 2,2 dB.

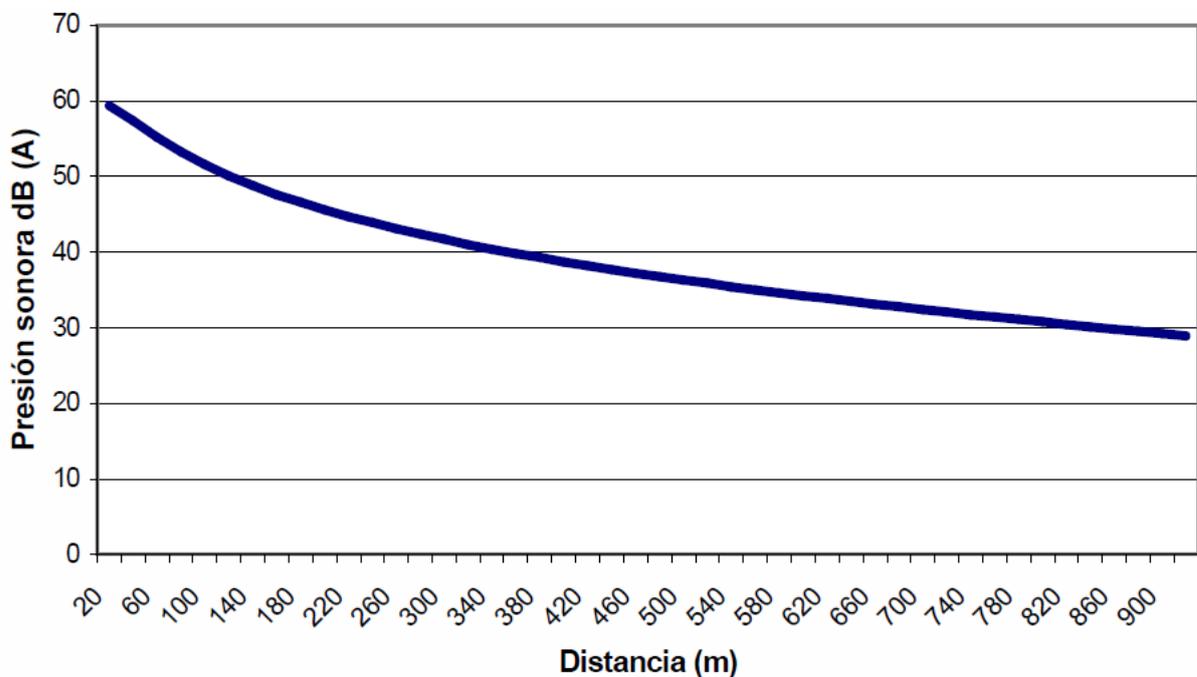


Ilustración 3.1-4 Presión sonora vs. Distancia

Por otra parte, la figura 2 recoge la variación del nivel de ruido de un aerogenerador en función de la distancia. Como puede apreciarse, a 500 m de distancia el nivel de ruido disminuye hasta menos de 40 dB, valor comparable con el legislado para zonas residenciales e inferior al de amplias zonas urbanas, y que en cualquier caso queda camuflado por el propio nivel de ruido ambiental.

La normalización de ensayos no incluye la medición del ruido total de un parque eólico, pero las diferencias existentes ponen de manifiesto que el incremento de ruido de un conjunto de aparatos es reducido dada la forma en que se suman los ruidos y las distancias de unos aerogeneradores a otros. Por todo lo anterior, se constata que los aerogeneradores no son causa de contaminación acústica.

3.1.7.11. Montaje

Se dará una breve explicación del proceso para el montaje de los generadores eólicos.

El aerogenerador se transporta a pie de obra en partes como un conjunto de piezas dispuestas para su ensamblaje, del modo que se detalla a continuación:

- Tramos de la torre tubular.
- Góndola completa, con cables de conexión a la unidad de control a pie de torre.
- Tres palas sin ensamblar.
- Buje del rotor y su protección.
- Unidad de control.
- Accesorios (escalera interior, línea de seguridad, tornillos de ensamblaje, etc.)

Para realizar el montaje del aerogenerador son necesarias dos grúas, una principal de 350 Toneladas y una auxiliar o “retenida” de 80 Toneladas. Una vez realizada la cimentación y embutida en ella la sección de anclaje de la torre (virola), los pasos a seguir para el levantamiento e instalación del aerogenerador son los siguientes:

1. Fase I: Montaje del primer tramo de torre.

Se prepara y limpia la virola de cimentación. Se coloca la unidad “ground” sobre la plataforma. Se disponen los útiles, se limpia el tramo exterior e interiormente. Se levanta el tramo con la grúa de 350 T, se coloca sobre la brida, se aprietan los pernos con el par establecido y se dispone la escalera de entrada. A continuación, se introducen y montan las celdas de M.T. Después se montan las vigas y plataforma intermedia sobre la que se dispone el transformador. Se conexionan las tierras de la torre.

2. Fase II: Montaje del segundo y tercer tramo de la torre.

Se prepara la brida y se montan los útiles de volteo del tramo. Se comprueba y limpia todo el tramo. Se izan los tramos con la grúa principal y se hace el apriete adecuado de los pernos. Se conectan las tierras con las del tramo anterior.

3. Fase III: Montaje de la góndola.

Se montan sobre la capota la veleta y el anemómetro y se cargan la tornillería del rotor, y de las palas. Se disponen los elementos de izado y se eleva el conjunto con la grúa principal hasta ser posicionado sobre la torre. Se hace el apriete de tornillos, se desmontan los elementos de izado, se dispone la escalera interior y se engrasa la corona.

4. Fase IV: Montaje del rotor sobre el terreno.

Se colocan los elementos, se monta el cono de protección del buje y se montan las tres palas, dejando fundas en dos de ellas. Se sujetan los rodamientos de las palas al buje y se conectan las bielas al eje de cambio de paso.

5. Fase V: Izado del rotor.

Se disponen los elementos para el izado y se levanta el rotor mediante las dos grúas que permiten voltearlo desde el plano horizontal al vertical y ubicarlo adecuadamente para su acoplamiento al eje principal en la góndola. Una vez en su posición se da par de apriete a toda la tornillería, se colocan las tapas frontales de la góndola y las protecciones del rotor y cardan.

6. Fase VI: Cableado de la torre.

Se tiran los cables de mando y los de potencia guiándolos a través de los elementos dispuestos para ello. Se hacen las conexiones de estos cables y las de tierra de todos los elementos interiores del aerogenerador. La grúa de 350 T, necesaria para elevar los tramos de la torre y la góndola, precisa disponer de una plataforma a pie de torre de 30x15 m, así como un camino de acceso de, al menos, 4 m de anchura útil.

3.2. Planificación

3.2.1. Proyecto de diseño

3.2.1.1. Diagrama de Gantt

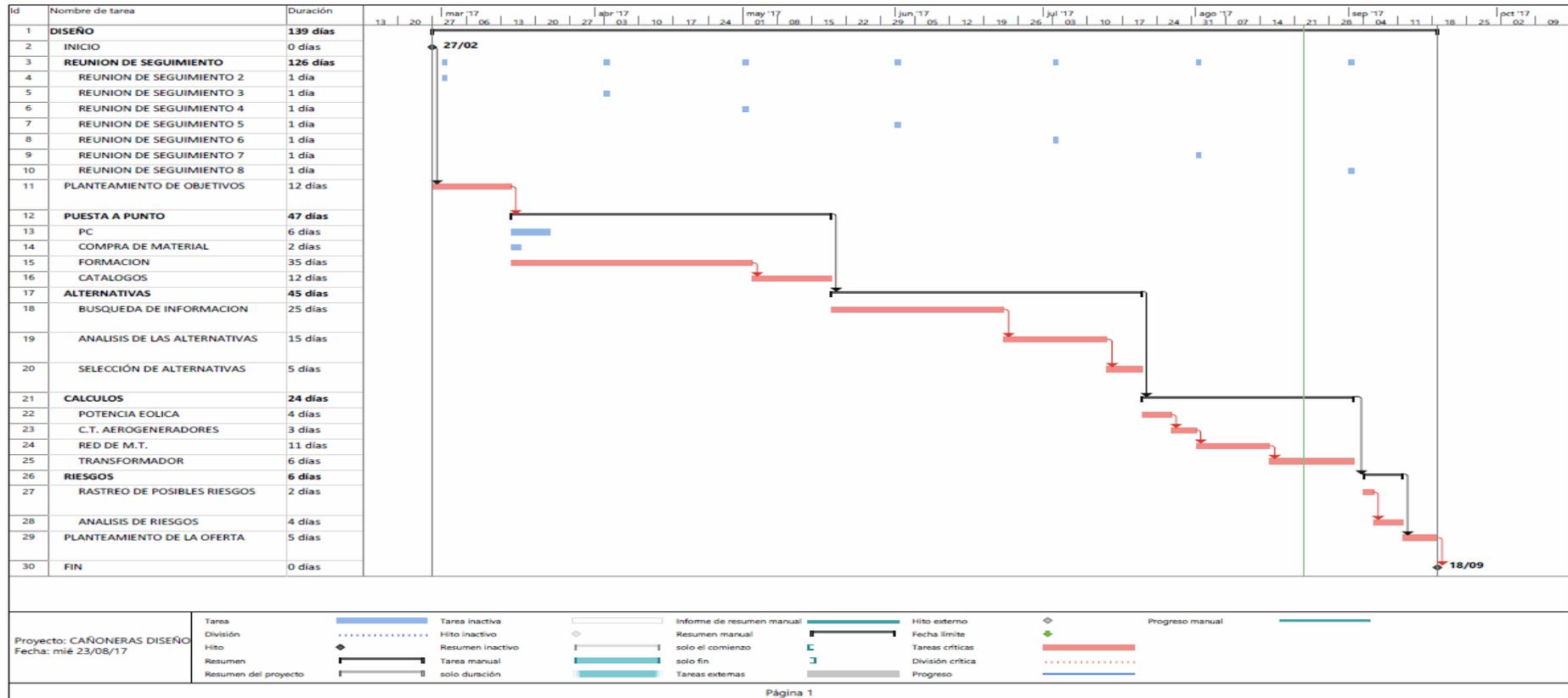


Ilustración 3.2-1 Diagrama de Gantt proyecto de diseño

3.2.1.2. Descripción de las tareas

3.2.1.2.1. Reuniones de seguimiento

Nombre	Reunión de seguimiento
Descripción	Reunión entre ingeniero junior e ingeniero senior para ver la situación del proyecto y resolver posibles dudas.
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga unitaria de trabajo	8 horas
Recursos técnicos	PC
Duración unitaria	1 día

Tabla 3.2-1 Descripción tarea "Reunión de seguimiento"

3.2.1.2.2. Planteamiento de objetivos

Nombre	Planteamiento de objetivos
Descripción	Se realiza un análisis de los objetivos que debe cumplir el proyecto.
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	96 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	12 días

Tabla 3.2-2 Descripción tarea "Planteamiento de objetivos"

3.2.1.2.3. Puesta a punto

3.2.1.2.3.1. PC

Nombre	PC
Descripción	Se verifica su correcto funcionamiento y se optimiza en caso necesario
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	48 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	6 días

Tabla 3.2-3 Descripción tarea "Puesta a punto-PC"

3.2.1.2.3.2. Compra de material

Nombre	Compra de material
Descripción	Se adquiere todo el material de oficina necesario para la ejecución del proyecto de diseño
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	16 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	2 días

Tabla 3.2-4 Descripción tarea "Compra de material"

3.2.1.2.3.3. Formación

Nombre	Formación
Descripción	Introducción en mayor profundidad al tema y obtención de conocimientos adecuados para la realización del proyecto
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	280 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	35 días

Tabla 3.2-5 Descripción tarea "Formación"

3.2.1.2.3.4. Catálogos

Nombre	Catálogos
Descripción	Se recoge información y catálogos que ofertan los posibles proveedores de material para el proyecto
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	96 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	12 días

Tabla 3.2-6 Descripción tarea "Catálogos"

3.2.1.2.4. Alternativas

3.2.1.2.4.1. Búsqueda de información

Nombre	Planteamiento de objetivos
Descripción	Se procede a una búsqueda de información acerca de la tecnología que es posible emplear en parques eólicos
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	200 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	25 días

Tabla 3.2-7 Descripción tarea "Búsqueda de información"

3.2.1.2.4.2. Análisis de alternativas

Nombre	Análisis de alternativas
Descripción	Se proponen alternativas a las diferentes cuestiones surgidas para la elaboración del proyecto
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	120 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	15 días

Tabla 3.2-8 Descripción tarea "Análisis de alternativas"

3.2.1.2.4.3. Selección de alternativas

Nombre	Selección de alternativas
Descripción	Mediante parámetros ponderados se comparan las diferentes alternativas para cada disyuntiva propuesta.
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	40 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	5 días

Tabla 3.2-9 Descripción tarea "Selección de alternativas"

3.2.1.2.5. Cálculos

3.2.1.2.5.1. Potencia eólica

Nombre	Potencia eólica
Descripción	Se hace un estudio de la energía eólica aprovechable en la zona
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	32 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	4 días

Tabla 3.2-10 Descripción tarea "Potencia eólica"

3.2.1.2.5.2. C.T. Aerogeneradores

Nombre	C.T. Aerogeneradores
Descripción	Se dimensiona el centro de transformación a colocar en el interior de los aerogeneradores
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	24 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	3 días

Tabla 3.2-11 Descripción tarea "C.T. Aerogeneradores"

3.2.1.2.5.3. Red de M.T.

Nombre	Red de M.T.
Descripción	Se dimensionan los cables de la red de media tensión y los metros a emplear
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	88 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	11 días

Tabla 3.2-12 Descripción tarea "Red de M.T."

3.2.1.2.5.4. Transformador

Nombre	Transformador
Descripción	Se dimensiona el transformador necesario a destinar en la subestación M.T./A.T.
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	48 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	6 días

Tabla 3.2-13 Descripción tarea "Transformador"

3.2.1.2.6. Riesgos

3.2.1.2.6.1. Rastreo de posibles riesgos

Nombre	Análisis de posibles riesgos
Descripción	Análisis de posibles riesgos a tener en cuenta en la ejecución y explotación del proyecto
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	16 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	2 días

Tabla 3.2-14 Descripción tarea "Rastreo de posibles riesgos"

3.2.1.2.6.2. Análisis de riesgos

Nombre	Análisis de riesgos
Descripción	Análisis del alcance y magnitud de los riesgos y sus posibles soluciones
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	32 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	4 días

Tabla 3.2-15 Descripción tarea "Análisis de riesgos"

3.2.1.3. Planteamiento de la oferta

Nombre	Planteamiento de la oferta
Descripción	Se hace un repaso completo de la documentación y se emprenden los retoques necesarios para finalizar el proyecto de diseño del “Parque eólico Cañoneras”
Recursos humanos	Ingeniero senior, ingeniero júnior
Carga de trabajo	40 horas
Recursos técnicos	PC
Duración	5 días

Tabla 3.2-16 Descripción tarea "Planteamiento de la oferta"



3.2.2. Proyecto de ejecución

3.2.2.1. Diagrama de Gantt

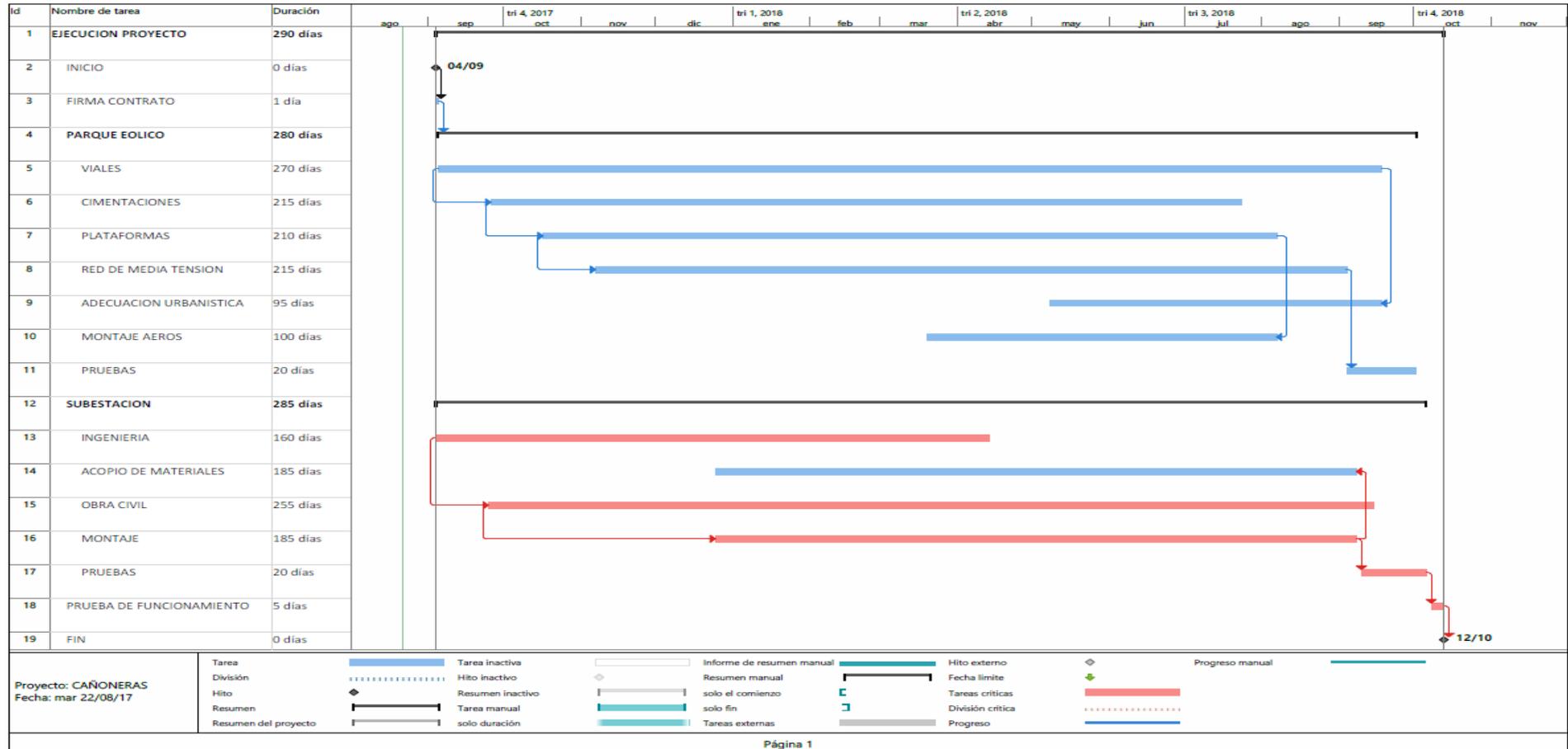


Tabla 3.2-17 Diagrama de Gantt de la fase de ejecución

3.2.2.2. Descripción de las tareas

3.2.2.2.1. Firma del contrato

Nombre	Firma del contrato
Descripción	El cliente acepta la oferta y estampa la firma con la que se hace posible comenzar la construcción del parque
Duración	1 días

Tabla 3.2-18 Descripción tarea "Firma del contrato"

3.2.2.2.2. Parque eólico

3.2.2.2.2.1. Viales

Nombre	Viales
Descripción	Construcción de los caminos que permiten el acceso al emplazamiento del parque, así como los que comunican los diferentes elementos del mismo.
Duración	270 días

Tabla 3.2-19 Descripción tarea "Viales"

3.2.2.2.2.2. Cimentaciones

Nombre	Cimentaciones
Descripción	Se construye el conjunto de elementos estructurales para la correcta distribución de cargas de las edificaciones
Duración	215 días

Tabla 3.2-20 Descripción tarea "Cimentaciones"

3.2.2.2.2.3. Plataformas

Nombre	Plataformas
Descripción	Se construirán plataformas horizontales de dimensiones suficientes, para que pueda situarse la grúa de montaje que elevará los equipos a su emplazamiento para llevar a cabo su montaje
Duración	210 días

Tabla 3.2-21 Descripción tarea "Plataformas"

3.2.2.2.2.4. Red de media tensión

Nombre	Red de media tensión
Descripción	Se excavan y crean las zanjas necesarias para la red y se tienden los cables de media tensión
Duración	215 días

Tabla 3.2-22 Descripción tarea "Red de media tensión"

3.2.2.2.2.5. Adecuación urbanística

Nombre	Adecuación urbanística
Descripción	Se llevan a cabo los procedimientos necesarios para adecuar la zona al tráfico de vehículos y/o personas
Duración	95 días

Tabla 3.2-23 Descripción tarea "Adecuación urbanística"

3.2.2.2.6. Montaje de aerogeneradores

Nombre	Montaje aeros
Descripción	Se procede a la realización de las técnicas adecuadas para el montaje de los aerogeneradores
Duración	100 días

Tabla 3.2-24 Descripción tarea "Montaje aerogeneradores"

3.2.2.2.7. Pruebas

Nombre	Pruebas
Descripción	Se ejecutan las pruebas imprescindibles para cerciorarse del correcto funcionamiento de los aerogeneradores
Duración	20 días

Tabla 3.2-25 Descripción tarea "Pruebas"

3.2.2.2.3. Subestación

3.2.2.2.3.1. Ingeniería

Nombre	Ingeniería
Descripción	Proyección de las labores a efectuar para la edificación de la subestación
Duración	160 días

Tabla 3.2-26 Descripción tarea "Ingeniería"

3.2.2.2.3.2. Acopio de materiales

Nombre	Acopio de materiales
Descripción	Se procede a la provisión de los materiales convenientes para ejecutar las obras proyectadas
Duración	185 días

Tabla 3.2-27 Descripción tarea "Acopio de materiales"

3.2.2.2.3.3. Obra civil

Nombre	Obra civil
Descripción	Desarrollo de infraestructuras apropiadas para la construcción y establecimiento de la subestación
Duración	255 días

Tabla 3.2-28 Descripción tarea "Obra civil"

3.2.2.2.3.4. Montaje

Nombre	Montaje
Descripción	Se procede a la realización de las técnicas adecuadas para el montaje de la subestación
Duración	185 días

Tabla 3.2-29 Descripción tarea "Montaje"

3.2.2.2.3.5. Pruebas

Nombre	Pruebas
Descripción	Se ejecutan las pruebas imprescindibles para cerciorarse del correcto funcionamiento de los elementos de la subestación
Duración	20 días

Tabla 3.2-30 Descripción tarea "Pruebas"

3.2.2.2.4. Prueba de funcionamiento global

Nombre	Prueba de funcionamiento
Descripción	Se ejecutan las pruebas imprescindibles para cerciorarse del correcto funcionamiento global del conjunto aerogeneradores-red de M.T.-subestación
Duración	5 días

Tabla 3.2-31 Descripción tarea "Prueba de funcionamiento global"

4. Cálculos

4.1. Energéticos

4.1.1. Energía del viento aprovechable

Se va a proceder al análisis de los vientos característicos de la región de Ramales de la victoria. Se obtienen datos de vientos a dos alturas diferentes, a 10 y 80 m.

Los datos se obtienen de una torre meteorológica a ambas alturas, y nos ofrece los datos en un cuadro Excel. Los obtenidos durante el último año arrojan los siguientes resultados, las velocidades están expresadas en m/s y los datos de la tabla se refieren a las horas anuales de viento en cada una de las direcciones.

Datos a 80 m:

Velocidad	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
N	45,63	91,25	136,88	45,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NNE	45,63	319,38	91,25	0,00	228,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NE	45,63	91,25	45,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ENE	45,63	45,63	45,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,00	45,63	0,00	45,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESE	0,00	136,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SE	45,63	228,13	0,00	0,00	91,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SSE	0,00	45,63	136,88	182,50	319,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	0,00	91,25	136,88	136,88	45,63	45,63	0,00	45,63	45,63	0,00
SSW	0,00	136,88	45,63	45,63	45,63	0,00	0,00	0,00	45,63	0,00
SW	91,25	0,00	45,63	0,00	0,00	45,63	45,63	0,00	0,00	0,00
WSW	45,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,63	0,00	0,00	0,00
W	45,63	0,00	91,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WNW	45,63	182,50	182,50	273,75	593,13	22,81	0,00	0,00	0,00	0,00
NW	0,00	273,75	410,63	501,88	684,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NNW	0,00	501,88	45,63	410,63	547,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 4.1-1 Horas de viento en función de la dirección y la velocidad a 80 m.

Rosa de vientos a 80 m:

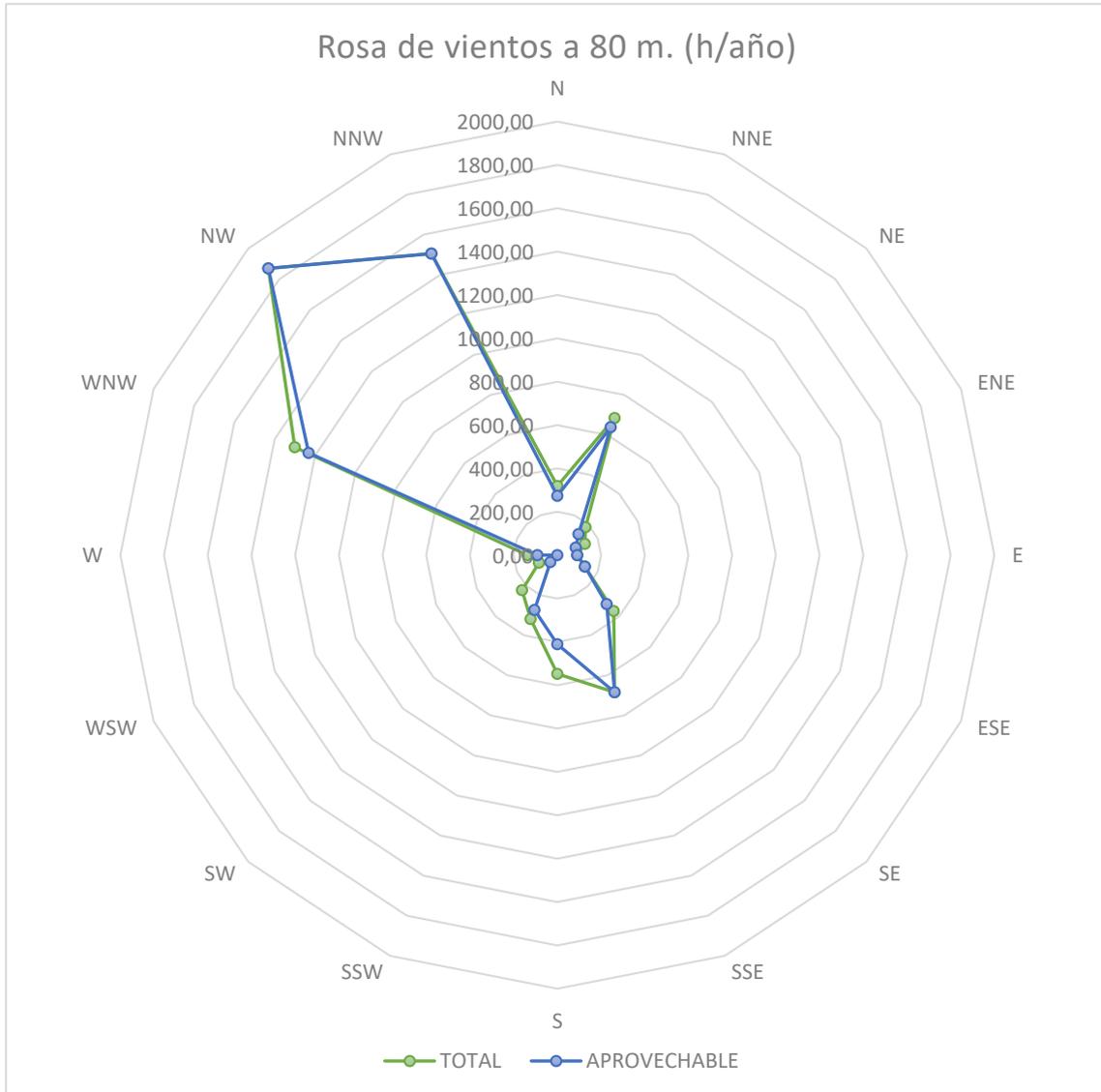


Ilustración 4.1-1 Rosa de vientos a 80 m.

Datos de vientos a 10 m:

Velocidad	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
N	52,14	208,57	156,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NNE	156,43	573,57	365,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NE	104,29	104,29	52,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ENE	0,00	0,00	52,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	52,14	0,00	0,00	52,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESE	104,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SE	104,29	208,57	208,57	52,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SSE	104,29	52,14	677,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	365,00	104,29	156,43	0,00	104,29	0,00	52,14	31,29	10,43	0,00
SSW	52,14	208,57	0,00	52,14	52,14	0,00	52,14	36,50	10,43	0,00
SW	52,14	104,29	0,00	52,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WSW	52,14	156,43	0,00	0,00	52,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W	0,00	0,00	52,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WNW	156,43	208,57	0,00	730,00	156,43	312,86	0,00	0,00	52,14	0,00
NW	52,14	156,43	208,57	573,57	52,14	208,57	0,00	0,00	0,00	0,00
NNW	52,14	104,29	104,29	677,86	365,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 4.1-2 Horas de viento en función de la dirección y la velocidad a 10 m.

Rosa de vientos a 10 m:

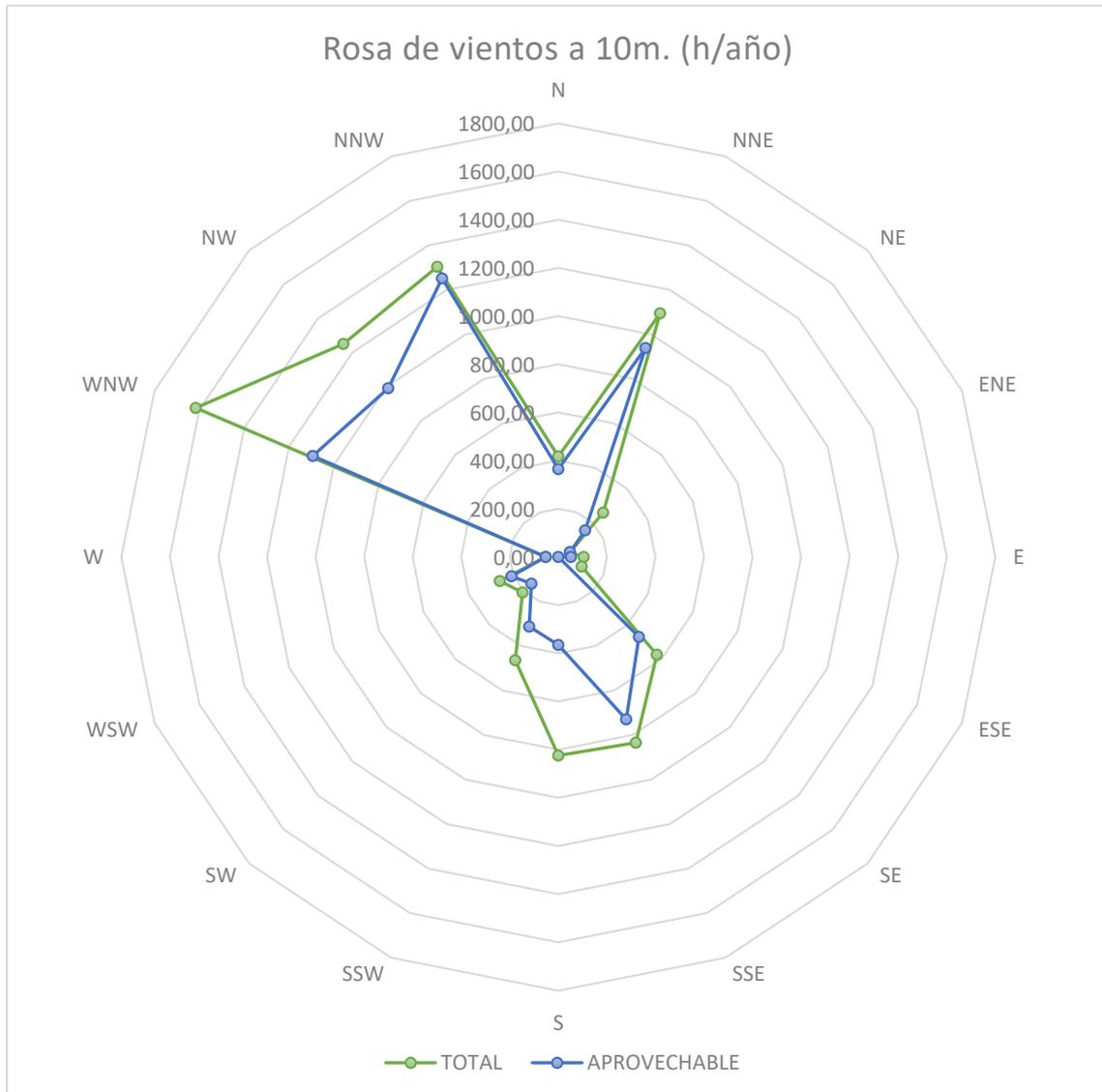


Tabla 4.1-3 Rosa de vientos a 10 m.

Los datos de vientos a 10 m de altura no se tendrán en cuenta en un principio, ya que los aerogeneradores son de eje horizontal y no capta los vientos a alturas tan bajas.

En caso de que los dos aerogeneradores que están previstos en el diseño y cálculos como posible ampliación fuesen de tipo eje vertical, estos datos si deberán de tenerse en cuenta.

Se aprecia en las rosas de vientos que a ambas alturas tienen una distribución de vientos semejante, donde los vientos predominantes provienen del noroeste (NW, WNW, NNW). Se ha comprobado la veracidad de los datos con registros históricos, donde se ha confirmado que los mayores vientos en la península proceden, como indica el gráfico radial, del noroeste.

Para el cálculo de la energía disponible, se ha tomado el valor medio en cada rango de velocidades de viento. Se han hecho dos cálculos, por un lado, la energía total disponible, y por otro, la energía aprovechable por los aerogeneradores, que es para velocidades entre 5 m/s y 25 m/s. Para velocidades fuera de este rango, los aerogeneradores estarán en situación de parada.

La potencia eólica se expresa de la siguiente forma:

$$Potencia\ eólica = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

- ρ : Densidad del aire (kg/m³).
- A: Sección de barrido de las palas (m²).
- v: Velocidad del viento (m/s).
- Potencia eólica (kg m²/s³ = J/s = W).

La tabla de potencias queda:

Potencia (kW)	15	397	1840	5049	10732	19594	32343	49684	72326	100973
Altura	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0
Diámetro palas	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0
Densidad	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
velocidad	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5

Tabla 4.1-4 Potencia del viento para diferentes velocidades

Tanto el diámetro de las palas como la altura a la que se ha obtenido la densidad del aire están expresados en metros.

Se han recuadrado los datos dentro del rango de velocidades del viento aprovechables por los aerogeneradores. Ahora se deberá tener en cuenta el límite marcado por la potencia unitaria capaz de suministrar los aerogeneradores, quedando la tabla de la siguiente forma:

Potencia (kW)	15	397	850	850	850	0	0	0	0	0
Altura	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0	1214,0
Diámetro palas	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0
Densidad	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
velocidad	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5

Tabla 4.1-5 Potencia del viento para diferentes velocidades limitada por la potencia del generador

Enfrentando las dos tablas se puede apreciar el efecto de la potencia máxima de los aerogeneradores, ya que cada uno genera como máximo 850 kW.



Ilustración 4.1-2 Curva de potencia del aerogenerador

Una vez calculada la potencia eólica en cada rango de velocidades y con los datos de horas anuales de vientos, se procede al cálculo de la energía disponible anual para cada una de las posibles direcciones del viento.

Energía = Potencia x tiempo

$$GWh = \frac{W \cdot h}{1.000.000.000}$$

Para conocer la energía generada por los 21 aerogeneradores, se tendrá en cuenta el límite de Betz. Se trata de una limitación física para la extracción de la energía del viento, dado que a la salida del aerogenerador nunca puede ser la velocidad de 0 m/s, por lo que siempre quedara una energía sin explotar.

$$GWh = \frac{W \cdot h}{1.000.000.000} \times 21 \times 0,59$$

En primer lugar, se muestra una tabla con los valores de la energía generada para cada posible orientación de los aerogeneradores.

Dirección	Energía aprovechada (GWh)				
	7,50 m/s	12,5 m/s	17,5 m/s	22,5 m/s	Total
N	0,4	1,4	0,5	0,0	2,4
NNE	1,6	1,0	0,0	2,4	4,9
NE	0,4	0,5	0,0	0,0	0,9
ENE	0,2	0,5	0,0	0,0	0,7
E	0,2	0,0	0,5	0,0	0,7
ESE	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7
SE	1,1	0,0	0,0	1,0	2,1
SSE	0,2	1,4	1,9	3,4	7,0
S	0,4	1,4	1,4	0,5	3,8
SSW	0,7	0,5	0,5	0,5	2,1
SW	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
WSW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
W	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
WNW	0,9	1,9	2,9	6,2	12,0
NW	1,3	4,3	5,3	7,2	18,2
NNW	2,5	0,5	4,3	5,8	13,0

Tabla 4.1-6 Energía anual generada para cada posible orientación del aerogenerador

De forma gráfica se aprecia mejor la distribución de esta energía, los datos de la gráfica están expresados en GWh.

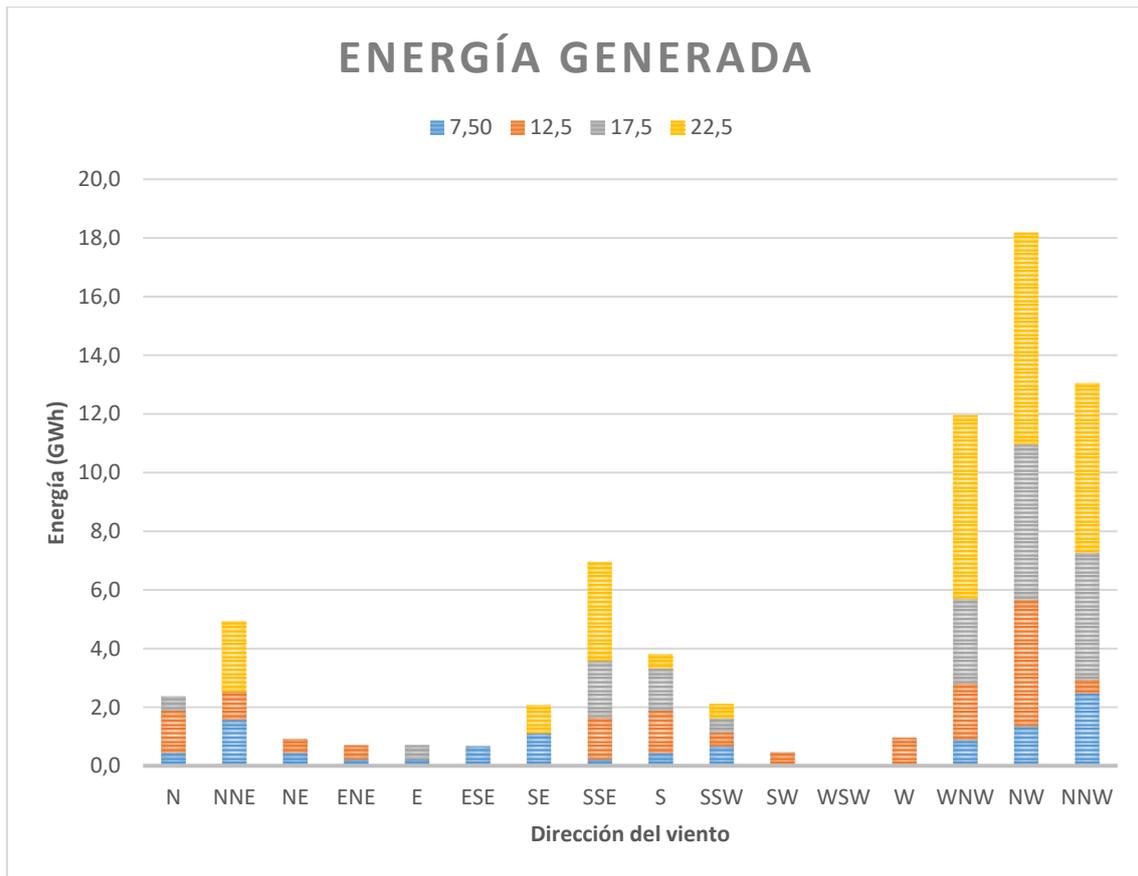


Ilustración 4.1-3 Energía anual generada para cada posible orientación del aerogenerador

Se puede observar que la dirección óptima para orientar los aerogeneradores es el noroeste, pudiendo generarse anualmente 18,2 GWh de energía.

4.2. Eléctricos

4.2.1. C.T. Aerogeneradores

Los aerogeneradores producen energía con una potencia máxima de 850 kW y la tensión de generación es de 690 V.

El centro de transformación es elevador, de 690/20.000 V.

Los datos del conjunto aerogenerador-C.T. son:

Cos(φ)	1	
P(Aero.)	850	kW
V(gen.)	690	V
f	50	Hz

Tabla 4.2-1 Características eléctricas del aerogenerador

Se conoce la potencia aparente mínima necesaria para el centro de transformación utilizando la siguiente expresión:

$$S = \frac{P}{\cos(\varphi)} = \frac{850 \text{ kW}}{\cos(1)} = 850 \text{ kVA}$$

El siguiente nivel normalizado, y que se puede encontrar en los catálogos disponibles es de 1.000 kVA, que será el empleado en los aerogeneradores, como se describe en la descripción de la solución, en el apartado 6.1.1.1.

Es posible calcular la intensidad de corriente máxima que llegará al C.T. y también la que saldrá de este.

$$I_{B.T.} = \frac{850}{0,69 \cdot 1 \cdot \sqrt{3}} = 711 \text{ A}$$

$$I_{M.T.} = \frac{850}{0,69 \cdot 1 \cdot \sqrt{3}} \approx 25 \text{ A}$$

4.2.2. Red M.T.

Si se atiende a la situación tanto geográfica como eléctrica de los aerogeneradores, se sabrá también la intensidad de corriente que circulará en cada una de las ramas. Por un lado, tenemos una rama con 16 aerogeneradores, y por otro tenemos un ramal con otros 5 aerogeneradores.

Tramo	L (m)	Nº Aeros	I(A)
1-2	213,2	1	24,5
2-3	264,3	2	49,1
3-4	194,4	3	73,6
4-5	217,8	4	98,1
5-6	224,9	5	122,7
6-7	263,4	6	147,2
7-8	928,4	7	171,8
8-9	242,6	8	196,3
9-10	235,0	9	220,8
10-11	86,9	10	245,4
11-12	84,0	11	269,9
16-15	213,5	3	73,6
15-14	215,1	4	98,1
14-13	189,9	5	122,7
13-12	215,9	6	147,2
34-35	286,8	1	24,5
35-36	306,3	2	49,1
36-37	265,0	3	73,6
37-38	400,6	4	98,1
12-sub	1749,8	18	441,7
38-sub	1268,2	5	122,7

Tabla 4.2-2 Datos de la red de M.T.

- Tramo: Se refiere al origen y final del tramo de cable. Los números citan el punto donde se conecta el correspondiente aerogenerador a la red de M.T. Por ejemplo, el tramo 3-4 hace referencia al tramo de cable de MT desde el punto de conexión del aerogenerador 3 hasta el punto de conexión del aerogenerador 4.
- L: longitud del tramo de cable correspondiente, mencionado en la primera columna.

- Nº Aeros: Contabiliza el número de aerogeneradores aguas-arriba que hay para el tramo de cable en cuestión.
- I (A): Menciona, en amperios, la intensidad que recorre el tramo de cable, está directamente relacionado con la celda Nº Aeros.

Para interpretar correctamente estos datos, se debe visualizar el plano “3. Esquema de conexión de los aerogeneradores” o el plano “4. Esquema unifilar de la conexión de los aerogeneradores”, donde se puede ver el esquema con las conexiones entre aerogeneradores y de estos con la subestación.

4.2.2.1. Criterio térmico

Una vez recogidos y comprendidos los datos de intensidades, se analiza la instalación de los cables para aplicar los factores de corrección pertinentes, gracias a los cuales se escogerán las secciones de cable adecuadas.

4.2.2.1.1. Temperatura del terreno

Temperatura de servicio	Temperatura del terreno, en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105 °C	1,09	1,06	1,03	1	0,98	0,94	0,9	0,87	0,83
90 °C	1,11	1,07	1,04	1	0,975	0,92	0,88	0,83	0,78

Tabla 4.2-3 F1 en función de la temperatura del terreno

La temperatura de servicio del material (Vulpren) es de 90 °C y la temperatura del terreno, según los datos conocidos, es de 30 °C.

El coeficiente a utilizar será:

$$F_1 = 0,975$$

4.2.2.1.2. Resistividad del terreno

Las mediciones de la resistividad del terreno quedan fuera del alcance del proyecto. Al comienzo de este, la evaluación del terreno queda elaborada por una empresa contratada por el cliente final del presente proyecto, siendo esta:

$$R_T = 2 \frac{K m}{W}$$

Tipo de instalación	Sección del conductor (mm ²)	Resistividad del terreno (K*m/W)						
		0,8	0,9	1	1,5	2	2,5	3
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,2	1,16	1	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,21	1,16	1	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1	0,89	0,8	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1	0,88	0,8	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1	0,88	0,8	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1	0,88	0,8	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1	0,88	0,8	0,73
	300	1,3	1,24	1,19	1	0,88	0,8	0,73
400	1,3	1,24	1,19	1	0,88	0,79	0,73	
Cables en el interior de tubos enterrados	25	1,12	1,1	1,08	1	0,96	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1	0,96	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1	0,96	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1	0,96	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1	0,96	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,1	1	0,96	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,1	1	0,96	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,1	1	0,96	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,1	1	0,95	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,1	1	0,95	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,1	1	0,95	0,86	0,81
500	1,16	1,13	1,1	1	0,95	0,86	0,81	

Tabla 4.2-4 F2 en función de la resistividad del terreno

Las secciones de tubo aportadas para la ejecución del proyecto por parte de los proveedores son, como se ha explicado en 6.1.2. *Red de M.T.* de la descripción de la solución, de 95 mm², 240 mm² y 500 mm².

El factor queda definido, según la sección de conductor a utilizar, de la siguiente forma:

$$F_{21} = 0,96$$

$$F_{22} = 0,95$$

$$F_{23} = 0,95$$

4.2.2.1.3. Nº de ternas

Tipo de instalación	Separación entre ternas (cm)	Numero de ternas de cables									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	0	1	0,76	0,65	0,58	0,53	0,5	0,47	0,45	0,43	0,42
	0,2	1	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	0,4	1	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	0,6	1	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	–
	0,8	1	0,9	0,85	0,83	0,81	0,8	0,79	–	–	–
Cables bajo tubo	0	1	0,8	0,7	0,64	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,49
	0,2	1	0,83	0,75	0,7	0,67	0,64	0,62	0,6	0,59	0,58
	0,4	1	0,87	0,8	0,77	0,74	0,72	0,71	0,7	0,69	0,68
	0,6	1	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	–
	0,8	1	0,9	0,86	0,84	0,82	0,81	–	–	–	–

Tabla 4.2-5 F3 en función del número de ternas del cable

Solo habrá una terna de cables en la instalación de la red de media tensión, por lo que la separación entre ternas no altera el valor del factor de corrección, y siendo este:

$$F_3 = 1$$

4.2.2.1.4. Profundidad de la instalación

Profundidad	Cables enterrados en sección		Cables enterrados bajo tubo de sección	
	$\leq 185 \text{ mm}^2$	$> 185 \text{ mm}^2$	$\leq 185 \text{ mm}^2$	$> 185 \text{ mm}^2$
0,5	1,06	1,09	1,06	1,08
0,6	1,04	1,07	1,04	1,06
0,8	1,02	1,03	1,02	1,03
1	1	1	1	1
1,25	0,99	0,99	0,99	0,99
1,5	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2	0,95	0,93	0,95	0,94
2,5	0,93	0,91	0,93	0,92
3	0,92	0,89	0,92	0,91

Tabla 4.2-6 F4 en función de la profundidad de la instalación

El tubo alojado en la zanja y que contiene los cables de MT está localizado a una profundidad de 1,25 m, por lo que el factor de corrección correspondiente es:

$$F_4 = 0,99$$

4.2.2.1.5. Resultados

Una vez definidos los factores de corrección, se procede con el siguiente método:

1. Se obtiene la intensidad corregida mediante la expresión:

$$I' = I / F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4$$

- En la “*Tabla 10.1 1 Características del cable DHZ1 12/20 kV h16 Al*”, se busca la sección adecuada. Esta deberá tener una intensidad máxima admisible mayor que I' .
- Se selecciona la sección final a emplear teniendo en cuenta las disponibles, explicado en “*6.1.2. Red de M.T.*”
- Se calcula la intensidad máxima que podrá circular por el cable con la siguiente expresión:

$$I_{Max} = I_{Max,Secc} \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4$$

I_{Max} : Intensidad máxima que podrá circular por el cable en las condiciones de la instalación.

$I_{Max, Secc}$: Intensidad máxima que puede circular por el cable en condiciones ideales.

Nº de Aeros	Potencia (kW)	I (A)	F1	F2	F3	F4	I' (A)	S (mm ²)	S'(mm ²)	I _{max} (A)
1	850	24,5	0,98	0,96	1,00	0,99	26,5	35	95	199,2
2	1700	49,1	0,98	0,96	1,00	0,99	53,0	35	95	199,2
3	2550	73,6	0,98	0,96	1,00	0,99	79,4	35	95	199,2
4	3400	98,1	0,98	0,96	1,00	0,99	105,9	35	95	199,2
5	4250	122,7	0,98	0,96	1,00	0,99	132,4	50	95	199,2
6	5100	147,2	0,98	0,96	1,00	0,99	158,9	70	95	199,2
7	5950	171,8	0,98	0,96	1,00	0,99	185,4	95	95	199,2
8	6800	196,3	0,98	0,96	1,00	0,99	211,8	95	95	199,2
9	7650	220,8	0,98	0,95	1,00	0,99	240,8	150	240	307,2
10	8500	245,4	0,98	0,95	1,00	0,99	267,6	150	240	307,2
11	9350	269,9	0,98	0,95	1,00	0,99	294,3	240	240	307,2
12	10200	294,4	0,98	0,95	1,00	0,99	321,1	240	240	307,2
13	11050	319,0	0,98	0,95	1,00	0,99	347,9	300	500	453,9
14	11900	343,5	0,98	0,95	1,00	0,99	374,6	300	500	453,9
15	12750	368,1	0,98	0,95	1,00	0,99	401,4	400	500	453,9
16	13600	392,6	0,98	0,95	1,00	0,99	428,1	400	500	453,9
17	14450	417,1	0,98	0,95	1,00	0,99	454,9	500	500	453,9
18	15300	441,7	0,98	0,95	1,00	0,99	481,7	500	500	453,9

Tabla 4.2-7 Sección de cable en función de la intensidad

En la columna S' queda definida la sección de cable a instalar en función del número de aerogeneradores que hay aguas-arriba, o lo que es lo mismo, de la intensidad que circula por el mismo.

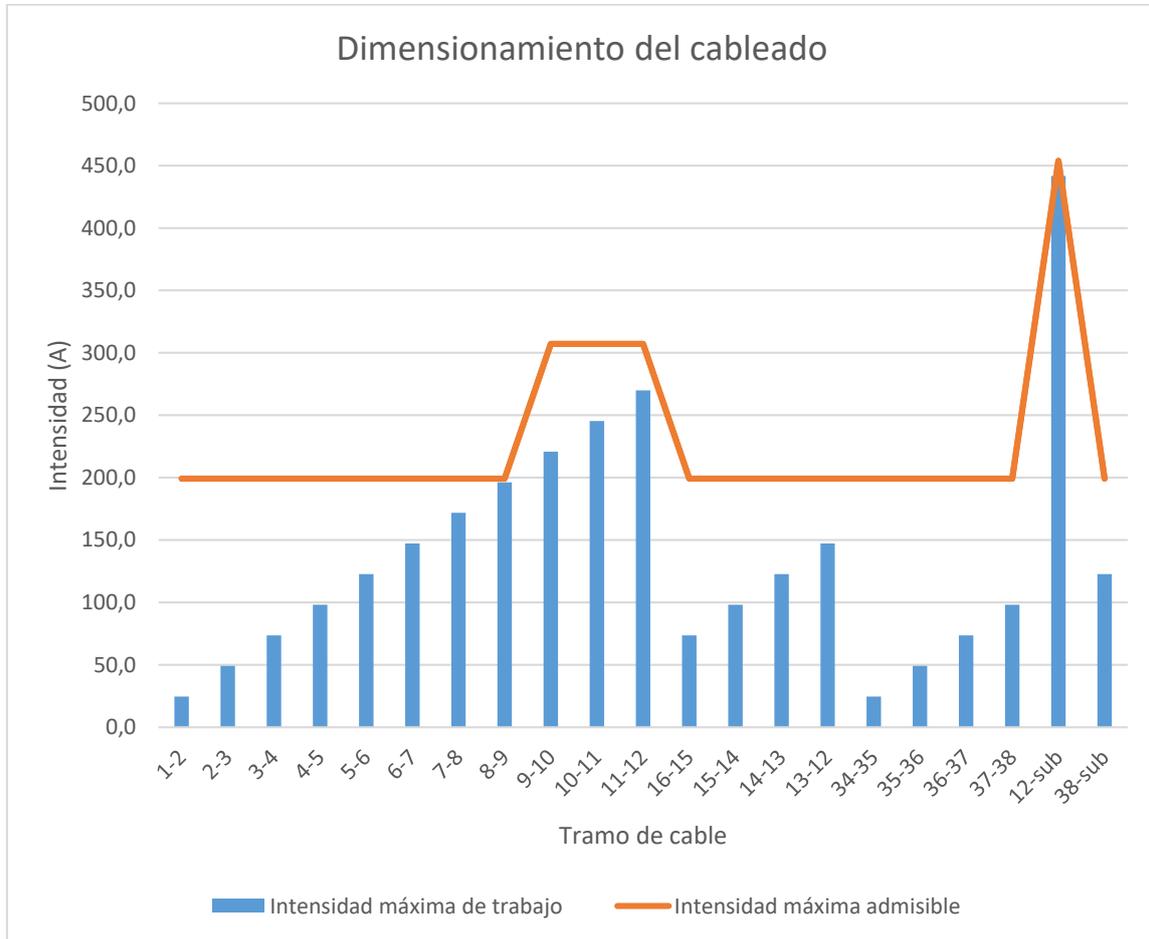


Ilustración 4.2-1 Margen de funcionamiento del cableado de la red de M.T.

En la “Ilustración 7.2 1 Margen de funcionamiento del cableado de la red de M.T.” se puede observar el estado final del cableado en funcionamiento, cuando los aerogeneradores se encuentren funcionando a plena potencia. Queda demostrado la adecuación de las secciones establecidas para cada tramo.

4.2.2.2. Caída de tensión

4.2.2.2.1. Cálculo

Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza la siguiente expresión:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times L \times I \times (R_{Al} \cdot \cos(\varphi) + X_{Al} \cdot \sin(\varphi))$$

- ΔU = Caída de tensión, en V.
- L = Longitud del cable, en Km.
- I = Intensidad que transporta, en A.
- $\cos(\varphi)$ = Factor de potencia.
- R = Resistencia del cable, en Ω/Km .
- X = Reactancia del cable, en Ω/Km .

Para hallar el porcentaje de la caída de tensión se emplea la siguiente formula:

$$\%U = \Delta U / U$$

- ΔU = Caída de tensión, en V.
- U = Tensión compuesta de la línea, en V.

4.2.2.2.2. Resultados

Tramo	L (m)	I(A)	S' (mm ²)	L (m)	ΔV (V)	ΔV (%)
1-2	213,2	24,5	95	213,2	2,9	0,01%
2-3	264,3	49,1	95	264,3	7,2	0,04%
3-4	194,4	73,6	95	194,4	7,9	0,04%
4-5	217,8	98,1	95	217,8	11,9	0,06%
5-6	224,9	122,7	95	224,9	15,3	0,08%
6-7	263,4	147,2	95	263,4	21,5	0,11%
7-8	928,4	171,8	95	928,4	88,4	0,44%
8-9	242,6	196,3	95	242,6	26,4	0,13%
9-10	235,0	220,8	240	235,0	11,2	0,06%
10-11	86,9	245,4	240	86,9	4,6	0,02%
11-12	84,0	269,9	240	84,0	4,9	0,02%
16-15	213,5	73,6	95	213,5	8,7	0,04%
15-14	215,1	98,1	95	215,1	11,7	0,06%
14-13	189,9	122,7	95	189,9	12,9	0,06%
13-12	215,9	147,2	95	215,9	17,6	0,09%
34-35	286,8	24,5	95	286,8	3,9	0,02%
35-36	306,3	49,1	95	306,3	8,3	0,04%
36-37	265,0	73,6	95	265,0	10,8	0,05%
37-38	400,6	98,1	95	400,6	21,8	0,11%
12-sub	1749,8	441,7	500	1749,8	81,0	0,40%
38-sub	1268,2	122,7	95	1268,2	86,2	0,43%

Tabla 4.2-8 Caída de tensión de la red de M.T.

El porcentaje de caída de tensión se limitará en cualquier caso al 2% desde el origen al entronque con la subestación, de acuerdo con el MIE BT 017.

4.2.3. Transformador M.T./A.T.

4.2.3.1. Potencia

El transformador se trata de uno elevador, 20/55 kV. La potencia máxima que aportarán los 21 aerogeneradores es de:

$$S = \frac{P}{\cos(\varphi)} = \frac{17.850 \text{ kW}}{\cos(1)} = 17,85 \text{ MVA}$$

El trafo está sobredimensionado, y puede atender las posibles ampliaciones futuras, pudiendo ser de un máximo de otros 20 aerogeneradores de 850 kW.

4.2.3.2. Cortocircuito

Del diagrama unifilar del “plano 4, Esquema unifilar de las conexiones de los aerogeneradores”, se deduce el siguiente esquema del parque:

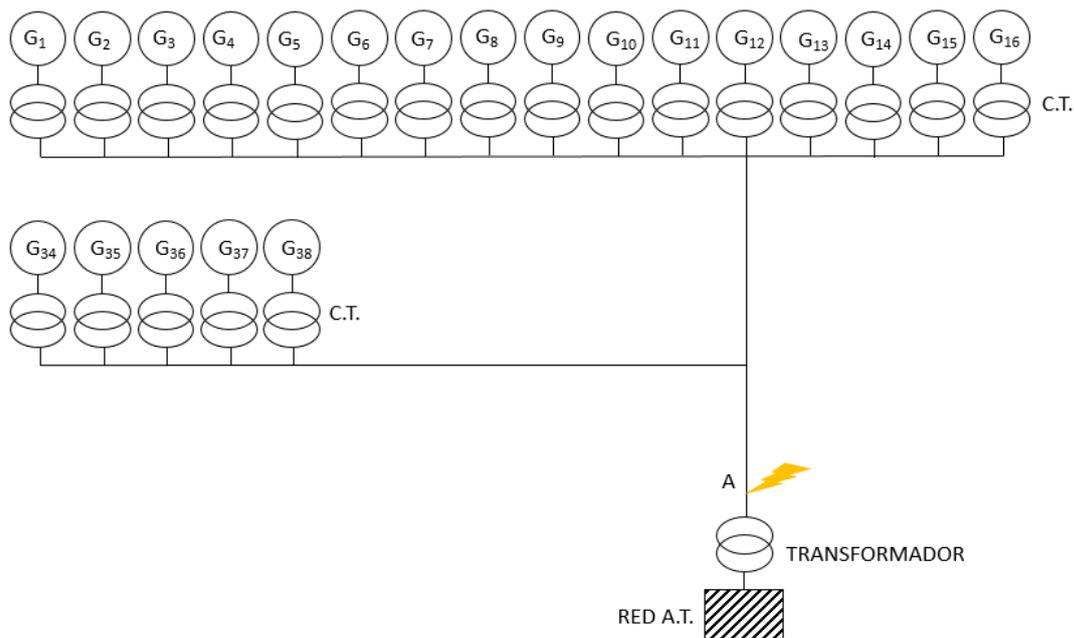


Ilustración 4.2-2 Esquema funcional del parque eólico

Se va a proceder al uso de la “UNE-EN 60909: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna”, por lo que en primer lugar se procede al cálculo de las impedancias de cortocircuito de los elementos del parque.

- **Red de AT:**

$$U_{nQ} = 55kV$$

$$S''_{QK} = 500 MVA$$

$$C_{Max} = 1,1$$

$$Z_Q^{AT} = \frac{C \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{KQ}} = \frac{C \cdot U_{nQ}^2}{S''_{QK}} = 6,655 \Omega$$

$$Z_Q^{MT} = Z_Q^{AT} \cdot \left(\frac{U_{MT}}{U_{AT}} \right)^2 = 0,88 \Omega$$

$$X = 0,995 \cdot Z_Q^{MT} = 0,876 \Omega$$

$$R = \sqrt{0,88^2 - 0,076^2} = 0,084 \Omega$$

$$Z_{Q AT} = (0,876 + 0,084i) \Omega$$

- **Generadores:**

$$\cos(\varphi) = 0,95$$

$$X''_d = 0,519 \Omega$$

$$Z_{RG} = \frac{690^2}{850.000} = 0,56 \Omega$$

$$x''_d = \frac{X''_d}{Z_{RG}} = 0,927 \Omega$$

$$K_G = \frac{20.000}{690} \cdot \frac{1,1}{1 + 0,927 \cdot \sin(\cos^{-1}(0,95))} = 24,73 \Omega$$

$$R_{GK} = 0,15 \cdot 0,519 \cdot 24,73 = 1,93 \Omega$$

$$X_{GK} = 0,519 \cdot 24,73 = 12,83 \Omega$$

$$Z_{GK}^{BT} = (1,93 + 12,83i) \Omega$$

$$Z_{GK}^{MT} = Z_{GK}^{BT} \cdot \left(\frac{U_{MT}}{U_{BT}} \right)^2 = (1621,91 + 1779i) \Omega$$

- Transformadores BT/MT (CTs):

$$U_{Kr} = 0,067 \quad U_{Rr} = 0,012 \quad U_{rT} = 20 \text{ kV} \quad S_{rT} = 1.000 \text{ kVA}$$

$$Z_{CT} = \frac{0,067 \cdot 20.000^2}{1.000.000} = 26,8 \Omega$$

$$R_{CT} = \frac{0,012 \cdot 20.000^2}{1.000.000} = 4,8 \Omega$$

$$X_{CT} = \sqrt{26,8^2 - 4,8^2} = 26,37 \Omega$$

$$x_{CT} = \frac{X_{CT}}{U_{rT}^2 / S_{rT}} = 0,066$$

$$k_{CT} = 0,95 \cdot \frac{C_{Max}}{1 + 0,6 \cdot x_{CT}} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,066} = 1,0052$$

$$Z_{CT}^k = Z_{CT} \cdot k_{CT} = (4,8 + 26,37i) \cdot 1,0052 = (4,825 + 26.51i) \Omega$$

• **Transformadores MT/AT:**

$$U_{kr} = 0,067$$

$$U_{Rr} = 0,012$$

$$U_{rT} = 20 \text{ kV}$$

$$P_0 = 11 \text{ kW}$$

$$P_{cu} = 110 \text{ kW}$$

$$P_T = 121 \text{ kW}$$

$$I_{rT} = \frac{S_{rT}}{\sqrt{3} \cdot U_{rT}} = 866 \text{ A}$$

$$Z_T = \frac{0,098 \cdot 20.000^2}{30.000.000} = 1,31 \Omega$$

$$R_T = \frac{P_T}{3 \cdot I_{rT}^2} = \frac{121.000}{3 \cdot 866^2} = 0,054 \Omega$$

$$X_T = \sqrt{1,21^2 - 0,054^2} = 1,3 \Omega$$

$$x_T = \frac{X_T}{U_{rT}^2 / S_{rT}} = \frac{1,3}{20.000^2 / 30.000.000} = 0,0975$$

$$k_T = 0,95 \cdot \frac{C_{Max}}{1,1 + 0,6 \cdot x_T} = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1,1 + 0,6 \cdot 0,0975} = 0,987$$

$$\mathbf{Z_T^k} = Z_T \cdot k_T = (0,054 + 1,3i) \cdot 0,987 = (0,0533 + 1,283i) \Omega$$

- Líneas de media tensión:

Tramo	L (m)	Nº Aeros	S' (mm ²)	Ral 20 °C (ohm/km)	Xal 20 °C (ohm/km)	R	X
1-2	213,235294	1	95	0,32	0,13	0,068	0,028
2-3	264,338235	2	95	0,32	0,13	0,085	0,034
3-4	194,362745	3	95	0,32	0,13	0,062	0,025
4-5	217,830882	4	95	0,32	0,13	0,070	0,028
5-6	224,852941	5	95	0,32	0,13	0,072	0,029
6-7	263,357843	6	95	0,32	0,13	0,084	0,034
7-8	928,361345	7	95	0,32	0,13	0,297	0,121
8-9	242,555147	8	95	0,32	0,13	0,078	0,032
9-10	235,04902	9	240	0,125	0,108	0,029	0,025
10-11	86,9117647	10	240	0,125	0,108	0,011	0,009
11-12	84,0240642	11	240	0,125	0,108	0,011	0,009
16-15	213,480392	3	95	0,32	0,13	0,068	0,028
15-14	215,073529	4	95	0,32	0,13	0,069	0,028
14-13	189,852941	5	95	0,32	0,13	0,061	0,025
13-12	215,931373	6	95	0,32	0,13	0,069	0,028
34-35	286,764706	1	95	0,32	0,13	0,092	0,037
35-36	306,25	2	95	0,32	0,13	0,098	0,040
36-37	264,95098	3	95	0,32	0,13	0,085	0,034
37-38	400,551471	4	95	0,32	0,13	0,128	0,052
12-sub	1749,8366	18	500	0,0605	0,097	0,106	0,170
38-sub	1268,23529	5	95	0,32	0,13	0,406	0,165

Tabla 4.2-9 Impedancias de cortocircuito de las líneas de M.T.



Ilustración 4.2-3 Esquema para el cálculo de la intensidad de cortocircuito

$$Z_0 = Z_{AERO} + Z_{C.T.} = Z_{GK}^{MT} + Z_{CT}^k = 2429 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_1 = ((Z_0 + Z_{12}) \parallel Z_0) + Z_{23} = 1214,6 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_2 = ((Z_1 \parallel Z_0) + Z_{34}) = 809,8 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_3 = ((Z_2 \parallel Z_0) + Z_{45}) = 607,4 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_4 = ((Z_3 \parallel Z_0) + Z_{56}) = 485,97 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_5 = ((Z_4 \parallel Z_0) + Z_{67}) = 405,1 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_6 = ((Z_5 \parallel Z_0) + Z_{78}) = 347,5 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_7 = ((Z_6 \parallel Z_0) + Z_{89}) = 304,1 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_8 = ((Z_7 \parallel Z_0) + Z_{9\ 10}) = 270,4 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_9 = ((Z_8 \parallel Z_0) + Z_{10\ 11}) = 243,3 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{10} = ((Z_9 \parallel Z_0) + Z_{11\ 12}) = 221,2 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{11} = Z_0 \parallel Z_{15\ 16} = 2429,1 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{12} = ((Z_{11} \parallel Z_0) + Z_{14\ 15}) = 1214,6 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{13} = ((Z_{12} \parallel Z_0) + Z_{15\ 16}) = 809,8 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{14} = ((Z_{13} \parallel Z_0) + Z_{16\ 17}) = 607,4 \angle 47,3^\circ$$

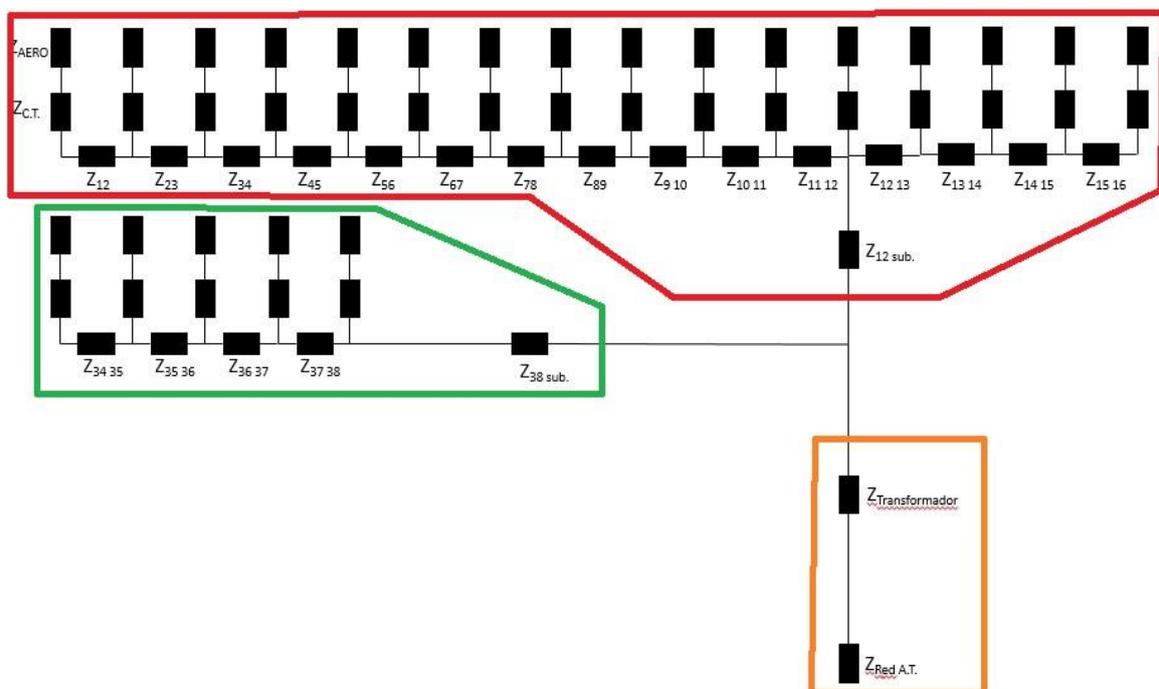


Ilustración 4.2-4 Esquema de cálculo de impedancias de cortocircuito

$$Z_{G1} = ((Z_{10} \parallel Z_{14} \parallel Z_0) + Z_{12 \text{ Sub}}) = 152,2 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{15} = ((Z_0 + Z_{34 \ 35}) \parallel Z_0) + Z_{35 \ 36} = 1214,6 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{16} = ((Z_{15} \parallel Z_0) + Z_{36 \ 37}) = 809,8 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{17} = ((Z_{16} \parallel Z_0) + Z_{37 \ 38}) = 607,4 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{G2} = ((Z_{17} \parallel Z_0) + Z_{38 \text{ Sub}}) = 486,3 \angle 47,3^\circ$$

$$Z_{G3} = Z_{\text{Trafo}} + Z_{\text{Red AT}} = 1,7 \angle 55,8^\circ$$

$$Z_k = (Z_{G1} \parallel Z_{G2} \parallel Z_{G3}) = 1,676 \angle 55,7^\circ$$

$$I''_{k3F} = \frac{C_{\text{Max}} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{1,1 \cdot 20.000}{\sqrt{3} \cdot 1,676} = 7578,58 \text{ A}$$

$$k = 1,02 + 0,98^{-3^{R_k/X_k}} = 1,02 + 0,98^{-3^{0,945/1,384}} = 1,146$$

$$i_p = k \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3F} = 12,3 \text{ kA}$$

5. Aspectos económicos

5.1. Presupuesto

5.1.1. Obra civil-Parque eólico

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
Obra civil-Parque eólico			
ACCESOS AL PARQUE y VIALES INTERIORES.			
3672 m	Camino de acceso para el tránsito de los vehículos de montaje.	68,87 €	252.890,64 €
698 m	Adecuación del camino de acceso existente para el tránsito de los vehículos de montaje.	37,86 €	26.426,28 €
6361 m	Camino de servicio a los aerogeneradores. Anchura máxima 4 m, pendiente máxima 14%, incluso nivelación, perfilado con parte de materiales de excavación y parte proporcional de plataformas.	68,87 €	438.082,07 €
50 Ud.	Caño de drenaje de Ø 315 mm	1.163,00 €	58.150,00 €
			775.548,99 €
CIMENTACIONES y PLATAFORMAS AEROGENERADORES (21 Ud)			
4840 m ³	Demolición y excavación.	13,59 €	65.775,60 €
249501 Kg	Acero para armado de cimentaciones.	1,07 €	266.966,07 €
201 m ³	Hormigón de limpieza.	112,82 €	22.676,82 €
2268 m ³	Hormigón de resistencia.	131,17 €	297.493,56 €
1000 m	Puesta a tierra.	30,37 €	30.370,00 €
21 Ud.	Colocación y nivelación de virola	658,63 €	13.831,23 €
21 Ud.	Canalizaciones entrada y salida	878,17 €	18.441,57 €
21 Ud.	Nivelado y compactado	11.009,72 €	231.204,12 €
			946.758,97 €
ZANJAS			
8.798,96 m	Demolición total de excavación en roca	21,18 €	186.361,97 €
2.111,75 m ³	Suministro y extendido de arena en zanja	32,51 €	68.652,99 €
9.000,00 m	Cinta señalizadora peligro cables alta tensión	0,65 €	5.850,00 €
9.000,00 m	Placa protección	3,20 €	28.800,00 €
			289.664,97 €
REPOSICIÓN DEL TERRENO E INFRAESTRUCTURAS			
1 Ud.	Hidrosiembra	65.862,72 €	65.862,72 €
			65.862,72 €

VARIOS			
1 Ud.	Control de calidad	15.025,93 €	15.025,93 €
	Edificio de control de Parque eólico		
1 Ud.	s/especificaciones petición de oferta	183.395,46 €	183.395,46 €
			198.421,39 €

5.1.2. Elementos-Aerogeneradores

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
Aerogeneradores			

Nota: Engloba suministro y montaje.

21 Ud.	Aerogeneradores de 850 kW de potencia. Incluyendo: rotor, buje, góndola, generador, multiplicador, palas, torre tubular metálica, mecanismos de orientación y frenos, protecciones de BT, sistemas de regulación y control, hardware y software específico, así como los dispositivos de adquisición y tratamiento de datos.	878.000,00 €	18.438.000,00 €
2 Ud.	Centro de Transformación tipo FINAL DE RAMAL compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> · D11Celda de maniobra compacta de SF6 tipo 0L+1P, de características técnicas indicadas en la especificación (incluido juego de tres fusibles).20 kV, 400 A · Transformador II de distribución, seco encapsulado de 1.000 kVA, 20/0,69 kV · Cable AL DHZ1 12/20 kV de 1x95 mm² · Conectores apantallados atornillables · Cable RV-K de 3x2x(1x185) Cu · Cable RV-K 0,6/1kV 2x1,5 · Cable RV-K 0,6/1 kV 10x0,5 · Red de tierras del centro de transformación. · Material de montaje 	22.944,00 €	45.888,00 €
18 Ud.	Centro de Transformación tipo DERIVACION SIMPLE compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> · D11Celda de maniobra compacta de SF6 tipo 0L+1L+1P, de características técnicas indicadas en la especificación (incluido juego de tres fusibles).20 kV, 400 A · Transformador II de distribución, seco encapsulado de 900 kVA, 20/0,69 kV 	24.645,00 €	443.610,00 €

	<ul style="list-style-type: none"> · Cable AL DHZ1 12/20 kV de 1x95 mm² · Conectores apantallados atornillables · Cable RV-K de 3x2x(1x185) Cu · Cable RV-K 0,6/1kV 2x1,5 · Cable RV-K 0,6/1 kV 10x0,5 · Red de tierras del centro de transformación. · Material de montaje 	27.545,00 €	27.545,00 €
1 Ud.	Centro de Transformación tipo DERIVACION DOBLE compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> · D11Celda de maniobra compacta de SF6 tipo OL+1L+1P, de características técnicas indicadas en la especificación (incluido juego de tres fusibles).20 kV, 400 A · Transformador II de distribución, seco encapsulado de 900 kVA, 20/0,69 kV · Cable AL DHZ1 12/20 kV de 1x95 mm² · Conectores apantallados atornillables · Cable RV-K de 3x2x(1x185) Cu · Cable RV-K 0,6/1kV 2x1,5 · Cable RV-K 0,6/1 kV 10x0,5 · Red de tierras del centro de transformación. · Material de montaje 		18.955.043,00 €

5.1.3. Redes eléctricas

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
Redes eléctricas			
NOT Todas las unidades comprenden			
A: suministro y tendido			
RED DE MEDIA TENSIÓN			
14.024 m	HEPRZ1 12/20 kV 95 Al	7,39 €	103.637,36 €
1.579 m	HEPRZ1 12/20 kV 240 Al	10,44 €	16.484,76 €
19.830 m	HEPRZ1 12/20 Kv 500 Al	18,00 €	356.940,00 €
225 Ud.	Terminales	163,43 €	36.771,75 €
27 Ud.	Empalmes unipolares	269,53 €	7.277,31 €
1 Ud.	Interconexión CBT del centro de transformación SS.AA.-Armario SS.AA del parque	1.709,47 €	1.709,47 €
			522.820,65 €
RED GENERAL DE P.A.T.			
11.861 m	Cable de Cu 70 mm ²	6,61 €	78.401,21 €
1 Ud.	Mediciones tensiones de paso y contacto	1.339,00 €	1.339,00 €
			79.740,21 €
RED DE TELECONTROL			
10.001 m	Cable F.O.(8 fibras multimodo 62,5/125µm)	6,81 €	68.106,81 €
1 Ud.	Reflectometría	1.606,80 €	1.606,80 €
			69.713,61 €

5.1.4. Obra civil-Subestación

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
Obra civil-Subestación			
Adecuación plataforma			
1 Ud	Obras de explanación	11.723,31 €	11.723,31 €
			11.723,31 €
Movimiento de tierras			
33,12 m ³	Excavación "cajas" para zapatas.	12,39 €	410,36 €
45,52 m ³	Excavación para Transformador y depósito de aceite.	12,39 €	563,99 €
			974,35 €
Cimentaciones			
63 m ³	Hormigón	137,46 €	8.659,98 €
			8.659,98 €
Valla perimetral			
10,65 m ³	Excavación	12,39 €	131,95 €
14,91 m ³	Hormigón	137,46 €	2.049,53 €
71 m ³	Vallado de 2 m altura	41,29 €	2.931,59 €
1 Ud	Puerta de vehículos de 6 m con doble hoja	2.866,49 €	2.866,49 €
			7.979,56 €
Red de tierras			
90 m ³	Excavación en terreno compacto y posterior tapado	20,64 €	1.857,60 €
1 Ud	Ejecución de malla de tierra.	14.414,10 €	14.414,10 €
			16.271,70 €
Rellenos y viales			
18,01 m ³	Relleno de gravilla	31,92 €	574,88 €
82 m ²	Vial interior, realizado en hormigón	41,28 €	3.384,96 €
			3.959,84 €

5.1.5. Elementos-Subestación

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
Elementos-Subestación			
NOTA: Todas las partidas incluyen suministro y montaje			
Aparellaje 55 kV			
3 Ud.	Trafo de tensión inductivo	4.412,31 €	13.236,93 €
1 Ud.	Seccionador III con p.a.t. 72,5 kV, 800 A	11.084,65 €	11.084,65 €
3 Ud.	Trafo intensidad	4.451,74 €	13.355,22 €
1 Ud.	Interruptor 72 kV, 2500 A, 31.5 kA	21.242,82 €	21.242,82 €
3 Ud.	Autoválvula 72 kV	1.328,73 €	3.986,19 €
1 Ud.	Contador de descargas	295,17 €	295,17 €
			63.200,98 €
Transformadores			
1 Ud.	Trafo potencia, 30/35MVA ONAN/ONAF	465.013,13 €	465.013,13 €
1 Ud.	Reactancia de P.A.T.	12.805,08 €	12.805,08 €
1 Ud.	Trafo Servicios Auxiliares seco	7.451,43 €	7.451,43 €
			485.269,64 €
Aparellaje 20 kV			
3 Ud.	Autoválvulas 20 kV	439,19 €	1.317,57 €
3 Ud.	Seccionador unipolar, 24 kV, 400 A (unipolar)	565,43 €	1.696,29 €
1 Ud.	Celda de potencia de transformador de 1600 A.	30.475,00 €	30.475,00 €
2 Ud.	Celda de potencia Línea 630 A	20.199,75 €	40.399,50 €
1 Ud.	Celda medida de barras	7.767,85 €	7.767,85 €
1 Ud.	Celda de SSAA	10.026,02 €	10.026,02 €
			91.682,23 €
Equipos y Armarios			
1 Ud.	Equipos baterías 48Vcc 20A/92Ah y 125Vcc 112Ah	19.747,34 €	19.747,34 €
1 Ud.	Armario trafo	26.658,73 €	26.658,73 €
1 Ud.	Armario de medida	16.944,52 €	16.944,52 €
1 Ud.	Armario telecontrol	29.506,96 €	29.506,96 €
1 Ud.	Armario SS.AA	20.634,90 €	20.634,90 €
1 Ud.	Caja de toma rápida	1.858,14 €	1.858,14 €
1 Ud.	Cables de Fuerza y Mando.	10.326,37 €	10.326,37 €
1 Ud.	Latiguillos de F.O. - interconexión entre armarios y celdas de potencia	470,49 €	470,49 €
			126.147,45 €

Puesta a tierra			
65 m	Cable 95 mm ² Cu	7,00 €	455,00 €
1 Ud.	Grapería P.A.T.	1.621,16 €	1.621,16 €
1 Ud.	Tensiones de paso y contacto	1.087,27 €	1.087,27 €
1 Ud.	Pararrayo S.R. EC SAT-750.	1.366,05 €	1.366,05 €
			4.529,48 €

5.1.6. Resumen

Proyecto parque eólico		
1	Obra civil-Parque eólico	2.276.257,04 €
2	Elementos-Aerogeneradores	18.955.043,00 €
3	Redes eléctricas	672.274,47 €
4	Obra civil-Subestación	49.568,74 €
5	Elementos-Subestación	770.829,78 €
TOTAL		22.723.973,03 €

6. Conclusiones

Se han cumplido con los 2 objetivos prioritarios, por un lado, la entrega del documento se encuentra dentro de los plazos requeridos, y por otro el presupuesto final se ajusta a lo exigido, siendo finalmente un montante de 22.723.973,03 €, menor de los 23.000.000 € fijados como límite. Con esto se satisfacen las necesidades básicas del cliente.

Como demuestra el cálculo de la energía de vientos, se ha logrado situar los aerogeneradores en las posiciones adecuadas, logrando maximizar la energía generada no solo con la localización de estos, sino también orientándolos en la dirección más conveniente. Esta es la noroeste, logrando generar anualmente 73,6 GWh.

Otro objetivo consumado es el de ahorrar el máximo material posible en la red de media tensión, se ha comprobado que, conectando los aerogeneradores en serie, logramos consumir la menor suma de cableado, un total de 8.070 m., cumpliendo con el criterio tanto térmico como de caída de tensión.

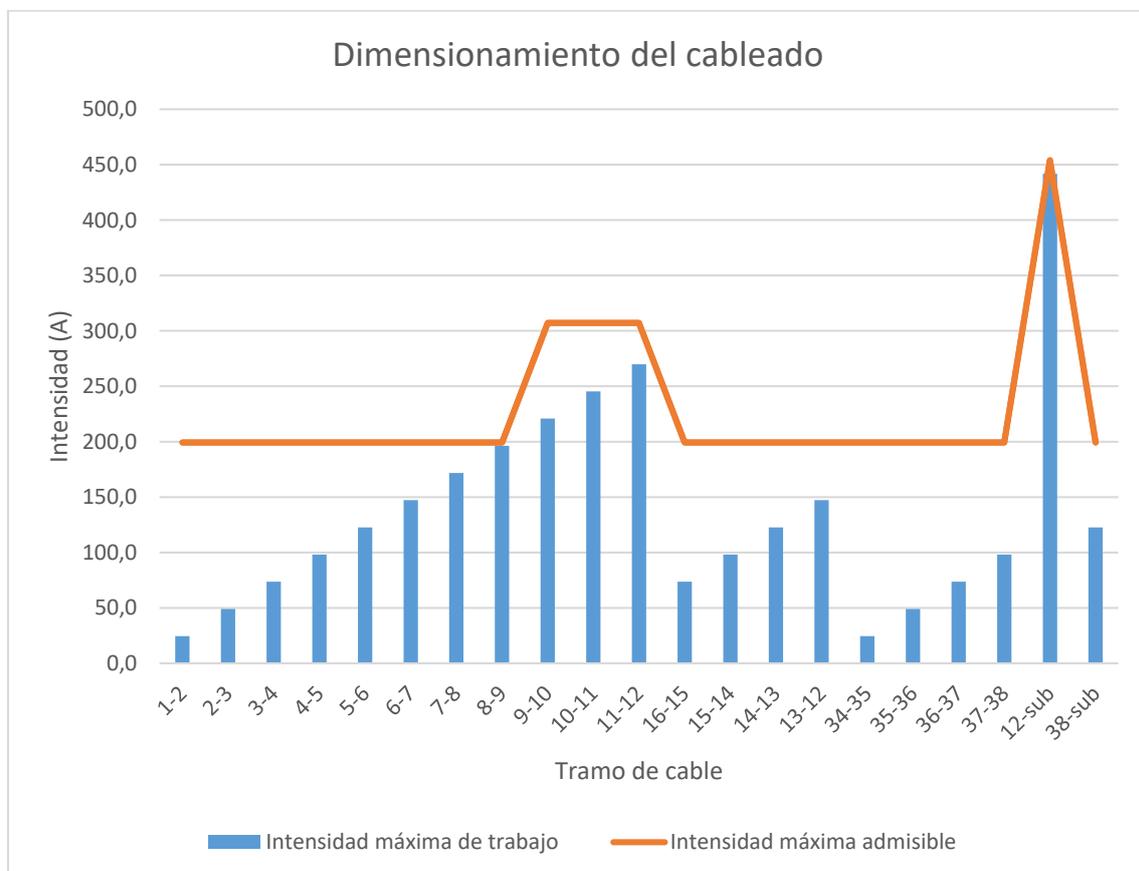


Ilustración 5.1-1 Margen de funcionamiento del cableado de media tensión

La red de M.T. está sobredimensionada, se puede realizar una ampliación sin necesidad de cambiar la instalación de M.T., conectando los nuevos generadores al ramal 34-35-36-37-38.

La instalación supone un ahorro en coste energético de 2.300.000 €/año, pudiendo aumentar este ahorro si se materializa la ampliación para la que está capacitado.

El efecto depurativo producido por este parque eólico cada año es el equivalente al producido por 3.200.000 árboles. Desglosado de la siguiente forma, 64.000 toneladas de CO₂ al año, 230 toneladas de NO_x (Óxido de Nitrógeno), 260 toneladas de SO₂ (Dióxido de Azufre) y 50 toneladas de partículas que se producirían si se generase la misma electricidad con fuentes convencionales.

Evidentemente se trata de una forma de generación de energía eléctrica barata, capaz de generar importantes cuantías y respetuosa con el medio ambiente. Dicho esto, se puede deducir que se trata de una fuente de energía del futuro.

7. Bibliografía

- [1] Buigues Beraza, G. (2016). *Instalaciones eléctricas de baja tensión*. 2nd ed. Bilbao: Escuela técnica superior de ingeniería de Bilbao.
- [2] Departamento de ingeniería eléctrica (2009). *Tecnología eléctrica I*. Bilbao: Escuela técnica superior de ingeniería de Bilbao.
- [3] Departamento de ingeniería eléctrica (2009). *Tecnología eléctrica II*. Bilbao: Escuela técnica superior de ingeniería de Bilbao.
- [4] Datos.bancomundial.org. (2017). *Transmisión de energía eléctrica y pérdidas en la distribución (% de producción) | Data*. [online] Available at: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.LOSS.ZS?end=2014&start=2014&view=map> [Accessed 25 Jul. 2017].
- [5] Acciona.com. (2017). *¿Qué beneficios tiene la energía eólica? | ACCIONA*. [online] Available at: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/> [Accessed 12 Jun. 2017].
- [6] Ree.es. (2017). *Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2016 | Red Eléctrica de España*. [online] Available at: <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/informe-de-energias-renovables> [Accessed 7 Jun. 2017].
- [7] Compromiso contra el cambio climático. (2017). 1st ed. [ebook] Madrid: Red eléctrica de España. Available at: <http://www.ree.es> [Accessed 18 Jul. 2017].
- [8] Plan de acción contra el cambio climático, documento resumen. (2017). 1st ed. [ebook] Madrid: Red eléctrica de España. Available at: <http://www.ree.es> [Accessed 18 Jul. 2017].

8. Anexos

8.1. Características de los cables

DHZ1 12/20 kV h16 Al	Sección	Diámetro cable	Diámetro total	Peso	Curvatura	$I_{max}(40^{\circ}C)$	$I_{max}(25^{\circ}C)$	Reactancia	Capacidad
	mm ²	mm	mm	kg/km	mm	A	A	Ohm/km	μF/km
1340113	35	18.9	26.4	775	400	130	115	0.149	0.165
1340114	50	19.9	27.4	840	415	155	135	0.142	0.179
1340115	70	21.6	29.5	970	445	195	165	0.133	0.202
1340116	95	23.2	31.2	1095	470	275	215	--	--
1340117	120	24.9	33.5	1240	505	275	225	0.122	0.248
1340118	150	26.1	34.7	1365	520	360	275	--	--
1340119	185	27.5	36.1	1500	545	360	285	0.113	0.283
1340120	240	30.2	38.8	1750	585	425	335	0.108	0.319
1340121	300	32.3	40.9	1965	615	490	375	0.104	0.347
1340122	400	35.0	43.6	2315	655	570	430	0.1	0.383
1340123	500	38.7	47.3	2740	710	670	495	0.097	0.432
1340124	630	42.7	51.3	3315	770	790	560	0.094	0.485
1340124	630	42.7	51.3	3315	770	790	560	0.094	0.485

Tabla 8.1-1 Características del cable DHZ1 12/20 kV h16 Al



TRABAJO FIN DE MASTER

DISEÑO E INSTALACIÓN DEL PARQUE EÓLICO "CAÑONERAS".

ANEXO 2: PLANOS.

Alumno: *Vazquez Corral, Hugo*

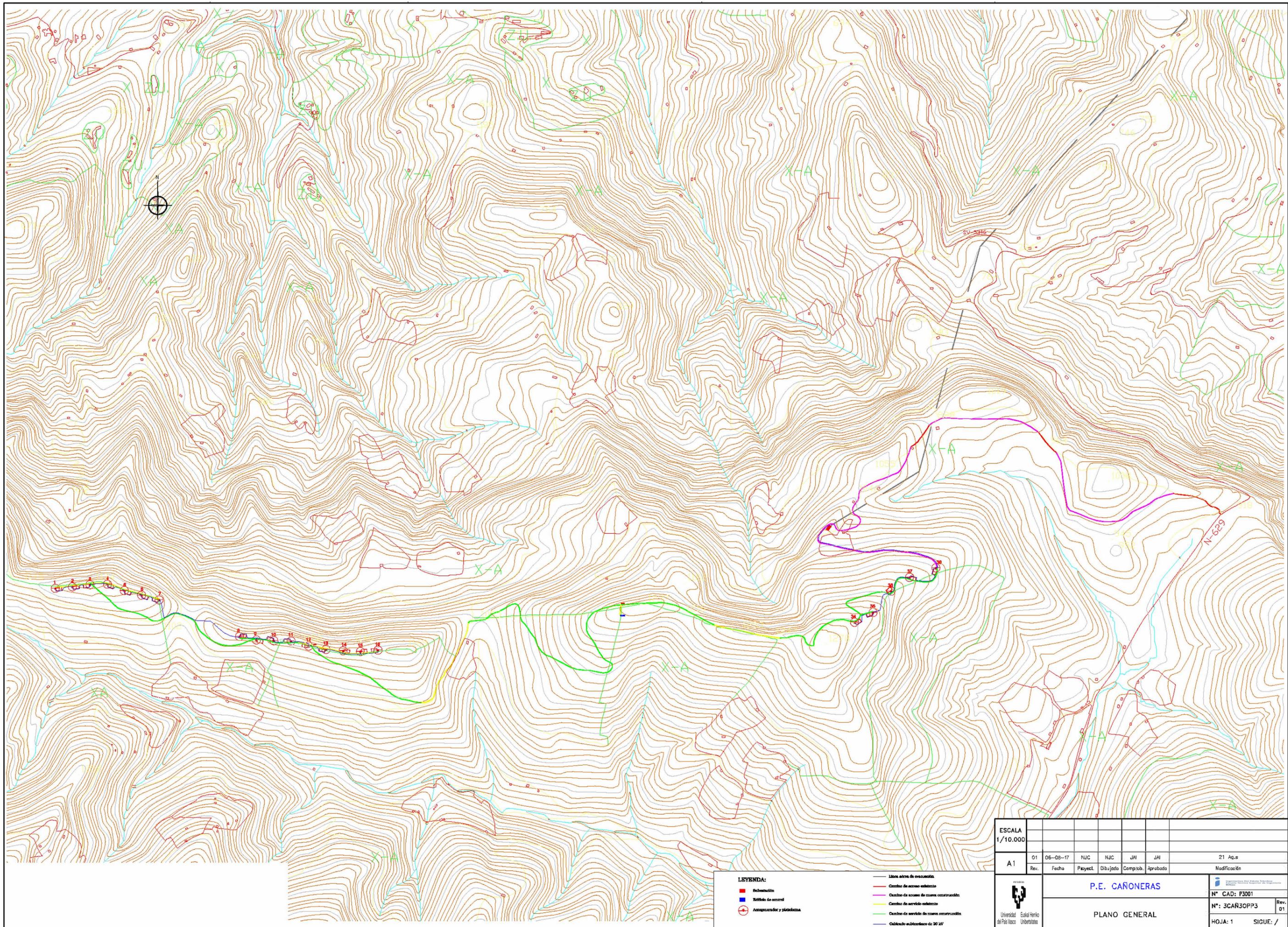
Fecha: *Septiembre, 2017*

Director: *López Eguía, Pablo*

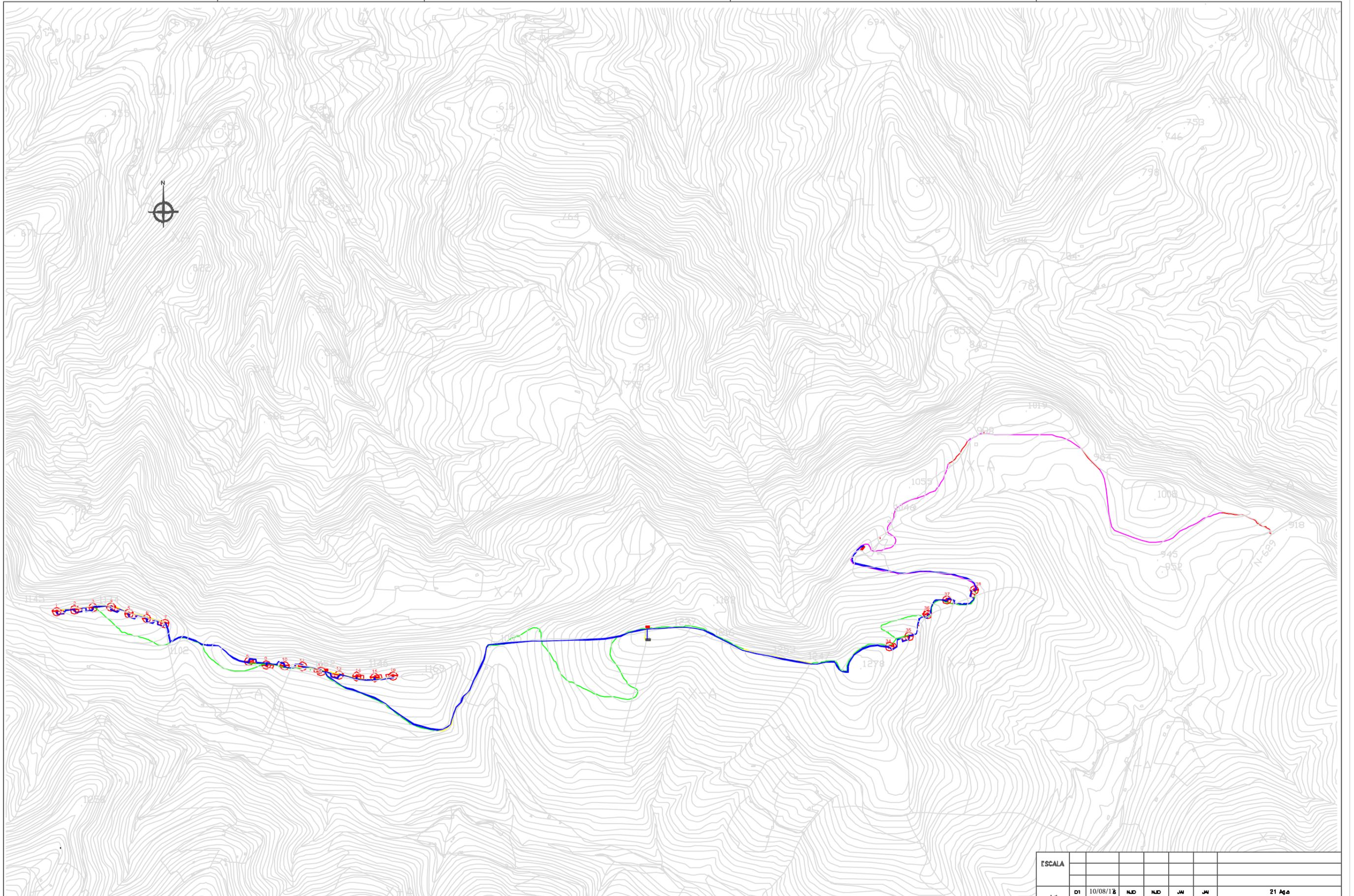
Curso académico: *2016-2017*

ÍNDICE DE PLANOS

1. Distribución de aerogeneradores.
2. Distribución de aerogeneradores 2.
3. Esquema de conexión de los aerogeneradores.
4. Esquema unifilar de la conexión de los aerogeneradores.
5. Equipos subestación "Cañoneras" 1.
6. Equipos subestación "Cañoneras" 2.
7. Esquemas unifilar de la subestación "Cañoneras".
8. Edificio S.S.A.A. del parque.
9. Edificio S.S.A.A. del parque 2.



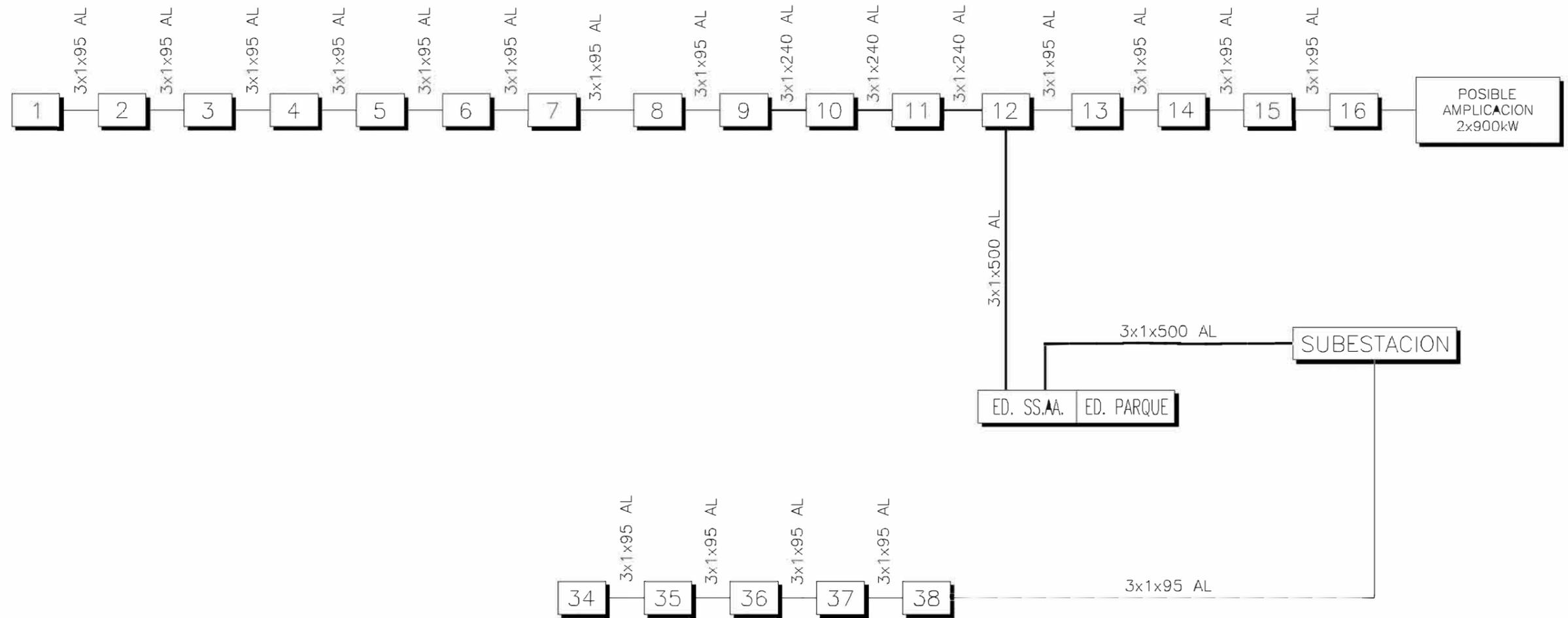
- LEYENDA:**
- Reurbanización
 - Red de saneamiento
 - ⊕ Acoplamientos y pletinas
 - Línea aérea de evacuación
 - Camino de acceso existente
 - Camino de acceso de nueva construcción
 - Camino de servicio existente
 - Camino de servicio de nueva construcción
 - Cables de subestación de 20 kV



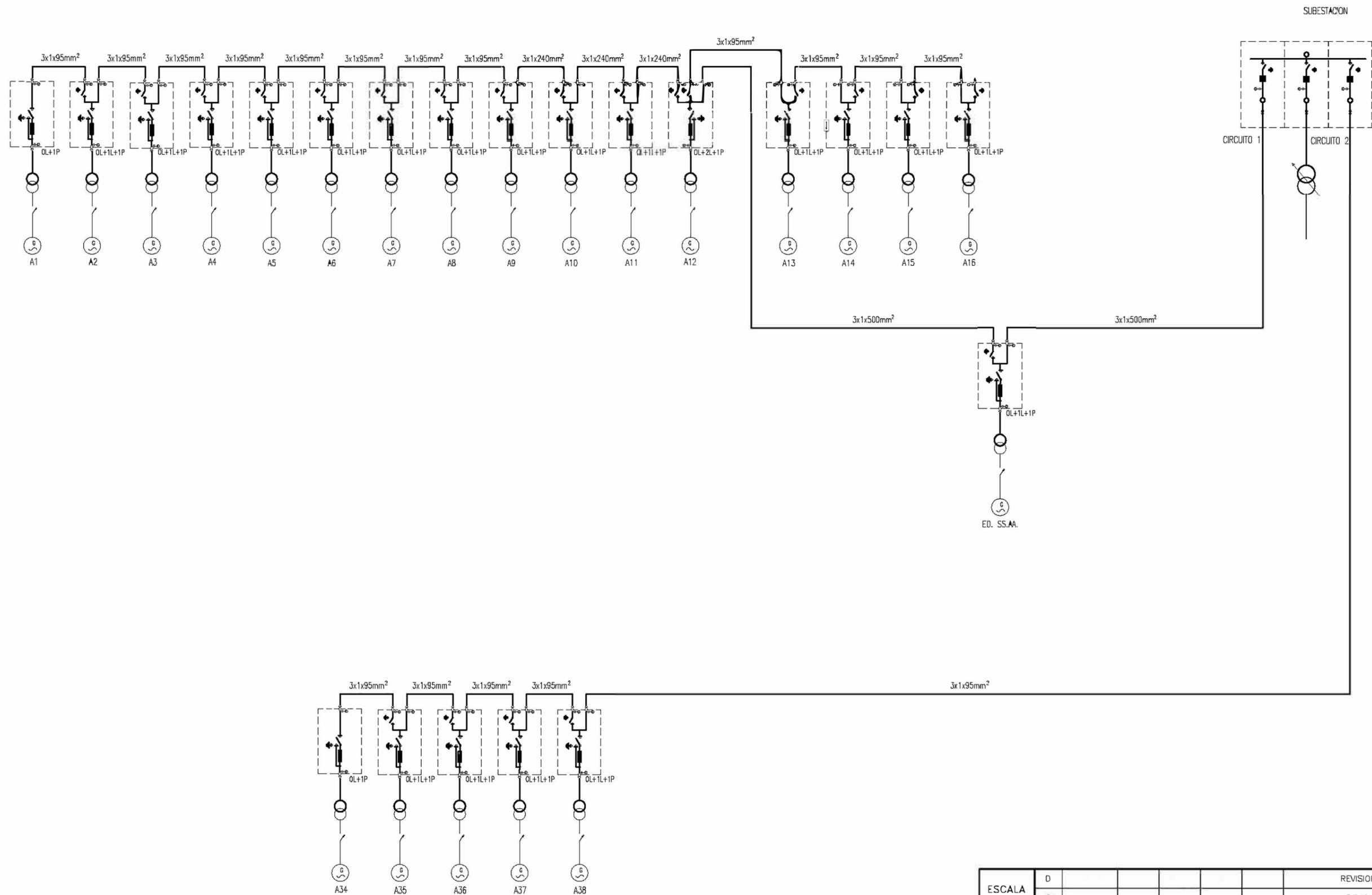
LEYENDA

- SUBESTACIÓN
- EDIFICIO DE CONTROL
- ⊕ AEROGENERADOR
- CABLEADO DE M.T.

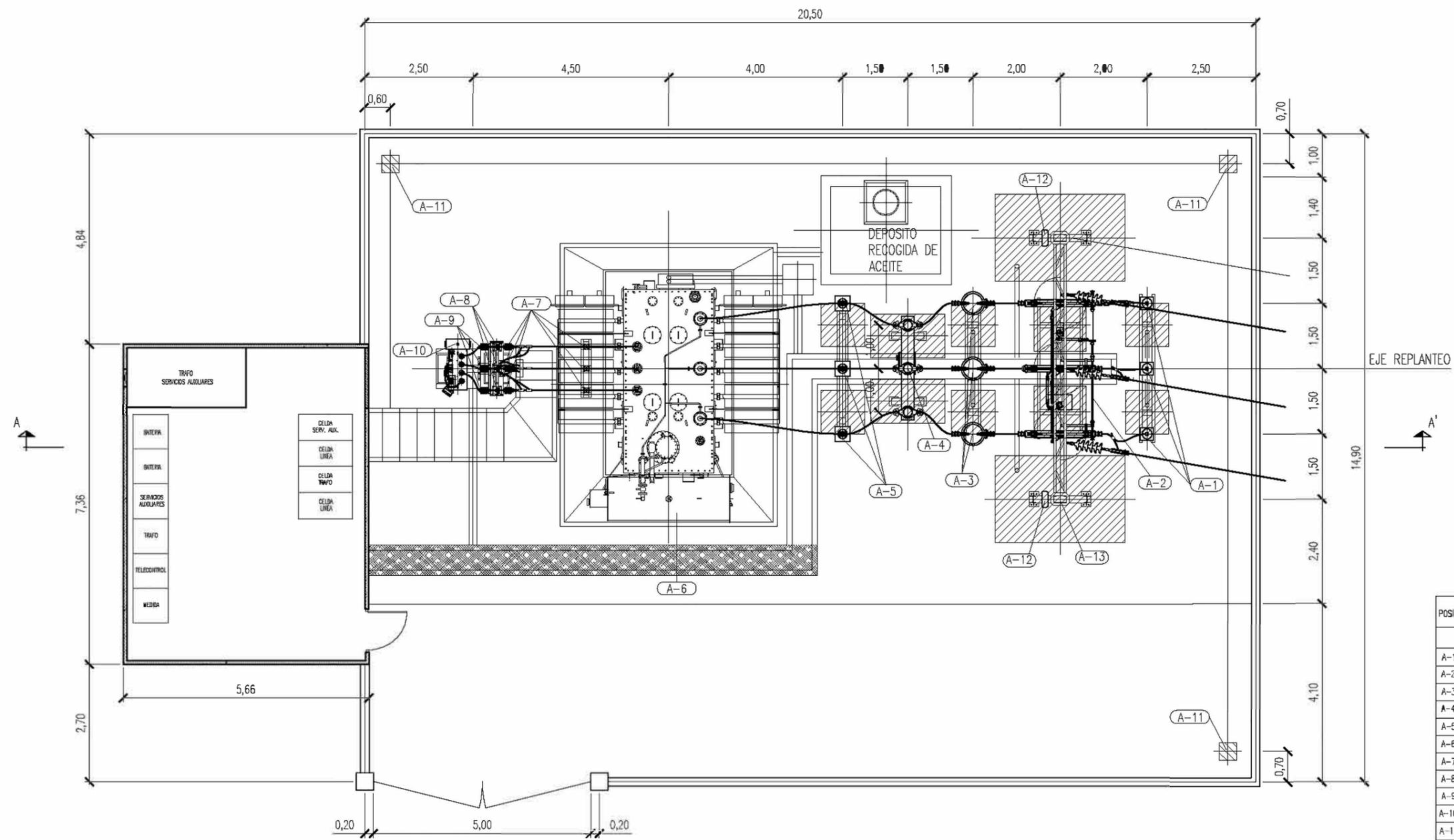
ESCALA							
A1	D1	10/08/18	NLD	NLD	JAI	JAI	21 Ago
	Rev.	Fecha	Project.	Dibujado	Compr.	Aprobado	Medición
P.E. CAÑONERAS							<small>Ingeniería Civil - Examen Técnico Bachiller - Ministerio de Educación</small>
PLANO ZANJAS							M ^o CAD: F3001
							N ^o : 3CAR30PP3
<small>Universidad del País Vasco - Euzko Herriko Unibertsitatea</small>							Folios: 01
							HOJA: 1 SIGUIE: /



D						REVISION OFERTA UTE	A3	 Universidad Euskal Herriko Unibertsitatea	PARQUE EOLICO CAÑONERAS	N° CAD: 04001-14RMT0-RD01	
C					REVISION OFERTA II	ESCALA N.A.				RED DE MEDIA TENSION DISPOSICION DE TORRES	N°: 1CAÑ4RMT0
B							REVISION OFERTA				
A	12-08-17					EDICION ORIGINAL					
Rev.	Fecha	Proyect.	Dibujado	Comprob.	Aprobado	Modificación				HOJA: 1	SIGUE: -

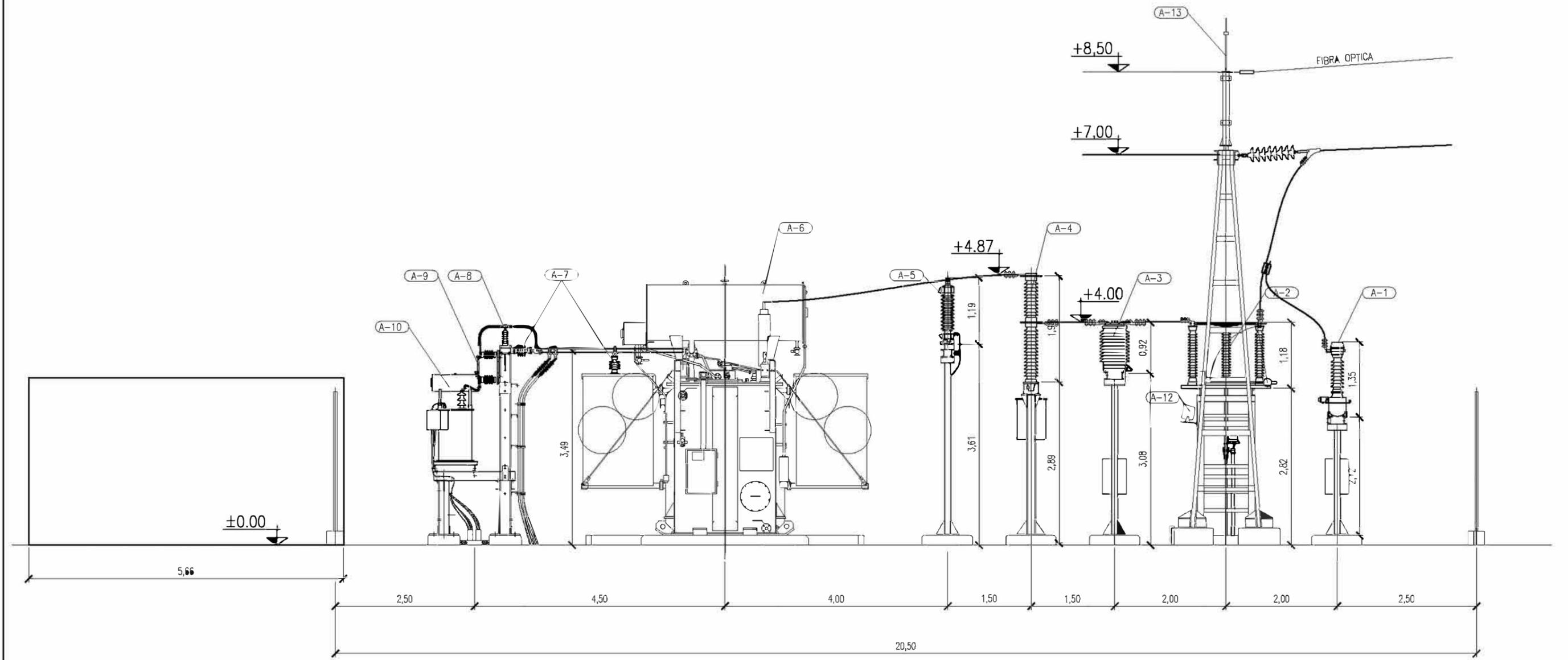


ESCALA N.A.	D					REVISION OFERTA UTE	
	C					REVISION OFERTA II	
	B	-				REVISION OFERTA	
A2	A	12-08				EDICION ORIGINAL	
	Rev.	Fecha	Proyect.	Dibujado	Comprob.	Aprobado	Modificación
 Universidad Euskal Herriko del País Vasco Unibertsitatea	PARQUE EOLICO CAÑONERAS						
	UNIFILAR CIRCUITOS AEROS					Nº: 1CAÑ4CIX0	Rev. D
						HOJA: 1	SIGUE: -



POSIC.	CANT.	DENOMINACION
APARELLAJE		
A-1	3	TRAFOS DE TENSION
A-2	1	SECCIONADOR TRIPOLAR CON P.o.I.
A-3	3	TRAFOS DE INTENSIDAD
A-4	1	INTERRUPTOR TRIPOLAR
A-5	3	AUTOVALVULA 55kV
A-6	1	TRAFOS DE POTENCIA 30/35 MVA
A-7	3	ASLADOR 20kV
A-8	3	AUTOVALVULA 20kV
A-9	3	SECCIONADOR 20kV
A-10	1	REACTANCIA 100kVA
A-11	3	BACULO ALUMBRADO
A-12	2	PROYECTOR ALUMBRADO
A-13	1	PARARRAYOS ELECTRONICO CON DISPOSITIVO DE CEBADO

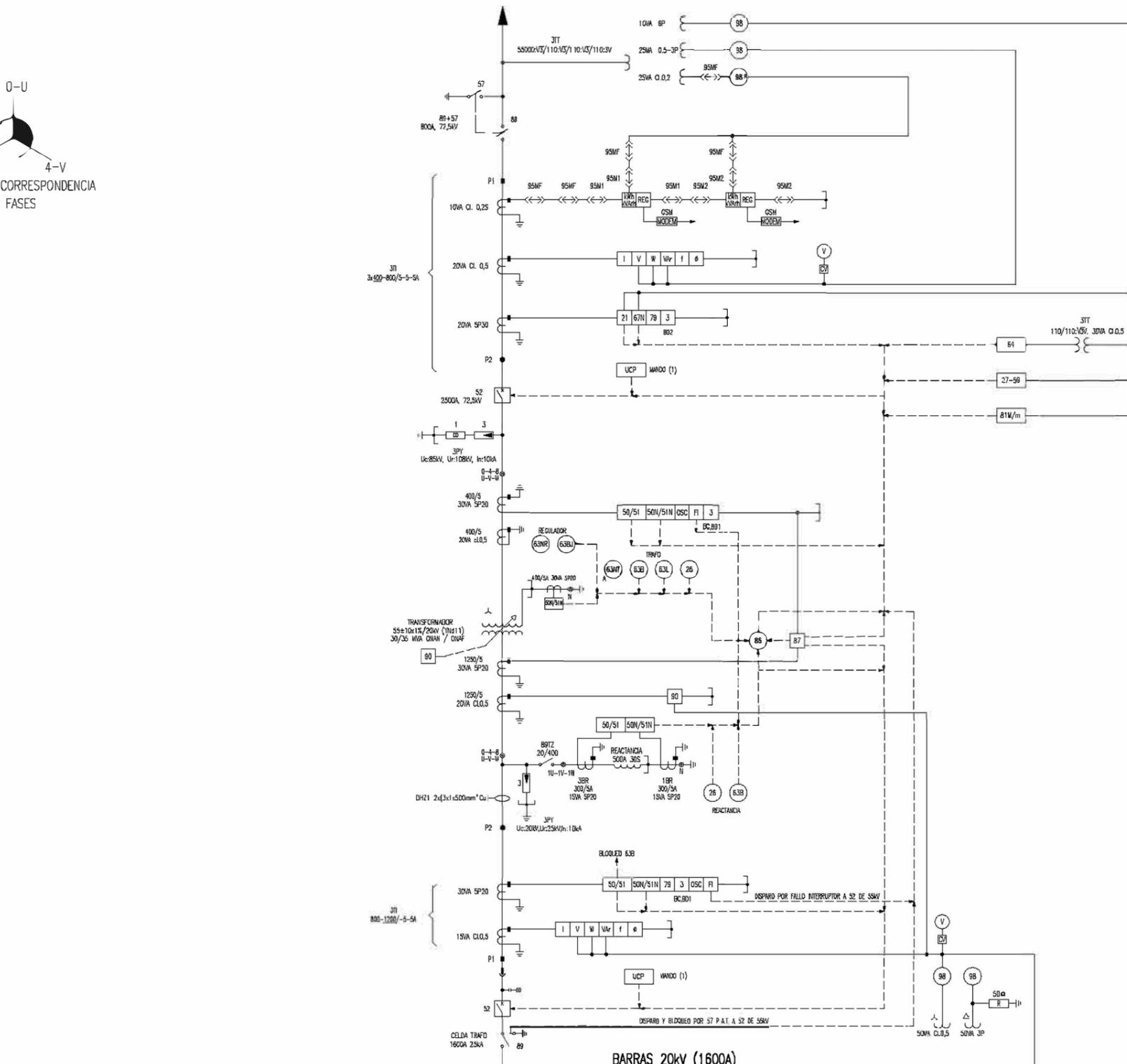
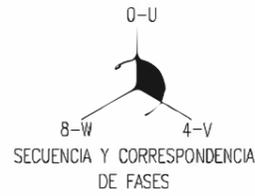
ESCALA 1/75	C						REVISION OFERTA II
	B						REVISION OFERTA
A2	A	14-08-17					EDICION ORIGINAL
	Rev.	Fecha	Proyect.	Dibujado	Comprob.	Aprobado	Modificación
PARQUE EOLICO CAÑONERAS							N° CAD: 04001-14SEX0-RC00
SITUACION EQUIPOS PLANTA GENERAL							N°: 1CAÑ4SEX0 Rev. C
							HOJA: 1 SJBUE: 2



SECCION A-A'

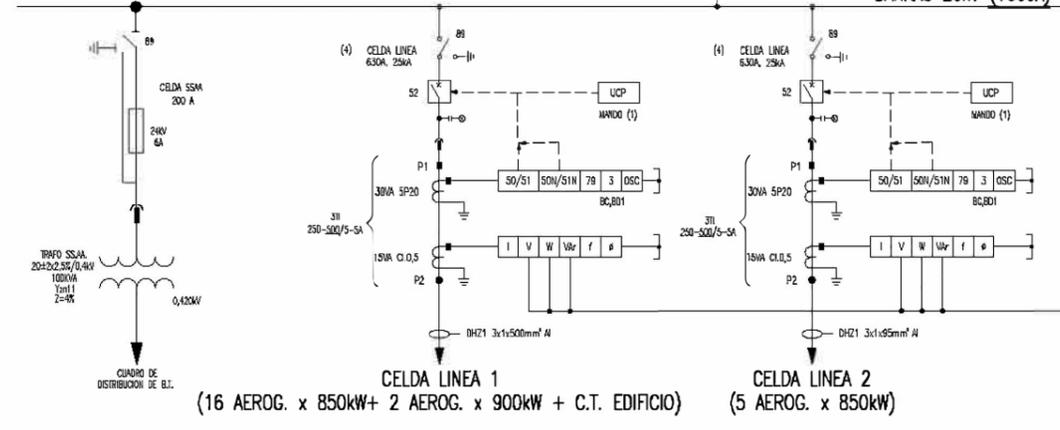
ESCALA 1/75							
	B						REVISION OFERTA
A2	A	15-08-17					EDICION ORIGINAL
	Rev.	Fecha	Proyect.	Dibujado	Comprob.	Aprobado	Modificación
 Universidad Euskal Herriko del País Vasco	PARQUE EOLICO CAÑONERAS						N° CAD: 04001-14SEX0-R800
	SITUACION EQUIPOS ALZADO						N°: 1CAÑ4SEX0 Rev. B
							HOJA: 2 SIGUE: -

LINEA 55kV A S.E.T. RAMALES DE LA VICTORIA

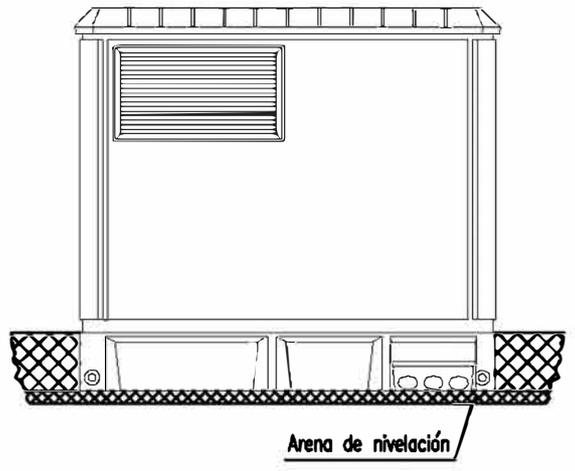
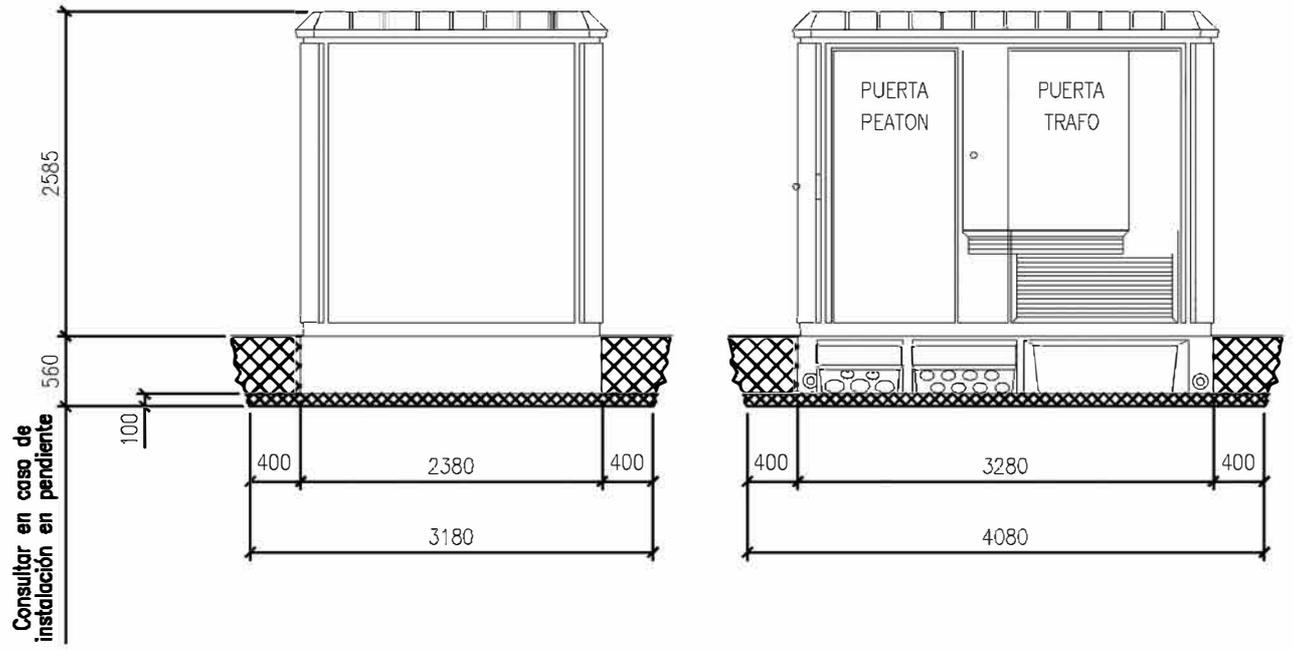


- COMPONENTES:
- 3 RELE DE COMPROBACION O BLOQUEO
 - 52 INTERRUPTOR
 - 21 RELE DE DISTANCIA
 - 26 ELEMENTO TERMICO
 - 27 RELE DE MINIMA TENSION
 - 50 SOBRETENSION INSTANTANEO C.A.
 - 50N SOBRETENSION INSTANTANEO PROTECCION NEUTRO
 - 51 SOBRETENSION TIEMPO INVERSO C.A.
 - 51N SOBRETENSION TIEMPO INVERSO PROTECCION NEUTRO
 - 59 RELE DE MAXIMA TENSION
 - 63 RELE BUCHHOLZ
 - 79 RELE DE REENGANCHE
 - 81 RELE DE MAXIMA Y MINIMA FRECUENCIA
 - 87 PROTECCION DIFERENCIAL
 - 89 SECCIONADOR
 - 90 REGULACION DEL TRAFIO
 - 98 INTERRUPTOR AUTOMATICO MAGNETOTERMICO
 - A AMPERMETRO
 - V VOLTIMETRO

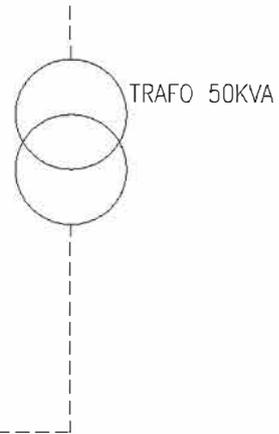
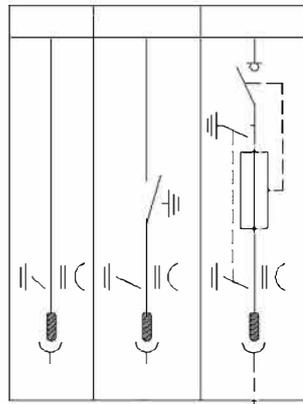
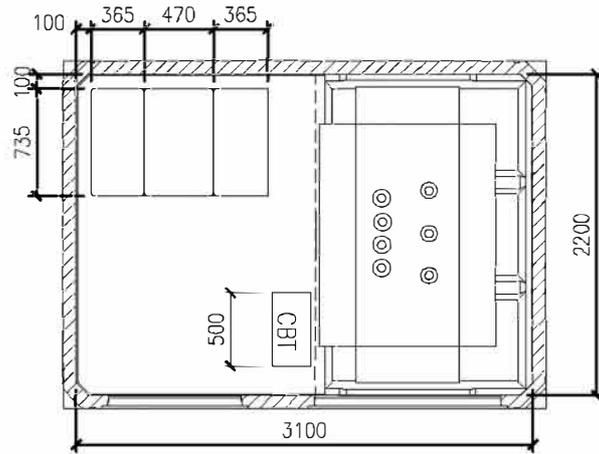
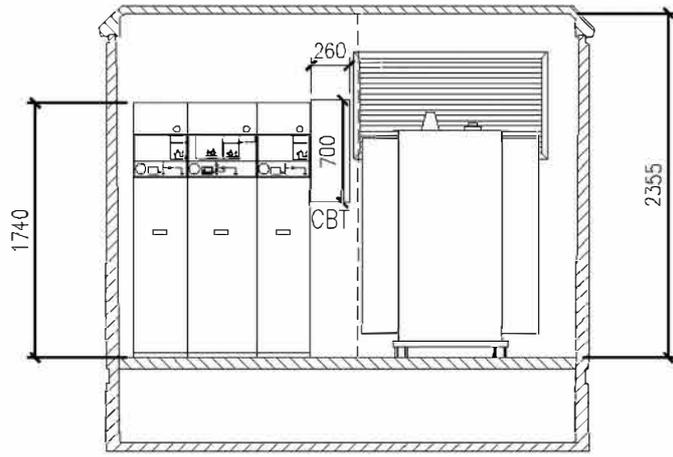
- NOTAS
- (1) MANDO Y MEDIDA LOCAL REALIZADO A TRAVES DE UCP (Ud. DE CONTROL DE POSICION);
 - = EN CELDAS DE 20kV 7IRD-A2N-202A42KA DE ZIV.
 - = EN POSICION TRANSFORMADOR 55kV 6MCD-K78-212B74KA DE ZIV.
 - AMBAS CUELGAN DE UNA UCS (Ud. DE CONTROL DE SUBESTACION), 1CPX-A03-2110C0WA DE ZIV.
 - (2) DOS CELDAS DE LINEA 20kV IGUALES.
 - (3) LA TENSION DE BATERIAS ES DE 48 Y 125+10%-15% V.c.c.
 - (4) LA TENSION DE SERVICIOS AUXILIARES ES DE 380/220V.c.c.



ESCALA N.A.	D					REVISION OFERTA UTE
	C					REVISION OFERTA II
	B					REVISION OFERTA
A2	A	14-08-17				EDICION ORIGINAL
	Rev.	Fecha	Proyect.	Dibujado	Comprob.	Aprobado
 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea	PARQUE EOLICO CAÑONERAS 55kV					N° CAD: 0400I-14UNX0-RD00
	UNIFILAR GENERAL 55 / 20kV					N°: 1CAÑ4UNX0
	HOJA: 1 SIGUE: --					Rev. D



A4							
ESCALA 1/60	B						REVISION OFERTA
	A	16-08-17					EDICION ORIGINAL
	Rev.	Fecha	Proyect.	Dibujado	Comprob.	Aprobado	Modificación
 Universidad Euskal Herriko del País Vasco Unibertsitatea	PARQUE EOLICO CAÑONERAS						
	EDIFICIO SS.AA. DEL PARQUE (1 DE 2)					N° CAD: 04001-14EDX0-RB00	
						N°: 1CAÑ4EDX0	
					Rev. B		
					HOJA: 1 SIGUE: 2		



A4								
ESCALA 1/50							REVISION OFERTA	
	▲	16=08-17					EDICION ORIGINAL	
	Rev.	Fecha	Proyect.	Dibujado	Comprob.	Aprobado	Modificación	
 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea	PARQUE EOLICO CAÑONERAS							Nº CAD: 0400I-14EDX0-RB00
	EDIFICIO SS.AA. DEL PARQUE (HOJA 2 DE 2)							Nº: 1CAÑ4EDX0
								Rev. B
							HOJA: 2 SIGUE: -	

ANEXO 03
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1. MEMORIA	3
1.1 Memoria informativa	3
1.2 Memoria descriptiva	4
1.3 Análisis de riesgos y su prevención	7
1.4 Maquinaria y medios auxiliares	57
1.5 Medios auxiliares	74
1.6 Instalaciones de higiene y bienestar	81
1.7 Medicina preventiva y asistencial	81
2. PLIEGO DE CONDICIONES	83
2.1 Legislación aplicable a la obra	83
2.2 Consideraciones de los equipos de protección colectiva	85
2.3 Consideraciones de los equipos de protección individual	85
2.4 Señalización de la obra	86
2.5 Condiciones de seguridad de los medios auxiliares, maquinas y equipos	86
2.6 Formación e información a los trabajadores	87
2.7 Acciones a seguir en caso de accidente laboral	88
2.8 Comunicaciones inmediatas en caso de accidente	89
2.9 Seguridad en la obra	89
2.10 Plan de seguridad y salud	90
2.11 Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud	90
2.12 Coordinador de seguridad y salud	91
2.13 Libro de incidencias	92
2.14 Seguro de responsabilidad civil y patronal	92
2.15 Subcontratación	93
3. PLANOS DE SEGURIDAD	94
4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO	111
4.1 Mediciones	111

1. MEMORIA

1.1 Memoria informativa

1.1.1 Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre, y a sus modificaciones incluidas en el Real Decreto 604/2006, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

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

1.1.2 Datos del proyecto y del estudio de seguridad y salud

Denominación del Proyecto: **PARQUE EÓLICO CAÑONERAS**

El presente Estudio de Seguridad y Salud está dirigido, dentro del proyecto del parque eólico, tanto a la obra civil del proceso de construcción del parque como al montaje de aerogeneradores del mismo.

1.2 Memoria descriptiva

1.2.1 Descripción técnica del proyecto

Se trata de la construcción de un parque eólico de 17,85 MW de potencia total dotado de 21 aerogeneradores de 850 kW. de potencia unitaria.

Las alineaciones de aerogeneradores del parque tienen una configuración aproximada este-oeste con cotas en el entorno de los 1.154 y 1276 metros sobre el nivel del mar.

El área de implantación del parque Eólico está situada en el término municipal de Soba, en Cantabria.

Los núcleos de población más cercanos al emplazamiento son: Espinosa de los Monteros y Soba.

El conjunto del parque comprende aerogeneradores, red de accesos e infraestructuras de media tensión asociadas.

El parque estará compuesto por aerogeneradores G-52/850 dispuestos básicamente en una alineación.

1.2.2 Emplazamiento

El Parque Eólico Cañoneras Fase II estará formado por 21 aerogeneradores ubicados en el término municipal de Soba. El acceso al parque no afectará a otro término municipal que no sea el ya citado.

1.2.3 Climatología y condiciones ambientales

La región está afectada por un clima oceánico húmedo, con veranos e inviernos suaves.

La totalidad de los trabajos se desarrollará a intemperie y con unas condiciones medioambientales variables en función de la época que se desarrollen los trabajos.

1.2.4 Accesos

Se procurará en lo posible que los accesos a la obra se realicen por medio de caminos existentes. Para aquellas zonas de trabajo que por su ubicación no dispongan de caminos, se construirán pistas de acceso con dimensionamiento y pendiente adecuada que permita acceder con vehículo todo-terreno.

1.2.5 Vigilancia de seguridad, control de ejecución, visitas y tránsito general en zonas de obra.

Conjunto de trabajos destinados a la vigilancia de seguridad física y las comprobaciones e indicaciones oportunas para la buena marcha de las obras, de acuerdo con el proyecto ejecutivo y el buen oficio de la construcción. Se incluyen en este apartado las visitas de obra que puedan realizar otras personas, sin funciones operativas, por otros motivos.

Riesgos de la actividad

- Caída desde altura
- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbe
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes y cortes contra objetos inmóviles
- Golpes y cortes por objetos móviles
- Golpes y cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por o entre objetos
- Temperaturas ambientales extremas
- Contacto eléctrico directo
- Contacto eléctrico indirecto
- Accidente por sustancias nocivas o tóxicas
- Accidente causado por seres vivos
- Accidente durante el desplazamiento como peatón o pasajero

Medidas correctoras y consignas preventivas

- Se informará a todos aquellos visitantes de obra, que no formen parte de los profesionales con funciones productivas en obra, de la obligación de respetar las normas de seguridad en obra, y especialmente, la utilización de elementos de protección individual.
- Los visitantes de obra, que no formen parte de los profesionales con funciones productivas en obra, sólo podrán acceder a las zonas en que lo autoricen la dirección facultativa, la dirección de seguridad y la jefatura de la obra, y utilizando los accesos a dichas áreas que las mismas autoridades de obra indiquen. Asimismo, dichas personas deberán ser acompañadas por el encargado o jefe de obra, o persona por ellos

delegada, durante su permanencia en la misma. En todos los casos, es aconsejable que el encargado o jefe de obra preceda los recorridos que el resto de personas realizan por la obra, pues son ellos quienes mejor conocen los riesgos y las precauciones a tomar, que pueden variar de un día a otro.

- Se respetarán las normas de velocidad establecidas en los caminos del Parque Eólico.
- Los vigilantes de seguridad tendrán especial cuidado cuando realicen las rondas de vigilancia establecidas, respetarán las normas de circulación establecidas, se informarán de los nuevos riesgos ocasionados por el día a día de la obra y respetarán las zonas que no estén autorizadas.
- No se permitirá el acceso a la obra de los vehículos particulares, excepto autorización expresa de la dirección facultativa, la dirección de seguridad y la jefatura de obra.
- No se accederá a zonas que presenten riesgo de caída superior a 2 metros si no se encuentran perfectamente protegidos mediante el uso de protecciones colectivas (vallas perimetrales a 1,5 m de separación, barandillas de seguridad con resistencia mínima de 150 kg por metro lineal con pasamanos a 90 cm, listón intermedio y rodapiés). Si no es posible la colocación de protecciones colectivas, se usará arnés de seguridad o elementos de protección individual. Si la caída es inferior a 2 metros, dicho punto quedará señalizado.
- Mantener el orden y limpieza de las áreas de trabajo.
- Evitar circular por zonas de almacenamiento de material.
- No invadir las zonas señalizadas con riesgo de caída de objetos. No transitar bajo el radio de acción de maquinaria de elevación de cargas. No entrar en el radio de acción de máquinas: mantener la distancia de seguridad a maniobras de máquinas.
- Utilizar ropa de trabajo adecuada que evite una evaporación elevada que puede acabar en un golpe de calor. Protegerse a su vez de las radiaciones solares. En zonas cerradas se controlará la ventilación y se dispondrá en la obra de agua para que los trabajadores puedan hidratarse. En condiciones extremas de calor se establecerán horarios de trabajo especiales que aprovechen los horarios de menor radiación solar. Se dotará a los trabajadores de prendas adecuadas para el calor y el frío.
- Preservar el cableado eléctrico de deficiencias como picaduras, empalmes con cinta aislante y regletas.

Equipos de Protección Individual

- Uso obligatorio de casco, botas de seguridad y chaleco reflectante.

1.2.6 Interferencias y servicios afectados

Cuando en una misma obra desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos

laborales. A tal fin, establecerán los medios de coordinación que sean necesarios en cuanto a la protección y prevención de riesgos laborales y la información sobre los mismos a sus respectivos trabajadores, según los términos previstos en los artículos 18 y 24 de la Ley de Prevención de Riesgos, este último referente a Coordinación de actividades empresariales.

Antes de iniciar los trabajos, el contratista encargado de los mismos, deberá informarse de la existencia o situación de las diversas canalizaciones de servicios existentes, tales como electricidad, agua, gas, etc... y su zona de influencia.

Caso de encontrarse con ellas, se deberán señalar convenientemente, se protegerán con medios adecuados y, si fuese necesario, se deberá entrar en contacto con el responsable del servicio que afecte al área de los trabajos para decidir de común acuerdo las medidas preventivas a adoptar, o en caso extremo, solicitar la suspensión temporal del suministro del elemento en cuestión.

1.2.7 Suministro de energía eléctrica

En caso de no existir punto de enganche facilitado por la Propiedad, por las circunstancias que fuesen, el contratista preverá el suministro por medios propios.

1.2.8 Suministro de agua potable

En caso de que el suministro no pueda realizarse o no existiese, se dispondrán de los medios necesarios para abastecerse antes del comienzo de la obra.

1.3 Análisis de riesgos y su prevención

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

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

El proceso constructivo a seguir para desarrollo de los trabajos, es el siguiente:

- Desbroce de terreno y poda de arbolado
- Movimiento de tierras
- Extendido de materiales
- Rellenos y compactación
- Excavaciones
- Cimentaciones

- Montaje de elementos prefabricados

1.3.1 Obra civil

1.3.1.1 DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO

Operación consistente en la retirada de la primera capa de tierra vegetal, así como el talado de árboles y su retirada.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Pisadas sobre objetos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Exposición al ruido
- Golpes por objetos o herramientas
- Atrapamientos por vuelcos de maquinaria
- Sobreesfuerzos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Proyección de fragmentos o partículas
- Accidentes causados por seres vivos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- El personal interviniente conocerá y observará las normas específicas para este tipo de trabajo, usando calzado adecuado (bota de agua) con piso no desgastado.
- Se reconocerá el terreno y reflejarán sus incidencias, poniendo atención a materiales abandonados.
- Se prohibirá la permanencia del personal en las proximidades de la maquinaria durante su trabajo.
- Toda máquina o vehículo estará dotada de pörtico-antivuelco.

- Los obstáculos enterrados, tales como líneas eléctricas y conducciones peligrosas, deben estar perfectamente señalizados en toda la longitud afectada.
- Se rastrillará periódicamente con la pala el barro que se vaya acumulando.
- El material de origen vegetal se irá depositando en montones, de forma que se facilite su posterior carga.
- Se definirán vías para el paso de vehículos en la retirada del material.
- La existencia de pequeños taludes debe ser señalizada tanto para la identificación por parte de los conductores de vehículos como por peatones.
- Todas las maderas que puedan estar abandonadas o ser procedentes de operaciones anteriores, deberán ser eliminadas, bien retirándolas o quemándolas.
- Antes de entrar personal en la obra, se aconseja que la maquinaria pesada efectúe algunas pasadas, o se emitan algunos ruidos, con el fin de ahuyentar a animales salvajes en la zona.
- Si hay que talar árboles se pondrá especial atención a su caída natural, procediendo siempre a efectuar la correspondiente entalladura.
- En la operación de desramado del árbol, una vez derribado, se considerarán los posibles giros del tronco, así como los latigazos por ramas que hayan quedado en una posición forzada.
- La motosierra será utilizada sólo y exclusivamente por trabajadores autorizados y formados al respecto.
- Se mantendrá la cadena de la motosierra perfectamente afilada y tensada.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada de acero
- Botas de agua de seguridad con puntera reforzada de acero
- Arnés de seguridad

- Ropa de protección para el mal tiempo

1.3.1.2 Movimiento de tierras/ Rellenos y compactación

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Atrapamientos por vuelco de maquinaria
- Sobreesfuerzos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Proyección de fragmentos o partículas
- Exposición a ambientes pulvígenos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todo el personal que maneje los camiones, dumper, etc., será especialista en el manejo de estos vehículos, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.
- Todos los vehículos serán revisados periódicamente, en especial en los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejadas las revisiones en el libro de mantenimiento.
- Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible.
- Todos los vehículos empleados para las operaciones de relleno serán dotados de bocina automática de marcha atrás.

- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar polvaredas. (Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles o carreteras).
- Se evitará la acumulación de materiales u otros objetos pesados junto al borde las zanjas, y en caso inevitable, se tomarán las precauciones que impidan el derrumbamiento de las paredes.
- Se cumplirá la prohibición de presencia de personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Todas las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por el encargado.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma a tierra en las que se instalarán proyectores a intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- En las labores en las que el maquinista necesite ayuda, ésta será prestada por otro operario. Este último irá protegido contra los ambientes pulvígenos por medio de una mascarilla para la protección de las vías respiratorias, con posibilidad de disponer inmediatamente de más en caso de que se le ensucie, y con gafas contra partículas en suspensión, que además sirvan contra impactos.
- Si los rellenos tuvieran que terminarse manualmente, los operarios, además contarán con cinturones de banda ancha de cuero que les protejan las vértebras dorsolumbares de los movimientos repetitivos o excesivamente pesados.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada de acero
- Botas de agua de seguridad con puntera reforzada de acero
- Cinturón de seguridad de sujeción, cuerdas o cables salvavidas con puntos de amarre establecidos previamente
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.3.1.3 EXCAVACIÓN DE ZANJAS

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Atrapamientos por vuelcos de maquinaria
- Sobreesfuerzos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Proyección de fragmentos o partículas
- Choque contra objetos inmóviles

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- En esta clase de trabajos se establecerán las fortificaciones y revestimientos para contención de tierras que sean necesarios, a fin de obtener la mayor seguridad para los trabajadores.
- Quedarán prohibidos los acopios de tierras y materiales a una distancia inferior a los dos metros del borde de la zanja.
- Se evitará la acumulación de materiales u otros objetos pesados junto al borde de las zanjas, y en caso inevitable, se tomarán las precauciones que impidan el derrumbamiento de las paredes y la caída al fondo de dichos materiales u objetos.
- Se cumplirá la prohibición de presencia de personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Se revisará el estado de cortes o taludes a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes por proximidad de caminos transitados por vehículos y en

especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.

- Los trabajos a realizar en los bordes de las zanjas con taludes no muy estables se ejecutarán sujetos con el cinturón de seguridad amarrado a puntos fuertes ubicados en el interior de las zanjas.
- Se efectuará un achique inmediato de las aguas que afloran en el interior de las zanjas para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.
- Cuando la profundidad de la zanja sea igual o mayor a 1,5 metros se entibará.
- Se tenderá sobre la superficie de los taludes un aglutinado de consolidación temporal de seguridad para protección de los trabajos a realizar en el interior de la zanja.
- Las bocas de los pozos o zanjas de inclinación peligrosa deberán ser convenientemente protegidas en lo que las exigencias de trabajo lo permitan, mediante sólidas barandillas de 0,90 metros de altura y una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Cuando la profundidad de la zanja sea igual o superior a los dos metros se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria situada a una distancia mínima de 2 metros del borde.
- Se dispondrán de pasarelas de madera de 60 centímetros de anchura, bordeados con barandillas sólidas de 90 centímetros de altura y una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Se señalizará el recinto de obra mediante vallas tipo ayuntamiento, ubicadas a 2 metros del borde superior de la zanja o de las cintas de balizamiento.
- Antes de entrar en pozos o galerías en que por circunstancias especiales sea de temer la existencia de un ambiente peligroso o tóxico se harán las pruebas necesarias para conocer el estado de la atmósfera. Los trabajadores no podrán penetrar hasta después de haber tomado las precauciones oportunas para impedir en absoluto cualquier accidente por intoxicación o asfixia.
- Se dispondrá de una buena ventilación, natural o forzada, en pozos o galerías subterráneas, manteniendo el ambiente en el necesario estado de pureza.
- Cuando se empleen medios mecánicos para subida y descenso de los trabajadores se adoptarán todas las medidas de seguridad correspondientes.
- Las escaleras destinadas a este objeto serán preferentemente metálicas, de resistencia adecuada y permitirán que en su utilización los trabajadores puedan asirse a ellas fácilmente con las manos. Podrán ser verticales, disponiendo en este caso de descansillos sólidos cada cinco metros, por lo menos. La escalera sobrepasará en 1 metro al menos, el borde de la zanja.

- Las escaleras estarán provistas de mecanismo antideslizante en su pie y ganchos de sujeción en su parte superior.
- Queda prohibido servirse del propio entramado o entibado para el descenso o ascenso de los trabajadores.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma a tierra en las que se instalarán proyectores a intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, la iluminación se realizará mediante lámparas a 24 voltios. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora y de carcasa y mango aislados eléctricamente.
- Deberán tomarse las precauciones adecuadas para permitir que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de que en el interior de las zanjas o túneles se produzcan incendios, caídas de materiales o irrupción de aguas.
- Cuando en los trabajos subterráneos se emplee alumbrado eléctrico, se dispondrá de otro complementario de seguridad que permita la evacuación del personal en caso de falta de corriente.
- En presencia de conducciones o servicios subterráneos imprevistos se paralizarán de inmediato los trabajos, dando aviso urgente a la dirección de la obra. Las tareas se reanudarán tras ser estudiado el problema por la dirección y siguiendo sus instrucciones expresas.
- Los pozos de cimentación y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar caída de personal a su interior.
- Por la noche las excavaciones se balizarán con cinta reflectante y señales indicativas de riesgos de caídas.
- En el revestimiento de zanjas, pozos, galerías, etc., con obra de fábrica u hormigón, las entibaciones se quitarán metódicamente a medida que los trabajos de revestimiento avancen y solamente en la medida en que no pueda perjudicar a la seguridad del personal.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos

- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada de acero
- Botas de agua de seguridad con puntera reforzada de acero
- Cinturón de seguridad de sujeción, cuerdas o cables salvavidas con puntos de amarre establecidos previamente
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.3.1.4 CIMENTACIONES

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos
- Exposición a sustancias nocivas (dermatosis, por contacto de la piel con el cemento, neuroconiosis, por la aspiración del polvo del cemento)
- Exposición al ruido

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Antes del inicio de los trabajos se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

- Se deberá revisar el estado de las zanjas a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes por proximidad de caminos transitados por vehículos y en especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.
- Las bocas de los pozos o zanjas de inclinación peligrosa deberán ser convenientemente protegidas en lo que las exigencias de trabajo lo permitan, mediante sólidas barandillas de 0,90 metros de altura y una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Cuando la profundidad de la zanja sea igual o superior a los dos metros, se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria situada a una distancia mínima de 2 metros del borde.
- Se dispondrán pasarelas de madera de 60 centímetros de anchura, bordeados con barandillas sólidas de 90 centímetros de altura y una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Mientras se está realizando el vertido del hormigón, se vigilarán los encofrados y se reforzarán los puntos débiles. En caso de fallo, lo más recomendable es para el vertido y no reanudarlos antes de que el comportamiento del encofrado sea el requerido.
- Las zonas de trabajo dispondrán de acceso fácil y seguro, y se mantendrán en todo momento, limpias y ordenadas, tomándose las medidas necesarias para que el piso no esté o no resulte peligroso.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma de tierra en las que se instalarán proyectores de intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, ésta se realizará mediante lámparas a 24 voltios. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora y de carcasa y mango aislados eléctricamente.
- Los pozos de cimentación y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar la caída de personal a su interior.
- Por la noche, las excavaciones se balizarán con cinta reflectante y señales indicativas de riesgos de caídas.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de cimentación no superior a los 4 metros.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar su caída a otro nivel.
- Si existe riesgo de caída de objetos o materiales a otro nivel inferior, éste se acotará para impedir el paso. Si el peligro de caída fuese sobre la zona de trabajo, ésta se protegerá con una red o similares.

- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán sus correspondientes protecciones a tierra e interruptores diferenciales, manteniendo en buen estado todas las conexiones y cables.
- Las conexiones eléctricas se efectuarán mediante mecanismos estancos de intemperie.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigoneras durante el retroceso.
- Se instalará un cable de seguridad amarrado a puntos sólidos en el que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad en los tajos de riesgo de caída en altura.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma
- Cinturón de seguridad de sujeción, cuerdas o cables salvavidas con puntos de amarre
- Protecciones auditivas para el personal cuya exposición al ruido supere los umbrales permitidos
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Botas de agua de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.3.1.5 HORMIGONADO

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria o vehículos
- Sobreesfuerzos
- Exposición a sustancias nocivas (dermatosis, por contacto de la piel con el cemento, neuroconiosis, por la aspiración del polvo del cemento)

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

Vertido directo mediante canaleta

- Previamente al inicio del vertido del hormigón, directamente con el camión hormigonera, se instalarán fuertes topes en el lugar donde haya de quedar situado el camión, siendo conveniente no estacionarlo en rampas con pendientes fuertes, para evitar posibles vuelcos.
- Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigonera a menos de 2 metros de la excavación.
- Los operarios nunca se situarán detrás de los vehículos en maniobras de marcha atrás que, por otra parte, siempre deberán ser dirigidos desde fuera del vehículo. Tampoco se situarán en el lugar del hormigonado hasta que el camión hormigonera no esté situado en posición de vertido.
- Se instalarán barandillas sólidas al frente de la excavación protegiendo el tajo de vía de la canaleta.
- Se colocarán escaleras reglamentarias para facilitar el paso seguro del personal encargado de montar, desmontar y realizar trabajos con la canaleta de vertido de hormigón por taludes hasta los cimientos.
- La maniobra de vertido será dirigida por el encargado que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.

Vertido mediante bombeo

- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado la realización de este tipo de trabajos.
- La tubería de la bomba de hormigonado se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

- La manguera terminal de vertido será gobernada por un mínimo de dos operarios, para evitar caídas por movimiento incontrolado de la misma.
- Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tablonos seguro sobre los que se apoyarán los operarios que gobiernen el vertido de la manguera.
- El manejo del montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado será dirigido por un operario especialista para evitar accidentes por tapones y sobrepresiones internas.
- Antes de iniciar el bombeo del hormigón se deberá preparar el conducto enviando masas de mortero de dosificación, para evitar los atoramientos o tapones.
- Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la redcilla de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina, se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.
- Los operarios amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.
- Se revisarán periódicamente los circuitos de aceite de la bomba de hormigón, cumpliendo el libro de mantenimiento, que será presentado a requerimiento de la dirección.
- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán sus correspondientes protecciones a tierra e interruptores diferenciales, manteniendo en buen estado todas las conexiones y cables.
- Las conexiones eléctricas se efectuarán mediante mecanismos estancos de intemperie.
- Siempre que resulte obligado realizar trabajos simultáneos en diferentes niveles superpuestos, se protegerá a los operarios situados en niveles inferiores, con redes viseras o elementos de protección equivalentes que impidan que estos sean alcanzados por objetos que puedan caer desde niveles superiores.
- Las zonas de trabajo dispondrán de acceso fácil y seguro, y se mantendrán en todo momento, limpias y ordenadas, tomándose las medidas necesarias para que el piso no esté o resulte peligroso.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra la proyección de partículas

- Guantes de trabajo
- Botas de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.3.2 Montaje

El montaje de los aerogeneradores se dividirá, a efectos preventivos, en tres fases fundamentales: **La Descarga** de los aerogeneradores, que incluye la carga, transporte y descarga de los mismos; **El Montaje** que incluye tanto el montaje mecánico como el eléctrico; **La Puesta en Marcha** del aerogenerador, fase que engloba todas aquellas actividades necesarias para, una vez la maquina está completamente montada, ponerla en marcha.

1.3.2.1 RIESGOS ASOCIADOS A TODO EL PROCESO DEL MONTAJE DEL AEROGENERADOR:

- Incendios.
- explosiones.
- Caída de objetos desprendidos.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objeto en manipulación.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos
- Riesgo por Agentes químicos.
- Riesgo por Agentes Físicos.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzo, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos.
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
- Atropellos o choques con o contra vehículos.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.

- Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos.
- Accidente por agente biológico.

Dentro de toda la operación de montaje del aerogenerador habrán de ser respetadas, por un lado, medidas preventivas de carácter general a todo el proceso, así como otras particulares de cada fase. A continuación se exponen aquellas medidas preventivas de carácter general que habrán de respetarse en todo el proceso de montaje:

1.3.2.2 MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES A TODO EL PROCESO DE MONTAJE SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.

- La **señalización de seguridad** utilizada, tendrá las características detalladas en la Tabla 1:

SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD				
Tipo de Señal	Forma	Color de Seguridad	Color de Contraste	Color de Símbolo
Señales de Prohibición	Círculo	Rojo	Blanco	Negro
Señales de Advertencia	Triángulo Equilátero	Amarillo	Negro	Negro
Señales de Salvamento	Rectangular	Verde	Blanco	Blanco
Señales de Obligación	Círculo	Azul	Blanco	Blanco
Señales relativas a equipos de lucha contra incendios	Rectangular	Rojo	Blanco	Blanco

Tabla 1: Señalización de seguridad

Las señales de seguridad podrán ser completadas por los letreros preventivos auxiliares que contienen un texto proporcionando información complementaria. Se utilizarán conjuntamente con la señal normalizada, y serán de forma rectangular, con la misma dimensión máxima de la señal que acompañan, y colocados debajo de ésta.

- **Cinta de señalización.**

Para señalar obstáculos, caída de objetos, se delimitará la zona con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 60° con la horizontal.

- **Cinta de delimitación de zona de trabajo.**

La intrusión en el tajo de personas ajenas a la actividad, representa un riesgo que al no poderse eliminar, debe señalizarse en los posibles accesos mediante cintas de color rojo o bandas rojas y blancas y cartel indicativo.

- **Señales óptico-acústicas de vehículos de obra.**

Las máquinas autoportantes utilizadas en los trabajos de realización de excavaciones mecánicas a cielo abierto, deberán disponer de:

Una bocina o claxon de señalización acústica.

Señales sonoras o luminosas (preferiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás.

En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizador rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.

Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.

Dispositivos de balizamiento de posición y preseñalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas destellantes, etc.).

- **Iluminación**

La iluminación tendrá 20 lux. en zonas de paso y entre 200-300 lux. en zonas de trabajo.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.

Las lámparas portátiles manuales de alumbrado eléctrico serán alimentadas a 24 voltios.

Se prohíbe la utilización de iluminación por llama.

- **Protección de personas contra contactos eléctricos.**

La instalación eléctrica se ajustará al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y será avalada por instalador autorizado.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conexiónados a las bases mediante clavijas normalizadas blindadas, e interconexionadas con uniones antihumedad y antichoque.

Los fusibles serán blindados y calibrados según la carga máxima del circuito a proteger.

Existirá continuidad en la toma de tierra en las líneas de suministro interno de la obra y las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Las tomas de corriente dispondrán de neutro, tendrán enclavamiento y serán blindadas.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidos por interruptores magnetotérmicos y disyuntores referenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

La distancia mínima a líneas de alta tensión será: $3.3 + \text{Tensión (kV)} / 100$.

En los tajos en condiciones de humedad muy elevada, es preceptivo el empleo de transformador portátil de seguridad de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

- **Prevención de caídas a distinto nivel de personas u objetos.**

En zonas de paso con riesgo de caída de más de 2 m., el operario estará protegido con arnés de seguridad amarrado a un punto fijo.

- **Cabina de la maquinaria**

Todas las máquinas dispondrán de cabina o pórtico de seguridad resguardando el habitáculo del operador, dotada de perfecta visión frontal y lateral, estando provista permanentemente de cristales o rejillas irrompibles, para protegerse de la caída de materiales. Además, dispondrán de una puerta a cada lado.

- **Prevención de incendios, orden y limpieza.**

En cada una de las cabinas de la maquinaria utilizada, en la ejecución de los trabajos se dispondrá de un extintor.

El grupo electrógeno tendrá en sus inmediaciones un extintor con agente seco o producto alógeno para combatir incendios.

No se debe utilizar agua o espumas para combatir conatos de incendio en grupos electrógenos o instalaciones eléctricas en general.

NORMAS DE CARÁCTER GENERAL.

- Queda prohibido realizar cualquier trabajo al pie de taludes que presenten síntomas de inestabilidad.
- Se prohibirá la presencia de personal en la proximidad de las máquinas cuando éstas estén en movimiento.
- No se permitirá el acopio de materiales a una distancia inferior a 2m. del borde de la excavación.
- Todos los trabajos que se realicen en la proximidad de líneas en tensión, deberán realizarse bajo la supervisión de un vigilante de la empresa suministradora.
- Los operadores de la maquinaria deberán de estar habilitados por escrito para ello por su responsable técnico superior y conocer las reglas y recomendaciones que vienen especificadas en el manual de conducción y mantenimiento suministrado por el fabricante de la máquina, asegurándose igualmente de que el mantenimiento ha sido realizado y que la máquina está a punto para el trabajo.

- Antes de poner la máquina en marcha, el operador debe realizar los controles pertinentes de acuerdo con el manual del fabricante.
- El personal deberá bajar y subir siempre por escaleras sólidas y seguras, que sobrepasen en 1m. el borde del nivel al que se accede.
- Todos los trabajos por encima de 2m. de altura se realizarán con arnés de seguridad amarrado a un punto de seguridad.

CIRCULACIÓN EN OBRA

- La circulación en la obra para vehículos pesados estará limitada a 20 km/h.
- La velocidad de circulación en la obra para vehículos ligeros estará limitada a 40 km/h.
- Los vehículos de carga, antes de salir a la vía pública, contarán con un tramo horizontal de terreno consistente, de longitud 1,5 veces la separación entre ejes, y no inferior a 6 m.
- Las rampas para el movimiento de camiones o maquinaria, serán de un ancho mínimo de 4,5 m. ensanchándose en las curvas, y sus pendientes máximas no serán mayores del 12 % y 8 % respectivamente, según se trate de tramos rectos y curvos. Estas pendientes se entienden para un acabado de los viales con un proctor modificado del 85 %. En condiciones especiales las pendientes podrán llegar hasta el 20% siempre y cuando se provea al vial de las necesarias condiciones de adherencia mediante sistema técnico adecuado. En cualquier caso con esta pendiente habrá que tener en cuenta la maniobrabilidad del vehículo y la experiencia del conductor para dar autorización a realizar esta operación, así como las condiciones climatológicas, en especial con precipitaciones, durante las cuales se limitará el transporte hasta que las condiciones de los viales sean las adecuadas para transitar sin riesgo.
- Las máquinas que han de circular por obra, se mantendrán suficientemente apartadas de los bordes del talud, para que su peso no provoque derrumbes, en general esta distancia no será inferior a 2 m., pudiendo aumentar en terrenos de poca estabilidad.
- Siempre que un vehículo o máquina parada inicie un movimiento imprevisto, lo anunciará con una señal acústica. Cuando sea marcha atrás o el conductor esté falto de visibilidad, la maniobra será dirigida por un operario o más en el exterior del vehículo.
- Cuando sea necesario que un vehículo se aproxime al borde de la excavación se dispondrán topes de seguridad, comprobándose previamente la resistencia del terreno al peso del mismo.
- El acceso del personal, a ser posible, se realizará utilizando vías diferentes a las utilizadas por los vehículos.
- En cuanto a circulación de los transportes por vía pública, han de cumplirse en todo momento las normas viales de seguridad establecidas por la autoridad competente para este tipo de transporte.

1.3.2.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR EN CADA FASE DEL MONTAJE DEL AEROGENERADOR.

A) LA FASE DE DESCARGA:

La fase de descarga engloba: la carga de los aerogeneradores en el camión, el transporte de los mismos por carretera hasta el parque y la descarga de los elementos componentes de los aerogeneradores en la obra para su posterior montaje.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR EN LA FASE DE DESCARGA:

- En todo momento, los conductores de las maquinas estarán debidamente autorizados, y contarán con la documentación legalmente exigida por la reglamentación, para la utilización del vehículo que maneja.
- Los vehículos se encontrarán en perfecto estado de utilización, con las inspecciones correspondientes en vigor, y con la documentación en el interior del vehículo.
- Al parar la máquina se hará en un terreno llano, accionar el freno y calzar las ruedas si fuera necesario.
- El terreno donde se estacione la máquina ha de ser firme y estable. En invierno no se estacionará la máquina sobre barro o charcos, en previsión de heladas.
- En las operaciones de carga y descarga, se adoptarán las siguientes **precauciones**:
- Los ganchos de izado dispondrán de limitador de ascenso.
- Los ganchos estarán dotados de pestillo de seguridad en correcto estado de utilización.
- Para elevar palets, se dispondrá de dos eslingas por debajo de la plataforma de madera, no colocando nunca el gancho de la grúa sobre el eje de cierre del palet.
- En ningún momento se efectuarán tiros sesgados de la carga, ni se realizará más de una maniobra a la vez.
- La maniobra de elevación de la carga será lenta, de manera que si se detecta algún defecto, se retornará inmediatamente la carga a una posición de seguridad.
- Antes de utilizar la grúa, el encargado de su manejo, comprobará su correcto funcionamiento, efectuando las maniobras necesarias al efecto.
- Todos los movimientos de la grúa serán realizados por personal competente, debidamente formado y acreditado por su empresa, con experiencia suficiente y será auxiliado en las maniobras por otra persona.
- Se comprobará la estabilidad de la carga antes de su utilización.
- No se trasladará la carga suspendida por encima del personal.

- La carga será observada en todo momento por la persona que realiza las maniobras, si esto no es posible, este contará con la ayuda de personal auxiliar que guiará las maniobras.
- El cable de elevación será inspeccionado periódicamente por el mantenedor de la grúa, para asegurar su correcto estado.
- Antes de la utilización se revisará el correcto estado de los elementos de izado.
- Se prohíbe la permanencia y circulación por debajo de las cargas suspendidas.
- Las máquinas que se utilicen contarán con la documentación necesaria en cuanto a certificaciones, revisiones periódicas, y reglamentación que les sea de aplicación, siendo responsabilidad del propietario su correcto estado y custodia de la documentación.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN LA FASE DESCARGA

- Casco de seguridad con barbuquejo
- Cinturón antivibratorio de protección lumbar.
- Guantes de trabajo.
- Arnés de seguridad.
- Botas de seguridad con puntera de acero.
- Traje de agua.
- Ropa de trabajo
- chaleco reflectante.

B) LA FASE MONTAJE

La fase de Montaje de los aerogeneradores abarca tanto su montaje mecánico como su instalación eléctrica.

El montaje mecánico engloba aquellas actividades encaminadas al levantamiento estructural de la máquina en su posición definitiva, con todos sus elementos mecánicos físicamente ensamblados y correctamente dispuestos.

El montaje eléctrico se desarrolla en el interior del aerogenerador y consiste en la instalación eléctrica necesaria para el funcionamiento de éste. Para su realización es necesario el levantamiento estructural de la máquina en su situación definitiva, con todos sus elementos mecánicos físicamente ensamblados y correctamente dispuestos.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR EN LA FASE MONTAJE:

- Se colocará un balizamiento alrededor de la zona de montaje del aerogenerador, prohibiéndose el paso o permanencia a todo el personal ajeno al que está trabajando en el montaje.
- No se realizarán trabajos de suspensión de cargas con grúa cuando la velocidad del viento sea igual o superior a 15m/seg. se suspenderán también, aun no cumpliéndose tales circunstancias, por motivos de seguridad, en otras situaciones puntuales u operaciones determinadas, dependiendo del tipo de carga, la dirección del viento, y demás circunstancias.
- La plataforma de ubicación de la autogrúa contará con unas dimensiones adecuadas a la máquina y a los trabajos a realizar y con una resistencia suficiente.
- En todo momento, los conductores de las máquinas estarán debidamente autorizados, y contarán con la documentación legalmente exigida por la reglamentación del vehículo que manejan.
- Durante la colocación de la plataforma se utilizará arnés de seguridad amarrado a un punto fijo.
- Durante las tareas que requieran mayor esfuerzo físico, se establecerán períodos de descanso.
- En el interior de los tramos, para su montaje, se utilizarán casco de seguridad con protectores auditivos incorporados.
- El izado de herramientas, tornillos, etc., se realizará mediante bolsas portaherramientas.
- Antes de izar cada tramo, se comprobará que el material auxiliar izado con el tubo está perfectamente amarrado al mismo.
- Si hay alguna posibilidad de que el nacelle no se monte el mismo día que la torre, esta deberá arriostrarse.
- Cada vez que se acceda a la plataforma superior del último tramo, se debe cerrar la trampilla de acceso a la escalera.
- Para abrir/cerrar la puerta posterior de la nacelle, utilizar arnés de seguridad amarrado a un punto fijo, y colocar la cadena de seguridad mientras la puerta permanece abierta.
- Se mantendrá el lugar de trabajo limpio de restos de materiales y productos utilizados.
- Para las tareas de apriete de tornillo de sujeción entre tramos de torre y entre tramo y nacelle, se utilizarán fajas o cinturones antivibraciones, y casco de seguridad con protección auditiva incorporada.
- En el montaje de las palas, no colocarse entre el rotor y la pala.
- Mientras las palas giran, no debe permanecer ninguna persona en el interior del rotor.

- Al utilizar la maza y al apretar los tornillos con pistola neumática, se utilizarán gafas de seguridad.
- Las personas situadas en la nacelle recibiendo las palas, bajando herramienta, etc. deberán usar arnés de seguridad amarrado a un punto fijo, sin soltarse mientras permanezca en su interior.
- Al realizar la maniobra de desbloqueo del rotor para permitir el movimiento de las palas, se deberá avisar al personal implicado.
- En el interior de la torre se utilizará casco de seguridad.
- Se prestará especial protección al correcto apriete de los elementos de conexión de los sistemas de presión.
- Para la colocación y apriete de los tornillos de sujeción de la base, será necesario colocar caballetes entre el operario y los armarios colgados mientras se trabaje bajo los mismos. Se deberán utilizar guantes de protección contra las agresiones mecánicas para la manipulación de las piezas del interior de la plataforma y cascos de seguridad para evitar posibles golpes.
- Antes de iniciar la maniobra de izado de un elemento del aerogenerador (tramos, nacelle, etc.) para su montaje, el conductor de la maniobra se asegurará de que la grúa dispone de capacidad suficiente para la realización de la maniobra, incluso realizando mediciones y consultando los diagramas de cargas y alcances de la grúa si fuera necesario.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN LA FASE MONTAJE

- Casco de seguridad con barbuquejo
- Cinturón antivibratorio de protección lumbar.
- Guantes de trabajo.
- Arnés de seguridad.
- Botas de seguridad con puntera de acero.
- Traje de agua.
- Vestuario laboral, incluyendo prendas de alta visibilidad.
- Anticaídas y cuerda de seguridad con mosquetón (dos para el caso de salir al exterior de la nacelle).

MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN EL MONTAJE ELÉCTRICO.

- Antes de comenzar el montaje eléctrico del aerogenerador, colocar un cartel en la base de éste indicando que hay personal trabajando en el interior del aerogenerador, con el número de teléfono donde llamar por si es necesario. Además se estará provisto de un extintor de polvo seco o CO₂.

- Se bloqueará el rotor con el freno de mano o con los brazos de bloqueo.
- Se utilizará calzado de seguridad antideslizante y casco de seguridad.
- Se utilizarán bolsa portaherramientas para el transporte de las mismas.
- Cuando se permanezca en alguna de las plataformas de la torre o se trabaje situado sobre la parte superior de los armarios, se utilizará el arnés de seguridad amarrado a un punto fijo.
- Para la colocación de anillos y guiado de cables se utilizará el arnés de seguridad y sistema de bloqueo anticaídas amarrado al cable guía y a la barra soporte de la escalera.
- Cada vez que se accede a la plataforma superior del último tramo, la trampilla de acceso a la escalera ha de quedar cerrada.
- Para abrir/cerrar la puerta posterior de la nacelle, utilizar arnés de seguridad y sistema de bloqueo amarrado a un punto fijo, y colocar la cadena de seguridad mientras la puerta permanece abierta.
- Antes de utilizar el polipasto se revisará este, comprobando que se encuentra en buenas condiciones.
- Las personas situadas en planos inferiores a los que se están realizando los trabajos, llevarán casco de protección.
- Al abrir la puerta de la torre, no deberá haber ninguna persona en el radio de apertura de la misma.
- Mientras se trabaja en la nacelle, se mantendrá la trampilla de acceso a la escalera situada en el último tramo de torre cerrada.
- Las máquinas eléctricas utilizadas estarán protegidas con doble aislamiento.
- Las maniobras para la colocación de la escalera de la nacelle y la tirada de cables desde la parte superior deberán ser coordinadas por un operario que avisará a los demás para evitar golpes accidentales.
- No está permitido colocarse bajo cargas suspendidas, ni circular bajo éstas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN LA FASE MONTAJE ELÉCTRICO

- Casco de seguridad con barbuquejo
- Cinturón antivibratorio de protección lumbar.
- Guantes de trabajo.
- Arnés de seguridad.
- Botas de seguridad con puntera de acero.

- Traje de agua.
- Vestuario laboral, incluyendo prendas de alta visibilidad.

C) LA FASE DE PUESTA EN MARCHA DEL AEROGENERADOR

La puesta en marcha del aerogenerador engloba el conjunto de tareas que se realizan una vez que la máquina está completamente montada y destinadas a poner en funcionamiento la misma, incluidos todos los dispositivos de control, mando y seguridad, hasta alcanzar las condiciones normales de trabajo.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR EN LA FASE DE PUESTA EN MARCHA:

- Para subir y bajar por las escaleras del aerogenerador, los operarios engancharán el salvacaídas al cable de acero vertical y al arnés de seguridad.
- Está terminantemente prohibido permanecer en la torre mientras se realiza la primera prueba de puesta en tensión (enviando tensión desde la subestación y comprobando que no salta la celda).
- Cada vez que sea necesario bloquear el rotor, primero se aplicarán los frenos y luego se colocarán los brazos de bloqueo.
- En la manipulación mecánica del seccionador, para comprobar secuencia de fases durante la puesta en tensión, se utilizará banqueta o alfombrilla aislante, y guantes aislantes para A.T.
- Se revisarán los latiguillos de los aparatos de comprobación y medida del sistema hidráulico, así como las mangueras de las bombonas de nitrógeno.
- No está permitido el uso de colgantes, pelo largo suelto o ropa holgada al comprobar el sistema de giro (engrasado de la corona), con el fin de evitar posibles atrapamientos.
- El test de sobrevelocidad es obligatorio realizarlo desde la parte inferior de la torre, nunca situado en la nacelle.
- Antes de arrancar la máquina, comprobar que la puerta del armario de los condensadores permanece cerrada, para paliar las consecuencias de un posible reventón.
- Cada vez que se acceda a la plataforma superior del último tramo, la trampilla de acceso a la escalera ha de quedar cerrada.
- Para abrir o cerrar la puerta posterior de la nacelle, utilizar arnés de seguridad y sistema de bloqueo amarrado a un punto fijo, y colocar la cadena de seguridad mientras la puerta permanece abierta.
- Cuando se utilice el polipasto de la nacelle no sujetar la cadena con las manos.
- Antes de utilizar el polipasto se revisará este, comprobando que se encuentra en buenas condiciones.

- Al abrir la puerta de la torre, no deberá haber ninguna persona en el radio de apertura de la misma.
- Mientras se trabaja en la nacelle, se mantendrá la trampilla de acceso a la escalera situada en el último tramo de torre cerrada.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN LA FASE DE PUESTA EN MARCHA.

- Caso de seguridad con barbuquejo para riesgos eléctricos.
- Gafas de protección contra proyecciones.
- Guantes de trabajo.
- Guantes aislantes dieléctricos
- Banqueta o alfombrilla aislante.
- Arnés de seguridad certificado con sistema anticaídas.
- Cuerda de seguridad con mosquetón (dos en caso de ser necesario salir al exterior de la nacelle)
- Botas de seguridad con puntera de acero.
- Ropa de trabajo.
- Pértiga detectora de tensión.
- Detector de ausencia de tensión.

1.3.3 Riesgos generales

1.3.3.1 MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

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

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

- Pisadas sobre objetos
- Choque contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

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

- En este caso, es preciso descomponer el movimiento en dos tiempos: primero levantar la carga y luego girar todo el cuerpo moviendo los pies a base de pequeños desplazamientos. O bien, antes de elevar la carga, orientarse correctamente en la dirección de marcha que luego tomaremos, para no tener que girar el cuerpo.
- Se utilizarán los músculos de las piernas para dar el primer impulso a la carga que vamos a levantar. Para ello flexionaremos las piernas, doblando las rodillas, sin llegar a sentarnos en los talones, pues entonces resulta difícil levantarse (el muslo y la pantorrilla deben formar un ángulo de más de 90°).
- Los músculos de las piernas deberán utilizarse también para empujar un vehículo, un objeto, etc.
- En la medida de lo posible, los brazos deberán trabajar a tracción simple, es decir, estirados. Los brazos deberán mantener suspendida la carga, pero no elevarla.
- La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante de nosotros y que estorbe lo menos posible al andar de forma natural.
- En el caso de levantamiento de un bidón o una caja, se conservará un pie separado hacia atrás, con el fin de poderse retirar rápidamente en caso de que la carga bascule.
- Para transportar una carga, ésta deberá mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionados.
- Este proceder evitará la fatiga inútil que resulta de contraer los músculos del brazo, que obliga a los bíceps a realizar un esfuerzo de quince veces el peso que se levanta.
- La utilización del peso de nuestro propio cuerpo para realizar tareas de mantenimiento manual permitirá reducir considerablemente el esfuerzo a realizar con las piernas y brazos.
- El peso del cuerpo puede ser utilizado:
 - Empujando para desplazar un móvil (carretilla por ejemplo), con los brazos extendidos y bloqueados para que nuestro peso se transmita íntegro al móvil.
 - Tirando de una caja o un bidón que se desea tumbar, para desequilibrarlo.
 - Resistiendo para frenar el descenso de una carga, sirviéndonos de nuestro cuerpo como contrapeso.
- En todas estas operaciones deberá ponerse cuidado en mantener la espalda recta.
- Para levantar una caja grande del suelo, el empuje deberá aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.
- Si el ángulo formado por la dirección de empuje y la diagonal es mayor de 90°, lo que conseguimos hacer será deslizar a la caja hacia adelante, pero nunca levantarla.

- Para depositar en un plano inferior algún objeto que se encuentre en un plano superior, se aprovechará su peso y nos limitaremos a frenar su caída.
- Para levantar una carga que luego va a ser depositada sobre el hombro, deberán encadenarse las operaciones, sin pararse, para aprovechar el impulso que hemos dado a la carga para despegarla del suelo.
- Las operaciones de manutención en las que intervengan varias personas deberán excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los porteadores puede lesionar a varios.
- Deberá designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá a tender a:
 - La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de porteadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
 - La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
 - La explicación a los porteadores de los detalles de la operación (ademanes a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.).
 - La situación de los porteadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).
- El transporte se deberá efectuar:
 - Estando el porteador de detrás ligeramente desplazado con respecto al de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.
 - A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.
 - Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.
- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.
- Los recorridos, una vez cogida la carga, serán lo más cortos posibles.
- Nunca deberán tomarse las cajas o paquetes estando en situación inestable o desequilibrada.
- Será conveniente preparar la carga antes de cogerla.
- Se aspirará en el momento de iniciar el esfuerzo.
- El suelo se mantendrá limpio para evitar el riesgo de caídas al mismo nivel.

- Si los paquetes o cargas pesan más de 50 Kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.
- En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

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

1.3.3.2 IZADO DE CARGAS

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

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

- El diseño y fabricación de los accesorios serán tales que puedan soportar sin deformación permanente o defecto visible las sobrecargas debidas a las pruebas estáticas.

Cuerdas

- Una cuerda es un elemento textil cuyo diámetro no es inferior a 4 milímetros, constituida por cordones retorcidos o trenzados, con o sin alma.
- Las cuerdas para izar o transportar cargas tendrán un factor mínimo de seguridad de diez.
- No se deslizarán sobre superficies ásperas o en contacto con tierras, arenas o sobre ángulos o aristas cortantes, a no ser que vayan protegidas.
- Toda cuerda de cáñamo que se devuelva después de concluir un trabajo deberá ser examinada en toda su longitud.
- En primer lugar se deberán deshacer los nudos que pudiera tener, puesto que conservan la humedad y se lavarán las manchas. Después de bien seca, se buscarán los posibles deterioros: cortes, acuñamientos, ataques de ácidos, etc.
- Se procurará que no estén en contacto directo con el suelo, aislándolas de éste mediante estacas o paletas, que permitan el paso de aire bajo los rollos.
- Las cuerdas de fibra sintética deberán almacenarse a una temperatura inferior a los 60º.
- Se evitará el contacto con grasas, ácidos o productos corrosivos, así como inútiles exposiciones a la luz.
- Una cuerda utilizada en un equipo anticaídas, que ya haya detenido la caída de un trabajador, no deberá ser utilizada de nuevo, al menos para este cometido.
- Se examinarán las cuerdas en toda su longitud, antes de su puesta en servicio.
- Si se debe de utilizar una cuerda en las cercanías de una llama, se protegerá mediante una funda de cuero al cromo, por ejemplo.
- Las cuerdas que han de soportar cargas, trabajando a tracción, no han de tener nudo alguno. Los nudos disminuyen la resistencia de la cuerda.
- Es fundamental proteger las cuerdas contra la abrasión, evitando todo contacto con ángulos vivos y utilizando un guardacabos en los anillos de las eslingas.
- La presión sobre ángulos vivos puede ocasionar cortes en las fibras y producir una disminución peligrosa de la resistencia de la cuerda. Para evitarlo se deberá colocar algún material flexible (tejido, cartón, etc.) entre la cuerda y las aristas vivas.

Cables

- Un cordón está constituido por varios alambres de acero dispuestos helicoidalmente en una o varias capas. Un cable de cordones está constituido por varios cordones dispuestos helicoidalmente en una o varias capas superpuestas, alrededor de un alma.
- Los cables serán de construcción y tamaño apropiados para las operaciones en las cuales van a ser empleados.
- El factor de seguridad para los mismos no será inferior a seis.
- Los ajustes de ojales y los lazos para los ganchos, anillos y argollas, estarán provistos de guardacabos resistentes.
- Estarán siempre libres de nudos, sin torceduras permanentes y otros defectos.
- Se inspeccionará periódicamente el número de hilos rotos desechándose aquellos cables en que lo estén en más del 10% de los mismos, contados a lo largo de dos tramos del cableado, separados entre sí por una distancia inferior a ocho veces su diámetro.
- Los cables utilizados directamente para levantar o soportar la carga no deberán llevar ningún empalme, excepto el de sus extremos (únicamente se tolerarán los empalmes en aquellas instalaciones destinadas, desde su diseño, a modificarse regularmente en función de las necesidades de una explotación). El coeficiente de utilización del conjunto formado por el cable y la terminación se seleccionará de forma que garantice un nivel de seguridad adecuado.
- El diámetro de los tambores de izar no será inferior a 20 veces el del cable, siempre que sea también 300 veces el diámetro del alambre mayor.
- Es preciso atenerse a las recomendaciones del fabricante de los aparatos de elevación, en lo que se refiere al tipo de cable a utilizar, para evitar el desgaste prematuro de este último e incluso su destrucción. En ningún caso se utilizarán cables distintos a los recomendados.
- Los extremos de los cables estarán protegidos por refuerzos para evitar el descableado.
- Los diámetros mínimos para el enrollamiento o doblado de los cables deben ser cuidadosamente observados para evitar el deterioro por fatiga.
- Antes de efectuar el corte de un cable, es preciso asegurar todos los cordones para evitar el deshilachado de éstos y descableado general.
- Antes de proceder a la utilización del cable para elevar una carga, se deberá de asegurar de que su resistencia es la adecuada.
- Para desenrollar una bobina o un rollo de cable, lo haremos rodar en el suelo, fijando el extremo libre a un punto, del que nunca se tirará, o bien dejar girar el soporte (bobina,

aspa, etc.) colocándolo previamente en un bastidor adecuado provisto de un freno que impida tomar velocidad a la bobina.

- Para enrollar un cable se deberá proceder a la inversa en ambos casos.
- La unión de cables no deberá realizarse nunca mediante nudos, que los deterioran, sino utilizando guardacabos y mordazas sujeta cables.
- Normalmente los cables se suministran lubricados y para garantizar su mantenimiento es suficiente con utilizar el tipo de grasa recomendado por el fabricante. Algunos tipos de cables especiales no deben ser engrasados, siguiendo en cada caso las indicaciones del fabricante.
- El cable se examinará en toda su longitud y después de una limpieza que elimine la suciedad en el mismo.
- El examen de las partes más expuestas al deterioro o que presente alambres rotos se efectuará estando el cable en reposo.
- Los motivos de retirada de un cable serán:
 - Rotura de un cordón.
 - Reducción anormal y localizada del diámetro.
 - Existencia de nudos.
 - Cuando la disminución del diámetro del cable en un punto cualquiera, alcanza el 10% para los cables de cordones o el 3% para los cables cerrados.
 - Cuando el número de alambres rotos visibles alcanza el 20% del número total de hilos del cable, en una longitud igual a dos veces el paso de cableado.
 - Cuando la disminución de la sección de un cordón, medida en un paso cableado, alcanza el 40% de la sección total del cordón.

Cadenas

- Las cadenas serán de hierro forjado o acero.
- El factor de seguridad será al menos de cinco para la carga nominal máxima.
- Los anillos, ganchos, eslabones o argollas de los extremos serán del mismo material que las cadenas a las que van fijados.
- Todas las cadenas serán revisadas antes de ponerse en servicio.
- Cuando los eslabones sufran un desgaste excesivo o se hayan doblado o agrietado, serán cortados y reemplazados inmediatamente.
- Las cadenas se mantendrán libres de nudos y torceduras.

- Se enrollarán únicamente en tambores, ejes o poleas que estén provistas de ranuras que permitan el enrollado sin torceduras.
- La resistencia de una cadena es la de su componente más débil. Por ello conviene retirar las cadenas:
 - Cuyo diámetro se haya reducido en más de un 5%, por efecto del desgaste.
 - Que tengan un eslabón doblado, aplastado, estirado o abierto.
- Es conveniente que la unión entre el gancho de elevación y la cadena se realice mediante un anillo.
- No se deberá colocar nunca sobre la punta del gancho o directamente sobre la garganta del mismo.
- Bajo carga, la cadena deberá quedar perfectamente recta y estirada, sin nudos.
- La cadena deberá protegerse contra las aristas vivas.
- Deberán evitarse los movimientos bruscos de la carga, durante la elevación, el descenso o el transporte.
- Una cadena se fragiliza con tiempo frío y en estas condiciones, bajo el efecto de un choque o esfuerzo brusco, puede romperse instantáneamente.
- Las cadenas deberán ser manipuladas con precaución, evitando arrastrarlas por el suelo e incluso depositarlas en él, ya que están expuestas a los efectos de escorias, polvos, humedad y agentes químicos, además del deterioro mecánico que puede producirse.
- Las cadenas de carga en equipos de elevación, deben estar convenientemente engrasadas para evitar la corrosión que reduce la resistencia y la vida útil.

Ganchos

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

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

Argollas y anillos

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

Grilletes

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

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

Eslingas

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

- Se deben escoger las eslingas (cables, cadenas, etc.) o aparatos de elevación (horquillas, garras, pinzas) apropiados a la carga. No se deberá utilizar jamás alambre de hierro o acero cementado.
- Los cables utilizados en eslingas sencillas deben estar provistos en sus extremos de un anillo emplomado o cerrados por terminales de cable (sujetacables).
- Los sujetacables deben ser de tamaño apropiado al diámetro de los cables y colocados de tal forma que el asiento se encuentre en el lado del cable que trabaja.
- Las eslingas de cables no deberán estar oxidadas, presentar deformaciones ni tener mechas rotas o nudos.
- Los cables no deberán estar sometidos a una carga de maniobra superior a la sexta parte de su carga de rotura.
- Si no se sabe esta última indicación, se puede calcular, aproximadamente, el valor máximo de la carga de maniobra mediante: $F(\text{en Kg.}) = 8 \times d^2$ (diámetro del cable en mm.)
- Las eslingas sinfín, de cable, deberán estar cerradas, bien sea mediante un emplomado efectuado por un especialista o bien con sujetacables. El emplomado deberá quedar en perfecto estado.
- Los sujetacables deberán ser al menos cuatro, estando su asiento en el lado del cable que trabaja, quedando el mismo número a cada lado del centro del empalme.
- Toda cadena cuyo diámetro del redondo que forma el eslabón se haya reducido en un 5% no deberá ser utilizada más.
- No se sustituirá nunca un eslabón por un bulón o por una ligadura de alambre de hierro, etc.
- No se debe jamás soldar un eslabón en una forja o con el soplete.
- Las cadenas utilizadas para las eslingas deberán ser cadenas calibradas; hay que proveer a sus extremos de anillos o ganchos.
- Las cadenas utilizadas en eslingas no deberán tener ni uno solo de sus eslabones corroído, torcido, aplastado, abierto o golpeado. Es preciso comprobarlas periódicamente eslabón por eslabón.
- Las cadenas de las eslingas no deberán estar sometidas a una carga de maniobra superior a la quinta parte de su carga de rotura. Si no se conoce este último dato, se puede calcular, aproximadamente, el valor de la carga de maniobra con ayuda de la siguiente fórmula: $F(\text{en Kg.}) = 6 \times d^2$ (diámetro del redondo en mm.)
- En el momento de utilizar las cadenas, se debe comprobar que no estén cruzadas, ni torcidas, enroscadas, mezcladas o anudadas.

- Procurar no utilizarlas a temperaturas muy bajas pues aumenta su fragilidad. Ponerlas tensas sin golpearlas.
- Hay que evitar dar a las eslingas dobleces excesivos, especialmente en los cantos vivos; con dicho fin se interpondrán entre las eslingas y dichos cantos vivos, materiales blandos: madera, caucho, trapos, cuero, etc.
- Comprobar siempre que la carga esté bien equilibrada y bien repartida entre los ramales, tensando progresivamente las eslingas.
- Después de usar las eslingas, habrá que colocarlas sobre unos soportes. Si han de estar colgadas de los aparatos de elevación, ponerlas en el gancho de elevación y subir éste hasta el máximo.
- Se verificarán las eslingas al volver al almacén.
- Toda eslinga deformada por el uso, corrosión, rotura de filamentos, se deberá poner fuera de servicio.
- Se engrasarán periódicamente los cables y las cadenas.
- Se destruirán las eslingas que han sido reconocidas como defectuosas e irreparables.

Trácteles

- Deberán estar perfectamente engrasados.
- Se prohibirá engrasar el cable del tráctel.
- Antes de cualquier maniobra deberá comprobarse:
 - El peso de carga para comprobar que el aparato que utilizamos es el adecuado.
 - Los amarres de la carga y la utilización de cantoneras.
 - Que la dirección del eje longitudinal del aparato sea la misma que la del cable (que no forme ángulo).
- No se deberá utilizar para esfuerzos superiores a la fuerza nominal del mismo, ya sea para elevación o tracción.
- No deberán maniobrarse al mismo tiempo las palancas de marcha hacia adelante o hacia atrás.
- Se deberá utilizar el cable adecuado a la máquina en cuanto al diámetro.
- Antes de iniciar cualquier maniobra deberá comprobarse la longitud del cable.
- Las máquinas deberán ser accionadas por un solo hombre.
- Se comprobará que el cable no está machacado o deshilado.

Poleas

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

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

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

1.3.3.3 TRANSPORTE DE MATERIAL

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel

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

MEDIOS DE PREVENCIÓN A APLICAR

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

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

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

1.3.3.4 TRABAJOS PRÓXIMOS A ELEMENTOS EN TENSIÓN

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todos los trabajos se realizarán según lo establecido en el Real Decreto 614/01, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Se define como trabajador autorizado aquel el trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta.
- Se define trabajador cualificado como el trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.

- Todo trabajo en las proximidades de líneas eléctricas o elementos en tensión será ordenado y dirigido por el jefe del trabajo (que será un trabajador cualificado), el cual será el responsable de que se cumplan las distancias de seguridad, y podrán ser realizados por trabajadores autorizados.
- Cuando se utilicen grúas o aparatos elevadores, se respetarán las distancias mínimas de seguridad, para evitar no sólo el contacto sino también la excesiva cercanía a líneas con tensión (según criterios del R.D. 614/2001, Anexo V, Trabajos en Proximidad). El personal que no opere estos equipos, permanecerá alejado de ellos.
- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.
- Cuando en la proximidad de los trabajos haya partes activas, se aislarán convenientemente mediante vainas, capuchones, mantas aisladas, etc... en todos los conductores, incluido el neutro.
- Las distancias de seguridad para trabajar próximos a Líneas Eléctricas o elementos con tensión mantendrán las siguientes distancias de seguridad, quedando terminantemente prohibido realizar trabajos sin respetar estas distancias:

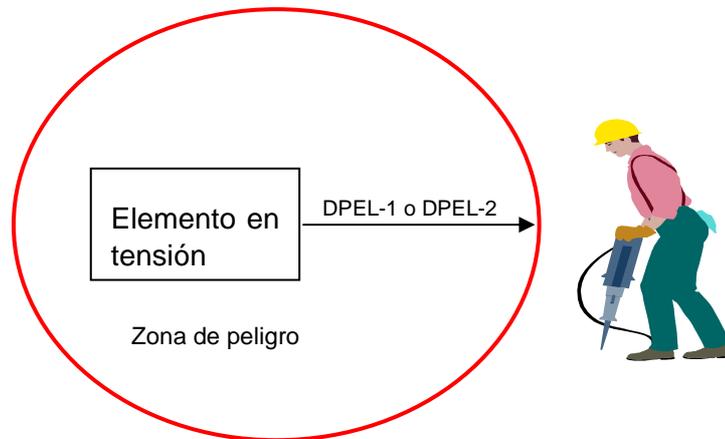
U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500

220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Tabla 2: Distancias límite de las zonas de trabajo.

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

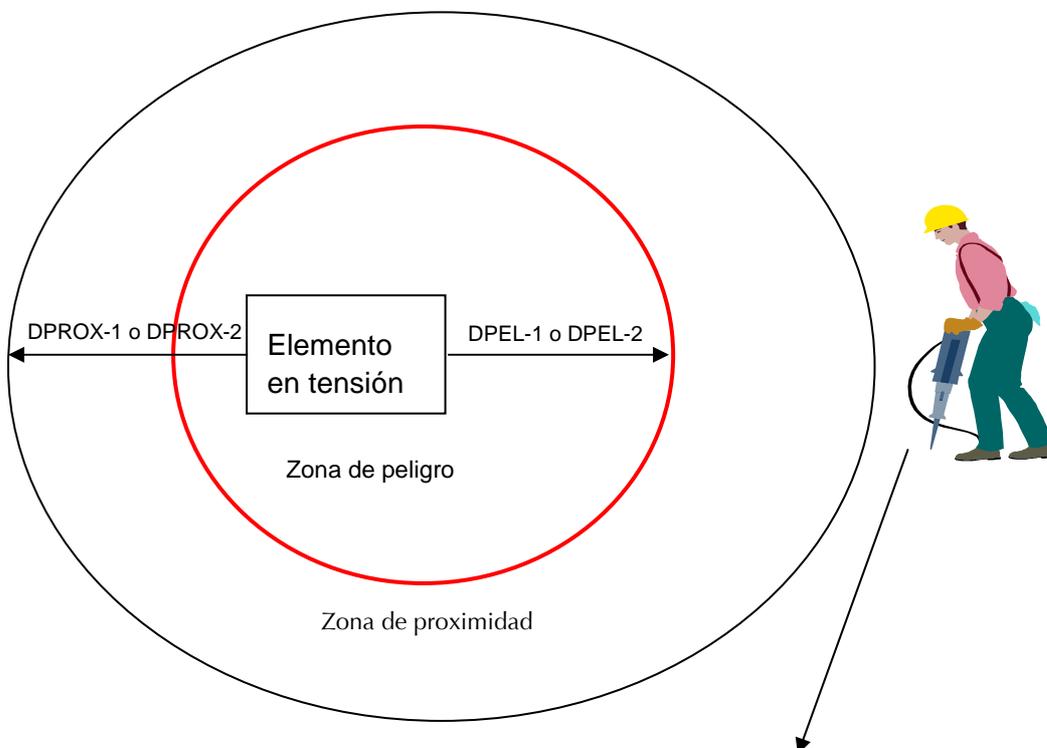
Nota: Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.



RIESGO ELÉCTRICO

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

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



El trabajador entra, o puede entrar, en la zona de proximidad, sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

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

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

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

1.3.3.5 TRABAJOS EN TENSIÓN

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se seguirán en todo momento las especificaciones descritas en el R.D. 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Para estos trabajos se deberán haber desarrollado procedimientos específicos, los operarios deberán tener una formación adecuada y tanto el material de seguridad, como el equipo de trabajo y las herramientas a utilizar serán las adecuadas.
- La zona de trabajo debe estar claramente definida y delimitada.
- Todas aquellas partes de una instalación eléctrica sobre la que vayan a realizarse trabajos, deberán disponer de un espacio adecuado de trabajo, de medios de acceso de iluminación.
- Cuando sea necesario, el acceso a la zona de trabajo debe ser delimitado claramente en el interior de las instalaciones.
- Se deben tomar medidas de prevención adecuada para evitar accidentes a personas por otras fuentes de peligro tales como sistemas mecánicos o en presión o caídas.
- No se deben colocar objetos que puedan dificultar el acceso, ni materiales inflamables, junto o en los caminos de acceso, las vías de emergencia a o desde equipos eléctricos de corte y control, así como tampoco en las zonas desde donde estos equipos hayan de ser operados.
- Los materiales inflamables deben mantenerse alejados de fuentes de arco eléctrico.
- Si es necesario, durante la realización de cualquier trabajo u operación, se colocará una señalización adecuada para llamar la atención sobre los riesgos más significativos.
- Los procedimientos de trabajos en tensión solo se llevarán a cabo una vez suprimidos los riesgos de incendio o explosión.
- Se debe asegurar que el trabajador se encuentra en una posición estable, para permitirle tener las dos manos libres.
- Los operarios utilizarán equipos de protección individual apropiados y no llevarán objetos metálicos, tales como anillos, relojes, cadenas, pulseras, etc.
- Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.
- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.
- Para el trabajo en tensión se adoptarán medidas de protección para prevenir la descarga eléctrica y el cortocircuito. Se tendrán en cuenta todos los diferentes potenciales presentes en el entorno de la zona de trabajo.

- Dependiendo del tipo de trabajo, el personal que lo realice debe estar formado y además especialmente entrenado.
- Deberán especificarse las características, la utilización, el almacenamiento, la conservación, el transporte e inspecciones de las herramientas, los equipos y materiales utilizados en los trabajos en tensión.
- Las herramientas, equipos y materiales estarán claramente identificados.
- Para los trabajos en el interior de edificios, las condiciones atmosféricas no se han de tener en cuenta a menos que exista riesgo de sobretensiones que provengan de instalaciones exteriores y siempre que la visibilidad en la zona de trabajo sea adecuada.
- Otros parámetros, tales como la altitud y la contaminación, particularmente en alta tensión, se deben considerar si reducen la calidad de aislamiento de las herramientas y equipos.
- Cuando las condiciones ambientales requieran la paralización del trabajo, el personal debe dejar la instalación y los dispositivos aislantes y aislados en posición segura. Los operarios deben también retirarse de la zona de trabajo de forma segura.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

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

1.3.3.6 TRABAJOS EN ALTURA

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Los trabajos en altura no serán realizados por aquellas personas cuya condición física les cause vértigo o altere su sistema nervioso, padezcan ataques de epilepsia o sean susceptibles, por cualquier motivo, de desvanecimientos o alteraciones peligrosas.
- Todos los trabajadores deben de disponer, previo al inicio de los trabajos, de formación adecuada para realizar trabajos en altura y conocer los procedimientos específicos de seguridad para la realización de los trabajos.
- Se emplearán en todo momento los medios auxiliares (andamios, escaleras, etc.) adecuados para realizar este tipo de trabajos, los cuales cumplirán con lo estipulado en este Estudio de Seguridad.
- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.
- Si por motivos de localización del tajo de trabajo, no se emplearán medios auxiliares, el trabajador deberá usar arnés de seguridad amarrado a algún punto fijo de la estructura.
- El acceso a los puestos de trabajo se efectuará por los accesos previstos, y no usando medios alternativos no seguros.
- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.
- No se comenzará un trabajo en altura si el material de seguridad no es idóneo, no está en buenas condiciones o sencillamente no se tiene.

- Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente.
- Las plataformas, pasarelas, andamiadas y todo lugar en que se realicen los trabajos deberán disponer de accesos fáciles y seguros y se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.
- Al trabajar en lugares elevados no se arrojarán herramientas ni materiales. Se pasarán de mano en mano o se utilizará una cuerda o capazo para estos fines.
- Caso de existir riesgo de caída de materiales a nivel inferior, se balizará, o si no es posible, se instalarán señales alertando del peligro en toda la zona afectada.
- Si por necesidad del trabajo hay que retirar momentáneamente alguna protección colectiva, debe reponerse antes de ausentarse.
- Cuando se trabaje en altura, las herramientas deben llevarse en bolsas adecuadas que impidan su caída fortuita y nos permitan utilizar las dos manos en los desplazamientos.
- Las plataformas de trabajo se mantendrán limpias y ordenadas, evitando sobrecargarlas en exceso.
- Para trabajos en cubierta con riesgo de caída a distinto nivel se deberá adoptar alguna de las medidas que se citan a continuación:
 - Proteger todo el perímetro de la misma mediante el uso de barandillas rígidas con listón superior a 90 cm, intermedio a 45cm y rodapiés a 15 cm.
 - Instalar una línea de vida a la que permanezcan permanentemente amarrados los operarios mediante el uso de arnés de seguridad homologado.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

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

1.3.3.7 TRABAJOS DE SOLDADURA ELÉCTRICA

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Las masas de cada aparato estarán dotadas de puesta a tierra.
- La superficie de los portaelectrodos a mano y los bornes de conexión para circuitos de alimentación de aparatos de soldadura, deberán estar cuidadosamente dimensionados y aislados.
- Los cables de conductores se revisarán frecuentemente y se mantendrán en buenas condiciones.
- La pinza portaelectrodos se mantendrá siempre en buen estado y cerca de donde se esté soldando.
- Los cables deteriorados o averiados deberán repararse cuidadosamente. Todos los puntos de empalme de los cables de soldadura deberán estar perfectamente aislados.
- Los cables de conexión a la red y los de soldadura deberán enrollarse antes de realizar cualquier transporte.
- En lugares húmedos el operario se deberá aislar trabajando sobre una base de madera seca.
- Se deberán de colocar extintores en las zonas donde se realicen trabajos de soldadura eléctrica.
- Las radiaciones producidas en trabajos de soldadura eléctrica afectan no solo a los ojos, sino a cualquier parte del cuerpo expuesta. Por ello, el soldador deberá utilizar pantalla facial, manoplas, polainas y mandil, como mínimo. Para la protección de otros trabajadores próximos se utilizarán cortinas o paramentos ignífugos.

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

Soldadura en interior de recintos cerrados

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

- Deben eliminarse, por aspiración, gases, vapores y humos.
- Hay que preocuparse de que la ventilación sea buena.
- Nunca se debe ventilar con oxígeno.

- Hay que llevar ropa protectora y difícilmente inflamable.
- No se debe de llevar ropa interior de fibras artificiales fácilmente inflamables.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

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

1.4 Maquinaria y medios auxiliares

1.4.1 Retroexcavadora

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todos los aparatos de elevación y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída o el retorno brusco de la jaula, plataforma, cuchara, cubeta, pala, vagoneta o, en general, receptáculo o vehículo, a causa de avería en la máquina, mecanismo elevador o transportador, o de rotura de los cables, cadenas, etc., utilizados.

- La caída de las personas y de los materiales fuera de los citados receptáculos y vehículos o por los huecos y aberturas existentes en la caja.
- La puesta en marcha, fortuita o fuera de ocasión, y las velocidades excesivas que resulten peligrosas.
- Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 - Estar equipados con extintor timbrado y con las revisiones al día, para caso de incendio.
 - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - Utilizarse correctamente.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Se hará una comprobación periódica de los elementos de la máquina.
- La máquina sólo será utilizada por personal capacitado.
- No se tratará de realizar ajustes con la máquina en movimiento o con el motor en funcionamiento.
- No se trabajará con la máquina en situación de semiavería. Se reparará primero y después se reanudará el trabajo.
- No libere los frenos de la máquina en posición parada si antes no ha instalado los calzos de inmovilización de las ruedas.
- Antes de iniciar cada turno de trabajo, compruebe que funcionan todos los mandos correctamente.
- No olvide ajustar el asiento para que pueda alcanzar los controles sin dificultad.
- No se podrá fumar durante la carga de combustible ni se comprobará con llama el llenado del depósito.
- Se deberá desplazar a velocidades muy moderadas, especialmente en lugares de mayor riesgo, tales como pendientes, rampas, bordes de excavación, cimentaciones, etc.

- En la maniobra de marcha atrás, el operario conductor extremará las condiciones de seguridad. A su vez, la máquina estará dotada de señalización acústica, al menos, o luminosa y acústica cuando se mueva en este sentido.
- La cabina estará dotada de extintor de incendios.
- El inicio de las maniobras se señalizará y se realizarán con extrema precaución.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando se abandone la cabina)
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.4.2 Grúa

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todos los trabajos se deberán ajustar a las características de la grúa: carga máxima, longitud de pluma, carga en punta contrapeso. A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- El gancho de izado deberá disponer de limitador de ascenso, y dispondrá de pestillo de seguridad en perfecto estado.
- La armadura de la grúa deberá estar conectada a tierra.
- En caso de elevación de palets, se hará disponiendo de dos eslingas por debajo de la plataforma de madera. Nunca se utilizará el fleje del palet para colocar en él el gancho de la grúa.
- Está prohibido totalmente el transporte de personas en la grúa, así como arrastrar cargas, tirar de ellas en sesgo y arrancar las que estén enclavadas.
- El servicio de la grúa necesita además del maquinista, otros operarios que se encargan de enganchar y realizar las señales pertinentes para asegurar su transporte en condiciones de seguridad. Estos últimos son el enganchador y el señalista, siendo frecuentemente ambos la misma persona. Las condiciones que deben cumplir estos operarios y su misión son los siguientes:
 - **MAQUINISTA:** no podrá padecer defectos de sus capacidades audiovisuales, así como ningún defecto fisiológico que afecte al funcionamiento de la máquina a su cargo. Además, poseerá de una formación suficiente para realizar las tareas específicas a su puesto de trabajo. asimismo, debe ser consciente de su responsabilidad, evitando sobrevolar la carga donde haya personas, manejando los

mandos con movimientos suaves y vigilando constantemente la carga, dando señales de aviso en caso de observar anomalías. Antes de empezar la jornada diaria de trabajo, el maquinista verificará los siguientes puntos:

- Comprobar el funcionamiento de los frenos.
- Comprobar las partes sujetas al desgaste, como zapatas de freno, cojinetes y superficies de fricción de rodillos.
- Comprobar el funcionamiento de limitadores y contactores.
- Comprobar los topes, gancho y trinquetes.
- Comprobar los lastres y contrapesos.
- Comprobar la tensión de los cables cuando este arriestrada.
- Una vez por semana, deberá hacer las siguientes revisiones:
 - Comprobar el estado de los cables y atender a su mantenimiento, debiendo ser repuestos en cuanto se observe un hilo roto.
 - Comprobar los niveles de aceite en las cajas reductoras y el engrase de todos sus elementos especialmente los de giro.
 - Comprobar el estado de las eslingas, ondillas y aparejos de elevación general.
- **ENGANCHADOR:** es el operario que hace el enganchado de la carga, se encargará de:
 - Comprobar el estado de las eslingas, ganchos y cadenas.
 - Cuidará que el amarre de las cargas sea correcto, observando que están bien repartidas y equilibradas.
 - Impedirá el acceso de personas al radio de acción de la grúa.
 - En caso de transporte de cargas lineales, tales como vigas y tablonés, se utilizarán cuerdas para guiarlas en su traslado.
- **SEÑALISTA:** cuando las cargas a transportar estén fuera del alcance de la vista del maquinista, existirán una o varias personas que, mediante un código de señales de maniobra, hagan las señales pertinentes para que las operaciones se hagan con la debida seguridad. Esta persona deberá cumplir las siguientes normas:
 - Dirigirá la elevación y transporte de las cargas, evitando que tropiecen con obstáculos.
 - Se colocará de modo que pueda ver en todo momento la carga, y al mismo tiempo, que el gruista pueda verle a él y advertir sus señales.
 - Impedirá que se encuentren personas en la vertical de la carga en todo su recorrido.

- Detendrá la operación cuando observe alguna anomalía.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando se abandone la cabina)
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.4.3 Compresor

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

- Caídas al mismo nivel
- Atrapamientos por o entre objetos
- Atrapamientos por vuelco de maquinaria
- Exposición al ruido
- Proyección de fragmentos o partículas
- Sobreesfuerzos
- Exposición a sustancias nocivas

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- El arrastre directo del compresor para su ubicación por los operarios se realizará a una distancia nunca inferior a 2 metros de los cortes o taludes de la excavación, en prevención del riesgo de desprendimiento de tierras por sobrecarga.
- Si se hace el transporte en suspensión se realizará mediante un eslingado a cuatro puntos del compresor, de tal forma que quede garantizada la seguridad de la carga.
- Los compresores quedarán estacionados con la lanza de arrastre en posición horizontal, con las ruedas sujetas mediante tacos antideslizantes.

- Las operaciones de abastecimiento de combustible se efectuarán con el motor parado, en prevención de incendios o explosiones.
- Se controlará el estado de las mangueras, comunicando los deterioros detectados diariamente con el fin de que sean subsanados.
- Los mecanismos de conexión o de empalme, estarán recibidos a las mangueras mediante racores de presión.
- Se evitarán los pasos de mangueras sobre escombros de fábrica o de roca, y sobre caminos y viales de obra o públicos.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Protectores auditivos
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.4.4 Camión hormigonera

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todos los aparatos de transporte y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída de las personas y de los materiales fuera de los receptáculos diseñados para tal efecto.
 - La puesta en marcha de manera fortuita o fuera de ocasión.
 - Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de ergonomía.
 - Estar equipados con un extintor timbrado y con las revisiones al día, para caso de incendio.
 - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - Utilizarse correctamente.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimiento de tierras manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Deberán adaptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinaria para movimiento de tierras o manipulación de materiales.
- Se deberán comprobar periódicamente los elementos del camión.
- El camión sólo será utilizado por personal capacitado para ello.
- Se subirá y bajará del camión de forma frontal.
- El conductor se limpiará el barro adherido al calzado, antes de subir al camión, para que no resbalen los pies sobre los pedales.
- No trate de realizar ajustes con el camión en movimiento.
- Los caminos de circulación interna de la obra se cuidarán en previsión de barrizales excesivos que mermen la seguridad de la circulación.
- En todo momento se respetarán las normas marcadas en el código de circulación vial.

- Si por cualquier circunstancia tuviera que parar en rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- Se respetará en todo momento la señalización de la obra.
- En la aproximación al borde de la zona de vertido tendrá se tendrá especialmente en cuenta a estabilidad del vehículo, asegurándose de que dispone de un tope limitador sobre el suelo, a una distancia máxima de un metro.
- Las maniobras dentro del recinto de la obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas, auxiliándose del personal de obra.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando abandonen la cabina del camión)
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Protección auditiva
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.4.5 Dumper

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos

- Contactos eléctricos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Exposición a ruido

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todos los aparatos de transporte y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída de las personas y los materiales fuera de los receptáculos diseñados para tal efecto.
 - La puesta en marcha, fortuita o fuera de ocasión.
 - Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de ergonomía.
 - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - Utilizarse correctamente.
- Deberán adaptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en agua vehículos o maquinaria para movimiento de tierras o manipulación de materiales.
- Se deberán comprobar periódicamente los elementos del dumper o motovolquete autopropulsado.
- Cuando se ponga el motor en marcha, se sujetará con fuerza la manivela y se evitará soltarla de la mano. Los golpes por esta llave suelen ser muy dolorosos y producen lesiones serias.
- No ponga el vehículo en marcha sin antes cerciorarse de que tiene el freno de mano en posición de frenado, se evitarán accidentes por movimientos incontrolados.
- Se señalizará y establecerá un fin de recorrido ante el borde de la zanja o de los taludes donde el dumper deba de verter su contenido.
- Se señalizarán los caminos y direcciones que deban de ser recorridos por los dumpers.

- Es obligatorio no exceder la velocidad de 20 km/h, tanto dentro como fuera de los límites de la obra.
- Si el dumper debe circular por vía urbana o interurbana, deberá ser conducido y manejado por una persona que esté en posesión del preceptivo permiso de conducir del tipo B.
- La medida anterior es recomendable, a su vez, incluso para la circulación y manejo en zonas internas de la obra.
- Se prohíbe sobrepasar la carga máxima inscrita en el volquete.
- Se prohíbe colmar el volquete de forma que impida la correcta visión del conductor.
- Queda prohibido el transporte de personas en el dumper.
- La norma anterior no afecta a aquellos dumpers dotados de transportón para personal.
- El remonte de pendiente con el dumper cargado siempre se hará marcha atrás, para evitar pérdidas de material cargado o vuelco del propio aparato.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Protección auditiva
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.4.6 Camión-pluma

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel

- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Contactos eléctricos
- Atropellos o golpes con vehículos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todos los aparatos de elevación, transporte y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída o el retorno brusco de la carga por causa de avería en la máquina, mecanismo elevador o transportador, o de rotura de los cables, cadenas, etc., utilizados.
 - La caída de las personas y de los materiales fuera de los receptáculos habilitados a tal efecto.
 - La puesta en marcha de manera fortuita o fuera de lugar.
 - Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 - Estar equipados con un extintor timbrado y con las revisiones al día, para caso de incendio.
 - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - Utilizarse correctamente.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Deberán adaptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinaria para movimiento de tierras o manipulación de materiales.
- Se deberá de realizar una comprobación periódica de los elementos de la grúa móvil.

- Antes de utilizar la grúa, se comprobará el correcto funcionamiento de los embragues de giro y elevación de carga y pluma. Esta maniobra se hará en vacío.
- Las manivelas de control estarán protegidas por medio de resguardos para evitar contactos con objetos fijos o móviles.
- Las palancas de maniobra se dispondrán de modo que cuando no se usen queden en posición vertical.
- No trate de realizar ajustes con el camión en movimiento.
- Se deberán señalar las cargas máximas admisibles para los distintos ángulos de inclinación.
- Tanto la subida como la bajada con la grúa se deberá realizar solo con el camión parado.
- Si se topa con cables eléctricos, no salga del camión hasta haber interrumpido el contacto y alejado el mismo del lugar del contacto. Salte entonces sin tocar a la vez el camión y el terreno.
- Al elevar la cesta, asegurarse de que esté debidamente embragada y sujeta al gancho; elevarla lentamente y cerciorarse de que no hay peligro de vuelco; para ello, no se tratará de elevar cargas que no estén totalmente libres, ni que sobrepasen el peso máximo que puede elevar la grúa.
- No abandonará nunca la grúa con una carga suspendida.
- No se permitirá la permanencia de personal en la zona del radio de acción de la grúa.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando abandonen la cabina de la máquina)
- Guantes de trabajo
- Protección auditiva
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

1.4.7 Máquinas herramientas y herramientas manuales

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- En los equipos de oxicorte, se recomienda trabajar con la presión aconsejada por el fabricante del equipo.
- En los intervalos de no utilización, dirigir la llama del soplete al espacio libre o hacia superficies que no puedan quemarse.
- Cuando se trabaje en locales cerrados, se deberá disponer de la adecuada ventilación.
- En los equipos que desprenden llama, su entorno estará libre de obstáculos.
- Las máquinas-herramientas accionadas por energía térmica, o motores de combustión, sólo pueden emplearse al aire libre o en locales perfectamente ventilados, al objeto de evitar la concentración de monóxido de carbono.
- Se deberá mantener siempre en buen estado las herramientas de combustión, limpiando periódicamente los calibres, conductos de combustión, boquillas y dispositivos de ignición o disparo, etc.
- El llenado del depósito de carburante deberá hacerse con el motor parado para evitar el riesgo de inflamación espontánea de los vapores de la gasolina.
- Dado el elevado nivel de ruido que producen los motores de explosión, es conveniente la utilización de protección auditiva cuando se manejen este tipo de máquinas.
- Para las máquinas-herramientas neumáticas, antes de la acometida deberá realizarse indefectiblemente:
 - La purga de las condiciones de aire.
 - La verificación del estado de los tubos flexibles y de los manguitos de empalme.

- El examen de la situación de los tubos flexibles (que no existan bucles, codos, o dobleces que obstaculicen el paso del aire).
- Las mangueras de aire comprimido se deben situar de forma que no se tropiece con ellas ni puedan ser dañadas por vehículos.
- Los gatillos de funcionamiento de las herramientas portátiles accionadas por aire comprimido deben estar colocados de manera que reduzcan al mínimo la posibilidad de hacer funcionar accidentalmente la máquina.
- Las herramientas deben estar acopladas a las mangueras por medio de resortes, pinzas de seguridad o de otros dispositivos que impidan que dichas herramientas salten.
- No se debe usar la manguera de aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar las virutas.
- Al usar herramientas neumáticas siempre debe cerrarse la llave de aire de las mismas antes de abrir la de la manguera.
- Nunca debe doblarse la manguera para cortar el aire cuando se cambie la herramienta.
- Verificar las fugas de aire que puedan producirse por las juntas, acoplamientos defectuosos o roturas de mangueras o tubos.
- Aún cuando no trabaje la máquina neumática, no deja de tener peligro si está conectada a la manguera de aire.
- No debe apoyarse con todo el peso del cuerpo sobre la herramienta neumática, ya que puede deslizarse y caer contra la superficie que se está trabajando.
- Las condiciones a tener en cuenta después de la utilización serán:
 - Cerrar la válvula de alimentación del circuito de aire.
 - Abrir la llave de admisión de aire de la máquina, de forma que se purgue el circuito.
 - Desconectar la máquina.
- Para las máquinas-herramientas hidráulicas, se fijará mediante una pequeña cadena el extremo de la manguera para impedir su descompresión brusca.
- Se emplazará adecuadamente la herramienta sobre la superficie nivelada y estable.
- Su entorno estará libre de obstáculos.
- Se utilizarán guantes de trabajo y gafas de seguridad para protegerse de las quemaduras por sobrepresión del circuito hidráulico y de las partículas que se puedan proyectar.

- Para las máquinas-herramientas eléctricas, se comprobará periódicamente el estado de las protecciones, tales como cable de tierra no seccionado, fusibles, disyuntor, transformadores de seguridad, interruptor magnetotérmico de alta sensibilidad, doble aislamiento, etc.
- No se utilizará nunca herramienta portátil desprovista de enchufe y se revisarán periódicamente este extremo.
- No se arrastrarán los cables eléctricos de las herramientas portátiles, ni se dejarán tirados por el suelo. Se deberán revisar y rechazar los que tengan su aislamiento deteriorado.
- Se deberá comprobar que las aberturas de ventilación de las máquinas estén perfectamente despejadas.
- La desconexión nunca se hará mediante un tirón brusco.
- A pesar de la apariencia sencilla, todo operario que maneje estas herramientas debe estar adiestrado en su uso.
- Se desconectará la herramienta para cambiar de útil y se comprobará que está parada.
- No se utilizarán prendas holgadas que favorezcan los atrapamientos.
- No se inclinarán las herramientas para ensanchar los agujeros o abrir luces.
- Los resguardos de la sierra portátil deberán estar siempre colocados.
- Si se trabaja en locales húmedos, se adoptarán las medidas necesarias, guantes aislantes, taburetes de madera, transformador de seguridad, etc.
- Se usarán gafas panorámicas de seguridad, en las tareas de corte, taladro, desbaste, etc. con herramientas eléctricas portátiles.
- En todos los trabajos en altura, es necesario el cinturón de seguridad.
- Los operarios expuestos al polvo utilizarán mascarillas equipadas con filtro de partículas.
- Si el nivel sonoro es superior a los 80 decibelios, deberán adoptarse las recomendaciones establecidas en el R.D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre medidas de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido.

Radial

- Antes de su puesta en marcha, el operador comprobará el buen estado de las conexiones eléctricas, la eficacia del doble aislamiento de la carcasa y el disyuntor diferencial para evitar riesgos de electrocución.

- Se seleccionará adecuadamente el estado de desgaste del disco y su idoneidad para el material al que se ha de aplicar.
- Comprobar la velocidad máxima de utilización.
- Cerciorares de que el disco gira en el sentido correcto y con la carcasa de protección sobre el disco firmemente sujeta.
- El operador se colocará gafas panorámicas ajustadas o pantalla facial transparente, guantes de trabajo, calzado de seguridad y protectores auditivos.
- Durante la realización de los trabajos se procurará que el cable eléctrico descansa alejado de elementos estructurales metálicos y fuera de las zonas de paso del personal.
- Si durante la operación existe el riesgo de proyección de partículas a terrenos o lugares con riesgo razonable de provocar un incendio, se apantallará con una lona ignífuga la trayectoria seguida por los materiales desprendidos.
- Cuando la esmeriladora portátil radial deba emplearse en locales muy conductores no se utilizarán tensiones superiores a 24 voltios.

Sierra circular

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

Vibrador

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable.
- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida si discurre por zonas de paso.

Amasadora

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

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra impactos
- Gafas de protección contra la proyección de fragmentos o partículas
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Protecciones auditivas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo ajustada para evitar atropamientos

1.5 Medios auxiliares

1.5.1 Andamios tubulares

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

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

- No se utilizarán los andamios para otros fines distintos a los de suministrar una plataforma de trabajo para el personal. En particular no podrán ser destinados a servir como torres de elevación de material o soporte de tuberías o equipos.
- Está rigurosamente prohibido utilizar cajas, bidones, etc. como andamios provisionales.
- Los andamios se montarán sobre pies hechos de madera o metálicos, suficientemente resistentes y arriostrados de modo que su estabilidad quede garantizada.
- Con objeto de evitar deformaciones y con el fin de prevenir que la estructura rectangular llegue a alcanzar formas romboidales, se dispondrán los suficientes arriostramientos diagonales que impidan este riesgo.
- Durante las operaciones de montaje y desmontaje del andamio se izarán los tubos con cuerdas anudadas de forma segura y los operarios deberán usar arnés de seguridad anclado a elementos fijos independientes del andamio o a líneas salvavidas.
- Los andamios deberán situarse a distancias tales de líneas o equipos eléctricos, de forma que no puedan producirse contactos con partes en tensión.
- Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares se tendrán presentes las siguientes especificaciones:
 - No se iniciará un nuevo nivel sin haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad.
 - La seguridad alcanzada en el nivel de partida ya consolidado será tal que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar a éste fiadores del cinturón de seguridad.
 - Las barras, módulos tubulares y tablonés se izarán mediante sogas atadas con nudos de marinero.
 - Las plataformas de trabajo se consolidarán inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos.
 - Los tornillos de las mordazas se apretarán por igual, realizándose una inspección del tramo ejecutado antes de iniciar el siguiente en prevención de los riesgos por la existencia de tornillos flojos o de falta de alguno de ellos.
 - Las uniones entre tubos se efectuarán mediante los nudos o bases metálicas o bien mediante las mordazas o pasadores previstos.
- Los pisos o plataformas serán de 0,60 metros de anchura mínima hechos con tablonés de madera para una resistencia de 160 Kg. en el punto medio entre soportes.
- Es preferible utilizar el piso metálico original del andamio tubular. En caso de ser de madera, los tablonés estarán escuadrados y libres de nudos.

- Las plataformas, pisos, pasarelas, etc., hechos con tablones, se sujetarán con presillas, lazos de alambre, travesaños claveteados, de modo que formen un conjunto único.
- Los andamios en su base se protegerán contra golpes y deslizamientos mediante cuñas, dispositivos de bloqueo y/o estabilizadores.
- Montado el andamio no se retirará ningún elemento de su composición (tubo, travesaño o tablón, etc.), hasta que no sea desmontado totalmente. Caso de que por necesidad de trabajo deba mantenerse la estructura durante algunos días utilizando alguno de sus elementos para confeccionar otros andamios, se señalará claramente la prohibición de acceso al mismo y se retirará la plataforma de trabajo para impedir su utilización por personal de otros tajos o ajenos a la empresa.
- Las plataformas de trabajo de 2 ó más metros de altura tendrán montada sobre su vertical una barandilla de 90 centímetros de altura y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Se utilizarán las escaleras previstas en el andamio para subir a la plataforma o se dispondrán escaleras exteriores. Los tirantes y otros elementos de arriostamiento no se podrán utilizar para subir o bajar del andamio.
- Las plataformas de trabajo se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.
- Los módulos de fundamento de los andamios tubulares estarán dotados de bases nivelables sobre tornillos sin fin, con el que garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral se montarán con ésta hacia la cara exterior.
- Se prohíbe el uso de andamios sobre borriquetas apoyadas sobre plataformas de trabajo de andamios tubulares.
- Los andamios tubulares se arriostarán a los paramentos verticales, anclándolos a los puntos fuertes de seguridad previstos.
- El caminar por los andamios se hará de manera normal, sin saltar sobre las plataformas ni tampoco de una a otra.
- Se protegerá del riesgo de caídas desde altura de los operarios sobre los andamios tubulares tendiendo redes tensas verticales de seguridad que protegerán las cotas de trabajo. En caso de no utilizar estas redes, si los operarios se encuentran trabajando a una altura igual o superior a los 2 metros, deberán ir provistos de cinturones de seguridad con arnés y amarrados a líneas de vida anteriormente fijadas.

- El personal que trabaje en andamios, sillas, colgantes y generalizando, en alturas superiores a los 2 metros, usará cinturón de seguridad, adaptado al riesgo que se pretende minimizar (sujeción, suspensión o anticaídas), anclado a una parte sólida de la estructura del edificio.
- Antes de colocarse el cinturón de seguridad será examinado y rechazado si no ofrece garantía o no es inteligible la etiqueta con la fecha de fabricación.
- En las plataformas de trabajo aisladas o que por necesidad del servicio carezca de la barandilla de seguridad reglamentaria se utilizará el cinturón de seguridad que se sujetará por el mosquetón a puntos sólidos, resistentes y distintos del andamio o plataforma de trabajo.
- Se prohíbe lanzar herramientas, materiales y otros objetos de un andamio a otro o de una persona a otra. Se entregarán en mano.
- El acceso a los andamios se realizará por escaleras bien fijadas por ambos extremos. Está prohibido utilizar los arriostrados para acceder de una plataforma de trabajo a otra.
- Para acceder a un andamio se tendrán siempre las manos libres.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares si antes no se han cercado con barandillas sólidas.
- Se prohíbe hacer pastas directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre un tablón colocado a media altura en la parte superior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas situadas en cotas por debajo de otras plataformas en las que se esté trabajando, en prevención de caída de objetos.
- Se prohíbe trabajar en los andamios tubulares bajo regímenes de vientos fuertes en prevención de caídas de los trabajadores.
- Cuando se desplace un andamio nunca se permanecerá sobre el mismo, independientemente de su altura.
- En trabajos nocturnos se iluminarán adecuadamente todas las plataformas de trabajo y accesos a las mismas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos

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

1.5.2 Escaleras

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

Generales

- Antes de utilizar una escalera manual es preciso asegurarse de su buen estado, rechazando aquéllas que no ofrezcan garantías de seguridad.
- Hay que comprobar que los largueros son de una sola pieza, sin empalmes, que no falta ningún peldaño, que no hay peldaños rotos o flojos o reemplazados por barras, ni clavos salientes.
- Todas las escaleras estarán provistas en sus extremos inferiores, de zapatas antideslizantes.
- No se usarán escaleras metálicas cuando se lleven a cabo trabajos en instalaciones en tensión.
- El transporte de una escalera ha de hacerse con precaución, para evitar golpear a otras personas, mirando bien por donde se pisa para no tropezar con obstáculos. La parte delantera de la escalera deberá de llevarse baja.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- Antes de iniciar la subida deberá comprobarse que las suelas del calzado no tienen barro, grasa, ni cualquier otra sustancia que pueda producir resbalones.
- El ascenso y descenso a través de la escalera de mano se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los largueros que se están utilizando.

- La escalera tendrá una longitud tal, que sobrepase 1 metro por encima del punto o la superficie a donde se pretenda llegar. La longitud máxima de las escaleras manuales no podrá sobrepasar los 5 m. sin un apoyo intermedio, en cuyo caso podrá alcanzar la longitud de 7 metros. Para alturas mayores se emplearán escaleras especiales.
- No se podrán empalmar dos escaleras sencillas.
- En la proximidad de puertas y pasillos, si es necesario el uso de una escalera, se hará teniendo la precaución de dejar la puerta abierta para que sea visible y además protegida para que no pueda recibir golpe alguno.
- No se pondrán escaleras por encima de mecanismos en movimiento o conductores eléctricos desnudos. Si es necesario, antes se deberá haber parado el mecanismo en movimiento o haber suprimido la energía del conductor.
- Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo de 75° con la horizontal.
- Siempre que sea posible, se amarrará la escalera por su parte superior. En caso de no serlo, habrá una persona en la base de la escalera.
- Queda prohibida la utilización de la escalera por más de un operario a la vez.
- Si han de llevarse herramientas o cualquier otro objeto, deberán usarse bolsas portaherramientas o cajas colgadas del cuerpo, de forma que queden las manos libres para poder asirse a ella.
- Para trabajar con seguridad y comodidad hay que colocarse en el escalón apropiado, de forma que la distancia del cuerpo al punto de trabajo sea suficiente y permita mantener el equilibrio. No se deberán ocupar nunca los últimos peldaños.
- Trabajando sobre una escalera no se tratarán de alcanzar puntos alejados que obliguen al operario a estirarse, con el consiguiente riesgo de caída. Se deberá desplazar la escalera tantas veces como sea necesario.
- Los trabajos a más de 3,5 metros de altura desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan medidas alternativas.
- Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- Las escaleras de mano deberán mantenerse en perfecto estado de conservación, revisándolas periódicamente y retirando aquéllas que no estén en condiciones.
- Cuando no se usen, las escaleras deberán almacenarse cuidadosamente y no dejarlas abandonadas sobre el suelo, en lugares húmedos, etc.
- Deberá existir un lugar cubierto y adecuado para guardar las escaleras tras su uso.

Escaleras de madera

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

Escaleras de tijera

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

Escaleras metálicas

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

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Arnés de seguridad de sujeción

- Ropa de protección para el mal tiempo

1.6 Instalaciones de higiene y bienestar

1.6.1 Dotación de aseos

Dado las características de la obra, no se prevé disponer de aseos en la misma.

1.6.2 Dotación de vestuarios

Se prevé en las inmediaciones de la obra de instalaciones provisionales que permitan cambiarse de ropa al personal.

1.7 Medicina preventiva y asistencial

1.7.1 Reconocimientos médicos

Todos los trabajadores pasarán como mínimo un reconocimiento médico con carácter anual. El personal eventual antes de su entrada en la obra habrá pasado un reconocimiento médico.

Asimismo, cuando los trabajadores vayan a realizar tareas que entrañen riesgos especiales (por ejemplo trabajos en altura) deberán pasar un reconocimiento médico específico que les habilite para realizar dichas tareas.

El resultado de estos reconocimientos está clasificado acorde a los dos siguientes grupos:

- Apto para todo tipo de trabajo.
- Apto con ciertas limitaciones.

1.7.2 Asistencia accidentados

CENTROS ASISTENCIALES EN CASO DE ACCIDENTE

- Para atención del personal en caso de accidente se contratarán los servicios asistenciales adecuados.
- Se dispondrá en la obra, en sitio bien visible, una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados.

BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS

- Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la empresa, con medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.
- Contendrá, de forma orientativa: Agua oxigenada; alcohol de 96 grados; tintura de yodo; “mercurocromo” o “cristalmina”; amoníaco; gasa estéril; algodón hidrófilo estéril;

esparadrapo antialérgico; torniquetes antihemorrágicos; bolsa para agua o hielo; guantes esterilizados; termómetro clínico; apósitos autoadhesivos; antiespasmódicos; analgésicos; tónicos cardíacos de urgencia y jeringuillas desechables.

- El material empleado se repondrá inmediatamente, y al menos una vez al mes, se hará revisión general del botiquín, desechando aquellos elementos que estén en mal estado o caducados. La ubicación del botiquín debe estar suficientemente señalizada.

2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1 Legislación aplicable a la obra

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- R. D. 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales en materia de Coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 8/1998, de 7 de Abril, sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- Capítulo VII “Andamios” del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Orden 2988/1998, de 30 de Junio, por la que se establecen los requisitos mínimos exigibles para el montaje, uso, mantenimiento y conservación de los andamios tubulares utilizados en las obras de construcción. (Norma autonómica de la Comunidad de Madrid).
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (R.D. 3275/1982) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión (R.D. 223/2008, de 15 de febrero).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 842/2002 de 2 de agosto).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, por el que se establecen las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Reglamento de Aparatos a Presión (R.D. 1244/1979).
- Reglamento de seguridad en máquinas (R.D. 1435/1992, de 27 de noviembre).
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de Noviembre por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de Noviembre por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios (R.D. 1.942/93).
- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas relativas a la manipulación manual de cargas.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a trabajos con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de Abril, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Orden del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, de 25 de marzo de 1998, de adaptación y modificación del Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de Mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

- Real Decreto 1124/2000, de 6 de Junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de Mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Orden 2027/2002, de 24 de Mayo, del Consejero de Trabajo, por la que se deroga la Orden 5518/1999, de 6 de Septiembre, que establecía el modelo de Aviso Previo preceptivo para las obras de construcción en la Comunidad de Madrid, incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre.
- Estatuto de los Trabajadores.
- Ley General de la Seguridad Social.

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

2.2 Consideraciones de los equipos de protección colectiva

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

2.3 Consideraciones de los equipos de protección individual

Los equipos de protección tanto individual como colectiva que se utilicen, deberán reunir los requisitos establecidos en las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y en particular relativos a su diseño, fabricación, uso y mantenimiento.

Se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra, cumplirán las siguientes condiciones generales:

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

2.4 Señalización de la obra

Esta señalización cumplirá con lo contenido en el Real Decreto 485/97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización y seguridad en el trabajo, que desarrolla los preceptos específicos sobre esta materia contenidos en la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

2.5 Condiciones de seguridad de los medios auxiliares, maquinas y equipos

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

- Instrucciones sobre los procedimientos para el funcionamiento y uso de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Procedimientos de mantenimiento y conservación de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.

- Los contratistas mantendrán en todo momento en la base de operaciones de su zona de obras copias de los manuales y especificaciones impresas (en adelante, la información técnica) especificadas en el párrafo anterior.
- Todos los empleados de los contratistas recibirán información y formación sobre el contenido de los manuales técnicos pertinentes al trabajo que realizan.
- Cada contratista facilitará a todos sus empleados el equipo de protección seguridad y salud mínimo recogido en las normas que anteceden. Asimismo, deberá mantener copias de dichas normas en la base de operaciones de la obra.
- El Encargado de la obra será el responsable de la recepción de la maquinaria y medios auxiliares, comprobando a su llegada a obra el buen estado de los mismos, con todos sus componentes y de acuerdo con lo solicitado, así como, verificará que cumple la legislación vigente en materia de seguridad y salud que le afecte.
- Se prohíbe el montaje de los medios auxiliares, máquinas y equipos, de forma parcial; es decir, omitiendo el uso de alguno o varios de los componentes con los que se comercializan para su función.
- El uso, montaje y conservación de los medios auxiliares, máquinas y equipos, se hará siguiendo estrictamente las condiciones de montaje y utilización segura, contenidas en el manual de uso editado por su fabricante.
- Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en esta obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.
- Si el mercado de los medios auxiliares, máquinas y equipos, ofrece productos con la marca "CE", cada contratista adjudicatario, en el momento de efectuar el estudio para presentación de la oferta de ejecución de la obra, debe tenerlos presentes e intentar incluirlos, porque son por si mismos, más seguros que los que no la poseen.

2.6 Formación e información a los trabajadores

Cada contratista adjudicatario está legalmente obligado a formar en un método de trabajo correcto y seguro a todo el personal a su cargo, de tal forma que los trabajadores que realicen trabajos en las obras deberán tener conocimiento de los riesgos propios de su actividad laboral, así como de las conductas a observar en determinadas maniobras, del uso correcto de las protecciones colectivas y de los equipos de protección individual necesarios.

Asimismo todos los trabajadores deberán conocer y estar informados sobre el Plan de Seguridad específico de la obra, como paso previo a su incorporación al trabajo.

El adjudicatario acreditará que el personal que aporte, posee la formación, la experiencia y el nivel profesional adecuado a los trabajos a realizar. Esta acreditación se indicará

especialmente y de forma diferenciada con respecto al resto de los trabajadores, para los trabajadores autorizados y cualificados según criterios del R.D. 614/2001.

Los trabajos que se realicen en tensión y en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de **primeros auxilios**, según criterios del R.D. 614/2001.

2.7 Acciones a seguir en caso de accidente laboral

Cuando un trabajador de una empresa contratista conozca la existencia de un accidente, procurará el auxilio inmediato que esté a su alcance y lo comunicará, a la mayor brevedad posible:

- a la asistencia médica más cercana
- al Jefe de obra del contratista y/o a la Dirección Facultativa que designe la propiedad

El Jefe de obra tomará las medidas a su alcance para evitar daños mayores a las personas e instalaciones.

Los accidentes serán notificados a la autoridad laboral en los plazos y términos requeridos por las normas oficiales.

Cada contratista adjudicatario, en cumplimiento del Anexo IV, punto 14, del R.D. 1.627/1.997, tendrá en cuenta los siguientes principios sobre primeros auxilios:

- El accidentado es lo primero. Se le atenderá de inmediato con el fin de evitar el agravamiento o progresión de las lesiones.
- En caso de caídas a distinto nivel y de accidentes de carácter eléctrico, se supondrá siempre, que pueden existir lesiones graves y en consecuencia, se extremarán las precauciones de atención primaria en la obra, aplicando las técnicas especiales para la inmovilización del accidentado hasta la llegada de la ambulancia y de reanimación en el caso de accidente eléctrico.
- En caso de gravedad manifiesta, se evacuará al herido en camilla y ambulancia; se evitarán en lo posible, según el buen criterio de las personas que atiendan primariamente al accidentado, la utilización de los transportes particulares, por lo que implican de riesgo e incomodidad para el accidentado.
- Cada contratista adjudicatario comunicará, a través del Plan de seguridad y salud que elabore, el nombre y dirección del centro asistencial más próximo previsto para la asistencia sanitaria de los accidentados.
- Cada contratista adjudicatario instalará carteles informativos en la obra que suministren a los trabajadores y resto de personas participantes en la obra, la información necesaria

para conocer el centro asistencial, su dirección, teléfonos de contacto, mutua de accidentes concertada, etc.

2.8 Comunicaciones inmediatas en caso de accidente

En caso que se produzca un accidente en la obra, el responsable del contratista al que pertenezca el trabajador accidentado (contrata y/o subcontrata) está obligado a realizar las acciones y comunicaciones que se recogen en el cuadro siguiente:

<p style="text-align: center;">Accidentes de tipo leve</p> <p>Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a la Dirección Facultativa).</p> <p>A la Mutua de Accidentes de Trabajo.</p>
<p style="text-align: center;">Accidentes de tipo grave, muy grave, mortales o que afecten a más de 4 trabajadores</p> <p>Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a la Dirección Facultativa).</p> <p>A la Autoridad laboral en el plazo de 24 horas. Esta comunicación se realizará a través de telegrama u otro medio análogo, con especificación de los siguientes datos: razón social, domicilio y teléfono de empresa, nombre del trabajador accidentado, dirección del lugar del accidente y breve descripción del mismo.</p>

2.9 Seguridad en la obra

De acuerdo con lo establecido en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, la empresa que ejecute el proyecto deberá contar con un Servicio de Prevención propio o contratado, o trabajador designado, que asesoren e impulsen las actividades y medidas preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud desarrollado en base a este Estudio de Seguridad.

La empresa adjudicataria nombrará a un responsable de Seguridad, que podrá coincidir o no con su jefatura de obra, que será quien la represente ante el Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución del proyecto y será el encargado de velar por el cumplimiento de todo lo estipulado en el Plan de Seguridad y Salud.

Según lo contemplado en la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, la presencia en el centro de trabajo de recursos preventivos de cada contratista será necesaria cuando, se desarrollen trabajos con riesgos especiales, tal y como se definen en el R.D. 1627797 de obras de construcción.

Estos trabajadores deben contar con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones del nivel básico.

Lo dispuesto en este último apartado se entiende sin perjuicio de las obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

2.10 Plan de seguridad y salud

En aplicación del presente Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista que intervenga en la obra, elaborará su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, en el cual analizará y desarrollará las previsiones contenidas en el mismo en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

El contratista incluirá en su Plan de Seguridad las propuestas y medidas alternativas de prevención que considere oportunas, indicando la correspondiente justificación técnica, si bien, no podrá implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio de Seguridad y Salud.

El Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, deberá ser aprobado, previamente al inicio de los trabajos, por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra, evolución de los trabajos o bien de las posibles incidencias que pudieran surgir durante el desarrollo de los trabajos. La modificación realizada deberá ser aprobada por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Constituirá el elemento básico para identificar y evaluar los riesgos, de manera que permita planificar una acción preventiva.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como aquellas personas con responsabilidades en materia de prevención de riesgos laborales, representantes de los trabajadores, etc..., podrán presentar por escrito y de forma razonada las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

2.11 Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud

- Cumplir y hacer cumplir en la obra, todas las obligaciones exigidas por la legislación vigente del Estado Español y sus Comunidades Autónomas, referida a la seguridad y salud en el trabajo y concordantes, de aplicación a la obra.
- Elaborar en el menor plazo posible y **siempre antes de comenzar la obra**, un plan de seguridad cumpliendo con el R. D. 1.627/1.997 de 24 de octubre., que respetará el nivel de prevención definido en todos los documentos de este Estudio de Seguridad y Salud.

- Presentar el plan de seguridad para su aprobación por parte del Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, antes del comienzo de la misma, incluyendo todas las modificaciones y/o observaciones que éste pueda sugerirle.
- Formar e informar sobre el contenido del plan de seguridad y salud aprobado, a todos los trabajadores propios, subcontratistas y autónomos de la obra y hacerles cumplir con las medidas de prevención en él expresadas. Por parte de las subcontratas, se firmará un documento de adhesión al Plan de Seguridad de la contrata principal.
- Entregar a todos los trabajadores de la obra independientemente de su afiliación empresarial principal, subcontratada o autónoma, los equipos de protección individual definidos en el plan de seguridad y salud aprobado, para que puedan usarse de forma inmediata y eficaz.
- Cumplir fielmente con lo expresado en el pliego de condiciones particulares del plan de seguridad y salud aprobado, en el apartado: **“acciones a seguir en caso de accidente laboral”**.
- Informar de inmediato de los accidentes leves, graves, mortales o sin víctimas al Coordinador en materia de seguridad y salud y/o Dirección Facultativa durante la ejecución de la obra, tal como queda definido en el apartado **“acciones a seguir en caso de accidente laboral”**.
- Colaborar con el Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra y con la Dirección Facultativa, en la solución técnico preventiva, de los posibles imprevistos del proyecto o motivados por los cambios de ejecución decididos sobre la marcha, durante la ejecución de la obra.

2.12 Coordinador de seguridad y salud

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará a un Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

El Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad:
 - Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
 - Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y

responsable los principios de la acción que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.

- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. La Dirección Facultativa asumirá ésta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.

2.13 Libro de incidencias

Para cada proyecto de obra existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

Dicho libro será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud, tal y como se recoge en el Real Decreto 1.627/1.997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en la obras de construcción.

Deberá mantenerse siempre en la obra, y estará en poder del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, o cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la Dirección Facultativa.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra está legalmente obligado a tenerlo a disposición de: la Dirección Facultativa de la obra, encargado de seguridad, Comité de seguridad y salud, Inspección de Trabajo y Técnicos y Organismos de prevención de riesgos laborales de las Comunidades Autónomas.

Efectuada una anotación en el mismo, el Coordinador de seguridad (o Dirección Facultativa cuando no deba ser designado Coordinador), estará obligado a remitir, en el plazo de 24 horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra.

2.14 Seguro de responsabilidad civil y patronal

La empresa contratista se responsabilizará de cumplir y hacer cumplir cuantas disposiciones legales relativas a seguridad y salud, medio ambiente y otras en general, les sean de aplicación en el desarrollo de las actividades contratadas.

El contratista concertará a sus expensas, y por la cantidad necesaria (mínimo 600.000 €), el seguro de Responsabilidad Civil que cubra los posibles daños a la propiedad, su personal e

instalaciones, y a terceros, derivados de la realización de las obras contratadas, así como la responsabilidad legalmente exigible por los daños ocasionados por el error o negligencia en la gestión de la seguridad.

Igualmente, habrá de concertar el de Responsabilidad Civil Patronal (mínimo 150.000 € por víctima) que cubra a su propio personal y al de sus subcontratistas, comprometiéndose a ampliar el alcance de los mismos si en opinión de la propiedad se hiciera preciso.

Los vehículos de propulsión mecánica autorizados a circular por vías públicas, estarán obligatoriamente asegurados, como mínimo, con la garantía de Responsabilidad Civil ilimitada durante su permanencia en el recinto de la obra. En caso de tratarse de camiones deberá contratarse una póliza que cubra la Responsabilidad Civil de la carga o en su defecto, deberá presentarse copia de la Póliza de responsabilidad civil general de la empresa propietaria del camión, en la que se garantice dicha cobertura.

2.15 Subcontratación

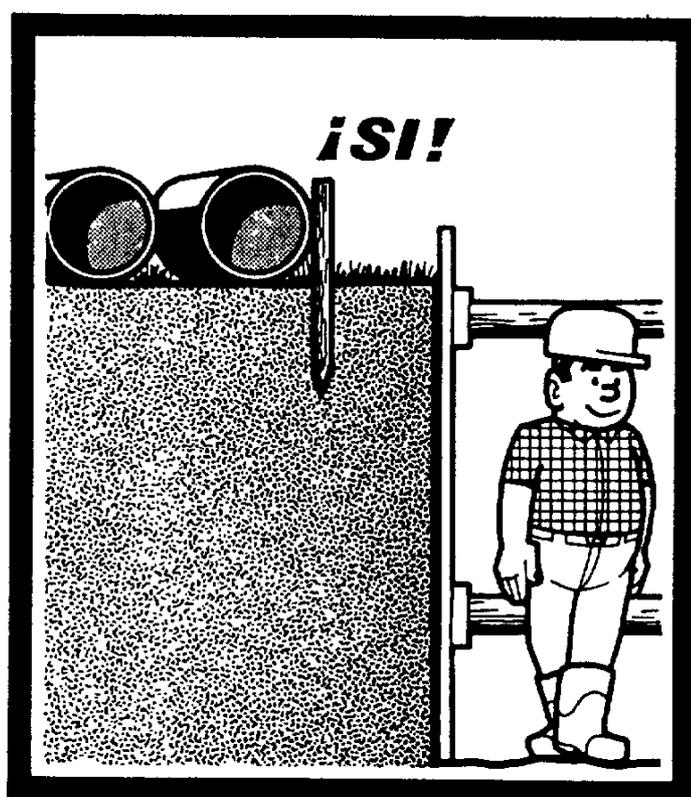
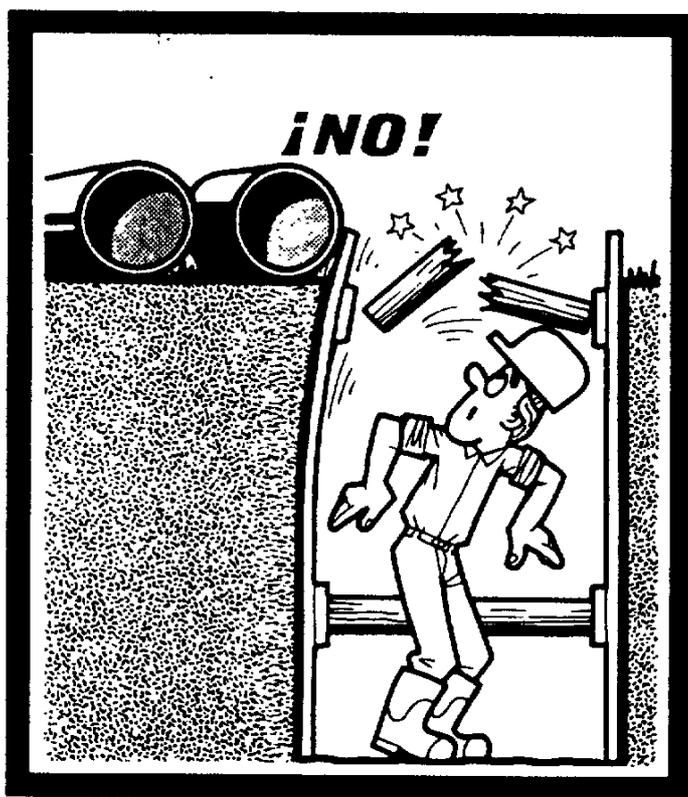
Sin previa autorización escrita de la propiedad, el contratista no podrá ceder o traspasar a terceros obligaciones o derechos nacidos del pedido o contrato. Para la cesión, la propiedad dará su conformidad a la selección del subcontratista.

El contratista será responsable único ante la propiedad de la realización de la obra en su totalidad, independientemente de las responsabilidades que él pueda exigir a sus suministradores o subcontratistas.

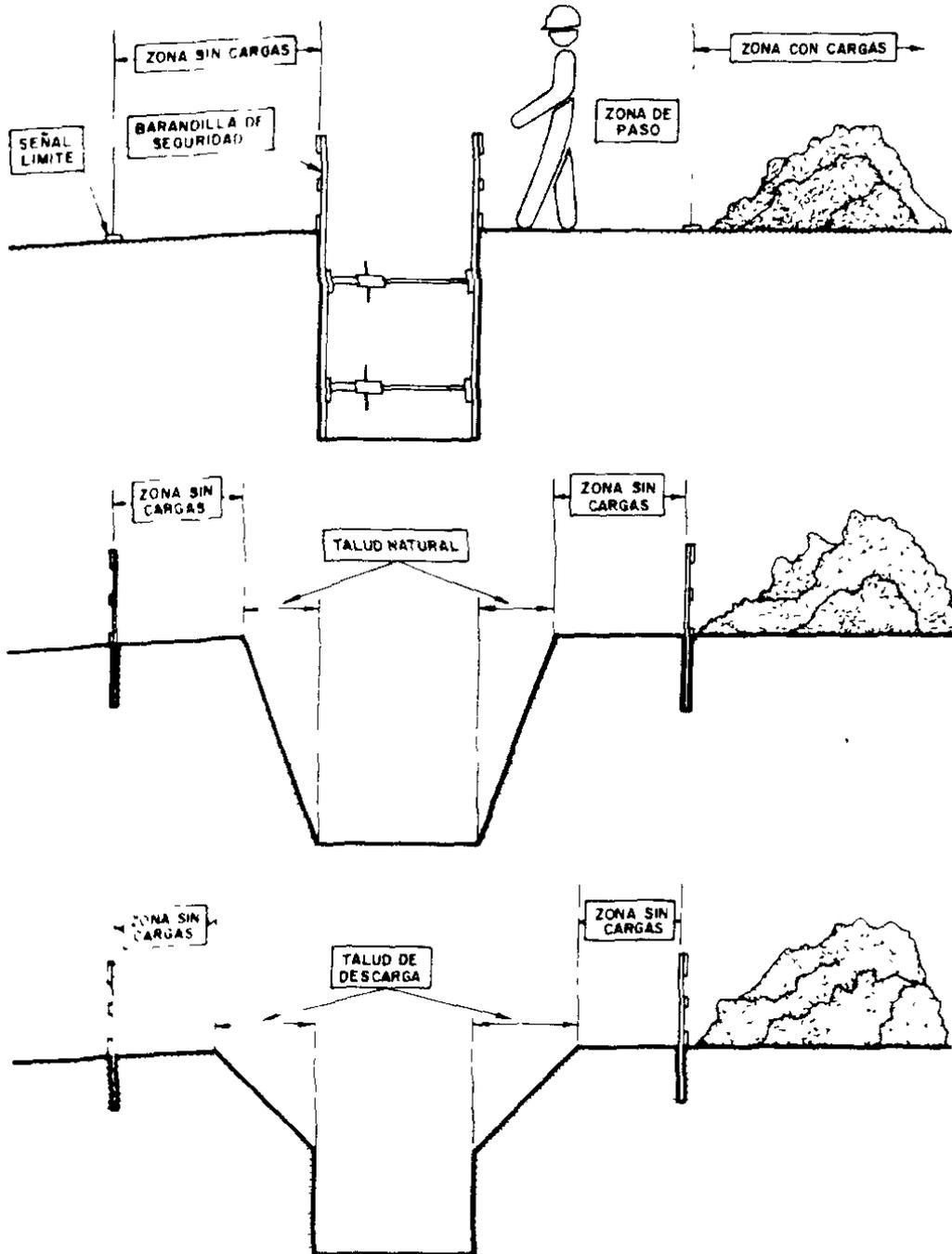
3. PLANOS DE SEGURIDAD

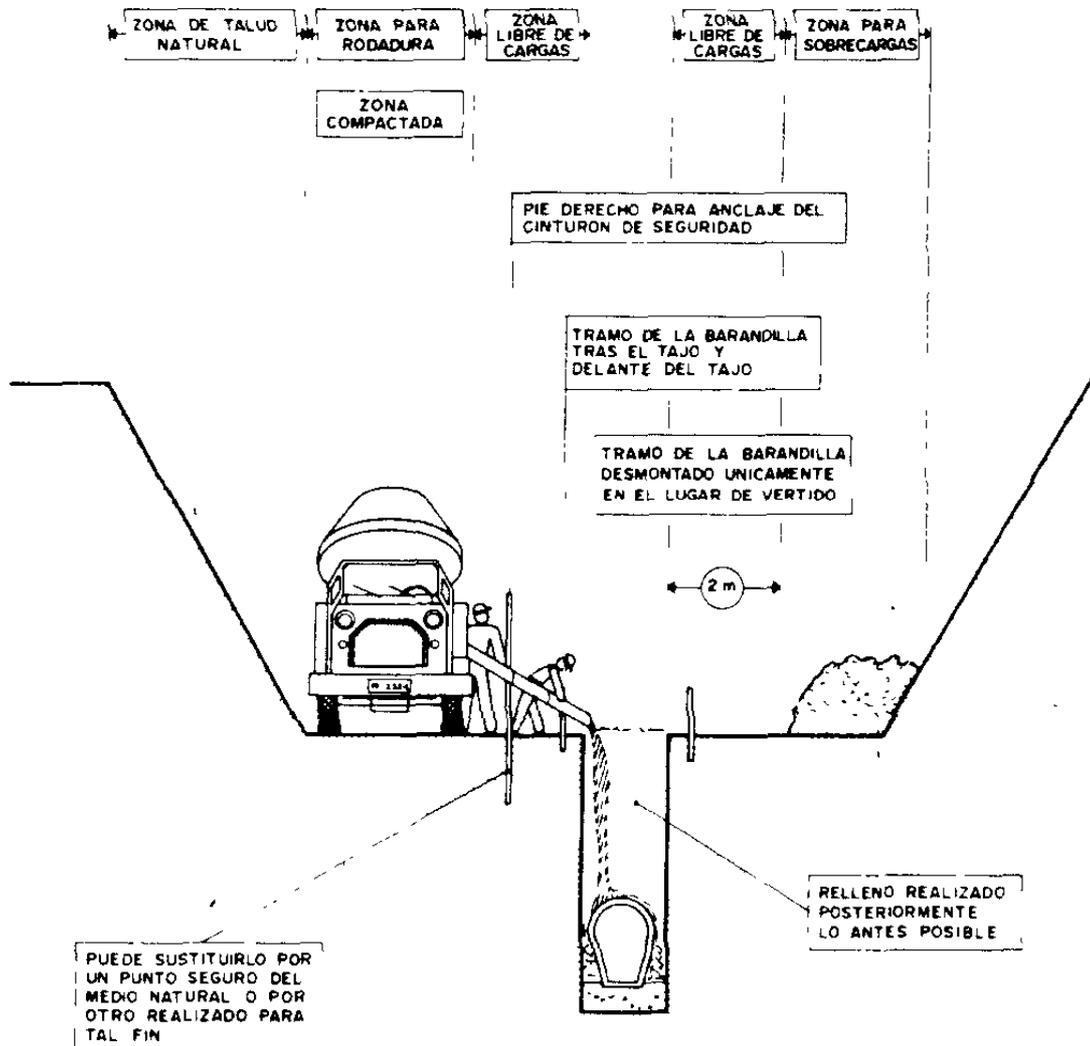
Un plano de seguridad es la representación gráfica de la prevención descrita en la memoria de seguridad y salud y en coordinación con el pliego de condiciones particulares. Son unos planos genéricos, que cumplen tan solo con la idea de dar pistas al contratista sobre cómo representar coherentemente la prevención. No permiten la medición ni el presupuesto exacto como consecuencia de su indefinición.

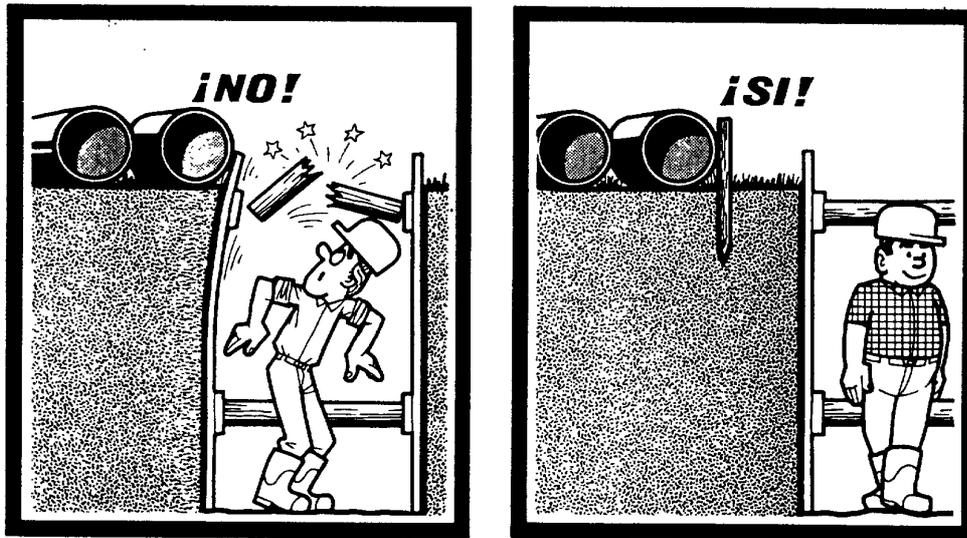
EXCAVACIÓN. APERTURA DE ZANJAS



Se debe reservar un espacio suficiente entre el borde de la zanja y los materiales.







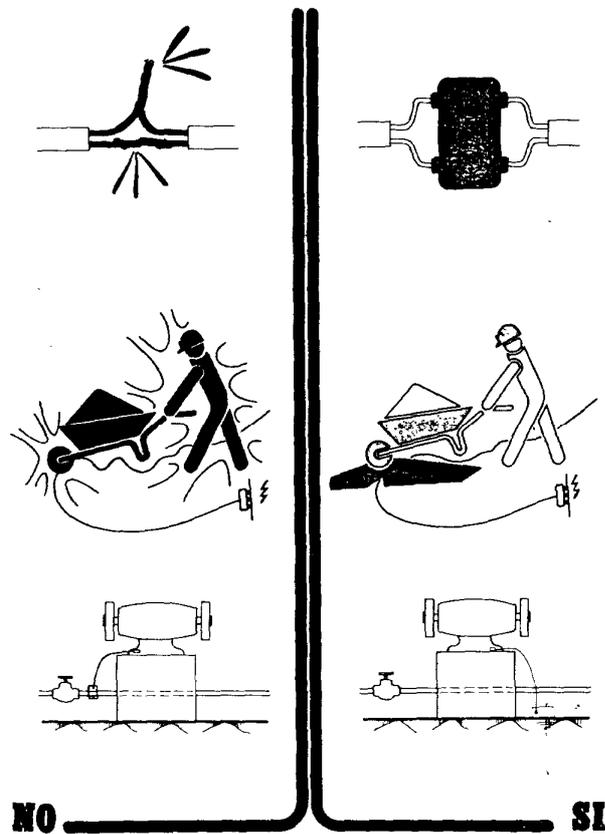
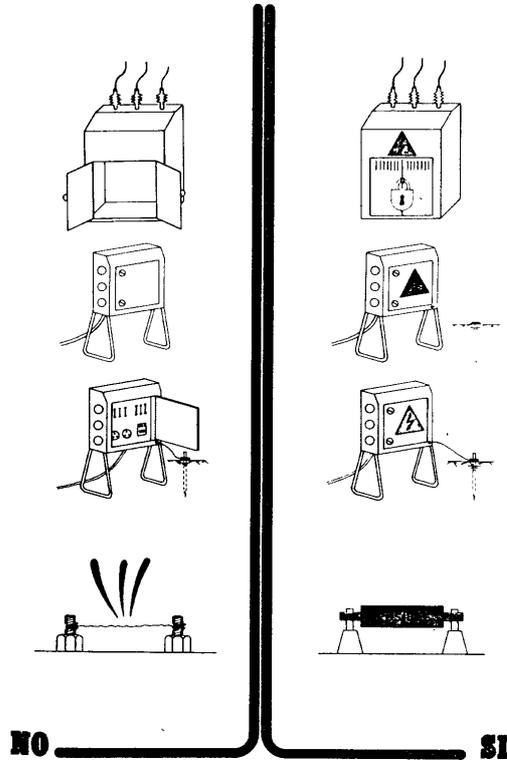
Se debe reservar un espacio suficiente entre el borde de la zanja y los materiales.

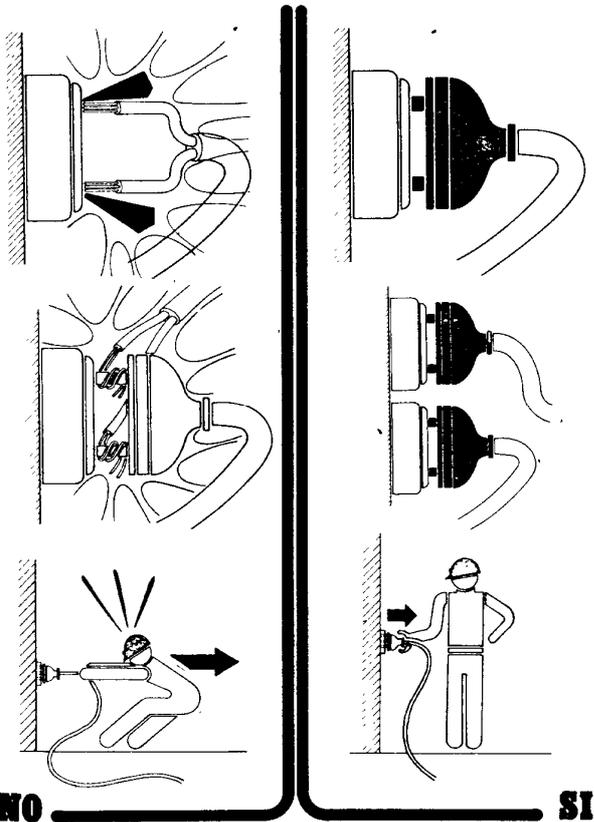
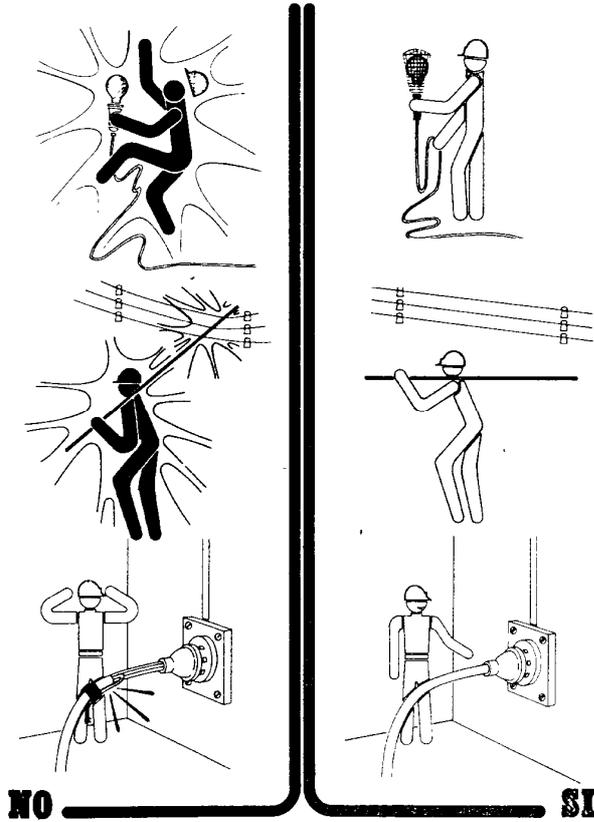
Las zanjas deben entibarse.



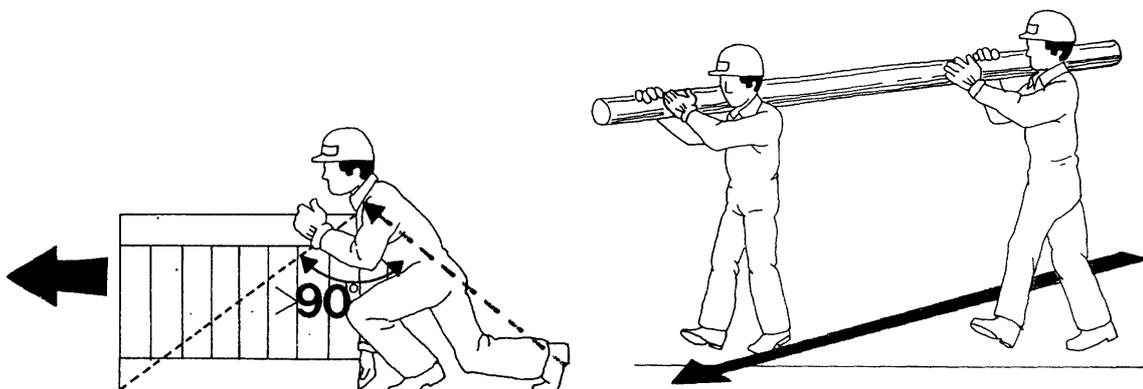
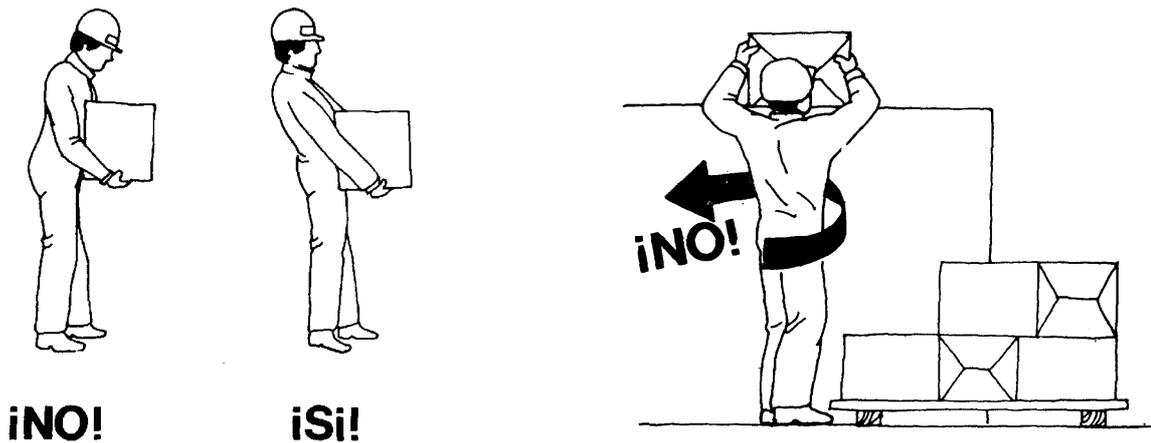
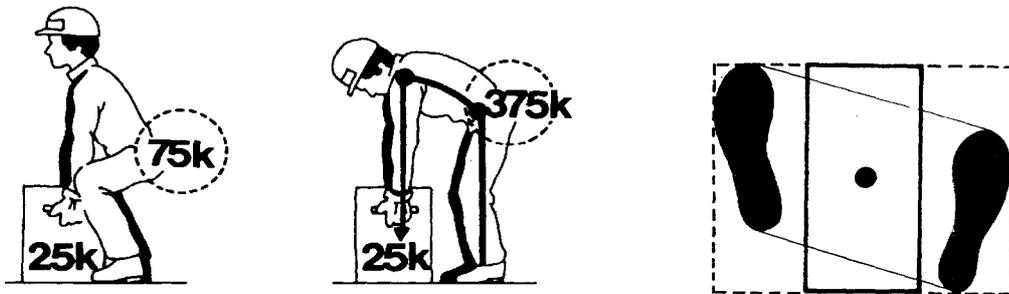
Profundidad de la zanja superior a 1,5 metros.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL DE OBRA

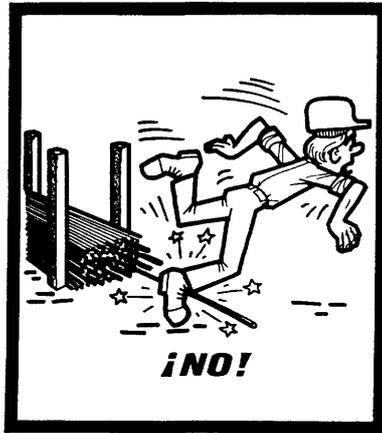




MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS



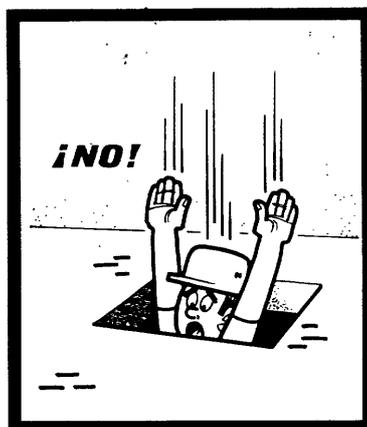
ORDEN Y LIMPIEZA



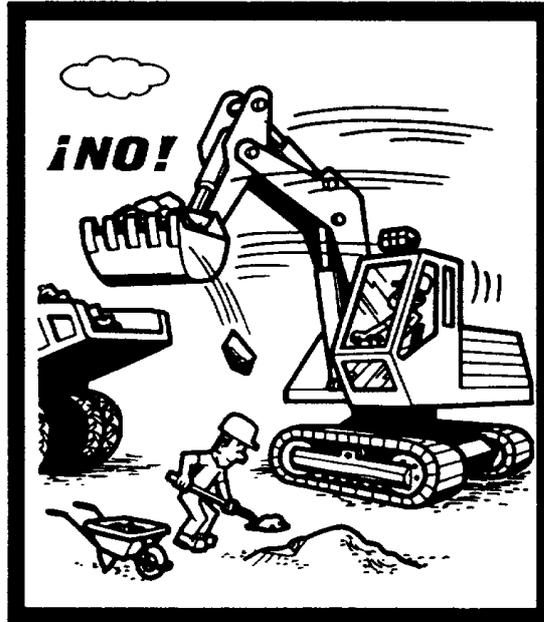
Almacenar los materiales correctamente para evitar todos los riesgos de accidentes debidos al paso de los trabajadores.



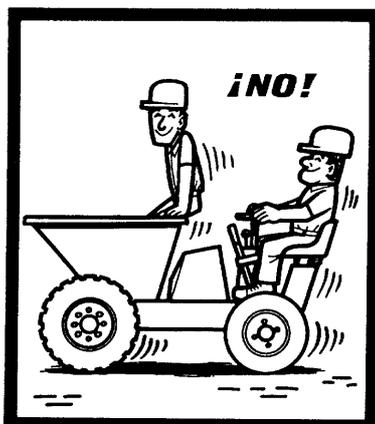
Mantener los puestos de trabajo en orden, los materiales ordenados, la circulación despejada, así se evitarán los resbalones y las caídas.



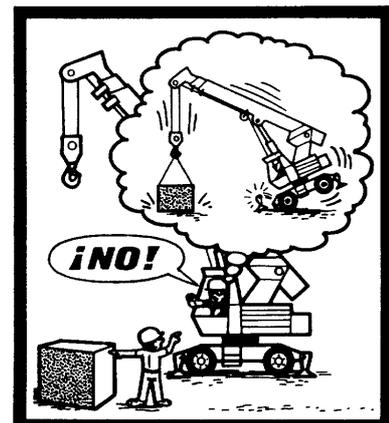
MAQUINARIA DE OBRA



Permanecer fuera del radio de acción de la maquinaria de obra



Está formalmente prohibido transportar a personas por medio de los montacargas, grúas y demás aparatos destinados únicamente al transporte de cargas.

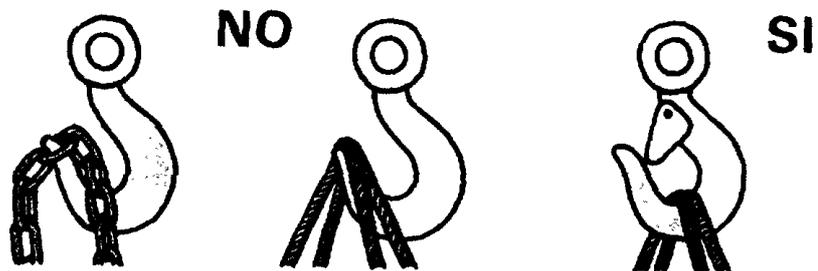


No sobrepasar la carga máxima de utilización, que debe estar bien visible, para los montacargas, grúas y demás aparatos de elevación.

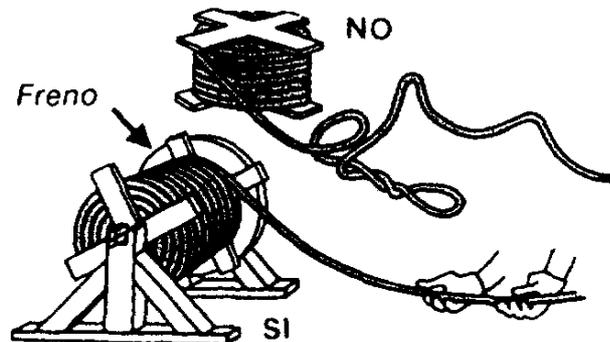
ELEMENTOS DE IZADO

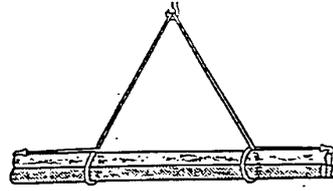


Aislar de las aristas vivas las eslingas, cadenas y cuerdas.

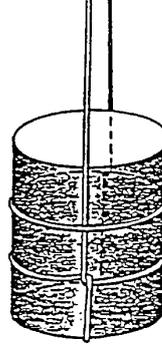


Esfuerzos soportados por asiento del gancho con pestillo de seguridad

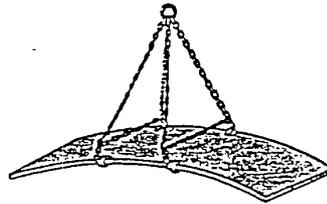




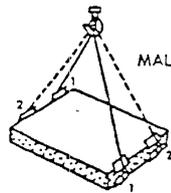
CARGA LARGA (DOS ESLINGAS)



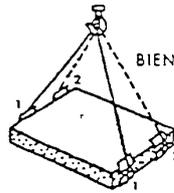
AMARRE DE BIDONES



PLANCHA LARGA



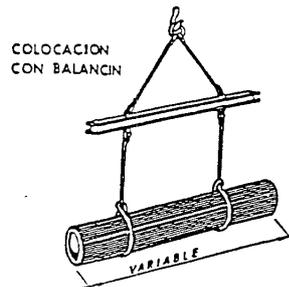
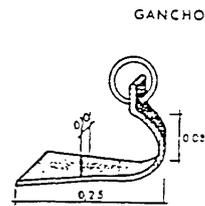
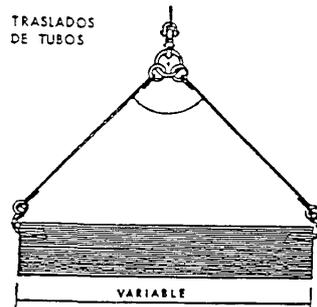
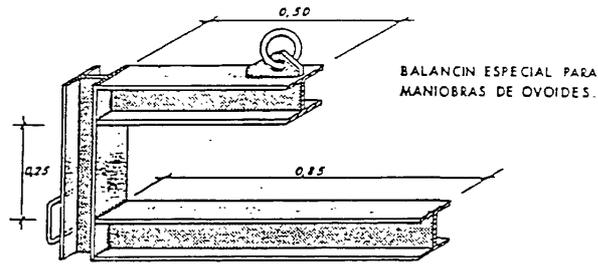
MAL



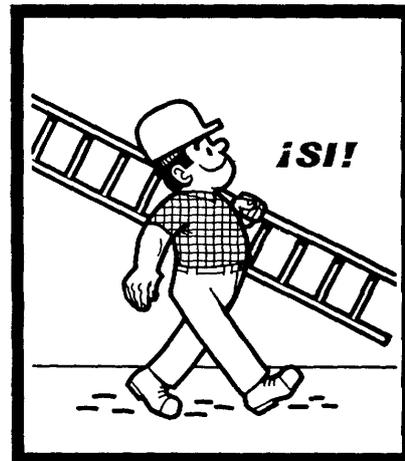
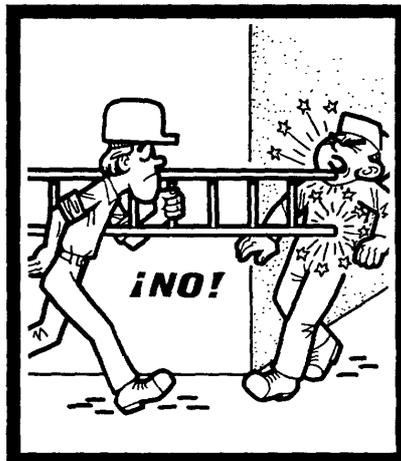
BIEN

CARGA CON DOS ESLINGAS SIN FIN





ESCALERAS



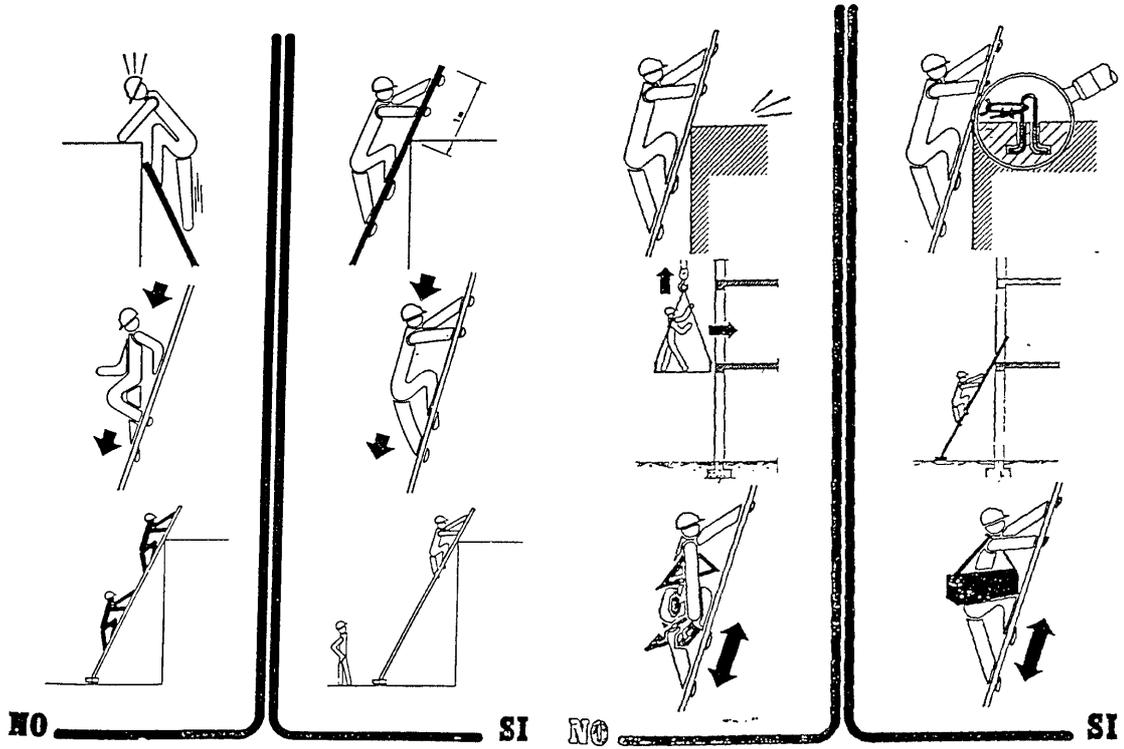


Instalar las escaleras sobre un suelo estable, contra una superficie sólida y fija, y de forma que no puedan resbalar, ni bascular.

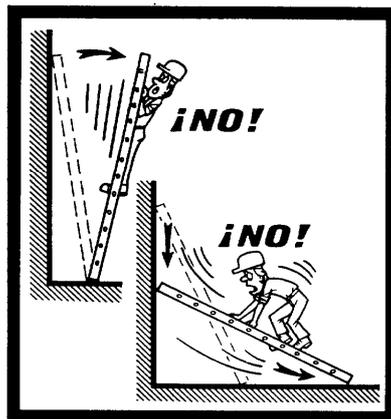


Hacer traspasar las escaleras por lo menos un metro por encima del piso de trabajo al que dan paso.

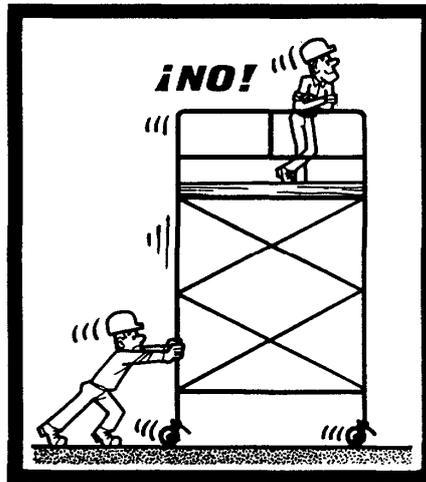




Vigilar que la separación del pié de escalera, de la superficie de apoyo, sea la correcta.



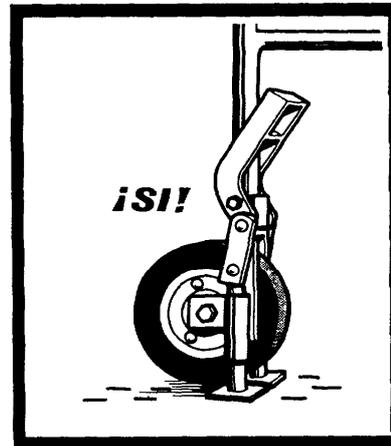
ANDAMIOS



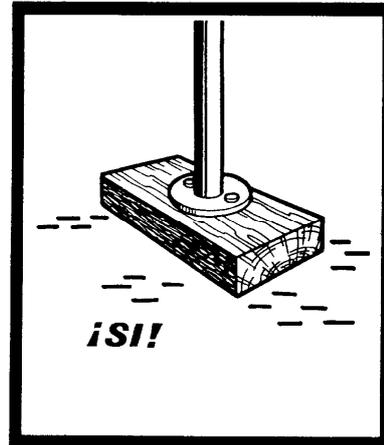
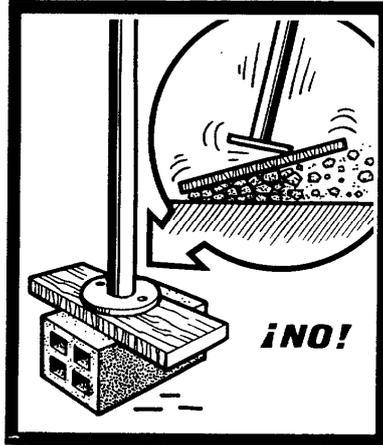
Los andamios rodantes sólo deben ser desplazados lentamente, prefiriendo el sentido longitudinal, sobre suelos bien despejados.

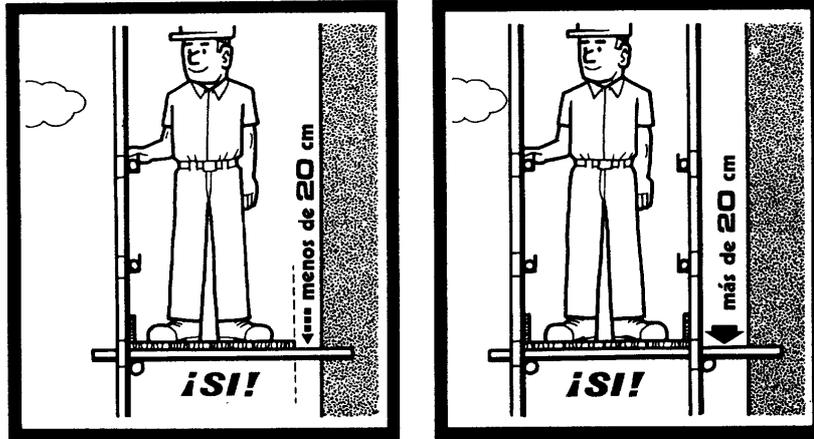
Nadie debe encontrarse en el andamio durante los desplazamientos.

Antes de cualquier desplazamiento, asegurarse de que no pueda caer ningún objeto.



Antes de subir a un andamio rodante, bloquear las ruedas y si es necesario colocar los estabilizadores.





4. MEDICIONES

4.1 Mediciones

Las mediciones relacionadas con los temas de Seguridad y Salud para la prevención de riesgos, se dimensionarán para su empleo y posterior presupuestación. A efectos de sistematización se establecen los siguientes conceptos:

- Prevención y formación
- Servicio Médico
- Protecciones colectivas
- Protecciones personales
- Instalaciones de Higiene

Los criterios de medición y presupuestación de cada concepto, se indican a continuación:

4.1.1 Prevención y formación

La medición se realiza en base a Horas-hombre correspondientes al Técnico de Seguridad y Salud, que se prevén dedicar a la asistencia técnica, inspección, formación, etc.

4.1.2 Servicio médico

Comprende el reconocimiento anual a cada uno de los trabajadores que intervengan en la ejecución de la obra, así como la emisión del informe correspondiente respecto a si resulta o no apto para el trabajo a desarrollar. Su presupuestación se realiza en base importe por trabajador.

4.1.3 Protecciones colectivas

La medición se realiza en base a una determinada dotación anual por operario. Su presupuestación se obtiene partiendo de la citada dotación anual, precio unitario, número de operarios y duración estimada de la obra.

4.1.4 Protecciones individuales

Tanto su medición como presupuestación, se realiza en base a los mismos conceptos indicados en el concepto anterior de protecciones colectivas.

4.1.5 Instalaciones de higiene y primeros auxilios

Su medición se realiza en base a las unidades previstas, precio unitario, número de operarios y duración estimada de la obra.

8.4. Normativa

- UNE-EN 60909-0
 - Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna
- UNE-EN_60076-1
 - Transformadores de potencia. Parte-1: Generalidades.
- UNE-EN_60076-2
 - Transformadores de potencia. Parte-2: Calentamiento.
- UNE-EN_60076-3
 - Transformadores de potencia. Parte-3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
- UNE-EN_60076-4
 - Transformadores de potencia. Parte-4: Guía para el ensayo de impulso tipo rayo e impulso tipo maniobra.
- UNE-EN_60076-5
 - Transformadores de potencia. Parte-5: Aptitud para soportar cortocircuitos.
- UNE-EN_60076-10
 - Transformadores de potencia. Parte-10: Determinación de los niveles de ruido.
- UNE-EN_60076-11
 - Transformadores de potencia. Parte-11: Transformadores tipo seco.
- UNE-EN 60.270
 - Técnicas de Ensayo en Alta Tensión. Medidas de las Descargas Parciales.
- UNE-HD 620-1
 - Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 1: Requisitos Generales.
- UNE-HD 632-1
 - Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV ($U_m=42$ kV) hasta 150 kV ($U_m=170$ kV). Parte 1: requisitos generales de ensayo.
- UNE 21143
 - Ensayo de cubiertas exteriores de cables que tienen una función especial de protección y que se aplican por extrusión.
- UNESA 6407B
- UNE-EN 60265-1
 - Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1Kv e inferiores a 52 Kv.

- UNE-EN 60694
 - Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión.
- FT000361
 - Instalación de Media Tensión y acometida en Baja Tensión para el aerogenerador G52-850kW

