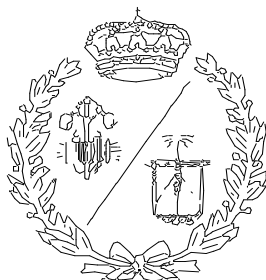


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL
SUMINISTRO A BUQUES EN EL ASTILLERO
(COLD IRONING)
(ELECTRICAL INSTALLATION FOR SHIP
SUPPLY AT THE SHIPYARD)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Adolfo Iza Fernández

Julio - 2022

RESUMEN

El tráfico marítimo es uno de los mayores emisores de contaminación a nivel global. Así, los buques emiten todo tipo de gases contaminantes dañinos para el medio ambiente y también para la salud.

La mayoría de las emisiones de los barcos se dan cuando estos están navegando, normalmente en alta mar, lejos de la costa, en una zona con poca concentración de gases nocivos. Sin embargo, desde que llegan a puerto hasta su partida siguen en funcionamiento los motores auxiliares para mantener en funcionamiento todos los servicios que precisan de energía eléctrica.

Normalmente los puertos están situados cerca de las grandes urbes, donde hay una gran densidad de población y se produce una gran concentración de gases nocivos. La contaminación proveniente de los motores auxiliares es perfectamente evitable, ya que la energía podría obtenerse de la red eléctrica relocalizando la emisión fuera de las ciudades o incluso eliminando en caso de que se produzca la energía de fuentes renovables.

El no funcionamiento de los motores conlleva también otros beneficios, como son la reducción de los ruidos y vibraciones. También hay que tener en cuenta el ahorro en los costes de mantenimiento. En el caso del astillero hay que suministrar agua a los motores para su refrigeración, lo cual supone un incremento de la ineficiencia.

También existen políticas europeas de cara a promover este tipo de instalaciones.

Una de las posibles soluciones a esta problemática es la instalación de un punto de conexión eléctrica a los buques que permita la conexión de estos durante su estancia en el astillero.

En este trabajo se definen las características de la instalación a diseñar, y se seleccionan los equipos e infraestructura necesaria. Así, se plantea la creación de un centro de transformación de 2 MVA que se conecte a la subestación que da suministro al astillero. Este centro de transformación se alimentará a 12 kV y 50 Hz. Posteriormente con un transformador se reducirá la tensión a 480V, manteniendo los 50 Hz y se conectará a un

convertidor de frecuencia con el que obtendremos una frecuencia de 60 Hz. Después con un transformador elevador se pasará la tensión a 6.6 kV con la frecuencia de 60 Hz.

Se diseñará la acometida subterránea para la conexión del centro de transformación al punto de conexión que estará situado lo más cerca posible del dique, pasando las vías donde se mueven las grúas. A este punto de conexión conectaremos el sistema de gestión de cable para poder llegar fácilmente después al punto de conexión del buque.

Por último, se realizará la presupuestación de la solución propuesta.

ABSTRACT

Maritime traffic is one of the largest emitters of pollution globally. Thus, ships emit all kinds of polluting gases that are harmful to the environment and also to health.

Most emissions from ships occur when they are sailing, normally on the high seas, far from the coast, in an area with a low concentration of harmful gases. However, from the time they arrive in port until their departure, auxiliary engines continue to operate to keep all the services that require electrical energy running.

Ports are usually located near large cities, where there is a high population density and a high concentration of noxious gases. Pollution from auxiliary engines is perfectly avoidable, since the energy could be obtained from the electrical grid by relocating the emission outside the cities or even eliminating it if the energy is produced from renewable sources.

The non-operation of engines also brings other benefits, such as the reduction of noise and vibrations. The savings in maintenance costs must also be taken into account. In the case of the shipyard, water has to be supplied to the engines for cooling, which increases inefficiency.

There are also European policies to promote this type of installations.

One of the possible solutions to this problem is the installation of an electrical connection point to the ships that allows the connection of these during their stay in the shipyard.

In this project, the characteristics of the installation to be designed are defined, and the necessary equipment and infrastructure are selected. Thus, it is proposed the creation of a 2 MVA transformation center to be connected to the substation that supplies the shipyard. This transformation center will be fed at 12 kV and 50 Hz. Subsequently, a transformer will reduce the voltage to 480 V, maintaining the 50 Hz and will be connected to a frequency converter that will provide a frequency of 60 Hz. Then, with a step-up transformer, the voltage will be increased to 6.6 kV with a frequency of 60 Hz.

The subterranean electrical connection will be designed for the connection of the transformation center to the connection point, which will be located as close as possible to

the dock, passing the tracks where the cranes move. To this connection point we will connect the cable management system in order to easily reach the connection point of the vessel.

Finally, the budgeting of the proposed solution will be carried out.

Índice

1	ESTADO DEL ARTE	11
1.1	CONCEPTO	11
1.2	CONTAMINACIÓN GENERADA POR EL TRANSPORTE MARITIMO	12
1.2.1	Dióxido de carbono (CO ₂)	12
1.2.2	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	14
1.2.3	Óxidos de Azufre (SO _x)	15
1.2.4	Ruido	18
1.3	TIPO DE INSTALACIONES	21
1.3.1	OPS vs OGSP.....	21
1.3.2	Tensiones de alimentación, HVSC vs LVSC	22
1.3.3	Frecuencia.....	24
1.3.4	Potencia	24
1.4	REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA	26
1.4.1	En puerto	26
1.4.2	En el buque	28
1.5	REGULACIÓN	30
1.5.1	Políticas.....	30
1.5.2	Incentivos para su adopción	33
1.5.3	Estándares aplicables	37
1.6	EJEMPLOS	38
1.6.1	Empresas suministradoras.....	38
2	DISEÑO DE LA INSTALACION	42
2.1	CONTEXTO	42
2.2	PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN	45
2.2.1	OPS vs OGPS.....	45
2.2.2	Potencia	46

2.2.3	Tensiones de alimentación	47
2.2.4	Frecuencia.....	47
2.3	ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN	48
2.3.1	Convertidor de Frecuencia.....	48
2.3.2	Transformadores.....	50
2.3.3	Conductores	51
2.3.4	Puesta a tierra.....	51
2.3.5	Canalizaciones.....	52
2.3.6	Aparamenta de maniobra y protección.....	52
2.3.7	Punto de conexión	52
2.3.8	Sistema de gestión de cable, cable y clavija de conexión	56
3	CALCULOS.....	58
3.1	CONDUCTORES	58
3.1.1	Acometida 1 (Subestación de entrada a Subestación de transformación)	63
3.1.2	Acometida 2 (Subestación de transformación a Caja de conexión)	64
3.2	RED DE TIERRAS.....	65
3.2.1	Sección mínima del conductor de tierra.....	65
3.2.2	Valores máximos admisibles de la tensión de paso y de contacto	66
3.2.3	Valores reales de las tensiones de paso y de contacto	67
3.2.4	Resistencia de puesta a tierra	70
4	PLIEGO DE CONDICIONES	71
4.1	OBJETO	71
4.2	DISPOSICIONES GENERALES	71
4.2.1	Condiciones facultativas legales	71

4.2.2	Seguridad en el trabajo	72
4.2.3	Seguridad pública	73
4.3	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	73
4.3.1	Datos de la obra	73
4.3.2	Replanteo de la obra	74
4.3.3	Mejoras y variaciones del Proyecto	74
4.3.4	Recepción del material	75
4.3.5	Organización	75
4.3.6	Facilidades para la inspección.....	75
4.3.7	Ensayos	76
4.3.8	Limpieza y seguridad en las obras.....	76
4.3.9	Medios auxiliares	76
4.3.10	Ejecución de las obras	76
4.3.11	Subcontratación de las obras.....	77
4.3.12	Plazo de ejecución	77
4.3.13	Recepción provisional	78
4.3.14	Periodos de garantía	78
4.3.15	Recepción definitiva	79
4.3.16	Pago de obras.....	79
4.3.17	Abono de materiales acopiados.....	80
4.4	LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN	80
4.4.1	Trazado	80
4.4.2	Apertura de zanjas	81
4.4.3	Canalización	83
4.4.4	Puntos de acceso.....	88
4.4.5	Paralelismos.....	89
4.4.6	Cruzamientos	92
4.4.7	Acometidas	95
4.4.8	Transporte de bobinas de cables	95

4.4.9	Tendido de cables.....	97
4.4.10	Empalmes	100
4.4.11	Protección mecánica	100
4.4.12	Señalización	100
4.4.13	Cierre de zanjas	101
4.4.14	Reposición de pavimentos.....	101
4.4.15	Puesta a tierra.....	102
4.5	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	102
4.5.1	Emplazamiento	102
4.5.2	Excavación	102
4.5.3	Acondicionamiento	102
4.5.4	Tabiques interiores.....	103
4.5.5	Acabados	104
4.5.6	Edificio prefabricado de hormigón.....	105
4.5.7	Evacuación y extinción del aceite aislante	107
4.5.8	Ventilación	107
4.5.9	Puertas.....	107
4.5.10	Aparamenta alta tensión.....	108
4.5.11	Transformadores.....	110
4.5.12	Equipos de medida	111
4.5.13	Acometidas subterráneas	112
4.5.14	Alumbrado	112
4.5.15	Puestas a tierra	113
4.6	MATERIALES	114
4.6.1	Cables	114
4.7	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	115
4.7.1	Pruebas reglamentarias.....	115
4.7.2	Aseguramiento de la calidad	116
4.8	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	117

4.8.1	Prevenciones generales	117
4.8.2	Puesta en servicio	118
4.8.3	Separación de servicio	118
4.8.4	Mantenimiento	119
4.9	DISPOSICIONES FINALES.....	119
4.9.1	Certificados y documentación	119
4.9.2	Libro de Órdenes	120
4.9.3	Recepción de la obra	120
5	PRESUPUESTO	122
5.1	OBRA CIVIL	122
5.2	LINEAS ELÉCTRICAS	122
5.2.1	Acometida 1	122
5.2.2	Acometida 2	123
5.2.3	Acometida puesta a tierra del buque.....	123
5.3	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	124
5.4	EQUIPO DE GESTIÓN DE CABLE	125
5.5	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	125
5.6	DESGLOSE TOTAL	125
6	PLANOS	127
7	BIBLIOGRAFÍA.....	131

1 ESTADO DEL ARTE

1.1 CONCEPTO

El Cold Ironing consiste en el suministro de electricidad del puerto al buque cuando los motores principales y auxiliares del buque están apagados. Los motores principales siempre se apagan al atracar en puerto. Sin embargo, los motores auxiliares, algunas veces, siguen en funcionamiento para alimentar los servicios del buque que requieren de corriente eléctrica, [1].

El termino Cold Ironing surge de los tiempos cuando todos los buques usaban todavía motores de carbón. Cuando los buques llegaban a puerto no había necesidad de alimentar a los motores contruidos en acero (Iron) con más carbón y estos se iban enfriando hasta el punto de llegar a estar totalmente fríos (Cold), [1].

También se usan otros muchos nombres para describir este tipo de conexión eléctrica de tierra al buque. Ejemplos de sus variados nombres son los mostrados mediante sus acrónimos en inglés, idioma estandarizado para todas las comunicaciones del ámbito marítimo:

- OPS: Onshore power supply
- OGSP: Off Grid Shore Power
- AMP: Alternative Maritime Power
- HVSC: High Voltage Shore Connection
- LVSC: Low Voltage Shore Connection
- S2SP: Shore to Ship Power
- SSE: Shore Side Electricity

1.2 CONTAMINACIÓN GENERADA POR EL TRANSPORTE MARITIMO

Más del 90% del comercio mundial se realiza por mar a través de unos 90.000 buques. Los barcos utilizan combustibles fósiles al igual que la mayoría de medios de transporte, por tanto, tienen las emisiones propias de este tipo de combustible. Sin embargo, los combustibles marítimos son más contaminantes ya que tienen un mayor contenido en azufre y partículas en suspensión, [2].

1.2.1 Dióxido de carbono (CO₂)

Más del 3% de las emisiones globales de CO₂ provienen del transporte marítimo. Esta cantidad se aproxima a la emitida por los principales países emisores de carbono. De hecho, si considerásemos el transporte marítimo como un país sería el sexto emisor de este tipo de gases de efecto invernadero, solo por detrás de Estados Unidos, China, Rusia, India y Japón, [2].

Dentro de las formas de disminución de las emisiones de CO₂ tenemos varias alternativas:

Medidas operacionales

Reducir la urgencia de los envíos y la optimización de las rutas de transporte son métodos efectivos para la disminución de los consumos de combustible. La reducción de un 12% de la velocidad de cruce puede significar un ahorro del 27% de combustible y, por tanto, reduce las emisiones de efecto invernadero. La optimización de las rutas de transporte en función de las condiciones climáticas también puede suponer un ahorro del 3% en combustible, [3].

Medidas sobre el diseño del buque

El diseño del casco del buque, la optimización de la hélice del barco, la instalación u optimización del bulbo¹ (ver Ilustración 1), el uso de pinturas de baja resistencia al rozamiento, [3].

¹ Bulbo: Elemento que se instala en la proa del buque por debajo del nivel del agua que crea una ola que, de igual magnitud, pero de signo contrario a la que crearía la proa sin el bulbo. De esta forma se consigue eliminar la ola que genera el barco al pasar y disminuye la resistencia al movimiento.



Ilustración 1: Ejemplo de bulbo. Fuente: crucerofun.com

Uso de energías renovables

Una de las líneas de investigación que se están siguiendo a día de hoy es el aprovechamiento del viento para ayudar a ahorrar combustible.

Este aprovechamiento se puede hacer mediante la instalación de generadores eólicos que almacenan la energía eléctrica en baterías y se puede usar para los consumos del buque.

Otra forma de aprovechamiento del viento que se está utilizando actualmente es la instalación de velas en forma de ala de avión (ver Ilustración 2) para proporcionar un empuje extra al buque y permitirle avanzar con un consumo menor. Este tipo de velas normalmente se pueden plegar en condiciones de mala mar para evitar peligros innecesarios, [3].



Ilustración 2: Ejemplo de instalación de velas en un buque. Fuente: spanishports.es

1.2.2 Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Otro de las grandes preocupaciones respecto a las emisiones es la emisión de NO_x que se produce al realizar la combustión.

Para la combustión, dentro del motor, se mezcla el combustible con aire que tiene una composición de 21% de oxígeno y 78% de nitrógeno. En principio, el nitrógeno es inocuo para el ser humano, pero bajo ciertas condiciones que se producen durante el proceso de combustión el nitrógeno reacciona con el oxígeno y se forman los NO_x . Este tipo de gases se forman en todos los motores de combustión, pero en el caso de los barcos, al quemar grandes cantidades de combustible, suponen un problema aún mayor, [4].

La generación de este tipo de gases se puede intentar paliar reduciendo la temperatura de la combustión o usando un combustible de calidad. Otra forma de reducir la emisión de este tipo de gases es mediante el uso de scrubbers² que mediante el uso de un ácido en forma líquida pueden ser absorbidos, [5].

² Scrubbers: Chimenea donde se realiza el lavado de los gases de escape con un líquido que captura los elementos nocivos del mismo, como pueden ser los NO_x y los SO_x



Ilustración 3: Ejemplo de emisión visible de un buque. Fuente: tiempo.com

1.2.3 Óxidos de Azufre (SO_x)

Una de las preocupaciones más grandes respecto a las emisiones generadas por el transporte marítimo son las emisiones de óxidos de azufre (SO_x). De hecho, la IMO³ ha tomado acciones al respecto, para reducir las emisiones de este tipo de óxidos y sus consecuentes efectos negativos sobre la salud y el medioambiente, [6].

Esta nueva política, de bajas emisiones de SO_x, entró en vigor el 1 de enero de 2020 (ver Ilustración 4). El límite global de contenido en azufre del combustible se verá reducido al 0.5% en todo el mundo. En las áreas de emisiones controladas ya era del 0.1% desde 2015 (ver Ilustración 5, Ilustración 6, Ilustración 7), [7].

Con este nuevo límite se espera que las emisiones de SO_x se reduzcan entorno al 77%, equivalente a una reducción anual aproximada de 8.5 millones de toneladas métricas de SO_x. Como consecuencia se espera una reducción de los infartos, cáncer pulmonar, asma y de las enfermedades de tipo respiratorio y cardiovascular en general. La reducción de las emisiones también previene la lluvia ácida, la acidificación del océano, beneficiando al

³ IMO: International Maritime Organization (Organización Marítima Internacional)

ecosistema en general, pero, sobre todo, a los más dependientes de la calidad del agua, como son las especies acuáticas y todo tipo de cultivos y plantas, [7].

Se permite a los armadores el uso de combustibles de alto grado en azufre HSFO (High Sulphur Fuel Oil) mientras hagan uso de scrubbers para filtrar los gases de escape. [8]

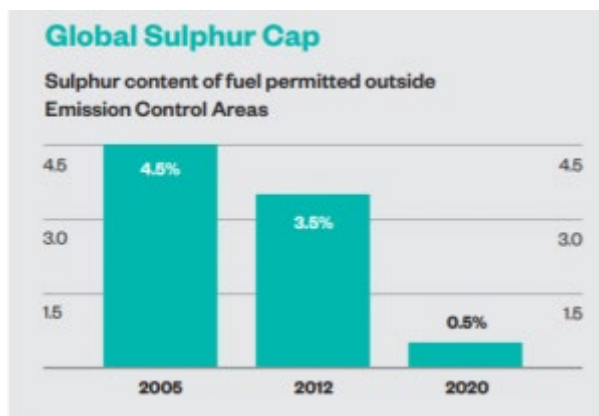


Ilustración 4: Limite global de contenido de Azufre en el combustible. Fuente: [9]

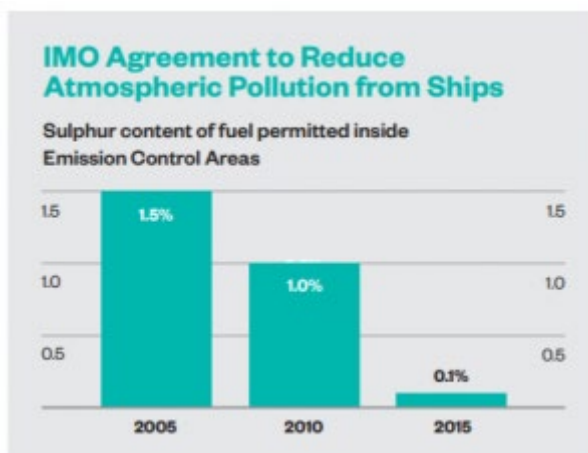


Ilustración 5: Limite de contenido de Azufre en el combustible en zonas ECA⁴/SECA⁵. Fuente: [9]

⁴ ECA: Emission Controlled Area (Área de Emisiones Controladas)

⁵ SECA: Sulphur Emission Controlled Area (Área de Emisiones Controladas de Azufre)

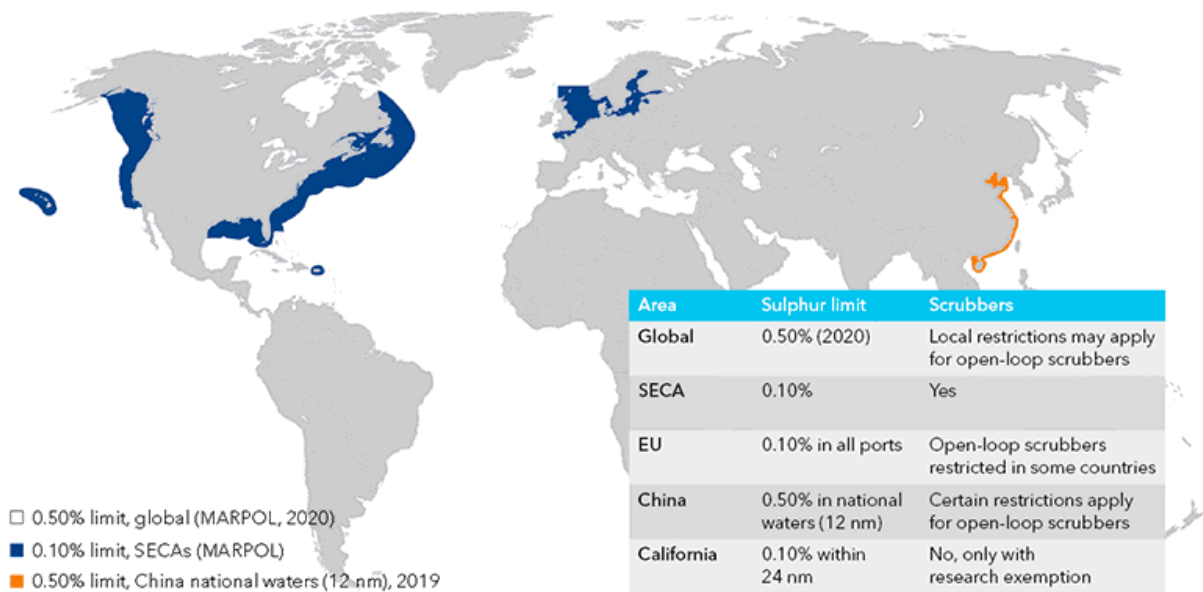


Ilustración 6: Mapa de zonas con limitación de Azufre en el combustible o límites en el uso de scrubbers. Fuente: [8]

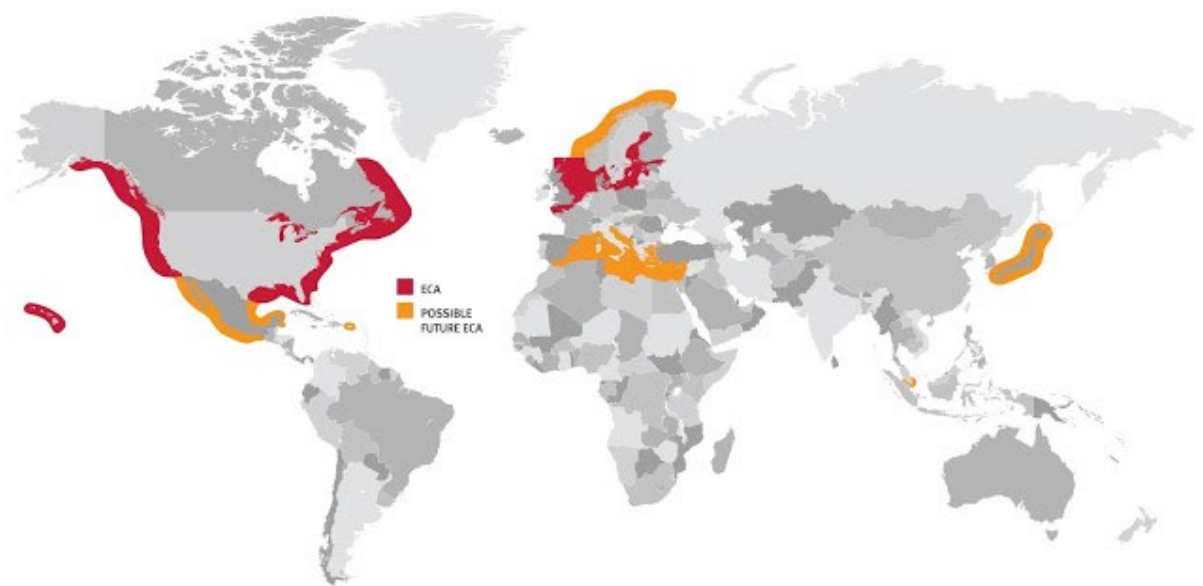


Ilustración 7: Mapa de zonas ECA actuales y las que se valoran a futuro. Fuente: [10]

1.2.4 Ruido

El ruido es un problema en la mayoría de los entornos de trabajo de un ambiente industrial, supone un riesgo laboral, bajo el cual, si se superan ciertos umbrales requieren de la toma de acciones preventivas para evitar o reducir el impacto de este.

Efectos

El ruido puede llegar a provocar, generalmente:

- Aumento de la tensión muscular
- Irritabilidad
- Fatiga física acelerada
- Taquicardia y aumento de la tensión sanguínea
- Efectos sobre el metabolismo y la digestión
- Forzar la voz, con las consecuencias que puede tener como disfonía y afonía

En casos de estar sometido a niveles altos de ruido de forma continua se pueden provocar lesiones auditivas progresivas, que no se manifiestan hasta pasado cierto tiempo y que pueden llegar a causar sordera.

Estos problemas se pueden llegar a dar dependiendo de la intensidad y el tiempo de exposición al ruido.

Medida

Los aparatos utilizados para la medición del nivel sonoro son los llamados sonómetros y dosímetros. Las mediciones se han de hacer por personal cualificado.

Hay dos tipos de medida del nivel de ruido:

- Nivel diario equivalente: Representa el nivel de ruido al que está expuesto un trabajador referido a un total de ocho horas de trabajo diarias.
- Nivel de Pico: Nivel máximo de ruido en un instante determinado.

Limites

De acuerdo con [11] los límites de ruido son:

Valores límites de exposición: Estos valores no pueden ser superados bajo ningún concepto cuando se haga uso de los EPIs pertinentes para la protección contra el ruido.

- Nivel diario equivalente 87dB
- Nivel de pico 140dB

Límite inferior: Si los niveles están por debajo de este nivel no es necesario tomar medidas preventivas

- Nivel diario equivalente 80dB
- Nivel de pico 135dB

Límite superior: A partir de este nivel de ruido hay que tomar medidas preventivas, como la obligatoriedad del uso de EPIs y la señalización de las zonas donde se producen este tipo de ruidos.

- Nivel diario equivalente 85dB
- Nivel de pico 137dB

En nuestro caso

En la proximidad de los motores auxiliares el nivel de ruido puede estar entre 90 y 110 dB. Por lo tanto, se hace necesario el uso obligatorio de EPIs que protejan contra el ruido y la señalización de la obligatoriedad del uso en el espacio de trabajo, [12].

Los EPIs más usados son los tapones de silicona, como los que se muestran en la Ilustración 8, que son muy convenientes para sonidos de bajas frecuencias como es el sonido producido por los motores auxiliares. La atenuación de estos tapones puede llegar a ser de hasta 28dB, aunque se considera que los valores por encima de 15 dB de atenuación aíslan demasiado al usuario y provocan que para tener conversaciones este se tenga que quitar los tapones y disminuyen la protección real, [13].



Ilustración 8: Ejemplo de tipos de tapones auditivos para usar como EPIs. Fuente: Claso.net

Como podemos ver el ruido es un gran inconveniente de cara al confort del pasaje y alrededores y también de cara a la productividad y salud de los trabajadores. Todos los problemas asociados con el ruido una vez atracado el buque, se pueden eliminar completamente mediante el uso del cold ironing.

1.3 TIPO DE INSTALACIONES

1.3.1 OPS vs OGSP

OPS (Onshore Power Supply)

Esta técnica consiste en la conexión de los buques a la red eléctrica mediante la aparamenta necesaria para adaptar los valores de frecuencia y tensión de los valores propios de la red a los valores necesarios en el buque.

Esta técnica elimina completamente las emisiones de CO₂, SO_x y NO_x en el punto de conexión y elimina ruidos y vibraciones que se dan a bordo del buque y en el puerto. Si bien en algunos casos se puede dar que la instalación eléctrica a realizar para poder suministrar las grandes potencias que demandan los buques suponga unos costes demasiado elevados que no justifiquen la instalación, en este caso existe la posibilidad de ahorrar parte de esa instalación eléctrica: el uso de OGSP, [14].

OGSP (Off Grid Shore Power)

Esta técnica consiste en la generación eléctrica en el mismo sitio que se va a consumir, evitando la necesidad de estar conectado a la red eléctrica. El suministro de energía se produce de manera autosuficiente mediante la generación eléctrica in situ por medio de LNG ⁶.

Esta opción permite prácticamente eliminar las emisiones de partículas de SO_x y reducir significativamente el porcentaje de emisiones de CO₂ (48% menos) y NO_x (52% menos). Si bien esta técnica no es tan beneficiosa como la OPS mejora las emisiones propias de un generador diésel, aparte de permitir la cogeneración y reducir también los niveles de ruido y vibraciones, [15].

⁶ LNG (Liquified Natural Gas): Gas natural licuado, uno de los combustibles más usados para la generación de energía eléctrica en España, además es usado también en el ámbito marítimo como combustible para la propulsión de ciertos buques.

1.3.2 Tensiones de alimentación, HVSC vs LVSC

En cuanto a la conexión eléctrica para alimentar al buque existen varias posibilidades respecto a la tensión de alimentación, dividiéndose en dos grandes grupos:

LVSC (Low Voltage Shore Connection)

Esta conexión eléctrica no es muy utilizada en grandes buques, ya que la mayoría de ellos superan 1MVA de potencia demandada, que es el límite para este tipo de conexiones. Además, este tipo de conexiones tienen el inconveniente de tener que hacer uso de multitud de cables para evitar usar cables de gran sección con el correspondiente coste económico; dependiendo de la tensión de alimentación y el consumo pueden llegar a 5 cables en uso. El número mayor de cables supone un inconveniente para el tiempo de conexión, ya que dificultan la maniobra de conexión. Este aspecto resulta bastante crítico, ya que normalmente la estancia de los buques en puerto no es muy prolongada y podría darse el caso de que no compensase el uso de este tipo de conexiones. Podemos ver un ejemplo de este tipo de conexión en la Ilustración 9.

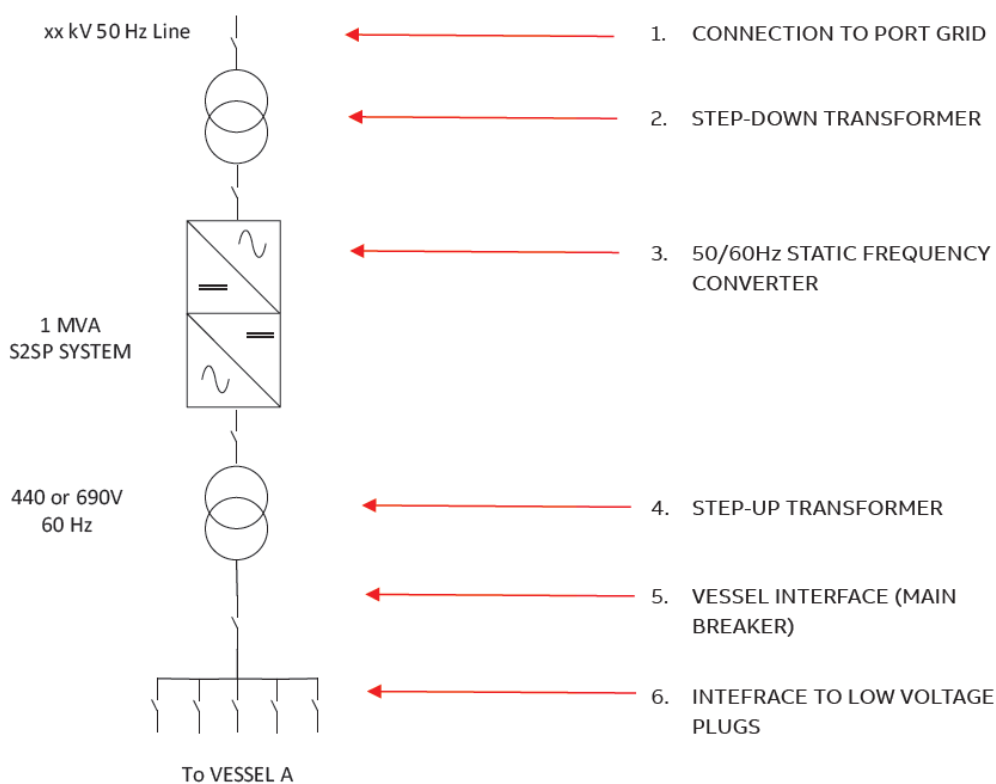


Ilustración 9: Esquema de instalación tipo LVSC. Fuente: [16]

Tabla 1: Número de conectores a utilizar dependiendo de la potencia y la tensión de alimentación según ISO/IEEE/IEC 80005-3. Fuente: [16]

POWER DEMAND	VOLTAGE ON BOARD		
	400 Vac	440 Vac	690 Vac
up to 250 kVA	2	1	1
251 - 500 kVA	3	2	2
501 - 750 kVA	4	3	2
751 - 1000 kVA	5	4	3

HVSC (High Voltage Shore Connection)

La conexión eléctrica de alta tensión es la más utilizada, se llama comúnmente de alta tensión, aunque se produzca a tensiones entre 6.6 y 11 kV. Es usada por los buques con consumos a partir de 1 MVA, consumos que tienen a día de hoy la mayoría de buques, ya que en los buques modernos hay muchísimos sistemas que necesitan de electricidad para funcionar. Tiene como principal ventaja la disminución de las pérdidas asociadas al transporte eléctrico y el uso de 1 o 2 cables de conexión disminuyendo el tiempo de maniobra considerablemente. Podemos ver un esquema de una instalación de este tipo en la Ilustración 10.

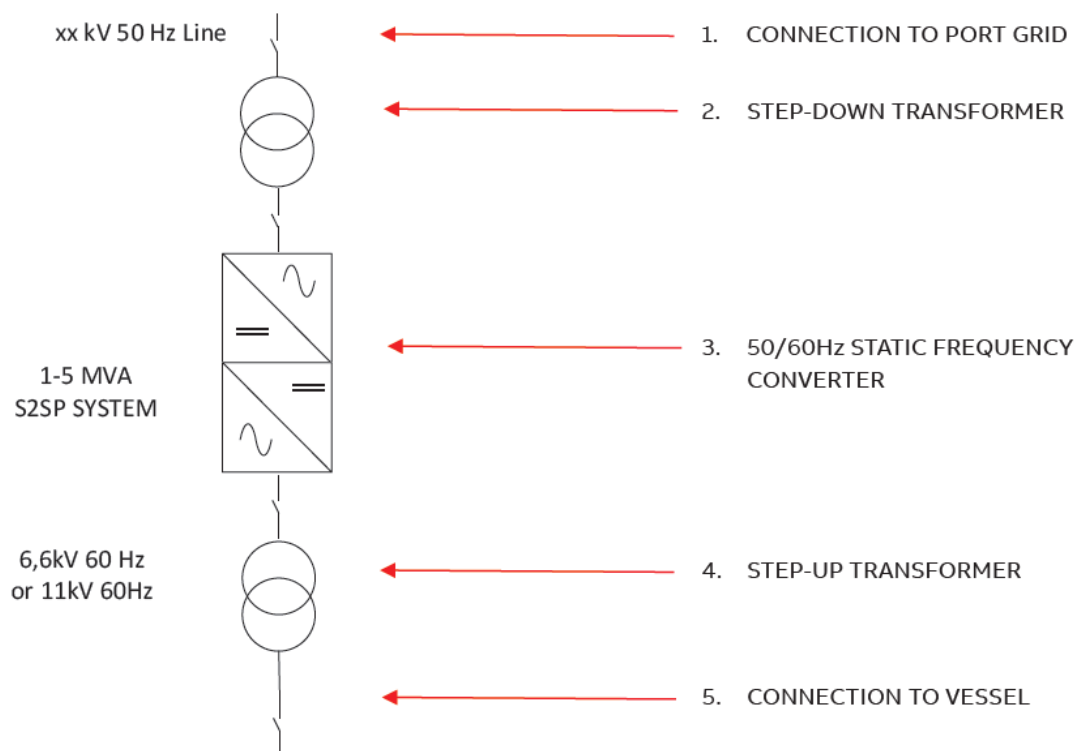


Ilustración 10: Esquema de instalación tipo HVSC. Fuente: [16]

1.3.3 Frecuencia

En el mundo la frecuencia de la red eléctrica no está unificada y varía en función del país en donde nos encontremos, siendo en la mayor parte del mundo a 50Hz. La mayor parte de América utiliza 60Hz, sin embargo, Europa y la mayor parte de África y Asia utilizan 50Hz. Como curiosidad están los casos de Japón y de Liberia que utilizan ambas frecuencias indistintamente, como se puede apreciar en la Ilustración 11.

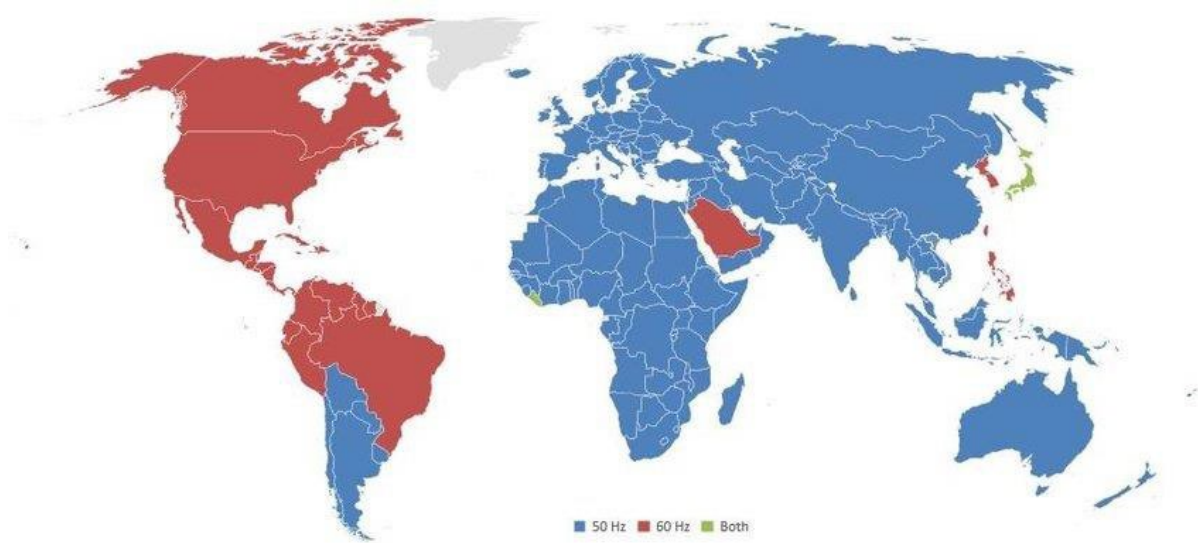


Ilustración 11: Mapa que muestra el uso de frecuencias alrededor del mundo. Fuente: researchgate.net

Dicho esto, en el caso de los barcos es un poco diferente, ya que los motores eléctricos si utilizan una frecuencia mayor, pueden alcanzar velocidades mayores. Por tanto, para una potencia dada, el motor de 60 Hz será más pequeño que el de 50 Hz. Este aspecto es muy importante a bordo de los buques, ya que el espacio es un gran factor limitante. Por esta razón se ha adoptado como estándar en la mayoría de los buques la frecuencia de 60 Hz, [17].

1.3.4 Potencia

Los buques dependiendo de su tamaño y del uso al que estén destinados tendrán un consumo eléctrico u otro, como se muestra en la Ilustración 12. Los barcos con un consumo eléctrico mayor son obviamente los cruceros en los que hay multitud de equipos que alimentar, como luminarias distribuidas a lo largo de todas las estancias del buque y la cantidad de electrodomésticos instalados a bordo que pueden aumentar sustancialmente el

pico de demanda energética. En el caso de los buques gaseros el consumo es más o menos constante, ya que estos utilizan la mayor parte de la energía para mantener las condiciones óptimas de la materia que transportan y no suelen surgir picos de demanda. Los buques RoRo⁷/RoPax⁸ también tienen un consumo considerable dependiendo principalmente de su tamaño. Los buques portacontenedores pueden tener un consumo considerable, especialmente si llevan contenedores refrigerados. Por último, en los Bulk Carrier o graneleros, el consumo principal que presentan es, en el caso de tener grúas a bordo para la descarga, el consumo que estas puedan generar.

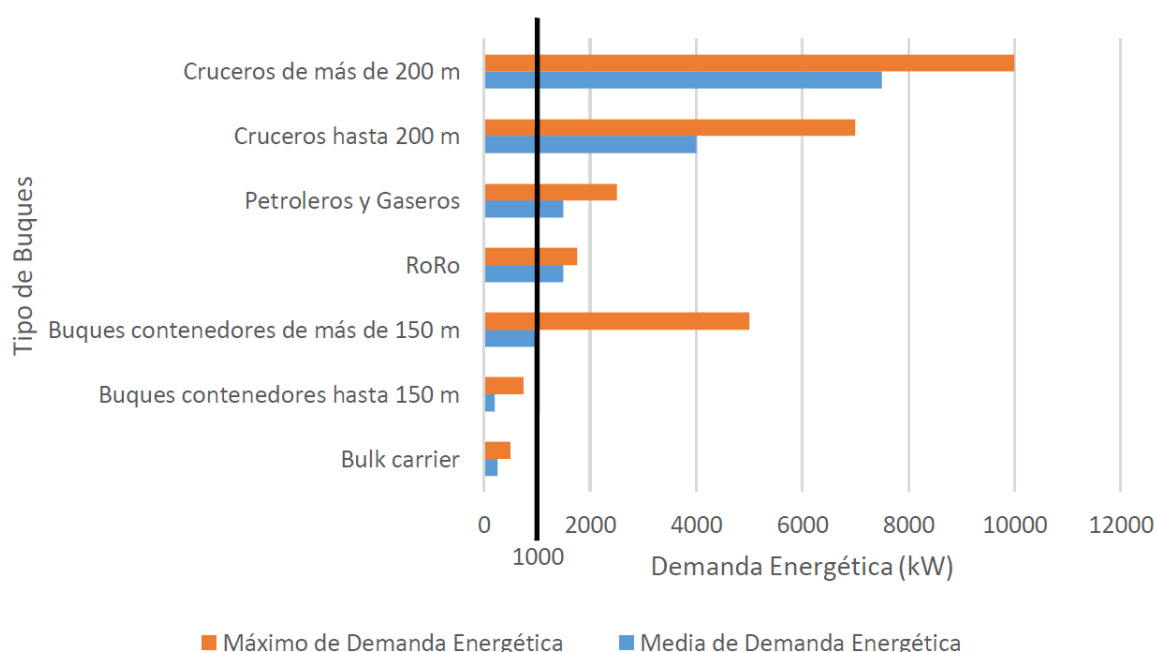


Ilustración 12: Demanda energética de los distintos buques en puerto. Fuente: [18]

⁷ Buques RoRo (Roll on Roll off): Acrónimo en inglés utilizado para describir a los buques de carga rodada.

⁸ Buques RoPax: Acrónimo en inglés utilizado para describir a los buques que mezclan carga rodada con el transporte de pasajeros

1.4 REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA

1.4.1 En puerto

Suministro desde subestación

Suministro desde una subestación cercana de AT que proporcione potencia suficiente para el sistema.

Transformador Reductor

Transformador reductor para disminuir la tensión desde la subestación a una tensión con la que pueda trabajar el convertidor de frecuencia.

Convertidor de frecuencia

Como la mayoría de los barcos trabajan a 60 Hz y la red eléctrica en España es de 50Hz es necesaria la instalación de este tipo de equipos. Suponen uno de los mayores gastos de este tipo de instalaciones, aunque este elemento puede llegar a ser opcional si los buques que vamos a alimentar tienen la misma frecuencia que la propia de la red, suponiendo esto un ahorro sustancial en la inversión inicial de la instalación.

Transformador elevador

Para pasar de la tensión de salida del convertidor de frecuencia a la tensión de alimentación del buque.

Sistema de gestión de cable

El sistema de gestión del cable es una parte muy importante, ya que los cables tienen un peso considerable y es interesante evitar cualquier tipo de esfuerzo mecánico en ellos. Este sistema de gestión del cable soporta el peso del cable y evita que se produzcan estos esfuerzos innecesarios y además permite mover el punto de conexión a lo largo de la longitud y altura del muelle ya que no todos los buques tienen el punto de conexión en el mismo sitio (ver Ilustración 13). Este elemento puede estar instalado también en el buque (ver Ilustración 14), como es en el caso de los buques portacontenedores, que algunos de ellos integran este sistema en un contenedor de carga estándar de 40 o 20 pies (ver

Ilustración 15). Dentro de este tipo de contenedores se puede llegar a integrar el transformador para pasar de MT a BT y el panel de control para la conexión, [19].



Ilustración 13: Sistema de gestión de cable móvil, sin instalación fija en el muelle. Fuente: Cavotec



Ilustración 14: Sistema de gestión de cable móvil situado en la cubierta del buque Fuente: Cavotec

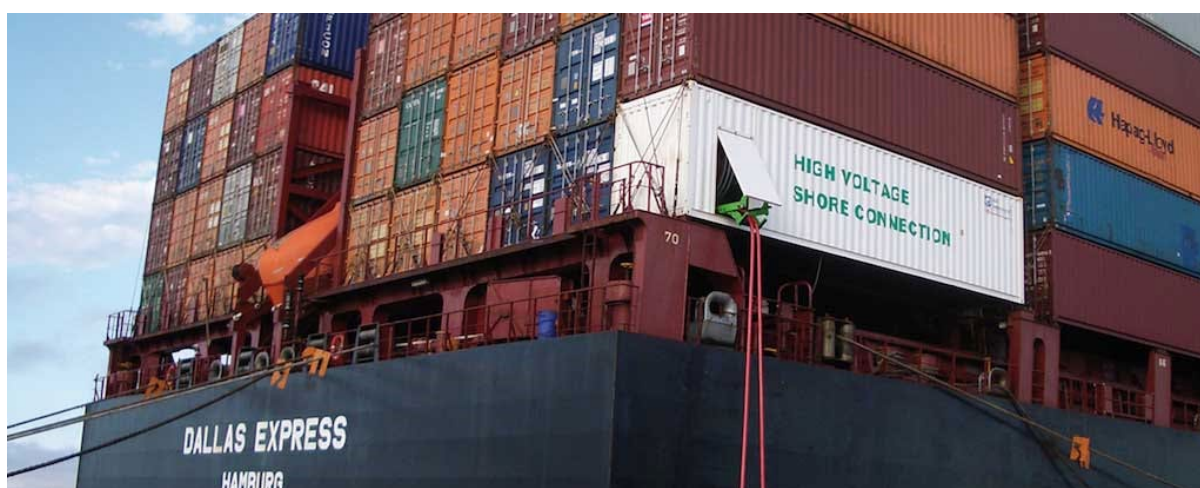


Ilustración 15: Sistema de gestión de cable integrado en un contenedor de 40 pies. Fuente: [19]

Aparamenta eléctrica

Compuesto por los distintos elementos a instalar para garantizar el suministro y la seguridad de operación:

- Interruptores del lado del puerto y seccionadores a tierra
- Cables y conectores
- Relés de protección en el lado del buque
- Sistema de control

1.4.2 En el buque

Aparamenta eléctrica

Compuesto por los distintos elementos a instalar para garantizar el suministro y la seguridad de operación:

- Necesidad de instalación de un panel eléctrico de MT para recibir la tensión. (Si la instalación es del tipo HVSC)
- Modificación del panel eléctrico de BT para poder recibir la potencia.
- Relés de protección del lado del buque.
- Conectores en el panel eléctrico.
- Sistema de control para realizar la maniobra de conexión.

Transformador reductor

Necesario en el caso de instalaciones de HVSC. En el caso de las instalaciones de LVSC puede que no sea necesario, ya que en este tipo de instalaciones la tensión de alimentación coincide con la del buque.

Los buques ya en servicio que no poseen este tipo de instalaciones pueden ser reacondicionados para poder utilizar este servicio. Es una línea de negocio interesante para los astilleros la instalación de este tipo de sistemas en buques ya que mejora la imagen del astillero en cuanto a sostenibilidad y desarrollo tecnológico se refiere. Este tipo de instalaciones pueden suponer un rédito económico importante. Por ejemplo, la empresa

Schneider Electric estima que el coste de este tipo de reacondicionamientos puede estar entre los 200.000€ y los 500.000€. Este tipo de instalaciones han de estar certificadas y aprobadas por las sociedades de clasificación⁹ como cualquier tipo de modificación realizada en un buque. Podemos ver en la Ilustración 16 situada a continuación como se realiza la conexión a través de una compuerta en el casco del buque, esta compuerta ha de ser estanca para evitar que entre agua y cause daños en el sistema eléctrico.

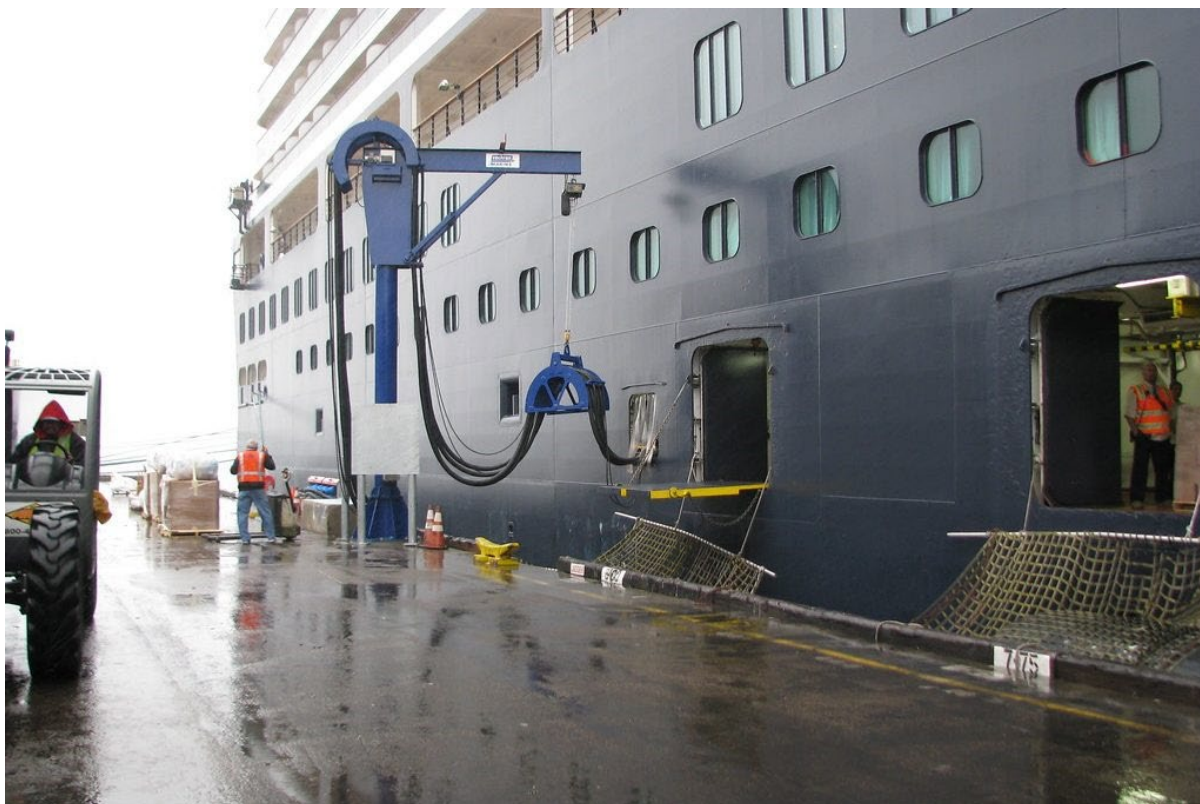


Ilustración 16: Ejemplo de conexión eléctrica puerto-buque. Fuente: Escalabcn

⁹ Sociedad de clasificación: Organización no gubernamental o sin ánimo de lucro que se encarga de promover la seguridad en la navegación, certificando que los buques cumplen con las normas de seguridad y solidez suficientes para poder navegar. Un buque para poder navegar ha de tener un certificado de clase emitido por alguna sociedad de clasificación y un seguro marítimo. Dependiendo del certificado obtenido por el buque el precio del seguro se podrá ver modificado, debido al riesgo asumido por la aseguradora.

1.5 REGULACIÓN

1.5.1 Políticas

La directiva 2014/94 de la UE establece que los estados miembros han de garantizar que la necesidad de suministro eléctrico en puerto ha de ser evaluada en sus respectivos marcos de acción nacionales. Este suministro eléctrico se instalará prioritariamente en los puertos de la red RTE-T y en otros puertos antes del 31 de diciembre del 2025 salvo que no exista demanda o que los costes sean desproporcionados respecto a los beneficios económicos y medioambientales. También establece que todas las instalaciones de suministro eléctrico a los buques implantadas o renovadas a partir del 18 de noviembre del 2017 han de cumplir con las especificaciones de la norma IEC/ISO/ IEEE 80005-1, [20]. A continuación, se recogen los artículos de la directiva que señalan lo previamente mencionado.

“La presente Directiva establece un marco común de medidas para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos en la Unión a fin de minimizar la dependencia de los transportes respecto del petróleo y mitigar el impacto medioambiental del transporte. La presente Directiva establece requisitos mínimos para la creación de una infraestructura para los combustibles alternativos, incluyendo puntos de recarga para vehículos eléctricos y puntos de repostaje de gas natural (GNL y GNC) y de hidrógeno, que se habrán de aplicar mediante los marcos de acción nacionales de los Estados miembros, así como mediante las especificaciones técnicas comunes sobre dichos puntos de recarga y de repostaje, y los requisitos de información a los usuarios.”

...

“5. Los Estados miembros garantizarán que la necesidad de suministro eléctrico en puerto para las embarcaciones de navegación interior y los buques marítimos en puertos marítimos e interiores sea evaluada en sus respectivos marcos de acción nacionales. Dicho suministro eléctrico en puerto se instalará prioritariamente en puertos de la red básica de la RTE-T y en otros puertos a más tardar para el 31 de diciembre de 2025, salvo que no existiera demanda y los costes fueran desproporcionados en relación con los beneficios, incluidos los beneficios ambientales.

6. Los Estados miembros garantizarán que las instalaciones de suministro de electricidad en puerto para el transporte marítimo implantadas o renovadas a partir del 18 de noviembre de 2017 cumplen las especificaciones técnicas establecidas en el anexo II, punto 1.7.”

...

“1.7. Suministro de electricidad en puerto a los buques de navegación marítima El suministro de electricidad en puerto a los buques de navegación marítima, incluidos el diseño, la instalación y la comprobación de los sistemas, será conforme con las especificaciones técnicas de la norma IEC/ISO/ IEEE 80005-1.”

Desde la UE se buscaba descongestionar el transporte terrestre y mover en la medida de lo posible este transporte al medio marítimo. Se crearon los programas Marco Polo (2003-2006) y Marco Polo II (2007-2013) que buscaban incentivar el transporte marítimo, mejorar su logística, reducir los costes asociados y disminuir el impacto medioambiental. Dentro de este programa se incentivaba la creación de puntos de conexión eléctrica a tierra por parte de los buques. Esta es otra muestra del interés de la UE en este tipo de instalaciones. [21]

California fue uno de los primeros lugares donde se implanto el uso del cold ironing en el mundo. En principio, era de uso obligatorio en caso de que los grandes buques portacontenedores tuviesen la posibilidad de conectarse, por tener la instalación necesaria a bordo. La California ARB¹⁰ permite el uso de los motores auxiliares durante un máximo de 3 horas en caso de que los buques pudiesen conectarse mediante cold ironing y un máximo de 5 horas en el caso de que no tuviesen la posibilidad de conectarse, [22]. A partir de 2020 se obliga a cumplir con estos límites a los buques que atraquen en los puertos de California en un 80% de sus visitas. La nueva regulación obligará a cumplir estas condiciones a más tipos de buques:

¹⁰ California ARB: California Air Resources Board (Junta de los Recursos atmosféricos de California)

- A partir de 2023, se obligará a cumplir con esta regulación a los portacontenedores de menor tamaño, a los cruceros y a los buques frigoríficos.
- A partir de 2025, se obligará a los buques RoRo.
- A partir de 2027, a los petroleros. Aunque con estos hay dudas, debido a la peligrosidad relacionada con la transmisión de energía eléctrica en un entorno potencialmente inflamable.

Con esta nueva legislación se espera un descenso del 55% del riesgo de contraer cáncer de aquí a 2031, como se puede ver en la Ilustración 17, [23].

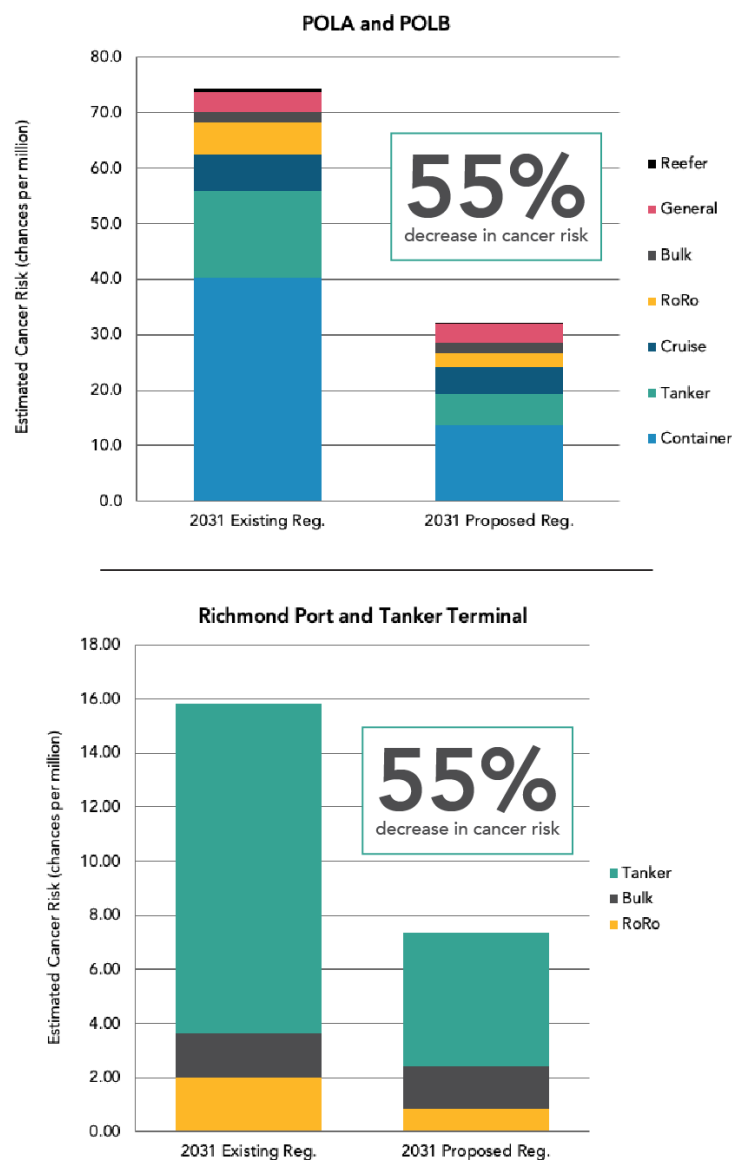


Ilustración 17: Riesgo estimado de contraer cáncer, en los distintos puertos de California. Fuente: [23]

1.5.2 Incentivos para su adopción

Para incentivar el uso de este tipo de tecnología y hacerla más atractiva desde el punto de vista económico, en el caso de España se aplica un coeficiente corrector del 0.5 en la tasa del buque, cuando se hace uso del cold ironing durante su estancia en puerto. Este apartado viene descrito en el BOE Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

Dentro del artículo 197.1 en el apartado j, [24].

“Artículo 197. Cuota íntegra por acceso y estancia en Zona I o interior de las aguas portuarias.

1. La cuota íntegra de la tasa por el acceso y estancia de los buques o artefactos flotantes en el puesto de atraque o de fondeo, en la Zona I o interior de las aguas portuarias, excepto en el caso de atraque en dique exento, será la cantidad resultante del producto de la centésima parte del arqueo bruto del buque (GT), con un mínimo de 100 GT, por el tiempo de estancia, computado en periodos de una hora o fracción con un mínimo de tres horas por escala y un máximo de 15 horas por escala cada 24 horas, y por la cantidad resultante de aplicar a la cuantía básica B, o S en el caso de transporte marítimo de corta distancia, el coeficiente corrector de la tasa del buque aprobado con arreglo a lo dispuesto en el artículo 166 y los siguientes coeficientes, según corresponda:”

...

“j) A los buques que utilicen como combustible gas natural para su propulsión en alta mar, así como a los buques que durante su estancia en puerto utilicen gas natural o electricidad suministrada desde muelle para la alimentación de sus motores auxiliares: 0,5.

Este coeficiente no se aplicará a los buques que se dediquen al transporte de gas natural, salvo que durante su estancia en puerto utilicen electricidad suministrada desde muelle para la alimentación de sus motores auxiliares.”

En el caso de Europa para incentivar el uso de este tipo de tecnología se permite a los estados miembros solicitar exenciones o reducciones de impuestos para la electricidad consumida por los buques que hagan uso del Cold Ironing, ya que supone una mejora de la calidad del aire y de la salud de los ciudadanos. Esto se recoge en el artículo 19 de la directiva sobre la fiscalidad de la energía (Directiva 2003/96/CE), [25]:

“Article 19

1. In addition to the provisions set out in the previous Articles, in particular in Articles 5, 15 and 17, the Council, acting unanimously on a proposal from the Commission, may authorise any Member State to introduce further exemptions or reductions for specific policy considerations.

A Member State wishing to introduce such a measure shall inform the Commission accordingly and shall also provide the Commission with all relevant and necessary information.

The Commission shall examine the request, taking into account, inter alia, the proper functioning of the internal market, the need to ensure fair competition and Community health, environment, energy and transport policies.

Within three months of receiving all relevant and necessary information, the Commission shall either present a proposal for the authorisation of such a measure by the Council or, alternatively, shall inform the Council of the reasons why it has not proposed the authorisation of such a measure.

2. The authorisations referred to in paragraph 1 shall be granted for a maximum period of 6 years, with the possibility of renewal in accordance with the procedure set out in paragraph 1.

3. If the Commission considers that the exemptions or reductions provided for in paragraph 1 are no longer sustainable, particularly in terms of fair competition or distortion of the operation of the internal market, or in terms of Community policy in the areas of health, protection of the environment, energy and transport, it shall submit appropriate proposals to the Council. The Council shall take a unanimous decision on these proposals.”

Desde el gobierno de España se solicitó la exención de impuestos aplicable para las instalaciones de este tipo. Dicha solicitud fue aprobada, como se recoge en la Decisión de Ejecución (UE) 2018/1491 del Consejo, de 2 de octubre de 2018. Por la que se autoriza a España, de conformidad con el artículo 19 de la Directiva 2003/96/CE, a aplicar un tipo impositivo reducido del impuesto especial sobre la electricidad suministrada directamente a los buques atracados en puerto, [26].

“EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Vista la Directiva 2003/96/CE del Consejo, de 27 de octubre de 2003, por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad (1), y en particular su artículo 19.”

...

“

Artículo 1

Se autoriza a España a aplicar un tipo impositivo reducido del impuesto especial a la electricidad que se suministre directamente a los buques atracados en puerto, distintos de las embarcaciones privadas de recreo, siempre que se respeten los niveles de imposición mínimos que dispone el artículo 10 de la Directiva 2003/96/CE.

Artículo 2

La presente Decisión surtirá efecto a partir del 1 de enero de 2019. Expirará seis años después.

No obstante, si el Consejo adopta, basándose en el artículo 113 del TFUE, disposiciones generales que establezcan ventajas fiscales para la electricidad en puerto, la presente Decisión expirará el día en que esas disposiciones sean aplicables.

Artículo 3

El destinatario de la presente Decisión es el Reino de España.

Hecho en Bruselas, el 2 de octubre de 2018.

Por el Consejo

El Presidente

H. LÖGER

(1) DO L 283 de 31.10.2003, p. 51.”

Desde la UE se está insistiendo en la necesidad de reducir la contaminación en general, pero más concretamente en reducir las emisiones de gases que favorecen el efecto invernadero. El 16 de septiembre de 2020 el parlamento europeo concluyó que se debería de revisar el sistema de monitorización, reporte y verificación de emisiones de CO₂ del transporte marítimo, [27].

Se insistió en que las acciones de la IMO respecto a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero habían sido insuficientes y se insistió en la necesidad de incluir al transporte marítimo en el mercado de emisiones de CO₂. También solicitaron a las compañías navieras una reducción de un 40% de su emisión media de CO₂ anual para el año 2030.

Los miembros del parlamento europeo insistieron en la necesidad de la creación de un fondo (“Ocean Fund”) para subvencionar acciones de cara a hacer buques más eficientes, desarrollo de tecnologías innovadoras como combustibles marinos alternativos o la creación de puertos verdes. En este último punto es donde se puede ver la relación con la instalación de puntos de suministro de energía eléctrica en puerto de cara a reducir las emisiones de efecto invernadero dentro del puerto. Una de las muestras del efecto que ha tenido la discusión del parlamento europeo es la vuelta de una de las mayores empresas fabricantes de sistemas de scrubbers “Yara Marine” al mercado del cold ironing, gracias a la promesa de financiación de este tipo de sistemas de conexión buque-puerto y gracias también a la iniciativa de incluir a las compañías navieras en el mercado de emisiones de CO₂. [28]

Si bien por el momento no hay ninguna regulación aplicable, el parlamento europeo está negociando con los miembros de la unión para definir la forma final de la legislación.

1.5.3 Estándares aplicables

Un gran problema a la hora de implementar este tipo de instalaciones en un principio fue la ausencia de estándares a nivel internacional, que desincentivaba la utilización de este tipo de instalaciones. Cada tipo de buque, dependiendo de su tamaño y de los consumos del buque utiliza una combinación diferente de tensión y frecuencia. Con la adopción de este tipo de instalaciones sobre todo en Gotemburgo, Suecia, donde se creó la primera de este tipo de instalaciones en 2000 para dar suministro eléctrico a los buques portacontenedores se empezó a tener en cuenta la necesidad de definir estándares aplicables para promover su uso. El primer estándar que se desarrollo fue el IEC/ISO/IEEE 80005-1 High Voltage Shore Connection en el 2012 aunque se actualizó en el 2019. Estos estándares eléctricos están desarrollados por los siguientes organismos (ver Ilustración 18):

- International Organization for Standardization (ISO)
- International Electro-Technical Commission (IEC)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).



Ilustración 18: Organismos encargados de normalizar estándares Fuente: IEC, ISO, IEEE

Los estándares aplicables son:

IEC/ISO/IEEE 80005-1:2019 [29]

IEC/ISO/IEEE 80005-2:2016 [30]

IEC/ISO/IEEE 80005-3:2014 [31]

UNE-EN IEC 62613-1:2018 [32]

UNE-EN IEC 62613-2:2018 [33]

1.6 EJEMPLOS

1.6.1 Empresas suministradoras

Hay varias empresas dedicadas a la instalación de este tipo de sistemas:

[ABB](#): Uno de los grandes suministradores de equipamiento para buques en todo el mundo, no solo especialista en cold ironing sino también especialista en todo lo relacionado con la electrónica y automática. Fue la empresa que realizó la primera instalación de cold ironing en el puerto de Gotemburgo, Suecia en el año 2000.

Otras instalaciones realizadas por esta empresa incluyen puertos como: Karlskrona, Gothenburg and Ystad, Sweden; Antwerp and Zeebrugge, Belgium; Rotterdam, The Netherlands; Lübeck, Germany; Oulu, Finland; Delimara, Malta; Duqm, Oman; Los Angeles and Seattle, United States; Vancouver, Canada; Jurong Singapore; and Dalian, China. [34]

ABB está buscando avanzar con el cold ironing en el sentido de la automatización. Para los ferris que tienen un recorrido habitual, están buscando automatizar la conexión por medio de brazos robóticos sin necesidad de operarios agilizando los tiempos de maniobra (ver Ilustración 19). También están buscando avanzar en el sentido de la electrificación de este tipo de ferris de corto recorrido, [35].

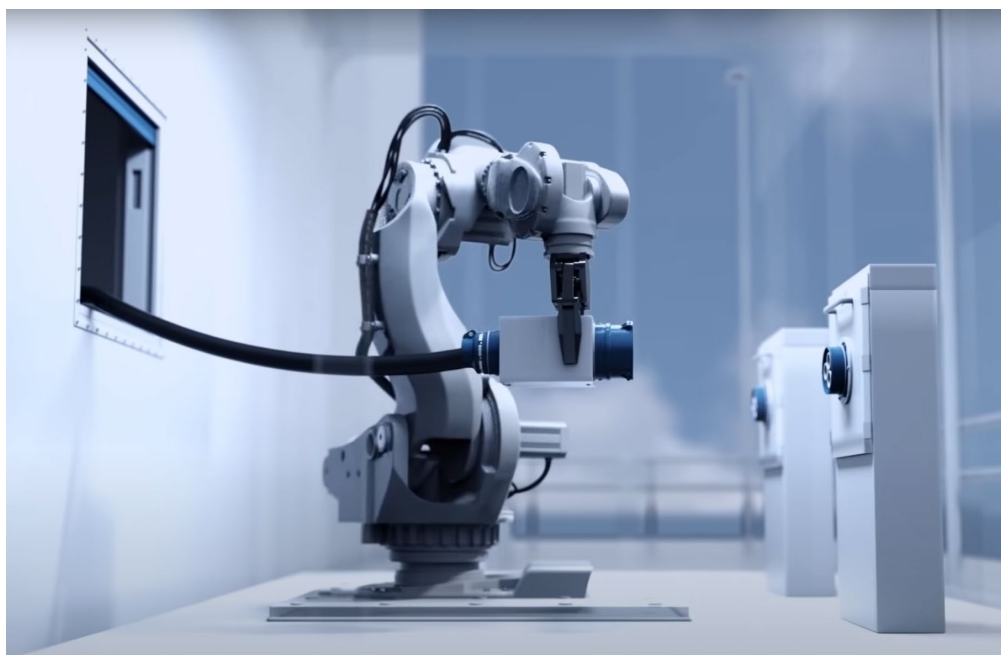


Ilustración 19: Brazo robótico, que realiza la conexión de manera automática. Fuente: [35]

[Cavotec](#): Una de las pioneras y más grandes empresas respecto de este tipo de instalación. Es una empresa multidisciplinar, no solo se dedica al sector marítimo (grúas, cold ironing y amarre automatizado (ver Ilustración 20)), también se dedica al sector de la minería y a proporcionar servicios en aeropuertos. Han hecho instalaciones para suministrar electricidad a los buques en los puertos de Los Ángeles, Montreal... De hecho, Cavotec y ABB han unido fuerzas para complementarse y ofrecer soluciones optimizadas a sus clientes, una de sus colaboraciones es la realizada en el puerto de Los Angeles. Cavotec, en esta unión comercial, ofrece su especialidad, sobre todo en los sistemas de gestión de cable y ABB se encarga mayormente de la interfaz de conexión y el suministro de transformadores y convertidores de frecuencia, [36].



Ilustración 20: Ejemplo de uno de los sistemas de gestión de cable de Cavotec. Fuente: Cavotec

[Schneider electric](#): Ha realizado varias instalaciones en la UE, incluida toda la flota de la Meridionale (Kalliste) y la instalación en el puerto de Marbella para la conexión de esta flota [37]. Otra instalación hecha por ellos es la del puerto de Stromness, UK, y la adaptación del ferry de MV Hamnavoe NorthLink para su conexión a puerto durante su escala en dicho puerto donde pasa la noche. Se prevé amortizar la inversión en 3 años, [38]. Ofrecen una solución con toda la instalación necesaria para proporcionar el suministro eléctrico a los buques integrado en un contenedor de 40 pies, tal y como se aprecia en la Ilustración 21. Tiene la ventaja de no tener que realizar una instalación fija y de poder tener integrada toda la instalación para moverla de sitio en caso necesario, [39].

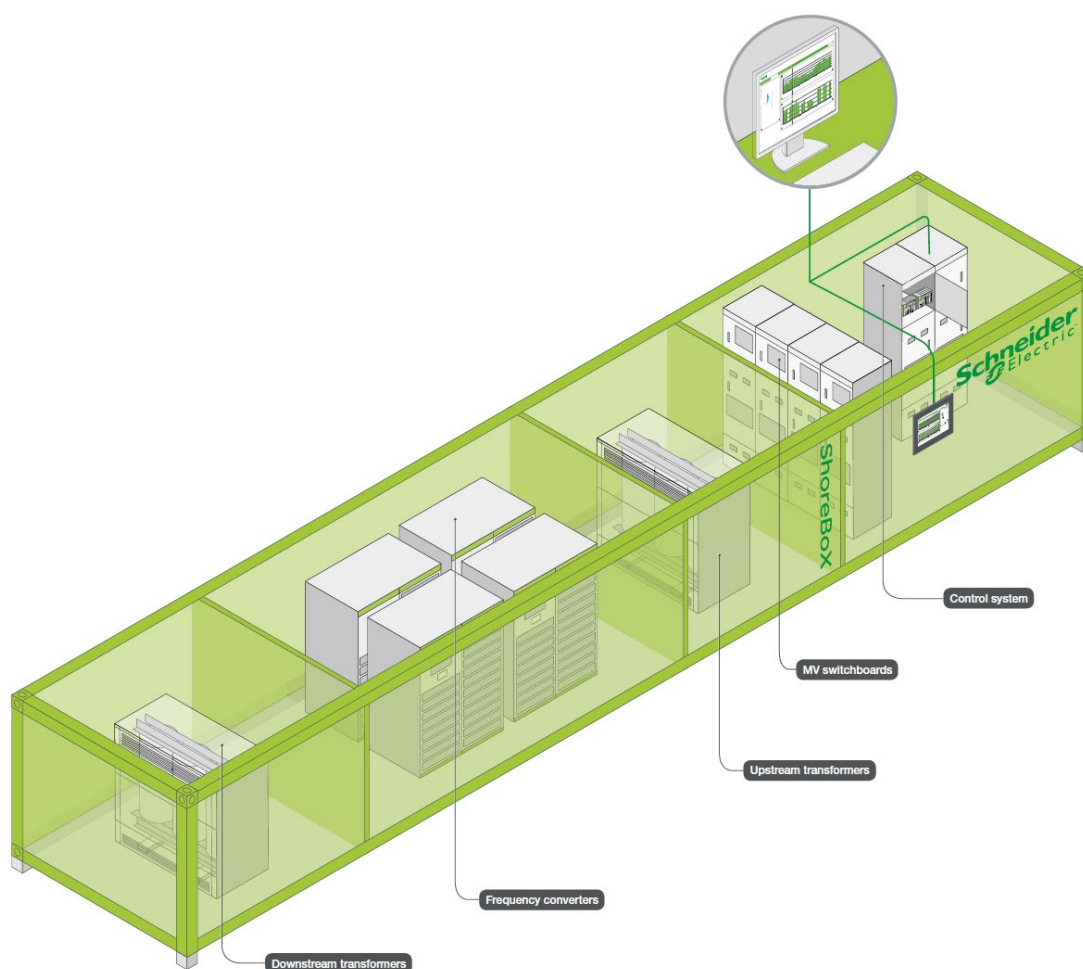


Ilustración 21: Ejemplo de ShoreBox™. Fuente: [39]

[Siemens](#): Gran empresa tecnológica multidisciplinar alemana. Su instalación llevada a cabo en la terminal de cruceros del puerto de Hamburgo es la primera instalación europea en suministrar 12 MVA a un solo buque, solventando una de las mayores dificultades como es la diferencia de altura con las mareas que puede llegar a ser de hasta 9m. Además, el punto de conexión es móvil a lo largo de la longitud del muelle para servir a distintos buques, el paso del cable a lo largo del muelle se hace a través de trampillas que evitan que el cable este a la intemperie y pueda sufrir algún daño, como se puede ver en la Ilustración 22 de la instalación realizada en la terminal de cruceros del puerto de Hamburgo, [40].

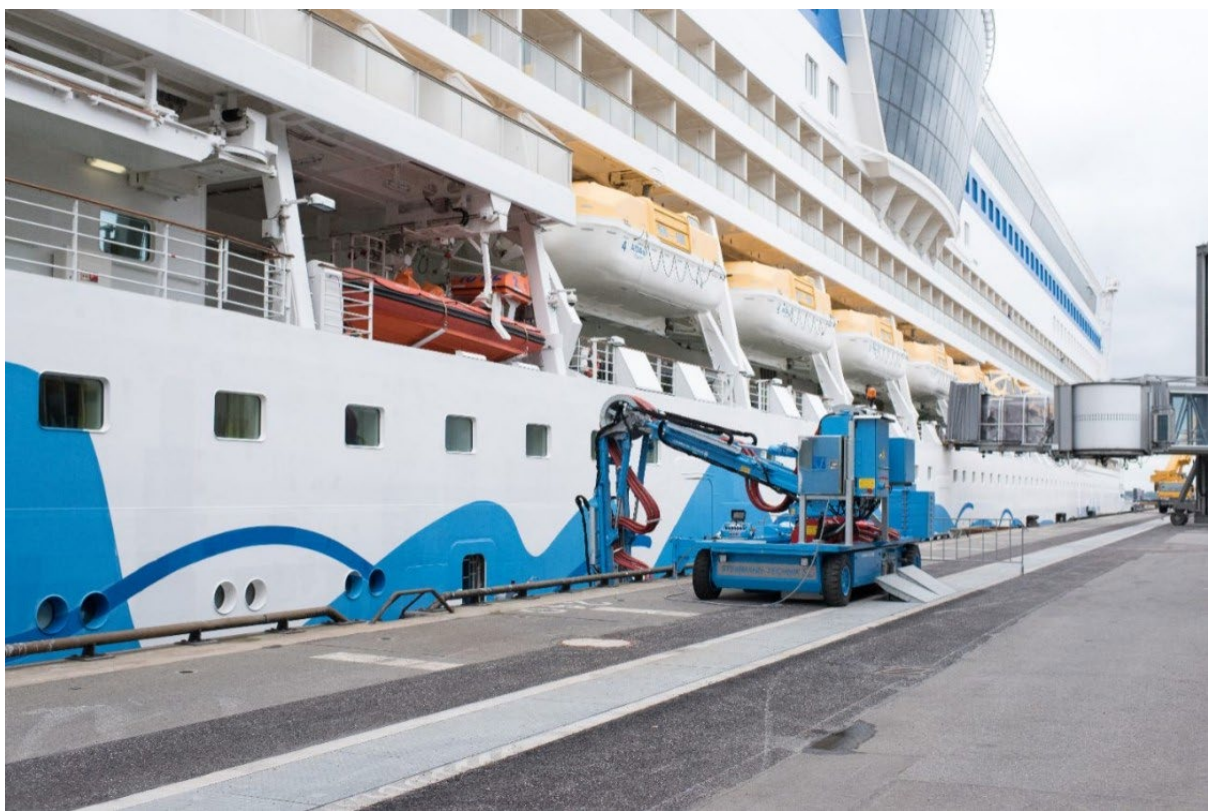


Ilustración 22: Ejemplo de la instalación SIHARBOR™. Fuente: [40]

Siemens, por ejemplo, ha realizado una instalación para suministrar energía a los buques en dique seco en el astillero de Flensburger, Alemania. En este caso era una instalación de LVSC con una potencia de 1 MVA, [41].

2 DISEÑO DE LA INSTALACION

La instalación propuesta se diseñará para su uso en los Astilleros de Astander. A continuación, se ofrece un poco de contexto sobre la empresa:

2.1 CONTEXTO

Astilleros de Santander, S.A.U. también llamada ASTANDER, es una empresa de carácter privado, con una gran reputación internacional, con clientes provenientes de todas las partes de Europa. ASTANDER está especializado en la reparación y transformación de todo tipo de buques (Quimiqueros, Cableros, Dragas, Cementeros, Roro, Carga General, Ferries, ...), siendo un referente en cuanto a transformaciones se refiere especialmente respecto a la adaptación de los buques para el uso de scrubbers.

Gracias a estas transformaciones ha conseguido abrirse un hueco en el mercado internacional ofreciendo siempre un alto nivel de calidad y un gran compromiso con el medioambiente con actuaciones constantes para disminuir el impacto de su actividad. Acciones tomadas en este sentido son la creación de un punto propio de tratamiento de residuos, el cambio de chorreo por arena a chorreo húmedo o hydrojetting para disminuir la cantidad de residuo generado y el impacto de este.

El astillero posee las siguientes instalaciones (ver Ilustración 23):

1. Dique Nº1 (160x23.8m)
2. Talleres de Acero y Tubería
3. Carro varadero de 1200T
4. Muelles 3 y 4
5. Oficina Principal
6. Zona de prefabricación
7. Planta de tratamiento y almacenamiento de residuos
8. Dique Nº2 (230x32m)
9. Pantalán Norte y Sur

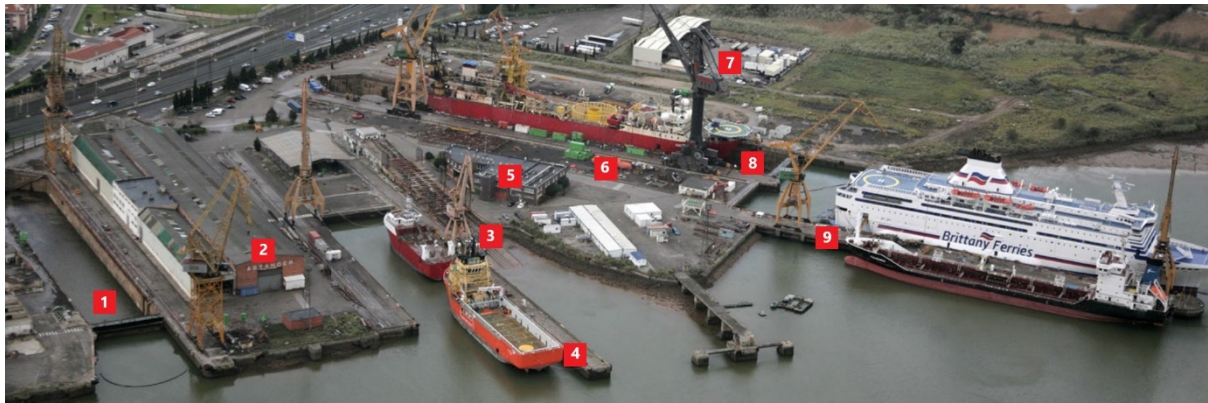


Ilustración 23: Vista aérea de las instalaciones de Astander. Fuente: Astander

Para la instalación de este tipo de conexión hemos escogido el dique n.º 2 en el cual se sitúan los barcos de mayor eslora y consumo eléctrico.

Entre esos barcos se sitúan los barcos Roro de la compañía UECC, uno de los mayores armadores en cuanto a este tipo de transporte se refiere. Astander atiende las labores de mantenimiento y reparación de unos cuantos buques de esta compañía como son el Autostar, Autosun y Autosky. Todos ellos tienen sendos proyectos de adaptación para poder recibir energía eléctrica desde el puerto a 6600V, según el consorcio de Poweratberth, [42].

El consorcio Poweratberth (OPS Master Plan for Spanish Ports) está formado por distintas instituciones y organismos que buscan redactar un plan a seguir para el suministro de energía eléctrica a los buques en los puertos españoles. Dentro de este proyecto se dotará a algunos puertos de instalaciones para suministro eléctrico y se realizarán estudios respecto de la normativa, de las limitaciones técnicas y del impacto ambiental para identificar las problemáticas que impidan su adopción y proponer soluciones. El consorcio tiene entre los participantes a:

- Puertos del Estado
- Escuela Superior Técnica de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid
- Universidad de Cádiz

- Universidad de las Palmas de Gran Canaria
- Puertos de las Palmas
- Puertos de Tenerife
- Ports de Balears
- Fred Olsen
- Ghenova
- Inova Labs
- Marine Traffic
- Seaplace

En el dique 2 también se sitúan los buques de la compañía Brittany Ferries, grandes clientes que realizan sus labores de mantenimiento y reparación asiduamente, además de también haber hecho adaptaciones para el uso de sistemas scrubbers para el filtrado de los gases de escape.

2.2 PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN

Ahora hemos de definir los parámetros de nuestra instalación.

2.2.1 OPS vs OGPS

Nuestra instalación será una instalación del tipo OPS ya que tenemos fácil acceso a una conexión eléctrica suficiente para suministrar la potencia deseada. La subestación de Simsa (punto 11 de la Ilustración 24: Esquema de la red eléctrica del nudo de Astillero. Fuente: [43]) de 55kV, que tiene dos transformadores de 5 MVA, que reducen la tensión a 12kV.

Uno de estos transformadores no está en uso. Por tanto, tenemos suficiente potencia disponible para el suministro y está a apenas 300m del dique 2 que es donde se busca realizar la instalación. En caso de buscar aumentar la potencia de la instalación más allá de los 5 MVA, habría que solicitar a REE el suministro de más potencia desde el nudo de Astillero a 220 kV. Dicho nudo posee potencia más que de sobra en caso de querer ampliar la instalación. Además, con el uso de la instalación OPS conseguimos eliminar todas las emisiones locales, bastante conveniente ya que Astander está muy cerca de municipios como Astillero, Pontejos y Boo de Guarnizo.

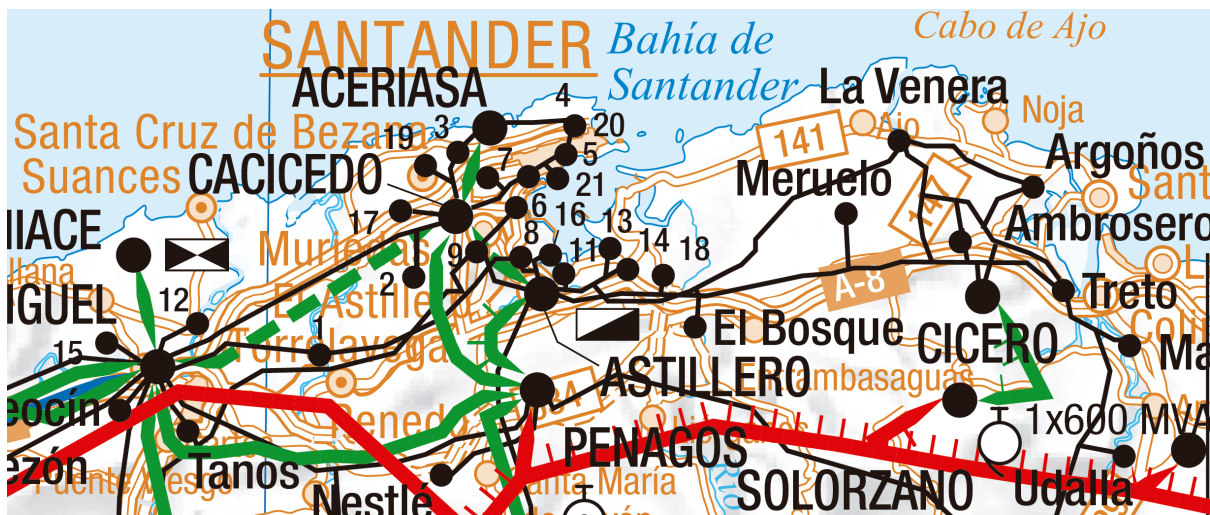


Ilustración 24: Esquema de la red eléctrica del nudo de Astillero. Fuente: [43]



Ilustración 25: Vista aérea de la subestación de Simsa y la situación del dique 2. Fuente: Google Earth

2.2.2 Potencia

En el muelle del Almirante, en el extremo norte de la bahía, pegado a la ciudad y al Centro Botín, encontramos uno de los principales puntos de atraque del puerto de Santander para cruceros y ferries. Estos ferries acuden regularmente a este punto de atraque y la mayoría de ellos pertenecen a la compañía Brittany Ferries. Se ha realizado un estudio por parte del consorcio Poweratberth sobre el tráfico de buques y la potencia consumida durante su estancia en puerto, para hacer un estudio sobre los costes energéticos del suministro de electricidad mediante una conexión OPS al muelle o mediante el uso de los motores auxiliares. En dicho estudio se dimensionó la instalación a una potencia de 1.5 MVA para los ferries y cruceros, pero como en nuestro caso pretendemos también alimentar a los buques Roro de UECC, que como vimos en la Ilustración 12, tienen un consumo de en torno a 2 MVA. Por tanto, optaremos por una potencia de 2 MVA, evitando problemas en el suministro, [44]. Hay que tener en cuenta también el factor de potencia de los buques a la hora del cálculo de la instalación, tomaremos 0.8 al ser el más usado en todo tipo de buques, [45].

2.2.3 Tensiones de alimentación

En cuanto a la tensión de alimentación optaremos por una instalación del tipo HVSC, ya que la potencia que hemos de suministrar estará en el rango de 1-2MVA. Superamos, por tanto, el umbral de las conexiones del tipo LVSC que alcanzan un máximo de 1 MVA. Tenemos, además, la ventaja de necesitar menos cables para hacer efectiva la conexión, reduciendo así el tiempo de maniobra y los costes asociados al alquiler de los remolcadores y el sueldo de los operarios implicados en la maniobra. La tensión de alimentación seleccionada finalmente será de 6600 V, ya que es la más común para los buques con potencias por debajo de los 2 MVA, como por ejemplo vemos en la adaptación en proceso de los buques de UECC, clientes habituales de nuestras instalaciones.

2.2.4 Frecuencia

En cuanto a la frecuencia de la conexión eléctrica dependerá en cada caso del buque, pero la mayoría de ellos tienen una red que funciona a 60 Hz, sobre todo, cuando la potencia eléctrica consumida por el buque excede de 1 MVA. Por tanto, se hace indispensable la instalación de un convertidor de frecuencia y este será uno de los principales costes de la instalación, debido a la complejidad que presentan para grandes potencias.

2.3 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN

2.3.1 Convertidor de Frecuencia

Respecto al convertidor de frecuencia utilizaremos un convertidor estático, ya que son más eficientes, fiables y garantizan una mayor calidad de suministro respecto a los convertidores rotativos. Es importante integrar el convertidor de frecuencia con los transformadores para hacer un ajuste fino de la tensión y poder garantizar un suministro estable.

Como convertidor de frecuencia seleccionamos el modelo LCS100 de ABB en su versión de 2 MVA. Tiene un diseño modular (ver Ilustración 26), respecto a los módulos de potencia (par rectificador-inversor, ver Ilustración 27) que permite el funcionamiento en caso del fallo de un módulo. La pérdida de un módulo supone una reducción de la potencia de solo 125 kVA, pudiendo sustituir ese módulo en tan solo 30 min o se puede esperar hasta el próximo mantenimiento programado si la potencia restante es suficiente.



Ilustración 26: Ejemplo de instalación un convertidor de frecuencia de 1875 kVA de potencia. Fuente: ABB

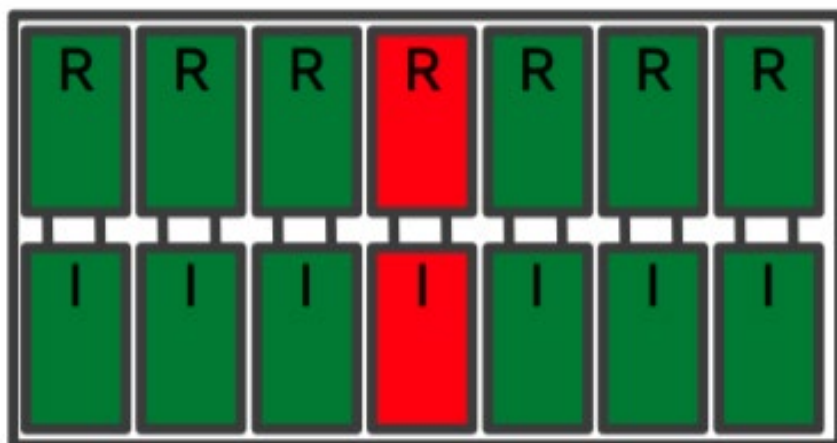


Ilustración 27. Par rectificador inversor modular con redundancia. Fuente: ABB

Este modelo tiene una eficiencia del 95% incluso con una carga parcial, a diferencia de los convertidores rotativos. Además, en el apartado de la fiabilidad presenta un MTBF¹¹ de 5.7 años y el MTTR¹² es de tan solo 30 min clave para solventar cualquier problema rápidamente.

Otro dato a tener en cuenta, especialmente en el caso de las redes eléctricas de los buques es el caso de los armónicos que puedan aparecer en el suministro, que pueden afectar negativamente a toda su red. En el caso de este convertidor, la distorsión armónica de la tensión de salida nunca superará el 2.5%, valor que cumple con los estándares de la IEC 80005-1.

La tensión de alimentación del convertidor de frecuencia puede variar entre 208 y 480 V. La eficiencia será mayor cuanto mayor sea la tensión de trabajo. Por tanto, trabajaremos con la tensión de 480V. La tensión a la entrada y a la salida del convertidor es la misma.

El equipo tiene una pantalla para control in situ, pero es fácilmente monitorizable mediante un módulo PLC¹³ o un ordenador con un software tipo SCADA¹⁴ mediante una conexión de

¹¹ MTBF (Mean time between Failures): Tiempo medio entre fallos

¹² MTTR (Mean time to repair): Tiempo medio de reparación

¹³ PLC (Programmable logic controller): Controlador lógico programable, más conocido como autómatas.

¹⁴ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition): Supervisión, Control y Adquisición de Datos. Tipo de Software usado para el control y la automatización de procesos en tiempo real.

TCP/IP Ethernet. Este equipo puede sincronizarse automáticamente con la red de salida mediante una conexión bus, para hacer el cambio del generador a la conexión a la red sin cortes en el suministro y evitando regímenes transitorios.

2.3.2 Transformadores

Los transformadores que usaremos serán de resina en seco del tipo Dyn con conexión a tierra de alta resistencia. La puesta a tierra de alta resistencia resuelve el problema de las sobretensiones transitorias, reduciendo así los daños que puedan sufrir los equipos. La resistencia de puesta a tierra (RPT) se dimensionará para limitar la corriente de falla a un valor entre 10 y 15 A, permitiendo a un relé de sobretensión detectar el fallo y disparar los interruptores.

En caso de optar por redimensionar la instalación para la conexión de más buques se tendrá que usar un transformador por buque, para proporcionar aislamiento galvánico entre cada buque y la instalación en tierra. En caso de no proporcionar este aislamiento se podrían producir corrosiones galvánicas entre el casco del barco y otros objetos metálicos, [41].

Los transformadores deberán tener una potencia nominal de 2000 kVA.

Tenemos 3 tensiones de trabajo:

- 12 kV salida de la subestación.
- 480 V tensión de trabajo del convertidor de frecuencia.
- 6.6 kV tensión de alimentación al buque.

Por tanto, tendremos que hacer uso de 2 transformadores:

Transformador reductor:

El transformador reductor a instalar tendrá una tensión de entrada de 12 kV y una tensión de salida de 480 V, que es la tensión a la que trabaja el convertidor de frecuencia. Este transformador trabajará a 50 Hz, ya que está situado antes del convertidor de frecuencia.

Tomaremos una RTP de 40 Ω para cumplir el criterio impuesto de la corriente de falla.

Transformador elevador:

El transformador elevador ha de pasar de 480 V a 6.6 kV que es la tensión de alimentación al buque. Este transformador ha de trabajar a 60 Hz, ya que está situado después del convertidor de frecuencia.

Tomaremos una RTP de 600 Ω para cumplir el criterio impuesto de la corriente de falla.

2.3.3 Conductores

Al estar diseñando una instalación con líneas subterráneas de cables aislados nos regiremos por la ITC-LAT 06 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT), [46].

Usaremos conductores aislados del tipo XLPE en aluminio; aluminio por intentar reducir el coste de la instalación y el aislamiento XLPE por su resistencia a la corrosión al estar cerca de ambientes marinos y por su reducción de precio respecto a los EPR y HEPR.

Usaremos conductores del suministrador Prysmian Cable del tipo Voltalene RHZ1 12/20 kV 3x(1x150) mm² Al para el primer tramo de la instalación (Subestación de entrada a Subestación de transformación) y después, en el segundo tramo (Subestación de transformación a Caja de conexión), Voltalene RHZ1 12/20 kV 3x(1x240) mm² Al.

2.3.4 Puesta a tierra

La red de tierras estará formada por dos hileras de 3 y 7 conductores desnudos de cobre de 70 mm² de sección, de dieciocho y seis metros de longitud respectivamente. Estarán dispuestos formando una cuadrícula de 108 m² (18x6) y soldados mediante soldadura aluminotérmica. Además, se dispondrán de 8 picas de cobre de 2m enterradas en el perímetro de la malla.

En este tipo de conexiones también es necesaria la conexión a tierra del casco del buque, para evitar que se produzca una diferencia de potencial entre la tierra de los dos sistemas y pueda dar lugar a problemas.

Según el punto A.2.5.1 de la norma ISO/IEC/IEEE 80005-1 se recomienda que la sección del cable para hacer la unión equipotencial entre el casco del buque y la puesta a tierra sea por lo menos un 50% de la sección transversal de los conductores de la línea de alimentación

(acometida 2). Por tanto, la línea equipotencial entre el casco del buque y la tierra de servicio tendrá una sección de 150 mm².

2.3.5 Canalizaciones

Los conductores irán directamente enterrados en el suelo. Cumpliendo con lo dicho en el pliego de condiciones.

2.3.6 Aparamenta de maniobra y protección

Dentro del centro de transformación, a parte de los transformadores y el convertidor de frecuencia, necesarios para adecuar la señal eléctrica, también es necesaria la instalación de aparamenta para las maniobras de conexión y desconexión y para garantizar la seguridad de las personas y los equipos.

La aparamenta de maniobra y protección que usaremos será:

Celda MT de línea: 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra.

Celda MT de protección: con interruptor automático, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 480x845x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre, interruptor-seccionador tripolar de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra.

Colocaremos una celda MT de protección y otra de línea a la entrada y a la salida del Centro de transformación prefabricado.

2.3.7 Punto de conexión

Pondremos un punto de conexión a la mitad de la longitud del dique para que después el sistema de gestión de cable no necesite de un gran volumen de cable.

Este punto de conexión va acompañado de unas tapas, como se puede ver en la Ilustración 28 para evitar el acceso cuando no está en uso. Dichas tapas también impiden el acceso a la

desconexión del cable si no se tiene la llave para abrir las tapas. Esto se hace para evitar la desconexión por cualquier persona no autorizada.



Ilustración 28: Punto de conexión con tapa protectora. Fuente: Cavotec

La instalación que realizaremos será similar a la que se puede ver en la Ilustración 29, hemos de pasar los cables por debajo de las vías de la grúa, para no impedir su operación.

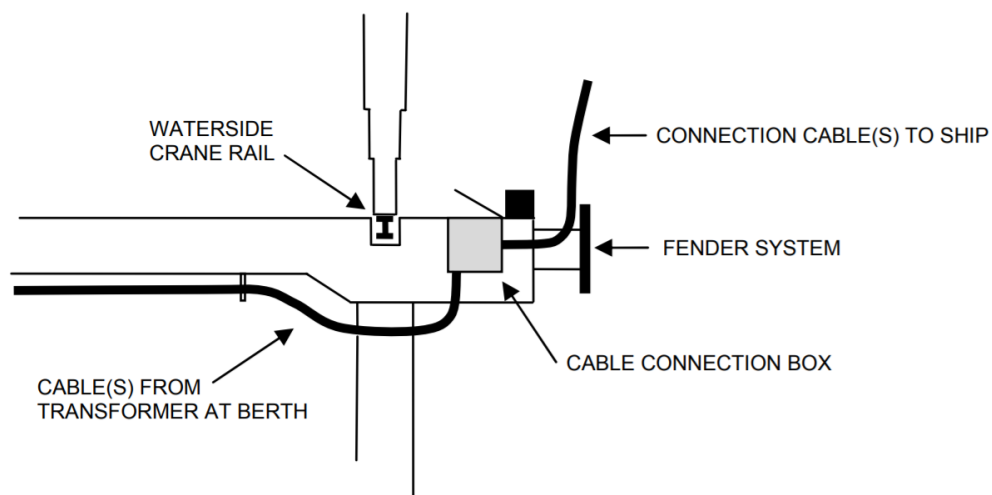


Ilustración 29: Esquema del guiado del cable por debajo del rail de la grúa. Fuente: [41]

Dependiendo de la potencia que se deba suministrar al buque se deberán utilizar uno o dos cables para conectar desde el buque hasta la caja de conexión. Los cables certificados para este tipo de instalaciones están limitados a una corriente de unos 350 A, lo cual limita la

potencia en caso de uso de un solo cable de conexión a 4 MVA para una tensión de 6600 V. Por tanto, al ser nuestra instalación de 2 MVA utilizaremos un solo cable para la conexión con el buque. Se muestra un ejemplo de la sección del cable en la Ilustración 30.

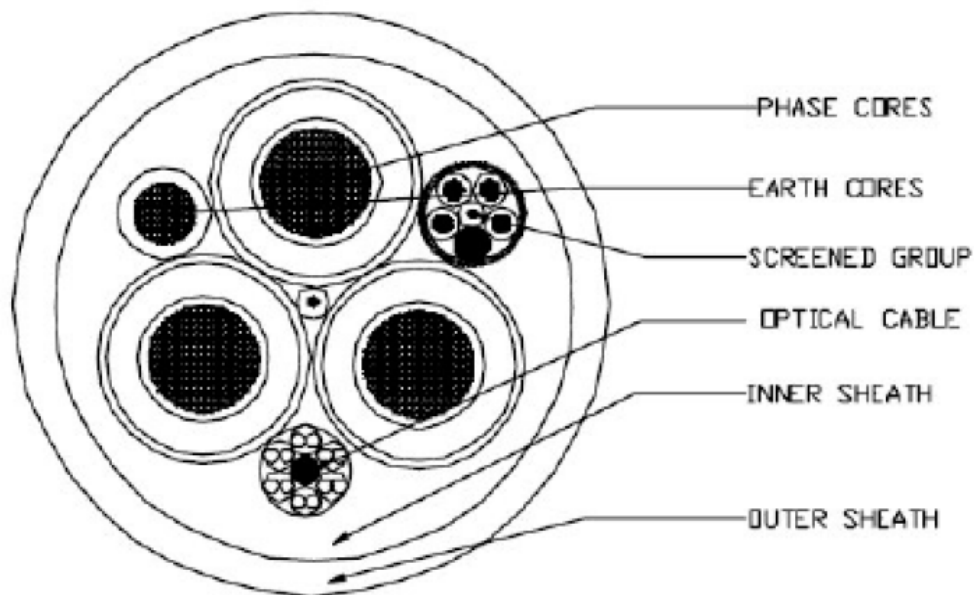


Ilustración 30: Sección del cable de conexión al buque. Fuente: Cavotec

Como se puede ver en la Ilustración 30, en la sección del cable se incluye un cable de fibra óptica para permitir la comunicación entre el buque y el sistema de suministro de potencia instalado en tierra. Los cables de comunicación han de ser de fibra óptica de acuerdo a los estándares. El enchufe de fibra óptica es externo a la clavija de potencia, de forma que el cable usado para conectar a la caja de conexión se puede reemplazar (Flying fibre optic lead with FD connector en Ilustración 31). Este cable es usado para la monitorización del sistema de control.

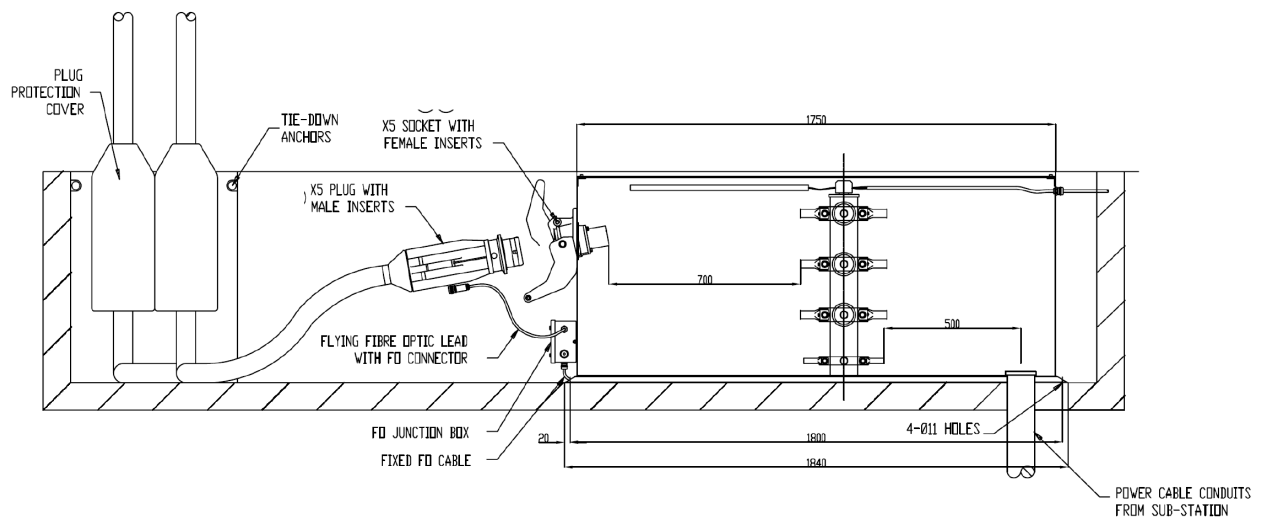


Ilustración 31: Caja de conexión en tierra. Fuente: Cavotec

La caja de conexiones se enclava eléctricamente mediante un contacto situado en la toma y la clavija, como se muestra en la Ilustración 32. Las clavijas de activación están conectadas en serie con el mecanismo de funcionamiento del interruptor automático para garantizar que el automático salta cuando se produce una desconexión inesperada del cable. Por razones de seguridad estos pilotos son los últimos en ser desconectados y los primeros en ser conectados. Esto garantiza que no se puede producir una desconexión bajo carga.

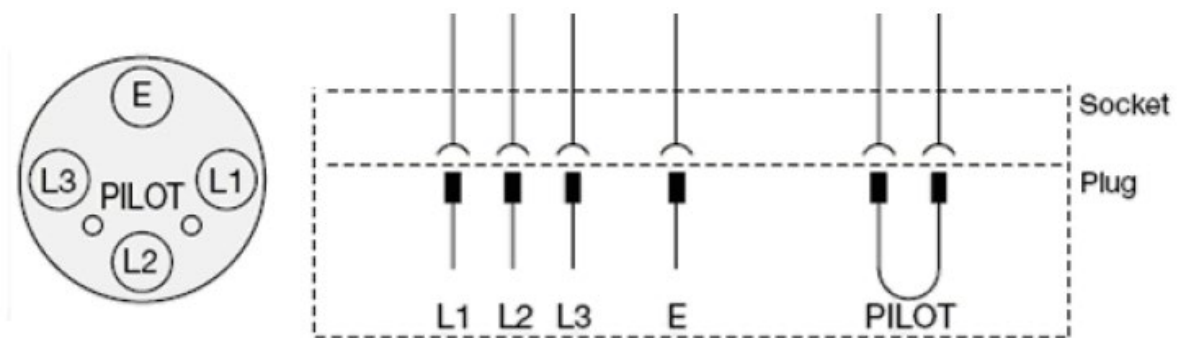


Ilustración 32: Esquema de la clavija de conexión. Fuente: [41]

2.3.8 Sistema de gestión de cable, cable y clavija de conexión

El sistema de gestión de cable (denominado CMS en adelante) es una de las partes más importantes de la instalación, ya que nos permite adaptarnos a las distintas posiciones en las que esté la toma del buque. La conexión en el dique no se puede hacer como en un muelle, en el que el barco se puede mover hacia delante o hacia detrás para que la posición de la toma de conexión quede alineada con el punto fijo en el que este el CMS, sino que la posición en el dique queda definida siempre por el foso para los propulsores (ver Ilustración 33). Por tanto, se hace indispensable que el CMS pueda moverse a lo largo de la longitud del dique, así que optaremos por un sistema CMS móvil.

El CMS móvil, en nuestro caso, no es necesario que equipe un brazo grúa para hacer la conexión ya que tenemos grúas disponibles para el momento de la conexión; solo es necesario que incluya un sistema para evitar la tensión del cable. El CMS ha de incluir dos bobinados para los dos tramos de cable, el que va al punto de conexión en el dique y el que va al buque y un sistema para aliviar la tensión del cable al buque y que soporte su peso. Optaremos por uno de los mayores proveedores de este tipo de sistemas, Cavotec. Más concretamente por su modelo PowerExtend (ver Ilustración 20 e Ilustración 34) que tiene un tamaño muy compacto y que puede ser movido por un solo operario de forma manual.

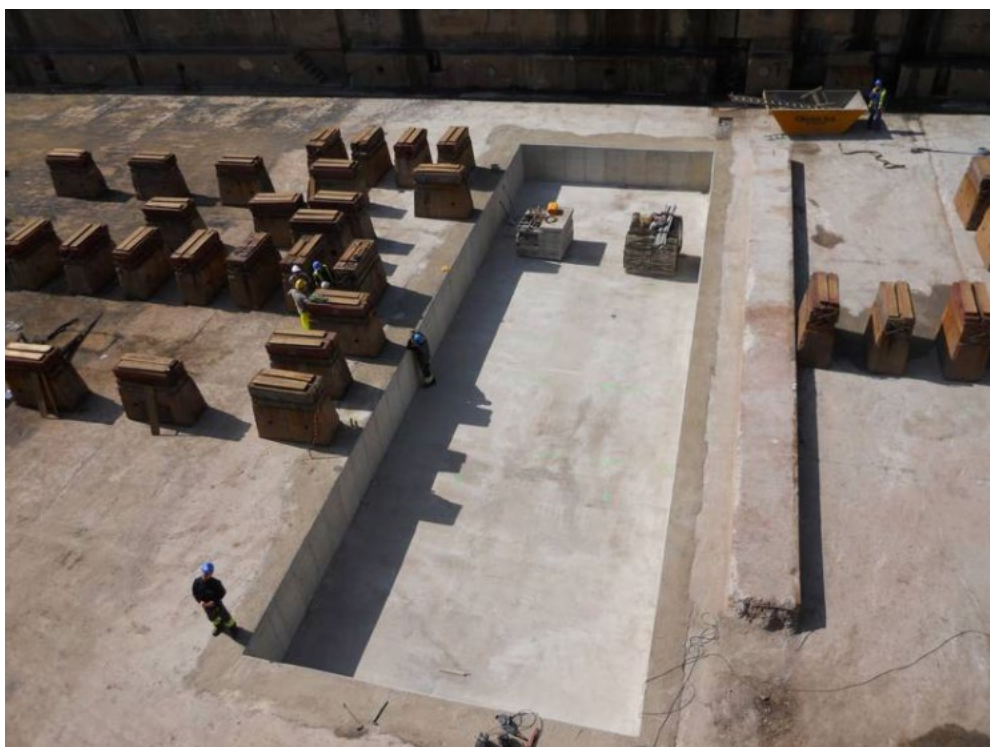


Ilustración 33: Foso para las hélices y timones de los buques en el dique. Fuente: Astander

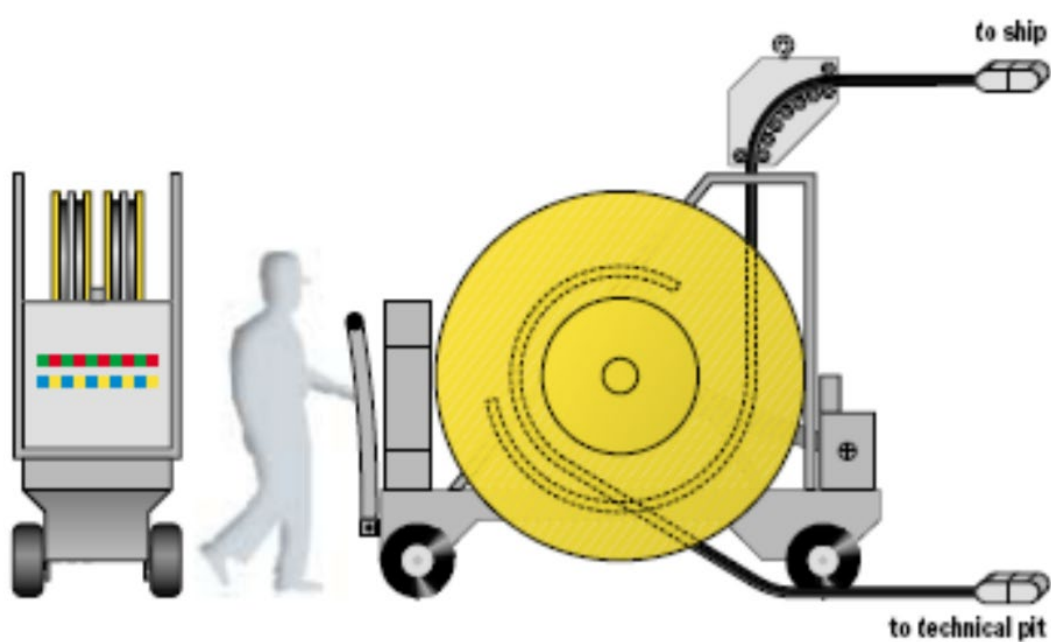


Ilustración 34: Esquema CMS PowerExtend. Fuente: Cavotec

3 CALCULOS

3.1 CONDUCTORES

A continuación, mostraremos las expresiones y tablas (extraídas del ITC-LAT 06) que usaremos para hacer el cálculo de la sección de los conductores a utilizar, [47]:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (1)$$

Siendo:

I = Intensidad de operación

S = Potencia en VA

U = Tensión de línea en V

$$\Delta U = L \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot ((R \cdot \cos \varphi) + (X \cdot \sin \varphi)) \quad (2)$$

Siendo

ΔU = Caída de tensión en la línea en V

L = Longitud de la línea en km

I = Intensidad de operación en A

R = Resistencia de la línea en Ω /km. Dada por el fabricante del conductor.

X = Reactancia de la línea en Ω /km. Dada por el fabricante del conductor, este valor se verá incrementado en un 20% en la línea que funciona a 60Hz al verse incrementada la frecuencia en un 20%.

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 \quad (3)$$

Siendo:

ΔU (%) = Caída de tensión en la línea en %

ΔU = Caída de tensión en la línea en V

U = Tensión nominal en kV

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (4)$$

Siendo:

I_{cc} = Máxima corriente de cortocircuito en la red, en A

S_{cc} = Potencia de cortocircuito en VA

U = Tensión nominal en V

$$S_{mín} = \frac{I_{cc}}{J_{máx}} \quad (5)$$

Siendo:

$S_{mín}$ = Sección del conductor mínima que cumpla el criterio de cortocircuito, en mm²

I_{cc} = Máxima corriente de cortocircuito en la red, en A

$J_{máx}$ = Densidad de corriente máxima admisible, en A/mm²

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA LA CONEXIÓN A PUERTO EN EL ASTILLERO (COLD IRONING)

Tabla 2: Tabla 12 del ITC-LAT 06 / Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna.
Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV tubo

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	115	90	120	90	125	95
35	135	105	145	110	150	115
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Tabla 3: Tabla 26 del ITC-LAT 06 / Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección ≤ 300 mm ²	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección > 300 mm ²	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR Uo/U $\leq$ 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Tabla 4: Resistencia máxima en C.A. y a 90°C en Ω/m del cable Voltalene. Fuente: [48]

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 90 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.0822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.430	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.277	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.168	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.105	-	-
500	0.051	0.084	-	-

Tabla 5: Reactancia X en Ω/km por fase en los cables Voltalene para una frecuencia de 50Hz. Fuente: [48]

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km por fase						
	Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.136	0.141	-	-	-	-	-
16	0.126	0.130	0.143	-	-	-	-
25	0.117	0.121	0.134	0.141	-	-	-
35	0.111	0.115	0.128	0.135	0.146	-	-
50	0.106	0.109	0.122	0.128	0.138	0.144	0.149
70	0.100	0.103	0.115	0.120	0.130	0.136	0.141
95	0.095	0.098	0.110	0.115	0.125	0.129	0.132
120	0.092	0.095	0.106	0.111	0.120	0.123	0.127
150	0.090	0.092	0.102	0.108	0.117	0.120	0.123
185	0.088	0.091	0.100	0.104	0.112	0.118	0.120
240	0.085	0.088	0.097	0.101	0.119	0.116	0.114
300	0.083	0.087	0.093	0.097	0.104	0.108	0.111
400	0.081	0.085	0.091	0.095	0.101	0.104	0.106
500	0.080	0.084	0.089	0.092	0.098	0.100	0.102

Los pasos a seguir para la obtención de la sección serán:

- Aplicar la expresión (1) y obtener el valor de I .
- Ir a la Tabla 2 y sacar la sección mínima que podremos usar para la corriente dada, según el criterio térmico.
- Comprobaremos que la caída de tensión no sea superior a la máxima admisible del 5%, para poder ofrecer un suministro de calidad. Aplicaremos las expresiones (2) y (3) para obtener el valor del ΔU (%). Los valores de R y X vienen dados por el tipo de cable usado (Votalene de Prysmian Cable), estos valores los podremos obtener de la
- Tabla 4 y de la
- Tabla 5. Si el valor de ΔU (%) es menor que el 5%, la sección de cálculo será válida, en caso contrario, deberemos tomar una sección mayor y repetir el cálculo.
- Por último, comprobaremos que la sección cumpla el criterio de cortocircuito, aplicaremos la expresión (4) con la S_{cc} dada por la compañía para el punto de conexión. Después en la Tabla 3 sacaremos el valor de la densidad máxima de corriente de cortocircuito para $t_{cc} = 1$ s. Después aplicamos la expresión (5) y obtendremos la sección mínima que cumpla el criterio de cortocircuito. Cogemos la sección inmediatamente superior que este normalizada y esa será la sección que cumpla el criterio de cortocircuito.
- De los valores obtenidos de la sección, utilizaremos el valor mayor de las secciones calculadas para que el conductor cumpla todos los criterios impuestos.

3.1.1 Acometida 1 (Subestación de entrada a Subestación de transformación)

- Datos iniciales:

S	U	L	Cos (φ)
2 MVA	12 kV	176 m	0,8

- Aplicando la expresión (1) y yendo a la Tabla 2:

S	U	Cos (φ)	I	Sección (mm ²)
2 MVA	12 kV	0,8	96,225 A	35

- Sacando los valores de R y X de la Tabla 4 y 5 respectivamente y después aplicando las expresiones (2) y (3):

L	Cos (φ)	Sin (φ)	I	Tensión nominal del cable	R	X	ΔU	ΔU (%)
164 m	0,8	0,6	96,225 A	12/20 kV	1.093 Ω /km	0,146 Ω /km	26.295	0.219

Al ser el valor de ΔU (%) menor del 5%, se cumple el criterio de caída de tensión.

- Calculamos la sección mínima que cumpla el criterio de cortocircuito aplicando la expresión (4):

S_{cc}	U	I_{cc}	t_{cc}	J máxima admisible	$S_{mín}$	Sección
250 MVA	12 kV	12028,13 A	1 s	94 A/mm ²	127,95 mm ²	150 mm ²

El valor de mayor de las secciones mínimo que podemos usar para que cumpla todos los criterios es el de 150 mm². Por lo tanto, el conductor que usaremos para este primer tramo será: RHZ1 12/20 kV 3x(1x150) mm² Al (Aluminio). A pesar del uso de un conductor de grandes dimensiones y un coste inicial mayor reduciremos las pérdidas en el conductor ya que la resistencia es menor por unidad de longitud, por lo que reduciremos los costes en electricidad y reduciremos además la huella de carbono ya que evitamos “desperdiciar” la energía en forma de calor.

3.1.2 Acometida 2 (Subestación de transformación a Caja de conexión)

- Datos iniciales:

S	U	L	Cos (φ)
2 MVA	6,6 kV	107 m	0,8

- Aplicando la expresión (1) y yendo a la Tabla 2:

S	U	Cos (φ)	I	Sección (mm ²)
2 MVA	6,6 kV	0,8	174,95 A	95

- Sacando los valores de R y X de la Tabla 4 y 5 respectivamente y después aplicando las expresiones (2) y (3):

L	Cos (φ)	Sin (φ)	I	Tensión nominal del cable	R	X	ΔU	ΔU (%)
114 m	0,8	0,6	174,95 A	12/20 kV	0.430 Ω /km	0,125 Ω /km	14.474 V	0.219

Al ser el valor de ΔU (%) menor del 5%, se cumple el criterio de caída de tensión.

- Calculamos la sección mínima que cumpla el criterio de cortocircuito aplicando la expresión (4):

S_{cc}	U	I_{cc}	t_{cc}	J máxima admisible	$S_{mín}$	Sección
250 MVA	6,6 kV	21869,33 A	1 s	94 A/mm ²	232,65 mm ²	240 mm ²

El valor de mayor de las secciones mínimo que podemos usar para que cumpla todos los criterios es el de 240 mm². Por lo tanto, el conductor que usaremos para este primer tramo será: RHZ1 12/20 kV 3x(1x240) mm² Al (Aluminio). A pesar del uso de un conductor de grandes dimensiones y un coste inicial mayor reduciremos las pérdidas en el conductor ya que la resistencia es menor por unidad de longitud, por lo que reduciremos los costes en electricidad y reduciremos además la huella de carbono ya que evitamos “desperdiciar” la energía en forma de calor.

3.2 RED DE TIERRAS

Para el diseño y calculo emplearemos la ITC-RAT 13 y la norma IEEE Std 80/2000.

La red de tierras estará formada por dos hileras de 3 y 7 conductores desnudos de cobre de 70 mm² de sección, de dieciocho y seis metros de longitud respectivamente. Estarán dispuestos formando una cuadrícula de 108 m² (18x6) y soldados mediante soldadura aluminotérmica. Se dispondrán en el perímetro de la malla 8 picas de cobre, cada una con una longitud de 2m.

3.2.1 Sección mínima del conductor de tierra

Para el cálculo de la sección mínima del conductor de cobre a utilizar se han seguido las recomendaciones de la IEEE Std 80/2000. Siendo:

A_{ct} = Area del conductor de tierra (en mm²)

I_F = corriente de falta (en kA) = 21.87 kA

t_c = duración de la falta monofásica = 0.5 s

T_r = Temperatura de referencia para las constantes del material = 20°C

α_r = coeficiente de resistividad térmica a T_r = 0,00381 °C⁻¹

ρ_r (a 20°C) = 1,78 μΩ°C

$K_0 = (1/\alpha_r) - T_r = 242$ °C

T_m = temperatura máxima posible (antes de fusión) = 1084 °C

T_a = temperatura ambiente = 40 °C

TCAP = capacidad térmica por unidad de volumen = 3,42 J/(cm³·°C)

$$A_{ct} = \frac{I_F}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} = 55.35 \text{ mm}^2$$

Al ser la sección mínima de 55.35 mm² tomaremos la sección normalizada inmediatamente superior, que es 70 mm².

3.2.2 Valores máximos admisibles de la tensión de paso y de contacto

Ahora calcularemos los valores máximos admisibles de las tensiones de paso y de contacto para poder comprobar que el diseño del sistema de puesta a tierra es válido. Todo el cálculo se realiza según la ITC- RAT 13

Obtenemos la tensión de contacto máxima admisible (U_{ca}), que viene definida según el valor de la corriente de falta, según la siguiente tabla:

Tabla 6: Tabla 1 de la ITC-RAT 13

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Para el valor de corriente de falta tomado (0.5s) obtenemos una tensión de contacto aplicada admisible $U_{ca}=204$ V. A partir de este valor aplicando las expresiones que se muestran a continuación podemos obtener las tensiones de contacto y paso admisibles.

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1.5\rho_s}{1000} \right]$$

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

U_{ca} = tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies = 204 V

U_{pa} = Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el

cuerpo humano entre los dos pies = $10 U_{ca}$

R_{a1} = Es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante = $2000 \Omega \cdot V$

R_{a2} = Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie = $3 \rho_s$

Z_B = Impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1000Ω

ρ_s = resistividad superficial aparente del terreno. Este valor se puede ver modificado por un coeficiente en los casos en los que el terreno se cubra con una capa adicional de elevada resistividad, como pueden ser el hormigón o la grava.

$$C_s = 1 - 0.106 \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0.106} \right) = 0.665$$

$$\rho_s = C_s * \rho = 1995.42 \Omega \cdot m$$

C_s = Coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial

ρ = Resistividad del terreno = $100 \Omega \cdot m$

ρ^* = Resistividad de la capa superficial = $3000 \Omega \cdot m$

h_s = Espesor de la capa superficial = $0.1 m$

Operando, obtenemos los valores límite de las tensiones de paso y de contacto:

$$U_c = 1018.60 V$$

$$U_p = 34623.94 V$$

3.2.3 Valores reales de las tensiones de paso y de contacto

Calculamos ahora los valores reales de las tensiones de paso y de contacto para nuestra instalación, según la norma IEEE Std 80/2000.

$$E_m = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_G}{L_M}$$

E_m = Tensión de contacto real

ρ = Resistividad del terreno = $100 \Omega \cdot m$

K_m = Factor geométrico

K_i = Factor de corrección de la irregularidad geométrica de la malla

I_G = Corriente máxima a disipar por la malla = I_F (según ITC-RAT 13 para conductor neutro conectado a tierra y $U_n < 100$ kV)

L_M = Longitud total de la malla

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi \cdot (2n - 1)} \right) \right]$$

D = Lado del cuadrado del mallado = 3 m

d = diámetro del conductor de la malla = 0.00944 m

h = Profundidad del soterramiento de la malla = 0.8 m

K_{ii} = Factor corrección que ajusta los efectos de los conductores sobre la esquina de la malla = 1 (para cuando se usan picas de tierra en las esquinas o perímetro de la malla)

K_h = Factor de corrección que cuenta los efectos de la profundidad de malla

h_0 = Profundidad de la malla de referencia = 1

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = 1.3416$$

n = Número de conductores de una malla rectangular equivalente

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p} = 4$$

L_c = Longitud total del conductor de la malla = 96 m

L_p = Longitud perimetral de la malla = 48 m

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} = 1.0745$$

A = superficie total de la malla = 108 m²

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0.7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}} = 1$$

L_x = Longitud de la malla en la dirección x = 18 m

L_y = Longitud de la malla en la dirección y = 6 m

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} = 1$$

D_m = Distancia máxima entre dos puntos de la malla = $\sqrt{L_x^2 + L_y^2}$

$$n = 4 \cdot 1.0745 \cdot 1 \cdot 1 = 4.298$$

Con los calores de n y K_h obtenidos, calculamos ahora el valor de $K_m = 0.664$

Con el valor de n obtenemos también K_i

$$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot n = 1.280$$

Calculamos ahora el valor de L_M para una malla con picas situadas en el perímetro:

$$L_M = L_C + \left[1.55 + 1.22 \cdot \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \cdot L_R = 2578.83 \text{ m}$$

L_r = Longitud individual de cada pica = 2 m

n_r = Número de picas = 8 unidades

L_R = Longitud total de las picas = $L_r \cdot n_r = 16 \text{ m}$

Sustituimos todos los valores previamente obtenidos en la expresión del valor real de la tensión de contacto:

$$E_m = \frac{100 \cdot 0.664 \cdot 1.280 \cdot 21869}{2578.83} = 720.89 \text{ V}$$

Ahora procedemos al cálculo de la tensión real de paso:

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_G}{L_s}$$

E_s = Tensión de paso real

ρ = Resistividad del terreno = $100 \Omega \cdot \text{m}$

K_s = Factor geométrico

K_i = Factor de corrección de la irregularidad geométrica de la malla

I_G = Corriente máxima a disipar por la malla = I_F (según ITC-RAT 13 para conductor neutro conectado a tierra y $U_n < 100$ kV)

L_S = Longitud total de la malla

$$L_S = 0.75 \cdot L_c + 0.85 \cdot L_R = 85.60 \text{ m}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{(1 - 0.5^{n-2})}{D} \right] = 0.367$$

Sustituyendo los valores calculados en la expresión de la tensión real de paso obtenemos:

$$E_s = \frac{100 \cdot 0.367 \cdot 1.280 \cdot 21869}{85.60} = 12001.37 \text{ V}$$

Comparamos con los valores máximos calculados anteriormente:

$$\text{Tensión de paso} \rightarrow 12001.37 \text{ V} < 34623.94 \text{ V}$$

$$\text{Tensión de contacto} \rightarrow 720.89 \text{ V} < 1018.60 \text{ V}$$

Los valores reales obtenidos de las tensiones de paso y de contacto son menores que los máximos admisibles. Por tanto, podemos concluir que la red de tierras está correctamente diseñada según la ITC-RAT 13 y la IEEE Std 80/2000.

3.2.4 Resistencia de puesta a tierra

Calculamos el valor de la resistencia de puesta a tierra según la IEEE Std 80/2000:

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_c} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] = 4.794 \Omega$$

4 PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 OBJETO

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto y, las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje de centros de transformación y líneas eléctricas subterráneas hasta 20 kV, así como, al suministro e instalación de los materiales necesarios para el montaje y las condiciones técnicas del material a emplear.

4.2 DISPOSICIONES GENERALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

4.2.1 Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Reglamento General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de Noviembre.
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de Diciembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.

- Decreto de 12 de Marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, así como las órdenes de 6 de Julio de 1984, de 18 de Octubre de 1984 y de 27 de Noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho Reglamento.
- Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Normas particulares y de normalización de la compañía suministradora de energía eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y RD 162/97 sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

4.2.2 Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado i) del punto 4.2.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir

los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

4.2.3 Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá Póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

4.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

4.3.1 Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto, Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

4.3.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán cuenta del Contratista.

4.3.3 Mejoras y variaciones del Proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

4.3.4 Recepción del material

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

4.3.5 Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que dará cuenta posteriormente.

4.3.6 Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la

obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

4.3.7 Ensayos

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de prueba y análisis serán de cuenta del Contratista.

4.3.8 Limpieza y seguridad en las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección Técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de preocupaciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

4.3.9 Medios auxiliares

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidad que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

4.3.10 Ejecución de las obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo

que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.3.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

4.3.11 Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

Que se dé conocimiento por escrito Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.

Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

4.3.12 Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

4.3.13 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliese estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

4.3.14 Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la obra.

4.3.15 Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

4.3.16 Pago de obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspecciones y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por

cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

4.3.17 Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de Recepción de obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

4.4 LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

Corresponde a la empresa instaladora autorizada de la categoría LAT1 (Contratista), según lo establecido en la ITC-LAT 03, la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

4.4.1 Trazado

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el Proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su efecto, a los bordillos.

Los trazados por zonas rurales que no discurran por vías públicas o paralelos a ellas se señalarán mediante la instalación de hitos prefabricados de hormigón, que se colocarán cada 50 metros en los tramos rectos y en todos los cruces y cambios de dirección.

En la etapa de Proyecto se contactará con las empresas de servicio público y con las posibles propietarias de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocidas, antes de proceder a la apertura de las zanjas, el Contratista abrirá calas

de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el Proyecto. La apertura de calas de reconocimiento se podrá sustituir por el empleo de equipos de detección que permitan contrastar los planos aportados por las compañías de servicio y al mismo tiempo prevenir situaciones de riesgo.

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

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva, este será de $15D$, siendo D el diámetro del cable.

4.4.2 Apertura de zanjas

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por la compañía.

A juicio del técnico responsable de seguridad de la obra, se precederá al entibado de la zanja con el fin de asegurar su estabilidad.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento deben depositarse por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

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

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Para reducir el coste de reposición del pavimento en lo posible, la zanja se puede excavar con intervalos de 2 a 3 metros alternados, y entre cada dos intervalos de zanja se practica una mina o galería por la que se pase el cable.

Las dimensiones y número de tubos de las zanjas con cables entubados serán las que se muestran en la siguiente tabla (donde R significa tubo de reserva):

Tabla 7: Dimensiones y número de tubos de zanjas con cables entubados

Canalización	Ancho (cm)	Profundidad (cm)			
		80	100	120	140
Bajo acera	20	1	2	-	-
	40	2	4	6	-
	60	-	-	9	-
A borde de la calzada	40	-	1+1R	3+1R	5+1R
Cruce de calzada	40	-	1+1R	3+1R	5+1R
	60	-	-	-	8+1R

Para cables directamente enterrados en zanjas las dimensiones y número de ternas serán las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8: Dimensiones y número de ternas

Profundidad (cm)	Ancho (cm)	Números de ternas
80	20	1
	60	2

El fondo de la zanja, establecida su profundidad, es necesario que esté en terreno firme, para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos por estiramientos.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones, se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

En el caso de que ninguna de las ternas vaya entubada, la separación entre dos líneas de cables será como mínimo de 25 cm.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

4.4.3 Canalización

Los cruces de vías (calzadas) públicas o privadas se realizarán con tubos normalizados ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta; estarán hormigonadas en toda su longitud.
- Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- En las salidas el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con espuma de polietileno expandido.
- Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones un tubo de reserva.
- Se debe evitar posible acumulación de agua o gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

Los cables aislados subterráneos de M.T. podrán canalizarse de las siguientes formas:

Cables entubados en zanjas:

Deberá emplearse en lo posible este tipo de canalización, utilizándose principalmente en:

- Canalización a borde de calzada, cruce de vías (calzadas) públicas y privadas, paso de carruajes y bajo acera.
- Cruzamientos, paralelismos y casos especiales, cuando los reglamentos oficiales, ordenanzas vigentes o acuerdos con otras empresas lo exijan.
- Sectores urbanos donde existan dificultades para la apertura de zanjas de la longitud necesaria para permitir el tendido del cable a cielo abierto.
- En los cruces con el resto de los servicios habituales en el subsuelo se guardará una prudencial distancia frente a futuras intervenciones, y cuando puedan existir injerencias de servicio, como es el caso de otros cables eléctricos, conducciones de aguas residuales por el peligro de filtraciones, etc., es conveniente la colocación para el cruzamiento de un tramo de tubular de cómo mínimo 2 metros.

Los normalizados, según la Norma UNE-EN 50086, para estas canalizaciones serán de polietileno de alta densidad de color rojo de 6 metros de longitud y 160 mm de diámetro, con una resistencia a la compresión de 450 N y una resistencia al impacto de 40 J. Dichos tubos irán siempre acompañados de un tubo de polietileno de alta densidad de color verde de 125 mm de diámetro para la posible instalación de cables de telecomunicaciones según la Norma UNE-EN 50086-2-4.

Los tubos se situarán sobre un lecho de arena de 4 cm de espesor. A continuación, se cubrirán los tubos y se realizará el compactado mecánico, empleándose el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%, teniendo en cuenta que el tubo verde de comunicaciones irá situado por encima a 4 cm aproximadamente.

En todo momento la profundidad mínima a la parte superior de la terna más próxima a la superficie del suelo no será menor de 60 cm en el caso de canalización bajo acera, ni de 80 cm bajo calzada.

En los cruzamientos de calzadas y ferrocarriles los tubos irán hormigonados en todo su recorrido y se situarán sobre una capa de 4 cm de espesor. A continuación, se colocará el tubo verde de comunicaciones a 4 cm de la parte superior del tubo asegurando que este quede cubierto con una capa de cómo mínimo 4 cm de hormigón.

Para hacer frente a los movimientos derivados de los ciclos térmicos del cable, es conveniente inmovilizarlo dentro de los tubos mediante la inyección de unas mezclas o aglomerados especiales que, cumpliendo esta misión, puedan eliminarse, en caso necesario, con chorro de agua ligera a presión.

No es recomendable que el hormigón del bloqueo llegue hasta el pavimento de rodadura, pues se facilita la transmisión de vibraciones. En este caso debe intercalarse entre uno y otro una capa de tierra con las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%.

Al construir la canalización con tubos (tanto para los cables como para comunicaciones), se dejarán unas guías en el interior que faciliten posteriormente el tendido de los cables.

Cables directamente enterrados en zanjas:

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los cables, cubriendo los cables irá otra capa de arena de 10 cm y sobre ella irá siempre un tritubo de polietileno de alta densidad de color verde de 40 mm de diámetro con la función de protección de los cables y posible instalación de cables de telecomunicaciones.

Se colocará un tritubo para el caso de una terna y dos para el caso de dos ternas directamente enterradas.

Se dejarán tres guías en el tritubo para la canalización de los cables de telecomunicaciones.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Se empleará arena de mina o de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de 2 a 3 mm como máximo.

A continuación se realizará el compactado mecánico, para conseguir un próctor del 95%.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, además de necesitar la aprobación del Director de Obra, será necesario su cribado.

En todo momento la profundidad mínima de la terna más próxima a la superficie del suelo será de 60 cm, excepción hecha en el caso en que se atraviesen terrenos rocosos, en cuyo caso los cables irán entubados. Los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

Cables al aire, alojados en galerías visitables:

Este tipo de canalización se evitará en lo posible, utilizándose únicamente en el caso en que el número de conducciones sea tal que justifique la realización de galerías; o en los casos especiales en que no se puedan utilizar las canalizaciones anteriores.

Cuando la canalización se realice a lo largo de galerías, se tendrá preferentemente cable no propagador de incendio RHZ1-2OL(AS) 12/20 kV 1x240 mm² KAL+H16. En el primer tramo interior de salida de subestación, el cable será preferentemente no propagador de la llama RHZ1-2OL(S) 12/20 kV 1x240 mm² KAL+H16. Ambos de acuerdo con la Norma UNE-HD 620-5-E-1.

- Limitación de servicios existentes:

No se instalarán cables eléctricos en galerías donde existan conducciones de gases o líquidos inflamables.

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota de alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacua.

- Condiciones generales:

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 metros de anchura mínima y 2 metros de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones puntuales. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería quedarán cerrados de forma que se impida la entrada de

personas ajenas al servicio, pero que permitan la salida del personal que esté en su interior. Deberán disponerse de accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y así, contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40°C. Cuando la temperatura ambiente no permita cumplir este requisito, la temperatura en el interior de la galería no será superior a 50°C.

Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

- **Galerías de longitud superior a 400 metros:**
Cuando la longitud de la galería visitable sea superior a 400 metros, además de los requisitos anteriores, dispondrán de iluminación fija, de instalaciones fijas de detección de gas (con sensibilidad mínima de 300 ppm), de accesos de personal cada 400 metros como máximo, alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias, tabiques de sectorización contra incendios (RF 120) con puertas cortafuegos (RF 90) cada 1.000 metros como máximo.
- **Disposición e identificación de los cables:**
En la medida de lo posible, se dispondrán los cables de distintos servicios y propietarios sobre soportes diferentes y se mantendrá entre ellos distancias tales que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio se procurará agrupar los cables por niveles de tensión (por ejemplo, agrupando los cables de M.T. en el lado opuesto de los de A.T.).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la propiedad de la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.

- **Sujeción de los cables:**

Los cables deberán ir fijados a las paredes de la galería mediante soportes tipo ménsula o palomillas y asegurados con bridas de manera que los esfuerzos térmicos y termodinámicos debidos a las distintas condiciones que pueden presentarse durante la explotación de la red, no puedan moverlos o deformarlos. Asimismo, los circuitos de cables dispondrán de sujeciones que mantengan juntas entre sí las tres fases.

- **Equipotencialidad de masas metálicas accesibles:**

Todos los elementos para sujeción de los cables (soportes tipo ménsula, palomillas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la galería.

4.4.4 Puntos de acceso

Se emplearán los puntos de acceso en zonas urbanas, donde frecuentemente se producen coincidencias de varias líneas en la misma canalización y existen otros servicios próximos.

Los puntos de accesos se construirán de obra civil o prefabricado de hormigón de acuerdo con los planos del documento y de la compañía suministradora.

Se colocarán puntos de acceso en todos los empalmes de la red, para facilitar así su reparación en caso de avería.

En los puntos de acceso los tubos quedarán a unos 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con espuma de polietileno expandido de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en el punto de acceso será la que permita el máximo radio de curvatura.

Los puntos de acceso serán sin fondo para que la base sea totalmente permeable y tendrán un pre-roto que llegue hasta la base de los puntos de acceso para poder ser adaptado a canalizaciones existentes. Se rellenará con arena hasta cubrir como mínimo el cable. En el suelo o las paredes se situarán puntos de apoyo de los cables y empalmes, mediante tacos o ménsulas.

Los puntos de acceso serán registrables. Deberán tener tapas metálicas de fundición provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. Permitiendo acceso a personal para ayuda y observación del tendido y la colocación de rodillos a la entrada y salida de los tubos. Estos rodillos, se colocarán tan elevados respecto al tubo, como lo permita el diámetro del cable, a fin de evitar el máximo rozamiento contra él.

Los puntos de acceso, una vez abiertos, tienen que respetar las medidas de seguridad, disponiendo barreras y letreros de aviso. No es recomendable entrar en los accesos recién abiertos, aconsejándose dejar transcurrir 15 minutos después de abiertos, con el fin de evitar posibles intoxicaciones de gases.

4.4.5 Paralelismos

Los cables subterráneos de M.T. deberán cumplir las siguientes condiciones, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros cables de energía eléctrica:

Los cables de M.T. podrán instalarse paralelamente a otros de B.T. o A.T., manteniendo entre ellos una distancia mínima de 25 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

Cables de telecomunicación:

En el caso de paralelismos entre cables de M.T. y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí. Siempre que los cables, tanto de telecomunicación como eléctricos, vayan directamente enterrados, la mínima distancia

será de 20 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

Canalizaciones de agua:

Los cables de M.T. se instalarán separados de las canalizaciones de agua a una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 metro.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel de los cables eléctricos.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos.

Canalización de gas:

Deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla siguiente, dependiendo de si se trata de canalizaciones y acometidas o acometidas interiores¹⁵.

Cuando no pueda respetarse esta tabla, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

¹⁵ Acometida interior: es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

Tabla 9: Distancias mínimas entre canalizaciones de gas y cables para paralelismos

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
Canalizaciones y acometidas	En alta presión >4bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4bar	0,25 m	0,15 m
Acometida interior	En alta presión >4bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4bar	0,20 m	0,10 m

Conducciones de alcantarillado:

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería:

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería. Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo:

Los cables se instalarán separados de las conducciones de alcantarillado bajo una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las conducciones de alcantarillado bajo tubo será de 1 metro.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la conducción de alcantarillado bajo tubo quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de conducción de alcantarillado bajo tubo se

dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos.

4.4.6 Cruzamientos

Cruzamientos con vías de comunicación:

- Calzadas (calles y carreteras):

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 80 cm. Los tubos serán normalizados según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular a la calzada.

- Ferrocarriles:

En los cruzamientos con ferrocarriles, los cables deberán ir entubados y la parte superior del tubo más próximo a la superficie a una profundidad mínima de 1,1 metros respecto de la cara inferior de la traviesa, rebasando las vías férreas en 1,5 metros por cada extremo. Los tubos serán normalizados según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa y estarán hormigonados en todo su recorrido.

Se recomienda efectuar el cruzamiento por los lugares de menor anchura de la zona del ferrocarril y perpendiculares a la vía siempre que sea posible.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, calzadas con gran densidad de circulación, etc.) pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

Cruzamientos con otros servicios:

- Otros cables de energía eléctrica:

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de M.T. discurren por debajo de los de B.T.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica será de 25 cm. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

- Con cables de telecomunicación:

La separación mínima entre los cables de M.T. y los de telecomunicación será de 25 cm. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable M.T. como del cable de telecomunicación será superior a 1 metro.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

- Canalizaciones de agua:

En los cruzamientos de cables con conducciones de agua se guardará una distancia mínima de 20 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

- Canalizaciones de gas:

En los cruces de cables con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias

mínimas que se establecen en la tabla siguiente. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

Tabla 10: Distancias mínimas entre los conductores y canalizaciones de gas en cruzamientos

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
Canalizaciones y acometidas	En alta presión >4bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4bar	0,40 m	0,25 m
Acometida interior	En alta presión >4bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4bar	0,20 m	0,10 m

- Condiciones de alcantarillado:

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- Conducción de alcantarillado en galería:

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería. Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

- Conducción de alcantarillado bajo tubo:

En los cruzamientos de cables con conducciones de alcantarillado bajo tubo se guardará una distancia mínima de 20 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce.

Cuando no pueda respetarse esa distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

- Depósito de carburantes:

Los cables se dispondrán separados mediante tubos normalizados según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa los cuales distarán como mínimo 1,20 metros del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.

4.4.7 Acometidas

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y las canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzca en el tramo de acometida a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 30 cm.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado según las normas de la compañía suministradora y el Pliego de Condiciones Técnicas que nos ocupa.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

4.4.8 Transporte de bobinas de cables

Las bobinas serán de madera y deberán ajustarse a la Norma UNE 21167-1. En todas las bobinas, el cable deberá ir debidamente protegido. Se prohíbe el uso para ello de duelas de madera. El sistema a utilizar para asegurar la adecuada protección del cable debe ser previamente autorizado por la compañía suministradora.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el edificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Cuando las bobinas se colocan llenas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán

quedar en línea, en contacto una y otra y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y duros con un total de largo que cubra totalmente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas. Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

En sustitución de estos tacos también se pueden emplear unas cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa y por ambos lados se clavarán al piso de la plataforma para su inmovilidad. Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de la bobina, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas. Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque. En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tablones de madera o vigas, con una inclinación no superior a $1/4$. Debe guiarse la bobina con cables de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 20 cm al final del recorrido, para que actúe como freno.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Cuando las bobinas deban trasladarse girándolas sobre el terreno, debe hacerse todo lo posible para evitar que las bobinas queden o rueden sobre un suelo u otra superficie que sea accidentada.

Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos.

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cable a la intemperie sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, pues pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarían importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido).

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

4.4.9 Tendido de cables

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras y otros elementos que puedan dañar los cables en su tendido.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible el tendido en sentido descendente.

La bobina de cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alimentación del tendido.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante el tendido. El radio de curvatura una vez instalado será de 15D, siendo D el diámetro exterior del cable.

Cuando los cables se tiendan a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabestrantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente con rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída. Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del cable, peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, que daría lugar a ondulaciones perjudiciales. Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que facilitan el deslizamiento deben disponerse otros verticales para evitar el ceñido del cable contra el borde de la zanja en el cambio de sentido. Siendo la cifra mínima recomendada de un rodillo recto cada 5 metros y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección.

Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de zanja, siempre bajo vigilancia del Directo de Obra.

Para la guía del extremo del cable a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren (cruces de alcantarillas, conducciones de agua, gas, electricidad, etc.) y para el enhebrado en los tubos, en conducciones tubulares, se puede colocar en esa extremidad una manga tiracables a la que se una el cable. Es totalmente desaconsejable situar más de dos a cinco peones tirando de dicho cable, según el peso del cable, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable producen en él deslizamientos y deformaciones. Si por cualquier circunstancia se precisara ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando preferentemente cabezas de tiro estudiadas para ello.

Para evitar que en las distintas paradas que puedan producirse en el tendido, la bobina siga girando por inercia y desenrollándose cable que no circula, es conveniente dotarla de un

freno, por improvisado que sea, para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el cable.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o exponiéndolas a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

El cable se puede tender desde el vehículo en marcha, cuando no haya obstáculos en la zanja o en las inmediaciones de ella.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina de 10 cm en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En el caso de canalización entubada el lecho de arena será de 4 cm.

Si el cable se instalara directamente enterrado, no se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena, sobre ella irá siempre un tritubo de polietileno de alta densidad de 40 mm de diámetro cubriendo la proyección del cable.

En el caso de cables entubados, el tubo verde de 125 mm para comunicaciones deberá colocarse de manera que quede lo más desplazado a uno de los lados de la zanja, para facilitar las tareas de mantenimiento y el acceso a los cables en los puntos de acceso.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 metros.

Nunca se pasarán dos circuitos trifásicos por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable los tubos se obturarán en los extremos con espuma de poliuretano expandida e igualmente se aplicará la obturación a los tubos de reserva.

En el caso de utilizar otra tecnología de tendido, esta deberá ser expresamente aprobada.

4.4.10 Empalmes

Se ejecutarán los tipos denominados reconstruidos indicados en el Proyecto, cualquiera que sea su aislamiento papel impregnado, polímero o plástico.

Para su confección se seguirán las normas dadas por el Director de Obra o en su defecto las indicadas por el fabricante del cable o el de los empalmes.

En los cables de aislamiento seco, se prestará especial atención a la limpieza de las trazas de cinta semiconductoras pues ofrecen dificultades a la vista y los efectos de una deficiencia en este sentido pueden originar el fallo del cable en servicio.

4.4.11 Protección mecánica

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas. Para ello se colocará un tritubo de polietileno de alta densidad verde de 40 mm de diámetro a lo largo de la longitud de la canalización, cuando ésta no esté entubada.

4.4.12 Señalización

Como aviso y para evitar el posible deterioro que se pueda ocasionar al realizar las excavaciones en las proximidades de la canalización, se colocará también una cinta de señalización para el caso de cables directamente enterrados y una o dos (para el caso de 9 tubos) para el caso de cables entubados.

La cinta de señalización será de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables. Su distancia mínima a la cara inferior del pavimento será de 10 cm en el caso de cables entubados y 10 cm al suelo en el caso de los cables directamente enterrados. En ambos casos quedará como mínimo a 25 cm de la parte superior de los cables o tubos.

El material empleado en la fabricación de la cinta para la señalización de cables enterrados será polietileno. La cinta será opaca, de color amarillo naranja vivo S 0580-Y20R de acuerdo con la Norma UNE 48103. El ancho de la cinta de polietileno será de 150 ± 5 mm y su espesor $0,1\pm 0,01$ mm.

4.4.13 Cierre de zanjas

Una vez colocadas al cable las protecciones y señalizaciones indicadas anteriormente, se rellenará toda la zanja con el tipo de tierra y en las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%. Procurando que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección estén exentas de piedras o cascotes. De cualquier forma debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes puede elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos autorizados de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

4.4.14 Reposición de pavimentos

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losetas, baldosas, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de

granito y otros similares.

4.4.15 Puesta a tierra

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea. En el caso de líneas de longitud superior a 10 km, será necesario conectar a tierra las pantallas en un empalme intermedio.

Se mantendrá una distancia mínima de 0,50 metros entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables.

4.5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.5.1 Emplazamiento

El lugar elegido para la instalación del centro de transformación debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro de transformación deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del C.T. debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro de transformación debe estar, como mínimo, 0,20 metros por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no debe proporcionársele una estanqueidad perfecta hasta dicha cota.

El local que contiene el centro de transformación debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

4.5.2 Excavación

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del C.T. y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.

4.5.3 Acondicionamiento

Como norma general, una vez realizada la excavación se extenderá una capa de arena de 10 cm de espesor aproximadamente, procediéndose a continuación a su nivelación y

compactación.

En caso de ubicaciones especiales, y previo a la realización de la nivelación mediante el lecho de arena, habrá que tener presente las siguientes medidas:

- Terrenos no compactados:

Será necesario realizar un asentamiento adecuado a las condiciones del terreno, pudiendo incluso ser necesaria la construcción de una bancada de hormigón de forma que distribuya las cargas en una superficie más amplia.

- Terrenos en ladera:

Se realizará la excavación de forma que se alcance una plataforma de asiento en zona suficientemente compactada y de las dimensiones necesarias para que el asiento sea completamente horizontal. Puede ser necesaria la canalización de las aguas de lluvia de la parte alta, con objeto de que el agua no arrastre el asiento del centro de transformación.

- Terrenos con nivel freático alto:

En estos casos, o bien se eleva la capa de asentamiento del C.T. por encima del nivel freático, o bien se protege al C.T. mediante un revestimiento impermeable que evite la penetración de agua de hormigón.

4.5.4 Tabiques interiores

Serán de ladrillo o de hormigón armado. Presentarán la suficiente resistencia en función de su uso, pero como mínimo, la equivalente a la de los espesores de las siguientes paredes:

- Tabique de ladrillo macizo sin marco metálico: 15 cm.
- Tabique de ladrillo macizo enterrado en marco metálico: 5 cm.
- Tabique de hormigón armado: 5 cm.

Los tabiques se construirán de forma que sus cantos queden terminados con perfiles U empotrados en los muros y en el suelo.

Al ejecutar los tabiques se tomarán las disposiciones convenientes para prever los emplazamientos de los herrajes y/o el paso de canalizaciones.

4.5.5 Acabados

Paramentos interiores:

Si la obra es de fábrica de ladrillo, estarán revestidos interiormente con mortero de cemento y arena lavada de dosificación 1:4 con aditivo hidrófugo en masa, fratasado.

Cuando la obra sea de hormigón armado, si es necesario, después del desencofrado se realizará un enlucido idéntico al anterior.

En los tabiques, los orificios para empotramiento se efectuarán antes de dar el enlucido.

El acabado final será pintado, prohibiéndose los enlucidos de yeso.

Paramentos exteriores:

Cuando sean vistos, como norma general se realizarán de acuerdo con el resto del edificio.

Normalmente será un acabado liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente.

Cualquier otra terminación (canto rodado, recubrimientos especiales, etc.) podrá ser aceptada y se fijará de común acuerdo entre el peticionario y la compañía suministradora, teniendo en cuenta las consideraciones de orden eléctrico y otras relaciones de explotación y mantenimiento del centro de transformación.

Pavimentos:

Serán de mortero de cemento continuo, bruñido y ruleteado, con el fin de evitar la formación de polvo, y será resistente a la abrasión.

El mortero estará dosificado a razón de 600 kg/m². Se prohíbe el empleo de la arena de escorias.

El empotramiento de herrajes, colocación de tubos, registros, canalizaciones de cables, etc., se efectuará antes de realizar el pavimento.

Elementos metálicos:

Todos los elementos metálicos que intervengan en la construcción del centro de transformación y puedan estar sometidos a oxidación, deberán estar protegidos mediante un tratamiento adecuado como galvanización en caliente, pintura oxidante, etc.

4.5.6 Edificio prefabricado de hormigón

Los distintos edificios prefabricados de hormigón se ajustarán íntegramente a las distintas Especificaciones de Materiales de la compañía suministradora, verificando su diseño los siguientes puntos:

Los suelos estarán previstos para las cargas fijas y rodantes que implique el material.

Se preverán, en lugares apropiados del edificio, orificios para el paso del interior al exterior de los cables destinados a la toma de tierra, y cables de B.T. y M.T. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una profundidad de 0,40 metros del suelo como mínimo.

También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, registros para las tomas de tierra y canales para los cables de

A.T. y B.T. En los lugares de paso, estos canales estarán cubiertos por losas amovibles.

Los muros prefabricados de hormigón podrán estar constituidos por paneles convenientemente ensamblados o bien formando un conjunto con la cubierta y la solera, de forma que se impida totalmente el riesgo de filtraciones.

La cubierta estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanqueidad, ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior podrá quedar como resulte después del desencofrado. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad.

El acabado exterior del centro de transformación será normalmente liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio

ambiente. Cualquier otra terminación (canto rodado, recubrimientos especiales, etc.) podrá ser aceptada. Las puertas y recuadros metálicos estarán protegidos contra la oxidación.

La cubierta estará calculada para soportar la sobrecarga que corresponda a su destino, para lo cual se tendrá en cuenta lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330.

Las puertas de acceso al centro de transformación desde el exterior cumplirán íntegramente lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330. En cualquier caso, serán incombustibles, suficientemente rígidas y abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de la fachada.

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del edificio prefabricado, sin que éstos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior el edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

4.5.7 Evacuación y extinción del aceite aislante

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán estar construidas con materiales resistentes al fuego, que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aceite aislante, se preverán pozos con revestimiento estanco, teniendo en cuenta el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y además inspeccionables.

4.5.8 Ventilación

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación y, cuando proceda, refrigerar los transformadores.

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural, aunque en casos excepcionales podrá utilizarse también la ventilación forzada.

Cuando se trate de ubicaciones de superficie, se empleará una o varias tomas de aire del exterior, situadas a 0,20 metros del suelo como mínimo, y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posible.

En ningún caso las aberturas darán sobre los locales a temperatura elevada o que contengan polvo perjudicial, vapores corrosivos, líquidos, gases, vapores o polvos inflamables.

Todas las aberturas de ventilación estarán dispuestas y protegidas de tal forma que se garantice un grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, contra la entrada de objetos sólidos extraños y contra la entrada del agua IP23D, según Norma UNE-EN 61330.

4.5.9 Puertas

Las puertas de acceso al centro de transformación desde el exterior serán incombustibles y suficientemente rígidas; abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro

de fachada.

4.5.10 Aparamenta alta tensión

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica y tipo “modular”. De esta forma, en caso de avería, será posible retirar únicamente la celda dañada, sin necesidad de desaprovechar el resto de las funciones.

Se utilizará el hexafluoruro de azufre (SF₆) como elemento de corte y extinción. El aislamiento integral en SF₆ confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro de transformación. El corte SF₆ resulta también más seguro que el aire, debido a lo expuesto anteriormente.

Las celdas empleadas deberán permitir la extensibilidad in situ del centro de transformación, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el C.T.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a

fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la Norma UNE 20099. Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- Compartimento de aparellaje:

Estará lleno de SF₆ y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

- Compartimento del juego de barras:

Se compondrá de tres barras aisladas conexas mediante tornillos.

- Compartimento de conexión de cables:

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos y termorretráctiles para cables de papel impregnado.

- Compartimento de mando:

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra motorizaciones, bobinas de cierre y/o apertura y contactos auxiliares si se requieren posteriormente.

- Compartimento de control:

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será

accesible con tensión, tanto en barras como en los cables.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal (U_n):

- $U_n \leq 20$ kV:
 - Tensión asignada: 24 kV.
 - Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 50 kV.
 - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
 - Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 125 kV.
 - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.
- $20 \text{ kV} \leq U_n \leq 30$ kV:
 - Tensión asignada: 36 kV.
 - Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 70 kV.
 - A la distancia de seccionamiento: 80 kV.
 - Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 170 kV.
 - A la distancia de seccionamiento: 195 kV.

4.5.11 Transformadores

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural.

Utilizaremos transformadores en seco encapsulado en resina, ya que si usásemos transformadores de aceite tendríamos que instalar un sistema de extinción de incendios y además existe peligro de derrame de aceite al estar cerca del mar. Además, el

transformador en seco encapsulado en resina tiene la ventaja de tener un tamaño compacto y ser extremadamente seguro en caso de incendio.

Los transformadores, para mejor ventilación estarán situados en la zona flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

4.5.12 Equipos de medida

Cuando el centro de transformación sea tipo “abonado”, se instalará un equipo de medida compuesto por transformadores de medida, ubicados en una celda de medida de A.T., y un equipo de contadores de energía activa y reactiva, ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en ellas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de las celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar, a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal, del tipo no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm² de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm² para el circuito de tensión. Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevará directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de baja tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrán en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

4.5.13 Acometidas subterráneas

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro de transformación, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales y tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable mínimo, y preferentemente de 15 cm. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 metros.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del centro de transformación los cables estarán directamente enterrados, excepto si atraviesan otros locales, en cuyo caso se colocarán en tubos o canales. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento la protección mecánica de los cables, y su fácil identificación.

Los conductores de alta tensión y baja tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable, y un nivel de aislamiento acorde a la tensión de servicio.

4.5.14 Alumbrado

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será preferiblemente de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de

lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

La instalación para el servicio propio del centro de transformación llevará un interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

4.5.15 Puestas a tierra

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el Proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra:

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del centro de transformación.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro de transformación. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será

inferior a 50 mm².

- Cuando la alimentación a un centro de transformación se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm². La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.
- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

4.6 MATERIALES

Los materiales empleados en la canalización serán aportados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

4.6.1 Cables

Los cables instalados serán los que figuren en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con la Norma UNE-HD 620-5-E-1.

Los conductores deberán estar de acuerdo con la Norma UNE-EN 60228.

Los cables llevarán una marca indeleble que identifique claramente:

- Nombre del fabricante y fábrica.
- Designación completa del cable.
- Año de fabricación (por medio de las dos últimas cifras).
- UF, para indicar que cumple esta especificación.

- Metraje.

La marca podrá realizarse por grabado o relieve sobre la cubierta. La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

4.7 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las normas de construcción e instalación del centro de transformación se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía suministradora de la electricidad.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

La admisión de materiales no se permitirá sin la previa aceptación por parte del Director de Obra. En este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomarán como referencia las distintas Recomendaciones UNESA, Normas UNE, etc. que les sean de aplicación.

4.7.1 Pruebas reglamentarias

La apareamiento eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las Normas UNE o Recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.

- Tensiones de paso y de contacto.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo de frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de onda de choque 1,2/50 ms.
- Verificación del grado de protección.

4.7.2 Aseguramiento de la calidad

Durante el diseño y la ejecución de la línea, las disposiciones de aseguramiento de la calidad, deben seguir los principios descritos en la Norma UNE-EN ISO 9001. Los sistemas y procedimientos, que el Proyectista y/o Contratista de la instalación utilizarán, para garantizar que los trabajos del Proyecto cumplan con los requisitos del mismo, deben ser definidos en el Plan de Calidad del Proyectista y/o del Contratista de la instalación para los trabajos del Proyecto.

Cada Plan de Calidad debe presentar las actividades en una secuencia lógica, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Una descripción del trabajo propuesto y del orden del programa.
- La estructura de la organización para el contrato, así como la oficina principal y cualquier otro centro responsable de una parte del trabajo.
- Las obligaciones y responsabilidades asignadas al personal de control de calidad del trabajo.
- Puntos de control de la ejecución y notificación.

- Presentación de los documentos de ingeniería requeridos por las especificaciones del Proyecto.
- La inspección de los materiales y sus componentes a su recepción.
- La referencia a los procedimientos de aseguramiento de la calidad para cada actividad.
- Inspección durante la fabricación/construcción.
- Inspección final y ensayos.

4.8 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

4.8.1 Prevenciones generales

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

Se pondrá en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de “Peligro de muerte”.

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.

No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta aislante.

Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Tipo de aparamenta y número de fabricación
- Año de fabricación

- Tensión nominal
- Intensidad nominal
- Intensidad nominal de corta duración
- Frecuencia industrial

Junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparamenta.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

4.8.2 Puesta en servicio

Se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner el servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la compañía suministradora de energía eléctrica.

4.8.3 Separación de servicio

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartador anterior, es decir, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

4.8.4 Mantenimiento

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Esta se hará sobre banqueta aislante, con trapos perfectamente secos, y teniendo muy presente que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Si es necesario cambiar los fusibles, se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

La temperatura del líquido refrigerante no debe sobrepasar los 60°C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

4.9 DISPOSICIONES FINALES

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

4.9.1 Certificados y documentación

Se aportará, para la tramitación de este Proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.

- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la compañía suministradora.

4.9.2 Libro de Órdenes

Se dispondrá en el centro de transformación de un Libro de Órdenes, en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

4.9.3 Recepción de la obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra y se podrán solicitar todos los ensayos a las instalaciones que se consideren oportunos. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento:

Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.

- Ensayo dieléctrico:

Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro de transformación deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

- Instalación de puesta a tierra:

Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.

- Regulación y protecciones:

Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.

- Transformadores:

Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la resistencia de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

5 PRESUPUESTO

Se realiza una presupuestación aproximada de los costes que puede suponer este tipo de instalación.

5.1 OBRA CIVIL

La obra civil a realizar será el soterramiento de las líneas eléctricas que componen la instalación, es decir, todas las acometidas. El consorcio Poweratberth estima un coste de 150€/m para la obra civil, [49].

Cantidad	Unidades	Concepto	Precio Unitario	Precio total
397	m	Coste obra civil de la instalación de cables según el estudio CAPEX del consorcio Poweratberth	150,00 €	59.550,00 €
			Subtotal:	59.550,00 €

5.2 LINEAS ELÉCTRICAS

5.2.1 Acometida 1

Cantidad	Unidades	Concepto	Precio Unitario	Precio total
16,728	m ³	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	12,28 €	205,42 €
492	m	Cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 150 mm ² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	20,45 €	10.061,40 €
164	Ud	Placa de protección de cables enterrados, de polietileno, de 250 mm de anchura y 1 m de longitud, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	3,02 €	495,28 €
984	m	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	0,26 €	255,84 €
			Subtotal:	11017,93€

5.2.2 Acometida 2

Cantidad	Unidades	Concepto	Precio Unitario	Precio total
11,628	m ³	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	12,28 €	142,79 €
342	m	Cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm ² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	25,30 €	8.652,60 €
114	Ud	Placa de protección de cables enterrados, de polietileno, de 250 mm de anchura y 1 m de longitud, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	3,02 €	344,28 €
684	m	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	0,26 €	177,84 €
			Subtotal:	9317,51€

5.2.3 Acometida puesta a tierra del buque

Cantidad	Unidades	Concepto	Precio Unitario	Precio total
4,046	m ³	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	12,28 €	49,68 €
119	m	Cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 150 mm ² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	20,45 €	2.433,55 €
119	Ud	Placa de protección de cables enterrados, de polietileno, de 250 mm de anchura y 1 m de longitud, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	3,02 €	359,38 €

238	m	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	0,26 €	61,88 €
			Subtotal:	2904,49€

5.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Dentro de este apartado debemos de incluir ambos transformadores, el convertidor de frecuencia y toda la aparamenta de operación. También estará incluido el precio del centro prefabricado de transformación.

Cantidad	Unidades	Concepto	Precio Unitario	Precio total
2	Ud	Celda de línea, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra.	6.845,10 €	13.690,20 €
2	Ud	Celda de protección con interruptor automático, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 480x845x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre, interruptor-seccionador tripolar de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra.	15.120,50 €	30.241,00 €
1	Ud	Centro de transformación prefabricado, modular de hormigón armado, de 9600x2620x3195 mm, apto para contener hasta dos transformadores y la aparamenta necesaria.	12.127,10 €	12.127,10 €
1	Ud	Transformador Trifásico Reductor 12kV/480V de resina en seco 2MVA Dyn11	88.000,00 €	88.000,00 €
1	Ud	Transformador Trifásico Elevador 480V/6,6kV de resina en seco 2MVA Dyn11	88.000,00 €	88.000,00 €
1	Ud	Convertidor de frecuencia ABB PCS120 SFC 2MVA	489.710,00 €	489.710,00 €
			Total:	721.768,30 €

5.4 EQUIPO DE GESTIÓN DE CABLE

Cantidad	Unidades	Concepto	Precio Unitario	Precio total
1	Ud	Equipo de gestión de cable PowerExtend Cavotec	150.000,00 €	150.000,00 €

5.5 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Cantidad	Unidades	Concepto	Precio Unitario	Precio total
96	m	Conductor de cobre desnudo, de 70 mm ² .	6,27 €	601,92 €
9,6	Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,17 €	11,23 €
12	Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	16,34 €	196,08 €
12	Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,00 €	12,00 €
			Total:	821,23 €

5.6 DESGLOSE TOTAL

Obra Civil		59.550,00 €
Líneas eléctricas	Acometida 1	11.017,93 €
	Acometida 2	9.317,51 €
	Acometida puesta a tierra del buque	2.904,49 €
Centro de transformación	Celdas MT Línea	13.690,20 €
	Celdas MT Protección	30.241,00 €
	Centro prefabricado de transformación	12.127,10 €
	Transformadores	176.000,00 €
	Convertidor de Frecuencia	489.710,00 €
Equipo de gestión de cable		150.000,00 €
Puesta a tierra		821,23 €
Presupuesto de ejecución del material		895.829,46 €
Gastos Generales (13%)		116.457,83 €
Beneficio industrial (6%)		53.749,77 €
----- Base imponible -----		1.066.037,06 €
IVA (21%)		223.867,78 €
Presupuesto de ejecución de contrata		1.289.904,84 €

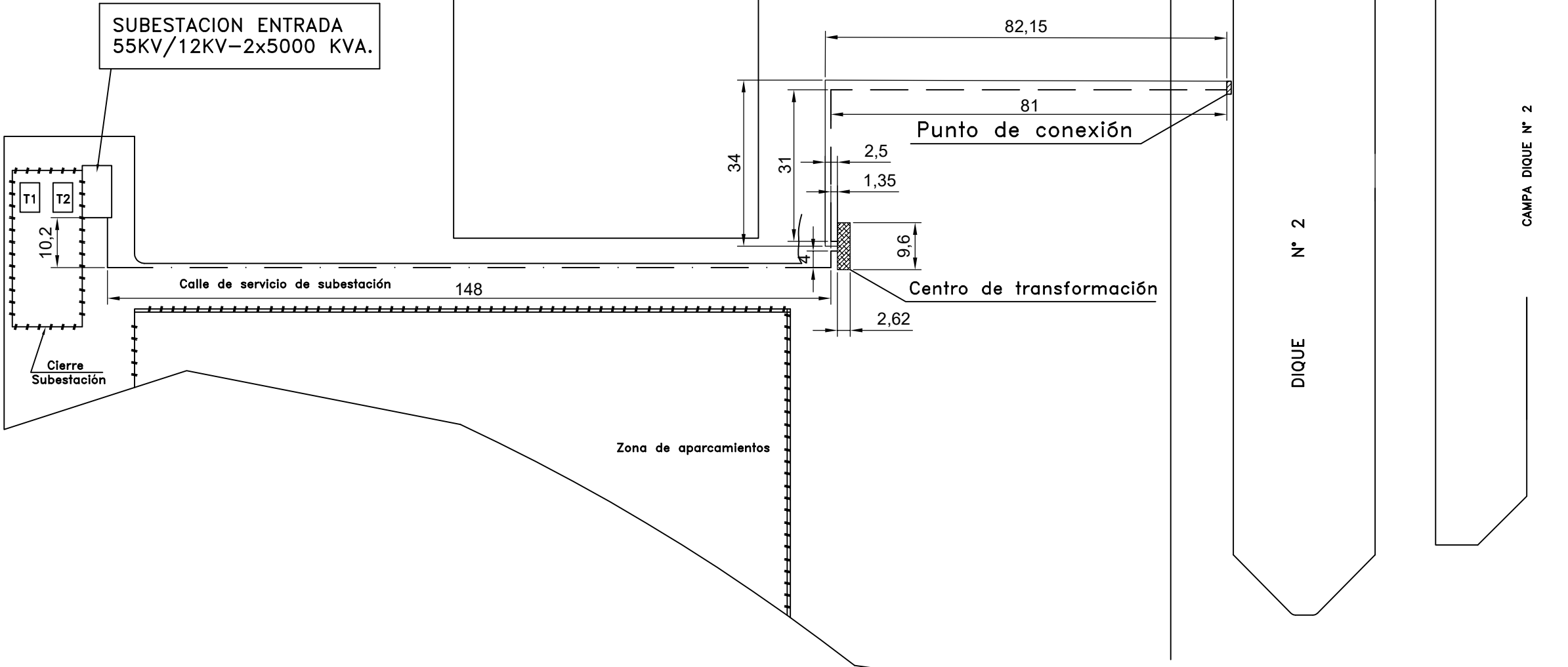
INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA LA CONEXIÓN A PUERTO EN EL ASTILLERO (COLD IRONING)

Estudios técnicos e ingeniería de detalle (5%)	64.495,24 €
Dirección de obra (5%)	64.495,24 €
Base imponible	1.418.895,32 €
IVA (21%)	297.968,02 €
Presupuesto para conocimiento de la administración	1.716.863,34 €

6 PLANOS

LEYENDA	
	Acometida 1: Conductor RHZ1 12/20 kV 3x(1x150) mm2 Al
	Acometida 2: Conductor RHZ1 12/20 kV 3x(1x240) mm2 Al
	Acometida puesta a tierra del buque: Conductor RHZ1 12/20 kV 1x150 mm2 Al

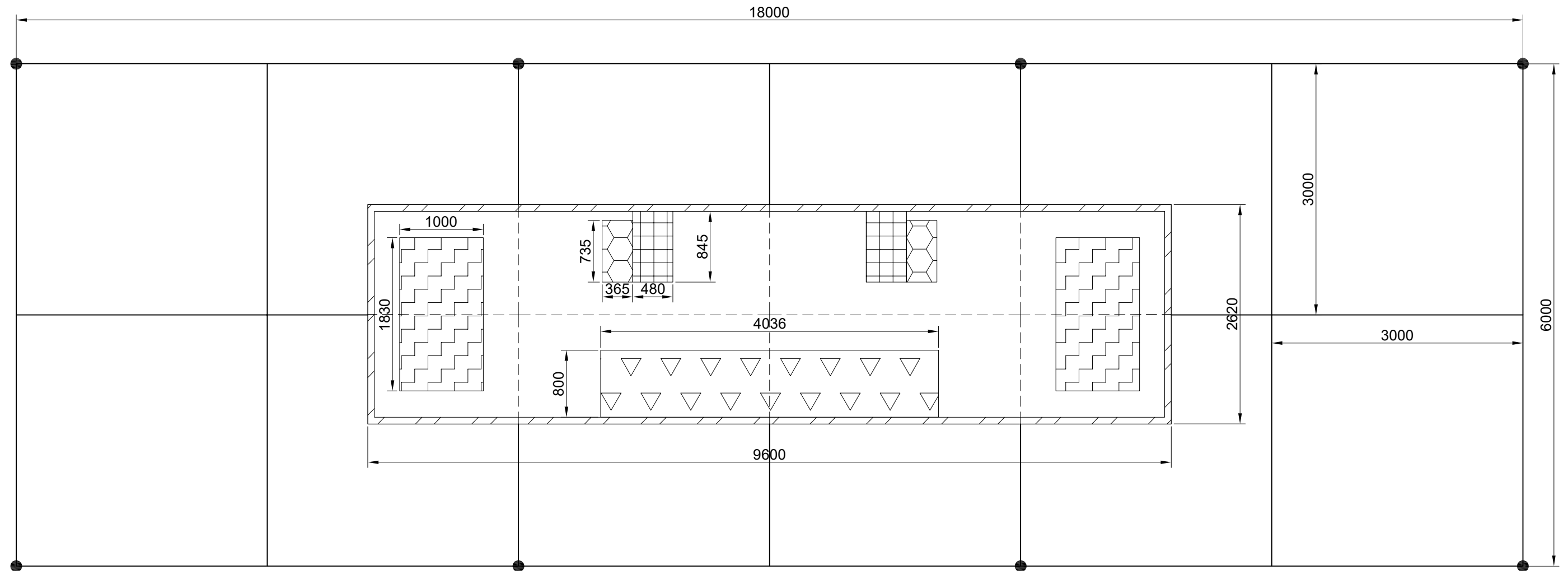
TRANSFORMADORES				
SUBESTACION	FABRICANTE	RELACION	POTENCIA	ESTADO
C. Intemperie	CENEMESA	55000/12000	5000KVA	En activo
C. Intemperie	WESTINGHOUSE	55000/12000	5000KVA	Reserva.



AUTOPISTA SANTANDER-BILBAO



Instalación eléctrica para el suministro a buques en el astillero (Cold Ironing)		Alumno: Adolfo Iza Fernández	
Plano Emplazamiento de la Instalación		Fecha: 30/06/2022	
		Cotas en m	Plano 1/3
		Escala: 1:1000	



LEYENDA

	Convertidor de Frecuencia
	Transformador
	Celda MT Linea (Interruptor-Seccionador)
	Celda MT Protección (Interruptor Automático)
	Paredes del CT Prefabricado
	Conductor de cobre desnudo
	Picas de cobre



Instalación eléctrica para el suministro
a buques en el astillero (Cold Ironing)

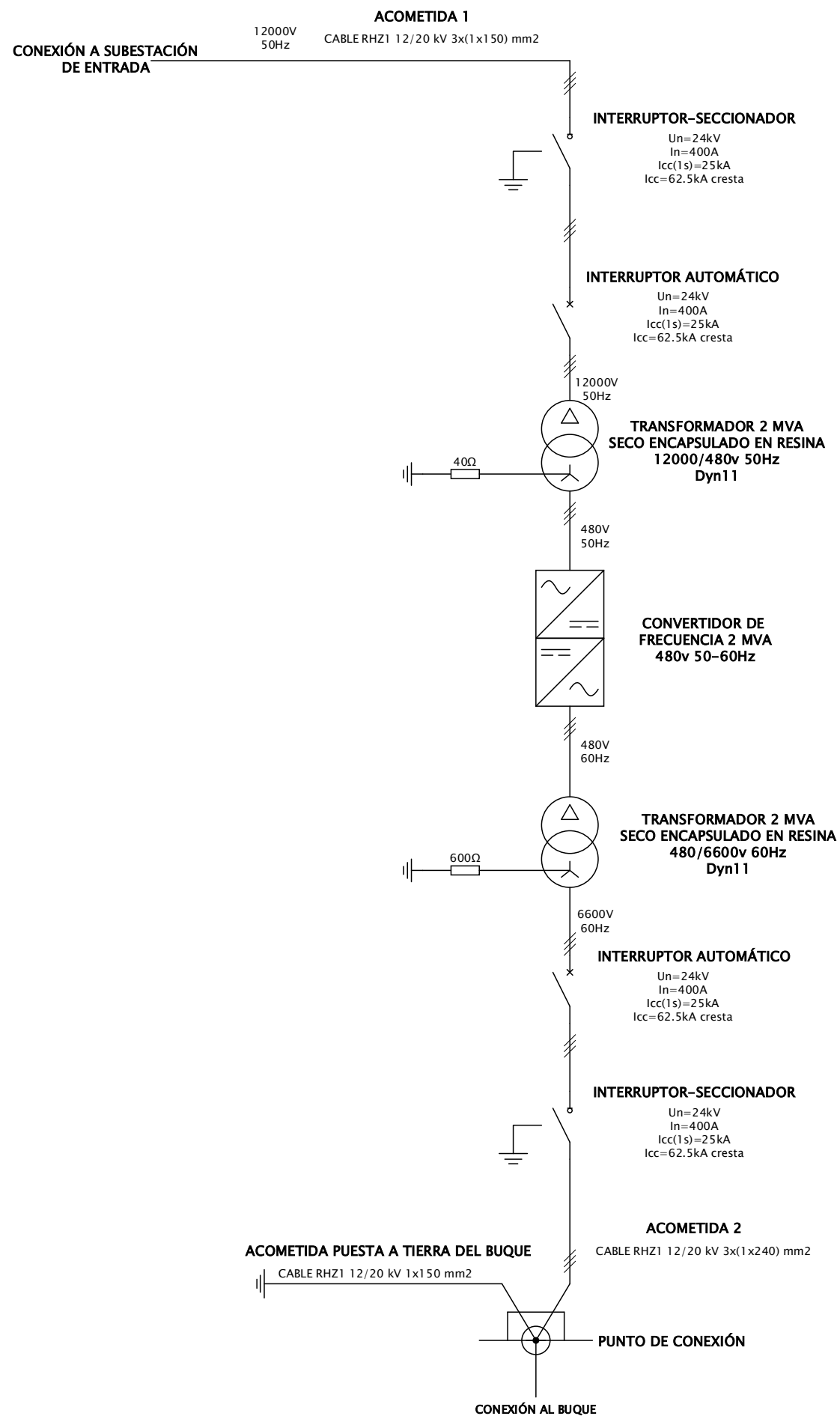
Alumno:
Adolfo Iza Fernández

Plano de planta Centro de Transformación

Fecha: 30/06/2022

Cotas en mm Plano 2/3

Escala: 1:5



7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wikipedia, «Cold Ironing,» [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Cold_ironing.
- [2] Oceana, «Contaminación por la Industria Naval,» [En línea]. Available: <https://europe.oceana.org/es/contaminacion-por-la-industria-naval-0>.
- [3] Xchange, «Shipping Emissions,» [En línea]. Available: <https://container-xchange.com/blog/shipping-emissions/>.
- [4] Marine Insight, «What is nitrogen oxides or nox air pollution from ships,» [En línea]. Available: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/what-is-nitrogen-oxides-or-nox-air-pollution-from-ships/>.
- [5] Bilogistik, «Scrubbers y uso,» [En línea]. Available: <https://www.bilogistik.com/blog/que-son-scrubbers-para-que-utilizan/>.
- [6] DNV, «Sulphur limit in ECAs,» [En línea]. Available: <https://www.dnv.com/news/sulphur-limit-in-ecas-increased-risk-of-psc-deficiencies-and-detentions-142911>.
- [7] IMO, «IMO 2020 Sulphur limit,» [En línea]. Available: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/34-IMO-2020-sulphur-limit-.aspx>.
- [8] DNV, «Global sulphur cap,» [En línea]. Available: <https://www.dnv.com/maritime/global-sulphur-cap/index.html>.
- [9] ICS Shipping, «Global sulphur cap,» [En línea]. Available: <https://www.ics-shipping.org/current-issue/2020-global-sulphur-cap/>. [Último acceso: 1 Julio 2021].

- [10] Ingmaritima, «Zonas ECA,» [En línea]. Available:
<http://ingmaritima.blogspot.com/2017/06/zonas-eca.html>.
- [11] Fundacion para la prevención de los riesgos laborales, «Ruido como riesgo laboral,» [En línea]. Available: <https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/wp-content/uploads/2017/02/ruido.pdf>.
- [12] I. E. Zamora, «CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES,» 2016.
- [13] Wikipedia, «Tapones para los oidos,» [En línea]. Available:
https://es.wikipedia.org/wiki/Tap%C3%B3n_para_los_o%C3%ADdos.
- [14] Inova Labs, «Caso OPS RoRo Vigo,» [En línea]. Available:
<http://poweratberth.eu/wp-content/uploads/2021/02/Anexo-Caso-OPS-para-ro-ro-en-Vigo-car-carriers.pdf>.
- [15] Genesal Energy, «Diferencias entre grupos electrógenos de gas y diesel,» [En línea]. Available: <https://genesalenergy.com/comunicacion/articulos/grupos-electrogenos-diesel-y-de-gas-en-que-se-diferencian/>.
- [16] ABB, «Connecting low power consumption vessels to shore to ship power facilities,» [En línea]. Available:
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A0195&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch&elqTrackId=b52ebc85b2664ccdaabc26fb1be2665c&elqaid=1667&elqat=2>.
- [17] Electrotechnical Officer, «Power suply on ships,» [En línea]. Available:
<https://electrotechnical-officer.com/all-about-power-supply-on-ship/#:~:text=Frequency%20of%20ship%20electrical%20system&text=The%20most%20common%20power%20frequency,offshore%20platforms%20is%2060%20Hz.&text=These%20voltages%20are%20derived%20from,to%20th>.

- [18] German-Galkin, Dariusz Tarnapowicz & Sergey, «International standarization in the design of "shore to ship" power suply systems of ships in port,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/ew3kg>.
- [19] Wärtsilä, «Technical solutions for cold ironing,» [En línea]. Available: <https://www.wartsila.com/insights/article/wartsila-engineers-offer-technical-solutions-for-cold-ironing>.
- [20] UE, «Directiva 2014/94/UE,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014L0094-20200524&from=EN>.
- [21] UE, «Marco Polo,» [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/motorways-sea-one-stop-help-desk/mos-financial-support/marco-polo>.
- [22] A. P. Bongioanni, «SHORE SIDE ELECTRICITY,» [En línea]. Available: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/43801/TFM001316.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [23] ARB, «Control Measure for Ocean-Going Vessels At Berth,» [En línea]. Available: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/control-measure-ocean-going-vessels-berth>.
- [24] BOE, «Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2011/09/05/2/con>.
- [25] UE, «COUNCIL DIRECTIVE 2003/96/EC,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0096:en:HTML>.
- [26] BOE, «Decisión de Ejecución (UE) 2018/1491 del Consejo, Autorización a aplicar un tipo impositivo reducido del impuesto especial sobre la electricidad suministrada a buques atracados en puerto,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-81625>.

- [27] UE, «GHG Emissions,» [En línea]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20200910IPR86825/parliament-says-shipping-industry-must-contribute-to-climate-neutrality>.
- [28] Offshore Energy, «Yara Marine in cold ironing business,» [En línea]. Available: <https://www.offshore-energy.biz/yara-marine-back-in-cold-ironing-business/>.
- [29] IEC/ISO/IEEE, «Utility connections in port — Part 1: High voltage shore connection (HVSC) systems — General requirements: Para tensiones de alimentación de 6.6/11kV (+6%/-3.5%) y consumos desde 1 a 20 MVA,» [En línea]. Available: <https://tienda.aenor.com//norma-iso-iec-ieee-80005-1-2019-064717>.
- [30] IEC/ISO/EN, «Utility connections in port — Part 2: High and low voltage shore connection systems — Data communication for monitoring and control,» [En línea]. Available: <https://tienda.aenor.com/norma-ieee-iec-80005-2-2016-5349> .
- [31] IEC/ISO/EN, «Utility connections in port — Part 3: Low Voltage Shore Connection (LVSC) Systems — General requirements: Para tensiones de alimentación de 400/440/690V (+6%/-5%) y consumos de menos de 1MVA,» [En línea]. Available: <https://tienda.aenor.com/norma-iso-iec-ieee-dis-80005-3-072114> .
- [32] UNE-EN IEC, «Clavijas, bases de toma de corriente y acopladores de barco para sistemas de conexión en tierra de alta tensión (Sistemas HVSC). Parte 1: Requisitos generales,» [En línea]. Available: <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iec-62613-1-2018-n0061257>.
- [33] UNE-EN IEC, «Clavijas, bases de toma de corriente y acopladores de barco para sistemas de conexión en tierra de alta tensión (Sistemas HVSC). Parte 2: Requisitos de compatibilidad dimensional e intercambiabilidad para accesorios destinados a ser utilizados por diverso,» [En línea]. Available: <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iec-62613-2-2018-n0061258> .

- [34] ABB, «Shore connection enabling sustainable port calls,» [En línea]. Available: <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/electric-solutions/shore-connection#:~:text=Other%20ports%20to%20have%20implemented,Vancouver%2C%20Canada%3B%20Jurong%20Singapore%3B>.
- [35] ABB, «Short Sea Solution,» [En línea]. Available: <https://new.abb.com/marine/generations/technical-insight/short-sea-solution>.
- [36] Cavotec, «Cavotec and ABB join forces to offer shore-to-ship power solutions, boosting "green ports",» [En línea]. Available: <https://press.cavotec.com/pressreleases/cavotec-and-abb-join-forces-to-offer-shore-to-ship-power-solutions-boosting-green-ports-1387066>.
- [37] Schneider Electric, «Meridionale shore connection Marseille port,» [En línea]. Available: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Customer+references&p_File_Name=MARED116009EN_LR.pdf&p_Doc_Ref=MARED116009EN.
- [38] dpaonthenet, «UK launches first Ship-to-Shore commercial connection,» [En línea]. Available: <https://www.dpaonthenet.net/article/171295/UK-launches-first-Ship-to-Shore-commercial-connection.aspx>.
- [39] Schneider Electric, «ShoreBox,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/ww/en/product-range/61396-shorebox/#overview>.
- [40] Siemens, «SIHARBOR,» [En línea]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/medium-voltage/solutions/siharbor.html>.
- [41] P. E. Ismir Fazlagic, «Shore side power supply ABB,» [En línea]. Available: <http://webfiles.portal.chalmers.se/et/MSc/Ericsson&FazlagictMSc.pdf>.
- [42] «Poweratberth,» [En línea]. Available: http://poweratberth.eu/?page_id=212&lang=es.

- [43] REE, «Mapa transporte iberico 2018,» [En línea]. Available:
https://www.ree.es/sites/default/files/01_ACTIVIDADES/Documentos/Mapas-de-red/mapa_transporte_iberico_2018.pdf.
- [44] Poweratberth, «OPS RoRo Santander,» [En línea]. Available:
<http://poweratberth.eu/wp-content/uploads/2021/02/Anexo-Caso-OPS-para-ro-ro-en-Santander-car-carriers.pdf>.
- [45] Marinesite, «Power factor on ships,» [En línea]. Available:
https://www.marinesite.info/2014/12/what-is-power-factor-and-its-significant_8.html.
- [46] BOE, «ITC-LAT-06,» [En línea]. Available:
<http://roble.pntic.mec.es/jcat0021/Archivos%20para%20descargar/LAT%202008/ITC-LAT%2006.pdf>.
- [47] Poweratberth, «Criterios OPS,» [En línea]. Available: http://poweratberth.eu/wp-content/uploads/2021/06/Resumen_Criterios-OPS_PPEE-ver-1.pdf.
- [48] Prysmian Group, «Libro blanco MT,» [En línea]. Available:
<https://www.prysmiangroupcatalogue.com/prysmian/libro-blanco-instalacion-media-tension/>.
- [49] Poweratberth, «OPS Sevilla,» [En línea]. Available: <http://poweratberth.eu/wp-content/uploads/2021/02/Anexo-Caso-OPS-para-ro-ro-en-Sevilla.pdf>.
- [50] Ormazabal , «Centros de distribución Ormazabal,» [En línea]. Available:
https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2267/6.1_Documents_Cataleg_C.T._ORMAZABAL.pdf?sequence=7.