

RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN
DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-
TERRESTRE EN LAS ISLAS DE LANZAROTE Y
FUERTEVENTURA

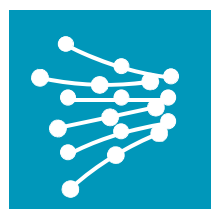
CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 kV SIMPLE CIRCUITO
ENTRE LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) Y
FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)

Provincia afectada
LAS PALMAS

Madrid, enero de 2019

	COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID
Nº VISADO 201900295	FECHA DE VISADO 29/01/2019
VISADO	
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA	
COLEGIADO/A Nº:	NOMBRE
11456 COIIM RAMON GRANADINO GOENECHEA	

El Ingeniero Industrial: Ramón Granadino Goenechea



RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN
DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-
TERRESTRE EN LAS ISLAS DE LANZAROTE Y
FUERTEVENTURA

CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 kV SIMPLE CIRCUITO
ENTRE LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) Y
FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)

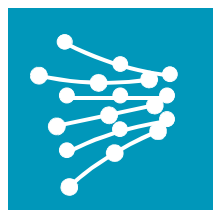
ÍNDICE

Nº PÁGINAS

DOCUMENTO 1 – MEMORIA.....	507
DOCUMENTO 2 – CÁLCULOS.....	22
DOCUMENTO 3 – PLANOS.....	24
DOCUMENTO 4 – PRESUPUESTO.....	7

Madrid, enero de 2019
El Ingeniero Industrial

Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIIM nº 11456



RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE
LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-
TERRESTRE EN LAS ISLAS DE LANZAROTE Y
FUERTEVENTURA

CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 kV SIMPLE
CIRCUITO ENTRE LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA)
Y FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)

DOCUMENTO 1
MEMORIA

DOCUMENTO Nº 1 – MEMORIA

ÍNDICE

	Nº Páginas
PORTADA E ÍNDICE	2
CAPÍTULO 1 – GENERAL.....	42
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	15
ANEXO CLIMA MARÍTIMO.....	72
TOTAL	131

Madrid, enero de 2019
El Ingeniero Industrial



Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIIM nº 11456

CAPÍTULO 1 – GENERAL

- 1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**
- 1.2. OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA**
- 1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN**
- 1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA**
- 1.5. TRAZADO DE LA LÍNEA**
 - 1.5.1. TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE LANZAROTE
 - 1.5.2. TRAMO SUBMARINO
 - 1.5.3. TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE FUERTEVENTURA
- 1.6. ZONAS AFECTADAS EN EL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE**
 - 1.6.1. AGUAS INTERIORES
 - 1.6.2. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE
- 1.7. TRABAJOS TEMPORALES EN LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE**
 - 1.7.1. CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA
 - 1.7.2. CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA SUBMARINA
 - 1.7.3. MAQUINARIA Y MATERIALES UTILIZADOS
 - 1.7.4. REPOSICIÓN Y TERMINACIÓN DE LAS ZONAS AFECTADAS
- 1.8. PROTECCIÓN PERMANENTE DE LOS CABLES**
 - 1.8.1. PROTECCIÓN EN TIERRA
 - 1.8.2. PROTECCIÓN EN LA COSTA Y ZONA MARINA
- 1.9. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL**
- 1.10. PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Red Eléctrica de España, S.A.U. (en adelante RED ELÉCTRICA), de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, como gestor de la red de transporte y transportista único con carácter de exclusividad, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

En el ejercicio de estas funciones, RED ELÉCTRICA ha proyectado la construcción de una línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica que conectará la SE Playa Blanca, situada en el término municipal de Yaiza (isla de Lanzarote, provincia de Las Palmas), con la SE La Oliva, situada en el término municipal de La Oliva (isla de Fuerteventura, provincia de Las Palmas), denominada interconexión Lanzarote - Fuerteventura: línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica a 132 kV simple circuito Playa Blanca – La Oliva, cuyo trazado discurrirá por los términos municipales de Yaiza, en la isla de Lanzarote, y La Oliva, en la isla de Fuerteventura, con una longitud aproximada de 17 km (14.5 km tramo submarino, 1.8 km en Lanzarote de tramo subterráneo y 645 m en Fuerteventura de tramo subterráneo) que formará parte de la red de transporte de energía eléctrica en alta tensión en los términos establecidos en la citada Ley 24/2013.

Esta instalación está incluida en el documento denominado “Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2015-2020”, aprobado por el Consejo de Ministros de 16 de octubre de 2015.

La citada planificación eléctrica es vinculante para RED ELÉCTRICA como sujeto que actúa en el sistema eléctrico y en su elaboración las comunidades autónomas han participado en las propuestas de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica, en cumplimiento a lo dispuesto en la referida Ley 24/2013, de 26 de diciembre, y en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. En aplicación de la Orden 1371 del Gobierno de Canarias de 28 de septiembre de 2005, por la que se fijan los criterios de definición de la red de transporte de energía eléctrica de la Comunidad Autónoma de Canarias y se hace pública la relación de instalaciones que la constituyen, “tendrán la consideración de red de transporte en el sistema eléctrico insular de la Comunidad Autónoma de Canarias las siguientes instalaciones: a) Las líneas de tensión igual o superior a 66 kV y c) los parques de tensión igual o superior a 66 kV”.

1.2. OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

En virtud de lo establecido en los artículos 64 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y 131 del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas, la citada instalación se encuentra sometida a la obtención de concesión para la ocupación de bienes de dominio público marítimo-terrestre al transcurrir parte de su trazado por zonas clasificadas como marítimo-terrestres y aguas interiores.

Conforme a lo anterior, constituye el objeto de este proyecto de ejecución a efectos administrativos la aportación de los datos precisos para la obtención de la concesión mencionada de ocupación de bienes de Dominio Público Marítimo-Terrestre.

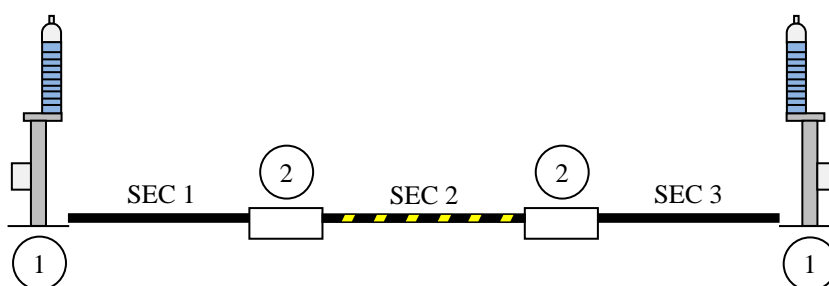
Corresponde, dentro del reparto competencial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, a la Demarcación de Costas en las Islas Canarias el tramitar la solicitud de autorización para la ocupación de la zona de dominio público marítimo-terrestre y a la Dirección General de Costas resolver sobre la misma.

A los anteriores efectos, RED ELECTRICA declara expresamente que el presente proyecto cumple fielmente las disposiciones establecidas por la mencionada Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y por el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La nueva conexión eléctrica entre las redes de transporte de Lanzarote y Fuerteventura consiste en un simple circuito de alta tensión en corriente alterna de 120 MVA de potencia y 132 kV de tensión, que conectará las subestaciones de Playa Blanca, en el término municipal de Yaiza, y La Oliva, en el término municipal de La Oliva. El cable subterráneo será unipolar de tensión nominal 76/132 kV, conductor de aluminio, aislamiento XLPE y pantalla metálica de cobre.

En la siguiente figura se muestra el diagrama general de la instalación:



Descripción:

- 1: terminal exterior cable subterráneo Al 1000 mm².
- 2: empalme de transición cable submarino / cable subterráneo.
- Sec 1: tramo subterráneo Lanzarote.
- Sec 2: tramo submarino.
- Sec 3: tramo subterráneo Fuerteventura.

El enlace estará constituido por los siguientes tramos:

- **Tramo subterráneo Lanzarote:** entre la subestación de Playa Blanca y la playa de Las Coloradas con una longitud aproximada de 1.8 km.
- **Tramo submarino a través del océano Atlántico:** entre la costa de Lanzarote (playa de Las Coloradas) y la costa de Fuerteventura (caletilla Negra), con una longitud aproximada 14.5 km
- **Tramo subterráneo Fuerteventura:** entre la caletilla Negra y la subestación de La Oliva, con una longitud aproximada de 645 m.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de cables a instalar:

CABLE			
SUBTERRÁNEO		SUBMARINO	
Lanzarote	Fuerteventura	Fondo marino	Perforación dirigida
Al – 1000 mm ²	Al – 1000 mm ²	Cu 300 mm ² simple armadura	Cu 630 mm ² doble armadura

1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

La línea objeto del presente proyecto tiene como principales características las siguientes:

Categoría.....	A
Sistema.....	Corriente alterna trifásica
Frecuencia.....	50 Hz
Tensión nominal de la red $U_0 / U / U_m$	76 / 132 / 145 kV
Capacidad de transporte.....	120 MVA
Factor de carga.....	100 %
Nº de circuitos.....	Uno
Cable subterráneo	RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x1000KAI+H200
Cable submarino.....	76/132 kV 3x1x300 mm ² + FO
Cable submarino en perforación	76/132 kV 3x1x630 mm ² + FO
Intensidad de c/c a soportar tramo subterráneo (t = 0,5 s)	> 40 kA
Intensidad de c/c a soportar tramo submarino	> 15 kA
Temperatura inicial / final en la pantalla	90 / 250 °C
Disposición de los cables tramo subterráneo	Tresbolillo
Tipo de canalización subterránea	Tubular hormigonada
Profundidad tramo subterráneo	1300 mm
Tipo de instalación submarina	Jetting
Profundidad máxima cable submarino	80 m
Conexión de pantallas tramo subterráneo Lanzarote	Single point + Single point
Conexión de pantallas tramo submarino	Both ends
Conexión de pantallas tramo subterráneo Fuerteventura.....	Single point
Longitud aproximada tramo subterráneo Lanzarote	1.8 km
Longitud aproximada tramo submarino.....	14.5 km
Longitud aproximada tramo subterráneo Fuerteventura.....	645 m
Terminales SE Playa Blanca.....	Exteriores
Nº unidades	3
Terminales SE La Oliva	Exteriores
Nº unidades	3
Nº cámaras de empalme tramo subterráneo Lanzarote	1
Nº cámaras de empalme tramo subterráneo Fuerteventura.....	0
Nº cámaras de transición submarino/subterráneo.....	2
Empalmes.....	Seccionados
Nº de empalmes subterráneos.....	3
Nº de empalmes de transición submarino/subterráneo	6
Nº de cables de fibra óptica	Uno
Tipo de fibra óptica	Según recomendación ITU-T G.652d
Términos municipales afectados:	
Tramo subterráneo T. M. Yaiza (Lanzarote)	1.8 km
Tramo subterráneo T. M. La Oliva (Fuerteventura)	645 m

1.5. TRAZADO DE LA LÍNEA

1.5.1. TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE LANZAROTE

La línea eléctrica comienza en los soportes metálicos ubicados en el parque de 132 kV de la SE Playa Blanca, sobre los que se instalarán las botellas terminales.

Desde este punto, discurrirá durante 50 m en sentido sur por el interior de la subestación. Una vez alcanzado el límite exterior de la subestación girará hacia la derecha para continuar durante 50 m de forma paralela al cerramiento exterior de la SE Playa Blanca. Una vez en la cercanía del parque de 66 kV de la SE Playa Blanca se girará a la izquierda para continuar 60 m de forma paralela a la misma. Una vez sobrepasado los límites de la subestación la canalización irá girando de forma gradual hacia la izquierda durante 70 m hasta alcanzar la Avenida del Papagayo.

La canalización continuará durante 270 m por el exterior y de forma paralela a la Avenida del Papagayo. Posteriormente se girará a la derecha entrando en la zona asfaltado de la citada avenida discurriendo durante 130 m hasta su llegada a la Calle Las Palmeras.

Posteriormente la línea continuará por dicha calle durante 160 m, para girar a la derecha y continuar de forma paralela al canal de pluviales. Llegado este punto la canalización discurrirá durante 410 m por la zona ajardinada, realizando el cruzamiento del canal de pluviales principal y de uno secundario, hasta llegar a la Calle Las Bunganvillas.

Tras el cruce de la Calle Las Bunganvillas continúa durante 270 m por el paseo y la zona ajardinada situada al sur del canal de pluviales, debiéndose realizar el cruzamiento de un canal secundario.

Por último, la canalización cruzara el acceso al Hotel Gran Casino en la Calle de Playa de Afre, continuando por una zona peatonal hasta alcanzar la zona de aparcamiento existente entre el final de la Calle de Playa Afre y el Paseo Marítimo, punto en el que se situará la futura cámara de transición subterráneo/submarino. Este último tramo tiene 131 m, para finalmente abandonar la isla de Lanzarote mediante una perforación dirigida de 529 m.

1.5.2. TRAMO SUBMARINO

El cable se tenderá sobre el lecho marino y se protegerá mediante las técnicas de jetting en zonas arenosas.

1.5.3. TRAMO SUBTERRÁNEO ISLA DE FUERTEVENTURA

La instalación entra en la isla de Fuerteventura mediante una perforación dirigida de 492 m. A la salida de la misma se instalará una cámara de transición subterráneo/submarino. A partir de este punto la canalización discurrirá en dirección sur durante 20 m para después continuar durante 120 m realizando un giro prolongado hacia la izquierda para dirigirse hacia el este hasta alcanzar la estación de maniobra "Caleta Negra". En este tramo se realizara el cruzamiento con la interconexión entre islas de 66 kV existente.

La canalización continuará durante 70 m en dirección sureste por una zona de tierra volcánica hasta alcanzar una rodera, por donde discurrirá 160 m en sentido sur hasta su llegada a un camino de tierra, punto donde la canalización girará a la izquierda y continuará durante 90 m para posteriormente abandonar el camino y dirigirse hacia el sur durante 50

m, para finalmente entrar por el oeste en la futura SE La Oliva y discurrir aproximadamente 30 m hasta llegar a los soportes metálicos sobre los que se instalarán las botellas terminales.

1.6. ZONAS AFECTADAS EN EL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

La interconexión submarina entre Lanzarote y Fuerteventura afecta a los siguientes bienes de dominio público marítimo-terrestre:

- Zona marítimo-terrestre.
- Aguas interiores.

1.6.1. AGUAS INTERIORES

Las aguas interiores son las aguas situadas en el interior de la línea de base recta que delimita el mar territorial. Tienen su límite exterior en el mar territorial y el interior en tierra firme.

En el Documento 3 – Planos se adjunta el plano 6335L012 en el que se puede ver la ocupación en esta zona.

La superficie de ocupación permanente en esta zona es la que se corresponde con el diámetro exterior del cable tripolar submarino a instalar (0.18 m), exceptuando las zonas de perforaciones dirigidas, cuyo diámetro exterior es de 0.45 m, lo que supone un ancho para la ocupación permanente de 0.9 m.

La ocupación permanente de las aguas interiores será de 3155 m².

La ocupación referida se limita a la mera ocupación del lecho marino y no supone una ocupación en exclusiva ni excluyente respecto al uso de la superficie.

1.6.2. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

La zona marítimo-terrestre viene definida por el espacio comprendido entre la línea de agua y la línea del deslinde del dominio público marítimo-terrestre.

En el Documento N^o 3 – Planos se adjuntan los planos 6335L010 y 6335L011 en los que se indica detalladamente la zona de ocupación permanente y temporal de la zona marítimo-terrestre.

La superficie ocupada dentro de la zona marítimo-terrestre será:

Ocupación permanente: 229 m²

En el trayecto subterráneo la zona de ocupación permanente viene definida por una franja de 1.4 m anchura total más lo correspondiente a una cámara de empalme y arqueta de telecomunicación.

En las perforaciones dirigidas la zona de ocupación permanente corresponde con una franja de 0.9 m.

La superficie de ocupación permanente en la isla de Lanzarote será de 56 m², mientras que en la isla de Fuerteventura será de 173 m².

Ocupación temporal: 2993 m²

Para poder ejecutar los trabajos de instalación de los cables se necesita ocupar de manera temporal la zona marítimo-terrestre para la disposición de equipos en caletilla Negra (Fuerteventura). Esta superficie ocupada tendrá un total de 2993 m².

1.7. TRABAJOS TEMPORALES EN LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

1.7.1. CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

Los trabajos correspondientes al tramo de línea subterránea, situado en la zona marítimo-terrestre, consistirán en:

- Realización de la canalización hasta el punto de empalme entre los cables subterráneos y los cables submarinos y construcción de la cámara de empalme, lo que incluye la reposición de las zonas afectadas.
- Tendido de cables subterráneos.

A continuación se describen de forma resumida estas actividades.

Canalización tramo subterráneo

La zanja tipo tendrá unas dimensiones de 700 mm de anchura y 1300 mm de profundidad (plano LSZ007).

Para el tendido de los cables de potencia se instalarán por cada circuito 3 tubos de 200 mm de diámetro exterior, en disposición al tresbolillo. Los tubos serán tubos rígidos corrugados de doble pared fabricados en polietileno de alta densidad.

Para la colocación de cada terna de tubos se empleará un separador. Los separadores se instalarán cada metro y en posición vertical de forma que el testigo del hormigón quede en su posición más elevada.

Además de los tubos de los cables de potencia, se colocarán dos tubos de polietileno de doble pared de 110 mm de diámetro exterior. Se realizará la transposición de estos tubos en la mitad del tramo single point. Estos tubos son para la instalación del cable de cobre aislado 0.6/1 kV necesario en el tipo de conexión de las pantallas single point, pero se incluirán aunque no sea éste el tipo de conexión de pantallas utilizado. Además, al igual que los tubos de los cables de potencia, estos tubos estarán sujetos mediante el mismo separador. Para la instalación de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones, en el testigo del separador existe un soporte preparado para sujetar los tubos de telecomunicaciones, de tal forma que se colocará un cuatritubo de polietileno de 4x40 mm de diámetro exterior en el soporte la terna de tubos. Los cuatritubos de telecomunicaciones serán de color exterior verde e interior blanco siliconado y estriado, espesor 3 mm, presión nominal 10 bar y coeficiente de rozamiento menor 0.08.

Los cambios de dirección del trazado del tramo subterráneo se intentarán realizar con radios de curvatura no inferiores a 10 m (50 veces el diámetro exterior del tubo) con motivo de facilitar la operación de tendido. Se deberá tener especial cuidado en la colocación de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por el transporte de los mismos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de las mismas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudieran dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, hormigón, etc.).

Durante el trabajo de colocación de los tubos se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar su posterior mandrilado. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm.

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia, inmovilizados y perfectamente alineados y unidos se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y vibrando el hormigón de calidad HM-20/B/20 al menos en dos tongadas. Una primera para fijar los tubos y otra para cubrir completamente los tubos de potencia hasta alcanzar la cota del inicio del soporte de los tubos de telecomunicaciones.

A continuación, se procederá a colocar los tubos de telecomunicaciones en los soportes de los separadores. Durante el trabajo de colocación de los tubos se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar su posterior mandrilado. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 6 mm.

Una vez colocados los tubos de telecomunicaciones, inmovilizados y perfectamente alineados y unidos se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y vibrando el hormigón de calidad HM-20/B/20 hasta alcanzar la cota de hormigón especificada según los diferentes planos de zanjas incluidos en el Documento 3 - Planos.

Finalmente, tanto los tubos de los cables de potencia como los tubos de telecomunicaciones, quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación-contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables.

Una vez hormigonada la canalización, se rellenará la zanja en capas compactadas no superiores a 250 mm de espesor con tierra procedente de la excavación, arena, o "todouno" normal al 95% P.M. (proctor modificado). Dentro de esta capa de relleno, a una distancia de 250 mm del dado de hormigón, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión. Las cintas de señalización subterránea serán opacas, de color amarillo naranja vivo B532, según norma UNE 48103.

Por último, se procederá a la reposición del pavimento o firme existente en función de la zona por la que transcurra la instalación.

Las reposiciones de pavimentos se realizarán según las normas de los organismos afectados, con reposición a nuevo del mismo existente antes de realizar el trabajo. Con carácter general la reposición de la capa asfáltica será como mínimo de 70 mm, salvo que el organismo afectado indique un espesor superior.

En el caso de superficies no pavimentadas, la reposición será a las condiciones iguales a las existentes antes del inicio de los trabajos anteriores a realizar la obra. Las losas, losetas, mosaicos, etc. a reponer serán de las mismas características que las existentes.

Tendido de los cables subterráneos

El tendido de los cables de potencia consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización. Antes de empezar el tendido de los cables habrá que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin antes de iniciar el tendido de los cables se realizará un nuevo mandrilado de todos los tubos de la instalación utilizando los mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo cuyas dimensiones se indican en el Documento 3 - Planos, en los planos LSMA002, LSMA004 y LSMA005.

Igualmente, antes de empezar el tendido de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro. En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente. Las bobinas se situarán alineadas con la traza de la línea. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a 10°.

Si existiesen curvas o puntos de paso dificultoso, próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible situar la bobina en ese extremo a fin de que el coeficiente de rozamiento sea el menor posible.

El traslado de las bobinas se realizará mediante vehículo transportándose siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha.

En el caso de que la bobina esté protegida con duelas de madera, debe cuidarse la integridad de las mismas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

El manejo de la misma se debe efectuar mediante grúa quedando terminantemente prohibido el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo. La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos. Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos.

Estará terminantemente prohibido el apilamiento de bobinas. El almacenamiento no se deberá hacer sobre suelo blando, y deberá evitarse que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una ventilación adecuada, separando las bobinas entre sí. Si las bobinas tuvieran que estar almacenadas durante un período largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

Para realizar el tendido de los cables se empleará el sistema de tiro con freno y cabrestante. Tanto el cabrestante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

El cabrestante se utilizará para tirar de los cables por medio de cables piloto auxiliares y estará accionado por un motor autónomo. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de un dinamómetro con objeto de controlar el esfuerzo de tiro en cada momento y de un mecanismo que interrumpa la tracción automáticamente cuando ésta sobrepase el esfuerzo programado. Antes del inicio de los trabajos de tendido, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizara en función de las tracciones a realizar.

La máquina de frenado estará compuesta por un sistema de gatos hidráulicos, eje soporte de bobina y dispositivo hidráulico de frenado, debiendo elevar la bobina del orden de 0.1 a 0.15 m respecto del suelo para hacer posible el giro de la misma. Los pies de soporte del eje deberán estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación.

El dispositivo de frenado deberá ser reversible, poder actuar de cabrestante en caso de necesidad y disponer de dinamómetro. El cable al salir de la bobina se mantendrá a la tensión mecánica suficiente para que no se produzcan flojedades.

Cuando la bobina esté suspendida por el eje, de forma que pueda hacerse rodar, se quitarán las duelas de protección, de forma que ni ellas ni el útil empleado para desclavarlas puedan dañar al cable, y se inspeccionará la superficie interior de las tapas para eliminar cualquier elemento saliente que pudiera dañar al cable (clavos, astillas, etc.).

Durante el tendido, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de radioteléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radioteléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina.

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma alrededor de su eje.

Durante el tendido hay que proteger el cable de las bocas del tubo para evitar daños en la cubierta. Para conseguirlo se colocará un rodillo a la entrada del tubo, que conduzca el cable por el centro del mismo, o mediante boquillas protectoras.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

El desenrollado deberá ser lento, para evitar que las capas superiores penetren entre las inferiores debido a la presión con el consiguiente trabado del cable.

La extracción del cable, tirando del mismo, deberá estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina. Al dejar de tirar del cable habrá que frenar inmediatamente la bobina, ya que de lo contrario la inercia de la bobina hará que ésta siga desenrollando cable, lo que llevará a la formación de un bucle.

Estará terminantemente prohibido someter al cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar su deformación permanente, con formación de oquedades en el aislamiento y la rotura o pérdida de sección en las pantallas.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo de la bobina con objeto de detectar los posibles deterioros.

La tracción de tendido de los cables será como máximo del 60% de la máxima especificada por el fabricante y como mínimo la necesaria para que, venciendo la resistencia en la máquina de frenado, puedan desplegarse los cables, debiendo mantenerse constante durante el tendido de éstos.

La velocidad de tendido será del orden de 2.5 a 5 m por minuto y será preciso vigilar en todo momento que no se produzcan esfuerzos laterales importantes con las aletas de la bobina.

La unión del cable con el piloto se realizará por medio de un cabezal de tiro y manguito giratorio de modo que el esfuerzo de tiro se aplique directamente al conductor del cable.

Se deberá realizar un estudio de las tracciones necesarias para efectuar el tendido, con el fin de que debido al trazado de la línea, no sea preciso sobrepasar las tracciones antes mencionadas.

Con objeto de disminuir el rozamiento, y por tanto el esfuerzo de tiro, se podrá utilizar grasa neutra en la cubierta exterior del cable antes de introducirlo en el tubo.

Igualmente, para reducir el esfuerzo de tiro se podrán usar arquetas intermedias utilizando rodillos a la entrada y a la salida de los tubos. Los rodillos se colocarán elevados respecto al tubo, para evitar el rozamiento entre el cable y el tubo. En el caso de que las arquetas sean provisionales, se les dará continuidad, una vez tendido el cable, mediante tubos cortados o medias cañas que, a su vez, serán hormigonados.

Se deberá tener especial cuidado cuando el tendido de la bobina llegue a su final, ya que se deberá tener previsto un sistema, que sujete la cola del cable y a la vez mantenga la tensión de tendido.

En el caso de temperaturas inferiores a 5 °C, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C no se permitirá realizar el tendido del cable.

Una vez instalado el cable, deben taparse las bocas de los tubos para evitar la entrada de gases, aguas o roedores, mediante la aplicación de espuma de poliuretano que no esté en contacto con la cubierta del cable.

En ningún caso se dejarán en la canalización y zona de elaboración de las botellas terminales los extremos del cable sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al extremo de cable que haya quedado en la bobina. Para este cometido, se deberán usar manguitos termorretráctiles.

En el extremo del cable en el que se vaya a confeccionar una botella terminal se eliminará una longitud de 2.5 m, ya que al haber sido sometidos los extremos del cable a mayor esfuerzo, puede presentarse desplazamiento de la cubierta en relación con el resto del cable.

1.7.2. CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA SUBMARINA

Perforación horizontal dirigida

La perforación horizontal dirigida es una técnica que permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación.

Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo cual se garantiza la mínima repercusión ambiental al terreno.

En el plano 6335V003 del Documento 3 - Planos se incluye la sección tipo para las perforaciones horizontales dirigidas.

La trayectoria de perforación se realiza a partir de arcos de circunferencia y tramos rectos.

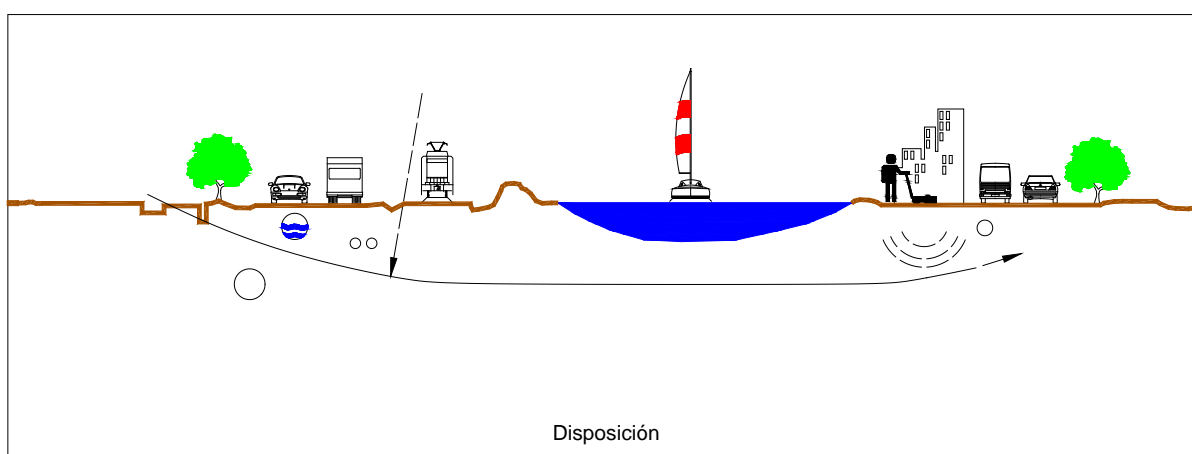
Sus principales características son las siguientes:

- El radio mínimo está condicionado por la flexión máxima de la varillas de perforación y por la flexibilidad del tubo. Para las secciones tipo de perforación horizontal dirigida normalizadas por RED ELÉCTRICA el radio mínimo de curvatura será 250 m.
- El ángulo de ataque depende de la profundidad y longitud de la perforación.

La perforación dirigida se puede ver como una secuencia de cuatro fases.

Fase 1 – Disposición

La perforación puede comenzar desde una pequeña cata, quedando siempre la máquina en la superficie, o bien desde el nivel de tierra. En esta primera fase se determinarán los puntos de entrada y de salida de la perforación, ejecutando las catas si procede, y se seleccionará la trayectoria más adecuada a seguir.



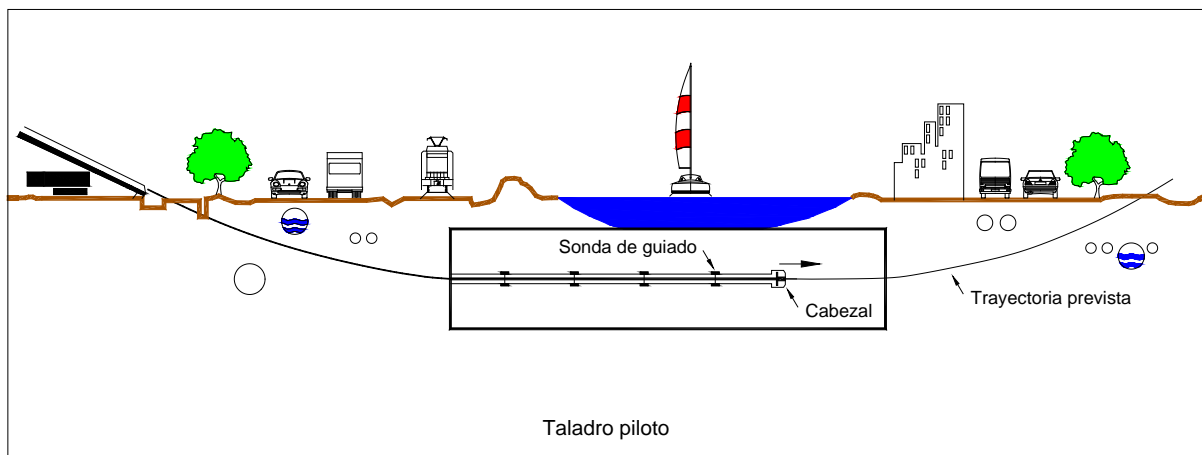
Fase 2 – Perforación piloto

Se van introduciendo varillas, las cuales son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. En el proceso se van combinando

adecuadamente el empuje con el giro de las varillas con el fin de obtener un resultado óptimo.

Para facilitar la perforación se utiliza un compuesto llamado bentonita. Esto es una arcilla de grano muy fino que contiene bases y hierro. La bentonita es inyectada a presión por el interior de las varillas hasta el cabezal de perforación siendo su misión principal refrigerar y lubricar dicho cabezal y suministrar estabilidad a la perforación. En esta perforación piloto, la cabeza está dotada de una sonda, de manera que mediante un receptor se puede conocer la posición exacta del cabezal.

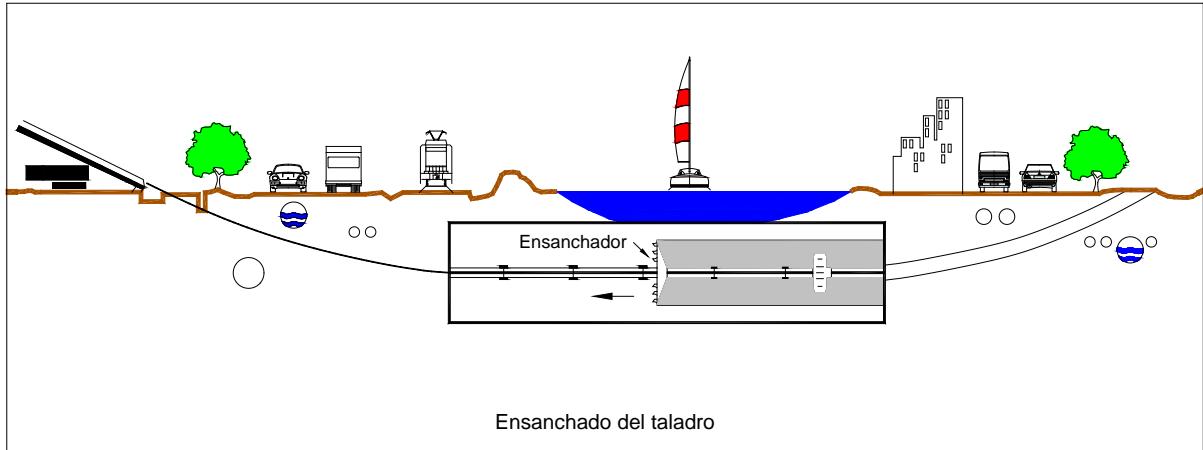
La perforación piloto se deberá realizar a la profundidad apropiada para evitar derrumbamientos o situaciones donde los fluidos utilizados pudieran salir a la superficie. La trayectoria se puede variar si fuese necesario debido a la aparición de obstáculos en la trayectoria marcada.



Fase 3 – Escariado

Una vez hecha la perforación piloto se desmonta el cabezal de perforación. En su lugar se montan conos escariadores para aumentar el diámetro del túnel. Se hacen tantas pasadas como sea necesario aumentando sucesivamente las dimensiones de los conos escariadores, y así el diámetro del túnel.

Este proceso se realiza en sentido inverso, es decir, tirando hacia la máquina.

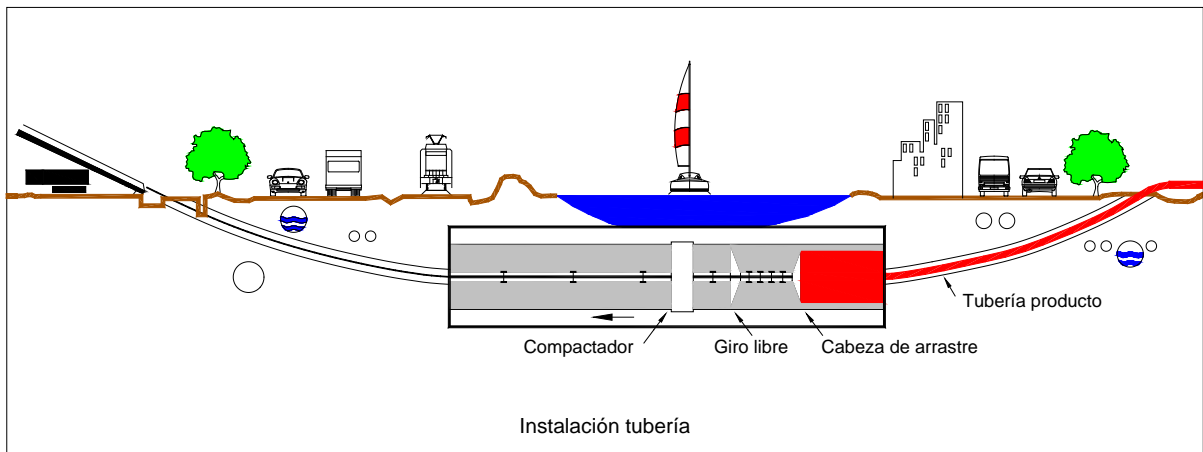


Fase 4 – Instalación de la tubería

Finalmente se une la tubería, previamente soldada por termofusión en toda su longitud, a un cono escariador-ensanchador mediante una pieza de giro libre de modo que va quedando instalada en el túnel practicado.

Los tubos empleados serán de PEHD PE100 PN10 en color negro con bandas azules según norma UNE-EN 12201.

En el interior de cada tubo se instalará una cuerda de nylon de 10 mm de diámetro.



Pre-inspección de la ruta de los cables submarinos antes del tendido

Inmediatamente antes del tendido del cable submarino se realizará una supervisión visual de la ruta de los cables.

Esta operación será desarrollada por un barco de soporte con su propio equipo de posicionamiento dinámico y un adecuado ROV para comprobar la ruta y la presencia de pequeños obstáculos no identificados durante la inspección previa.

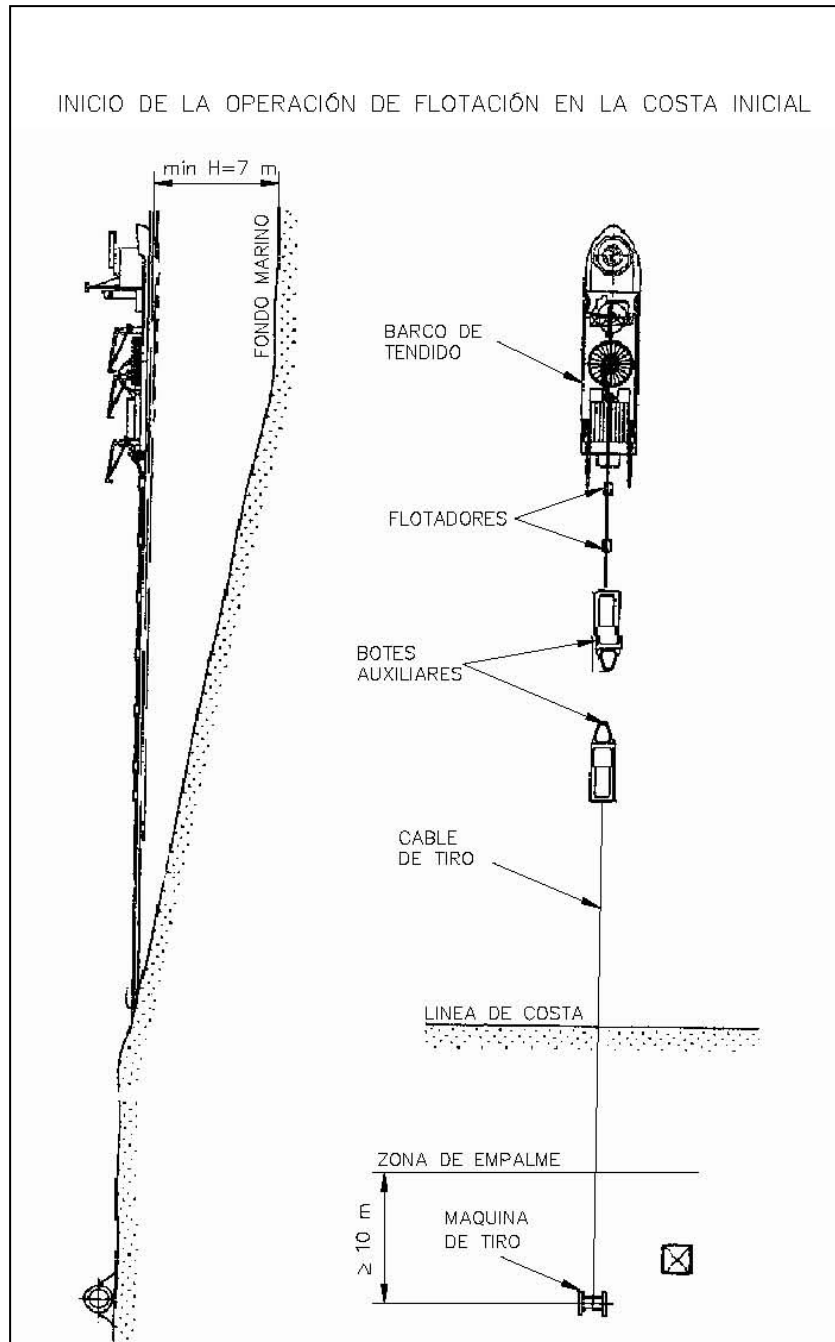
Procedimiento de tendido de los cables submarinos

Después de la fabricación y ensayos en fábrica de los cables submarinos, éstos serán transferidos a grandes plataformas giratorias en las fábricas y desde allí se cargarán directamente a las plataformas de los barcos encargados del tendido.

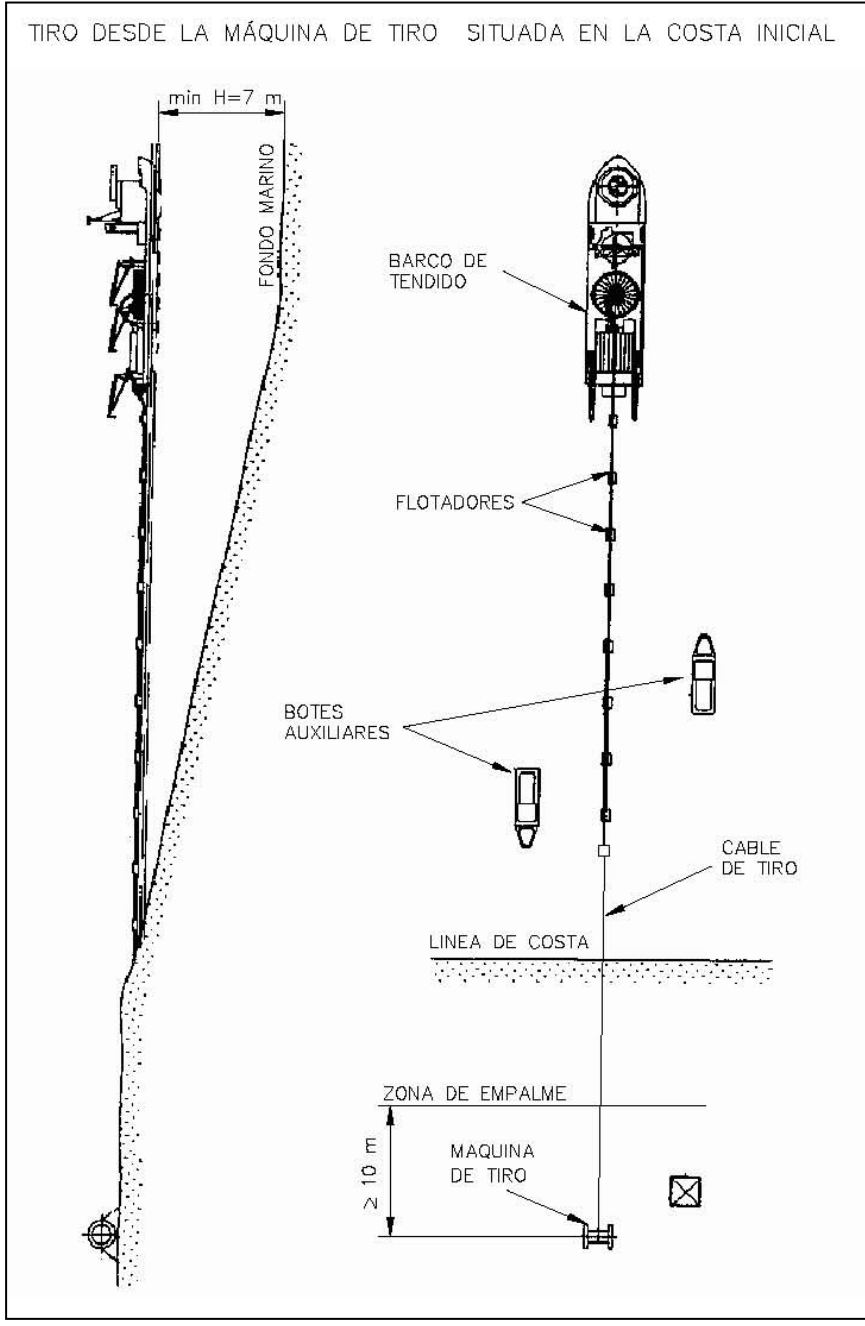
Los barcos estarán equipados con sistemas de posicionamiento GPS dinámicos para seguir exactamente las trayectorias prefijadas y mantenerse fijos cuando las condiciones del mar requieran suspender durante unas horas los trabajos de tendido.

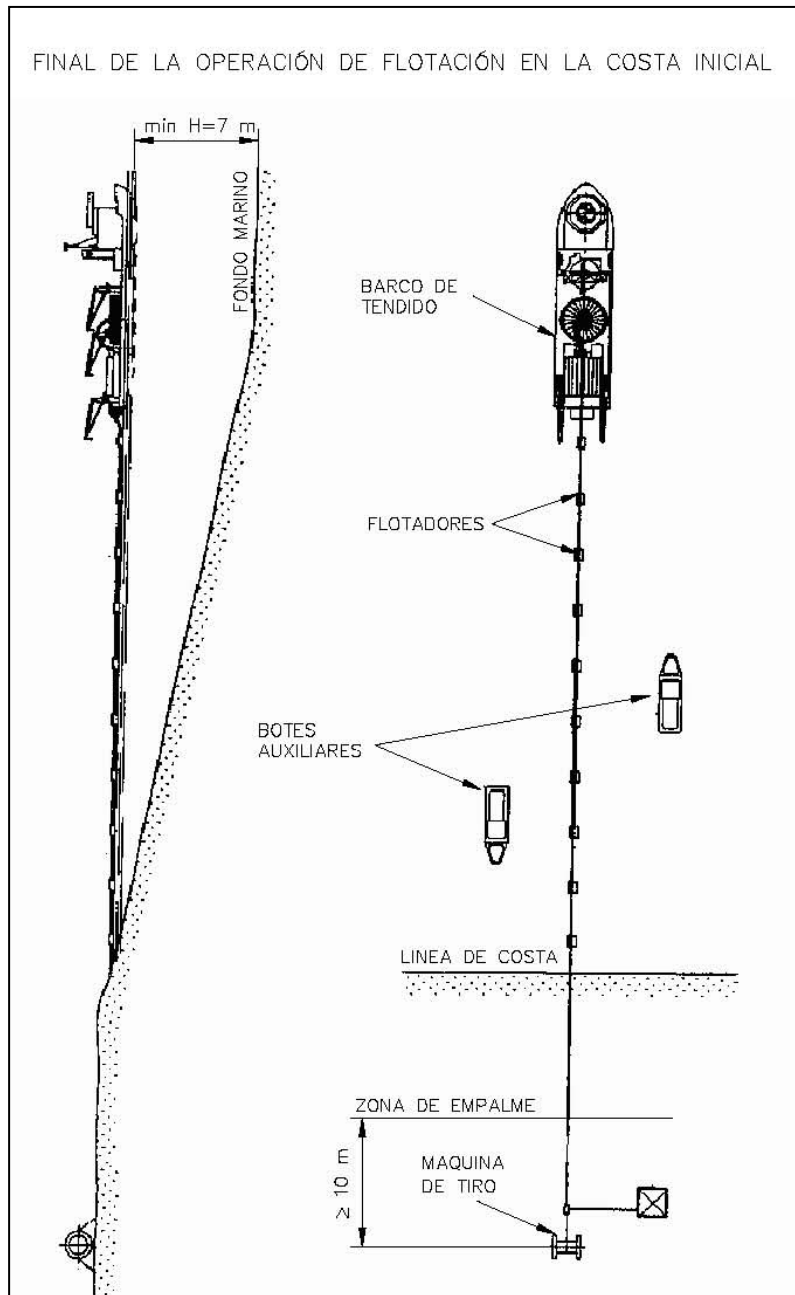
El método de tendido, a grandes rasgos, puede describirse como sigue. Para comenzar las operaciones de tendido el barco se situará lo más cerca posible de la costa en línea con la dirección de la ruta a seguir por los cables. El barco, para mantener la posición preestablecida sin necesidad de muertos o amarres, utilizará su propio sistema de posicionamiento dinámico.

Cuando el barco esté situado correctamente, el cable submarino será lentamente cargado desde el barco con una serie de flotadores hinchables y tendido hacia la costa por medio de botes auxiliares. Del mismo modo, desde la máquina de tiro instalada en tierra, se tenderá un cable piloto de tiro con otro bote auxiliar. El número de botes auxiliares necesarios para realizar esta operación dependerá de las condiciones atmosféricas y la distancia de flotación necesaria.

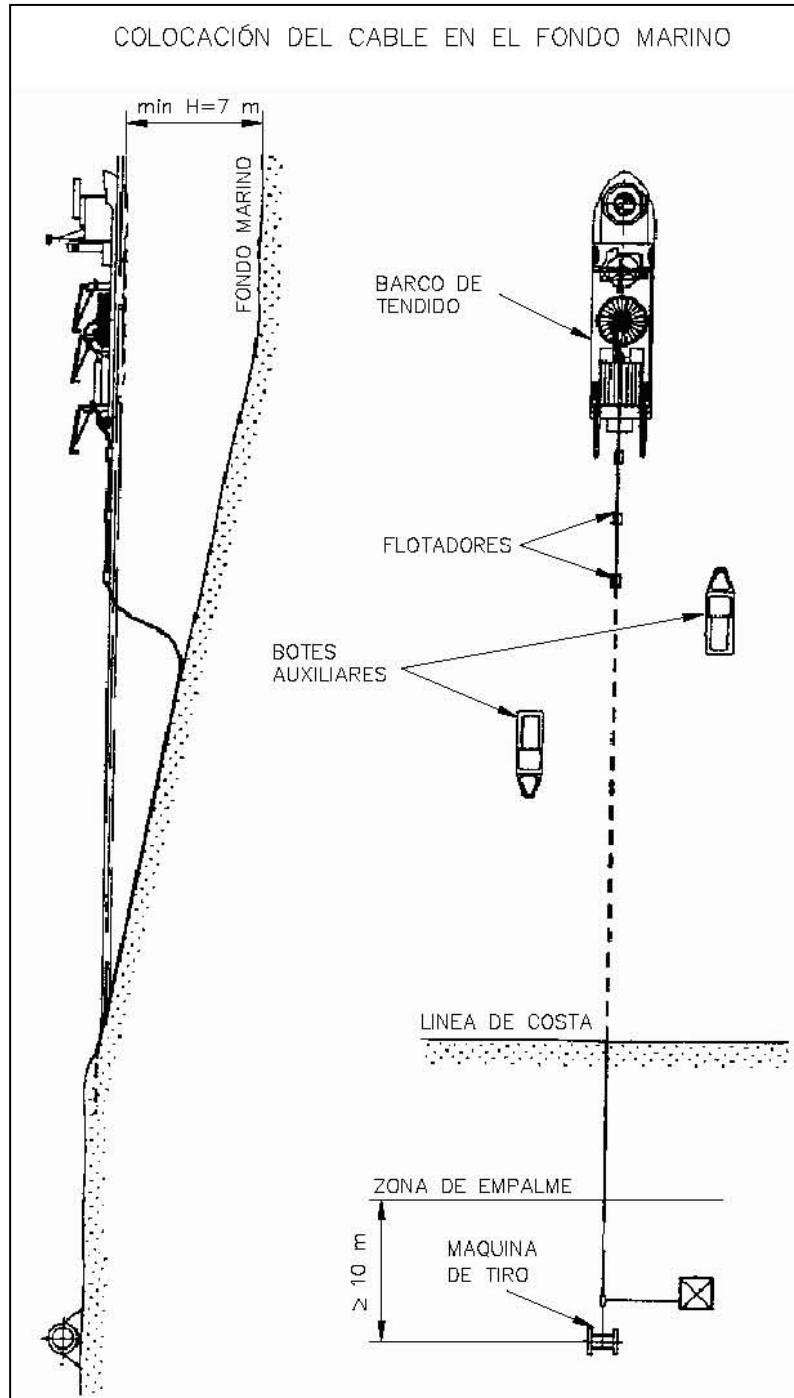


Cuando se alcance aproximadamente la profundidad de 1.5 – 2 m el cable piloto será conectado al extremo o al cabezal del cable submarino. Entonces se empezará a tirar del cable piloto hasta la máquina de tiro situada en tierra detrás del punto del empalme de transición entre el cable submarino y el cable subterráneo, mientras que simultáneamente el barco va entregando más cable en los flotadores hinchables.

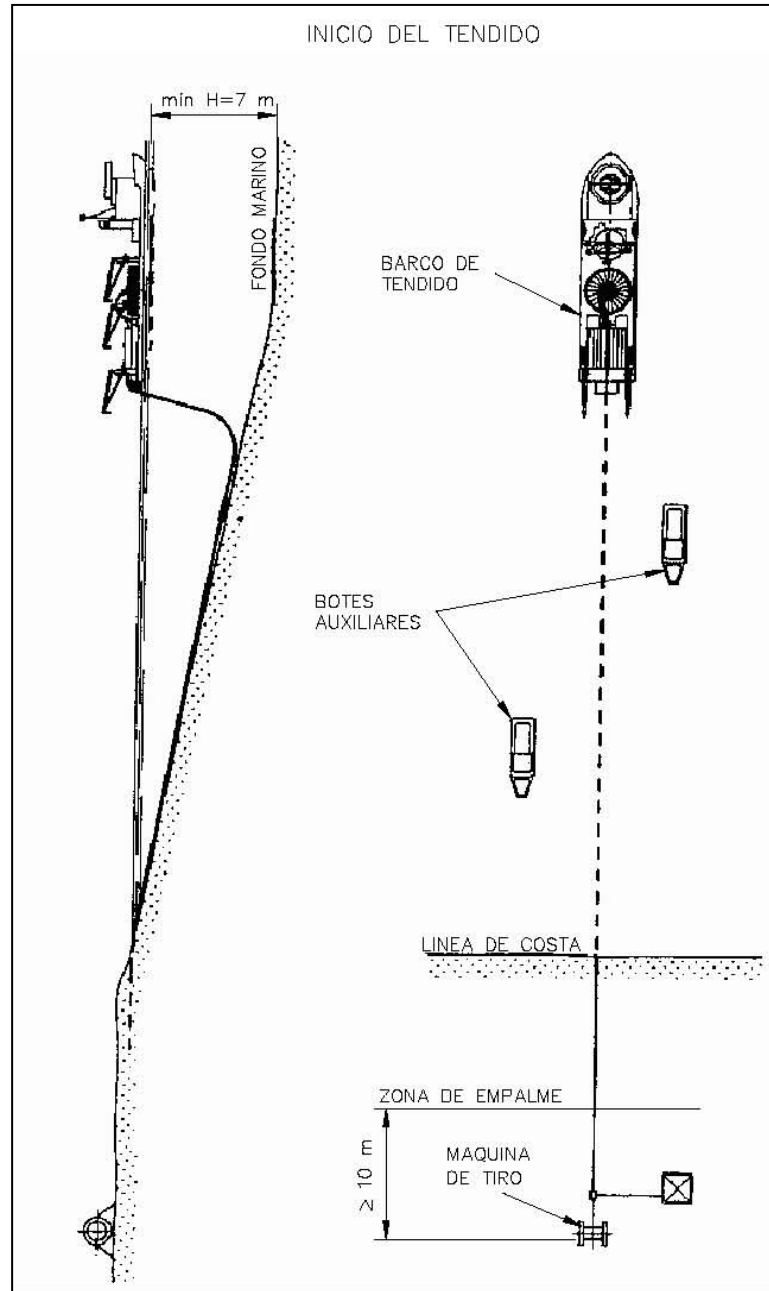




Una vez finalizada la operación de tendido en la costa el cable será sumergido en el fondo del mar por buceadores especializados que irán retirando los flotadores hinchables del cable. La retirada de los flotadores se realizará partiendo del barco hacia la costa, permitiendo así que los submarinistas posicionen el cable en el fondo del mar.



Una vez preparada la salida del cable submarino, el barco procede a recorrer la traza del cable correspondiente hasta la llegada en la costa. Para el tendido del cable el barco avanza lentamente siguiendo la traza del mismo, desenrollando el cable desde la bodega del barco de forma paulatina y ajustada al avance del mismo. El cable abandona la bodega y siguiendo las poleas y guías dispuestas en la cubierta, cuelga por la popa y siguiendo una amplia curva, se deposita en el fondo del mar siguiendo la estela del navío. El peso del cable hace que se sitúe exactamente en la traza definida.



En su avance el barco de tendido va depositando el cable en el fondo, siguiendo en todo momento la trayectoria prefijada, utilizando para ello el sistema de posicionamiento dinámico. La navegación estará basada en el uso del DGPS (Diferencial Global Positioning System). El GPS es un sistema de medida de distancia donde el receptor, situado a bordo del barco de tendido, mide la distancia simultáneamente de todos los satélites GPS sobre el horizonte.

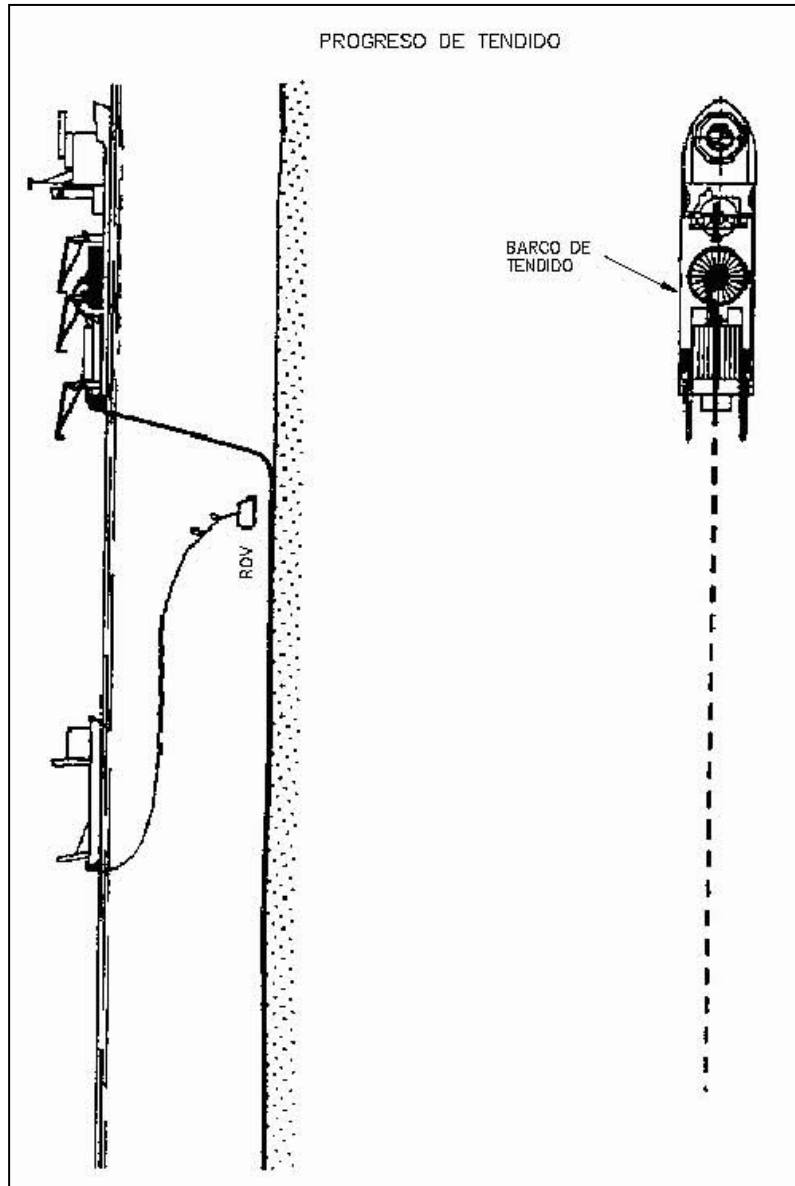
El tendido del cable estará basado en el perfil del fondo marino e información obtenida del informe marino desarrollado antes del tendido y posterior estudio realizado sobre los parámetros de tendido.

Por lo tanto, para poder comparar los valores precalculados y asegurar que el cable es tendido adecuadamente sobre el fondo marino según el trazado previsto, se monitorizará desde el barco cablero con la siguiente información:

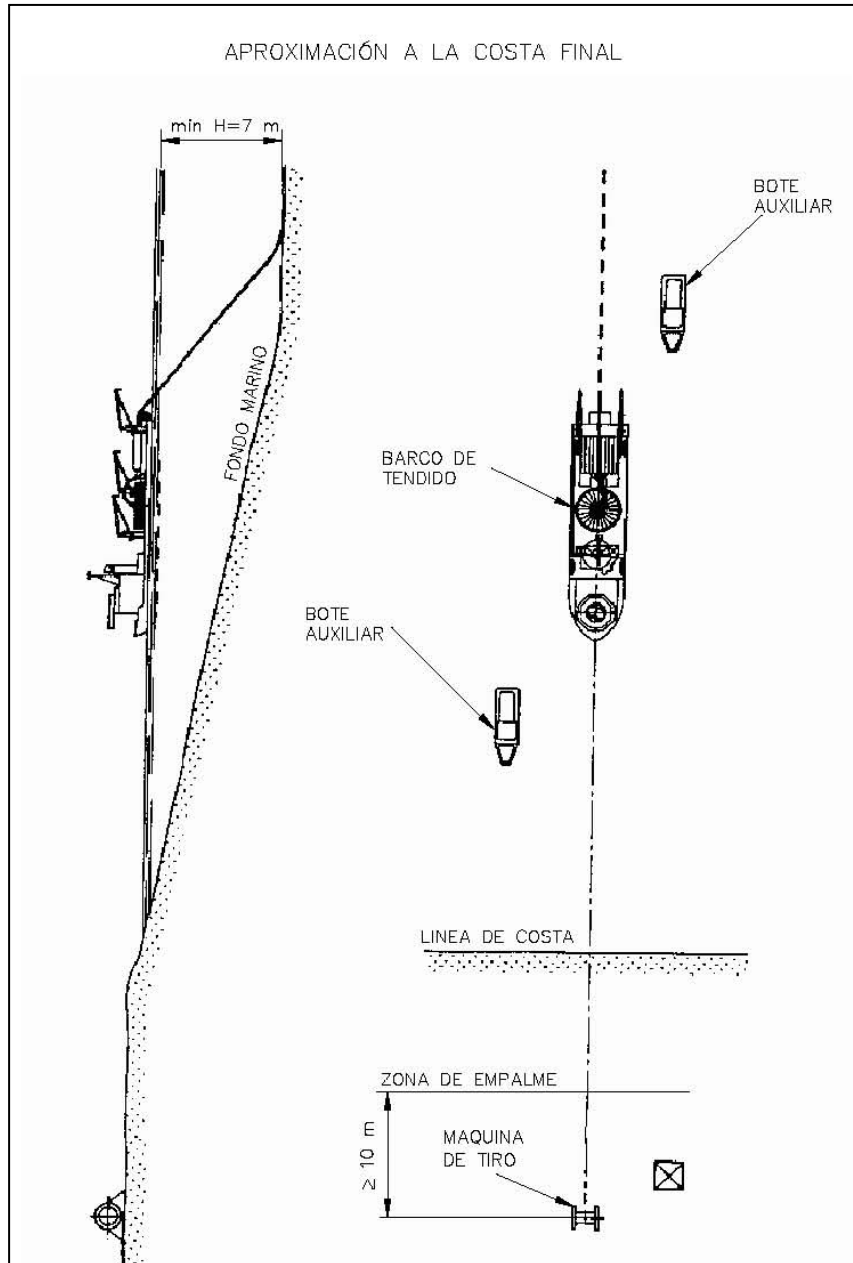
- Posicionamiento del barco de tendido.
- Posición del vehículo de control remoto (ROV).
- Velocidad de suministro del cable.
- Tensión del cable y ángulo de la bobina de tendido.
- Longitud del cable ya tendido.
- Profundidad.
- Velocidad y dirección del viento.

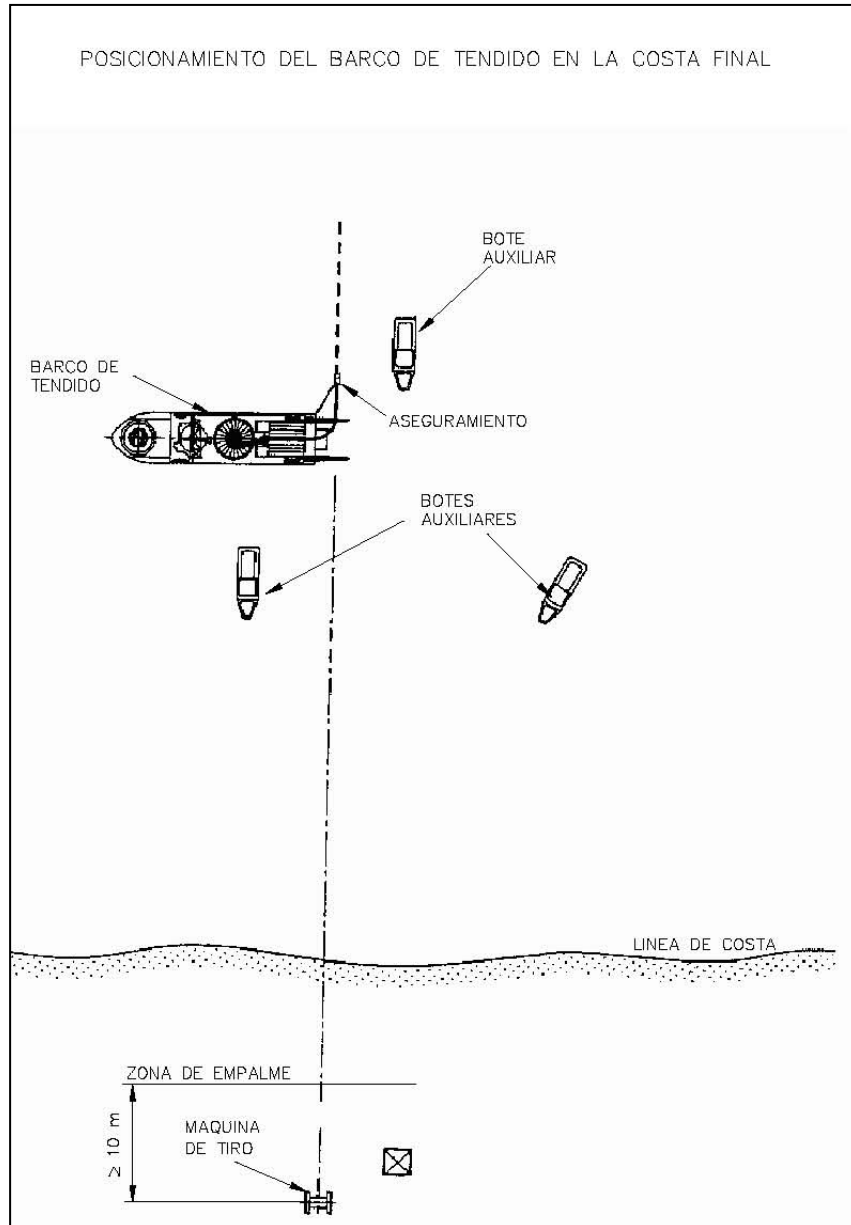
Durante el tendido se realizará una monitorización del posicionamiento del cable en el lecho marino (touch down monitoring), es decir, se realizará la detección del punto de contacto o posado del cable mediante un vehículo de control remoto para posibilitar pequeños ajustes de trazado con los que evitar apoyar sobre obstáculos aislados y evitar los “free spans”, vanos libres entre apoyos del cable en irregularidades locales del fondo marino. El ROV operará desde un barco de apoyo independiente con su propio sistema de posicionamiento dinámico.

Esto se realizará de forma continua salvo en la zona de gran profundidad (y menores irregularidades) con el objeto de reducir al máximo la duración de las campañas de tendido de los cables ya que el ROV tiene mayores restricciones meteorológicas que el barco cablero.



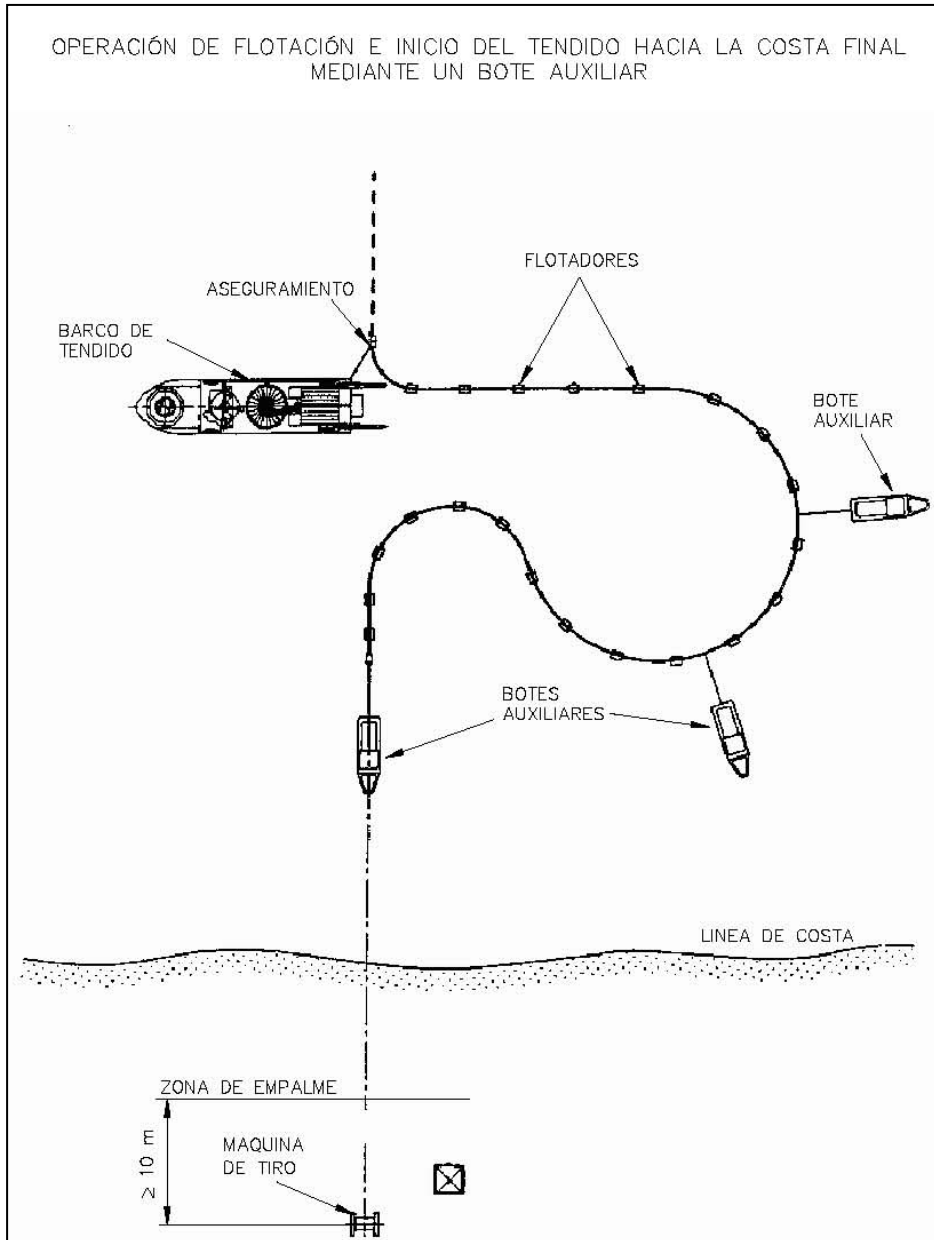
En las proximidades del punto de llegada a tierra y antes de comenzar las operaciones terrestres, el barco se alejará cuidadosamente de la alineación de la ruta final del cable de forma que deje su popa libre para las operaciones de tendido y será situado en su posición final utilizando su sistema de posicionamiento dinámico.





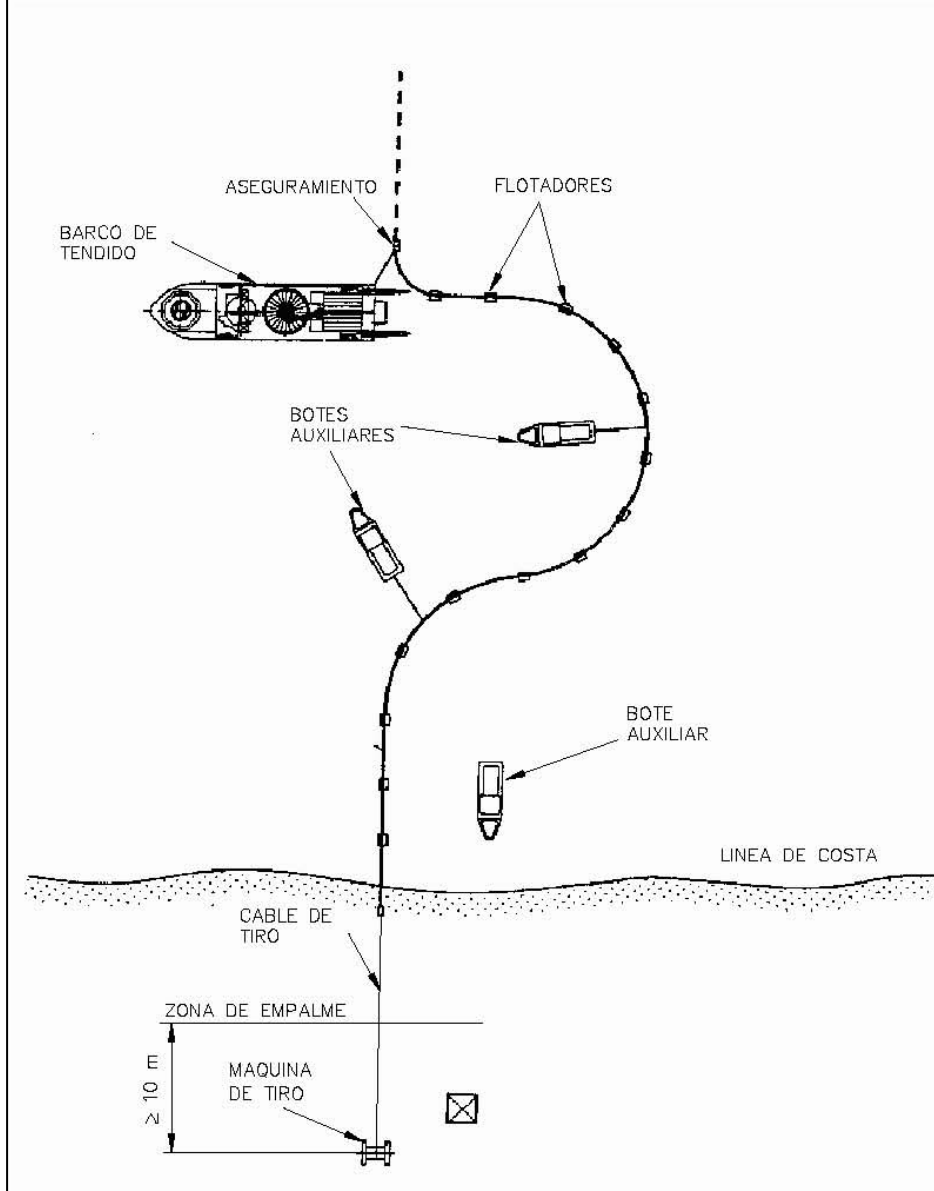
Cuando el barco esté correctamente asegurado en su posición final, el cable flotará en un amplio bucle con la ayuda de flotadores y buceadores hasta que haya una suficiente longitud de cable fuera del barco.

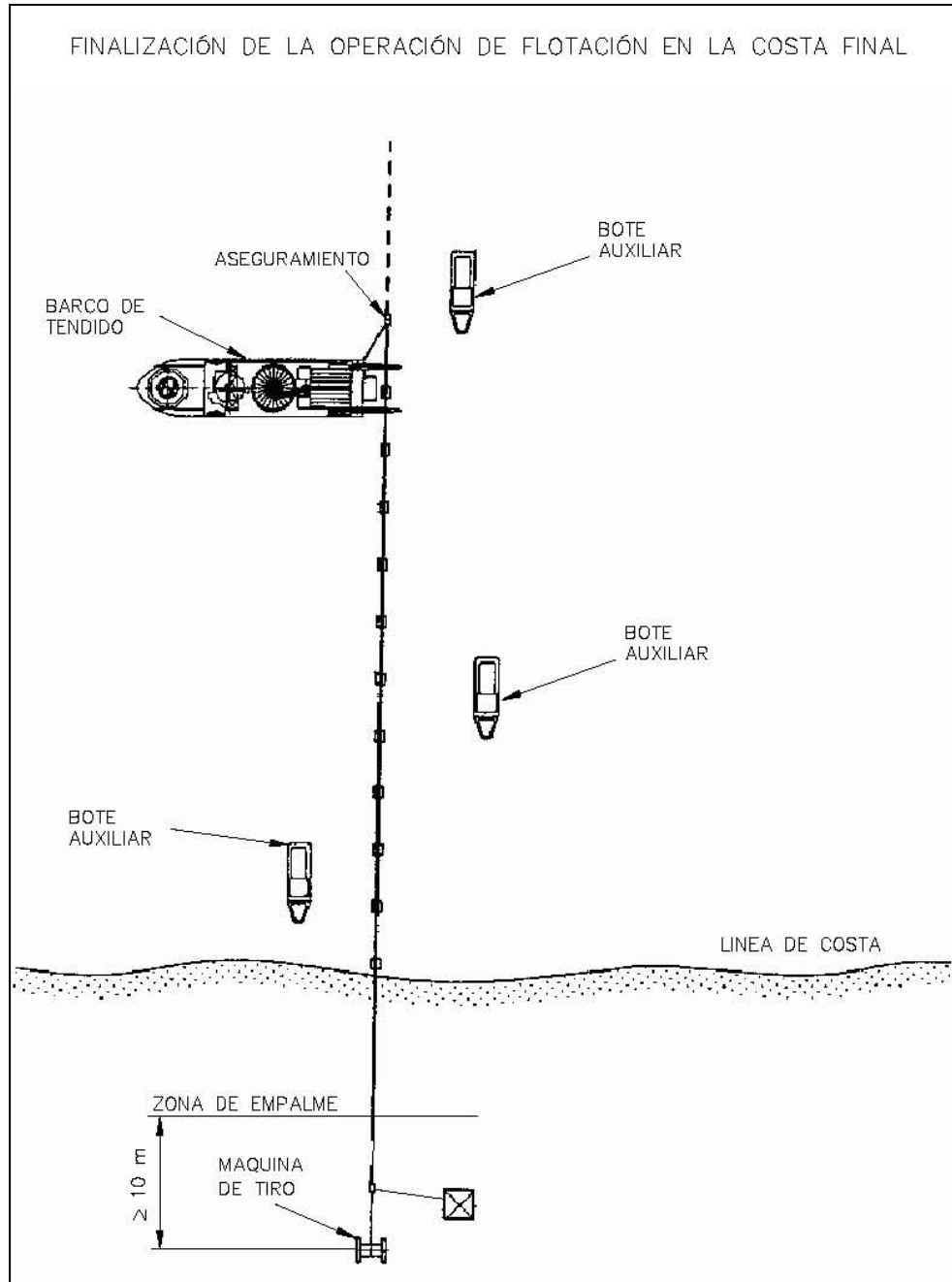
Al ser el cable de mayor longitud que la necesaria para su tendido, el mismo será cortado y sellado a bordo, procediéndose entonces al tendido del lazo mediante botes auxiliares hacia tierra.



Cuando se alcance aproximadamente la profundidad de 1.5 – 2 m el cable piloto será conectado al extremo o cabezal del cable submarino. Entonces, se empezará a tirar del cable piloto desde la máquina de tiro situada en tierra detrás del punto de empalme entre el cable submarino y el cable subterráneo.

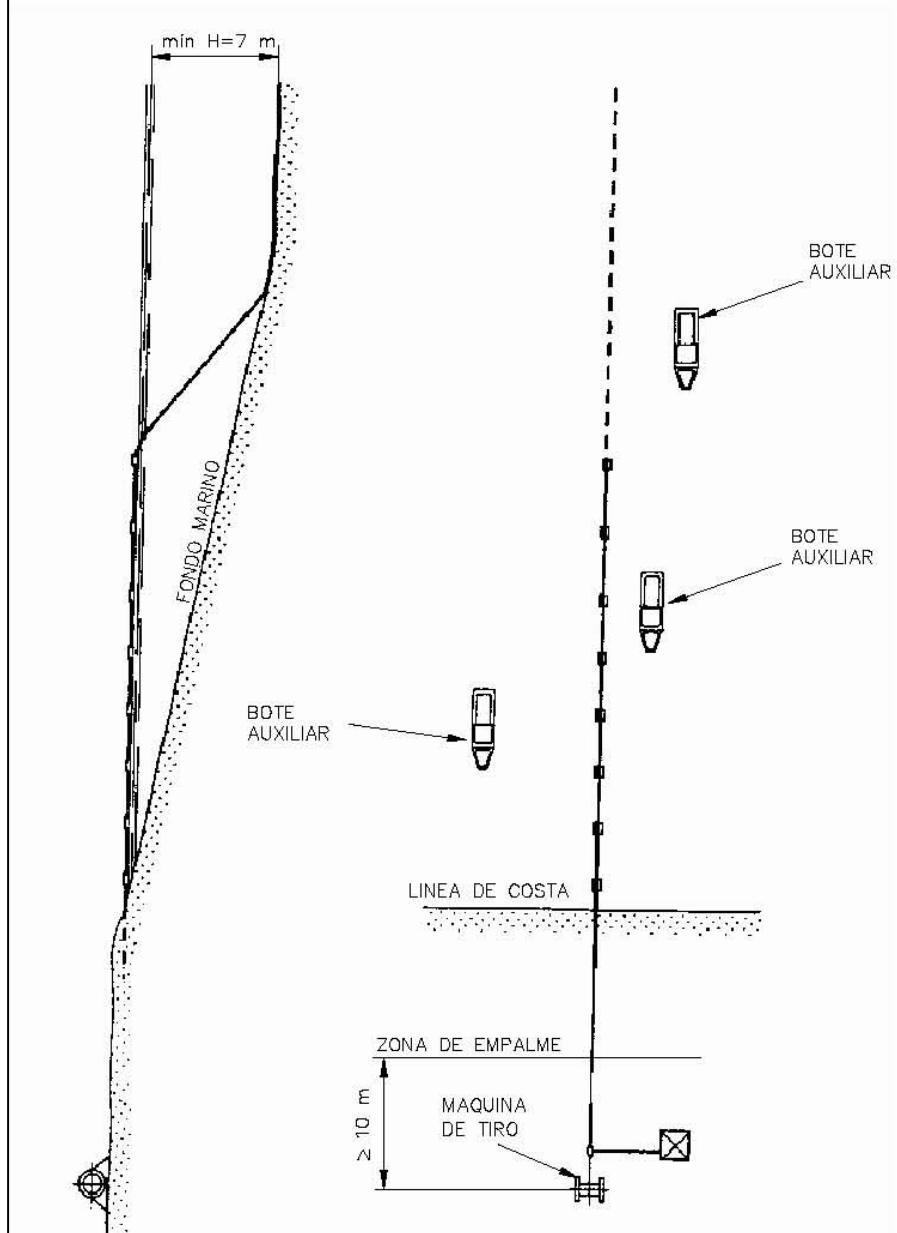
OPERACIÓN DE FLOTACIÓN Y TENDIDO DESDE LA MÁQUINA DE TIRO SITUADA EN LA COSTA FINAL

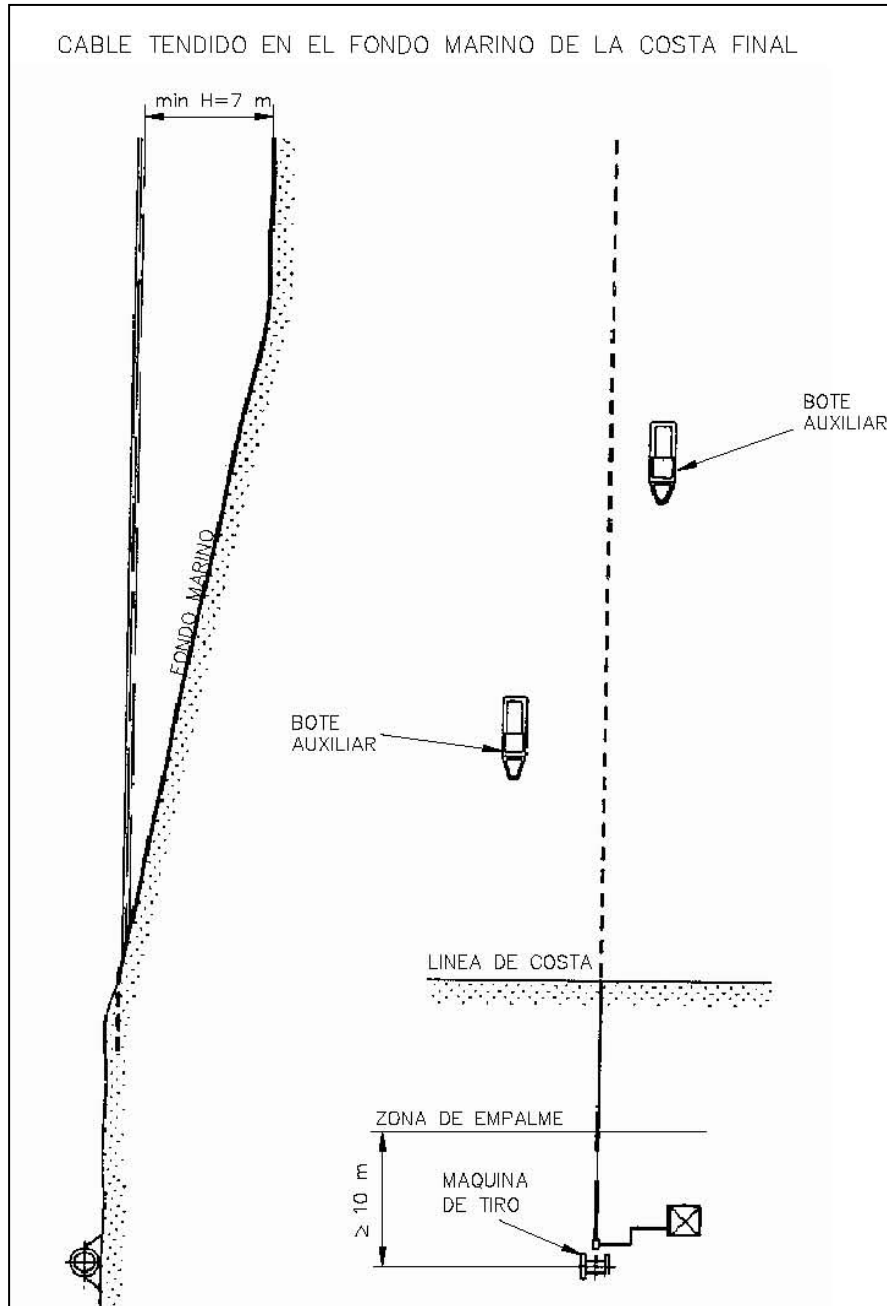




La retirada de los flotadores se realizará partiendo desde el barco hacia la costa, permitiendo así que los submarinistas posicionen el cable en el fondo del mar.

PROCESO DE COLOCACIÓN DEL CABLE EN EL FONDO MARINO Y
RETIRADA DE LOS FLOTADORES EN LA COSTA FINAL





1.7.3. MAQUINARIA Y MATERIALES UTILIZADOS

Para la realización de los trabajos de todos los movimientos de tierras se ha de contar con la siguiente maquinaria:

- Retroexcavadoras.
- Camiones.
- 1 máquina para refinado de capa.
- 1 rodillo para compactado.
- 1 máquina de perforación horizontal dirigida.

Para el tendido del cable submarino se usará un equipo compuesto por:

- Barco de tendido.
- Un barco de abastecimiento como apoyo al ROV (vehículo de control remoto).
- Un ROV para seguir los puntos de apoyo del cable.
- Un remolcador para asistir al barco cablero en las situaciones de mal tiempo atmosférico.
- Varios botes hinchables para la llegada y traslado a tierra de los cables.
- Un equipo de implantación del cable enterrado en el fondo, dirigido por el equipo de buzos.
- Durante esta operación se utilizarán buceadores para instalar los flotadores y guiar el cable por el lecho marino.

En todo momento se ha de disponer del adecuado material topográfico así como del correspondiente personal técnico.

Con el fin de mantener un nivel de seguridad suficiente, el paso a las zonas afectadas por las obras se verá restringido, de forma temporal, durante el período de éstas para lo cual se vallará todo el perímetro afectado.

1.7.4. REPOSICIÓN Y TERMINACIÓN DE LAS ZONAS AFECTADAS

Las zonas afectadas por la zanja quedarán restauradas, pues el relleno de dicha zanja se realizará con el mismo material que se quitó, el cual será debidamente compactado. El material sobrante después del relleno de la zanja será transportado al correspondiente vertedero autorizado.

1.8. PROTECCIÓN PERMANENTE DE LOS CABLES

1.8.1. PROTECCIÓN EN TIERRA

El tipo de canalización empleado para este enlace, como ya ha sido descrito anteriormente, es una conducción en zanja con los cables entubados y los tubos embebidos en hormigón.

En el Documento Nº 3 – Planos se adjunta la sección de la zanjas utilizada.

1.8.2. PROTECCIÓN EN LA COSTA Y ZONA MARÍTIMA

El método proyectado de soterramiento de los cables en el fondo se denomina “*jetting*”, y se realizará posteriormente al tendido. Se utilizará un barco desde el que se manejará remotamente un vehículo submarino que descenderá hasta colocarse sobre el cable. El citado submarino irá provisto de un mecanismo de chorros de agua a alta presión que licuará el terreno bajo y alrededor del cable permitiendo que el cable se hunda a través de los sedimentos en suspensión hacia el fondo de la zanja según el mecanismo avanza hacia adelante. Cuando la máquina se haya desplazado suficientemente para que la presión del agua en la zanja sea la normal, los sedimentos en suspensión se asentarán en el fondo, solidificándose de nuevo y rellenando por sí mismos la zanja.

Tanto en la llegada a la playa de las Coloradas como a caletilla Negra la protección viene dada por la propia perforación dirigida.

Excavación de las zanjas mediante “jetting”

Una vez se termina la perforación horizontal dirigida, el cable pasa a ser enterrado en el fondo del mar por medio de distintos equipos que utilizarán bombas de succión y chorros de agua.

El equipo utilizado normalmente para la apertura de la zanja son los de chorro de agua, siendo el adoptado en el presente proyecto, que mediante el bombeo a presión de agua abre la zanja, siguiendo el procedimiento del “jetting”.

Este método consiste una máquina de bombeo que abre la zanja, fluidificando el fondo marino en una columna del ancho necesario para la implantación del cable, para ello se usan dos tipos de equipo submarino, que van provistos de un mecanismo de chorros de agua a alta presión, mediante los cuales se licuará el terreno bajo y alrededor del cable, permitiendo que éste se hunda a través de los sedimentos en suspensión hacia el fondo de la zanja según el mecanismo avanza hacia delante.

Cuando la máquina se haya desplazado suficientemente para que la presión del agua en la zanja sea la normal, los sedimentos en suspensión se asentarán en el fondo, solidificándose de nuevo y rellenando por si mismos la zanja, dado que en paralelo los laterales del surco abierto se hunden sobre los cables inmediatamente después de que se deposite éste en el fondo del mismo.

Con este método, el surco tendrá exclusivamente el ancho preciso para que penetre el cable a través de los sedimentos movilizados, en una anchura de 30-40 centímetros y con una profundidad por debajo del fondo marino de un máximo de dos metros hasta los 30 metros de profundidad y de un metro hasta los 800 metros de profundidad.

Donde la profundidad del mar lo permita, es decir para profundidades de menos de 30 m, se utilizarán máquinas de chorro equipadas con la necesaria instrumentación, sistemas de supervisión, etc. supervisadas por submarinistas.

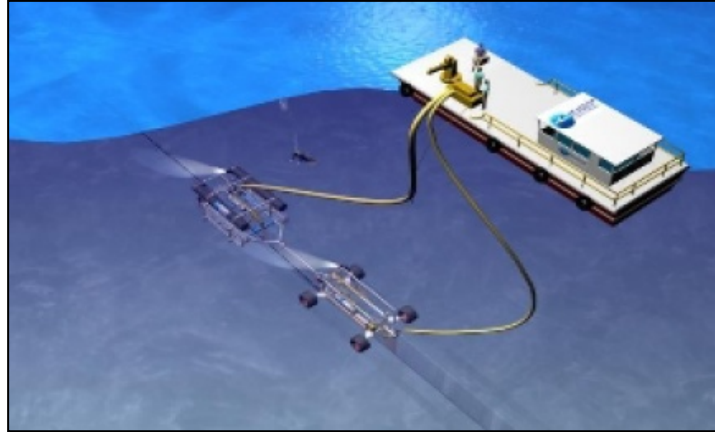
Los submarinistas estarán asistidos por lanchas y su trabajo se desarrollará de acuerdo con las normas locales de seguridad.

El dispositivo básico utilizado en este tramo consiste en un conjunto de elementos que funcionan sincronizadamente, con una barca en superficie y un aparato en el fondo, unidos por tuberías por las que fluye agua a presión.

En la barca se sitúa un equipo de bombas que toma el agua de la superficie y la propulsa a presión, a través de los tubos citados sobre el fondo marino, de forma que el agua a presión levante los sedimentos presentes en el fondo y se abra un surco de la profundidad precisa en cada punto a lo largo de la trayectoria del cable.

Para abrir el surco en el que se situará el cable el extremo de los tubos es situado sobre la superficie del fondo del mar adosándolo a un carro, que dispone de cuatro ruedas (como se ve en las imágenes adjuntas), para su desplazamiento por la superficie del fondo marino, de forma que estos apunten hacia el suelo.

La presión del agua es regulada en la barca mediante el sistema de bombas de forma que excave un surco de la profundidad deseada en cada punto.



El “carro” situado en el fondo, como se muestra en la imagen adjunta, dispone de una guía, por la que se desliza el cable hasta situarse en la base del surco, a la profundidad prefijada.

La zanja por tanto va siendo abierta según avanza el artificio, mediante la impulsión del agua, que levanta los sedimentos del fondo arenoso, determinando, como se ha señalado, un surco de una anchura (30-40 cm) poco mayor que la del propio cable.

Según se va abriendo el surco, el propio dispositivo deposita sobre el fondo de la zanja abierta el cable, de manera que el hundimiento de las paredes y el depósito de los sedimentos movilizados se producen forma inmediata, ya que, una vez cesa en cada punto la presión del agua, lo deja ya cubierto.

Los sedimentos fluidificados serán elevados por el propio chorro de agua y movilizados por las corrientes presentes, en función de la granulometría que los constituya. La mayor parte de los mismos se encuentran en suspensión en el propio surco y en el entorno próximo por lo que se depositan en su mayor parte de forma casi inmediata, al alejarse el chorro del agua.

De acuerdo con ello el relleno del surco se realiza en su mayor parte en los segundos o minutos siguientes al paso del carro, dado que el paso de los chorros del bombeo y la colocación del cable son prácticamente simultáneos y el avance de la máquina es muy rápido.

El desplazamiento del carro por el fondo lo controla un equipo de buzos que supervisa toda la labor. En la imagen adjunta se aprecia el trabajo de los buzos junto a la máquina en un momento de estos trabajos.

Por debajo de los treinta metros de profundidad el equipo formado por el carro y la barca es sustituido por un equipo autónomo que realiza el tendido mediante un vehículo de control remoto (ROV), que realiza el mismo cometido descrito anteriormente.

Para ello se baja el aparato desde la cubierta del barco, mediante una grúa, que lo deposita en el fondo, posicionándolo sobre el cable, para que inicie su enterramiento a partir del punto hasta el que han llegado los buzos en su avance.

Una vez situado sobre el cable en la cota batimétrica de -10 m, el vehículo comienza a avanzar siguiendo el cable, dirigido desde la superficie, manejando los controles del aparato desde el barco, con el apoyo de las cámaras de las que va dispuesto el ROV.

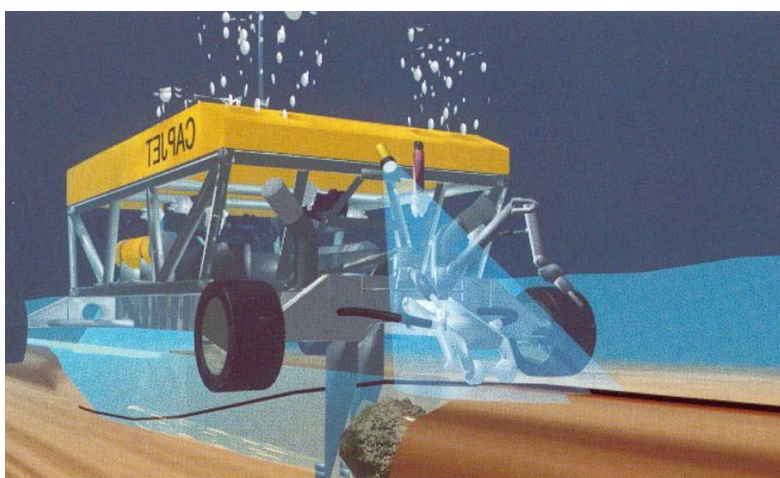
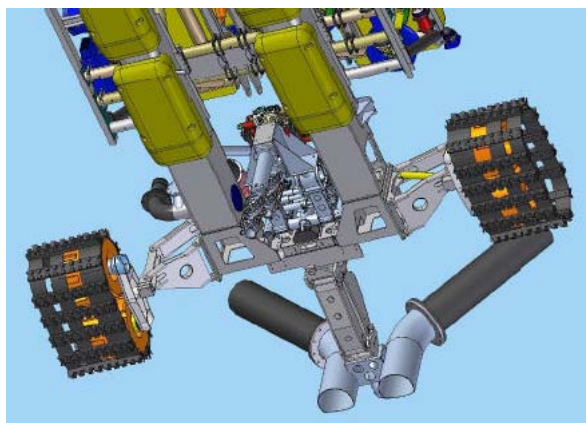
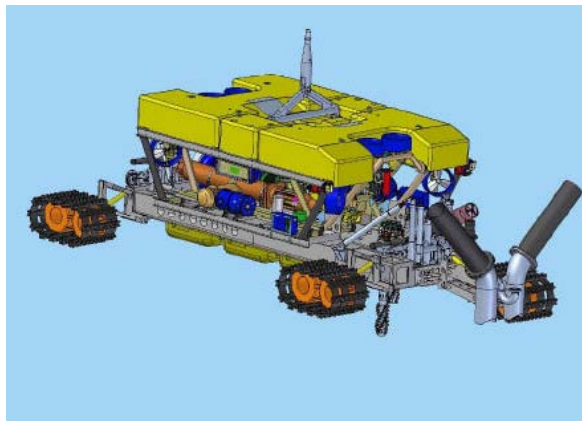
El proceso seguido a continuación para la disposición del cable es el descrito en el epígrafe precedente, ya que el ROV dispone de los mismos sistemas de bombas y guía que el carro descrito anteriormente, realizando el trabajo de forma autónoma.

El ROV va entonces recorriendo la traza, abriendo el surco mediante el chorro de agua, y depositando en su avance el cable a la profundidad requerida.

El ROV va dotado de todos los equipos necesarios para acometer las labores tanto de apertura de la zanja, como de localización del cable.

En las imágenes siguientes se ve la posición del sistema de bombeo en la parte delantera del mismo, así como el equipo que lleva acoplado para la apertura de zanja en materiales duros.





La alimentación del ROV y su apoyo se realiza desde un barco de apoyo.

En la imagen anterior se aprecia cómo es el avance del ROV y cómo va depositando el cable en el fondo.

Revisión final del tendido de los cables

Una vez finalizado el tendido y el soterramiento de los cables en el fondo marino, y realizadas las pruebas correspondientes de estanqueidad y paso de la corriente, se procede a la revisión del trazado de los cables en los tramos en que van apoyados en el

fondo, utilizando para ello al propio ROV. En esta revisión se aprecia que todo esté correcto, para lo que se utiliza el sistema de iluminación y cámaras del ROV.

En esta revisión se analiza pormenorizadamente que los cables se encuentren en perfecto estado y se estudia la situación de éstos respecto al fondo y que estén apoyados en toda su longitud, aspecto éste que dado el peso del cable se da en la práctica totalidad del trazado. Este peso junto con el rozamiento del fondo permite que el cable no se desplace pese a las corrientes marinas existentes, por lo que una vez tendido queda firmemente unido al suelo y, como se ha apreciado en tendidos anteriores, se produce un proceso de enterramiento progresivo de los mismos. Esta circunstancia se da especialmente en los fondos arenosos en los que el peso del cable provoca este proceso.

Sin embargo en ocasiones, y en intervalos de una longitud de entre diez y treinta metros, en los que el fondo se deprime respecto a la superficie normal del fondo y la forma de la depresión y la rigidez de los cables no permite que estos se depositen sobre la totalidad de la longitud en el fondo, quedan tramos en los que el cable queda suspendido en el agua.



Estos intervalos en los que el cable no está apoyado, denominados “*free spans*”, tienen una longitud reducida, menor de los treinta metros citados, dado que cuando la longitud es superior, la adaptabilidad del cable le permite situarse en el fondo.

De acuerdo con los estudios existentes los “*free spans*” de menos de 10-12 metros no necesitan ningún tipo de actuación, ya que la longitud del tramo suspendido no implica que éste pueda sufrir desplazamientos o vibraciones que le pudieran dañar.

Sin embargo, los de dimensiones superiores si necesitan anclarse, para evitar el deterioro por fricción con los bordes de la depresión, dado que la longitud de los mismos si posibilita vibraciones y hasta desplazamientos por el empuje de las corrientes.

En estos, y con el fin de evitar los riesgos mencionados por exposición de los cables a las corrientes, y por tanto a tensiones y rozamientos para los que no están calculados, se adoptaría como medida de refuerzo el acumular uno a dos metros cúbicos de grava cada diez metros, de forma que los intervalos libres nunca superen esta longitud.

Para depositar en el fondo los materiales se carga al ROV con la grava, de tal forma que con las herramientas de que dispone el aparato, la colocación de la grava sea lo más precisa posible, colocándola exactamente en el punto determinado.

1.9. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL

En el presente capítulo se establecen condiciones y se definen actuaciones dirigidas a evitar, o en su defecto, minimizar, los impactos previstos durante las fases de construcción y funcionamiento. Para ello, y tras detectar los efectos potenciales sobre el medio ambiente ocasionado por las diversas actuaciones que componen las labores constructivas y las de explotación, se adopta como principio fundamental el anteponer las medidas preventivas frente a las correctoras, evitando en la medida de lo posible la ocurrencia misma del impacto.

Para el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras que se contemplan en este punto deberá existir un supervisor ambiental de RED ELÉCTRICA mientras duren las labores de construcción de la línea eléctrica, el cual será el encargado de comprobar que las labores se ajusten a las medidas preventivas aquí enumeradas y que las medidas correctoras se desarrollen tal y como se establecen en este apartado y que son plasmadas en las especificaciones medioambientales.

El referido supervisor tendrá como misión corregir aquellos impactos no contemplados en el estudio y que durante la implantación se aprecien, tomando las medidas oportunas en cada momento.

Respecto a la aplicación de las medidas correctoras cabe considerar también la escala espacial y temporal. Así, algunas de las medidas propuestas deben ser aplicadas fuera del estricto ámbito de ubicación de las infraestructuras y se propugna que su aplicación sea preferentemente temprana.

En el diseño del proyecto es de gran importancia la definición de un trazado óptimo desde el punto de vista ambiental evitando las áreas de mayor sensibilidad y escogiendo materiales, técnicas y sistemas de ejecución de obra ambientalmente adecuados.

Definición del trazado

La elección del trazado es el aspecto más importante de cara a los futuros impactos del proyecto, puesto que diferentes trazados podrán suponer una gran diferencia en sus repercusiones sobre el medio, aún en el mismo territorio.

Para la línea eléctrica en estudio se han planteado varias alternativas de trazado, tanto terrestres como marinas. Las alternativas terrestres se han planteado todas en soterrado dado la dificultad de proponerlas en aéreo por el carácter urbano que presentan las zonas. En cuanto al trazado marino, se han establecido zonas de aterraje según criterios excluyentes y a partir de ahí se han planteado las diferentes alternativas de manera que se minimice la afección sobre áreas específicas, así como evitar afección en infraestructuras y elementos antrópicos como arrecifes artificiales, emisarios y cables submarinos identificados.

Perforación Horizontal Dirigida (PHD)

La salida al mar de la conexión eléctrica se hará mediante la técnica de la perforación dirigida en ambas islas. Esta técnica consiste en la instalación de una tubería subterránea mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación. La perforación se inicia en tierra y finaliza en el mar en este caso

La técnica de la perforación dirigida se emplea para la salida al mar de la conexión eléctrica en proyecto tanto desde la isla de Fuerteventura como la de Lanzarote.

Esta técnica permite salvar obstáculos naturales o artificiales sin necesidad de afectar el terreno por lo que su empleo minimiza las repercusiones sobre los vectores ambientales.

Diseño de accesos

Para los tramos soterrados de la conexión eléctrica a 132 kV SC La Oliva – Playa Blanca no se considera la necesidad de accesos puesto que el diseño en subterráneo permite que el recorrido se realice por viales, caminos y calles preexistentes y que se empleen estos mismos como vías de paso, con lo que se elimina la necesidad de apertura de nuevos accesos.

Para el caso de la maquinaria necesaria para realizar la perforación horizontal dirigida se considera lo siguiente:

- Para alcanzar la superficie de ocupación planteada en Fuerteventura será necesario realizar un acondicionamiento de los accesos existentes para facilitar el paso de la maquinaria. Se plantea usar inicialmente la pista sin asfaltar que comunica Corralejo con Majanicho y, una vez se alcance el entorno de las obras, utilizar la rodera ya marcada sobre la superficie del malpaís y que permite llegar hasta la caseta de la estación de maniobra Caleta Negra. Puesto que la rodera se utilizará como eje de referencia para la zanja del cable soterrado se considera que su uso permitirá reducir la afección al suelo perimetral. Una vez termina la rodera en el entorno de Caleta Negra deberá seguirse sobre suelo inalterado de coladas basálticas a lo largo de unos 78 m. Este fragmento de territorio empleado como acceso, junto con la superficie de explanación prevista para la maquinaria, deberá ser objeto de restauración morfológica una vez hayan finalizado las obras.

Para el tramo soterrado en la isla de Fuerteventura. El acceso a la superficie que albergará la maquinaria para la perforación tomará como referencia la rodera existente en el terreno y que alcanza el entorno de la estación de maniobra Caleta Negra. Posteriormente deberá transitarse sobre la superficie de malpaís que impera en la zona unos 78 m. Con el objetivo de no causar una mayor afección de la necesaria deberán adoptarse una serie de medidas:

- Delimitar la zona de paso estrictamente a la necesaria.
- Acopiar el material del sustrato para poder ser reutilizado posteriormente en las labores de restitución morfológica y paisajística.
- Realizar una inspección para evitar afectar nidos de aves marinas y migratorias que potencialmente pudieran haber nidificado en el entorno.

Selección de emplazamientos de las superficies de ocupación temporal

Selección de emplazamientos adecuados y con las dimensiones mínimas necesarias para albergar la maquinaria para la realización de las perforaciones dirigidas.

En el caso de Fuerteventura se ha estimado una superficie de ocupación temporal de unos 3.000 m² en torno al punto de perforación dirigida, que se sitúa al oeste de la L/66 kV Playa Blanca- Corralejo existente. La superficie de ocupación requerirá una posterior restauración de la superficie de malpaís que se verá afectada por la explanación de la superficie puesto que se plantea dentro de la delimitación de la ZEPA ES000348.

En el caso de Lanzarote la superficie de ocupación temporal se plantea en una zona de parking y en un segmento del paseo marítimo de Las Coloradas. Con esta selección de emplazamiento se evita la afección sobre vectores del medio físico y biológico, puesto que se incide sobre suelo urbano y totalmente transformado. Por el contrario, esta ocupación causará molestias puntuales a la población y restringirá momentáneamente los usos que

se llevan a cabo en esta zona. Una vez finalizadas las obras deberá restituirse el entorno al estado previo de las mismas.

Planificación de la obra

Durante el proceso de planificación y programación de los trabajos a realizar se deberán considerar los ciclos biológicos de la fauna.

A nivel general para todos los grupos faunísticos, pero especialmente para el de la avifauna, se recomienda que el período de realización de las obras sea durante la época en que no pueda afectar la reproducción de las aves que habitan o frecuentan el entorno afectado por la instalación de la infraestructura en proyecto.

Para los tramos soterrados de la conexión eléctrica a 132 kV SC La Oliva – Playa Blanca la planificación de la obra en relación a la fauna tiene relevancia en el caso de Fuerteventura, puesto que en Lanzarote se afecta un entorno plenamente urbano y transformado. En el ámbito de Fuerteventura se incide sobre una franja litoral de malpaís con potencial presencia de aves marinas y migratorias, por lo que las obras se realizarán en la medida de lo posible evitando los periodos reproductores y en caso de coincidencia se realizará un recorrido previo de especialistas para identificar la posible presencia de nidos o especies vegetales de interés.

En el tramo marino se evitará la apertura de la zanja el tramo de playa Coloradas que cruza una pradera de Sebadal (*Cymodocea nodosa*) en total 165,9 m entre los meses de Marzo a Octubre, correspondiendo el periodo de Marzo a Julio el de máxima floración, polinización fructificación y germinación

Igualmente se evitará la apertura de la zanja al paso por los jardines de anguilas jardineras en la época de reproducción de la anguila jardinera (*Heteroconger longissimus*) que tiene lugar en la estación estival, Junio a Septiembre

Delimitación de las zonas de trabajo

Será necesario el marcaje y delimitación de las zonas de actuación a lo largo de la zanja y la superficie de ocupación temporal de la perforación dirigida mediante cintas con tal de restringir el área de ocupación y uso por parte de la maquinaria y personal de obra.

Para el tramo subterráneo en Fuerteventura esta medida permitirá minimizar y prevenir la probabilidad de ocurrencia de los efectos potenciales en relación a la presencia de nidos de especies de avifauna marina y la afección sobre elementos documentados de artillería provenientes de la II Guerra Mundial, siendo estos aspectos los más sensibles en el entorno de afección. También se reducirá la afección sobre el aspecto geomorfológico de la zona de malpaís que impera en el entorno.

En términos generales, y para ambos ámbitos, la delimitación permitirá acotar el alcance de los efectos potenciales a la mínima superficie necesaria para el desarrollo de las obras.

Retirada y conservación de sustrato

Retirar el sustrato y depositarlo en pequeños montículos en zonas llanas para poder recuperarlo y facilitar la regeneración de los espacios afectados, de manera que los impactos residuales sean mínimos.

En Fuerteventura el sustrato afectado se corresponde a un malpaís de coladas basálticas. Se generarán fragmentos rocosos que podrán ser empleados de nuevo para cubrir la zanja creada en la instalación del cable y de este modo retornar el espacio a su aspecto original. En el caso de la explanación necesaria para la maquinaria de la perforación dirigida, se incidirá, además sobre sustrato rocoso, sobre un área ocupada por un saladar por lo que deberá retirarse el sustrato y mantenerlo en las condiciones necesarias para su reutilización posterior en las labores de restauración del espacio.

En Lanzarote se afectará principalmente asfalto perteneciente a las calles y viales del sector urbano de Las Coloradas. También se afectarán espacios libres ajardinados. En ambos casos deberá restituirse el firme artificial actual. Por otro lado, poco antes de alcanzar la ampliación futura de la SE Playa Blanca se transcurrirá por suelo llano y desnudo, que acusa la cercanía de la SE Playa Blanca existente. Se trata de un terreno compacto, pulverulento y con pequeños fragmentos rocosos que deberá retirarse y depositarse convenientemente a la espera de ser reutilizado en las tareas de restitución del firme.

Gestión de lodos procedentes de la perforación dirigida

Se contará con los medios técnicos, materiales y humanos para que en caso de vertido accidental pueda ser confinado y recogido a tiempo.

Medidas preventivas sobre la fauna y la vegetación

Se realizará un recorrido previo de observación documentado, si se detectan ejemplares de flora o nidos de aves incluidas en algún catálogo de amenazadas, se comunicará a la DGPN para que arbitre los mecanismos de protección.

Para evitar la afección en fase de obra los tubos que alojarán el cable estarán cerrados por sus extremos hasta su instalación definitiva y se revisará la zanja diariamente a fin de detectar posibles ejemplares en la zona de obra.

En mar se evitará la apertura de la zanja el tramo de playa Coloradas que cruza una pradera de Sebadal (*Cymodocea nodosa*) en total 165,9 m entre los meses de Marzo a Octubre, correspondiendo el periodo de Marzo a Julio el de máxima floración, polinización fructificación y germinación (Fuente: Reyes et al. (1995a)).

Previo a la ejecución de las obras, se realizará un muestreo del área en el que se afecte al Sebadal cartografiado (a ser posible en verano) para tomar nota de la densidad y cobertura máxima al paso del trazado definitivo.

Las medidas indicadas para la especie *Cymodocea nodosa* serán de aplicación en el sector norte (Lanzarote), a lo largo del segmento del recorrido submarino de 165,9 m pasa por pradera de *Cymodocea nodosa* (Superficie de 82,9 m²).

En el caso del tramo marino en Coloradas (Lanzarote), entre la cota batimétrica de -11,5 m y -17 m, existe un campo de anguilas jardineras (en total 239,2 m). Se evitará la apertura de la zanja al paso por los jardines de anguilas jardineras en la época de reproducción de la anguila jardinera (*Heteroconger longissimus*) que tiene lugar en la estación estival, Junio a Septiembre.

Se procederá también al realojamiento de especímenes de Bucio (*Charonia lampa*) (vulnerable en el CEEA) se extenderá a aquellas especies susceptibles de realojo con independencia de su estatus de amenaza que pudieran verse afectados.

Respecto a cetáceos, se elaborará y pondrá en marcha un protocolo de avistamiento, con formación y buenas práctica de la tripulación en los barcos implicados, sobre cetáceos y tortugas marinas con especial atención al delfín mular y a la tortuga boba.

Medidas preventivas sobre el patrimonio histórico

Sobre el patrimonio histórico existente y su potencial hallazgo se señalarán de elementos de patrimonio cultural en la isla de Fuerteventura. Se realizará una vigilancia arqueológica en el movimiento de tierras. Se paralizarán los trabajos y se comunicará en caso de hallazgo.

Calendario de medidas preventivas y correctoras

10.7. CALENDARIO DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

PERÍODOS MENOS FAVORABLES														
Factor	Área	Acción	E	F	M	A	My	Jn	Jl	A	S	O	N	D
MEDIO MARINO*														
<i>Cymodocea nodosa</i>	Zona costera LZ (Coloradas). Área puntual y localizada (165,2 m)	Evitar obra (ejecución zanjas) época de máxima floración, polinización fructificación y germinación (Fuente: Reyes et al. (1995a))												
<i>Heteroconger longissimus</i> (anguila jardinera)	Zona costera LZ (Coloradas). Área puntual y localizada (239,2 m)	Evitar obra (ejecución zanjas) en la época de reproducción.												
MEDIO TERRESTRE**														
<i>Burhinus oedicephalus</i> (alcaraván)	Fuerteventura	Precaución por posible presencia de nidos												
<i>Chlamydotis undulata</i> (hubara)	Fuerteventura	Precaución por posible presencia de nidos												
<i>Saxicola dacotiae</i> (Tarabilla canaria)	Fuerteventura	Precaución por posible presencia de nidos												
<i>Sterna hirundo</i> (charan)	Fuerteventura	Precaución por posible presencia de nidos												

*En **rojo** se muestran los meses menos favorables para la coincidencia con la ejecución de las obras puesto que se corresponden con los meses de mayor floración (*Cymodocea nodosa*) y la época de reproducción (*Heteroconger longissimus*), respectivamente.

En **anaranjado se muestran los meses menos favorables para la coincidencia con la ejecución de las obras puesto que se corresponden con los periodos de nidificación de las especies indicadas. No obstante, deberá realizarse inspección por parte de un ornitólogo para determinar la presencia de nidos y, en consecuencia, la potencial incompatibilidad temporal con la ejecución de las obras.

1.10. PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

ACTIVIDAD	INICIO	FINAL
Trabajos de obra civil	Julio 2019	Diciembre 2019
Tendido de los cables subterráneos, realización de los empalmes subterráneos e instalación de accesorios	Marzo 2020	Julio 2020
Tendido y protección de los cables submarinos y realización de los empalmes cable submarino-cable terrestre	Marzo 2020	Febrero 2021
Pruebas de aceptación	Marzo 2021	Marzo 2021
Reposición y restauración del área del dominio público	Abril 2021	Abril 2021

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.1. CABLES DE POTENCIA

- 2.1.1. CABLE DE POTENCIA SUBTERRÁNEO
- 2.1.2. CABLE DE POTENCIA SUBMARINO

2.2. EMPALMES

- 2.2.1. EMPALMES TRAMO SUBMARINO
- 2.2.2. EMPALMES DE TRANSICIÓN CABLE SUBMARINO/CABLE SUBTERRÁNEO

2.3. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

- 2.3.1. CONEXIONADO DE PANTALLAS A TIERRA
- 2.3.2. CAJAS DE PUESTA A TIERRA

2.1. CABLES DE POTENCIA

En la siguiente tabla se muestran los tipos de cables a instalar:

CABLE			
SUBTERRÁNEO		SUBMARINO	
Lanzarote	Fuerteventura	Fondo marino	Perforación dirigida
Al – 1000 mm ²	Al – 1000 mm ²	Cu 300 mm ² simple armadura	Cu 630 mm ² doble armadura

2.1.1. CABLE DE POTENCIA SUBTERRÁNEO

El cable aislado subterráneo de 76/132 kV requerido para el tramo subterráneo es el siguiente: **RHE-RA+2OL 76/132 kV 1x1000KAI+H200**, cable aislado unipolar 76/132 kV de aluminio y sección de 1000 mm² con pantalla constituida por alambres de cobre de 200 mm² de sección.

La composición general de los cables aislados con pantalla constituida por alambres de cobre para tensión nominal de 132 kV es la siguiente:

- Conductor: cuerda compacta redonda de aluminio clase 2 con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo.
- Semiconductora interna: capa interna extruida de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductora externa: capa externa extruida de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable semiconductor.
- Pantalla: corona de alambres de cobre arrollados helicoidalmente.
- Contraespira: fleje de cobre que cortocircuita todos los alambres de cobre y garantiza su sujeción frente a esfuerzos electrodinámicos.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable semiconductor.
- Protección radial al agua: cinta de aluminio solapada termopegada adherida a la cubierta.
- Cubierta exterior: polietileno de alta densidad (HDPE) negro con capa exterior semiconductor extrusionada conjuntamente con la cubierta. Características mecánicas tipo DMZ1.

Conductor

Material.....	Hilos de aluminio
Sección.....	1000 mm ²
Diámetro nominal.....	38.4 mm
Resistencia máxima en continua a 20 °C.....	29.10 μΩ/m
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen permanente	90 °C
Temperatura máxima admisible en el conductor en cortocircuito	250 °C

Intensidad máxima admisible en cortocircuito 133.6 kA
 Duración cortocircuito 0.5 s
 Temperatura inicial 90 °C
 Temperatura final..... 250 °C

Resistividad eléctrica $2.84 \cdot 10^{-8} \Omega/m$
 Coef. de variación de la resistividad eléctrica con la temperatura a 20 °C $0.00403 K^{-1}$
 Calor específico volumétrico $2.5 \cdot 10^6 J/K \cdot m^3$

Semiconductora interna

Material..... Capa extruida de material semiconductor
 Espesor nominal 1.5 mm
 Diámetro nominal sobre semiconductora interna 43.2 mm
 Resistividad térmica..... $2.5 K \cdot m/W$
 Calor específico volumétrico $2.4 \cdot 10^6 J/K \cdot m^3$

Aislamiento

Material..... Polietileno reticulado (XLPE) super clean
 Espesor nominal 17 mm
 Diámetro nominal sobre aislamiento 77.7 mm
 Gradiente semiconductora interna 6.1 kV/mm
 Gradiente semiconductora externa 3.4 kV/mm
 Permitividad relativa..... 2.4
 tg δ ≤ 0.001
 Resistividad térmica..... $3.5 K \cdot m/W$
 Calor específico volumétrico $2.4 \cdot 10^6 J/K \cdot m^3$

Semiconductora externa

Material..... Capa extruida de material semiconductor
 Espesor nominal 1.5 mm
 Diámetro nominal sobre semiconductora externa 81.5 mm
 Resistividad térmica..... $2.5 K \cdot m/W$
 Calor específico volumétrico $2.4 \cdot 10^6 J/K \cdot m^3$

Protección longitudinal al agua

Material..... Cinta hinchable semiconductora
 Colocación Hélice solapada
 Espesor nominal 0.35 mm
 Resistividad térmica..... $6 K \cdot m/W$
 Calor específico volumétrico $2 \cdot 10^6 J/K \cdot m^3$

Pantalla

Material..... Alambres de cobre
 Diámetro medio 86.6 mm
 Nº de alambres de cobre 52
 Diámetro de los alambres 2.22 mm
 Separación entre alambres 2.43 mm
 Sección..... 200 mm²
 Temperatura máxima admisible en régimen permanente 90 °C

Temperatura máxima admisible en cortocircuito 250 °C

Intensidad admisible en cortocircuito > 40 kA

Duración cortocircuito 0.5 s

Temperatura inicial 90 °C

Temperatura final..... 250 °C

Resistividad eléctrica $1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$

Calor específico volumétrico $3.45 \cdot 10^6 \text{ J/K} \cdot m^3$

Contraespira

Material..... Cinta de cobre

Sección..... 1 mm^2

Protección longitudinal al agua

Material..... Cinta hinchable semiconductora

Colocación..... Hélice solapada

Espesor nominal 0.35 mm

Resistividad térmica..... $6 \text{ K} \cdot m/W$

Calor específico volumétrico $2 \cdot 10^6 \text{ J/K} \cdot m^3$

Protección radial al agua

Material..... Lámina de aluminio

Espesor nominal 0.2 mm

Tipo de unión..... Solapada termopegada

Resistividad eléctrica $2.84 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$

Calor específico volumétrico $2.5 \cdot 10^6 \text{ J/K} \cdot m^3$

Cubierta exterior

Material..... Polietileno de alta densidad (HDPE)

Color Negro

Cubierta no propagadora del incendio No

Características mecánicas DMZ1

Capa exterior semiconductora extruida con la cubierta..... Si

Espesor nominal 4.3 mm

Resistividad térmica..... $3.5 \text{ K} \cdot m/W$

Calor específico volumétrico $2.4 \cdot 10^6 \text{ J/K} \cdot m^3$

Características eléctricas

Corriente..... Alterna trifásica

Frecuencia..... 50 Hz

Tensión asignada 76/132 kV

Tensión más elevada del material..... 145 kV

Categoría de la red A (Según UNE 20435)

Tensión soportada a impulso tipo rayo 650 kV (cresta)

Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min) 190 kV

Características mecánicas

Radio curvatura mínimo

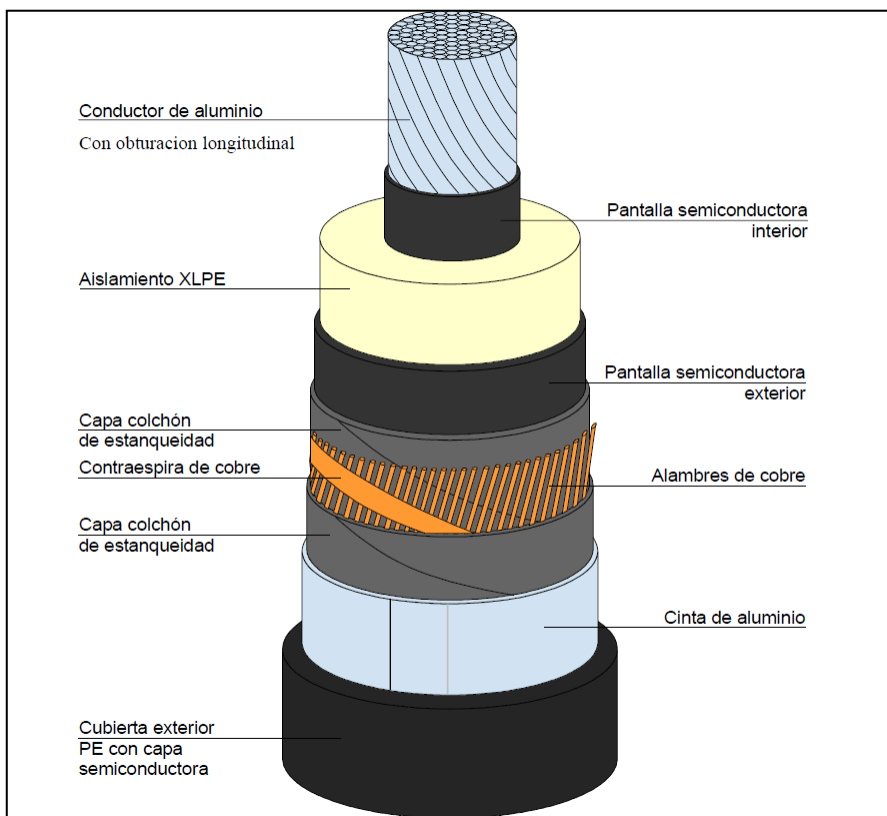
Durante el tendido directamente enterrado o al aire	2.5 m
Durante el tendido en banco de tubos	8 m
Cerca de accesorios con / sin guía	2 / 2.5 m
En instalación definitiva	2 m
Sobre la bobina.....	1.5 m

Esfuerzos

Esfuerzo máximo de tiro	3000 daN
Esfuerzo máximo lateral	1000 daN

Características de cable terminado

Diámetro exterior nominal.....	98 mm
Peso aproximado.....	10.5 kg/m



2.1.2. CABLE DE POTENCIA SUBMARINO

Se han considerado 2 diseños para el cable submarino, uno para el lecho marino y otro para las llegadas en perforación a la costa.

Considerar diseños de cables submarinos diferentes no implica la necesidad de realizar empalmes de transición en el fondo marino, ya que dichos empalmes se pueden realizar en fábrica, de tal forma que el cable se instalará en una única pieza.

Cable submarino para el lecho marino

76/132 kV 3x1x300 mm² + FO: cable aislado 76/132 kV de cobre 3 x 300 mm² con pantalla constituida por aleación de plomo de 2 mm de espesor.

Características constructivas

Conductor

Diámetro nominal aproximado 20.5 mm
Material.....37 filamentos de cobre recubierto por un compuesto semiconductor

Pantalla del conductor

Material..... Semiconductor con polietileno

Aislamiento

Espesor nominal 18 mm
Diámetro nominal sobre aislamiento 60.1 mm
Material..... Polietileno reticulado (XLPE)

Protección longitudinal al agua

Material..... Cinta semiconductora hinchable

Cubierta de plomo

Material..... Aleación de plomo
Espesor nominal 2 mm

Cubierta de fase

Material..... Polietileno semiconductor
Espesor nominal 2 mm

Fibra óptica

Las fibras ópticas estarán en un tubo de acero y su cubierta exterior será de polietileno.

Diámetro nominal..... 10 mm

Cinta en hélice

Material..... Capas de cinta adhesiva en hélice

Armadura

Forma de los hilos de la armadura..... Planos
 Dimensión de los hilos 8.5 x 3 mm
 Nº aproximado de hilos de armadura 55

Cubierta exterior

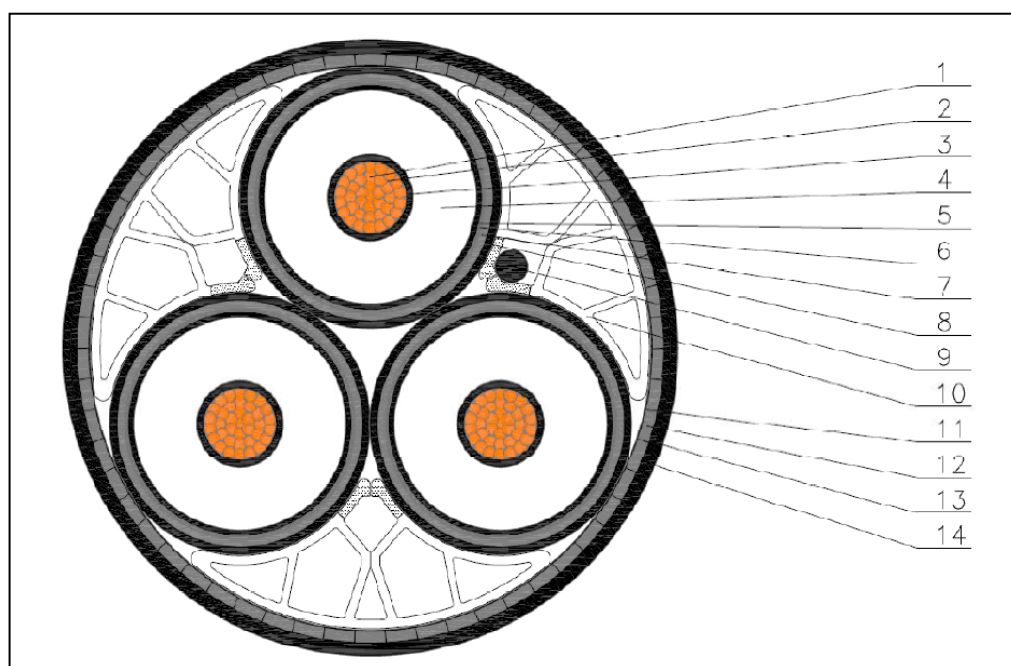
Material..... Dos capas de hilos de polipropileno y bitumen

Características de cable terminado

Diámetro exterior nominal..... 173.5 mm
 Peso aproximado seco.50 kg/m
 Peso aproximado sumergido28 kg/m

Características mecánicas

Radio de curvatura mínimo durante el tendido..... 2.8 m
 Radio de curvatura mínimo sin tensión 2.3 m
 Esfuerzo máximo de tiro200 kN



Nº	Elemento	Espesor nominal (mm)	Diámetro nominal (mm)
1	Conductor, alambres de cobre	37 x ø3.36	20.5
2	Relleno del conductor, relleno semiconductor		
3	Semiconductora interna		
4	Aislamiento XLPE	18	60.1
5	Semiconductora externa		
6	Cinta semiconductora hinchable		
7	Cubierta de aleación de plomo	2	69.3
8	Cubierta semiconductora de polietileno	2	
9	Fibra óptica	ø10	

Nº	Elemento	Espesor nominal (mm)	Diámetro nominal (mm)
10	Relleno polietileno extruido		
11	Cinta en hélice		
12	Armadura, hilos de acero galvanizado	56 x 8.5 x 3	
13	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		
14	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		173

Cable submarino en perforación dirigida

76/132 kV 3x1x630 mm² + FO: cable aislado 76/132 kV de cobre 3x630 mm² con pantalla constituida por aleación de plomo de 2.2 mm de espesor.

Características constructivas

Conductor

Diámetro nominal aproximado 30.5 mm
 Material.....61 filamentos de cobre recubierto por un compuesto semiconductor

Pantalla del conductor

Material..... Semiconductor con polietileno

Aislamiento

Espesor nominal 17 mm
 Diámetro nominal sobre aislamiento 67.5 mm
 Material..... Polietileno (XLPE)

Pantalla del aislamiento

Material..... Semiconductor con polietileno

Protección longitudinal al agua

Material..... Cinta semiconductor hinchable

Pantalla

Material..... Aleación de plomo
 Espesor nominal 2.2 mm

Cubierta de fase

Material..... Polietileno semiconductor
 Espesor nominal 2.2 mm

Fibra óptica

La fibra óptica estará en un tubo de acero y su cubierta exterior será de polietileno. El contorno de los elementos de polietileno o los hilos y la fibra óptica estarán ubicados en los intersticios entre los núcleos.

Diámetro nominal..... 10 mm

Cinta en hélice

Material..... Dos capas de cinta adhesiva en hélice

Capa de colchón

Material..... Hilo de polipropileno y bitumen

Armadura

Forma de los hilos de la armadura..... Planos

Dimensión de los hilos 8.5 x 3 mm

Nº aproximado de hilos de armadura 63/66

Material..... Dos capas de hilos de acero galvanizado contrapuestas

Cubierta exterior

Material..... Dos capas de hilos de polipropileno y bitumen

Características de cable terminado

Diámetro exterior nominal..... 198 mm

Peso aproximado seco.79 kg/m

Peso aproximado sumergido56 kg/m

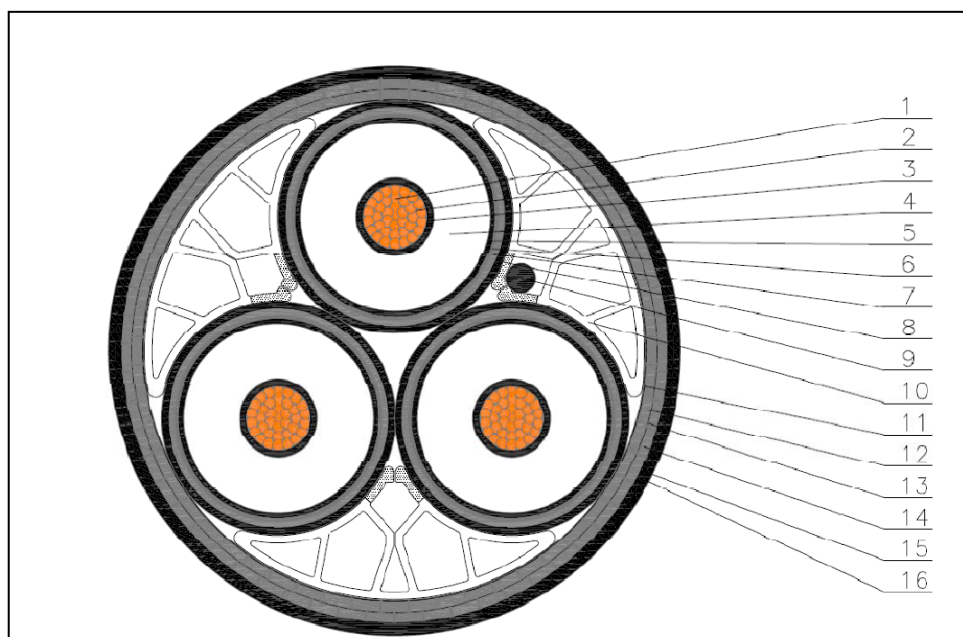
Características mecánicas

Radio de curvatura mínimo durante el tendido..... 3.5 m

Radio de curvatura mínimo sin tensión 2.5 m

Esfuerzo máximo de tiro 450 kN

Sección del conductor



Nº	Elemento	Espesor nominal (mm)	Diámetro nominal (mm)
1	Conductor, alambres de cobre	61 x \varnothing 3.7	30.5
2	Relleno del conductor, relleno semiconductor		
3	Semiconductora interna		
4	Aislamiento, XLPE	17	67.5
5	Semiconductora externa		
6	Cinta semiconductor hinchable		
7	Cubierta de aleación de plomo	2.2	77.3
8	Cubierta semiconductor de polietileno	2.2	
9	Fibra óptica	\varnothing 10	
10	Relleno de polietileno extruido		
11	Cinta en hélice		
12	Armadura, hilos de acero galvanizado	63 x 8.5 x 3	
13	Cinta en hélice		
14	Armadura, hilos de acero galvanizado	66 x 8.5 x 3	
15	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		
16	Cubierta exterior, cuerdas de propileno y bitumen		198

2.2. EMPALMES

2.2.1. EMPALMES TRAMO SUBMARINO

Empalmes de fábrica

El conductor está soldado con cobre. La unión del conductor está constituida con el mismo diámetro que el conductor. Cada unión es revisada por rayos X que muestran vacíos o uniones de baja calidad. Los conductores de diferente sección también se pueden unir, en estos casos habrá una suave transición desde un diámetro hasta el otro.

La capa semiconductor de la unión se rehace con el mismo material que el conductor. La capa se funde, se reticula y se pule para formar una capa semiconductor continua con el mismo diámetro que la semiconductor del cable.

El aislamiento se reconstruye desde la capa extruida desde el mismo material del cable. La pureza debe ser mantenida durante el proceso. La capa es producida y aplicada en cámaras libres de polvo. La cámara se mantiene a sobrepresión de aire filtrado para prevenir el polvo.

El aire circundante está monitorizado por un contador de partículas. El proceso de reticulado asegura un aislamiento homogéneo y sin porosidades.

Un ensayo de descargas parciales se lleva a cabo en esta etapa para cada empalme aislado, siendo los requerimientos los mismos que para el cable completo.

La capa semiconductor externa del empalme se reconstruye del mismo material que la del cable. Se aplica en el mismo ambiente libre de polvo que el aislamiento. La capa se funde y se reticula para formar una capa semiconductor continua que se reticula con el aislamiento y se superpone al cable.

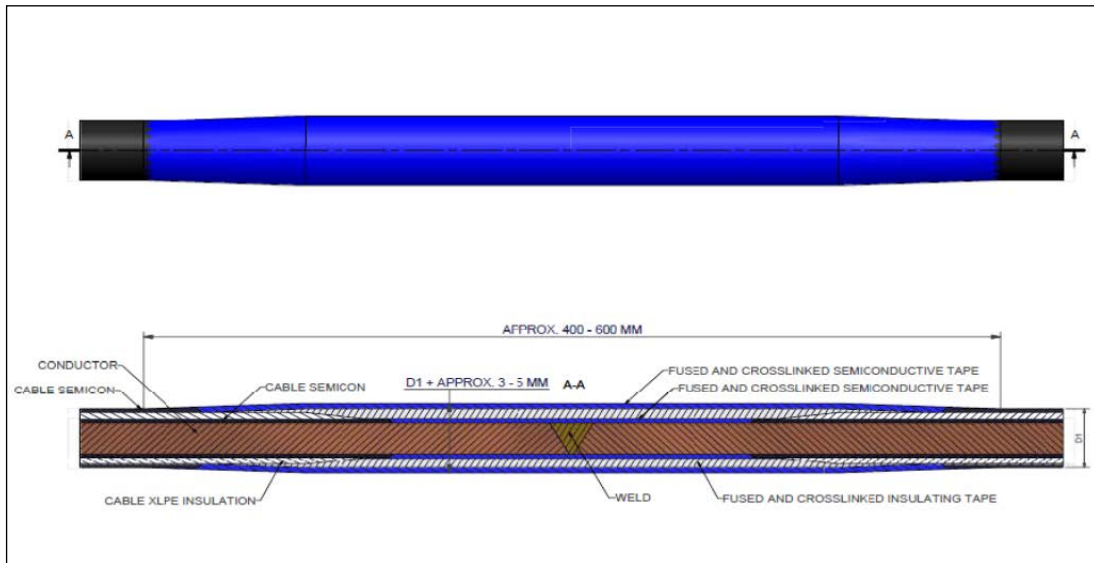
La cubierta de plomo del cable se reconstruye usando una funda de plomo, que se estampa hasta que entra en contacto con la capa hinchable. La funda se ajusta a la cubierta del cable. Es preferible que la unión del conductor y el aislamiento se hagan antes de la extrusión de la cubierta de plomo. Entonces, habrá una extrusión continua de la cubierta sobre el cable y el empalme.

La resistencia de la unión se consigue mediante el refuerzo con una capa de resina epoxi impregnada con fibra de vidrio. Este refuerzo no es necesario si la unión se realiza antes de la extrusión.

Si los tres núcleos se unen, habrá un movimiento axial mayor que la longitud de una unión de núcleos ya que el cable está compuesto de tres núcleos. El rellenado y el armado debe ser continuo.

Si el empalme se hace como un empalme flexible de reparación en el barco, los cables del armado preformado serán insertados y soldados a cada terminación del empalme.

El empalme finalizado tendrá las mismas propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas que las especificadas para el cable.



Empalmes de reparación

Diseño general

La instalación de un empalme de reparación debe ser sencilla y rápida, ya que el tiempo disponible para la reparación suele ser escaso. Desde el momento en que los cables están tendidos en soportes hasta que el empalme está preparado para ser sumergido no debe pasar un tiempo superior a 30 horas. Por esta razón todas las técnicas basadas en soldadura y encintado no son posibles. Todas las partes, incluyendo las uniones de núcleos, son prefabricadas. Por lo tanto, el empalme no es flexible. Será necesario sumergirlo en el agua en una cuna.

Empalme del conductor

Los conductores se unen con conectores rizados de cobre. Este método está bien comprobado, es rápido y los conductores no se debilitan por recocido ya que no se aplica calor.

Aislamiento del conductor

Cada empalme del conductor es aislado por una caja premoldeada de goma-EPDM. La caja premoldeada comprime 3 capas:

- Un electrodo semiconductor EPDM en el centro para proteger el empalme del conductor de inclusiones de aire y para permitir al aislamiento del cable ser cortado directamente, sin consumir tiempo diseñándola en campo.
- Una capa de aislamiento.
- Una capa pantalla de semiconductor EPDM. Todas las capas serán moldeadas juntas sin inclusiones o contaminantes.

Cada caja EPDM ha pasado ensayos de alta tensión en fábrica, incluyendo el ensayo de descargas parciales. Para una instalación rápida, el ensayo previo es una de las razones por las que el empalme prefabricado se prefiere al encintado o moldeado.

Protección al agua

De cara a mantener la impermeabilidad del cable, se colocan unas cubiertas de plomo en cada empalme. La cubierta es un plomo laminado, que se tiende sobre los empalmes y se suelda longitudinalmente. Las cubiertas se ubican sobre las pantallas de plomo del cable.

Refuerzo

La soldadura puede causar una ligera fragilidad en la capa de plomo próxima a la soldadura. Por tanto, se debe reforzar con una capa de fibra de vidrio de resina epoxi.

Armadura

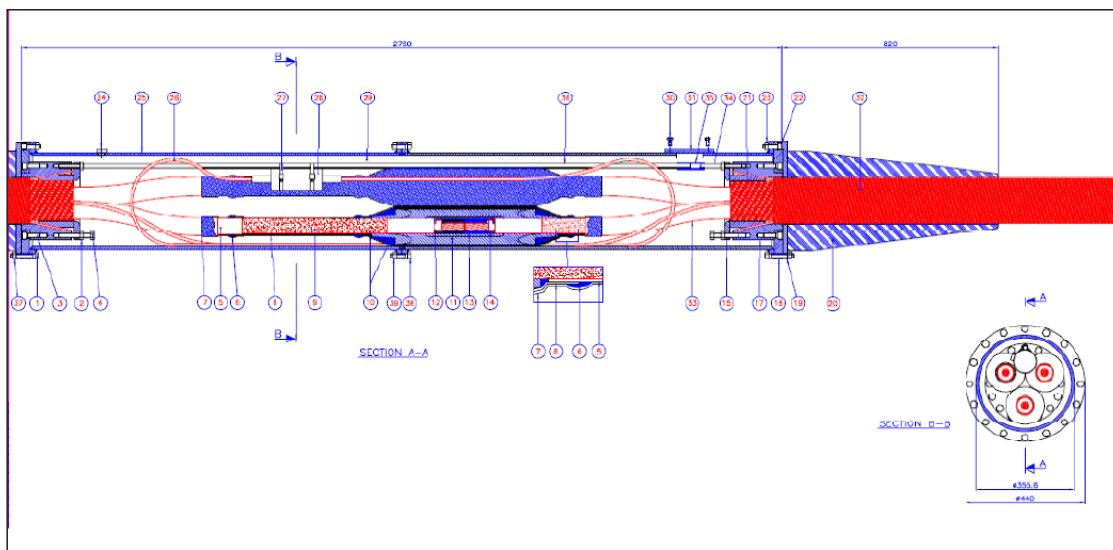
La armadura será soldada o sujeta mediante abrazaderas. Debido a que el soldado es un proceso largo, se elige sujetar mediante abrazaderas. Las abrazaderas son cónicas para un agarrado firme, se atornillan a la envoltura exterior.

Envoltura exterior

La envoltura exterior es un tubo de acero. La envoltura está rellena con bitumen como protección a la corrosión.

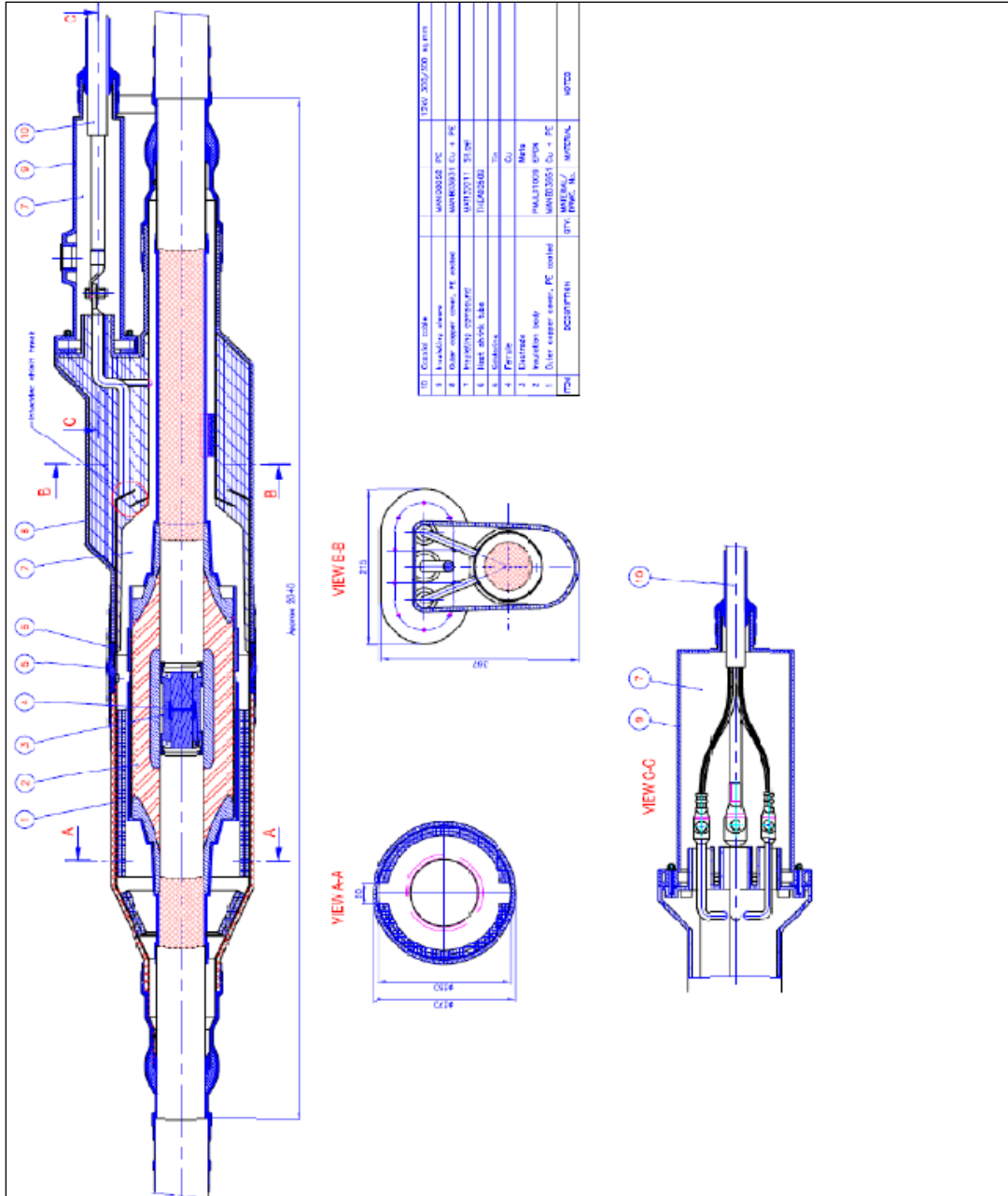
Protección al doblado excesivo

Los protectores al doblado se montan al final de la envoltura con el fin de evitar un doblado excesivo en el tendido y cuando el empalme golpea el fondo marino.



2.2.2. EMPALMES DE TRANSICIÓN CABLE SUBMARINO/CABLE SUBTERRÁNEO

Se incluye un dibujo de un empalme de transición entre un cable submarino y uno subterráneo.



2.3. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

2.3.1. CONEXIONADO DE PANTALLAS A TIERRA

En el plano 6335V005 se indica el sistema de conexión de las pantallas de los tramos subterráneo y submarino.

A continuación se muestra una tabla con la conexión de pantallas utilizada.

Isla de Lanzarote

INICIO	FINAL	CABLE	LONG. (m)	TIPO DE CONEXIÓN
SE Playa Blanca	CE01	XLPE 76/132 1x1000 Al-2OL + H200	764	Single point
CE01	Cámara transición	XLPE 76/132 1x1000 Al-2OL + H200	837	Single point

Tramo submarino

INICIO	FINAL	CABLE	LONG. (m)	TIPO DE CONEXIÓN
Cámara transición Lanzarote	Cámara transición Fuerteventura	76/132 3x1x630 mm ² 76/132 3x1x300 mm ²	14500	Both ends

Isla de Fuerteventura

INICIO	FINAL	CABLE	LONG. (m)	TIPO DE CONEXIÓN
Cámara transición	SE La Oliva	XLPE 76/132 1x1000 Al-2OL + H200	541	Single point

2.3.2. CAJAS DE PUESTA A TIERRA

Son cajas de conexión estancas con tapa atornillable de acero inoxidable para instalaciones enterradas, bien sea directamente o en tubulares. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP68 según EN 60529.

En el interior de las cajas, las conexiones a tierra se realizarán mediante pletinas desmontables de latón, ya sea directamente a tierra o a través de los correspondientes limitadores de tensión de pantalla (LTP) de óxido metálico conectados a tierra.

La tapa y el cuerpo de la caja se cierran mediante tornillería inoxidable y junta de estanqueidad de goma.

En las subestaciones se instalará en cada soporte metálico de los terminales tipo exterior una caja unipolar de puesta a tierra directa o una caja de puesta a tierra a través de descargador.

Las cajas de puesta a tierra de los empalmes se instalarán en el interior de las cámaras de empalme. Por este motivo, están diseñadas para soportar las siguientes solicitaciones con objeto de asegurar, cuando se produce un defecto interno o externo, que las cajas de puesta a tierra no se rompen en trozos de material en forma de proyectiles que puedan dañar el resto de elementos instalados en la propia cámara (cable, otros empalmes, etc.):

Defecto de arco interno (0.1 s)..... 40 kA
 Corriente de cortocircuito monofásica (0.5 s)..... 63 kA

El cable de tierra que conecta los terminales o empalmes con las cajas de puesta tierra no podrá tener una longitud superior a 10 metros.

ANEJO 6. ESTUDIO CLIMA MARÍTIMO, DINÁMICA Y TRANSPORTE LITORAL

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de los análisis que se presentan esta memoria es la caracterización del clima marítimo y la dinámica litoral en las zonas de Corralejo (Fuerteventura) y de Las Coloradas (Lanzarote), para lo cual se analizarán los siguientes aspectos:

- Análisis del clima marítimo:
 - Descripción de las características del oleaje en aguas profundas, tanto en condiciones medias como en condiciones extremas.
 - Descripción del oleaje cerca de la costa.
- Propagación del oleaje desde aguas profundas hasta la costa.
- Caracterización de la dinámica litoral:
 - En condiciones medias: se determinarán los campos de corrientes generadas por el oleaje en rotura y el transporte de sedimentos asociado. Este análisis caracterizará las condiciones de dinámica litoral en un año medio.
 - En condiciones extremas: se evaluará cómo afecta el temporal de diseño al perfil de la playa.
 - Análisis de la dispersión de los finos puestos en suspensión en las operaciones de enterramiento del cable y análisis de las posibles afecciones sobre zonas protegidas.

2 CLIMA MARÍTIMO

Fuentes de datos

Las fuentes de datos que se han utilizado en este estudio para caracterizar el clima marítimo han sido los datos de reanálisis SIMAR. Estos datos son sintéticos y han sido obtenidos a partir de los modelos numéricos HIRLAM y WAM operativos en el Instituto Nacional de Meteorología. El modelo HIRLAM es un modelo atmosférico de tipo meso-escalar con una resolución espacial media de 15 Km. Los datos tienen una cadencia de 3 horas, pero representan valores medios horarios. Los datos de viento se encuentran reducidos a 10 m de altura. El modelo WAN es un modelo de generación de oleaje que trabaja con una resolución media de 30 Km en el Atlántico y 15 Km en el Mediterráneo. Los datos empleados cubren un período de 57 años: desde enero de 1958 hasta diciembre 2014 y proporcionan información en aguas profundas.

La posición del nodo utilizado (SIMAR 4056019) en la zona Norte del ámbito de estudio corresponde a las siguientes coordenadas geográficas: Lat 28.833 N, Long -13.833 E.

Con objeto de completar los datos del punto anterior se han analizado también los datos del punto SIMAR 4055018 cuyas coordenadas geográficas son Lat 28.750 N y Long -13.917 E. En la siguiente figura se muestra la posición de todos los nodos disponibles en la zona, indicándose los dos utilizados, ya que se encuentran precisamente en la zona de estudio, entre Lanzarote y Fuerteventura.



Figura 1. Fuentes de datos considerada.

2.1 CLIMA MEDIO DEL OLAJE EN AGUAS PROFUNDAS

2.1.1 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLAJE

La distribución sectorial del oleaje queda caracterizada mediante las rosas de oleaje, que discretizan los datos en clases de direcciones y alturas de ola. Cada sector se representa con un brazo en la rosa. Su longitud es proporcional a la probabilidad de presentación de cada sector, calculada como la frecuencia relativa muestral. De esta forma se puede apreciar visualmente cuáles son los sectores que predominan. La discretización en alturas de ola permite determinar cuáles son los sectores más energéticos.

A continuación se presentan y analizan las rosas de oleaje y las tablas de frecuencia de altura y dirección de los nodos SIMAR empleados.

SIMAR 4056019

Observando la figura de la rosa de oleaje se puede apreciar que la frecuencia de presentación de los diferentes sectores se concentra en el cuarto y el primer cuadrante (entre WNW y NE), siendo los oleajes más frecuentes los del NW (23%), NNW (20%), N (18%), NNE (14%), WNW (12,5%). En cambio, los sectores comprendidos entre el ENE y el W tienen frecuencias de presentación muy bajas (menores del 2% los del ENE, E y W, y menos del 0,1% el resto). En cuanto a la energía de los oleajes, los sectores que han registrado mayores temporales han sido: WNW, WNW y NNW.

Para determinar cuáles son los oleajes a propagar desde la posición del nodo SIMAR, en aguas profundas, hasta la costa se debe tener en cuenta la orientación de la costa. De esta forma, para las propagaciones hasta Lanzarote, se considerarán todos los oleajes comprendidos entre el E y WNW, que en este caso son los menos frecuentes y de menor intensidad. Para las propagaciones hasta Fuerteventura se considerarán los oleajes que van desde el W hasta el E, en ambos casos en sentido horario.

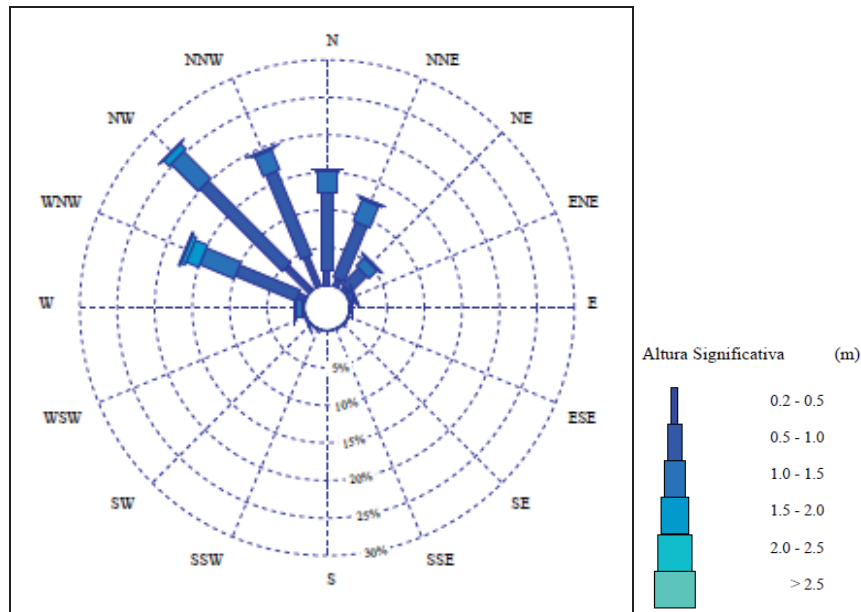


Figura 3. Rosa de olaje primavera. SIMAR 4056019.

Dirección	Hs, m										Total	
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5		>5
N	2,018	10,383	2,633	0,358	0,018	-	-	-	-	-	-	15,410
NNE	1,081	7,923	3,122	0,250	0,016	-	-	-	-	-	-	12,392
NE	0,602	3,083	1,565	0,213	0,032	-	-	-	-	-	-	5,495
ENE	0,118	0,692	0,184	0,039	-	-	-	-	-	-	-	1,034
E	0,047	0,226	0,116	0,024	-	-	-	-	-	-	-	0,413
ESE	0,024	0,039	0,008	0,003	-	-	-	-	-	-	-	0,074
SE	-	0,003	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005
SSE	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003
S	-	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008
SSW	0,003	0,011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,013
SW	-	0,016	0,011	0,008	-	-	-	-	-	-	-	0,034
WSW	0,003	0,055	0,055	0,042	0,011	0,013	0,005	-	-	-	-	0,184
W	0,047	0,421	0,639	0,250	0,058	0,011	0,011	0,016	-	-	-	1,452
WNW	1,213	8,723	4,966	1,799	0,539	0,168	0,047	0,029	0,003	-	-	17,488
NW	4,643	15,504	5,130	0,992	0,095	0,016	-	-	-	-	-	26,379
NNW	4,267	12,132	2,886	0,247	0,005	0,013	-	-	-	-	-	19,550
TOTAL	14,066	59,219	21,321	4,225	0,773	0,221	0,063	0,045	0,003	-	-	100

Tabla 2. Altura de ola significativa (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4056019. Primavera.

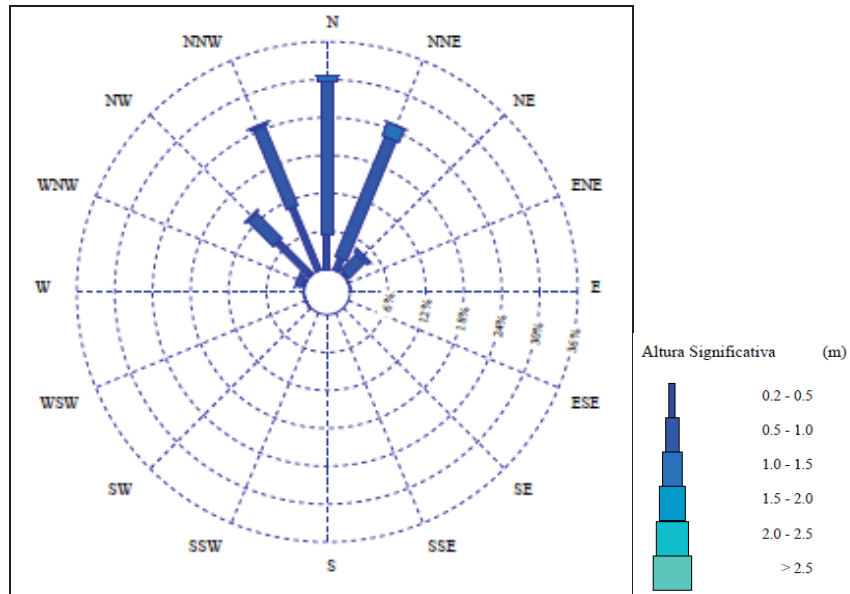


Figura 4. Rosa de olaje verano. SIMAR 4056019.

Dirección	Hs, m										Total	
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5		
N	5,496	24,138	0,898	0,013	-	-	-	-	-	-	-	30,546%
NNE	2,063	20,531	2,281	0,019	-	-	-	-	-	-	-	24,893%
NE	0,379	3,552	0,601	0,003	-	-	-	-	-	-	-	4,535%
ENE	0,005	0,016	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	0,040%
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WSW	-	0,021	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	0,024%
W	0,013	0,024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,037%
WNW	0,493	0,887	0,058	-	-	-	-	-	-	-	-	1,438%
NW	7,496	5,676	0,196	-	-	-	-	-	-	-	-	13,368%
NNW	10,828	13,644	0,392	0,037	-	-	-	-	-	-	-	24,901%
TOTAL	0,217%	26,774%	68,490%	4,447%	0,072%	-	-	-	-	-	-	

Tabla 3. Altura de ola significativa (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4056019. Verano

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2023. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su veracidad: http://www.colim.es/Verificacion. Cod. Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

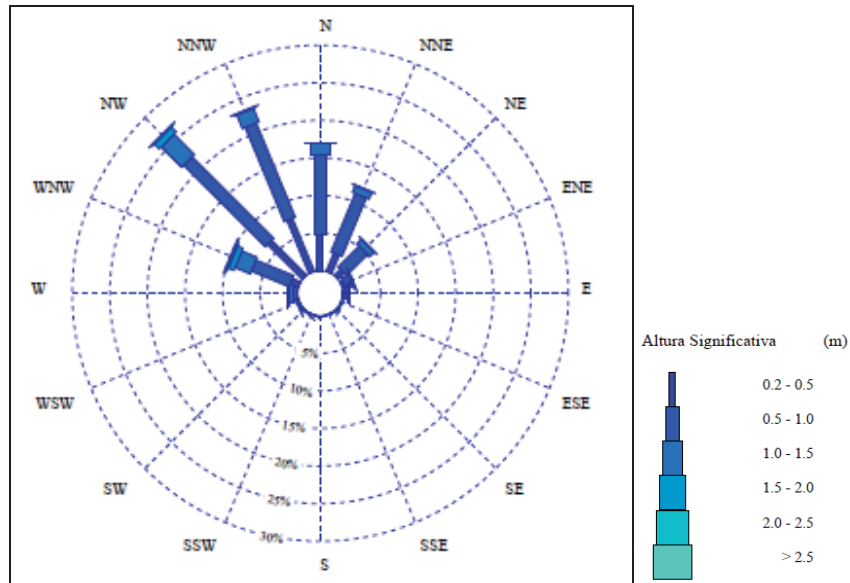


Figura 5. Rosa de olaje otoño. SIMAR 4056019.

Dirección	Hs, m											Total
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	>5	
N	4,670	10,865	1,346	0,114	0,003	-	-	-	-	-	-	16,999
NNE	2,645	8,393	0,993	0,072	-	-	-	-	-	-	-	12,103
NE	1,115	3,992	0,828	0,082	-	-	-	-	-	-	-	6,017
ENE	0,428	0,987	0,173	0,040	-	-	-	-	-	-	-	1,629
E	0,085	0,591	0,263	0,059	-	-	-	-	-	-	-	0,998
ESE	-	0,064	0,035	0,024	0,003	-	-	-	-	-	-	0,125
SE	-	0,003	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005
SSE	-	0,003	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	0,005
S	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003
SSW	-	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003
SW	0,003	0,021	0,021	0,013	0,011	-	-	-	-	-	-	0,069
WSW	0,027	0,104	0,130	0,059	0,029	-	-	-	-	-	-	0,349
W	0,035	0,684	0,378	0,149	0,085	-	-	-	-	-	-	1,331
WNW	1,176	5,413	2,201	0,774	0,242	0,093	0,008	0,005	0,016	0,008	-	9,936
NW	6,536	15,333	3,859	0,921	0,149	0,005	0,003	0,003	-	-	-	26,808
NNW	7,627	13,553	1,972	0,141	0,011	-	-	-	-	-	-	23,303
TOTAL	24,346	60,007	12,204	2,451	0,532	0,098	0,011	0,008	0,016	0,008	-	

Tabla 4. Altura de ola significativa (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4056019. Otoño

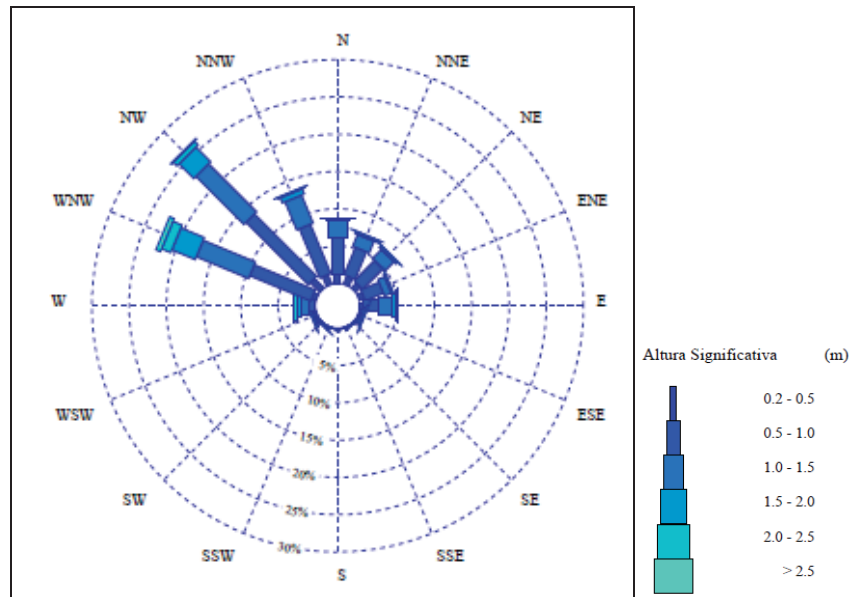


Figura 6. Rosa de oleaje invierno. SIMAR 4056019.

Dirección	Hs, m											Total
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	>5	
N	1,238	4,996	2,095	0,409	0,035	0,008	-	-	-	-	-	8,782
NNE	1,181	3,974	1,696	0,305	0,033	0,005	-	-	-	-	-	7,195
NE	0,944	3,851	1,699	0,338	0,046	0,011	-	-	-	-	-	6,889
ENE	0,690	2,640	0,963	0,210	0,049	0,011	0,005	-	-	-	-	4,568
E	0,398	2,174	1,732	0,581	0,095	0,005	0,014	0,005	-	-	-	5,005
ESE	0,016	0,265	0,368	0,145	0,044	0,005	-	-	-	-	-	0,843
SE	0,022	0,074	0,030	0,025	-	-	-	-	-	-	-	0,150
SSE	0,011	0,044	0,008	0,003	-	-	-	-	-	-	-	0,065
S	0,005	0,019	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	0,027
SSW	0,005	0,049	0,014	0,011	-	-	-	-	-	-	-	0,079
SW	0,005	0,104	0,082	0,057	0,025	0,008	-	-	-	-	-	0,281
WSW	0,025	0,172	0,232	0,243	0,109	0,022	-	-	-	-	-	0,802
W	0,117	0,736	0,946	0,690	0,338	0,063	0,005	0,011	0,003	-	-	2,910
WNW	0,616	8,834	7,598	3,396	1,325	0,406	0,172	0,052	0,005	0,011	0,003	22,419
NW	1,789	11,823	9,104	2,804	0,698	0,082	0,025	-	-	-	-	26,324
NNW	1,358	7,148	4,077	0,728	0,155	0,016	-	-	-	-	-	13,484
TOTAL												

Tabla 5. Altura de ola significante (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4056019. Invierno.

SIMAR 4055018

A continuación se presenta la rosa de oleaje en este nodo. La misma información en forma numérica se puede ver en la tabla siguiente.

Observando la figura de la rosa de oleaje se puede apreciar que los oleajes se centran casi exclusivamente en el cuarto cuadrante (entre el Oeste y el Norte) siendo el sector con una mayor frecuencia de presentación el N, con un 36% del total, un 35% para el NNW y el 27% para el NW, el WNW se queda en el 7% y el resto son prácticamente nulos. En cuanto a la energía de los oleajes, los sectores que han registrado mayores temporales son NNW y NW.

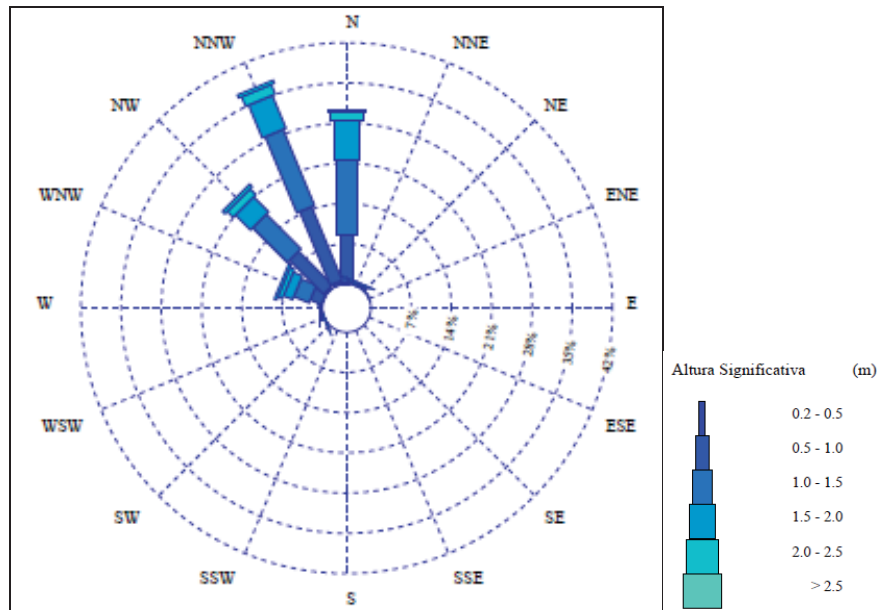


Figura 8. Rosa de oleaje primavera. SIMAR 4055018.

Dirección	Hs, m											Total
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	>5	
N	0,342	8,010	13,229	6,810	1,581	0,326	0,076	0,026	-	-	-	30,401
NNE	0,018	0,208	0,203	0,150	0,039	0,003	-	-	-	-	-	0,621
NE	0,042	0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,063
ENE	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WSW	-	0,013	0,021	0,029	-	0,003	0,003	-	-	-	-	0,068
W	-	0,079	0,153	0,076	0,068	0,018	0,003	0,013	-	-	-	0,410
WNW	0,134	2,057	2,875	1,723	0,794	0,266	0,124	0,032	0,037	0,016	-	8,057
NW	0,368	8,362	8,518	3,709	1,386	0,402	0,132	0,079	0,016	-	-	22,973
NNW	0,589	13,852	14,331	6,187	1,833	0,450	0,053	0,034	0,021	-	-	37,351
TOTAL												

Tabla 7. Altura de ola significativa (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4055018. Primavera.

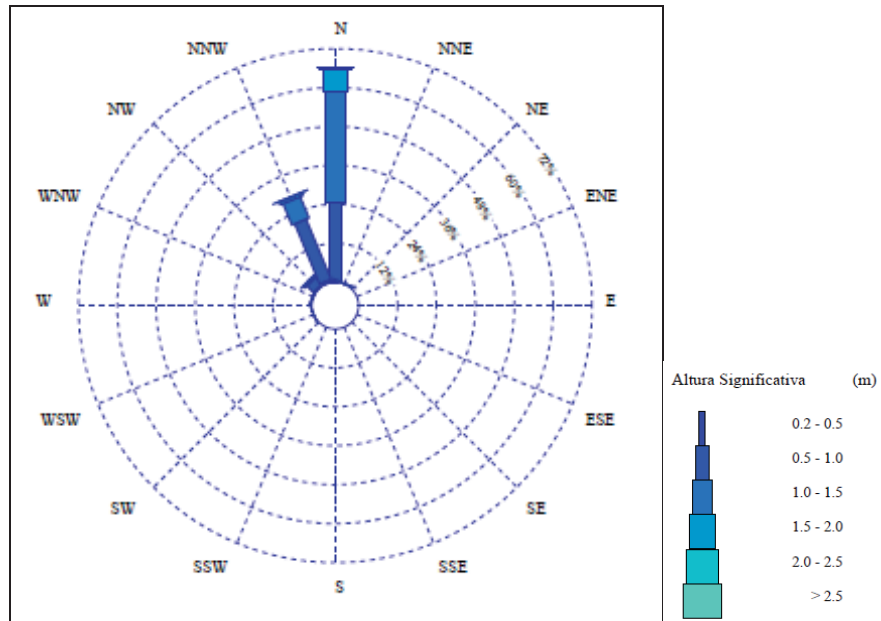


Figura 9. Rosa de olaje verano. SIMAR 4055018.

Dirección	Hs, m											Total
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	>5	
N	0,400	24,297	34,079	6,988	0,540	0,005	-	-	-	-	-	66,310
NNE	-	0,053	0,143	0,016	-	-	-	-	-	-	-	0,212
NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WSW	-	0,008	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	0,013
W	-	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,019
WNW	0,079	0,193	0,066	-	-	-	-	-	-	-	-	0,339
NW	0,408	2,892	0,728	0,050	-	-	-	-	-	-	-	4,079
NNW	0,866	20,012	7,086	0,909	0,140	0,016	-	-	-	-	-	29,028
TOTAL	1,754	47,474	42,108	7,962	0,681	0,021	-	-	-	-	-	

Tabla 8. Altura de ola significante (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4055018. Verano.

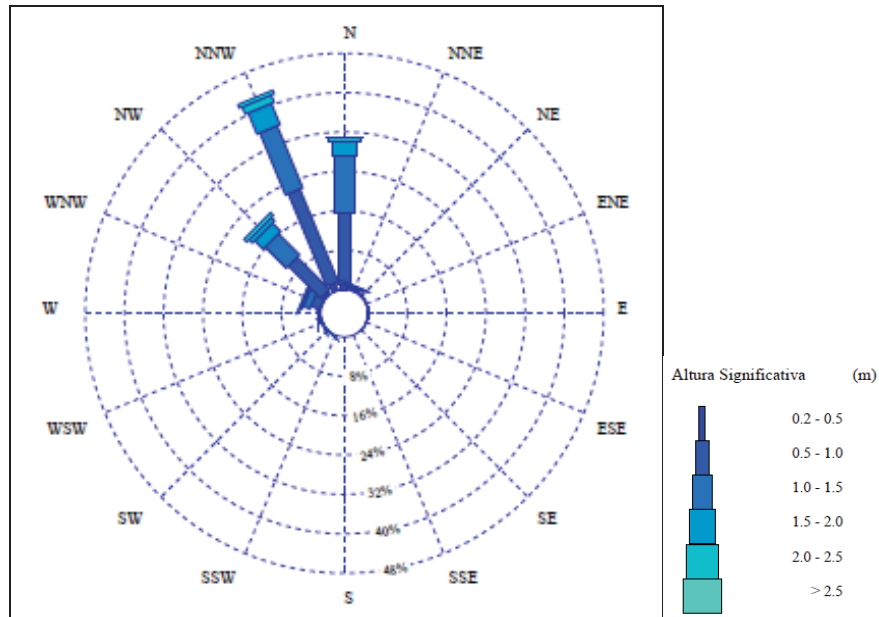


Figura 10. Rosa de olaje otoño. SIMAR 4055018.

Dirección	Hs, m											Total
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	>5	
N	1,168	14,487	11,299	2,954	0,766	0,184	0,035	0,008	0,008	0,011	-	30,919
NNE	0,114	0,506	0,274	0,168	0,027	-	-	-	-	-	-	1,088
NE	0,016	0,067	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,082
ENE	0,013	0,024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,037
E	0,005	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,024
ESE	0,005	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,011
SE	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	0,003	0,016	0,008	0,008	-	-	-	-	-	-	0,035
WSW	-	0,013	0,059	0,019	0,003	-	-	-	-	-	-	0,093
W	0,005	0,239	0,250	0,106	0,088	0,008	-	-	-	-	-	0,697
WNW	0,149	1,887	1,434	0,452	0,138	0,043	0,011	-	0,003	0,003	-	4,119
NW	0,809	9,191	6,112	2,435	0,939	0,476	0,184	0,077	0,011	-	0,032	20,267
NNW	1,647	20,317	13,641	4,649	1,610	0,556	0,176	0,021	0,003	0,003	-	42,622
TOTAL	3,936	46,757	33,085	10,791	3,579	1,267	0,404	0,106	0,024	0,016	0,032	

Tabla 9. Altura de ola significativa (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4055018. Otoño.

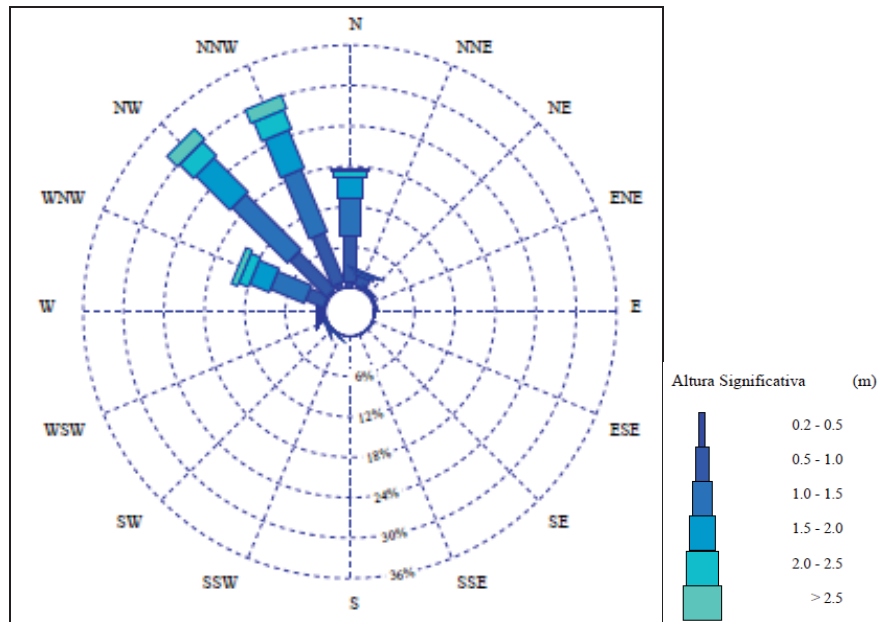


Figura 11. Rosa de olaje invierno. SIMAR 4055018.

Dirección	Hs, m											Total
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	>5	
N	0,892	6,671	5,635	3,052	1,012	0,349	0,093	0,019	0,005	-	-	17,720
NNE	0,365	1,467	0,524	0,145	0,071	0,025	-	-	-	-	-	2,599
NE	0,180	0,423	0,027	-	-	-	-	-	-	-	-	0,630
ENE	0,095	0,240	0,025	-	-	-	-	-	-	-	-	0,360
E	0,014	0,139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,153
ESE	-	0,049	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,049
SE	0,003	0,030	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	0,038
SSE	0,005	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,014
S	-	0,027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,027
SSW	0,003	0,016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,019
SW	0,016	0,071	0,046	0,016	-	0,003	-	-	-	-	-	0,159
WSW	0,019	0,106	0,087	0,117	0,085	0,019	-	-	-	-	-	0,434
W	0,074	0,267	0,387	0,442	0,202	0,065	0,005	0,003	0,003	-	-	1,448
WNW	0,278	2,861	5,427	3,169	1,549	0,616	0,202	0,090	0,041	0,014	0,011	14,258
NW	0,415	7,650	11,632	7,148	2,913	1,255	0,535	0,194	0,115	0,052	0,014	31,921
NNW	0,875	7,814	10,023	6,096	3,090	1,211	0,499	0,267	0,098	0,041	0,019	30,033
TOTAL	3,235	27,841	33,819	20,185	8,921	3,543	1,334	0,573	0,262	0,106	0,044	

Tabla 10. Altura de ola significante (Hs, m) – Dirección. SIMAR 4055018. Invierno.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firma: [Firma]. No Colegiado: 11456. Colegiado: [Colegiado]. http://www.colim.es/Verificacion. Cod Ver: 84174977.

2.1.2 RÉGIMEN MEDIO EN AGUAS PROFUNDAS

El estudio del régimen medio permite caracterizar la probabilidad de no superación de diferentes niveles de altura de ola en condiciones medias. Para ello se ajusta el registro de alturas de ola a una función de distribución acumulada. La función que se utiliza habitualmente para caracterizar el régimen medio del oleaje es la distribución Weibull de mínimos. Su función de distribución acumulada es:

$$P[H_s \leq h] = 1 - \exp \left[- \left(\frac{h - A}{B} \right)^C \right],$$

Donde A es el parámetro de posición, B es el parámetro de escala y C es el parámetro de forma. El informe de los datos adquirido a Puertos del Estado aporta el régimen medio ajustado a la distribución Weibull, aunque en la nomenclatura empleada por Puertos del Estado A es el parámetro de escala y B el de posición, por lo que en los resultados que se muestran a continuación, lo que aparece como A corresponde a la B de la fórmula mostrada anteriormente, y la B corresponde a la A.

Régimen medio escalar

SIMAR 4056019

Se muestra a continuación el ajuste de todos los datos muestrales a la función Weibull de mínimos (siguiente figura). El valor estimado de los parámetros de la distribución ha sido: A= 0.41, B= 0.35 y C= 1.02.

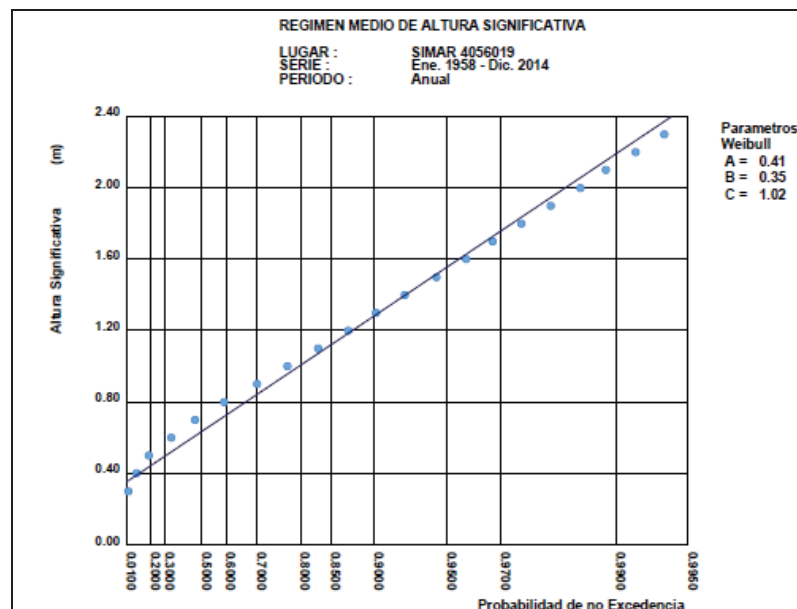


Figura 12. Régimen medio escalar. Ajuste de los datos del nodo SIMAR 4056019 a una distribución de Weibull de mínimos.

SIMAR 4055018

Se muestra a continuación el ajuste de todos los datos muestrales a la función Weibull de mínimos (siguiente figura). El valor estimado de los parámetros de la distribución ha sido: A= 0.62, B= 0.48 y C= 1.08.

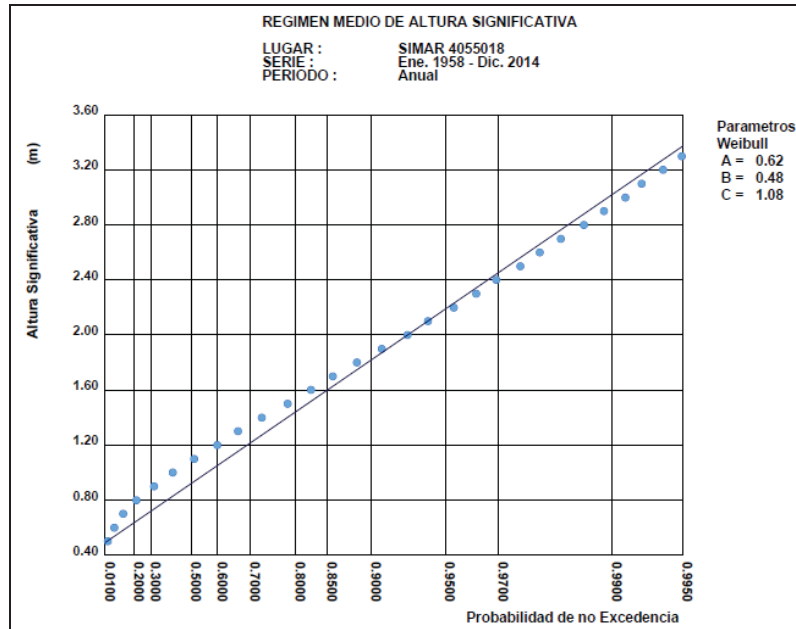


Figura 13. Régimen medio escalar. Ajuste de los datos del nodo SIMAR 4055018 a una distribución de Weibull de mínimos.

Regímenes medios direccionales

El régimen medio direccional proporciona la probabilidad de no excedencia de diferentes valores de altura de ola en condiciones medias condicionada a que el oleaje provenga de un sector dado.

A continuación se muestran los valores de los parámetros del régimen medio direccional de las direcciones más frecuentes en cada punto SIMAR.

Sector	A	B	C
N	0,42	0,29	1,40
NNE	0,44	0,32	1,46
NE	0,58	0,28	1,59
ENE	0,54	0,29	1,35
E	0,60	0,39	1,30
W	1,02	0,33	1,62
WNW	0,75	0,35	1,25
NW	0,65	0,22	1,47
NNW	0,38	0,29	1,20

Tabla 11. Regímenes medios direccionales del nodo SIMAR 4056019.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.colim.es/Verificacion. Cod. Ver.: 84174977.

Sector	A	B	C
N	0,53	0,54	1,17
WNW	0,99	0,43	1,36
NW	0,68	0,54	1,07
NNW	0,72	0,43	1,19

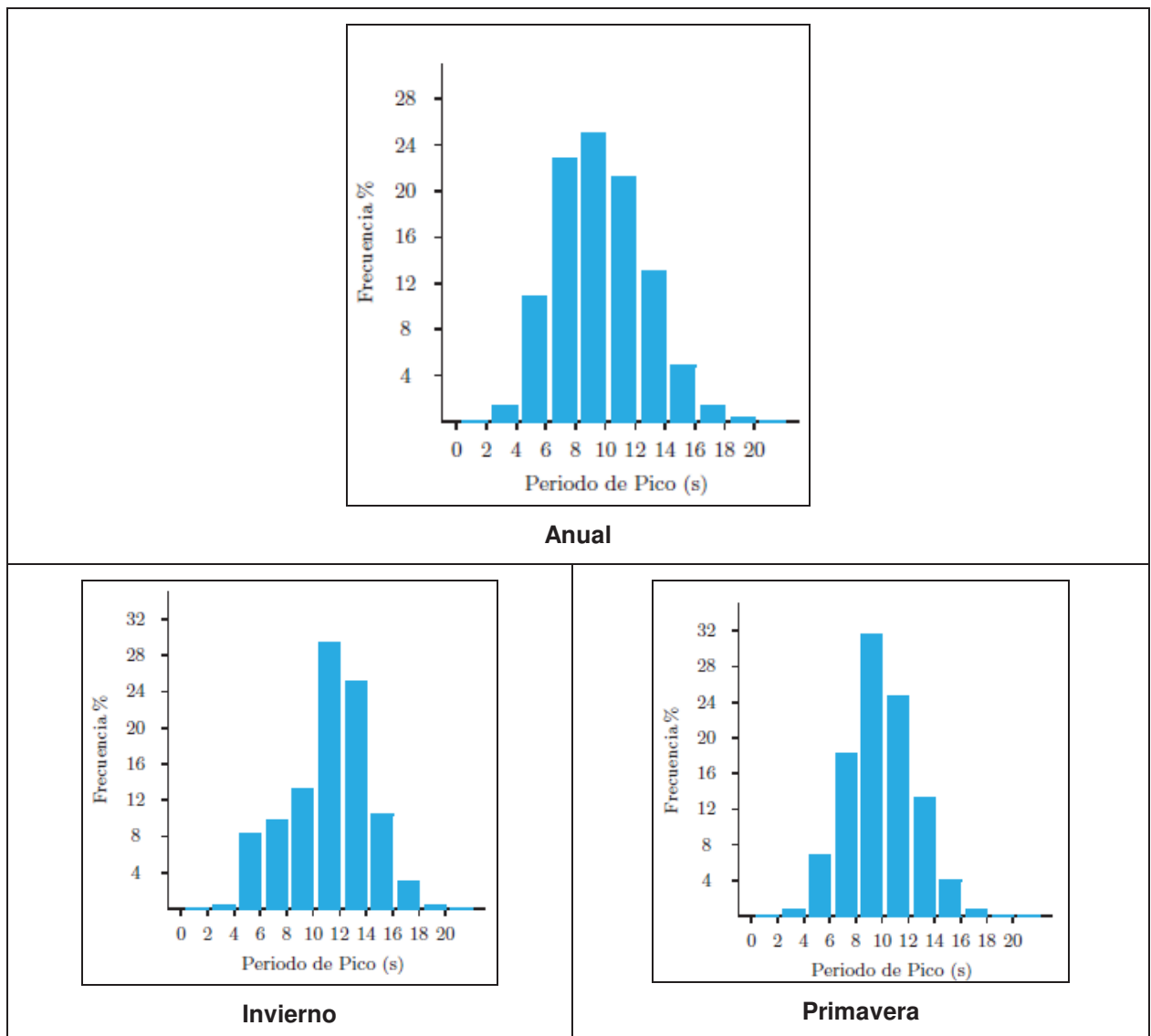
Tabla 12. Regímenes medios direccionales del nodo SIMAR 4055018.

2.1.3 DISTRIBUCIÓN DE Tp

En este apartado se analiza la relación existente entre la altura de ola significativa, Hs, y el período de pico del oleaje, Tp. Esta relación puede servir para definir el conjunto de oleajes tipo que caracterizan el clima de la zona.

Se muestran a continuación los histogramas de la variable período de pico de los dos puntos SIMAR. En los histogramas se puede apreciar cuáles son los períodos más frecuentes, cuál es el período de pico medio de todos los oleajes registrados y apreciar visualmente el grado de dispersión que hay en esta variable.

SIMAR 4056019



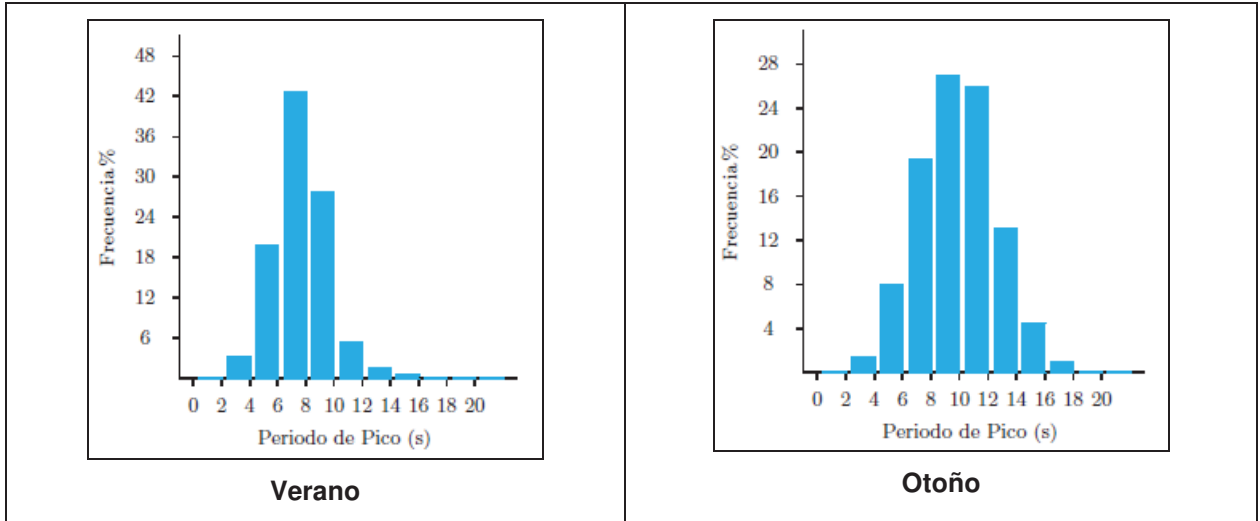
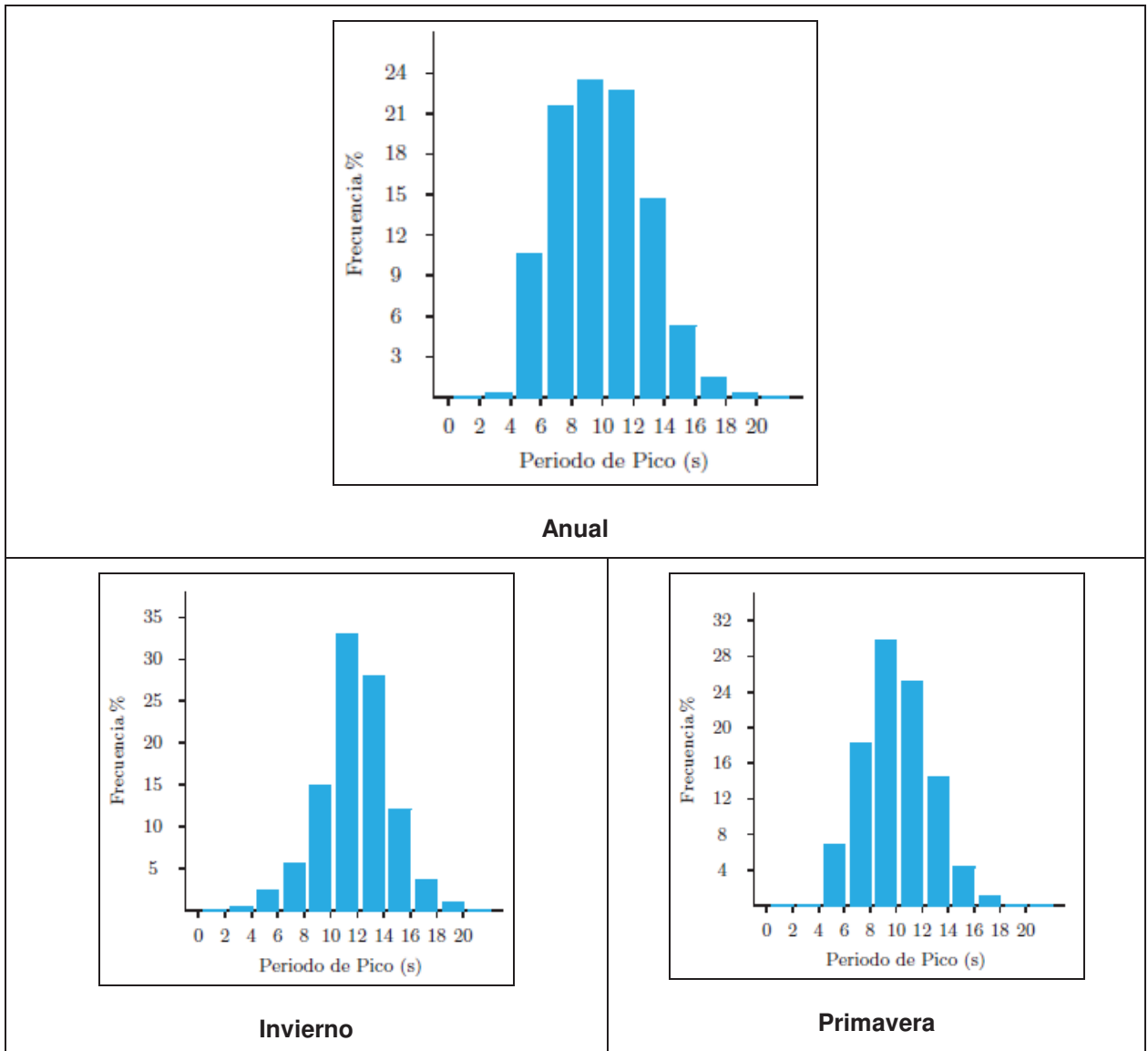


Figura 14. Histograma con la frecuencia relativa de la variable Tp (anual y por estaciones del año). SIMAR 4056019.

SIMAR 4055018



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 2019000295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.colim.es/Verificacion. Cod. Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

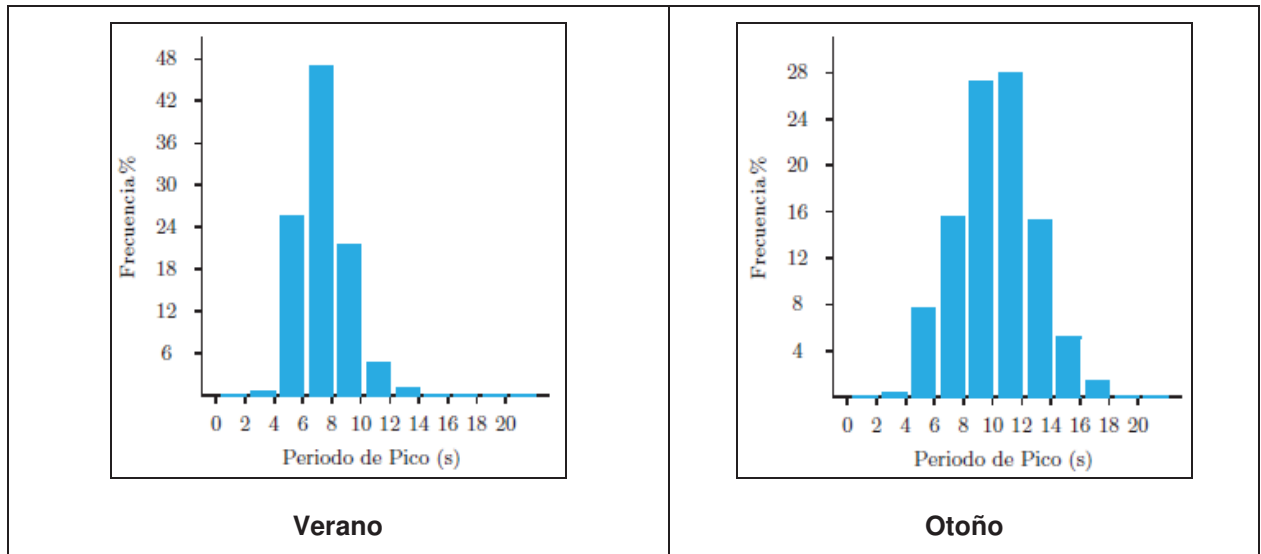


Figura 15. Histograma con la frecuencia relativa de la variable Tp (anual y por estaciones del año). SIMAR 4055018.

2.2 CLIMA EXTREMAL DEL OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS

La caracterización de los valores extremos es muy importante en la ingeniería porque está relacionada con la definición de las acciones externas que tienen que resistir las estructuras que se diseñan.

El problema para poder caracterizar estas acciones es que los sucesos peligrosos suceden con muy poca frecuencia. Por lo tanto, se debe utilizar una teoría que permita estimar el comportamiento de los niveles altos a partir de los bajos. Esto se consigue con la teoría de valores extremos. Según el teorema de Fisher-Tippett, si la distribución que se quiere caracterizar tiene la cola superior regular y el número de datos es suficientemente grande, la distribución del máximo de éstas se aproxima a uno de los siguientes modelos: Fréchet, Gumbel o Weibull. En el presente trabajo se ha empleado la función de Valores Extremos Generalizados (GEV, siglas en inglés), que en función de los valores de los parámetros, se ajusta a una u otra de las tres indicadas.

2.2.1 RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR

Para caracterizar el régimen extremal, se ha utilizado la distribución de GEV. El método para seleccionar los datos a analizar ha sido el de excesos sobre un umbral (POT según sus siglas en inglés). Cuanto más alto sea el umbral, más probable es que los datos analizados se distribuyan según una distribución de máximos, pero menos datos quedan para estimar los parámetros. Se ha definido un umbral, de forma que el número de datos a analizar sea coherente con el tiempo de registro y suficientemente grande como para hacer la estimación.

El régimen extremal define las características del oleaje en el emplazamiento donde se encuentra cada fuente de datos, que en el caso de los datos SIMAR es aguas profundas.

SIMAR 4056019

En la siguiente figura se muestra el régimen extremal escalar de los datos SIMAR 4056019. El ajuste de la función GEV se ha realizado sobre la muestra resultante de seleccionar los valores máximos de altura de ola significativa de las borrascas (de cinco días de duración) que superaran el umbral de 3 m. El número de temporales es de 29.

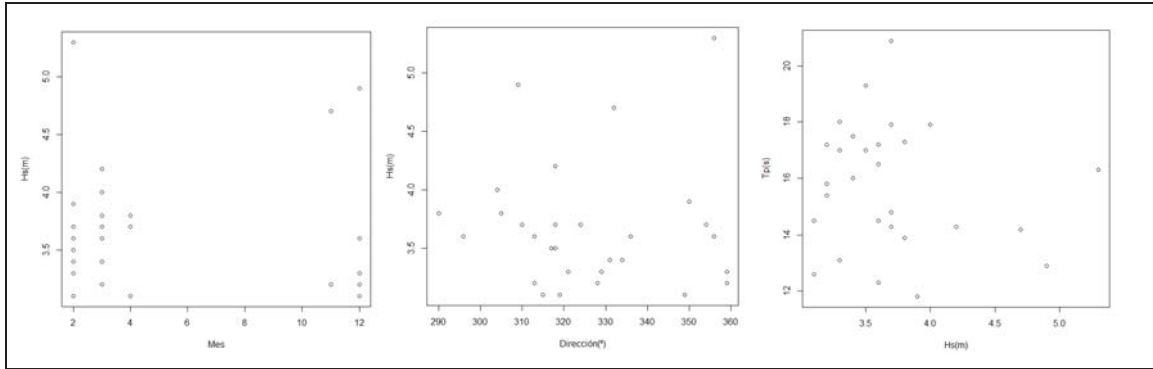


Figura 16. Distribución de la dirección de los temporales del nodo SIMAR con $H_s > 3$ m.

En las gráficas anteriores se muestra la relación entre la altura de ola (H_s) y el mes del año, la dirección de procedencia y el periodo de pico. Como se aprecia, los temporales se concentran en invierno (de diciembre a febrero) y provienen del cuarto cuadrante (de W a N en sentido horario). En cuanto al periodo de pico, la mayoría de los temporales presentan periodos cercanos a 17 s. Los temporales de mayor altura tienen periodos inferiores a 16 s.

A continuación se muestra la gráfica de altura de ola frente a periodo de retorno, la línea continua indica la estima central y las discontinuas la banda de confianza del 90%.

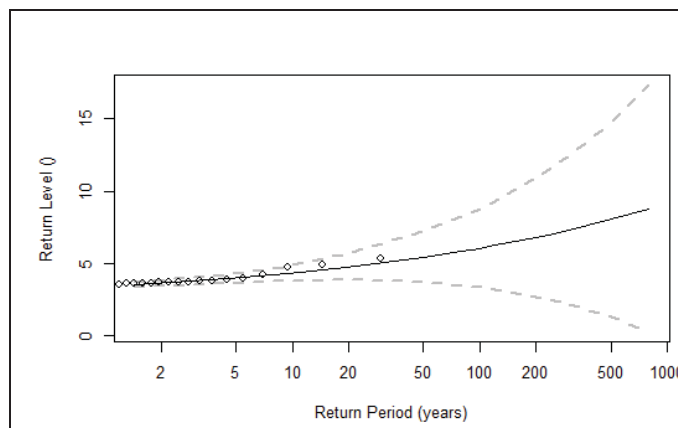


Figura 17. Distribución de la dirección de los temporales del nodo SIMAR con $H_s > 3$ m.

A partir de la gráfica de periodo de retorno mostrada sobre este párrafo, se ha determinado la altura de ola significativa de diseño, asociada al régimen extremal escalar (no se ha realizado el régimen direccional por no disponer de suficientes datos para realizar el régimen direccional, y porque los sectores analizados son sólo 2).

De esta manera se está en todo caso del lado de la seguridad, ya que se opta por el valor escalar, que es mayor que el que correspondería al direccional. Atendiendo a los criterios de la ROM, para este tipo de obra, con 25 años de vida útil y un riesgo admisible de 0,3, el periodo de retorno de cálculo es de 71 años.

La estima central de altura de ola asociada a este periodo de retorno es de 5,1 m. El periodo asociado es de 17 s, tal y como se deduce de la gráfica de H_s frente a T_p .

SIMAR 4055018

Para el caso de Fuerteventura, el Umbral seleccionado ha sido 3,5, y el número de temporales de 75. En la siguiente figura se muestra el régimen extremal escalar de los datos SIMAR 4055018. Se ha realizado ajustando una distribución GEV. A continuación se muestra la Hs frente al mes, dirección y Tp.

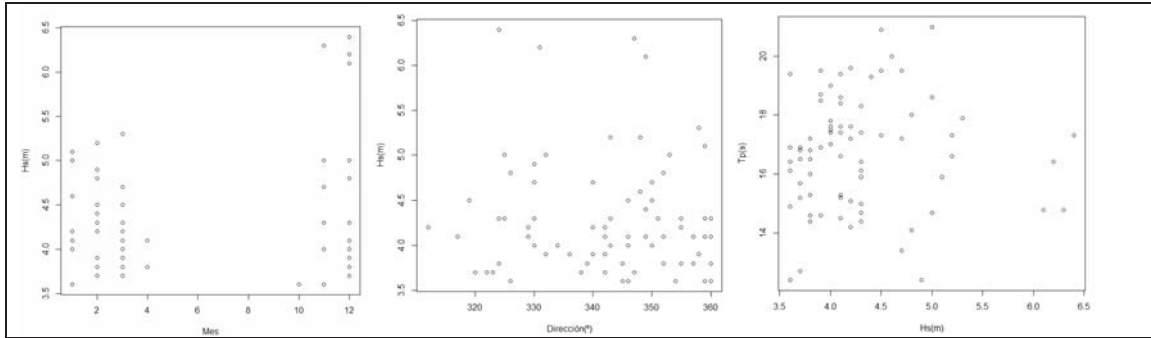


Figura 18. Distribución de la dirección de los temporales del nodo SIMAR con $H_s > 3,5$ m.

La distribución estacional y direccional es muy parecida a la de Lanzarote, concentrándose en invierno en el cuarto cuadrante. El periodo de pico más frecuente está entre 17 y 19 s.

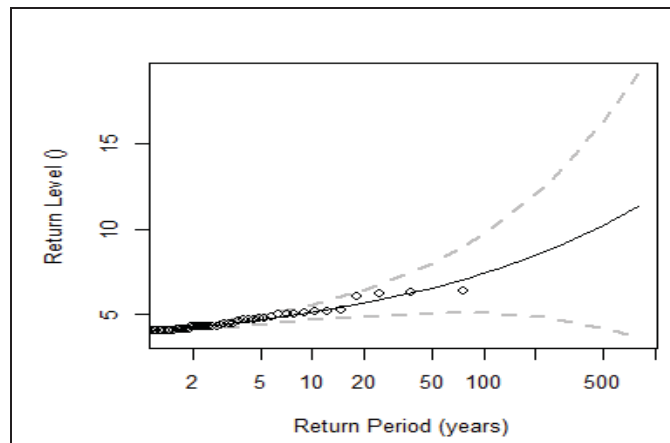


Figura 19. Distribución de la dirección de los temporales del nodo WANA con $H_s > 3,5$ m.

La altura de olea asociada al periodo de retorno de 71 años es de 6,5 m.

2.3 PROPAGACIÓN DEL OLEAJE

Tras la caracterización del oleaje en aguas profundas se procede en este apartado a propagar el oleaje desde aguas profundas hasta las zonas costeras de Lanzarote y Fuerteventura. La propagación del oleaje hasta la costa permitirá conocer la forma en que el oleaje se transforma en su recorrido hasta la costa, permitiendo reconstruir el régimen de oleaje en la zona de interés.

Además de la reconstrucción del registro de oleaje en la zona de interés, el modelo de propagación de oleaje permite simular las corrientes de rotura generadas por el oleaje en la costa, y el consiguiente transporte de sedimentos. Finalmente, la propagación del oleaje, junto con las condiciones de viento y marea permitirán simular la dispersión de los finos puestos en suspensión en las operaciones de enterramiento del cable.

2.3.1 ZONA COSTERA DE LANZAROTE

Casos simulados en Lanzarote

Se ha definido un conjunto de oleajes tipo que se han propagado mediante modelo numérico. En la siguiente tabla se muestran los casos de oleaje propagados después de analizar el régimen climático en aguas profundas.

Caso	Sector	Hs (m)	Tp (s)	Nivel del mar (m)
1 y 2	WNW	1	9	2 y 0
3 y 4	WNW	2	14	2 y 0
5 y 6	W	1	9	2 y 0
7 y 8	W	2	14	2 y 0
9 y 10	E	1	9	2 y 0
11 y 12	E	2	14	2 y 0

Tabla 13. Características de los oleajes a propagar desde aguas profundas.

Los coeficientes de propagación calculados a partir de estas simulaciones se han utilizado para propagar el registro de oleaje desde aguas profundas hasta cerca de la costa (pero fuera de la zona de rotura), lo que permite disponer del registro de oleaje en aguas costeras.

Las propagaciones de oleaje se han realizado empleando el modelo OLUCA-SP, que pertenece al Sistema de Modelado Costero desarrollado por la Universidad de Cantabria.

Éste es un modelo parabólico de propagación espectral del oleaje, que considera los fenómenos de asomeramiento, difracción, refracción, disipación de energía por rotura del oleaje y fricción por fondo y reflexión lateral.

El dominio de cálculo en el que se han realizado las propagaciones se muestra en las siguientes figuras, donde en primer lugar se pueden observar las mallas definidas para la ejecución de los oleajes provenientes del WNW y W y posteriormente las mallas empleadas para la propagación de los oleajes del E. Los datos de batimetría se han extraído de la carta náutica número 503 del Instituto Hidrográfico de la Marina y de la batimetría de detalle de la zona.

En estas figuras se ha incluido la traza del cable submarino para poder identificar más fácilmente las características del oleaje en esta zona. En el anejo de figuras de propagación se pueden ver los resultados de todos los casos simulados.

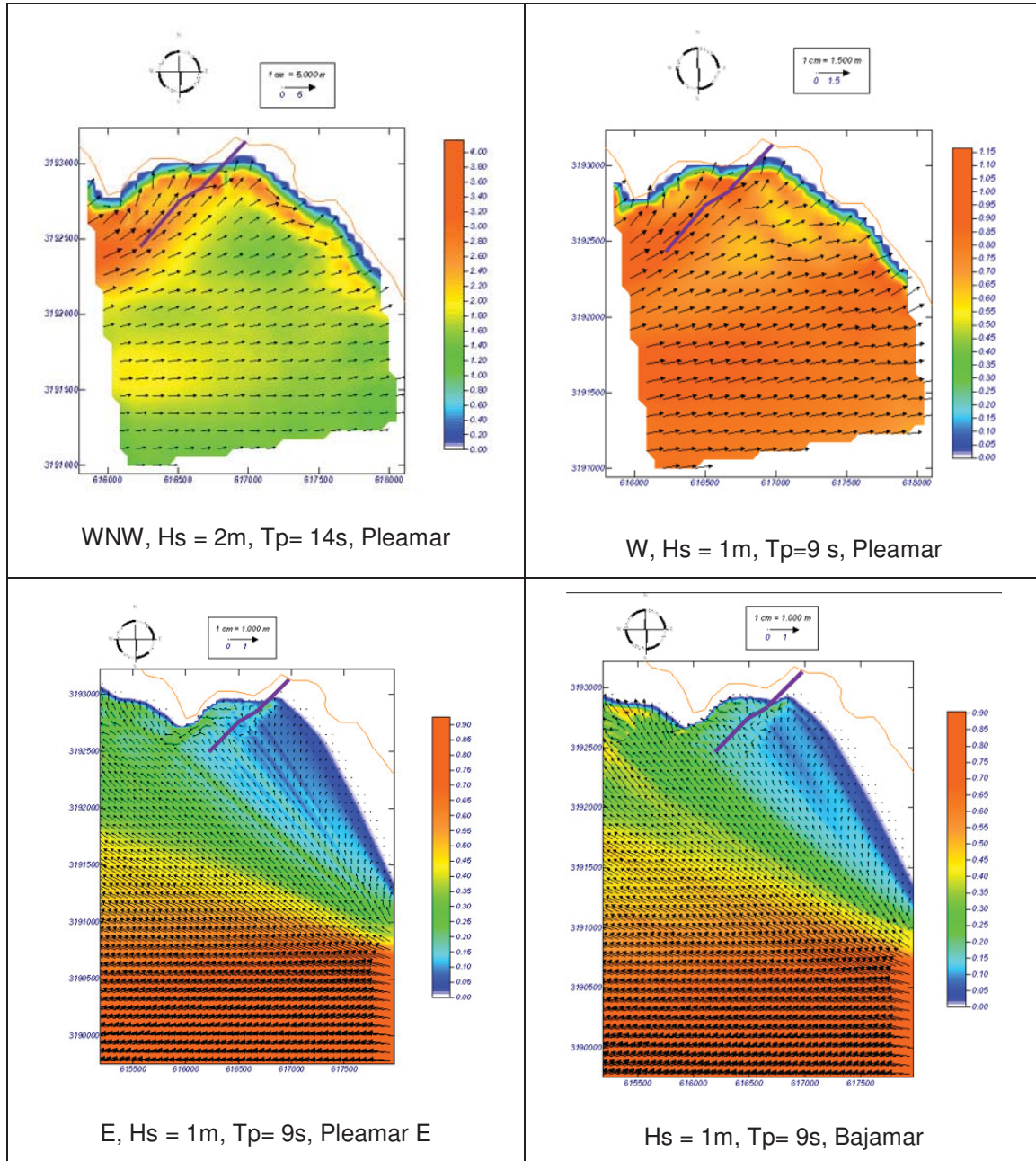


Figura 22. Distribución de altura de ola propagada en condiciones medias para distintas direcciones.

En las figuras se observa cómo para los casos del WNW y W, cerca del cabo presente al W de la zona de estudio se concentra el oleaje por efecto de la refracción del fondo. Para los casos del E, el patrón es idéntico en condiciones de pleamar y bajamar, dominando el fenómeno de difracción, que provoca una disminución de la altura de ola, haciendo que en la zona de interés la situación sea prácticamente de calma.

Mediante los resultados de la propagación del oleaje en condiciones medias se trasladan los datos del nodo SIMAR hasta la zona de interés frente a Las Coloradas (Lanzarote). Se han calculado los coeficientes de propagación y la dirección del oleaje en la zona que se indica a continuación (entre los 10 y los 20 m de profundidad). Utilizando estos coeficientes adimensionales, se ha propagado todo el registro del nodo SIMAR. En las siguientes tablas, se resumen los coeficientes de propagación y direcciones en la zona de interés, las direcciones se muestran como su valor en grados, siendo N=0 y E=90.



Figura 23. Zona en la que se han calculado los coeficientes de propagación.

Sector	Tp = 9s		Tp = 14s	
	K _{rs}	Dir	K _{rs}	Dir
E	0,12	181	0,21	183
W	0,95	236	1,02	225
WNW	0,82	252	1,08	232

Tabla 14. Coeficientes de propagación desde aguas profundas y dirección del oleaje en la zona de interés

En las tablas se observa cómo los oleajes del W y WNW llegan con coeficientes grandes (cerca de 1) mientras que los oleajes del E tienen unos coeficientes muy bajos (por efecto de la difracción). En todo caso los oleajes adoptan, por efecto de la refracción, una dirección perpendicular a las batimetrías, este efecto es más intenso cuanto mayor es el periodo de pico.

2.3.2 ZONA COSTERA DE FUERTEVENTURA

Casos simulados en Fuerteventura

Se ha definido un conjunto de oleajes tipo que se han propagado mediante modelo numérico. En la siguiente tabla se muestran las direcciones y los períodos de pico de los oleajes propagados, tras analizar el régimen climático en aguas profundas.

Caso	Sector	Hs (m)	Tp (s)	Nivel del mar (m)
1 y 2	WNW	1	10	2 y 0
3 y 4	WNW	2	14	2 y 0
5 y 6	WNW	3	16	2 y 0
7 y 8	NW	1	9	2 y 0
9 y 10	NW	2	14	2 y 0
11 y 12	NW	3	16	2 y 0
13 y 14	NNW	1	9	2 y 0
15 y 16	NNW	2	14	2 y 0
17 y 18	NNW	3	16	2 y 0
19 y 20	N	1	9	2 y 0
21 y 22	N	2	14	2 y 0
23 y 24	N	3	16	2 y 0
25 y 26	NNE	1	9	2 y 0
27 y 28	NNE	2	14	2 y 0
29 y 30	NNE	3	16	2 y 0

Tabla 15. Características de los oleajes a propagar desde aguas profundas.

En las siguientes figuras se muestran las mallas empleadas para la simulación de los casos seleccionados. Como se aprecia, se han creado tres mallas para los casos del WNW, NW y NNW, y otras tres para los casos del N y NNE. Los datos de batimetría se han extraído de la carta náutica número 503 del Instituto Hidrográfico de la Marina y de la batimetría de detalle de la zona.

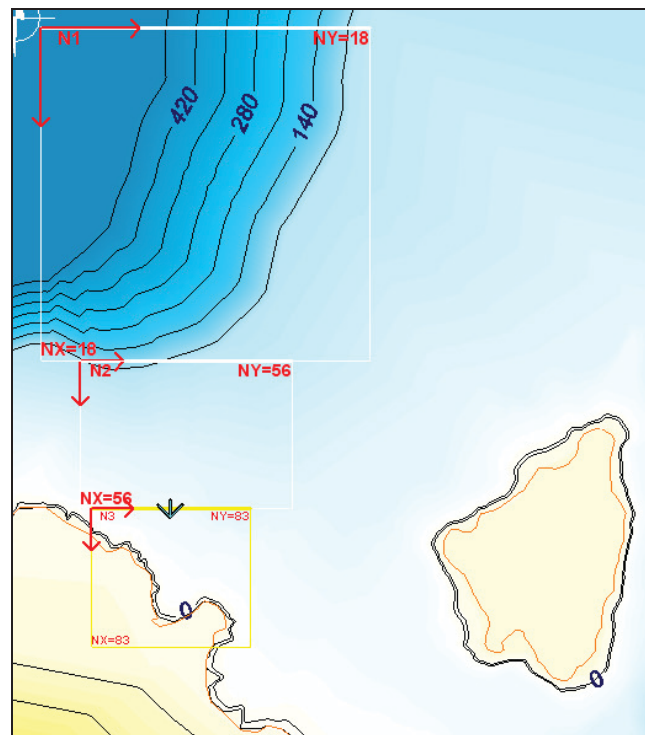


Figura 24. Mallas empleadas para los casos del N y NNE

Al igual que en el caso de Lanzarote, las mallas exteriores tienen 250 m de lado, las de aproximación 50 y las de detalle 25, también se han discretizado el espectro frecuencial (espectro TMA) y el direccional en 10 componentes.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

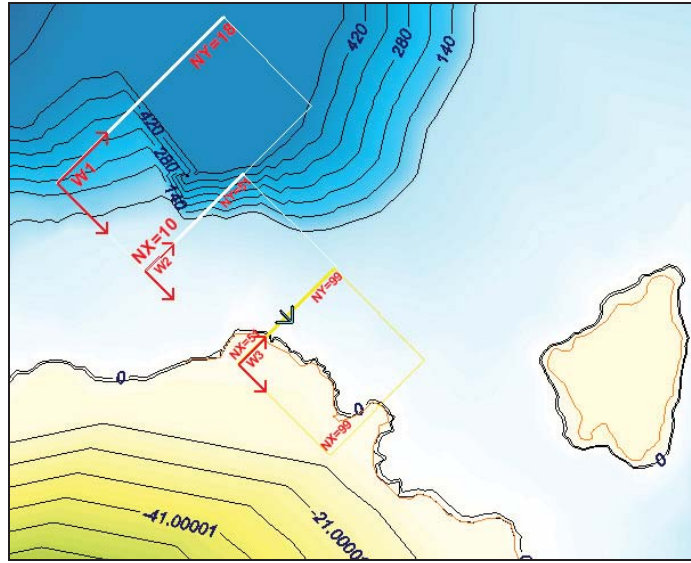
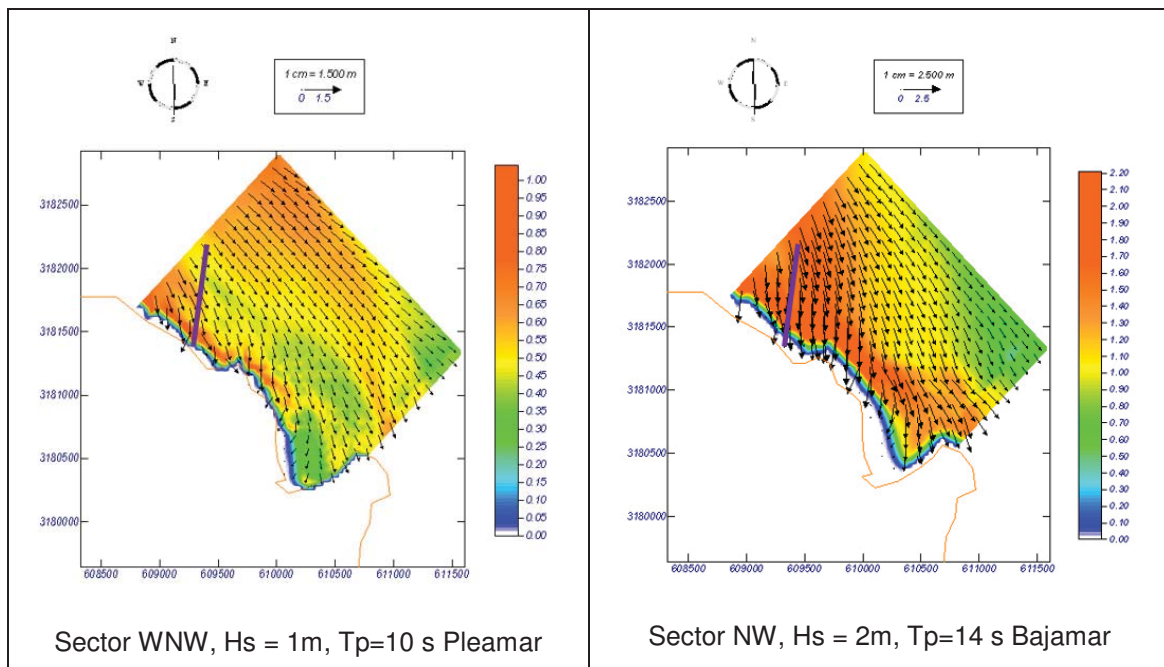


Figura 25. Mallas empleadas para los casos del WNW, NW y NNW.

Análisis de resultados en Fuerteventura

A continuación se muestran varias figuras con las simulaciones realizadas para propagar los casos seleccionados desde aguas profundas hasta la costa. En el Anejo de figuras de propagación se presentan los resultados de todos los casos simulados.



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

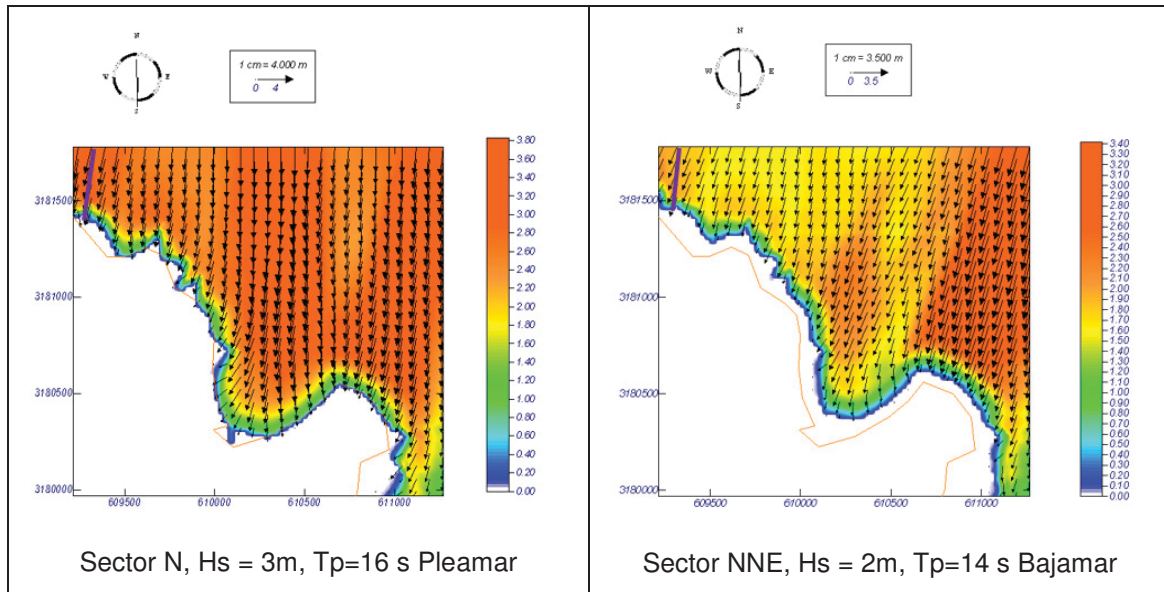


Figura 26. Distribución de la altura de ola propagada en condiciones medias y dirección de incidencia.

La propagación del oleaje en condiciones medias se ha realizado para trasladar los datos del nodo SIMAR hasta la zona de estudio en Fuerteventura. Concretamente, se han calculado los coeficientes de propagación medios y la dirección media del oleaje a unos 15 m de profundidad, en la traza del cable submarino. Utilizando estos coeficientes adimensionales, se ha propagado todo el registro del nodo SIMAR hasta la zona de interés. En la siguientes tabla, se resumen los coeficientes de propagación y direcciones en la zona de interés para todos los casos simulados.

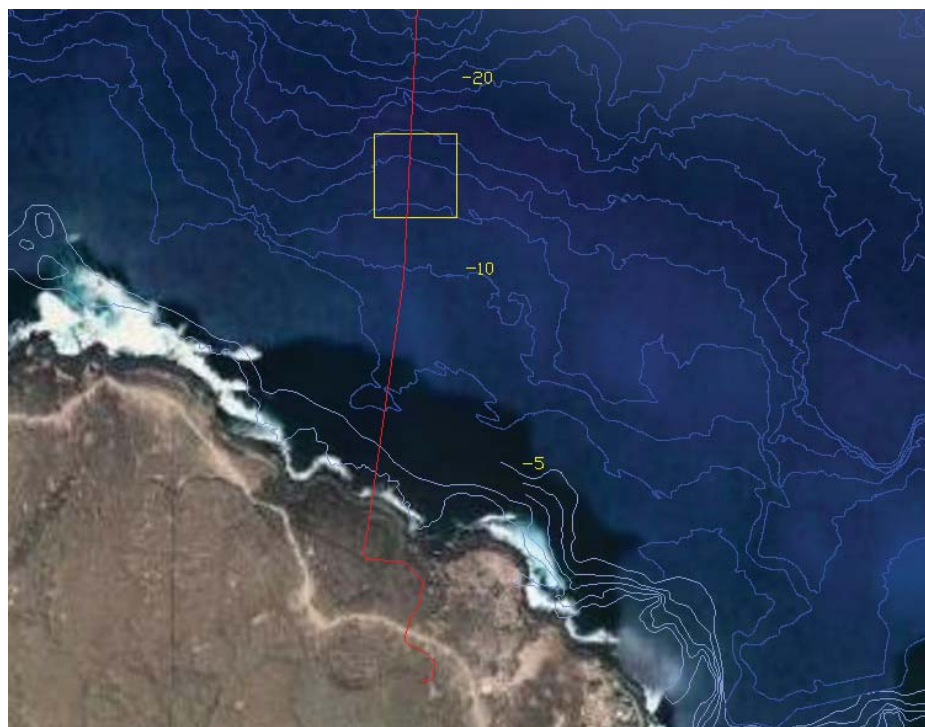


Figura 27. Zona en la que se han calculado los coeficientes de propagación.

Sector	Tp = 9s		Tp = 14s		Tp = 16s	
	K _{rs}	Dir	K _{rs}	Dir	K _{rs}	Dir
WNW	0,48	327	0,46	337	0,54	354
NW	0,59	347	0,63	358	0,72	0
NNW	0,81	0	0,82	1	0,82	1
N	0,92	3	0,97	7	0,96	7
NNE	1,01	15	0,96	13	0,95	12

Tabla 16. Coeficientes adimensionales de propagación desde aguas profundas hasta un calado de 15 m.

En la tabla se observa que los oleajes del N y NNE alcanzan la zona con coeficiente mayores, algo lógico teniendo en cuenta que la oblicuidad del oleaje en aguas profundas es menor que para los otros sectores.

2.4 CLIMA MEDIO DEL OLAJE EN LA COSTA

A partir de los coeficientes adimensionales de propagación determinados en el apartado anterior, se han trasladado todos los datos del nodo SIMAR hasta la zona de interés. A continuación se analiza la distribución sectorial del oleaje cerca de la costa.

2.4.1 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLAJE

Lanzarote

En la siguiente figura, se puede ver la rosa del oleaje propagado hasta un calado de 15 m. Todos los datos que no se han propagado se consideran calmas. Todos los oleajes procedentes de mar de fondo, propagados hasta este calado adoptan direcciones de incidencia entre el S y WSW por el efecto de la refracción y la difracción, que transforman los oleajes de W y WNW en WSW y los del E en S, respectivamente. Cabe destacar que en esta zona las calmas representan el 84% del tiempo, siendo la dirección predominante la del WSW, que ocupa algo más del 12% del tiempo.

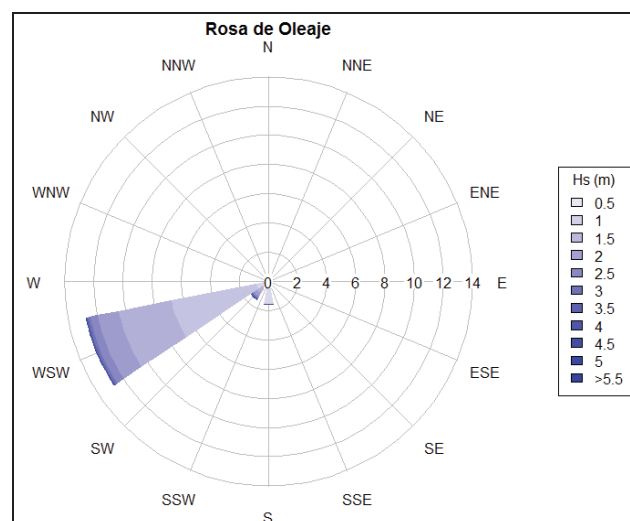


Figura 28. Rosa de oleaje. Datos SIMAR 4056019 propagados hasta la zona de interés.

Fuerteventura

En la siguiente figura se puede ver la rosa del oleaje propagado hasta un calado de 15 m. Todos los datos que no se han propagado se consideran calmas, en este caso las calmas son el 1,25%. La rosa muestra claramente cómo, por efecto de la refracción, los oleajes del WNW y NW se "trasladen" al sector NNW y los de NNW y NNE al sector N.

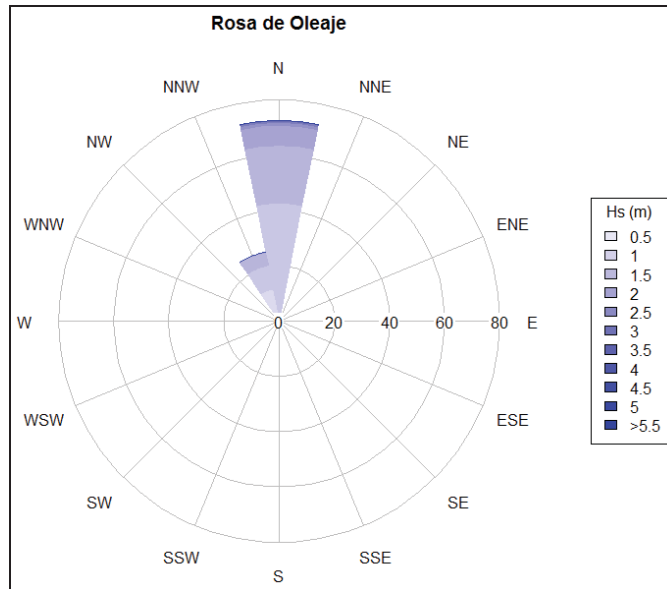


Figura 29. Rosa de oleaje. Datos SIMAR 4055018 propagados hasta la zona de interés.

2.4.2 PROPAGACIÓN DEL OLAJE EN CONDICIONES EXTREMALES

Las características de los oleajes obtenidos en el apartado de clima extremal están definidas en aguas profundas. Para conocer sus características a lo largo del cable submarino es necesario propagarlos con la ayuda de modelos numéricos que tengan en cuenta las transformaciones que el oleaje experimenta debido al efecto de la batimetría.

El objetivo de este apartado es determinar la máxima altura de ola que se puede presentar y sus condiciones a lo largo del cable. Esta información se utilizará para analizar la evolución del perfil de la playa en caso de temporal y determinar así el máximo retroceso de éste.

Oleajes considerados para Lanzarote

Después del análisis del régimen extremal en aguas profundas, se ha visto que los sectores más energéticos que pueden incidir sobre la zona de proyecto son los del WNW y W. Las condiciones de los oleajes que se ha seleccionado para analizar la evolución del perfil son las asociadas a un período de retorno de 71 años, que corresponde a las condiciones de servicio. En la siguiente tabla se muestran la altura de ola significativa y el período de pico de los oleajes considerados, dado que se trata de condiciones más desfavorables, se ha propagado en pleamar.

Sector	Hs (m)	Tp (s)
WNW	5,1	17
W	5,1	17

Tabla 17. Características de los oleajes asociados a la estima central en aguas profundas. Periodo de retorno = 71 años.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.colim.es/Verificacion. Cod. Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

La metodología seguida para simular las propagaciones en condiciones extremas son las mismas que las descritas en el apartado de propagación del oleaje en condiciones medias. Estos casos se han propagado con nivel del mar +2,0 m.

Análisis de resultados para Lanzarote

Se muestran a continuación los resultados de las dos propagaciones realizadas.

En las figuras se observa la distribución en planta de la altura de ola y la dirección de incidencia del oleaje.

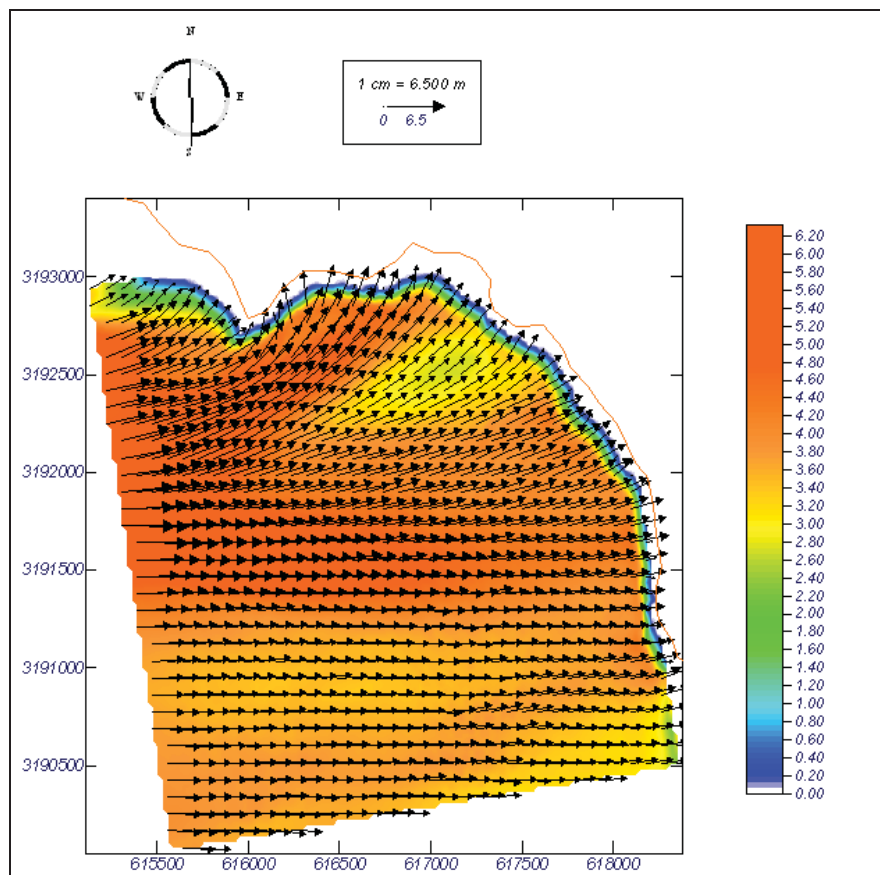


Figura 30. Distribución en planta de la altura de ola propagada y dirección de incidencia. Sector WNW. $H_{s0} = 5.1$ m. $T_p = 17$ s.

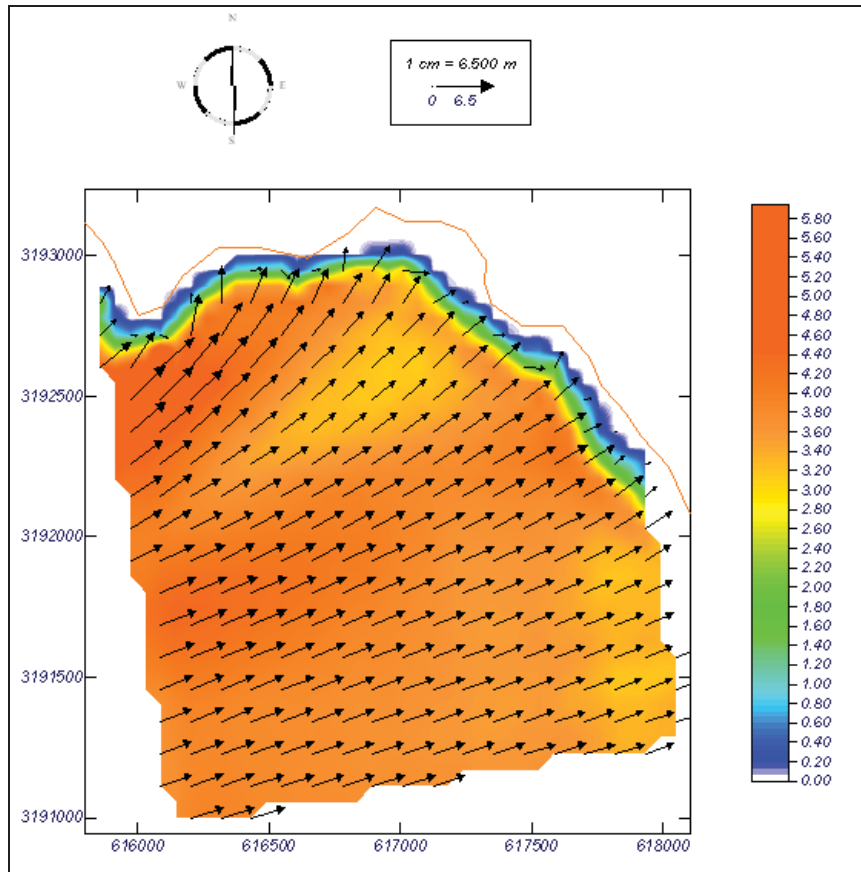


Figura 31. Distribución en planta de la altura de ola propagada y dirección de incidencia. Sector W. $H_{s0} = 5.1$ m.
 $T_p = 17$ s.

Para determinar la altura de ola de cálculo, se ha extraído la H_s propagada en cada una de estas simulaciones a lo largo del cable. En la siguiente tabla se muestran los resultados en términos de altura de ola significativa y dirección del oleaje (de procedencia respecto al N, en sentido horario positivo).

h, m	W		WNW	
	H_s	Dir (°)	H_s	Dir (°)
-25	3,20	230	3,80	250
-20	3,30	228	3,60	248
-16	3,60	227	3,10	245
-15	3,48	225	3,02	241
-14	3,19	225	2,90	238
-13	3,00	225	2,80	236
-12	2,73	225	2,72	233
-11	2,65	225	2,65	233
-10	2,60	225	2,55	232
-9	2,46	225	2,40	232
-8	2,35	225	2,22	232
-5	1,45	225	1,40	232
-3	1,20	225	1,20	232

Tabla 18. Alturas de ola de los oleajes asociados a un período de retorno de 71 años propagados hasta la traza del cable.

Como se aprecia en la tabla, los oleajes de los dos sectores llegan con alturas similares, aunque en el caso del sector WNW la altura es mayor, y luego desciende más rápidamente que en el caso del sector W.

Oleajes considerados para Fuerteventura

La altura de ola correspondiente a 71 años de periodo de retorno para el caso de Fuerteventura es 6,5 m y 19 s de periodo de pico. Dado que no se dispone de datos sectoriales, se ha empleado la misma altura para todos los sectores.

Análisis de resultados para Fuerteventura

A continuación se muestran los resultados de las simulaciones del régimen extremal.

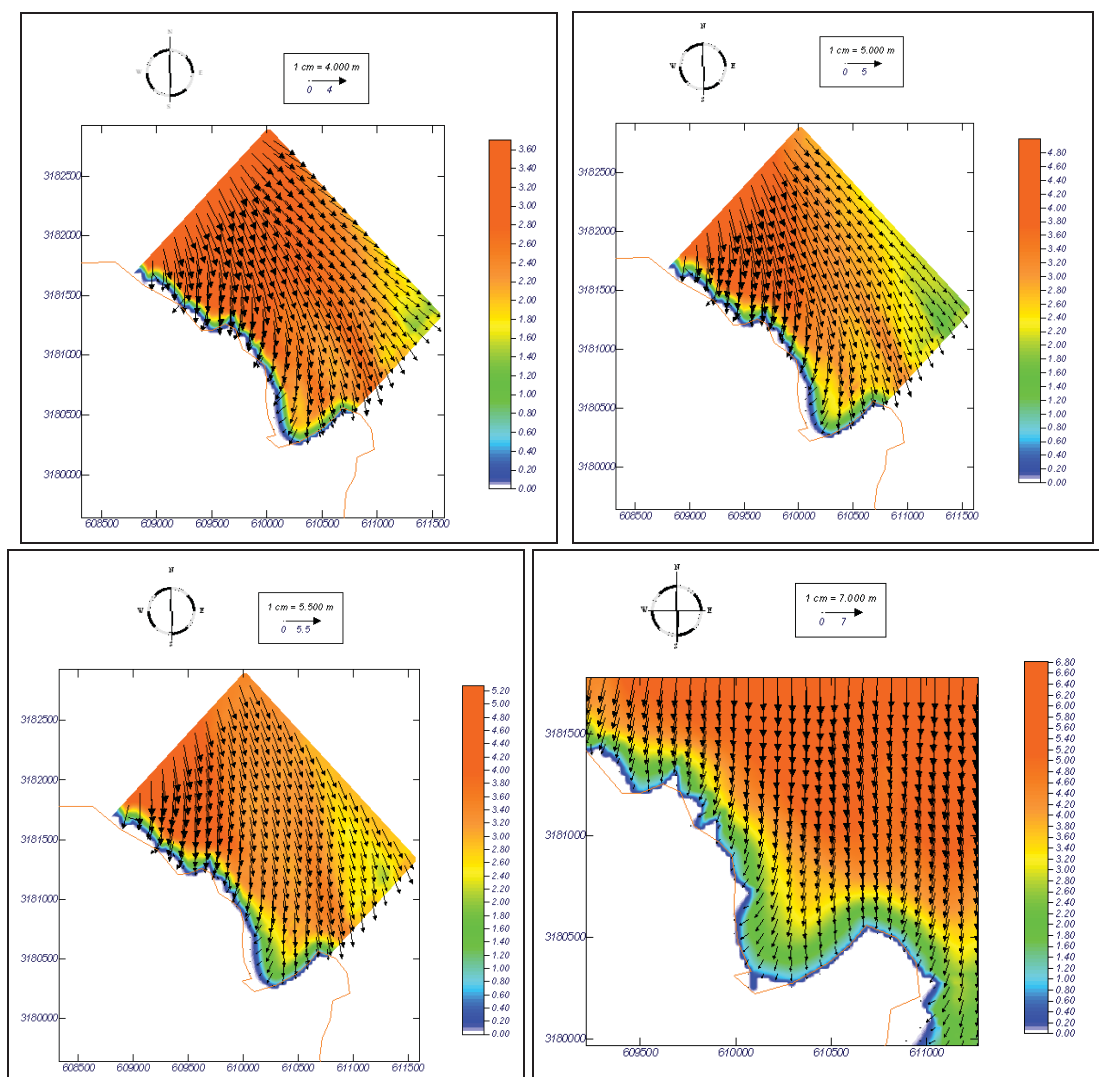


Figura 32. Distribución en planta de la altura de ola propagada y dirección de incidencia. Sectores WNW, NW, NNW y N (de izquierda a derecha) . Hs0 = 6,5 m. Tp = 19 s.

Para determinar la altura de ola de cálculo, se ha extraído la Hs propagada en cada una de estas simulaciones a lo largo del emisario. En las siguientes tablas se pueden ver los resultados en términos de altura de ola significativa y dirección del oleaje (de procedencia respecto al N, en sentido horario positivo).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

h, m	WNW		NW		NNW		N	
	Hs	Dir (°)	Hs	Dir (°)	Hs	Dir (°)	Hs	Dir (°)
-20	3,55	320	4,10	337	5,10	340	6,77	1
-18	3,42	330	3,97	340	4,90	343	6,55	2
-16	3,20	340	3,67	345	4,65	347	6,40	3
-14	2,80	345	3,49	348	4,30	349	5,20	4
-12	2,60	350	3,24	352	4,19	353	3,60	5
-10	2,40	359	3,40	358	3,64	359	2,90	6
-5	2,45	359	2,45	0	2,55	3	2,51	6

Tabla 19. Alturas de ola y periodo de los oleajes asociados a un período de retorno de 71 años propagados hasta la traza del cable.

El sector que llega con mayor energía a la alineación donde se instalará el cable submarino es el N. EN segundo lugar el NNW, los de NW y WNW al ser más oblicuos en aguas profundas, en la zona más somera llegan con menor altura.

3 DINÁMICA Y TRANSPORTE LITORAL

El objetivo principal de los análisis que se presentan a continuación la caracterización de la dinámica litoral en las zonas de Corralejo (Fuerteventura) y de Las Coloradas (Lanzarote), para lo cual se analizarán los siguientes aspectos:

- En condiciones medias: se determinarán los campos de corrientes generadas por el oleaje en rotura y el transporte de sedimentos asociado. Este análisis caracterizará las condiciones de dinámica litoral en un año medio.
- En condiciones extremas se evaluará cómo afecta el temporal de diseño al perfil de la playa.
- Análisis de la dispersión de los finos puestos en suspensión en las operaciones de enterramiento del cable y análisis de las posibles afecciones sobre zonas protegidas.

3.1 CORRIENTES GENERADAS POR EL OLEAJE

Tras el análisis de clima marítimo y el estudio de propagaciones, se procede a continuación a analizar las corrientes generadas por la rotura del oleaje. Estos resultados indican el comportamiento que tendrán los sedimentos finos puestos en suspensión en las operaciones de enterramiento del cable submarino.

Casos simulados

Para dicho análisis se realizan simulaciones numéricas, a partir de los datos de las propagaciones del oleaje, sobre las mismas mallas de resolución y para cada uno de los oleajes propagados.

Dichas simulaciones se han realizado por medio del modelo COPLA-SP, incluido en el SMC, a partir de las cuales se determinará el patrón hidrodinámico para cada una de las condiciones de oleajes tipo analizados en condiciones 2D-H.

Análisis de resultados en Lanzarote

A continuación se muestran los ejemplos más significativos de las corrientes de rotura generadas en la zona analizada, mostrándose el resto de resultados en el anejo de figuras de propagación.

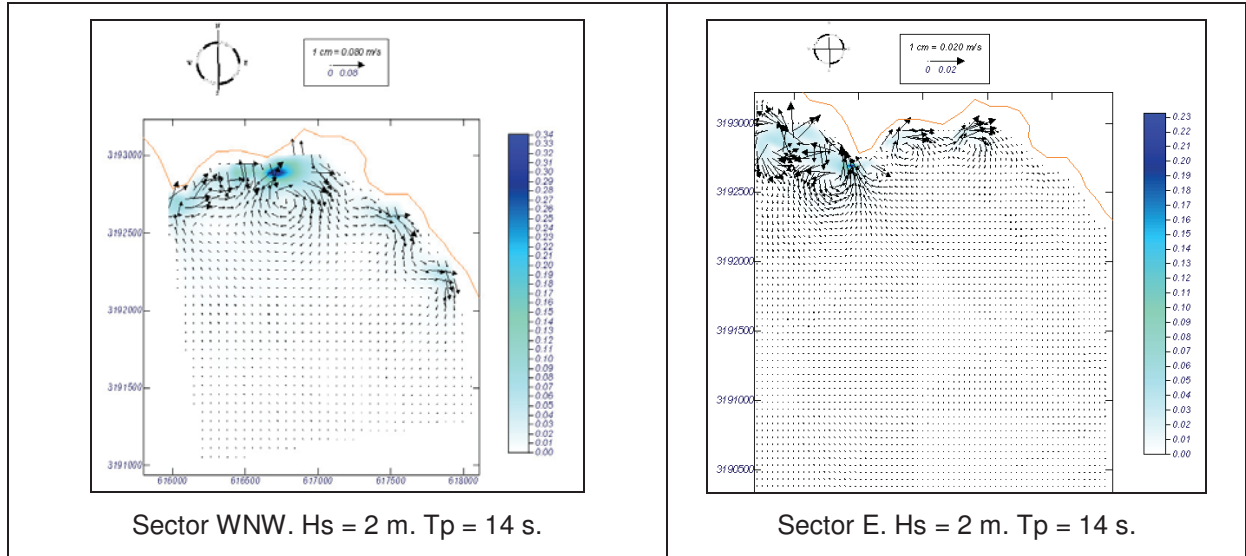


Figura 33. Distribución en planta de las corrientes generadas por el oleaje.

Se han mostrado los resultados de los oleajes de mayor periodo, que generan corrientes de mayor intensidad. Las velocidades máximas registradas en un dominio próximo a la conexión del cable con tierra, han sido: 12 cm/s.

Para una mejor visualización de las figuras, el tamaño de los vectores, que representan la dirección, se ha ajustado a la intensidad, por lo que, al comparar los campos de corrientes de las figuras del anejo, se debe tener en cuenta que tienen escalas diferentes.

Análisis de resultados en Fuerteventura

A continuación se muestran los ejemplos más significativos de las corrientes de rotura generadas en la zona analizada, mostrándose el resto de resultados en el anejo de figuras de propagación.

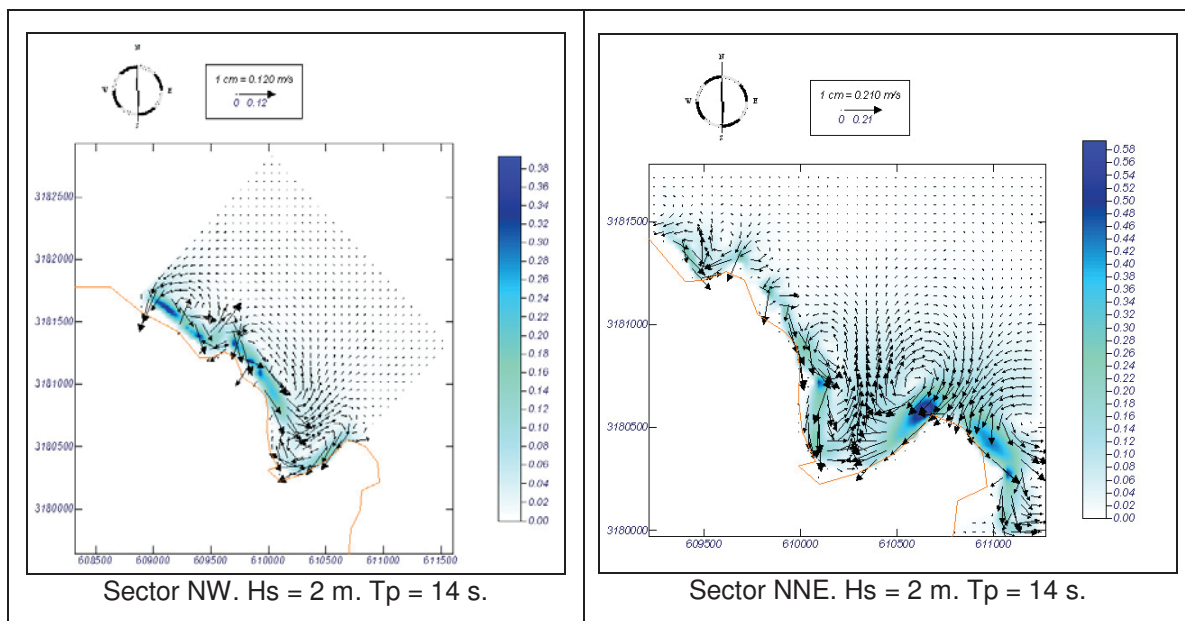


Figura 34. Distribución en planta de las corrientes generadas por el oleaje.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

A medida que el período del oleaje aumenta, también lo hacen las velocidades asociadas. Lo mismo ocurre con la variable altura de ola. Las velocidades máximas registradas en un dominio próximo a la conexión del cable con tierra están en torno a los 45 cm/s. Para una mejor visualización de las figuras, el tamaño de los vectores que representan la dirección se han ajustado a la intensidad. Por lo tanto, al comparar los campos de corrientes de las figuras del anejo, se debe tener en cuenta que tienen escalas diferentes.

3.2 PROFUNDIDAD DE CIERRE

La profundidad de cierre es un concepto que permite conocer la profundidad por debajo de la cual no se producen cambios significativos en el perfil de playa. El cálculo de la profundidad de cierre se puede realizar mediante diferentes formulaciones en este caso se ha empleado la fórmula de Birkemeier (1985):

$$h_c = 1.75H_{s12} - 57.9 \frac{H_{s12}^2}{gT_s^2}$$

Lanzarote

A partir del régimen medio de oleaje en la zona de interés, se ha calculado que la H_{s12} (altura de ola superada sólo 12 horas al año) es de 2,96 m. Calculando la profundidad de cierre con la expresión anterior, se obtienen un valor de 4,95 m. Este valor da una idea de los calados máximos a los que se puede producir transporte de sedimentos.

Con esto también se contrasta el resultado encontrado en el análisis de las corrientes generadas por el oleaje en rotura. Se puede considerar que la parte activa del perfil ronda los 5 m de profundidad.

Fuerteventura

Para el caso de Fuerteventura, la H_{s12} es de 4,03 m, y la profundidad de cierre, según la fórmula indicada, de 6,7 m. La profundidad de cierre estará por tanto sobre los 7 m.

3.3 EVOLUCIÓN DEL PERFIL

En el presente apartado se analiza la evolución morfológica del perfil a lo largo del trazado del cable submarino en las proximidades de la conexión en Lanzarote y Fuerteventura, con el objetivo de determinar las máximas variaciones verticales en el perfil. Para ello se ha utilizado el modelo PETRA, incluido en el Sistema de Modelado Costero (SMC) desarrollado por la Universidad de Cantabria.

3.3.1 ZONA COSTERA DE LANZAROTE

3.3.1.1 Perfil

Como se puede ver en la figura siguiente, se ha definido un perfil para analizar su evolución en caso de temporal y determinar el máximo retroceso posible, en la figura contigua se muestra el perfil utilizado en la simulación para el trazado del cable.



Figura 35. Posición en planta del perfil utilizado (en rojo).

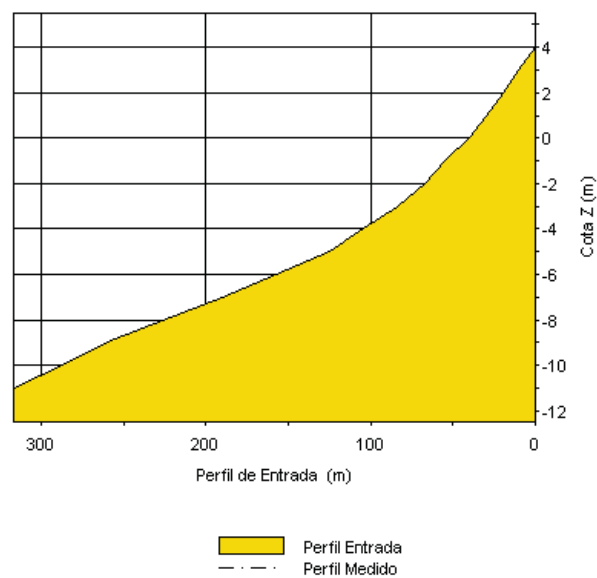


Figura 36. Perfil existente a lo largo de la alineación del perfil de análisis

Las características del sedimento utilizadas han sido:

- $D_{50} = 0.15 \text{ mm}$
- Densidad = 2650 Kg/m^3

- Ángulo de rozamiento interno = 30°
- Ángulo de rozamiento tras avalancha = 18°
- Porosidad = 0.50

3.3.1.2 *Temporales simulados*

➤ **Características del temporal**

Las condiciones de los oleajes que se han seleccionado para analizar la evolución del perfil son las de los temporales con un periodo de retorno de 71 años. Se simulan las dos direcciones simuladas para el oleaje extremal, puesto que ambas alcanzan la zona con una dirección similar a la de la traza del cable submarino.

Sector	Zona de interés		
	Hs, m	Tp, s	Dir, °
W	5,1	17	227
WNW	5,1	17	245

Tabla 20. Características de los oleajes asociados a $\tau=71$ años al inicio del perfil.

➤ **Duración y evolución del temporal**

Se ha considerado una duración característica de los temporales, por encima de una altura de ola significativa de 2 m, de 48 h. La evolución temporal de la variable altura de ola es triangular, de forma que a las 0 h y 48 h la Hs =2m y para las 24h se alcanza la altura de ola significativa máxima.

También se ha considerado una variación del periodo de pico con el tiempo. De forma que al inicio y al final del temporal se tiene un Tp = 11s y a las 24 h se alcanza el máximo con 16 s.

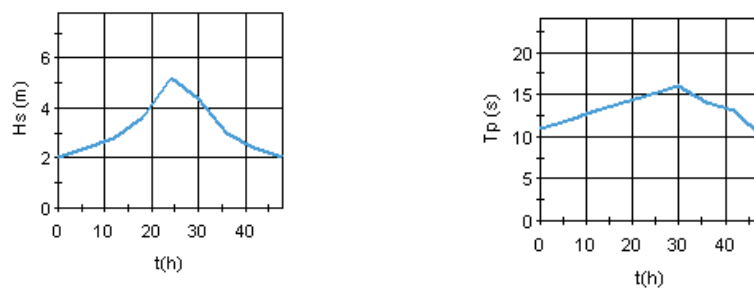


Figura 37. Evolución de Hs y Tp, en el temporal simulado. Sector WNW.

➤ **Dirección de los temporales**

La dirección de cada uno de los temporales a simular respecto al perfil se ha calculado a partir de los datos del análisis extremal del oleaje y teniendo en cuenta que el perfil seleccionado forma un ángulo de unos 20° con el N, en sentido horario. De esta forma se han obtenido las direcciones de incidencia que se muestran en la siguiente tabla.

Sector	Dir, ^o (N)	Dir, ^o (cable)
W	226	26
WNW	233	33

Tabla 21. Dirección de incidencia de cada uno de los temporales respecto al N y respecto al cable (dato de entrada de Petra).

➤ **Condiciones de marea**

A partir de los datos disponibles de los niveles de marea de la zona de proyecto, se ha considerado una carrera de marea de 2 m.

3.3.1.3 Resultados

A continuación se muestran las figuras con los resultados de las simulaciones realizadas con el modelo PETRA, para ambos temporales se muestran el perfil inicial, el perfil de erosión al cabo de 24 horas y el perfil resultante tras el temporal a las 48 horas de evolución. En las figuras siguientes, aparece el mismo resultado para el resto de los temporales simulados.

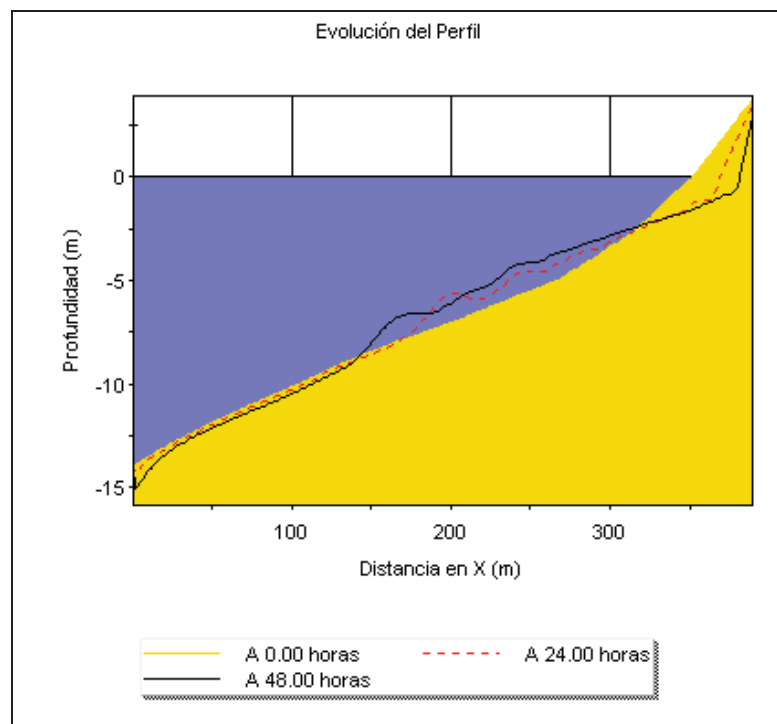


Figura 38. Evolución morfológica del perfil, bajo la acción del temporal asociado al sector W con un periodo de retorno de 71 años.

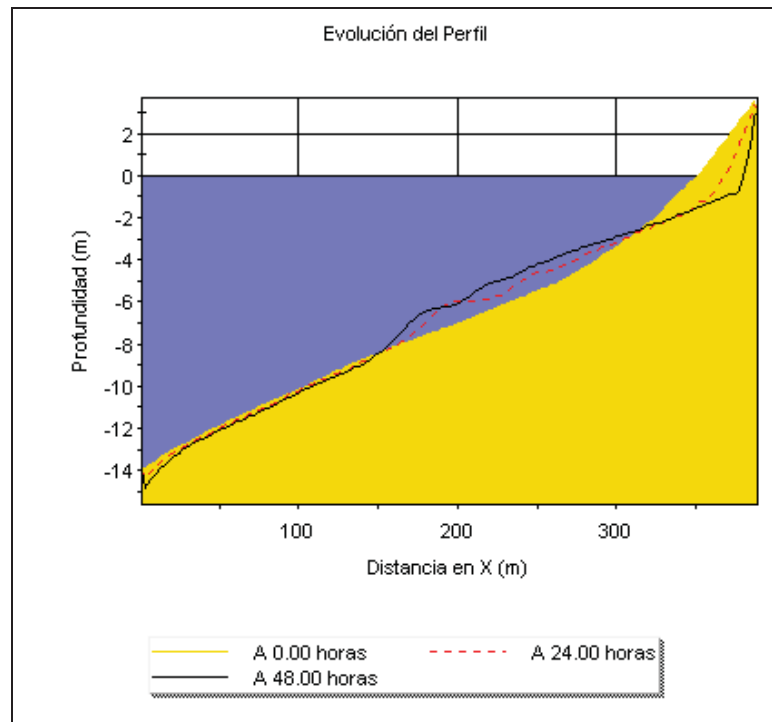


Figura 39. Evolución morfológica del perfil, bajo la acción del temporal asociado al sector WNW con un periodo de retorno de 71 años.

Se observa que el comportamiento del perfil es muy similar en ambos casos, algo lógico teniendo en cuenta que se trata de dos temporales muy similares en intensidad y dirección. En ambos casos se produce erosión entre la superficie y los 3 m de calado, formándose una barra entre los -3 y los -8 m de profundidad.

Por debajo de esta profundidad la variación del perfil es muy escasa, apreciándose una erosión de unos 50 cm al pie de la barra, sobre los -8 m de profundidad. Estos resultados son coherentes con el cálculo de la profundidad de cierre, que ha determinado que ésta está sobre los 5 m de profundidad (es normal que el perfil de evolución ante un temporal de 71 años de periodo de retorno, se aprecia movimiento significativo a mayor profundidad que la indicada por la profundidad de cierre puesto que para el cálculo de la profundidad de cierre se usa una ola menor).

Al observar los resultados del PETRA, se quiere destacar la erosión apreciada en el extremo inferior del perfil (sobre los 14-15 m), esta erosión puntual se debe a las limitaciones del modelo, por lo que los resultados de erosión que muestra por debajo de los 10 m no son fiables (limitación numérica), ya que a esta profundidad el fondo permanecerá inalterado. La forma real del perfil tras el temporal será el de un seno por debajo de la barra (entre los -8 y los -10 m de profundidad) con unos 50 cm de altura a los -8 m de profundidad, y que disminuirá paulatinamente hasta los -10 m de profundidad.

Es importante recordar que aunque teóricamente el modelo es capaz de reproducir tanto la respuesta erosiva como la acumulativa del perfil, como en la mayor parte de los modelos de perfil existentes, su mayor fiabilidad radica en la simulación de los procesos de erosión, ya que este tipo de modelos no suele reproducir de forma adecuada la recuperación del perfil de playa.

A continuación también se muestra la evolución de la altura de ola, Hrms, donde se puede observar cómo rompe la ola al llegar a la costa. En el momento de máxima altura de ola del temporal (t=24 h) esta rotura se produce mucho antes. También se muestra la evolución del transporte de sedimentos.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

En estos gráficos se puede observar cómo el caudal de transportes es mayor para aquellos oleajes con mayor altura de ola.

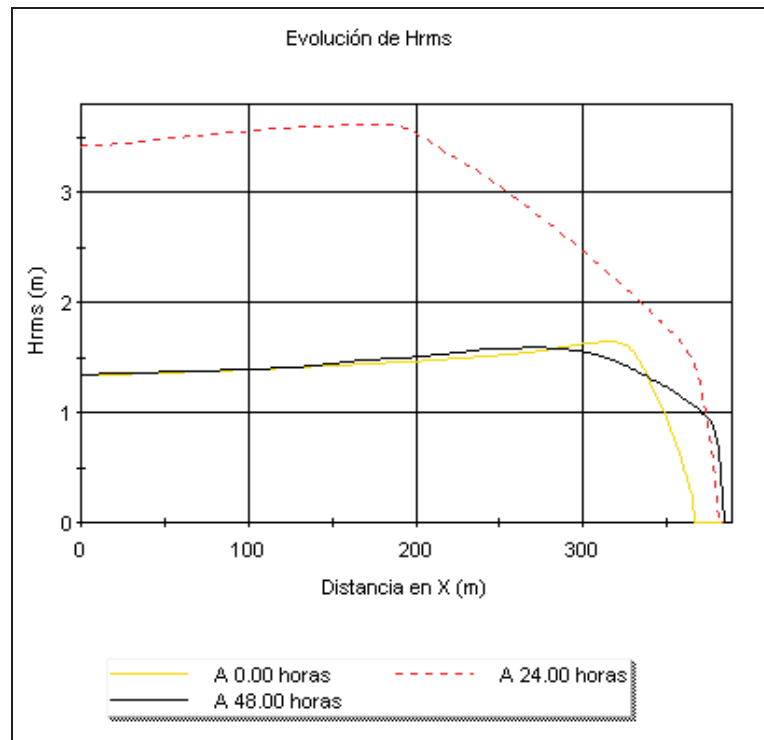


Figura 40. Evolución de Hrms, bajo la acción del temporal asociado al sector W con un período de retorno de 71 años.

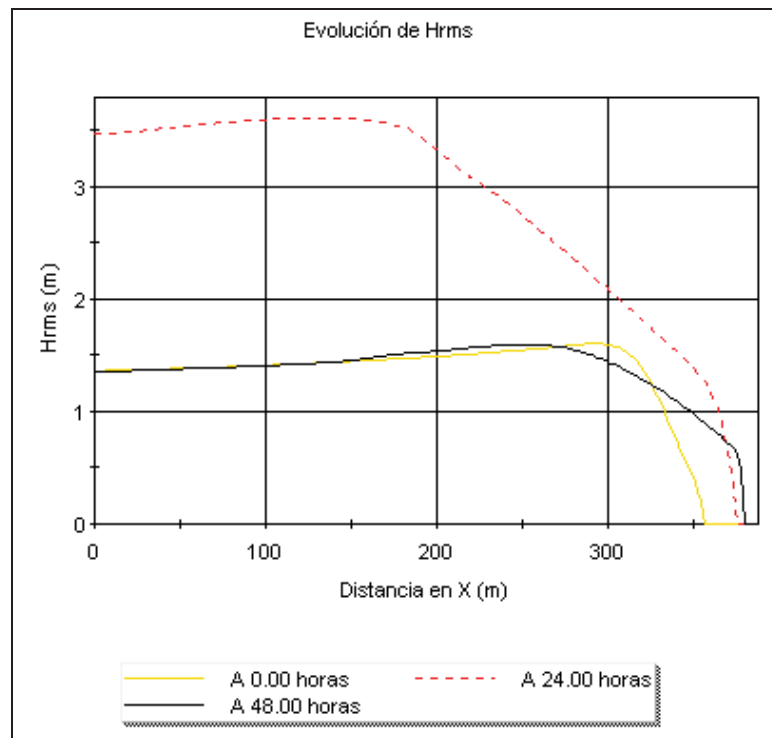


Figura 41. Evolución de Hrms, bajo la acción del temporal asociado al sector WNW con un período de retorno de 71 años.

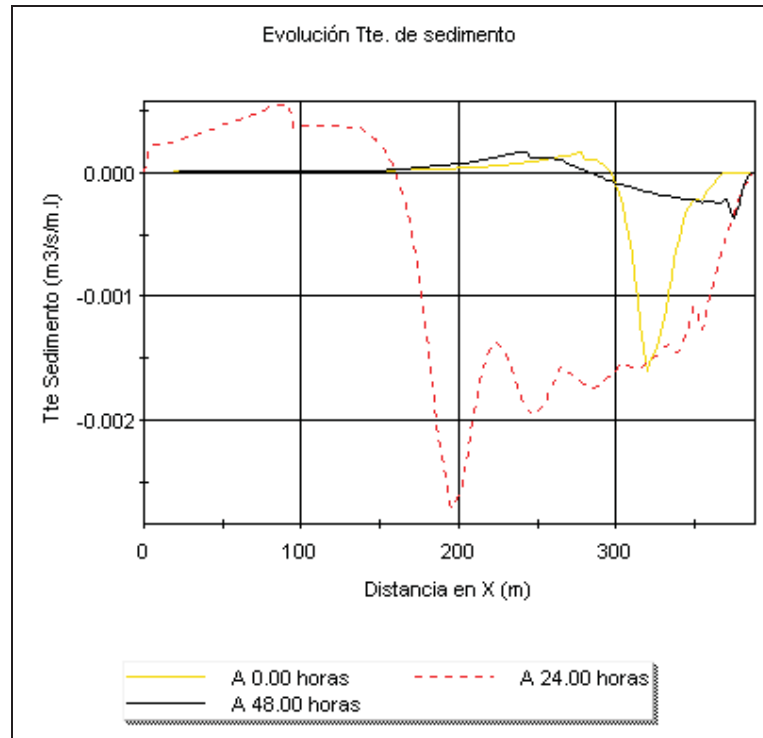


Figura 42. Evolución del transporte de sedimento, bajo la acción del temporal asociado al sector W con un periodo de retorno de 71 años.

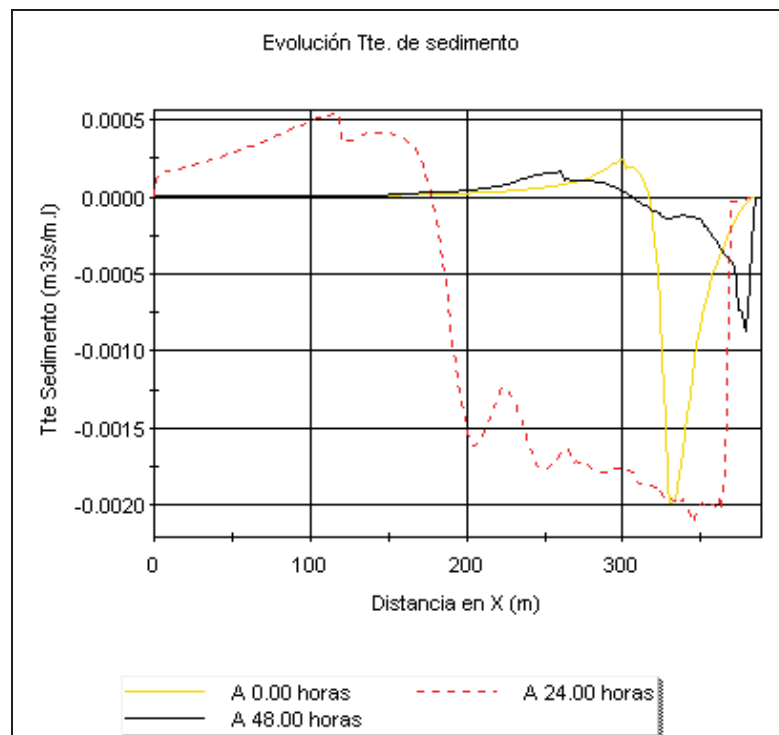


Figura 43. Evolución del transporte de sedimento, bajo la acción del temporal asociado al sector WNW con un periodo de retorno de 71 años.

3.3.1.4 Conclusiones

Se ha definido un perfil a lo largo del trazado del cable para analizar su evolución a corto plazo en caso de temporal.

El modelo utilizado para la simulación de la variación del perfil con los temporales considera que las características del sedimento son las mismas en todo el dominio. Por lo tanto, para determinar el tamaño del sedimento, se ha realizado un promedio de los datos obtenidos en la campaña de medidas. De esta forma, se ha utilizado un D50 de 0,15 mm.

Los temporales analizados han sido los asociados a la estima central de período de retorno de 71 años procedente de los sectores W y WNW.

A partir del análisis de los datos del nodo SIMAR 4056109, se ha determinado que la duración del temporal de cálculo sea de 48 h. La evolución de la variable Hs a lo largo del temporal es prácticamente simétrica, con un máximo a las 24 h. La evolución del Tp es similar, aunque menos simétrica, siendo los periodos de la segunda mitad del temporal más altos.

El perfil muestra un comportamiento similar para los mayores temporales simulados con el modelo PETRA:

- se produce erosión entre los 0 y los 3 m de calado, llegando a erosiones máximas de 2 m.
- Justo a continuación de este tramo erosivo se aprecia la formación de una barra de sedimento entre los 3 m y los 8 m.
- Por debajo de los -8 m hay poca variación, aunque se puede apreciar una erosión de unos 50 cm a -8 m de profundidad, que no se extenderá más allá de los -10 m. La forma real del perfil tras el temporal será el de un seno por debajo de la barra (entre los -8 y los -10 m de profundidad) con unos 50 cm de altura a los -8 m de profundidad, y que disminuirá paulatinamente hasta los -10 m de profundidad.

3.3.2 ZONA COSTERA DE FUERTEVENTURA

3.3.2.1 Perfil

Aunque la zona es eminentemente rocosa y acantilada, se observan algunas zonas con sedimentos no consolidados, por lo que, para trabajar del lado de la seguridad, se ha asumido que se trata de un perfil continuo de sedimentos no consolidados.

Como se puede ver en la figura siguiente se ha definido un perfil para analizar su evolución en caso de temporal y determinar el máximo retroceso posible. Se ha definido una recta.

En la figura contigua, se muestra el perfil utilizado en la simulación.



Figura 44. Posición en planta del perfil utilizado.

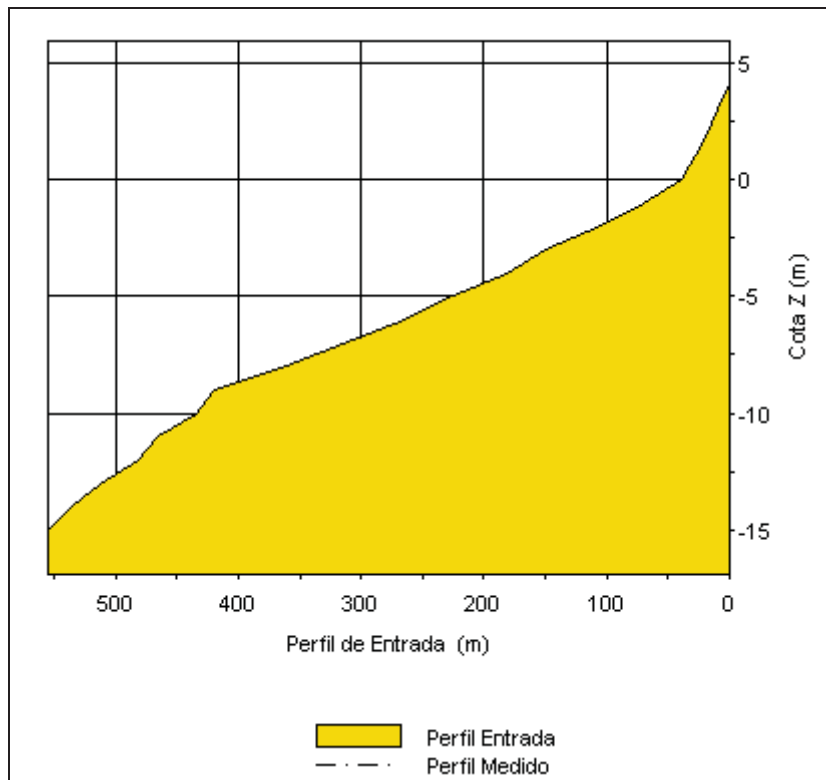


Figura 45. Perfil existente a lo largo de la alineación del perfil de análisis.

Las características del sedimento utilizadas han sido:

- $D_{50} = 0.50 \text{ mm}$
- Densidad = 2650 Kg/m^3
- Ángulo de rozamiento interno = 30°
- Ángulo de rozamiento tras avalancha = 18°
- Porosidad = 0.50

3.3.2.2 Temporales simulados

➤ **Características del temporal**

Las condiciones de los oleajes que se ha seleccionado para analizar la evolución del perfil son las asociadas a la estima central para un período de retorno de 71 años. En la siguiente tabla se presentan las condiciones del oleaje al inicio de perfil.

Sector	Pie de perfil		
	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
WNW	6,5	19	340
NW	6,5	19	345
NNW	6,5	19	347
N	6,5	19	3

Tabla 22. Características de los oleajes asociados a $T=71$ años en aguas profundas y a un calado de 16 m (inicio del perfil).

Dado los temporales de NNW y N tienen mucho menor altura de ola, sólo se han simulado los de WNW y NW.

➤ **Duración y evolución del temporal**

Se ha considerado una duración característica de los temporales, por encima de una altura de ola significativa de 2 m, de 48 h. La evolución temporal de la variable altura de ola es triangular, de forma que a las 0 h y 48 h la $H_s = 2 \text{ m}$ y para las 24h se alcanza la altura de ola significativa máxima.

También se ha considerado una variación del período de pico con el tiempo. De forma que al inicio y al final del temporal se tiene un $T_p = 8 \text{ s}$ y a las 24 h se alcanza el máximo (por ejemplo $T_p = 13 \text{ s}$, en el caso del temporal asociado al WNW).

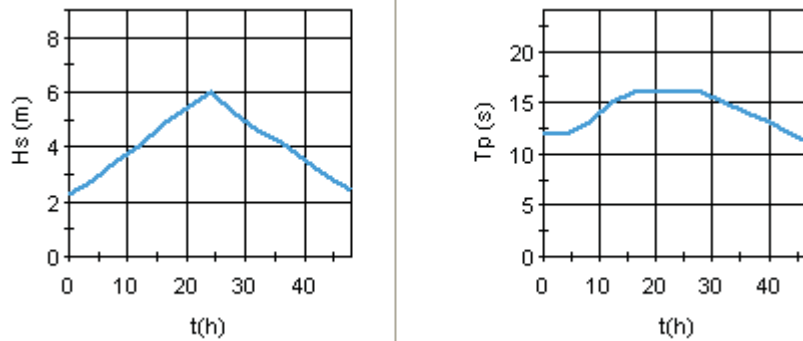


Figura 46. Evolución de Hs y Tp, en el temporal simulado. Sector WNW.

➤ **Dirección de los temporales**

La dirección de cada uno de los temporales a simular respecto al perfil se ha calculado a partir de los datos del análisis extremal del oleaje y teniendo en cuenta que el perfil seleccionado forma un ángulo de unos 19° con el N. De esta forma se ha obtenido las direcciones de incidencia que se muestran en la siguiente tabla.

Sector	Dir,º (N)	Dir, º (cable)
WNW	340	39
NW	345	34
NNW	347	33
N	3	16

Tabla 23. Dirección de incidencia de cada uno de los temporales respecto al N y respecto al cable (dato de entrada de Petra).

➤ **Condiciones de marea**

A partir de los datos disponibles de los niveles de marea de la zona de proyecto, se ha considerado una carrera de marea de 2 m.

3.3.2.3 Resultados

A continuación se muestran los resultados de evolución del perfil en temporal obtenidos mediante el modelo PETRA. Se muestra el perfil inicial y su evolución a las 24 y 48 h.

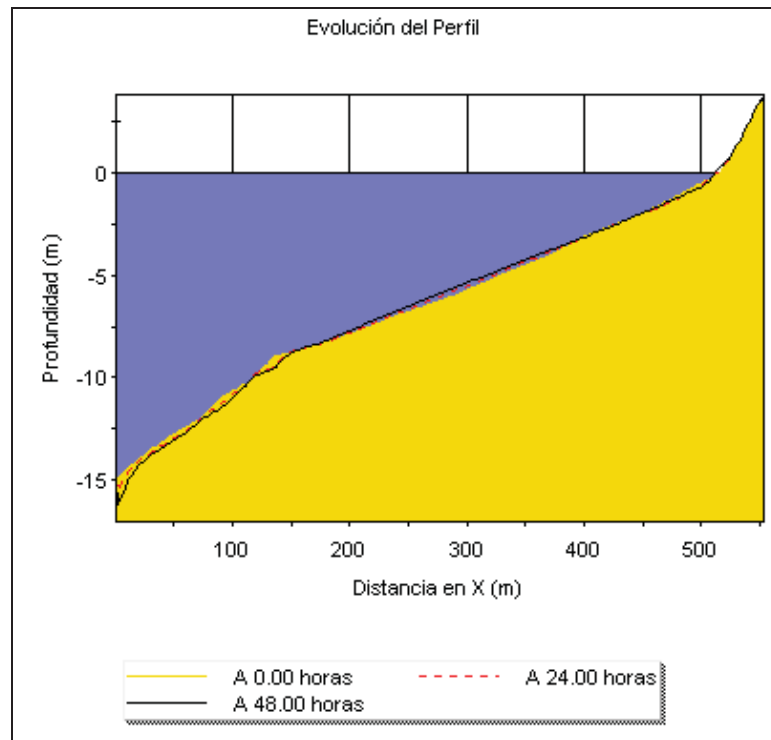


Figura 47. Evolución morfológica del perfil, bajo la acción del temporal asociado al sector WNW con un periodo de retorno de 71 años.

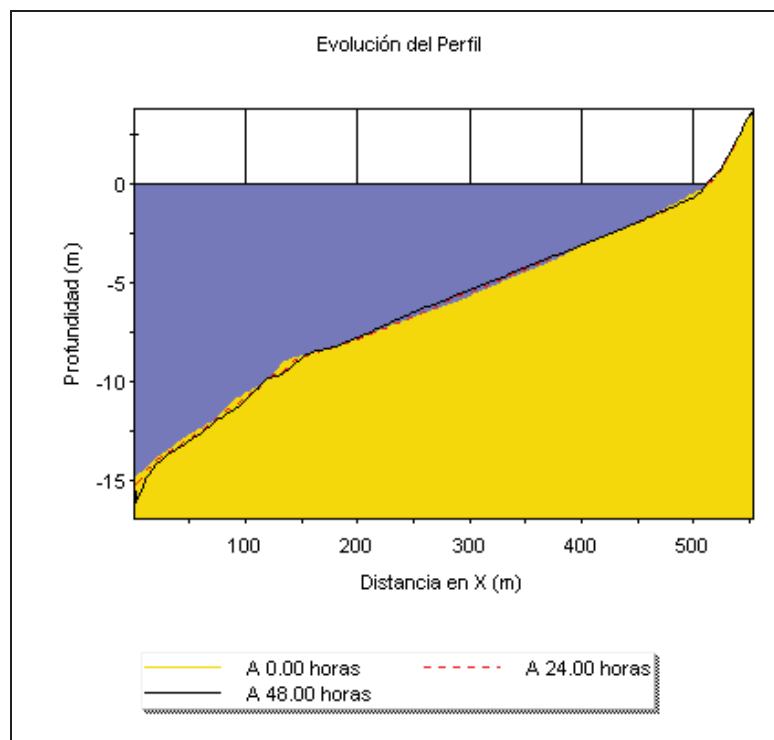


Figura 48. Evolución morfológica del perfil, bajo la acción del temporal asociado al sector NW con un periodo de retorno de 71 años.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver.: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

En las gráficas se aprecia que la variación es muy pequeña, esto se debe al carácter tendido del perfil (disipativo) y a que la arena presenta una granulometría gruesa ($D_{50} = 0,5 \text{ mm}$). La máxima erosión ronda los 0,5 m, y se detecta sobre los -8 m de profundidad. Entre los -8 y los -4 metros hay una pequeña acreción, observándose otra vez una pequeña erosión entre las profundidades de -3 y 0 m. Igual que en el caso explicado para Lanzarote, aunque el modelo muestra un área de erosión sobre los -15 m de profundidad, no responde a la realidad, sino que se debe a las limitaciones numéricas del modelo. Por debajo de los -10 m de profundidad no habrá variaciones del perfil.

A continuación también se muestra la evolución de la altura de ola, Hrms, donde se puede observar cómo rompe la ola al llegar a la costa. En el momento de máxima altura de ola del temporal ($t=24 \text{ h}$) esta rotura se produce mucho antes. También se muestra la evolución del transporte de sedimentos. En estos gráficos se puede observar que el caudal de transportes es mayor cuanto mayor sea la altura de ola.

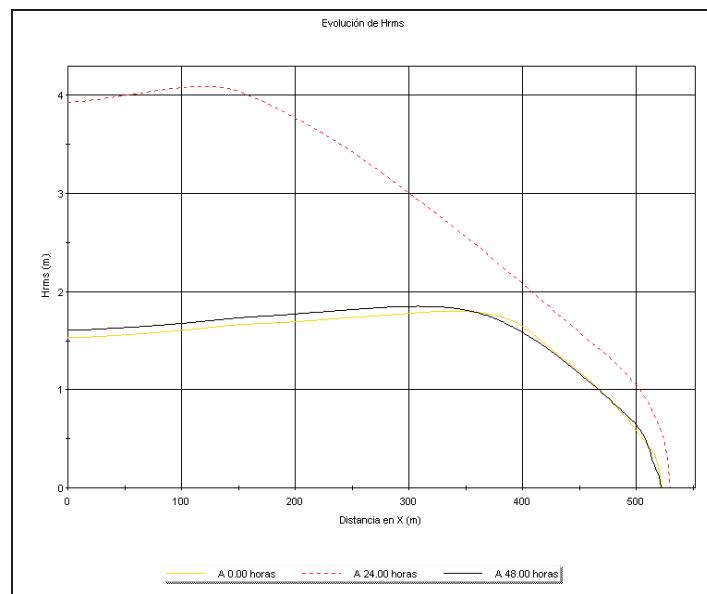


Figura 49. Evolución de Hrms, bajo la acción del temporal asociado al sector WNW con un período de retorno de 71 años.

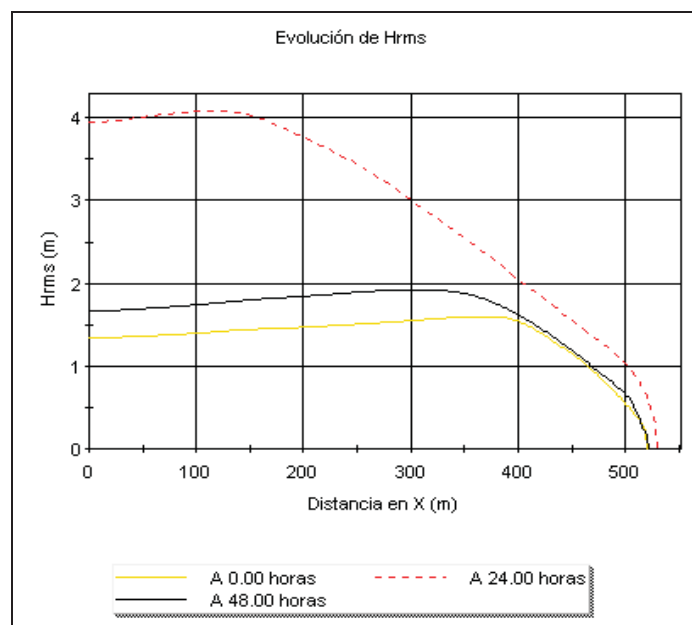


Figura 50. Evolución de Hrms, bajo la acción del temporal asociado al sector NW con un período de retorno de 71 años.

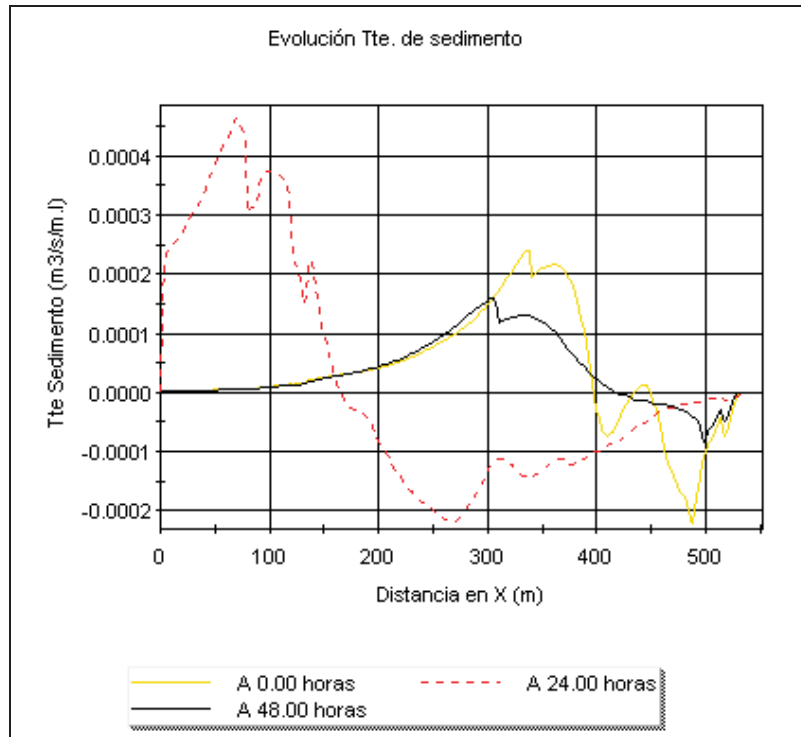


Figura 51. Evolución del transporte de sedimento, bajo la acción del temporal asociado al sector WNW con un periodo de retorno de 71 años.

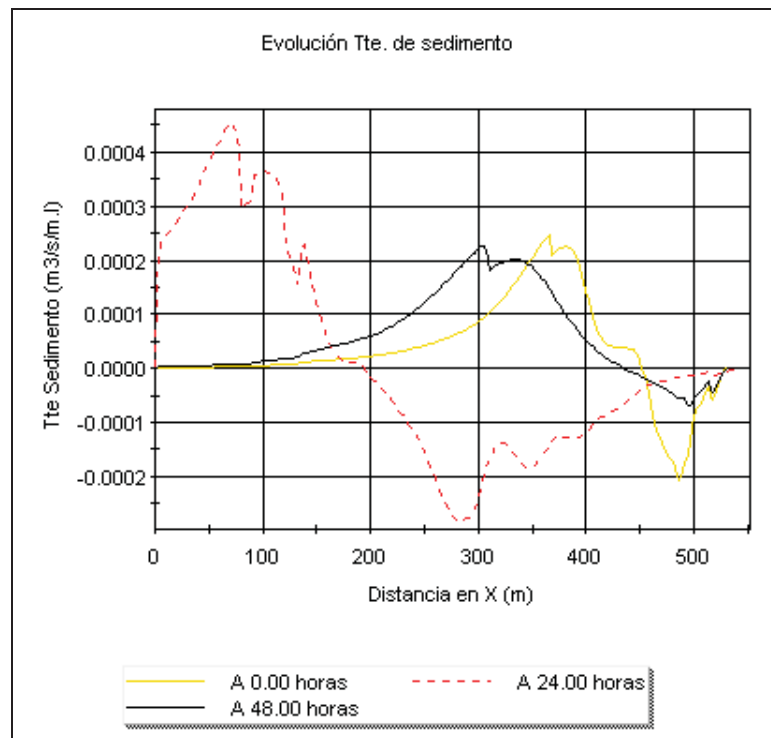


Figura 52. Evolución del transporte de sedimento, bajo la acción del temporal asociado al sector NW con un periodo de retorno de 71 años.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

3.3.2.4 Conclusiones

Se ha definido un perfil medio perpendicular a la costa en Fuerteventura evolución a corto plazo en caso de temporal.

El tamaño del sedimento, D50, utilizado ha sido de 0,50 mm.

Los temporales analizados han sido los asociados a la estima central del período de retorno de 71 años procedente de los sectores WNW y NW.

A partir del análisis de los datos del nodo SIMAR 4055018, se ha determinado que la duración del temporal de cálculo sea de 48 h. La evolución de la variable Hs a lo largo del temporal es prácticamente simétrica, con un máximo a las 24 h. Para la variable Tp también se ha utilizado una evolución con un tramo plano, en el máximo en torno a las 24 h.

El perfil muestra un comportamiento prácticamente idéntico para los temporales simulados:

- la variación del perfil es muy escasa, esto se debe principalmente al mayor carácter disipativo del perfil (más tendido que el de la zona de Lanzarote) y al mayor tamaño de grano (0,5 mm de D50, frente a 0,15 en Lanzarote). En cualquier caso, se da una leve erosión desde los - 8 m de profundidad hasta los 10 m de profundidad, permaneciendo el perfil inalterado por debajo de esta profundidad. También se observa una pequeña acumulación entre los -4 y los -8 m.
- las mayores erosiones se producen por debajo de los -8 m de calado, llegando a erosiones de unos 50 cm en vertical. Esta erosión se atenúa a medida que aumenta la profundidad, no dándose variaciones de fondo por debajo de los -10 m de profundidad.
- entre los 0 y los -3 m de calado se observa de nuevo una pequeña erosión.

3.4 ESTUDIO DE DISPERSIÓN DE SEDIMENTOS

En las franjas de estudio de Lanzarote y Fuerteventura tendrán lugar las operaciones de instalación del cable siguiendo el trazado de la alternativa seleccionada. En el apartado del proyecto se describen las técnicas constructivas para la instalación del cable, tanto en el ámbito terrestre como a lo largo del trazado marino.

Las distintas técnicas de instalación del cable en el tramo sumergido (*jetting* en zonas arenosas y *trenching* en zonas rocosas) que impliquen removilización de los fondos para su enterramiento provocaría la resuspensión de materiales, siendo la fracción más fina la que se podría dispersar a distancias mayores. Es por ello que se han llevado a cabo las simulaciones correspondientes a modelos de dispersión y sedimentación de partículas resuspendidas dentro de las franjas de interés.

Durante su precipitación por gravedad, las partículas puestas en suspensión durante la colocación del cable, están sometidas a procesos de advección (transporte por las corrientes) y difusión (dispersión debido al flujo turbulento).

Para la simulación de la dispersión de finos se ha empleado el modelo hidrodinámico MOHID. Éste es un programa de simulación hidrodinámica tridimensional, que incluye un módulo hidrodinámico baroclínico y un modelo 3D para los módulos lagrangianos y eulerianos de transporte de sedimentos y otras sustancias. El modelo ha sido desarrollado por el Instituto Superior Técnico de Lisboa, en colaboración con Hidromod Lda (www.mohid.com).

El módulo hidrodinámico permite simular la propagación de la onda de marea así como las corrientes inducidas por el viento. Para la simulación de los efectos del oleaje se pueden incluir los resultados del tensor de radiación del oleaje de otros programas (SWAN, ST WAVE, MOHID2D etc.) a partir de los cuales genera las corrientes de rotura correspondientes, así como estimar el efecto del oleaje a partir de su dirección, altura y periodo mediante el módulo WAVES. A partir de las condiciones hidrodinámicas, el modelo permite simular el comportamiento de diversos fluidos y partículas, tales

como desembocaduras de ríos, vertidos de emisarios, vertidos de petróleo, transporte de sedimentos, evolución de contaminantes etc.

Para la simulación del comportamiento y evolución de los sedimentos puestos en suspensión durante las operaciones de instalación del cable se han empleado los módulos Discharge y Free Vertical Movement. El primero de ellos permite definir la ubicación y volumen del vertido, así como sus características (en este caso se trata de un trazador conservativo), mientras que el segundo permite definir el comportamiento de las partículas en vertical (velocidad de caída y floculación). La velocidad de caída se calcula en función del tamaño medio y densidad del sedimento.

De forma general, de las cuatros texturas que se han identificado sobre el lecho marino de la zona de estudio (arenas finas, arenas medias, arenas gruesas y gravas), las más abundantes son las arenas medias y las gravas, representando entre ambas el 50% del total de muestras analizadas. El porcentaje de finos de la totalidad de las muestras analizadas no supera el 1,4 %, siendo en la mayor parte de los casos inferior a 1%.

En el área de Lanzarote, según muestran los datos de granulometría de las estaciones de muestreo de sedimento más cercanas al futuro trazado en el área más somera, los materiales del fondo tienen un tamaño medio (D50) de 0,15 mm (correspondiente a arenas finas) y también porcentajes muy bajos de finos (sobre el 1%). Para el resto de muestras analizadas las D50 son mayores.

La fracción fina y las arenas muy finas y finas son muy escasas en la zona de Fuerteventura, sin embargo, se asume, del lado de la seguridad, que todo el material puesto en suspensión son arenas muy finas.

Así pues, aunque se ha identificado un bajo porcentaje de finos a lo largo de toda la zona de estudio, si se ha detectado la presencia de arenas finas y muy finas en algunos tramos, principalmente en el área costera de Lanzarote y en las áreas SW (área de máxima profundidad prospectada) y SE (entre Corralejo y la Isla de Lobos) de la franja costera de Fuerteventura. Por tanto, siguiendo un criterio conservador, se ha considerado que todo el material removilizado se pone en suspensión.

Para la configuración del modelo se ha discretizado el dominio vertical mediante coordenadas SIGMA (el espesor de las capas se ajusta a la profundidad de la zona tal y como se muestra en la siguiente figura). En este caso se ha dividido el dominio en 10 capas (aproximadamente de 2 m de espesor en la zona de interés).

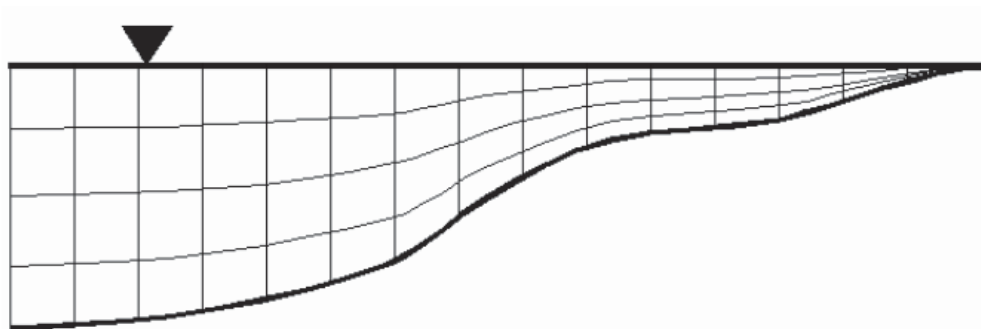


Figura 53. Esquema de definición de coordenadas SIGMA.

3.4.1 CASOS SIMULADOS

Como se ha explicado anteriormente, para hacer la simulación de dispersión, se va a suponer que todos los sedimentos que se ponen en suspensión son finos.

Claramente ésta es una hipótesis muy conservadora, ya que parte del material será más grueso, y en las dos técnicas a emplear se van a tomar medidas para que el volumen resuspendido sea el mínimo posible. Por otra parte, en el caso de estudio se ha previsto que la salida del cable desde el punto de

aterraje hacia el mar (tanto en la franja costera de Lanzarote como en la de Fuerteventura), se lleve a cabo mediante la técnica de microtunelación o perforación dirigida, la cual consiste en la ejecución de un túnel desde tierra bajo el fondo marino (no se tiene en cuenta para las simulaciones).

En el modelo numérico se ha supuesto que las partículas se ponen en suspensión cerca del fondo. Se ha realizado esta hipótesis teniendo en cuenta las máquinas que se van a utilizar, que trabajan cerca del fondo. En particular, se ha supuesto que la posición inicial de las partículas está en los 3 metros más próximos al fondo.

Para la definición de los escenarios de simulación se han analizado las condiciones de clima marítimo de la zona, en concreto la rosa de viento del punto SIMAR 4056019 y el registro de nivel del mar del mareógrafo de Lanzarote Arrecife.

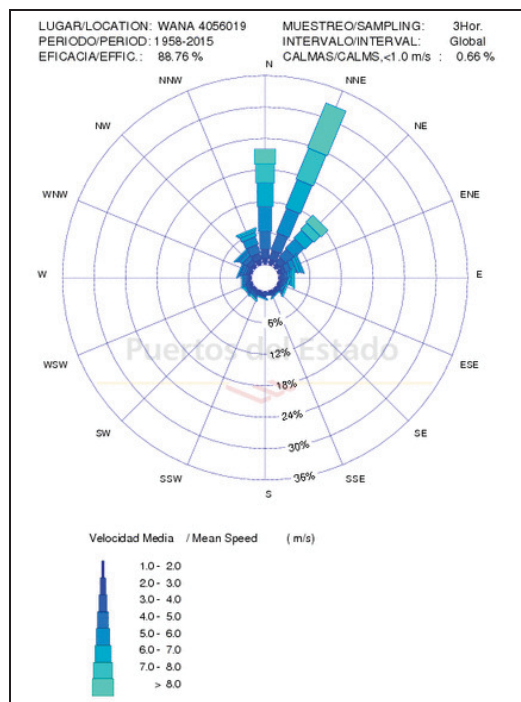


Figura 54. Rosa de viento en el punto SIMAR 4056019.

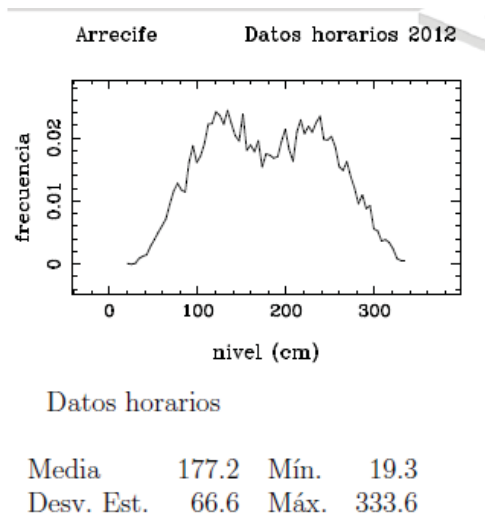


Figura 55. Distribución del nivel del mar en el mareógrafo de Arrecife.

Teniendo en cuenta estos datos y los datos de oleaje analizados anteriormente, se han definido 3 escenarios para simular el comportamiento de la dispersión de finos en ambas zonas, las condiciones son similares, cambiando únicamente las condiciones de oleaje entre una y otra zona.

- Escenario 1: condiciones de mareas vivas y calma de viento y oleaje.
- Escenario 2: mareas muertas y viento fuerte del NNE (hasta 7 m/s) oleaje en calma.
- Escenario 3: mareas vivas, viento fuerte del NNE (hasta 5 m/s) y oleaje del WNW en Lanzarote y del N en Fuerteventura.

3.4.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO

Antes de proceder a realizar las simulaciones de la dispersión de las partículas, se ha procedido a calibrar el modelo hidrodinámico, para ello se han empleado los datos de nivel del mar y de corrientes registrados mediante el correntímetro AWAC 1MHz fondeado en la zona entre el 15 de octubre y el 17 de diciembre de 2014. A continuación se muestran unos gráficos con el registro de nivel del mar y de velocidad de corriente cerca del fondo.

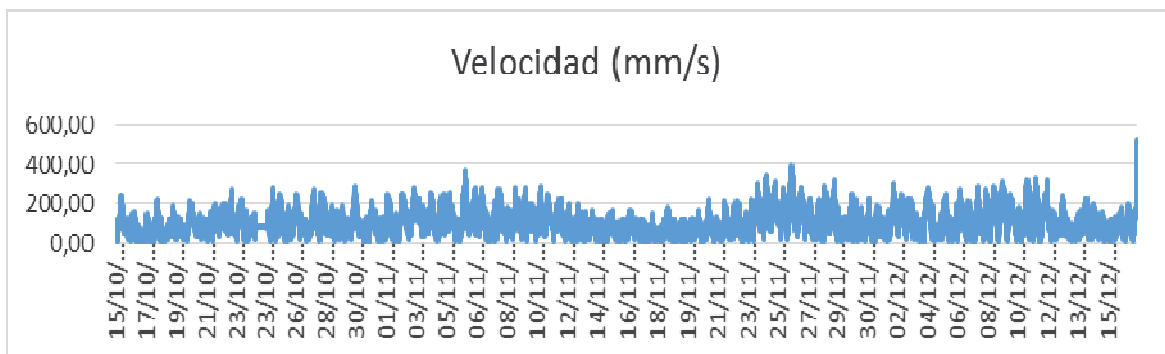


Figura 56. Registro de la velocidad de corriente cerca del fondo.

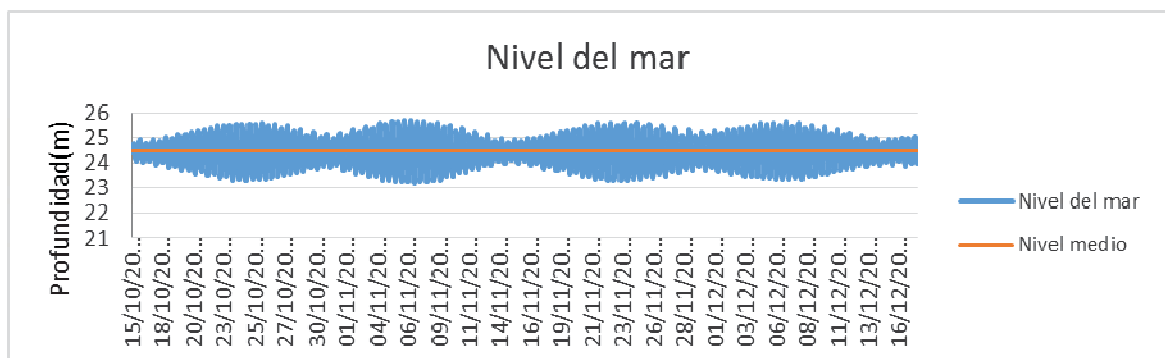


Figura 57. Registro del nivel del mar.

Para calibrar el modelo se ha seleccionado un día de mareas vivas, en concreto el 23 de octubre de 2014. A continuación se muestran los resultados de nivel del mar y velocidad de corriente, registradas y simuladas.

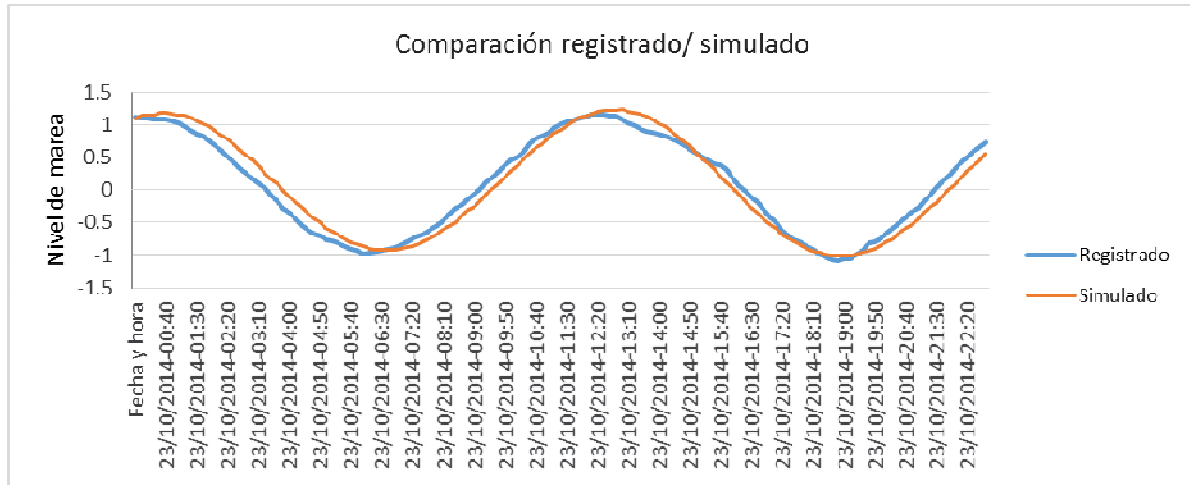


Figura 58. Valores de variación de nivel del mar, registrado y simulado el 23/10/2014.



Figura 59. Comparación entre el nivel de marea registrado y el simulado el 23/10/2014.

En la gráfica anterior se comparan los datos simulados frente a los registrados, el ajuste es bueno, $R^2 = 0,958$. También se ha realizado la comparación de los resultados de corriente, los resultados se muestran a continuación.

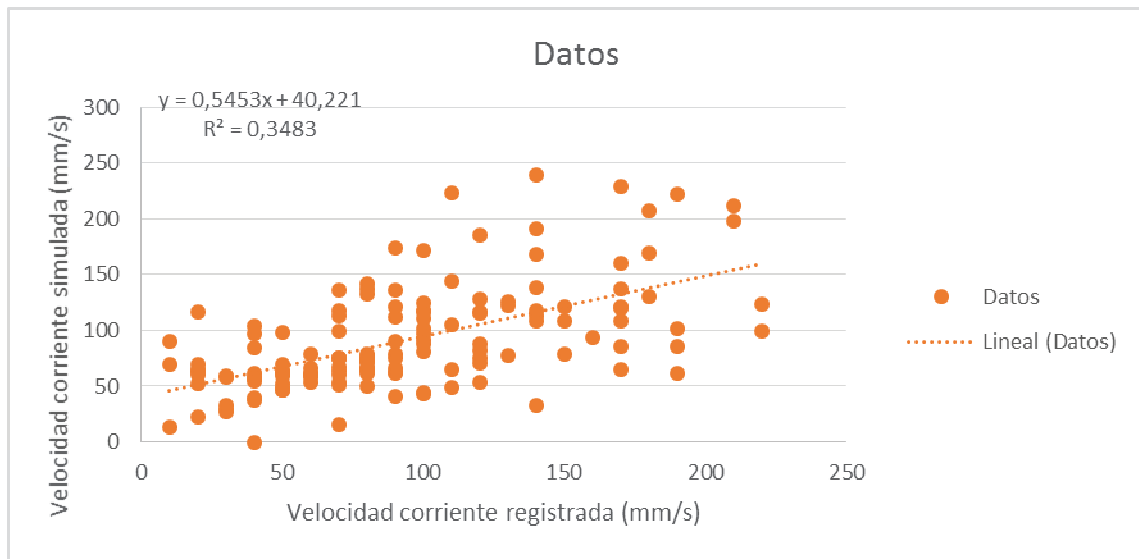


Figura 60. Comparación entre la velocidad de corriente registrada y la simulada el 23/10/2014.

En este caso el ajuste es peor, $R^2=0,348$, aunque valores aceptables y habituales en las simulaciones de corrientes. Una vez calibrado el modelo, se han simulado los escenarios definidos.

3.4.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA ZONA COSTERA DE LANZAROTE

A continuación se muestran los resultados de velocidades y dirección de corriente en el fondo, la concentración máxima de sedimentos en tres capas de la columna de agua (fondo, intermedia y superficie), y la sedimentación de los sedimentos al final de la simulación.

- *Escenario 1:* condiciones de mareas vivas y calma de viento y oleaje.

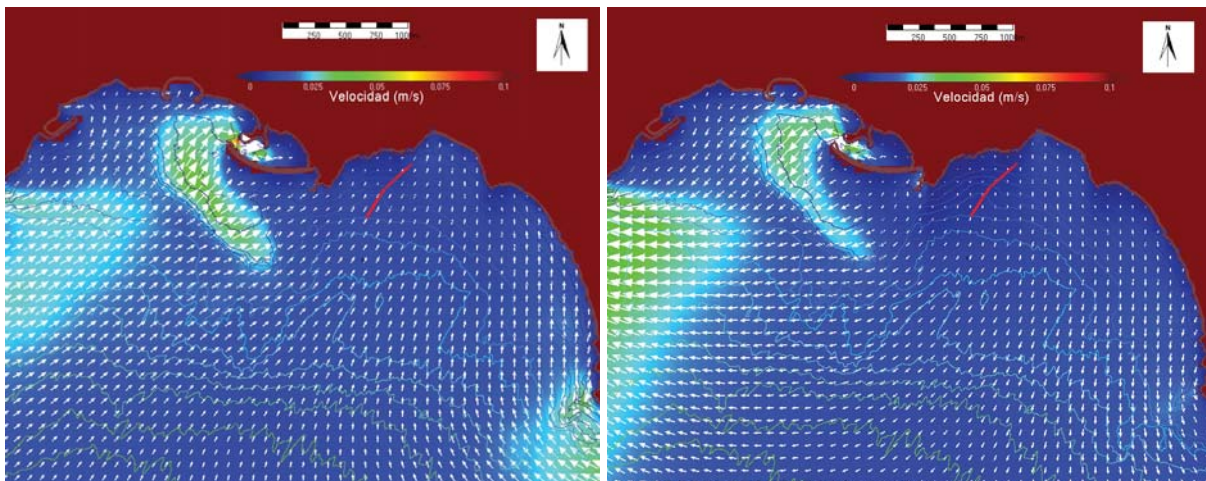


Figura 61. Corrientes en llenante y vaciante en Lanzarote (escenario 1).

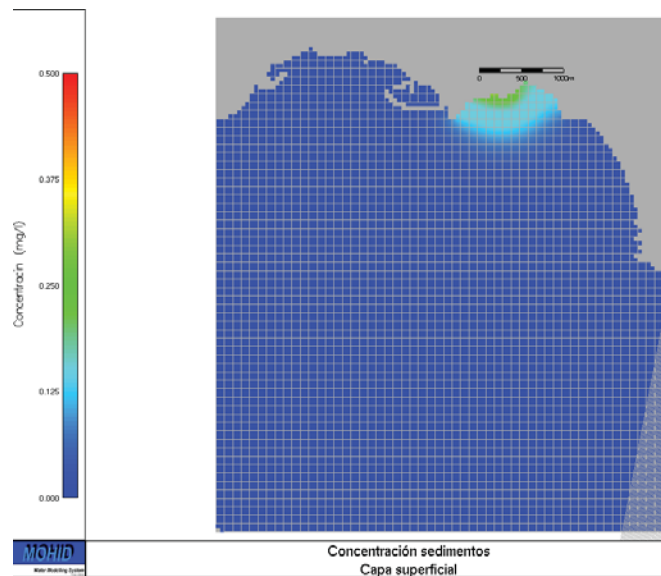


Figura 62. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa superficial (escenario 1).

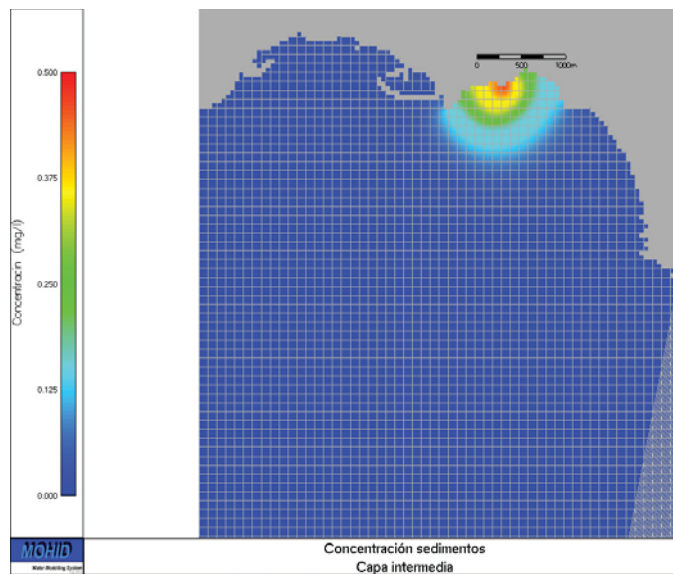


Figura 63. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa intermedia (escenario 1).

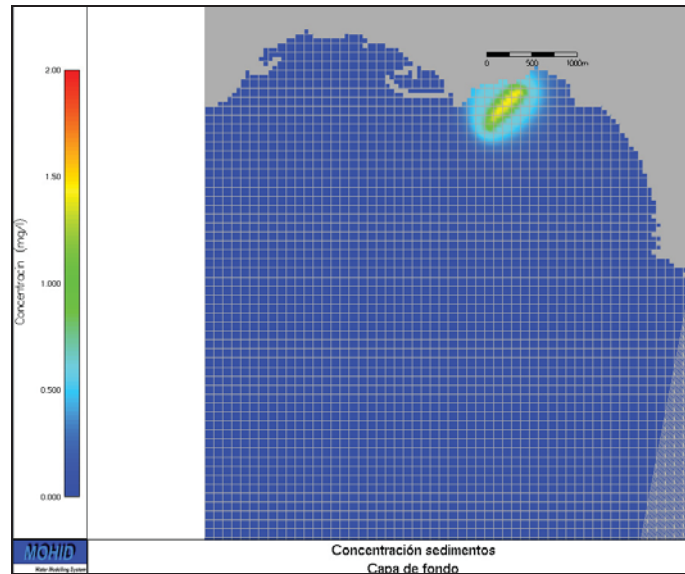


Figura 64. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa de fondo (escenario 1).

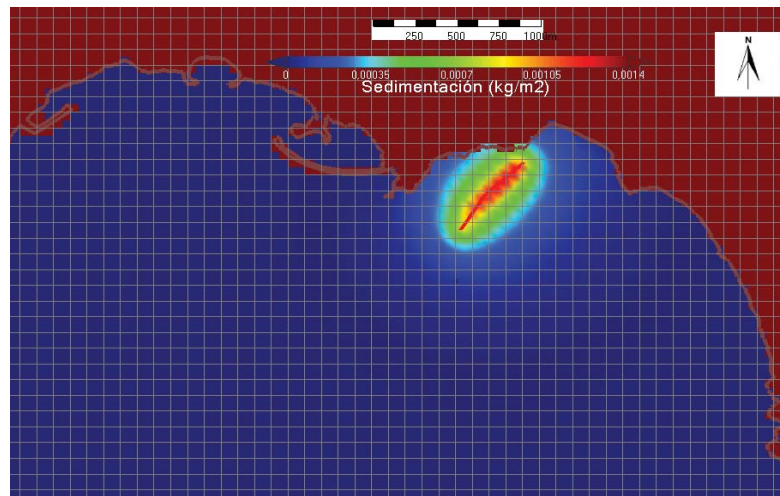


Figura 65. Sedimentación en el fondo (escenario 1).

En las imágenes se observa cómo la zona del trazado no es una zona de fuertes corrientes, lo que hace que las partículas puestas en suspensión no se dispersen mucho.

En los resultados de concentración de sedimentos en la columna de agua, se aprecia claramente que la concentración es mayor en la capa de fondo (hasta 1,5 mg/l) que en la intermedia (hasta 0,5 mg/l) y la superficial (menos de 0,25 mg/l), por otra parte, en la capa superficial la zona a la que llega la pluma (hasta 0,125 mg/l) se extiende 1 km en el eje Este-Oeste, y unos 500 m hacia el sur. En la capa intermedia la pluma llega afecta unos 1,2 km en el eje Este-Oeste y 1 km hacia el sur, en la capa de fondo se aprecia una concentración de 0,5 mg/l en un radio de unos 500 m.

En cuanto a la sedimentación en el fondo, el máximo (1,4 g/m²) se extiende unos 50 m a ambos lados del cable. La sedimentación de 0,3 g/m² alcanza unos 200 m a ambos lados de la traza.

- *Escenario 2: mareas muertas y viento fuerte del NNE (hasta 7 m/s) oleaje en calma.*

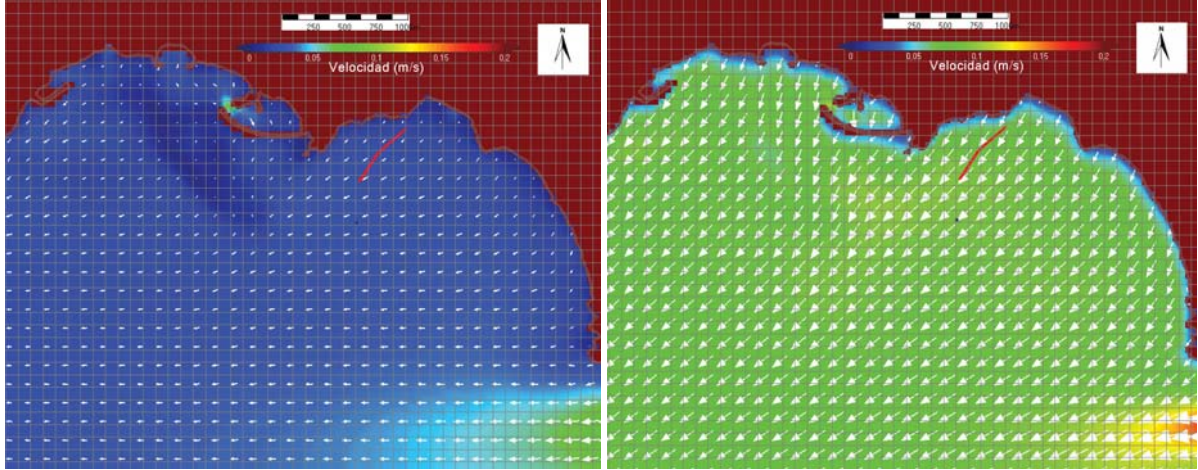


Figura 66. Corrientes en llenante y vaciante en Lanzarote (escenario 2).

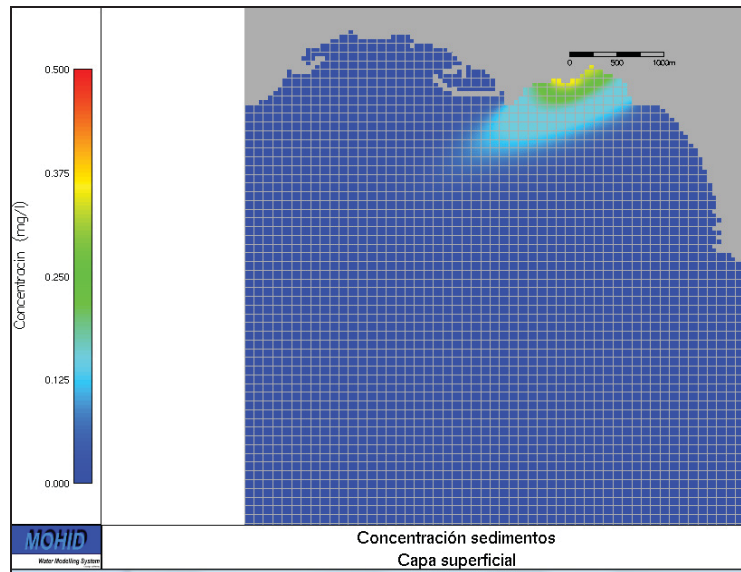


Figura 67. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa superficial (escenario 2).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver.: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

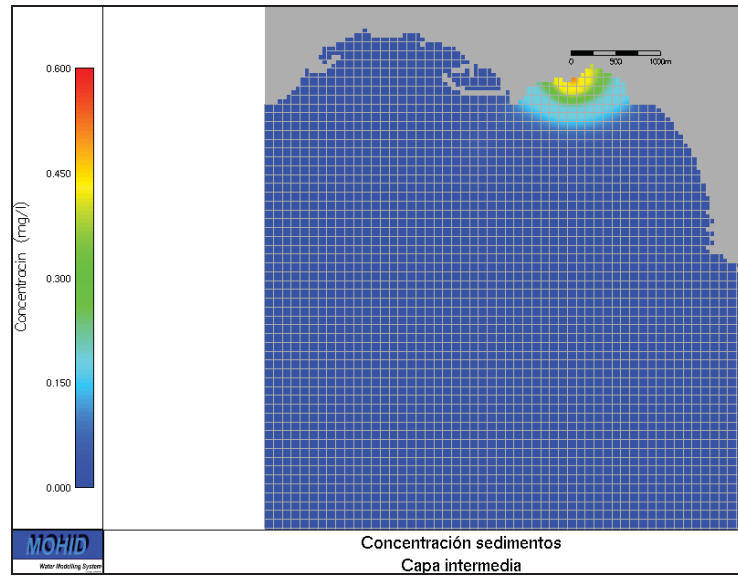


Figura 68. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa intermedia (escenario 2).

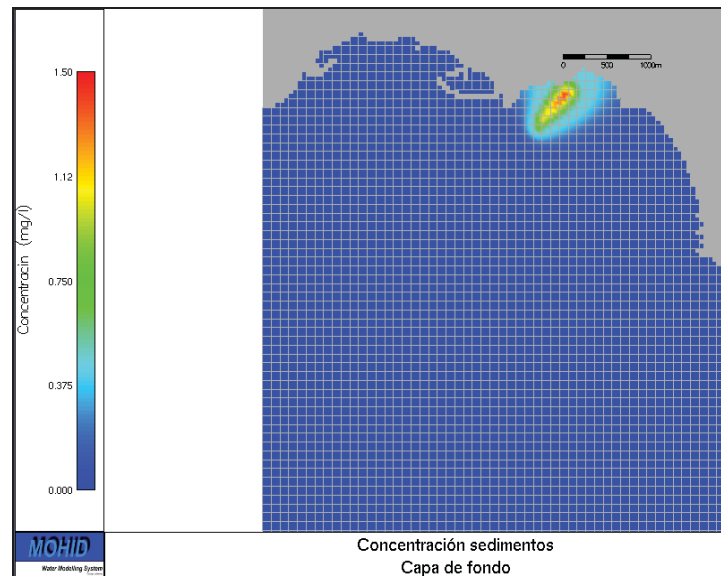


Figura 69. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa de fondo (escenario 2).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver.: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

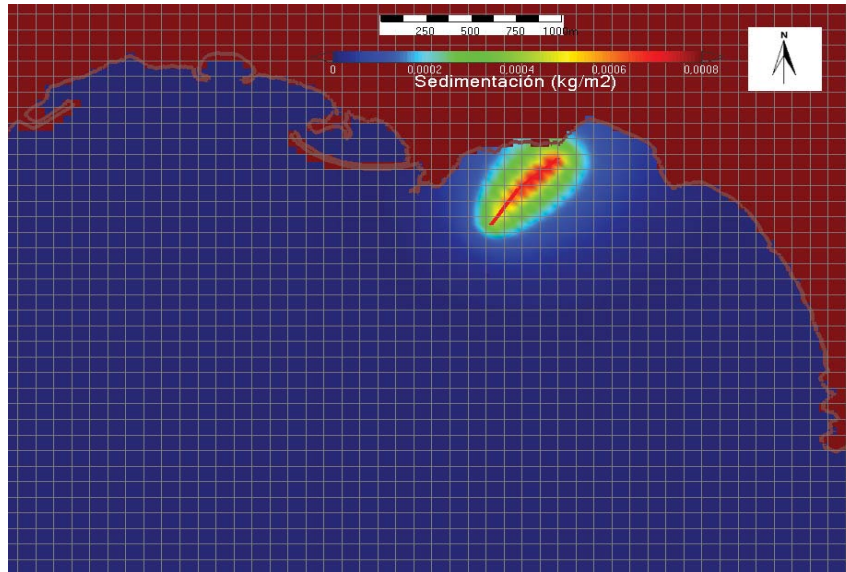


Figura 70. Sedimentación en el fondo (escenario 2).

La corriente superficial muestra el efecto del viento del NNE, que impulsa el agua hacia el sur continuamente. El efecto del viento se aprecia muy claramente también en la forma de la pluma de dispersión en la capa superficial, por lo demás, tanto la concentración de sedimentos en la columna de agua como la sedimentación en el fondo tiene valores y alcances muy similares a los del caso anterior. La concentración en la capa de fondo no supera los 1,5 mg/l, y la sedimentación máxima está en 0,8 g/m².

- *Escenario 3:* mareas vivas, viento fuerte del NNE (hasta 5 m/s) y oleaje del WNW en Lanzarote.

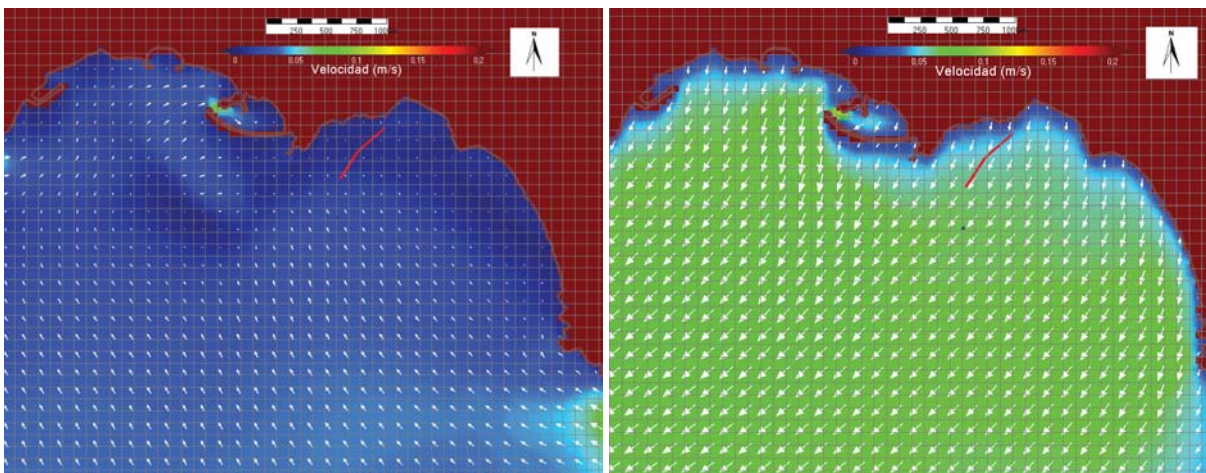


Figura 71. Corrientes en llenante y vaciante en Lanzarote (escenario 3).

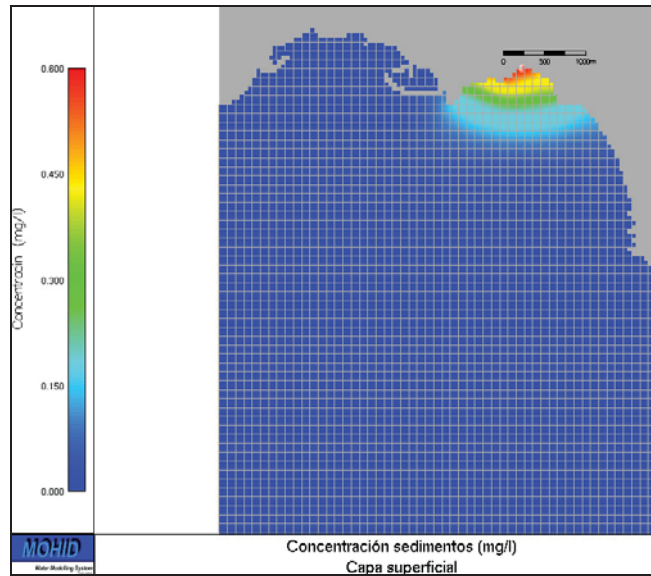


Figura 72. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa superficial (escenario 3).

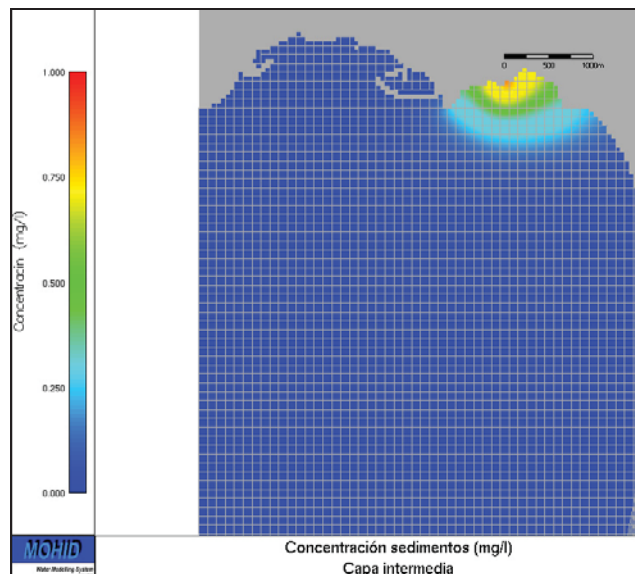


Figura 73. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa intermedia (escenario 3).

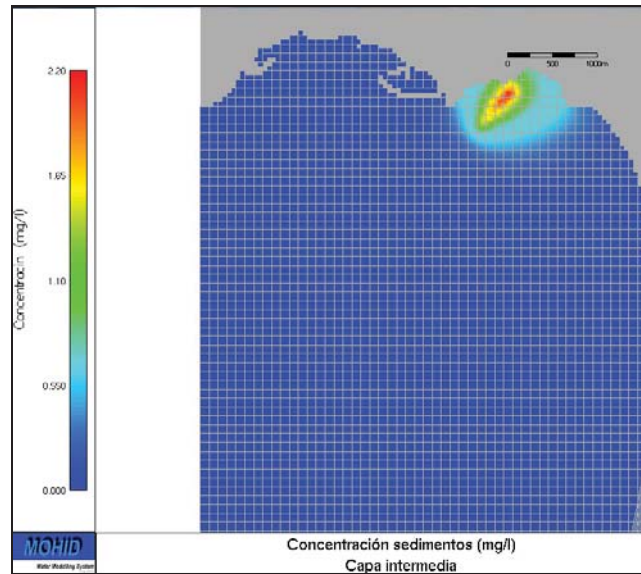


Figura 74. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa de fondo (escenario 3).

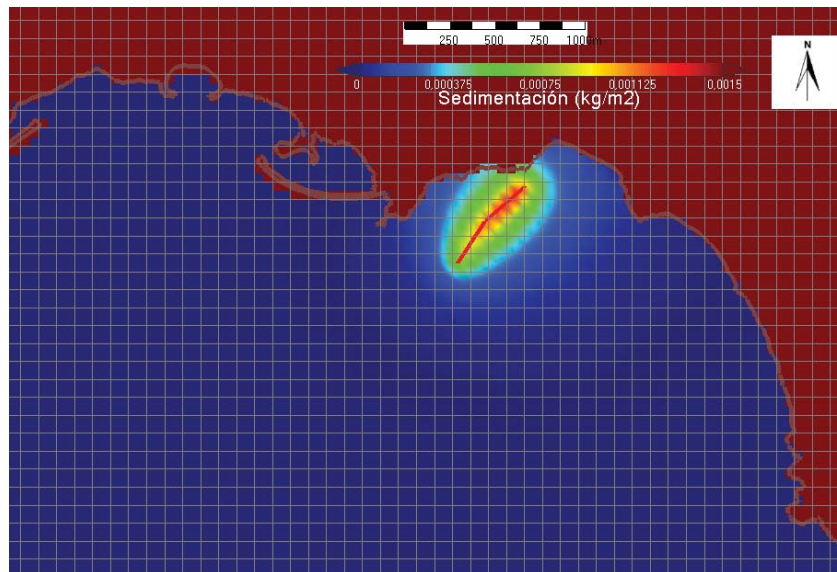


Figura 75. Sedimentación en el fondo (escenario 3).

En las corrientes superficiales se aprecia igualmente el efecto del viento y el oleaje, que hacen que las corrientes de vaciantes sean más intensas que en el escenario 1 pero menos que en el 2, mientras que las de llenante son menos intensas que en el escenario 1 y más que en el 2. La concentración de sedimentos en la columna tiene valores similares al resto de escenarios en las 3 capas analizadas, modificándose la forma de la pluma por las distintas condiciones de viento y oleaje.

De forma general y como valoración final para esta zona, los finos puestos en suspensión en las operaciones de enterramiento del cable son una fracción pequeña, en volumen, del total de sedimentos movilizados, pero las arenas finas y muy finas son muy abundantes en algunos tramos del trazado, por ello se asume, del lado de la seguridad que todo el material puesto en suspensión son arenas muy finas.

En cuanto a la concentración de sedimentos a lo largo de la columna de agua, se han obtenido valores similares en los tres escenarios analizados. Estos materiales estarán bastante cerca del fondo por lo que su influencia en la columna de agua es pequeña (a mitad de columna de agua la concentración máxima no supera los 0,5 mg/l). Si bien es cierto que la forma de la pluma y su extensión se va modificando en los distintos escenarios analizados debido a las distintas condiciones de viento y oleaje.

En cuanto a la sedimentación en el fondo, es también pequeña, en la zona más próxima al cable, no supera los 1,4 g/m², (a lo largo de unos 50 m a ambos lados del cable) mientras que su influencia se extiende unos 200 m a ambos lados de la traza, con una sedimentación a esta distancia de 0,3 g/m².

3.4.4 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA ZONA COSTERA DE FUERTEVENTURA

- *Escenario 1*: condiciones de mareas vivas y calma de viento y oleaje.

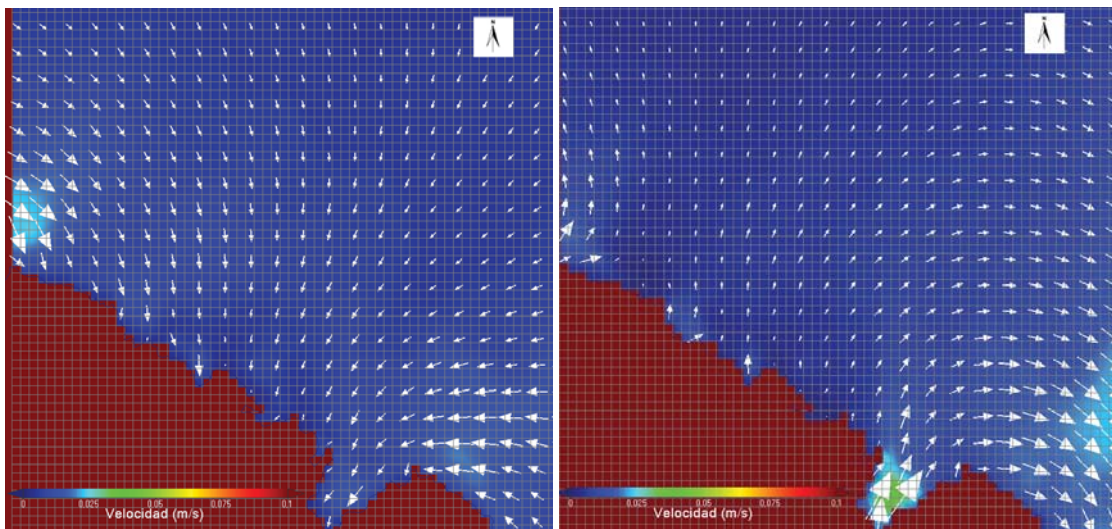


Figura 76. Corrientes en llenante y vaciante en Fuerteventura (escenario 1).

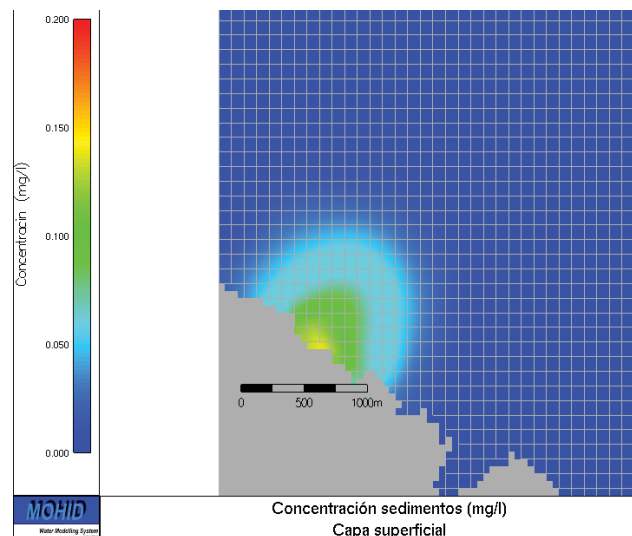


Figura 77. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa superficial (escenario 1).

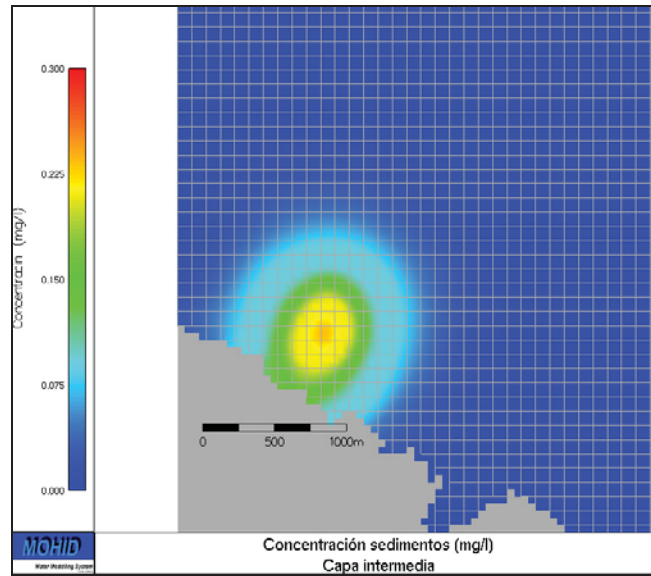


Figura 78. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa intermedia (escenario 1).

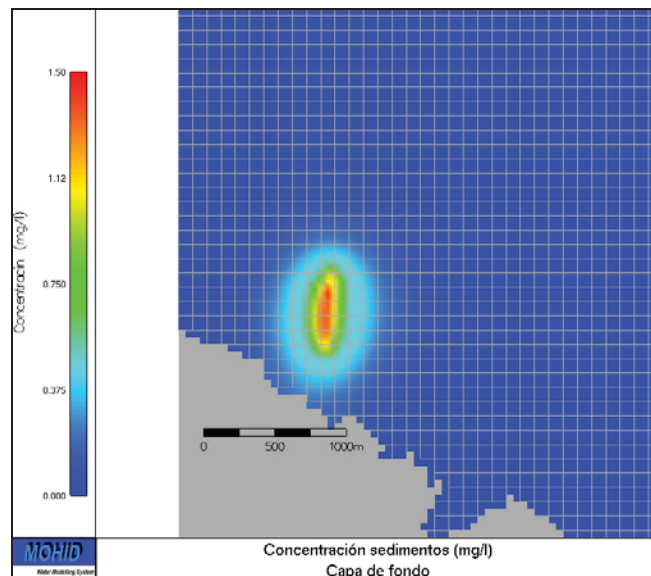


Figura 79. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa de fondo (escenario 1).

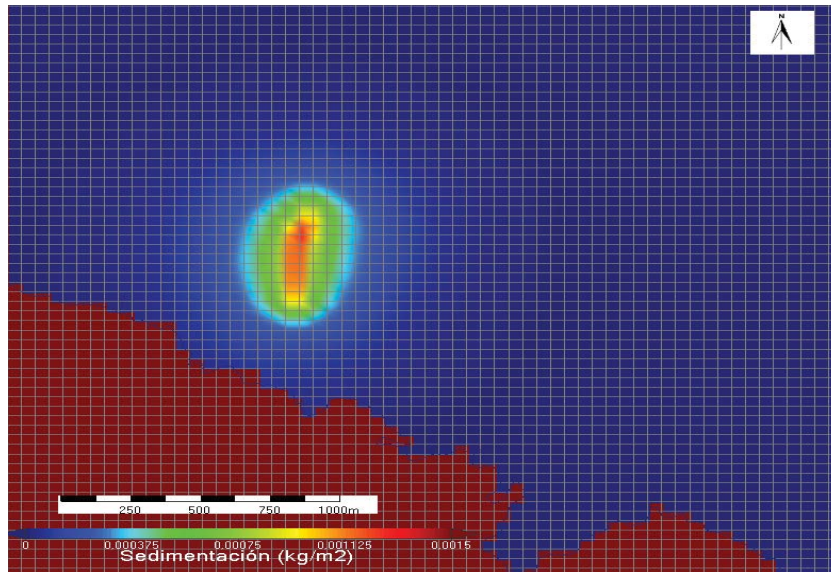


Figura 80. Sedimentación en el fondo (escenario 1).

Los resultados de concentración de sedimentos en la columna de agua muestra cómo en superficie la pluma tiene forma de semicírculo, con 1 km de diámetro, y alcanza la mayor concentración junto a costa, en todo caso no supera en superficie los 0,15 mg/l. En la capa intermedia la pluma tiene un tamaño similar, alcanzando una concentración máxima de 0,25 mg/l, en el fondo la dispersión es menor, teniendo la pluma una forma ovalada, extendiéndose el efecto unos 200 m a ambos lados de la traza (concentraciones de 0,4 mg/l a esta distancia) y concentraciones máximas de 1,5 mg/l en el eje.

En cuanto a la sedimentación en el fondo, tiene forma ovalada, se extiende unos 250 m a ambos lados, con valores máximos de 1,5 g/m² en el centro, y de menos de 0,4 g/m² a 250 m.

- *Escenario 2:* mareas muertas y viento fuerte del NNE (hasta 7 m/s) oleaje en calma.

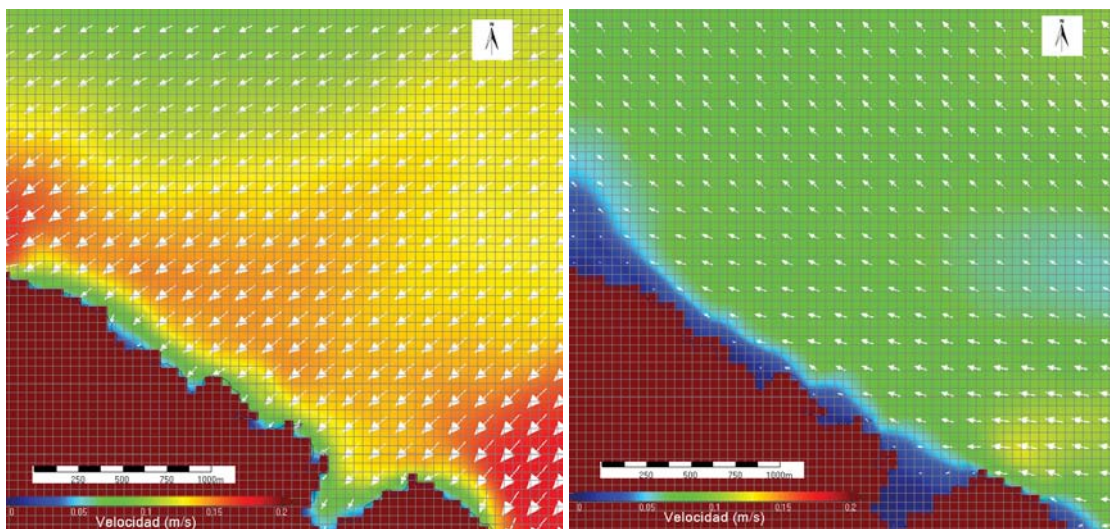


Figura 81. Corrientes en llenante y vaciante en Fuerteventura (escenario 2).

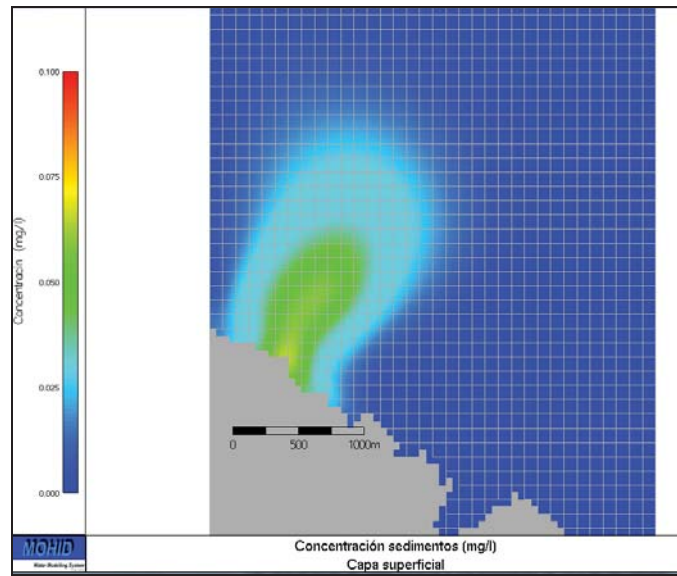


Figura 82. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa superficial (escenario 2).

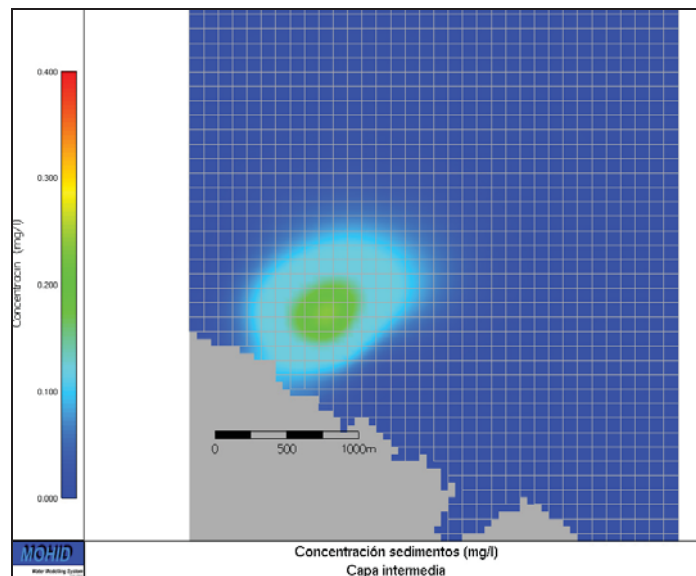


Figura 83. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa intermedia (escenario 2).

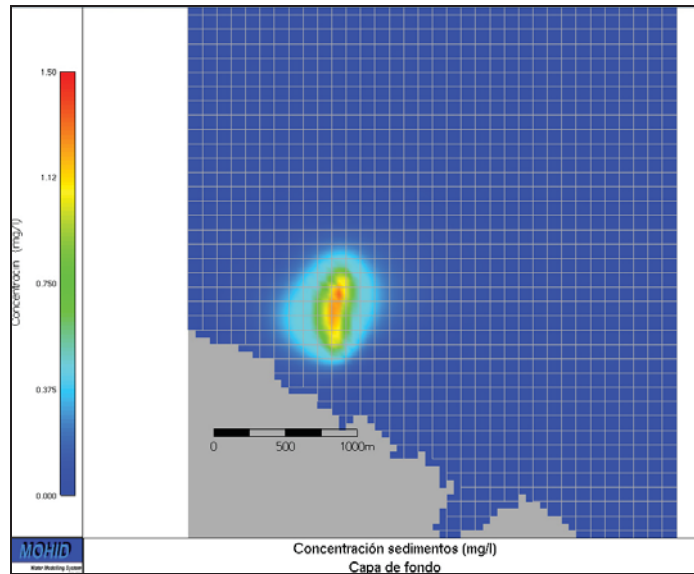


Figura 84. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa de fondo (escenario 2).

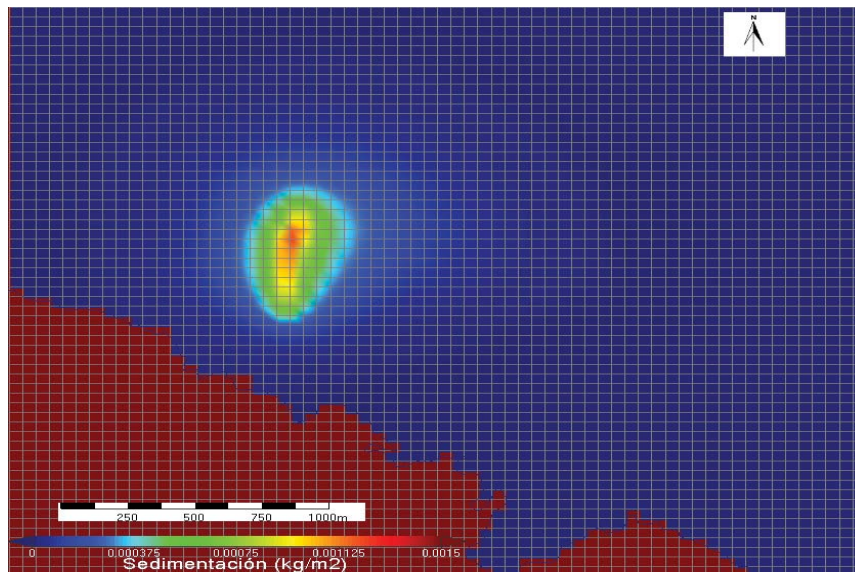


Figura 85. Sedimentación en el fondo (escenario 2).

El efecto del viento hace que las corrientes sean más intensas (las superficiales alcanzan los 0,2 m/s en algunas zonas), esto provoca que la forma de la pluma de dispersión en superficie sea más extensa que en el escenario 1, aunque las concentraciones, lógicamente, son menores, puesto que el material se dispersa más (la pluma tiene 2 km de extensión en el eje vertical), aunque la concentración es prácticamente despreciable (0,025 mg/l). En cuanto a la sedimentación, los resultados casi idénticos al escenario 1, con valores máximos de 1,5 g/m², llegando el efecto (menos de 0,4 g/m²) hasta unos 250 m a ambos lados de la traza.

- *Escenario 3*: mareas vivas, viento fuerte del NNE (hasta 5 m/s) y oleaje del N en Fuerteventura.

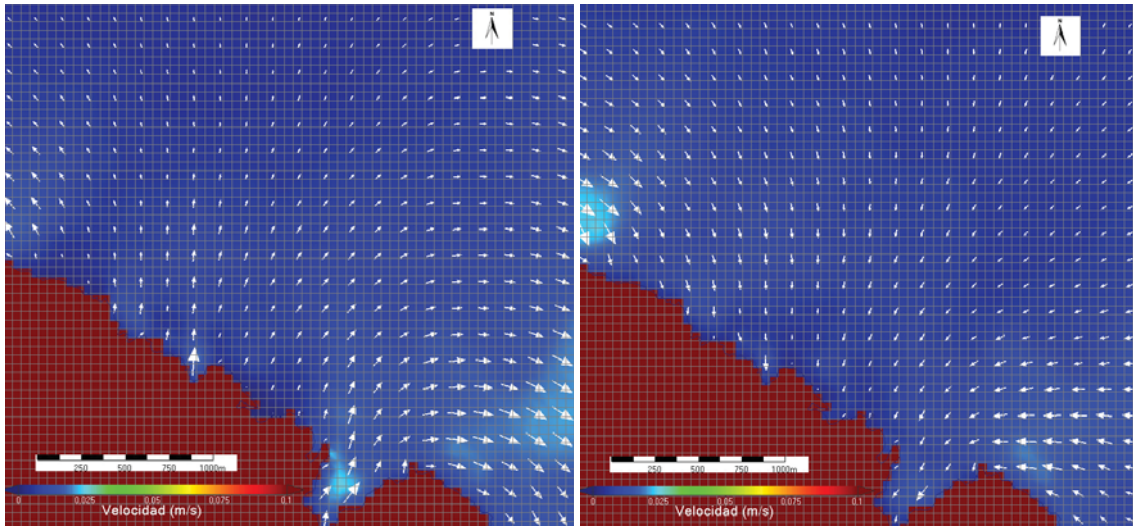


Figura 86. Corrientes en llenante y vaciante en Fuerteventura (escenario 3).

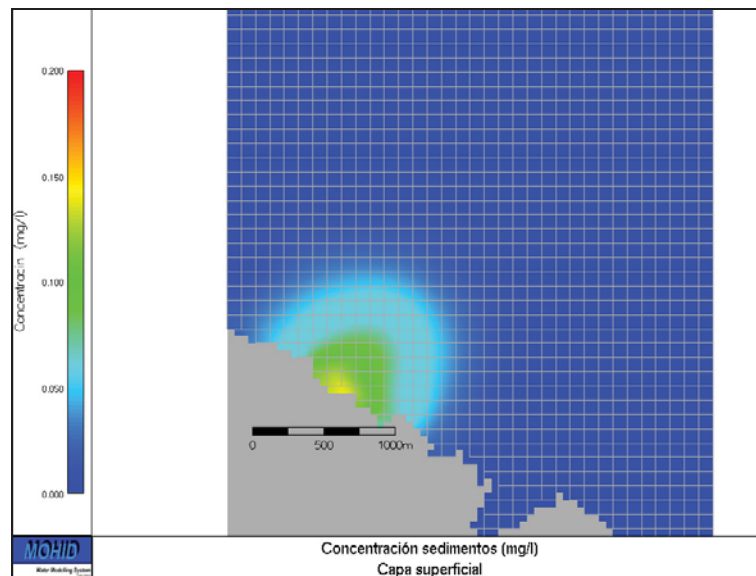


Figura 87. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa superficial (escenario 3).

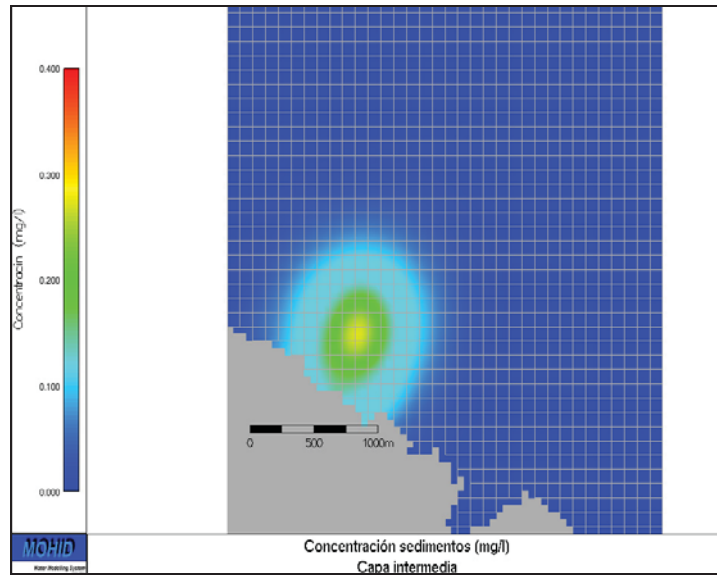


Figura 88. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa intermedia (escenario 3).

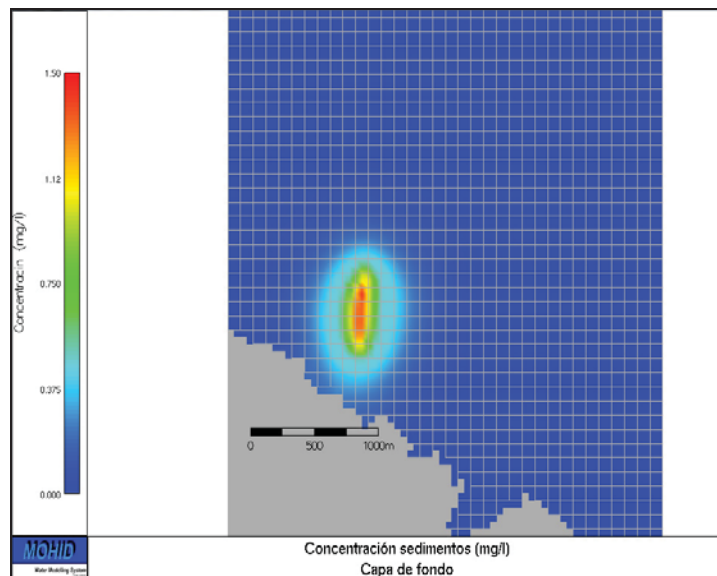


Figura 89. Concentración de sedimentos (mg/l) en la capa de fondo (escenario 3).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver.: 84174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA

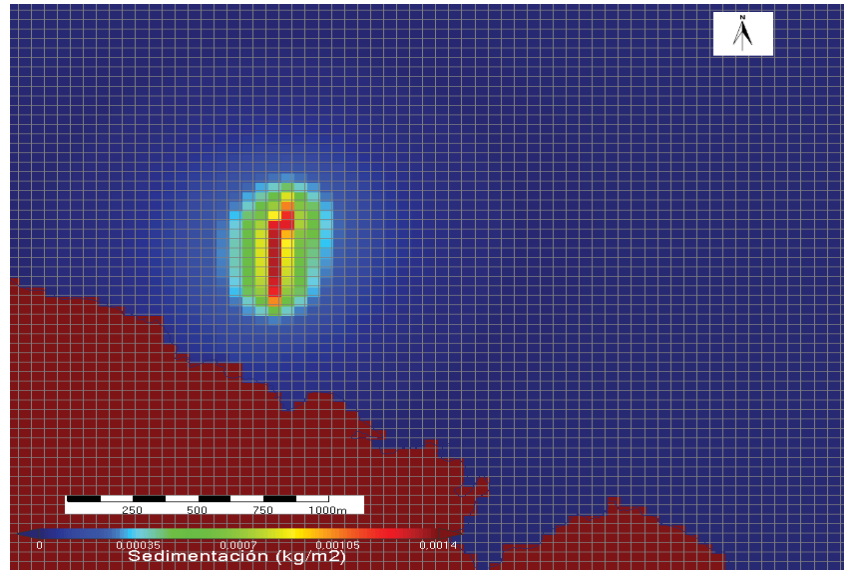


Figura 90. Sedimentación en el fondo (escenario 3).

Los resultados de concentración de sedimentos en la capa de fondo, y la sedimentación son muy similares en todos los escenarios, con concentraciones en el agua, cerca del fondo, de 1,5 mg/l, y sedimentación máxima, junto a la traza, de 1,5 g/m². Las principales diferencias se dan en la extensión de la pluma en superficie por efecto del viento, pero se trata en todo caso de concentraciones muy bajas (menos de 0,1 mg/l) que se extienden entre 500 (escenarios 1 y 3) y 1000 m (escenario 2) alrededor de la traza.

Como valoración final, para los tres escenarios estudiados se puede considerar que la fracción fina y las arenas muy finas y finas son muy escasas en la zona de Fuerteventura, sin embargo, se asume, del lado de la seguridad que todo el material puesto en suspensión son arenas muy finas.

Estos materiales estarán bastante cerca del fondo por lo que su influencia en la columna de agua es pequeña (a mitad de columna de agua la concentración máxima no supera los 0,3 mg/l). En cuanto a la sedimentación en el fondo, es también pequeña, en la zona más próxima al cable, no supera los 1,5 g/m², mientras que su influencia se extiende unos 250 m a ambos lados del cable, con una sedimentación a esta distancia de 0,4 g/m².

Por tanto, se quiere destacar que en el caso de Fuerteventura los resultados de concentración en la columna de agua y de extensión de la sedimentación, son sobreestimados, puesto que la cantidad de finos en las muestras es menor que el simulado.

3.4.5 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA ZONA CENTRAL

Adicionalmente a las zonas costeras, se ha calculado para la zona central del canal, la concentración máxima de sedimentos en tres capas de la columna de agua (fondo, intermedia y superficie), y la sedimentación de los materiales al final de la simulación, para el escenario 3.

La zona en la que se han realizado dichos cálculos se muestra en la siguiente figura y se puede extrapolar al resto del canal.

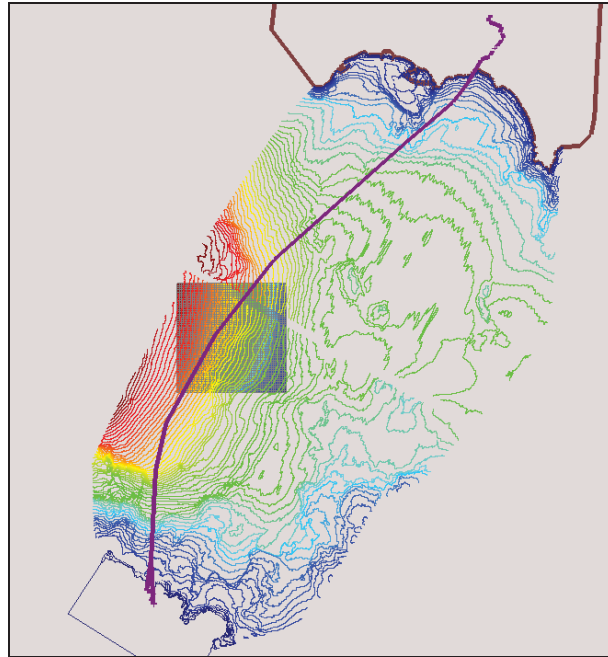


Figura 91. Zona central en la que se ha simulado la sedimentación (cuadrado sombreado).

A continuación se muestran los resultados de concentración en la columna de agua y sedimentación en el fondo en el ámbito de estudio analizado.

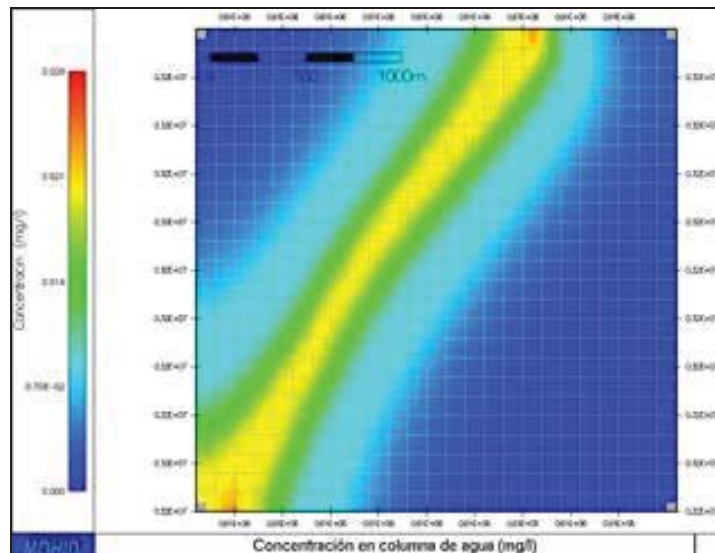


Figura 92.- Concentración de sedimentos en la capa de fondo en mg/l (escenario 3).

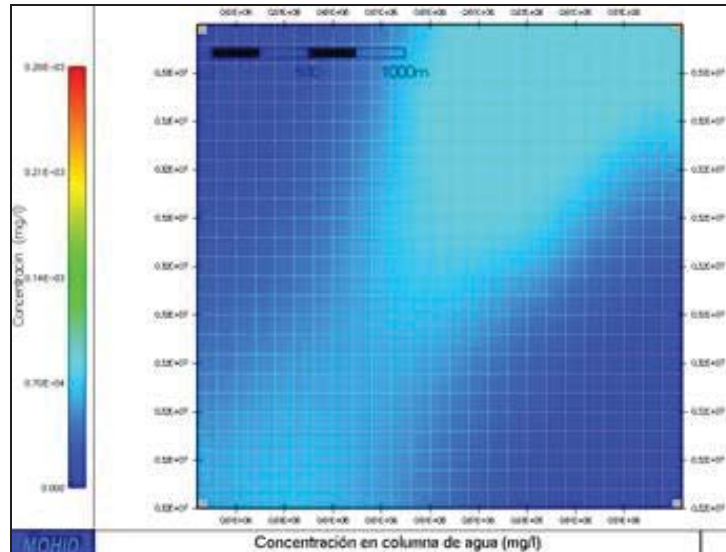


Figura 93.- Concentración de sedimentos en la capa intermedia mg/l (escenario 3).

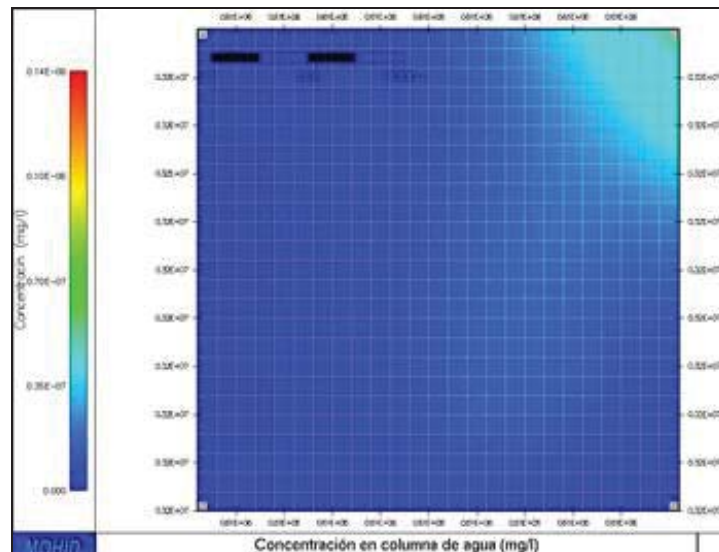


Figura 94.- Concentración de sedimentos en superficie mg/l (escenario 3).

Como se aprecia en las figuras anteriores, las concentraciones en la columna de agua (en las tres profundidades), son mucho menores que las de los casos más cercanos a la costa. En el fondo, las concentraciones llegan a 0,028 mg/l, mientras que a media columna no pasan de 0,0028 mg/l, y en superficie sólo se aprecia en una zona, y son del orden de $14 \cdot 10^{-6}$ mg/l.

A continuación se muestran los resultados de sedimentación en el fondo.

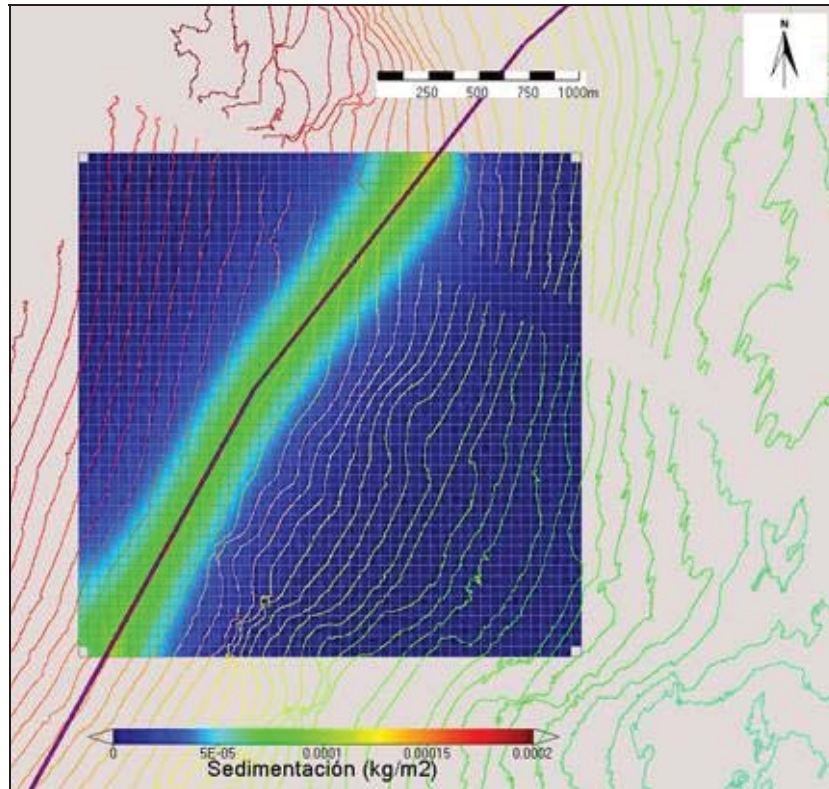
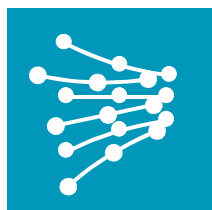


Figura 95.- Sedimentación en la zona central (escenario 3).

En la figura se aprecia cómo los valores máximos de sedimentación en el fondo son un orden de magnitud inferior a los de las zonas costeras (sobre $0,15 \text{ g/m}^2$ como máximo). Al tratarse de una zona más profunda, las corrientes en el fondo son menores por lo que el material sedimenta de forma simétrica al eje, y en menor cantidad, ya que la mayor parte del material sedimenta en el propio eje por ser menor la dinámica. La distancia máxima a la que se notan los efectos (menos de $0,05 \text{ g/m}^2$) no alcanza más de 200 m desde el eje.



RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE
LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
EN LAS ISLAS DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA

CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 kV SIMPLE CIRCUITO
ENTRE LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA)
Y FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)

DOCUMENTO 2
CÁLCULOS

DOCUMENTO Nº 2 – CÁLCULOS

1. **INTRODUCCIÓN**
2. **CABLE SUBMARINO**
3. **CABLE SUBTERRÁNEO**
4. **TENSIÓN INDUCIDA EN LAS PANTALLAS METÁLICAS**

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene los cálculos eléctricos correspondientes a la conexión eléctrica a 132 kV en simple circuito entre Lanzarote (SE Playa Blanca) y Fuerteventura (SE La Oliva).

Los cálculos se realizan para los dos tipos de cable submarino existentes en la conexión; cables tripolares con pantallas de plomo y armaduras metálicas, y para el cable unipolar subterráneo con pantalla de hilos de cobre.

Los cálculos realizados son los siguientes:

- Intensidad máxima admisible en régimen permanente.
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito.
- Cálculo de Impedancias.
- Tensión inducida en las pantallas metálicas.

2. CABLE SUBMARINO

2.1. CABLE SUBMARINO PARA EL LECHO MARINO

GENERALIDADES

- Tipo de cable Tripolar
- Tipo de conductor Cobre tipo cuerda comprimida redonda
- Sección del conductor 300 mm²
- Aislamiento XLPE
- Pantalla metálica Aleación de plomo
- Sección de la pantalla metálica 451.6 mm²
- Tipo de conexión de las pantallas metálicas *Both Ends*
- Distancia entre ejes de los cables 73.5 mm
- Temperatura del terreno 25 °C
- Resistividad térmica del terreno 1 K·m/W

2.1.1. Intensidad máxima admisible en régimen permanente

Los cables submarinos irán enterrados a 1 metro bajo terreno arenoso en profundidades de hasta 70 metros y a 60 cm bajo terreno arenoso en profundidades superiores. El cálculo se muestra para el caso más desfavorable.

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Tipo	Número de circuitos	Profundidad (m)
Cable enterrado en lecho marino	1	1

El cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente se ha realizado con la aplicación CYMCAP que realiza el cálculo aplicando la norma IEC 60287 (equivalente a la norma UNE 21144).

La intensidad máxima admisible se obtiene aplicando la fórmula general siguiente:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d(0.5T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{RT_1 + R(1 + \lambda_1)T_2 + R(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}}$$

Siendo:

- I Intensidad del conductor A
- $\Delta\theta$ Calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente °C
- W_d Pérdidas dieléctricas por unidad de longitud del aislamiento W/m
- T_1 Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla K·m/W
- T_2 Resistencia térmica entre envolvente y armadura K·m/W
- T_3 Resistencia térmica por unidad de longitud de la cubierta exterior K·m/W
- T_4 Resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio ambiente K·m/W
- R Resistencia del conductor en corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio Ω/m
- λ_1 Factor de pérdidas en la pantalla metálica
- λ_2 Factor de pérdidas en la armadura metálica

La intensidad máxima admisible en régimen permanente de la línea resulta ser 527,9 A (121 MVA).

Los resultados más representativos obtenidos con la aplicación CYMCAP se muestran a continuación:

Tipo de instalación: cable directamente enterrado en lecho marino		
Temperatura del terreno	°C	25
Resistividad térmica del terreno	K.m/W	1

Resumen de resultados							
Circuito	Fase	Posición		Factor de carga	Temperatura	Intensidad	Potencia
		X[m]	Y[m]	[p.u.]	[K]	[A]	[MVA]
1	0, 4, 8	0	1	1	90	527,9	121

Temperaturas (°C)		Valor
θ_c	Temperatura del conductor	90
θ_i	Temperatura de la pantalla	75,9
θ_j	Temperatura de la armadura	61,2
θ_s	Temperatura en el exterior de la cubierta	60,2
θ_a	Temperatura ambiente	25

RÉGIMEN PERMANENTE			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
R_o	Resistencia del conductor en corriente continua a 20°C	Ω/km	0,0601
R'	Resistencia del conductor en corriente continua a máxima temperatura	Ω/km	0,07663
R	Resistencia en corriente alterna a la temperatura de operación	Ω/km	0,07808
K_s	Coefficiente de efecto piel	-	1
K_p	Coefficiente de efecto de proximidad	-	1
y_s	Factor de efecto piel	-	0,01385
y_p	Factor de efecto proximidad	-	0,00509

RÉGIMEN PERMANENTE			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
d_c	Diámetro del conductor	m	20,5
c	Distancia entre ejes de conductores y eje del cable tripolar	m	39,96
C	Capacidad del cable	F/m	1,50E-07
$\tan \delta$	Factor de pérdidas dieléctricas	-	0,001
ϵ	Permitividad relativa	-	2,5
W_d	Pérdidas dieléctricas por fase	W/m	0,27734
λ_1	Factor de pérdidas en pantalla	-	0,06349
λ'_1	Factor de pérdidas en pantalla debidas a las corrientes de circulación	-	0,06349
λ''_1	Factor de pérdidas en pantalla debidas a las corrientes de Foucault	-	0
λ_2	Factor de pérdidas en armadura	-	0,00477
T_1	Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla	°C.m/W	0,64452
t_1	Espesor de aislamiento entre conductor y pantalla	m	22,35
ρ_{Ti}	Resistividad térmica del aislamiento	°C.m/W	3,5
T_2	Resistencia térmica entre pantalla y armadura	°C.m/W	0,20866
t_2	Espesor de la capa colchón	mm	7,75
ρ_{Tb}	Resistividad térmica de la capa colchón	°C.m/W	6
T_3	Resistencia térmica de la cubierta	°C.m/W	0,01389
t_3	Espesor de la cubierta	m	1,25
ρ_{Ts}	Resistencia térmica de la cubierta	°C.m/W	6
T_4	Resistencia térmica total del medio exterior	°C.m/W	0,49948
L	Profundidad al eje de los cables	m	1
U	Coficiente usado en IEC 60287-2-1 Apartado 2.2	-	11,55434
I	Intensidad del conductor	A	527,9

2.1.2 Intensidad máxima admisible de cortocircuito en la pantalla metálica

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla metálica se calcula con la aplicación CYMCAP que aplica la norma IEC60949 (equivalente UNE 21192), teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Siendo:

- I_{ad} Corriente de cortocircuito admisible A
- t Duración del cortocircuito s
- K Constante de la naturaleza del metal de la pantalla $A s^{1/2}/mm^2$
- S Sección nominal de la pantalla mm^2
- θ_f Temperatura final °C
- θ_i Temperatura inicial °C
- β Valor inverso del coeficiente de variación de la resistencia del metal del conductor a 0°C K

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla metálica resultante es 16,5 kA.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con el programa CYMCAP:

CORTOCIRCUITO			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
t	Duración del cortocircuito	s	0,5
K	Constante (IEC 60949)	$As^{1/2}/mm^2$	41
S	Sección de la pantalla metálica	mm^2	446
θ_i	Temperatura inicial	°C	75,9
θ_f	Temperatura final	°C	250
β	Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura a 0°C	°C	230
I_{AD}	Intensidad de cortocircuito admisible	kA	16,496

2.1.3 Cálculo de impedancias

El cálculo de impedancias se ha realizado con la aplicación CYMCAP cuyos resultados se muestran a continuación.

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA	UNIDAD	VALOR
Impedancia de secuencia directa $Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0.07808 + j0.13658
Impedancia de secuencia inversa $Z_- = Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0.07808 + j0.13658
Impedancia de secuencia homopolar $Z_0 = R_0 + jX_0$	Ω/km	1.45122 + j0.04539

Siendo:

$R_{ac_90^\circ C}$	Intensidad del conductor en corriente alterna a 90°C	Ω
X	Reactancia del conductor	Ω/km
R_0	Resistencia de secuencia homopolar	Ω
X_0	Reactancia de secuencia homopolar	Ω/km

2.2. CABLE SUBMARINO EN PERFORACIÓN DIRIGIDA

GENERALIDADES

- Tipo de cable Tripolar
- Tipo de conductor Cobre tipo cuerda comprimida redonda
- Sección del conductor 630 mm²
- Aislamiento XLPE
- Pantalla metálica Aleación de plomo
- Sección de la pantalla metálica 546.3 mm²
- Tipo de conexión de las pantallas metálicas *Both Ends*
- Distancia entre ejes de los cables 83.1 mm
- Temperatura del terreno 25 °C
- Resistividad térmica del terreno 1 K·m/W

2.2.1. Intensidad máxima admisible en régimen permanente

Se muestra el cálculo para la sección más desfavorable, la cual corresponde a la salida al mar desde la isla de Fuerteventura y que se realiza mediante perforación horizontal dirigida (PHD).

La PHD alcanza una profundidad de 18,731 m bajo el nivel del mar, estando enterrada 18,1 m en el terreno en su sección más desfavorable.

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Tipo	Profundidad (m)
PHD	18,1 (respecto al lecho marino)

El cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente se ha realizado con la aplicación CYMCAP que realiza el cálculo aplicando la norma IEC 60287 (equivalente a la norma UNE 21144).

La intensidad máxima admisible se obtiene aplicando la fórmula general siguiente:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d(0.5T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{RT_1 + R(1 + \lambda_1)T_2 + R(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}}$$

Siendo:

I	Intensidad del conductor	A
$\Delta\theta$	Calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente	°C
W_d	Pérdidas dieléctricas por unidad de longitud del aislamiento	W/m
T_1	Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla	K·m/W
T_2	Resistencia térmica entre envolvente y armadura	K·m/W
T_3	Resistencia térmica por unidad de longitud de la cubierta exterior	K·m/W
T_4	Resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio ambiente	K·m/W
R	Resistencia del conductor en corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio	Ω/m

λ_1 Factor de pérdidas en la pantalla metálica

λ_2 Factor de pérdidas en la armadura metálica

La intensidad máxima admisible en régimen permanente de la línea resulta ser 523 A (120 MVA).

Los resultados más representativos obtenidos con la aplicación CYMCAP se muestran a continuación:

Tipo de instalación: PHD				
Temperatura del terreno			°C	25
Resistividad térmica del terreno			K.m/W	1
PHD	Dimensiones [m]			
Nº	X Centro	Y Centro	Diámetro ext. vaina PHD	Diámetro int. Vaina PHD
1	0	18,585	0,450	0,368

Resumen de resultados							
Circuito	Fase	Posición		Factor de carga	Temperatura	Intensidad	Potencia
		X[m]	Y[m]	[p.u.]	[K]	[A]	[MVA]
1	0, 4, 8	0	18,67	1	90	523	120

Temperaturas (°C)		Valor
θ_c	Temperatura del conductor	90
θ_i	Temperatura de la pantalla	84,2
θ_j	Temperatura de la armadura	83,7
θ_s	Temperatura en el exterior de la cubierta	68,2
θ_a	Temperatura ambiente	25

RÉGIMEN PERMANENTE			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
R_o	Resistencia del conductor en corriente continua a 20°C	Ω/km	0,0283
R^i	Resistencia del conductor en corriente continua a máxima temperatura	Ω/km	0,03609

RÉGIMEN PERMANENTE			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
R	Resistencia en corriente alterna a la temperatura de operación	Ω/km	0,03931
K_s	Coeficiente de efecto piel	-	1
K_p	Coeficiente de efecto de proximidad	-	1
y_s	Factor de efecto piel	-	0,06012
y_p	Factor de efecto proximidad	-	0,02929
d_c	Diámetro del conductor	m	30,5
c	Distancia entre ejes de conductores y eje del cable tripolar	m	47,98
C	Capacidad del cable	F/m	2,00E-07
$\tan \delta$	Factor de pérdidas dieléctricas	-	0,001
ϵ	Permitividad relativa	-	2,5
W_d	Pérdidas dieléctricas por fase	W/m	0,36175
λ_1	Factor de pérdidas en pantalla	-	0,16089
λ'_1	Factor de pérdidas en pantalla debidas a las corrientes de circulación	-	0,16089
λ''_1	Factor de pérdidas en pantalla debidas a las corrientes de Foucault	-	0
λ_2	Factor de pérdidas en armadura	-	0,46328
T_1	Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla	$^{\circ}\text{C.m/W}$	0,52803
t_1	Espesor de aislamiento entre conductor y pantalla	m	24,1
ρ_{T1}	Resistividad térmica del aislamiento	$^{\circ}\text{C.m/W}$	3,5
T_2	Resistencia térmica entre pantalla y armadura	$^{\circ}\text{C.m/W}$	0,01376
t_2	Espesor de la capa colchón	mm	0,27
ρ_{Tb}	Resistividad térmica de la capa colchón	$^{\circ}\text{C.m/W}$	6
T_3	Resistencia térmica de la cubierta	$^{\circ}\text{C.m/W}$	0,03138
t_3	Espesor de la cubierta	m	3,2
ρ_{Ts}	Resistencia térmica de la cubierta	$^{\circ}\text{C.m/W}$	6

RÉGIMEN PERMANENTE			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
T ₄	Resistencia térmica total del medio exterior	°C.m/W	1,06682
L	Profundidad al eje de los cables (respecto al lecho marino)	m	18,07
U	Coficiente usado en IEC 60287-2-1 Apartado 2.2	-	80,31111
I	Intensidad del conductor	A	522,9

2.2.2. Intensidad máxima admisible de cortocircuito en la pantalla metálica

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla metálica se calcula con la aplicación CYMCAP que aplica la norma IEC60949 (equivalente UNE 21192), teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Siendo:

- I_{ad} Corriente de cortocircuito admisible A
- t Duración del cortocircuito s
- K Constante de la naturaleza del metal de la pantalla A s^{1/2}/mm²
- S Sección nominal de la pantalla mm²
- θ_f Temperatura final °C
- θ_i Temperatura inicial °C
- β Valor inverso del coeficiente de variación de la resistencia del metal del conductor a 0°C K

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla metálica resultante es 21,2 kA.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con el programa CYMCAP:

CORTOCIRCUITO			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
t	Duración del cortocircuito	s	0,5
K	Constante (IEC 60949)	As ^{1/2} /mm ²	41

CORTOCIRCUITO			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
S	Sección de la pantalla metálica	mm ²	446
θ_i	Temperatura inicial	°C	84,2
θ_f	Temperatura final	°C	250
β	Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura a 0°C	°C	230
I _{AD}	Intensidad de cortocircuito admisible	kA	21,186

2.2.3. Cálculo de impedancias

El cálculo de impedancias se ha realizado con la aplicación CYMCAP cuyos resultados se muestran a continuación.

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA	UNIDAD	VALOR
Impedancia de secuencia directa $Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0.03931 + j0.13720
Impedancia de secuencia inversa $Z_- = Z_+ = R_{ac_90^\circ C} + jX$	Ω/km	0.03931 + j0.13720
Impedancia de secuencia homopolar $Z_0 = R_0 + jX_0$	Ω/km	0.21910 + j0.04524

Siendo:

R _{ac_90°C}	Intensidad del conductor en corriente alterna a 90°C	Ω
X	Reactancia del conductor	Ω/km
R ₀	Resistencia de secuencia homopolar	Ω
X ₀	Reactancia de secuencia homopolar	Ω/km

3. CABLE SUBTERRÁNEO

GENERALIDADES

- Tipo de cable Unipolar
- Tipo de conductor Aluminio tipo cuerda compacta redonda
- Sección del conductor 1000 mm²
- Pantalla metálica Hilos de cobre
- Sección de la pantalla metálica 200 mm²
- Tipo de conexión de las pantallas metálicas *Single Point*
- Configuración de los cables Tresbolillo
- Distancia entre ejes de los cables 240 mm
- Temperatura del suelo 25 °C
- Resistividad térmica del suelo 1 K·m/W
- Resistividad térmica del hormigón 0,85 K·m/W

3.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN PERMANENTE

El trazado subterráneo discurre según la zanja tipo hormigonada y entubada de Red Eléctrica recogida en el documento 3 PLANOS, del presente proyecto.

Se muestra el cálculo para la sección más desfavorable, que corresponde al cruce con un canal en el que la zanja alcanza una profundidad de 3,79 m. La conexión de las pantallas metálicas es en configuración *single point*.

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Tipo	Número de circuitos	Profundidad (m)
Zanja	1	3,79

El cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente se ha realizado con la aplicación CYMCAP que realiza el cálculo aplicando la norma IEC 60287 (equivalente a la norma UNE 21144).

La intensidad máxima admisible se obtiene aplicando la fórmula general siguiente:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d(0.5T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{RT_1 + R(1 + \lambda_1)T_2 + R(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}}$$

Siendo:

- I Intensidad del conductor A
- $\Delta\theta$ Calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente °C
- W_d Pérdidas dieléctricas por unidad de longitud del aislamiento..... W/m
- T_1 Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla K·m/W
- T_2 Resistencia térmica entre envolvente y armadura K·m/W
- T_3 Resistencia térmica por unidad de longitud de la cubierta exterior K·m/W
- T_4 Resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio ambiente K·m/W
- R Resistencia del conductor en corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio Ω/m
- λ_1 Factor de pérdidas en la pantalla metálica
- λ_2 Factor de pérdidas en la armadura metálica

La intensidad máxima admisible en régimen permanente de la línea resulta ser 791,7 A (181 MVA).

Los resultados más representativos obtenidos con la aplicación CYMCAP se muestran a continuación:

Tipo de instalación: Zanja simple circuito (SC)			
Temperatura del terreno		°C	25
Resistividad térmica del terreno		K.m/W	1
Resistividad térmica del hormigón		K.m/W	0,85
Posición [m]		Dimensiones [m]	
X (Centro)	Y (Profundidad fondo)	Anchura	Altura
0	3,79	0,7	0,65

Resumen de resultados							
Circuito	Fase	Posición		Factor de carga	Temperatura	Intensidad	Potencia
		X[m]	Y[m]	[p.u.]	[°C]	[A]	[MVA]
Lanzarote-Fuerteventura	0	-0,12	3,646	1	90	791,7	181
	4	0,12	3,646	1	90	791,7	
	8	0	3,438	1	89,7	791,7	

Temperaturas (°C)		Circuito La Oliva – Playa Blanca / Fase		
Símbolo	Descripción	0	4	8
θ_c	Temperatura del conductor	90	90	89,7
θ_i	Temperatura de la pantalla	79,1	79,1	78,8
θ_j	Temperatura de la cubierta	77,6	77,6	77,3
θ_s	Temperatura en el exterior del tubo	68,2	68,2	67,9
θ_a	Temperatura ambiente	25	25	25

RÉGIMEN PERMANENTE			Circuito La Oliva – Playa Blanca / Fase		
Símbolo	Descripción	Unidad	0	4	8
R_o	Resistencia del conductor en corriente continua a 20°C	Ω/km	0,0291	0,0291	0,0291
R'	Resistencia del conductor en corriente continua a máxima temperatura	Ω/km	0,03731	0,03731	0,03727
R	Resistencia en corriente alterna a la temperatura de operación	Ω/km	0,03961	0,03961	0,03957
K_s	Coefficiente de efecto piel	-	1	1	1
K_p	Coefficiente de efecto de proximidad	-	1	1	1
y_s	Factor de efecto piel	-	0,05642	0,05642	0,05654
y_p	Factor de efecto proximidad	-	0,00523	0,00523	0,00524
d_c	Diámetro del conductor	m	38,4	38,4	38,4
C	Capacidad del cable	F/m	2,40E-07	2,40E-07	2,40E-07

RÉGIMEN PERMANENTE			Circuito La Oliva – Playa Blanca / Fase		
Símbolo	Descripción	Unidad	0	4	8
$\tan \Delta$	Factor de pérdidas dieléctricas	-	0,001	0,001	0,001
ϵ	Permitividad relativa	-	2,5	2,5	2,5
W_d	Pérdidas dieléctricas por fase	W/m	0,44037	0,44037	0,44037
λ_1	Factor de pérdidas en pantalla	-	0	0	0
λ'_1	Factor de pérdidas en pantalla debidas a las corrientes de circulación	-	0	0	0
λ''_1	Factor de pérdidas en pantalla debidas a las corrientes de Foucault	-	0	0	0
λ_2	Factor de pérdidas en armadura	-	0	0	0
T_1	Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla	K·m/W	0,4351	0,4351	0,4351
t_1	Espesor de aislamiento entre conductor y pantalla	m	25,4	25,4	25,4
ρ_{T1}	Resistividad térmica del aislamiento	K·m/W	3,5	3,5	3,5
T_2	Resistencia térmica entre pantalla y armadura	K·m/W	0	0	0
T_3	Resistencia térmica de la cubierta	K·m/W	0,05806	0,05806	0,05806
t_3	Espesor de la cubierta	m	4,85	4,85	4,85
ρ_{Tj}	Resistividad térmica de la cubierta	K·m/W	3,5	3,5	3,5
T'_4	Resistencia térmica entre cable y tubo	K·m/W	0,27942	0,27942	0,27988
T''_4	Resistencia térmica del tubo	K·m/W	0,09382	0,09382	0,09382
T'''_4	Resistencia térmica del medio circundante al tubo	K·m/W	1,71008	1,71008	1,69826
U	Coefficiente según IEC 60287-2-1 Apartado 2.2.7.1	-	1,87	1,87	1,87
V	Coefficiente según IEC 60287-2-1 Apartado 2.2.7.1	-	0,312	0,312	0,312
Y	Coefficiente según IEC 60287-2-1 Apartado 2.2.7.1	-	0,0037	0,0037	0,0037

RÉGIMEN PERMANENTE			Circuito La Oliva – Playa Blanca / Fase		
Símbolo	Descripción	Unidad	0	4	8
θ_m	Temperatura media del ambiente entre cable y tubo	°C	72,66354	72,66354	72,36191
D_o	Diámetro exterior del tubo	m	200	200	200
D_d	Diámetro interior del tubo	m	169	169	169
ρ_T	Resistividad térmica del material del tubo	K·m/W	3,5	3,5	3,5
ρ_c	Resistividad térmica del hormigón	K·m/W	0,85	0,85	0,85
T_4	Resistencia térmica total del medio exterior	K·m/W	2,08332	2,08332	2,07195
N	Número de cables en servicio en el banco de tubos	-	3	3	3
ρ_e	Resistividad térmica del terreno alrededor del banco de tubos	K·m/W	1	1	1
u	Coefficiente según IEC 60287-2-1 Apartado 2.2	-	9,42575	9,42575	9,42575
L_G	Profundidad del centro del banco de tubos	m	3,465	3,465	3,465
r_b	Radio equivalente del banco de tubos	m	0,36761	0,36761	0,36761
x	Lado corto del banco de tubos	m	0,65	0,65	0,65
y	Lado largo del banco de tubos	m	0,7	0,7	0,7
I	Intensidad del conductor	A	791,7	791,7	791,7

3.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA METÁLICA

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla metálica se calcula con la aplicación CYMCAP que aplica la norma IEC60949 (equivalente UNE 21192), teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Siendo:

- I_{ad} Corriente de cortocircuito admisible A
 t Duración del cortocircuito s
 K Constante de la naturaleza del metal de la pantalla $A s^{1/2}/mm^2$
 S Sección nominal de la pantalla mm^2
 θ_f Temperatura final °C
 θ_i Temperatura inicial °C
 β Valor inverso del coeficiente de variación de la
 resistencia del metal del conductor a 0°C K

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla metálica resultante es 42,37 kA.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con el programa CYMCAP:

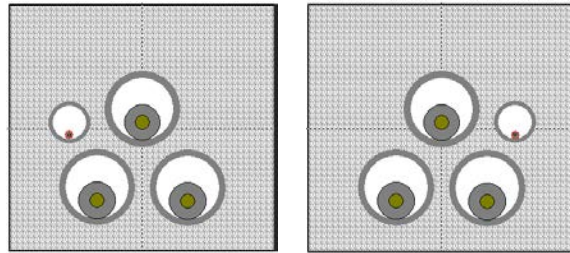
CORTOCIRCUITO			Circuito Lanzarote-Fuerteventura / Fase		
Símbolo	Descripción	Unidad	0	4	8
t	Duración del cortocircuito	s	0,5	0,5	0,5
K	Constante (IEC 60949)	$As^{1/2}/mm^2$	225,669	225,669	225,669
S	Sección de la pantalla metálica	mm^2	201,28	201,28	201,28
θ_i	Temperatura inicial	°C	79,1	79,1	78,76
θ_f	Temperatura final	°C	250	250	250
β	Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura a 0°C	°C	234,5	234,5	234,5
I_{AD}	Intensidad de cortocircuito admisible	kA	42,37	42,37	42,42

3.3. CÁLCULO DE IMPEDANCIAS

El cálculo de impedancias se ha realizado con la aplicación CYMCAP.

El cálculo se ha realizado teniendo en cuenta el tipo de conexionado de pantallas de la línea en sus diferentes tramos, el cual es, para todos los casos, en configuración *single point*.

Simple circuito en configuración SP



Componentes simétricas [Ω/km]			
Circuito/Secuencia	Z0	Z1	Z2
Lanzarote - Fuerteventura	$0.194791 + j$ 0.658157	$0.039687 + j$ 0.173753	$0.039687 + j$ 0.173753

Admitancias de secuencia [$\mu\text{S}/\text{km}$]			
Circuito/Secuencia	Z0	Z1	Z2
Lanzarote - Fuerteventura	$0.075886 + j$ 75.88611	$0.075886 + j$ 75.88611	$0.075886 + j$ 75.88611

4. TENSIÓN INDUCIDA EN LAS PANTALLAS METÁLICAS

El cálculo de las tensiones inducidas se ha realizado mediante la herramienta informática *Alternative Transients Program (ATP)*.

CONSIDERACIONES

En el cálculo de las tensiones inducidas se han considerado los siguientes aspectos:

- Se simula los circuitos en su totalidad entre las subestaciones extremas con el sistema de conexionado de pantallas incluido en el documento planos del presente proyecto.
- Las subestaciones extremas se simulan con su correspondientes equivalentes Thevenin obtenidos a partir de las corrientes de cortocircuito trifásicas y monofásicas y considerando el aporte a dichos cortocircuitos de las líneas objeto del estudio.

- Se han considerado los siguientes valores típicos de resistencias de puesta a tierra:
 - R_{PaT} en subestaciones 1 Ω .
 - R_{PaT} en cámaras de empalme 5 Ω .
- Los tipos de falta simulados son:
 - Cortocircuito monofásico en la SE Playa Blanca.
 - Cortocircuito monofásico en la SE La Oliva.
 - Cortocircuito trifásico en la SE Playa Blanca.
 - Cortocircuito trifásico en la SE La Oliva.

Las corrientes de cortocircuito esperadas en las subestaciones extremas y los aportes de las líneas, en el estado de desarrollo de la red de transporte previsto para el horizonte 2020 (H2020), son las siguientes:

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO H2020				
SE PLAYA BLANCA 132 kV	TRIFÁSICA (kA)		MONOFÁSICA (kA)	
	MOD	ARG	MOD	ARG
I _{cc} total en subestación	3,8	-83	3,3	-78,8
Aporte L/ La Oliva – Playa Blanca	1,7	-79,2	1,3	-73,8
SE LA OLIVA	TRIFÁSICA (kA)		MONOFÁSICA (kA)	
	MOD	ARG	MOD	ARG
I _{cc} total en subestación	4,4	-84,1	4	-80,8
Aporte L/ La Oliva – Playa Blanca	1,2	-80,6	1	-75,9

Las corrientes de cortocircuito se expresan en su representación compleja, en módulo y argumento.

RESULTADOS

Los valores obtenidos mediante la simulación se han incrementado un 40% con objeto de tener un coeficiente de seguridad ante posibles modificaciones de las hipótesis consideradas (intensidades de cortocircuitos, resistencias de puesta a tierra, etc.).

Se muestra en la siguiente tabla el valor de la tensión inducida más desfavorable, en módulo del valor eficaz, obtenido en cada uno de los dos circuitos.

	Tensión máxima e entre extremos de descargadores (V_{rms})
Circuito 132 kV La Oliva – Playa Blanca	618,1

DEFINICIÓN LIMITADORES DE TENSIÓN EN PANTALLAS

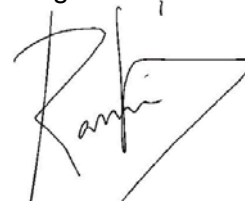
Los descargadores o limitadores de tensión en pantallas (LTP) deben cumplir las siguientes características:

- Tensión nominal o asignada (kV_{rms}) igual o superior a la mayor sobretensión esperada.
- Tensión residual (kV_{rms}) igual o inferior a 18 kV.
- Intensidad de descarga nominal 10 kA.

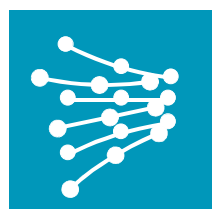
En la siguiente tabla se indican la tensión asignada de los LTP que deberán instalarse en la línea teniendo en cuenta los valores de las tensiones inducidas obtenidos mediante la simulación con la herramienta informática ATP, las tensiones asignadas de los LTP habitualmente disponibles (3 – 5 – 6 – 7,5 – 9 – 10 kV) e intentando emplear los mismos LTP en toda la línea o al menos en tramos completos con el mismo sistema de conexionado de pantallas.

CIRCUITO	UBICACIÓN CAJA DE CONEXIÓN DE PANTALLAS	MÁXIMA TENSIÓN INDUCIDA EN PANTALLAS (kV)	TENSIÓN ASIGNADA LTP A INSTALAR (kV)
La Oliva – Playa Blanca	SE Playa Blanca	0,58	3
	Cámara de empalme	0,62	3
	SE La Oliva	0,40	3

Madrid, enero de 2019
El Ingeniero Industrial



Ramón Granadiño Goenechea
Colegiado COIIM nº 11456



RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN
DE LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-
TERRESTRE EN LAS ISLAS DE LANZAROTE Y
FUERTEVENTURA

CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 kV SIMPLE CIRCUITO
ENTRE LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) Y
FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)

DOCUMENTO 3
PLANOS

DOCUMENTO Nº 3 – PLANOS

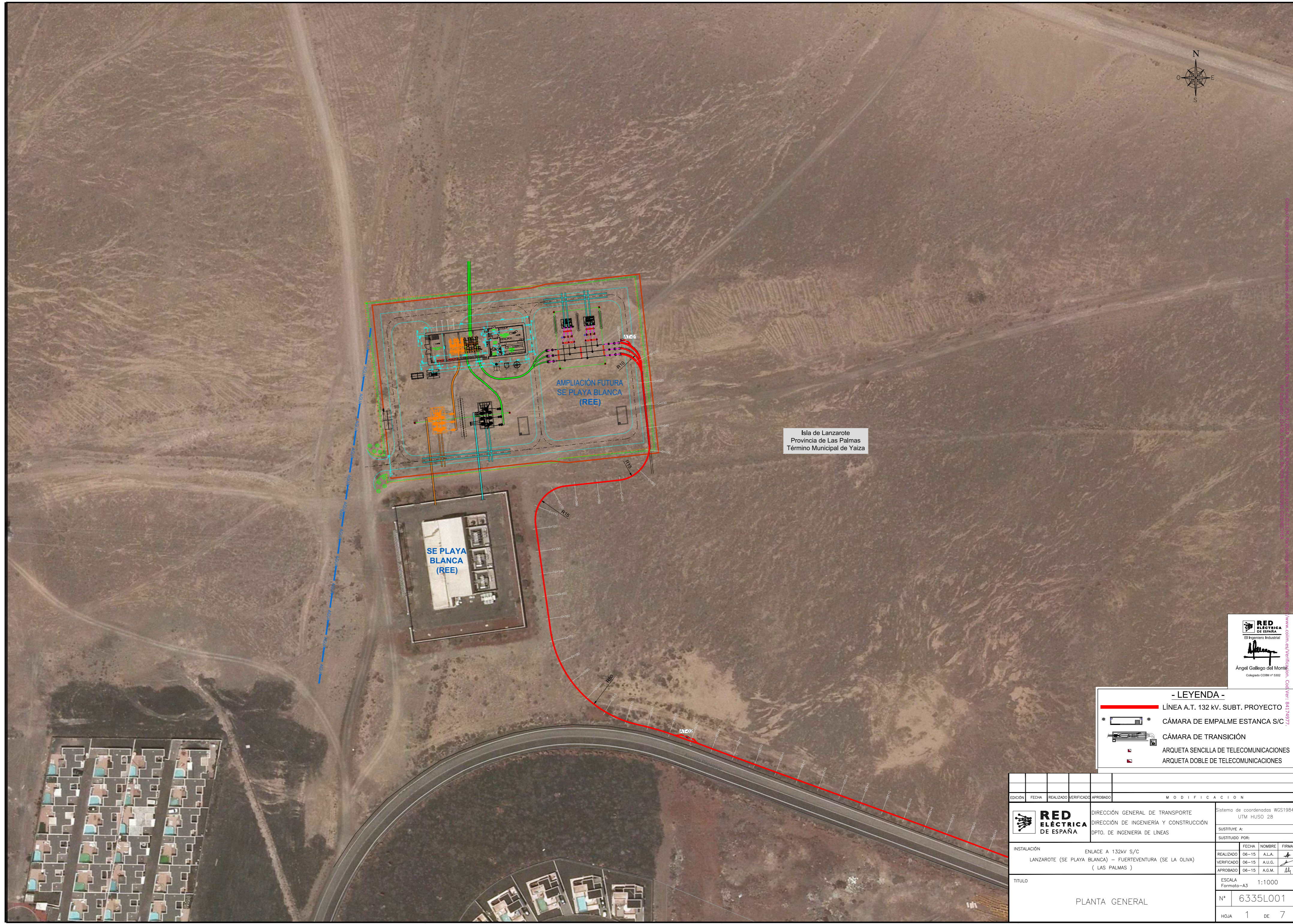
Este documento consta de 24 páginas con los planos indicados:

	Nº DE PLANO	EDICIÓN	FECHA
PLANTA GENERAL (hojas 1 a 7)	6335L001	-	06-15
DETALLE DE OCUPACIÓN DEL DPMT			
ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE LANZAROTE	6335L010	-	08-16
ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE FUERTEVENTURA	6335L011	-	08-16
AGUAS INTERIORES	6335L012	-	08-16
ESQUEMA DE CONEXIONADO DE LAS PANTALLAS			
	6335V005	-	06-15
PLANOS DE DETALLE OBRA CIVIL			
ZANJA TIPO ENTUBADA 132 KV SC EN TRESBOLILLO	LSZ007	H	11-17
SECCIÓN TIPO PERFORACIÓN DIRIGIDA CABLE SUBMARINO	6335V003	-	06-15
CÁMARA DE TRANSICIÓN SUBTERRÁNEO-SUBMARINO ((hojas 1 a 3))	6335V002	-	07-15
VARIOS			
MANDRIL PARA TUBO DE Ø200	LSMA002	B	03-16
MANDRIL PARA TUBO DE Ø110	LSMA004	D	03-16
MANDRIL PARA TUBO DE Ø40	LSMA005	B	08-16
SEPARADOR PARA TRES TUBOS Ø200 DOS TUBOS DE Ø110 Y TESTIGO SOPORTE PARA TETRATUBO Ø40	LSSE002	-	03-12
ANEXOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			
ÁMBITO DE ESTUDIO			07-10
BATIMETRÍA E HIPSOMETRÍA			06-15

Aprobados planos referenciados con sello.

Madrid, enero de 2019
El Ingeniero Industrial

Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIIM nº 11456



Isla de Lanzarote
 Provincia de Las Palmas
 Término Municipal de Yaiza

SE PLAYA
 BLANCA
 (REE)

AMPLIACIÓN FUTURA
 SE PLAYA BLANCA
 (REE)

- LEYENDA -**
- LÍNEA A.T. 132 kV. SUBT. PROYECTO
 - CÁMARA DE EMPALME ESTANCA S/C
 - CÁMARA DE TRANSICIÓN
 - ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
 - ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
 El Ingeniero Industrial
 Ángel Gallego del Monte
 Colegiado COIIM nº 5302

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
					Sistema de coordenadas WGS1984 UTM HUSO 28		
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERIA DE LINEAS					SUSTITUYE A:		
					SUSTITUIDO POR:		
INSTALACIÓN ENLACE A 132kV S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)		REALIZADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA		
		VERIFICADO	06-15	A.L.A.			
		APROBADO	06-15	A.G.M.			
TÍTULO					ESCALA	1:1000	
PLANTA GENERAL					Formato-A3		
					Nº	6335L001	
					HOJA	1 DE 7	



Isla de Lanzarote
Provincia de Las Palmas
Término Municipal de Yatza

Residencial
"Mirador del Río"

Residencial
"La Loma"

Residencial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
El Ingeniero Industrial
Angel Gallego del Monte
Colegiado CCIM nº 5302

- LEYENDA -

- LÍNEA A.T. 132 KV. SUBT. PROYECTO
- CÁMARA DE EMPALME ESTANCA S/C
- CÁMARA DE TRANSICIÓN
- ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
- ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS					Sistema de coordenadas WGS1984 UTM HUSO 28		
					SUSTITUYE A:		
INSTALACIÓN					FECHA	NOMBRE	FIRMA
ENLACE A 132KV S/C					REALIZADO	06-15	A.L.A.
LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) - FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)					VERIFICADO	06-15	A.U.G.
(LAS PALMAS)					APROBADO	06-15	A.G.M.
TÍTULO					ESCALA		
PLANTA GENERAL					Formato-A3 1:1000		
					Nº	6335L001	
					HOJA	2	DE 7



Isla de Lanzarote
Provincia de Las Palmas
Término Municipal de Yaiza

Residencial
"Mirador del Río"

Residencial
"La Loma"

Residencial
"Coloradas 18"

CÁMARA DE
EMPALME Nº 1

Residencial
"Coloradas 18"

Residencial
"Coloradas 15"

Residencial
"Olivina Beach"

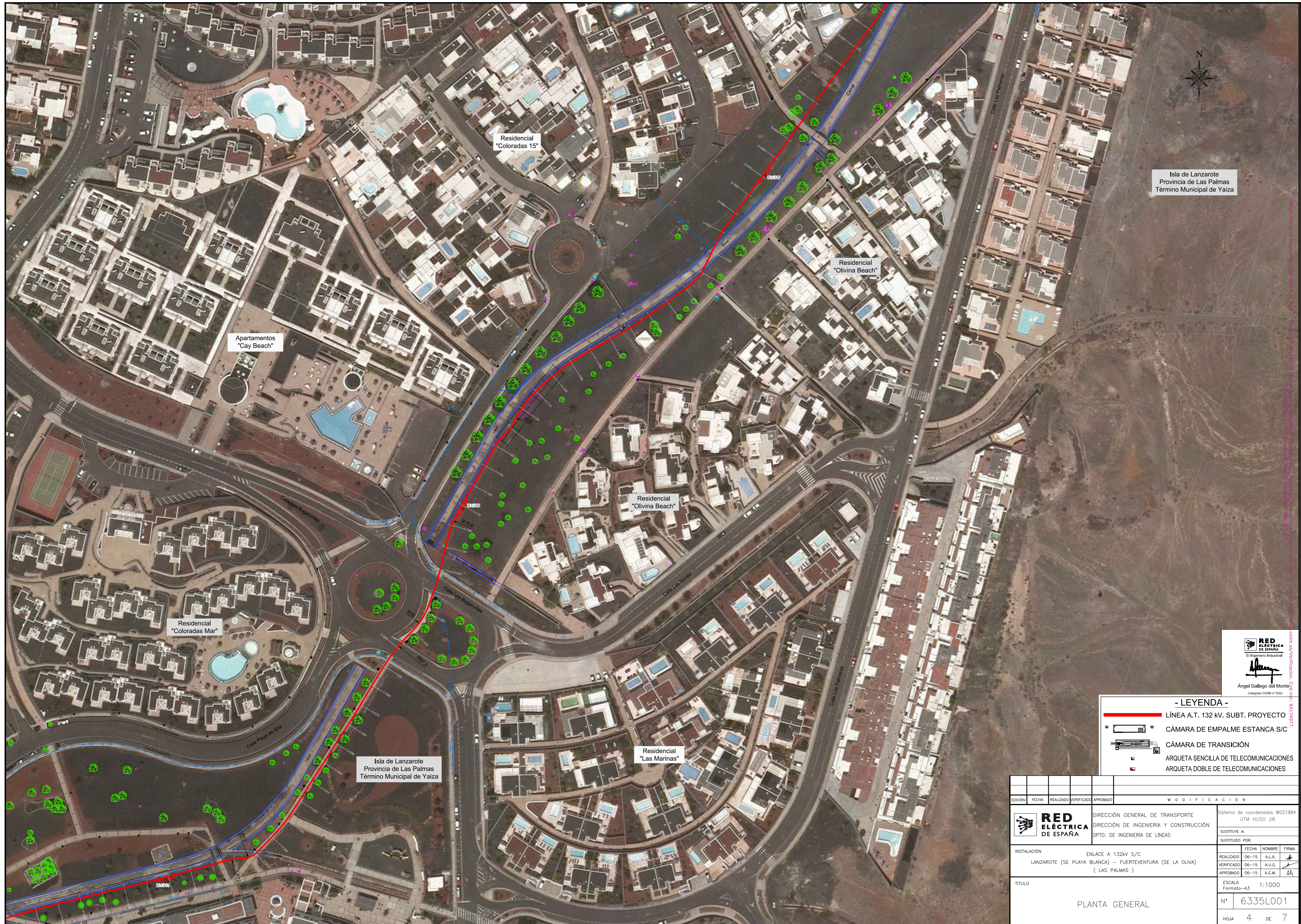
Isla de Lanzarote
Provincia de Las Palmas
Término Municipal de Yaiza



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
El Ingeniero Industrial
Angel Gallego del Monte
Colegiado COIM nº 5302

- LEYENDA -**
- LÍNEA A.T. 132 KV. SUBT. PROYECTO
 - CÁMARA DE EMPALME ESTANCA S/C
 - CÁMARA DE TRANSICIÓN
 - ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
 - ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
					RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS		
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS1984 UTM HUSO 28					SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:		
INSTALACION: ENLACE A 132KV S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)					FECHA	NOMBRE	FIRMA
					REALIZADO	06-15	A.L.A.
					VERIFICADO	06-15	A.U.G.
					APROBADO	06-15	A.G.M.
TÍTULO: PLANTA GENERAL					ESCALA: Formato-A3 1:1000 N°: 6335L001		
					HOJA 3 DE 7		



Isla de Lanzarote
 Provincia de Las Palmas
 Término Municipal de Yaiza

Apartamentos
 "Cay Beach"

Residencial
 "Coloradas 15"

Residencial
 "Olivina Beach"

Residencial
 "Olivina Beach"

Residencial
 "Coloradas Mar"

Residencial
 "Las Marinas"

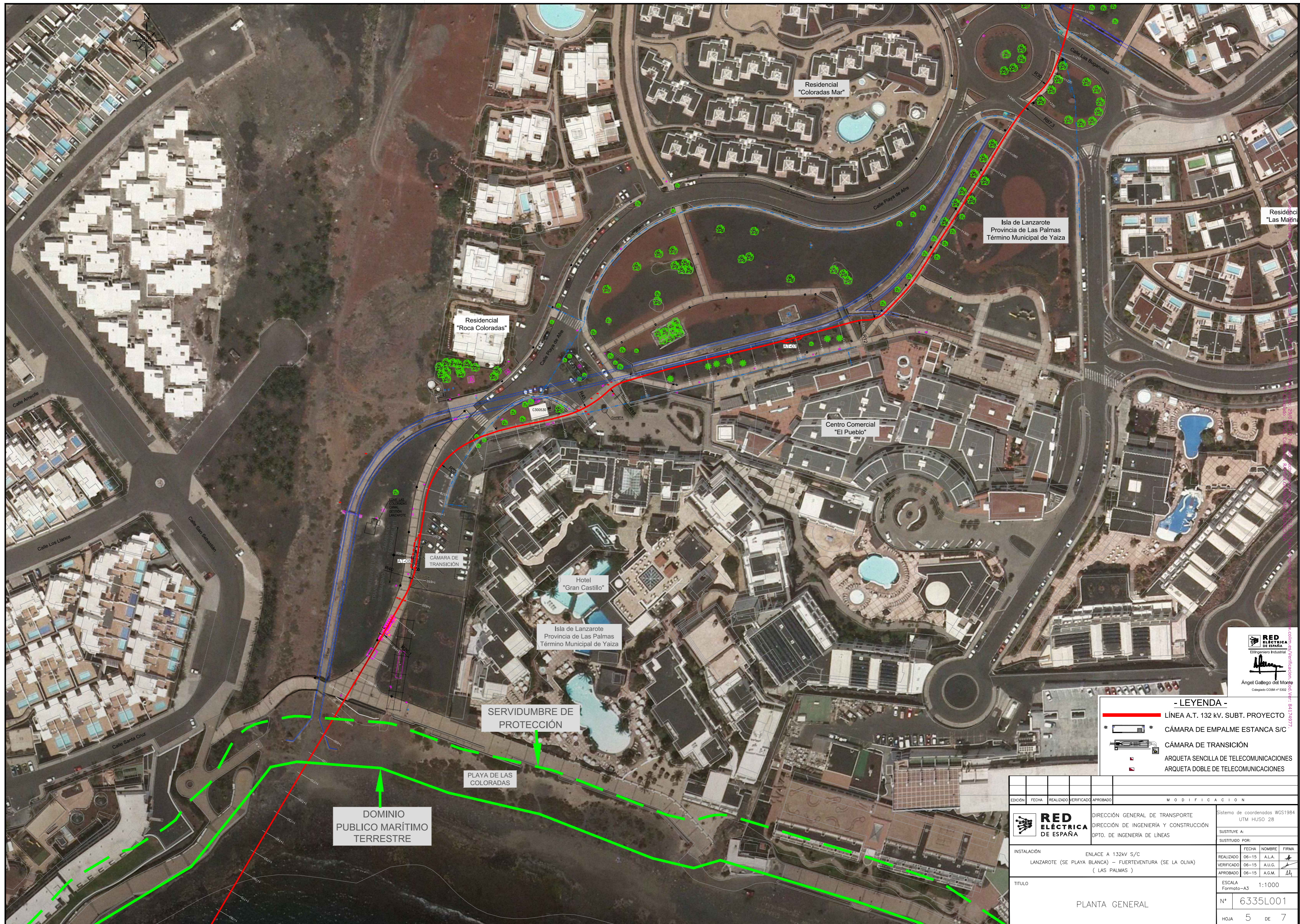
Isla de Lanzarote
 Provincia de Las Palmas
 Término Municipal de Yaiza

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
 El Ingeniero Industrial

 Ángel Gallego del Monte
 Colegiado COIM nº 5302

- LEYENDA -**
- LÍNEA A.T. 132 kV. SUBT. PROYECTO
 - CÁMARA DE EMPALME ESTANCA S/C
 - CÁMARA DE TRANSICIÓN
 - ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
 - ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

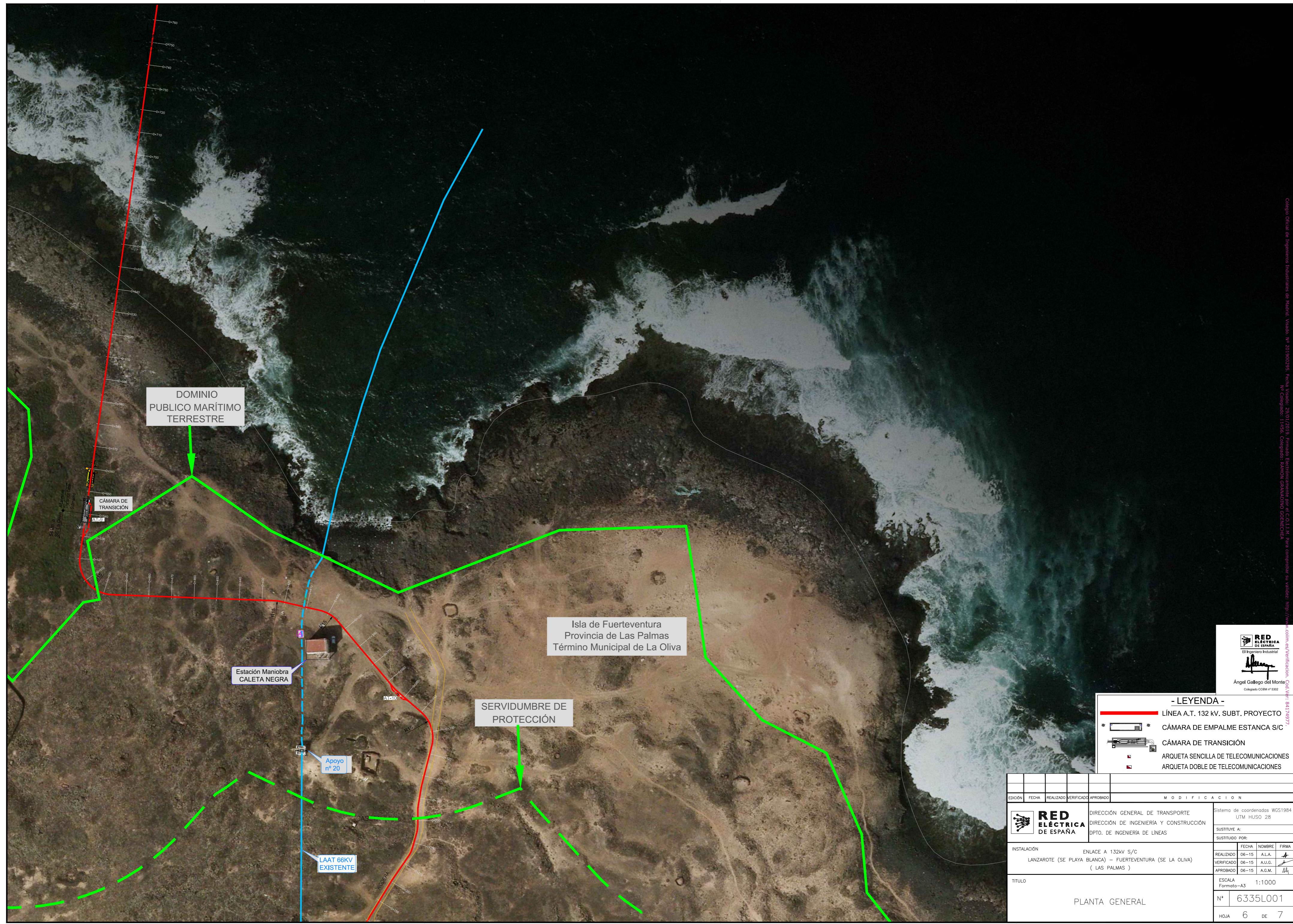
EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION			
					Sistema de coordenadas WGS1984 UTM HUSO 28			
RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LINEAS					SUSTITUYE A:			
					SUSTITUIDO POR:			
INSTALACIÓN					FECHA	NOMBRE	FIRMA	
ENLACE A 132kV S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)					REALIZADO 06-15	A.L.A.		
					VERIFICADO 06-15	A.U.G.		
					APROBADO 06-15	A.G.M.		
TÍTULO					ESCALA Formato-A3		1:1000	
PLANTA GENERAL					Nº	6335L001		
					HUJA	4 DE 7		



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
El Ministerio Industrial
Angel Gallego del Monte
Código CCIM nº 5302

- LEYENDA -**
- LINEA A.T. 132 kV. SUBT. PROYECTO
 - CÁMARA DE EMPALME ESTANCA S/C
 - CÁMARA DE TRANSICIÓN
 - ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
 - ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LINEAS					Sistema de coordenadas WGS1984 UTM HUSO 28		
					SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:		
INSTALACIÓN: ENLACE A 132kV S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)					REALIZADO: 06-15 VERIFICADO: 06-15 APROBADO: 06-15	FECHA: A.L.A. A.U.G. A.G.M.	NOMBRE: <i>[Signature]</i> FIRMA: <i>[Signature]</i>
TÍTULO: PLANTA GENERAL					ESCALA: Formato-A3 1:1000		N°: 6335L001
					HOJA 5 DE 7		



DOMINIO PUBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

Isla de Fuerteventura
Provincia de Las Palmas
Término Municipal de La Oliva

SERVIDUMBRE DE PROTECCIÓN

Estación Maniobra CALETA NEGRA

Apoyo nº 20

LAAT 66KV EXISTENTE

CÁMARA DE TRANSICIÓN

- LEYENDA -

- LÍNEA A.T. 132 kV. SUBT. PROYECTO
- CÁMARA DE EMPALME ESTANCA S/C
- CÁMARA DE TRANSICIÓN
- ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
- ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
El Ingeniero Industrial
Ángel Gallego del Monte
Cód. Ver. 84174977
Código: COIM nº 5302

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LINEAS					Sistema de coordenadas WGS1984 UTM HUSO 28		
SUSTITUYE A:					SUSTITUYE POR:		
INSTALACIÓN ENLACE A 132kV S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)					FECHA	NOMBRE	FIRMA
VERIFICADO					06-15	A.U.C.	
APROBADO					06-15	A.G.M.	
TÍTULO					ESCALA		
PLANTA GENERAL					Formato-A3 1:1000		
					Nº	6335L001	
					HOJA	6 DE 7	

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Versado, Nº 201900295, Fecha Versado: 29/01/2019, Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.ccoim.es/verificacion, Cód. Ver. 84174977, N.º Colegiado: 11356, Colegiado: RAMÓN GRANADINO GONZÁLEZ



Estación Maniobra
CALETA NEGRA

Apoyo
nº 20

LAAT 66KV
EXISTENTE

SERVIDUMBRE DE
PROTECCIÓN

DOMINIO
PUBLICO MARÍTIMO
TERRESTRE

SERVIDUMBRE DE
PROTECCIÓN

Isla de Fuerteventura
Provincia de Las Palmas
Término Municipal de La Oliva

LAAT 66KV
EXISTENTE

FUTURA SE
LA OLIVA

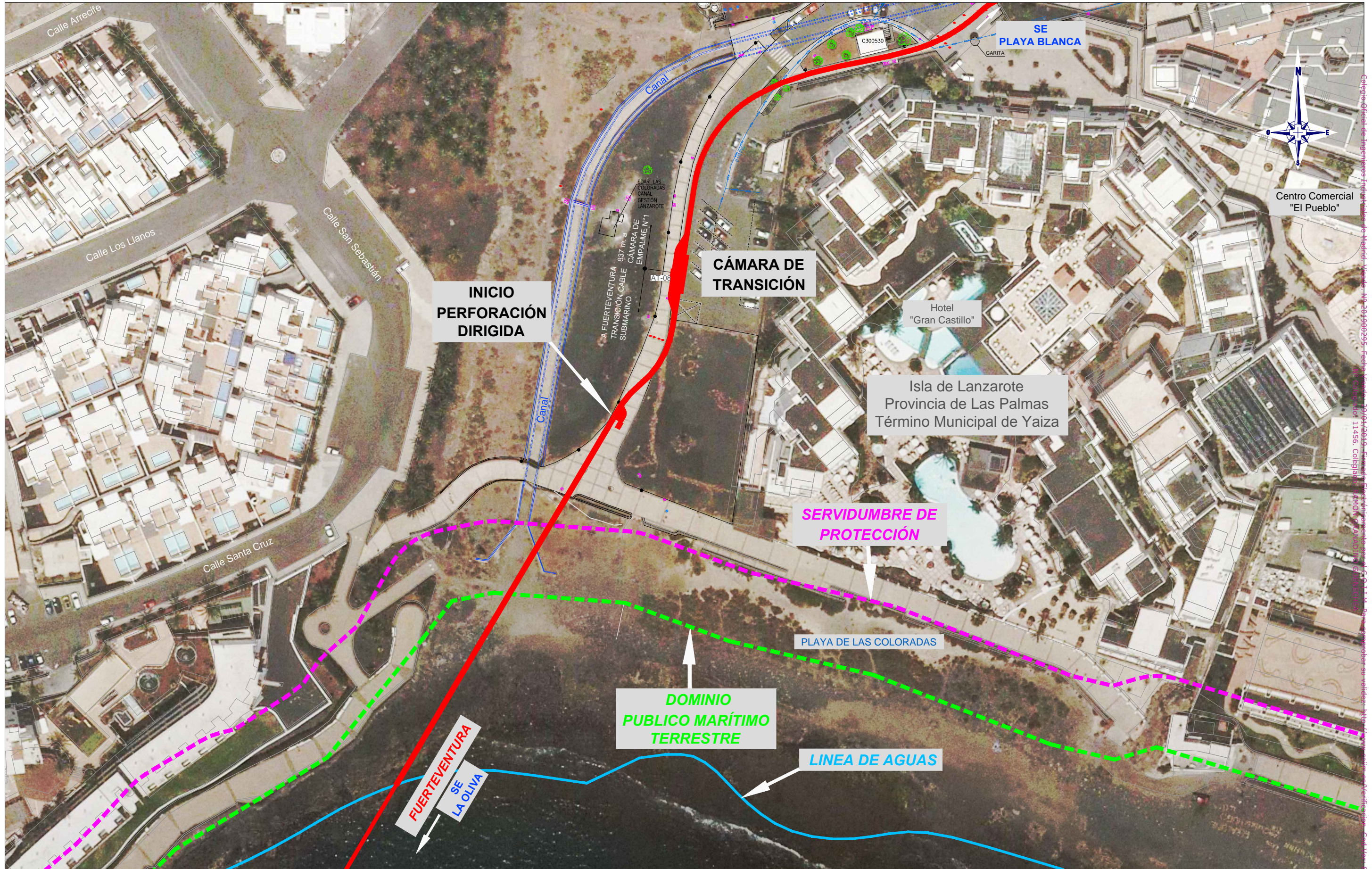
Provincia de Las Palmas
Término Municipal de La Oliva



- LEYENDA -**
- LÍNEA A.T. 132 kV. SUBT. PROYECTO
 - CÁMARA DE EMPALME ESTANCA S/C
 - CÁMARA DE TRANSICIÓN
 - ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
 - ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION				
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LINEAS					Sistema de coordenadas WGS1984 UTM HUSO 28				
					SUSTITUYE A:				
SUSTITUIDO POR:				FECHA	NOMBRE	FIRMA			
INSTALACIÓN		ENLACE A 132KV S/C			REALIZADO	06-15	A.L.A.		
VERIFICADO		LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) - FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)			VERIFICADO	06-15	A.U.G.		
APROBADO					APROBADO	06-15	A.G.M.		
TÍTULO				ESCALA	Formato-A3		1:1000		
PLANTA GENERAL				Nº	6335L001				
				HOJA	7		DE 7		

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Versión: 17/06/2019. Firmado Electrónicamente por: A.L.A. Fecha: 06/15/2015. Colegiado: 8417/1977. www.coleio.es/verificacion. Cad: Ver: 8417/1977.



OCCUPACIÓN PERMANENTE ———



EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO 08-16	M.M.G.	<i>[Signature]</i>
VERIFICADO 08-16	A.U.G.	<i>[Signature]</i>
APROBADO 08-16	R.G.G.	<i>[Signature]</i>

ESCALA 1/1000
Formato A3
Cotas en metros



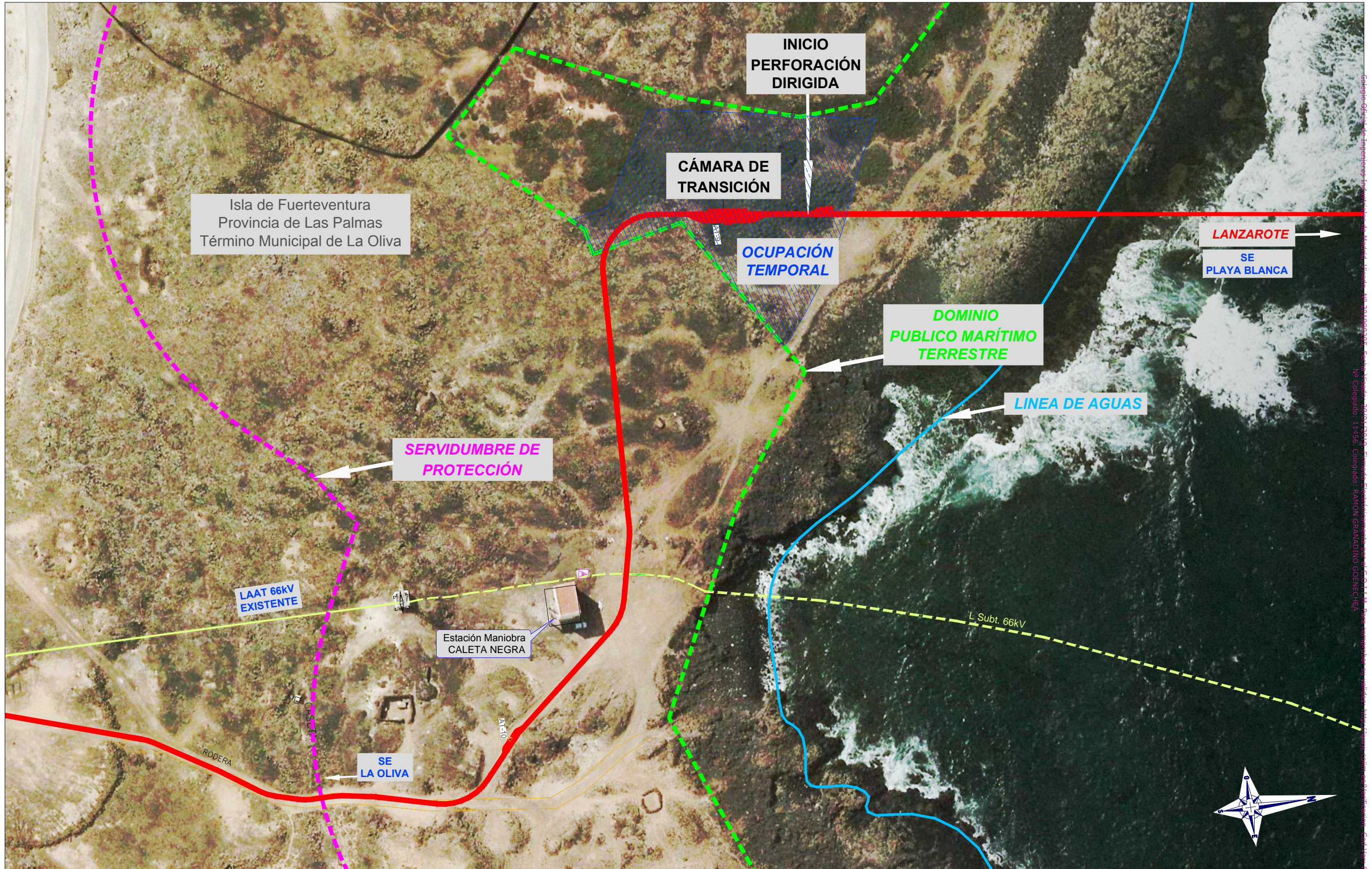
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

ENLACE 132 kV S/C
LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)
OCUPACIÓN ZONA DPMT
ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE LANZAROTE

SUSTITUYE A:	
SUSTITUIDO POR:	
Nº	6335L010

W:\S. AREA DE TRABAJO DE INGENIERIA\6. PROYECTOS\64. Lanzarote-Fuerteventura - Enlace 132 kV_L6335-Hemog\11. PROYECTO DPM\Photos\6335L010 y L011.dwg
 Fecha: 13/08/2016 11:45:00. Comprobado: RAMÓN GRANADINO GOENECHA

Centro Comercial "El Pueblo" - No. 201909225 - Fecha: 13/08/2016 - Firmado: Ramón Granadino Goenechea - C.O. 11450 - Dpto. de Ingeniería de Líneas - Calle de la Industria 41174977



W:\S. AREA DE TRABAJO DE INGENIERIA\6. PROYECTOS\64. Lanzarote-Fuerteventura - Enlace 132 kV LA635-Hermog\11. PROYECTO DPM\Plano\6.335L011 y 1011.dwg

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Madrid - No. 20.509.0025 - Fecha: 08/01/2016 - Firmado: Electrónicamente por el Sr. C. J. M. P. en cumplimiento con lo establecido en la Ley 14/2002, de 11 de junio, de acceso a la información pública y de transparencia de la Administración Pública. Nº Colegiado: 11456. Colegiado: RAMÓN GRANADINO GOENECHA

OCUPACIÓN PERMANENTE ————
 OCUPACIÓN TEMPORAL ▨▨▨▨▨▨



EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	08-16	M.M.G.	<i>[Signature]</i>
VERIFICADO	08-16	A.U.G.	<i>[Signature]</i>
APROBADO	08-16	R.G.G.	<i>[Signature]</i>

ESCALA 1/1000
 Formato A3
 Cotas en metros

**DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
 DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
 DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS**

**ENLACE 132 kV S/C
 LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)
 OCUPACIÓN ZONA DPMT
 ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE FUERTEVENTURA**

SUSTITUYE A:	
SUSTITUIDO POR:	
Nº	6335L011



OCUPACIÓN PERMANENTE —



EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACIÓN

FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO 08-16	M.M.G.	
VERIFICADO 08-16	A.U.G.	
APROBADO 08-16	R.G.G.	

ESCALA
Formato A3

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LINEAS

ENLACE 132 kV S/C
LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) – FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)
OCUPACIÓN ZONA DPMT
AGUAS INTERIORES

SUSTITUYE A:	
SUSTITUIDO POR:	
Nº	6335L012

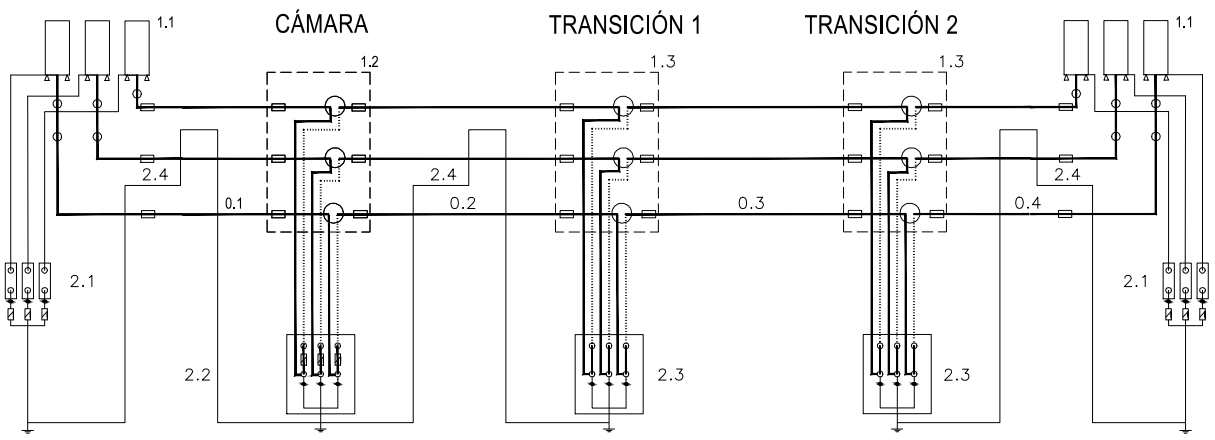
Nº 15. AREA DE TRABAJO DE INGENIERIA 6. PROYECTO IGA. Lanzarote-Fuerteventura. Enlace 132 kV. L635-Hemog/11. PROYECTO DPMT/Photos/6335L012.dwg

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: No. 2010/00000. Fecha: Madrid: 29/07/2019. Firmado: Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar sus validades: http://www.colegios.com/verificacion. Cod. Ver. 04174977. N.º Colegiado: 11450. Colegiado: RAMÓN GRANADINO GOENECHEA

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver: 44174977. No Colegiado: 11456. Colegiado: RAMON GRANADINO GOENECHEA


SE PLAYA BLANCA
TERMINALES EXTERIORES

SE LA OLIVA
TERMINALES EXTERIORES

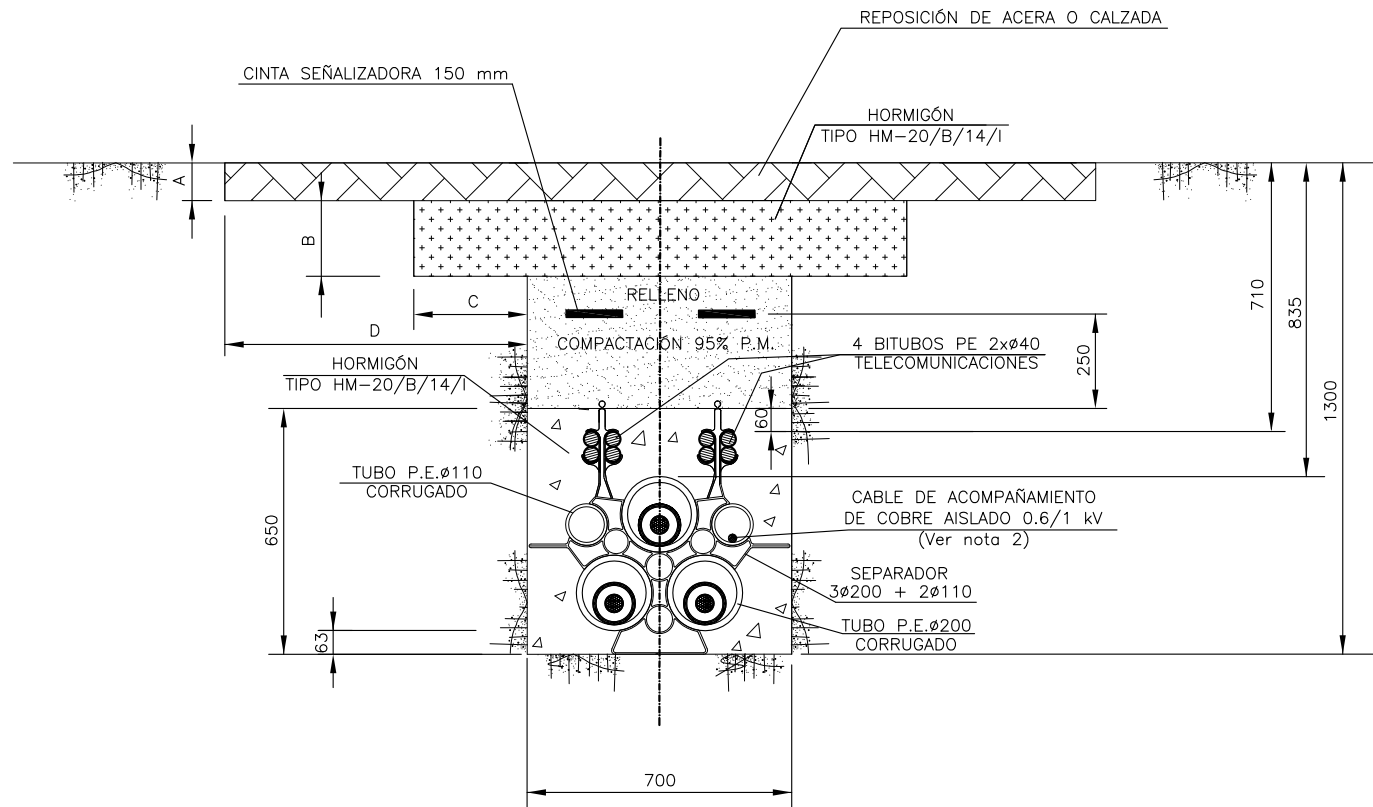


CABLE				ACCESORIOS		
REF.	TIPO	TENSION	LONGITUD	REF.	DESIGNACION	TIPO
0.4	1x1000 AL	1x76/132 kV	546	2.4	CABLE EQUIPOTENCIAL	RV 185
0.3	3x1x630Cu+3x1x300Cu	1x76/132 kV	14500	2.3	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA	-
0.2	1x1000 AL	1x76/132 kV	837	2.2	CAJA TRIPOLAR P.A.T. DIRECTA/DESCARGADORES	-
0.1	1x1000 AL	1x76/132 kV	769	2.1	CAJA UNIPOLAR P.A.T. CON DESCARGADOR	-
REF.				1.3	EMPALME SUBTERRÁNEO-SUBMARINO	-
				1.2	EMPALME SUBTERRÁNEO-SUBTERRÁNEO	-
				1.1	TERMINAL EXTERIOR	-
				REF.	DESIGNACION	TIPO

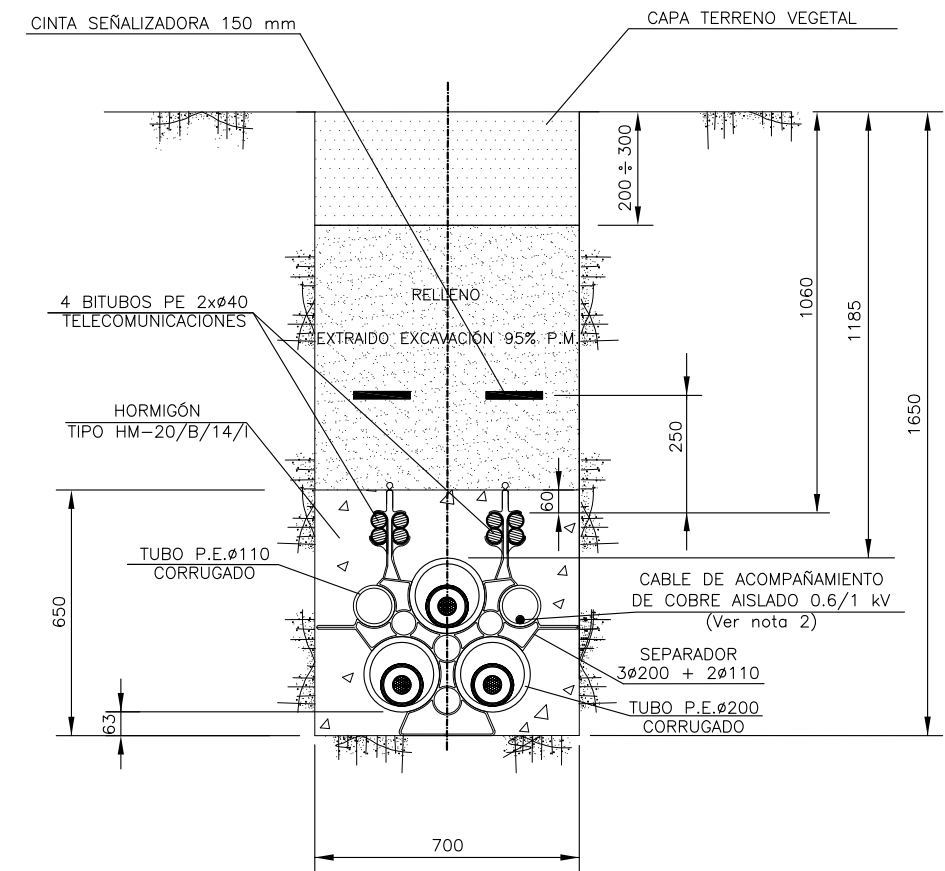


EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
REALIZADO	06-15	A.L.A.	<i>[Signature]</i>	 RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS	SUSTITUYE A:		
VERIFICADO	06-15	A.U.G.	<i>[Signature]</i>		SUSTITUIDO POR:		
APROBADO	06-15	A.G.M.	<i>[Signature]</i>		Nº	6335V005	
ESCALA Formato A4				ENLACE A 132kV. S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) - FUERTEVENTURA (SE OLIVA) (LAS PALMAS) ESQUEMA DE CONEXIONADO			HOJA 1 DE 1

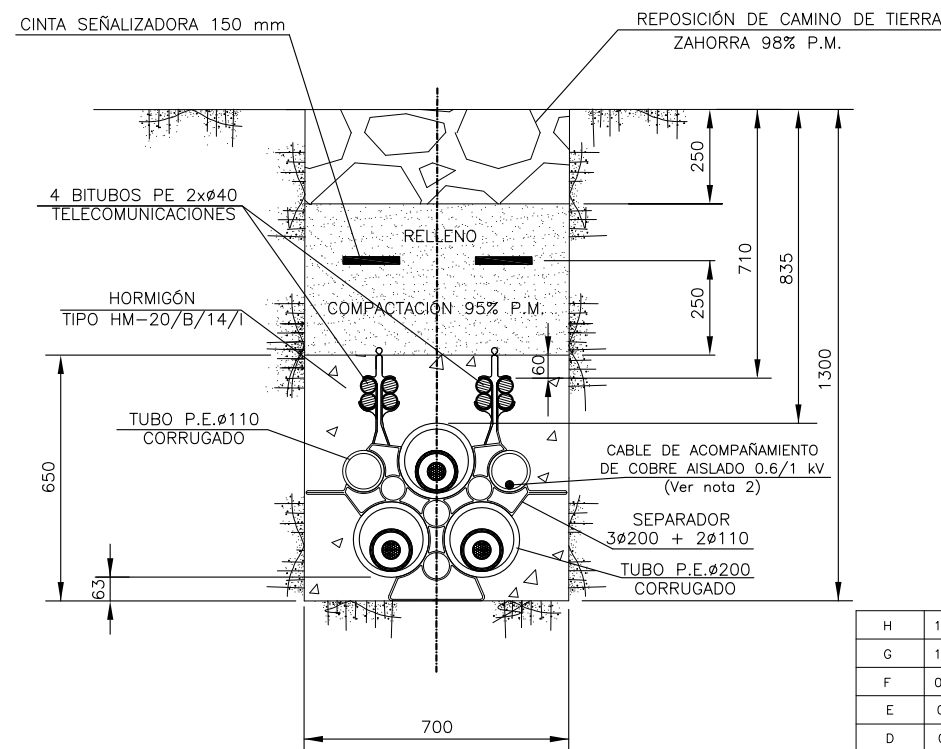
CANALIZACIÓN EN CALZADA Ó ACERA



CANALIZACIÓN EN TERRENO DE CULTIVO



CANALIZACIÓN EN CAMINO DE TIERRA



NOTAS:

1. La reposición del firme existente en la canalización en calzada o acera se efectuará de acuerdo con disposiciones de los municipios y demas organismos afectados definiéndose las cotas "A", "B", "C" y "D"
2. En todos los tipos de conexionado de pantallas se realizará la transposición de los dos tubos de acompañamiento $\phi 110$ mm por encima del tubo de $\phi 200$ mm en una longitud de 6 m en el 50% del recorrido de cada tramo entre accesorios.
3. Los tubos corrugados PE $\phi 200$ mm serán de color exterior rojo según ET140.
4. Los tubos corrugados PE $\phi 110$ mm serán de color exterior verde según ET140.
5. El bitubo de telecomunicaciones $2 \times \phi 40$ será de color exterior verde e interior blanco siliconado y estriado, espesor 3 mm y presión nominal 10 bar según ET203
6. Radio de curvatura mínimo de la canalización 10 m.
7. El separador de los tubos se instalará cada 1 m cambiando la ubicación del testigo de un separador al siguiente de tal forma, que el testigo se encuentre en la misma posición cada 2 m.
8. En el interior de cada tubo de los cables de potencia o cables de acompañamiento se instalará una cuerda guía de $\phi \geq 10$ mm y carga de rotura ≥ 1850 kg.
9. En todas las arquetas de telecomunicaciones, tanto sencillas como dobles, los tubos de telecomunicaciones quedarán en paso. Cuando sea estrictamente necesario los tubos de telecomunicaciones se podrán cortar en el interior de las arquetas, estando prohibido su corte en puntos intermedios entre arquetas, salvo autorización expresa de Red Eléctrica. En aquellas arquetas en las que sea necesario realizar el corte de los tubos de telecomunicaciones se realizará a 30 cm de la pared interior de la arqueta y se realizará su unión mediante los correspondientes manguitos o empalmes de unión normalizados que sean capaces de asegurar su estanqueidad.
10. No será necesario dejar cuerda guía en el interior de los tubos de telecomunicaciones excepto en los tramos con perforaciones dirigidas en los que se deberá instalar cuerda guía de $\phi \geq 6$ mm y carga de rotura ≥ 500 kg entre las arquetas dobles de telecomunicaciones situadas al inicio y al final de la perforación dirigida.



Ramón Granadino Gomechea
Colegiado COIIM nº 11456

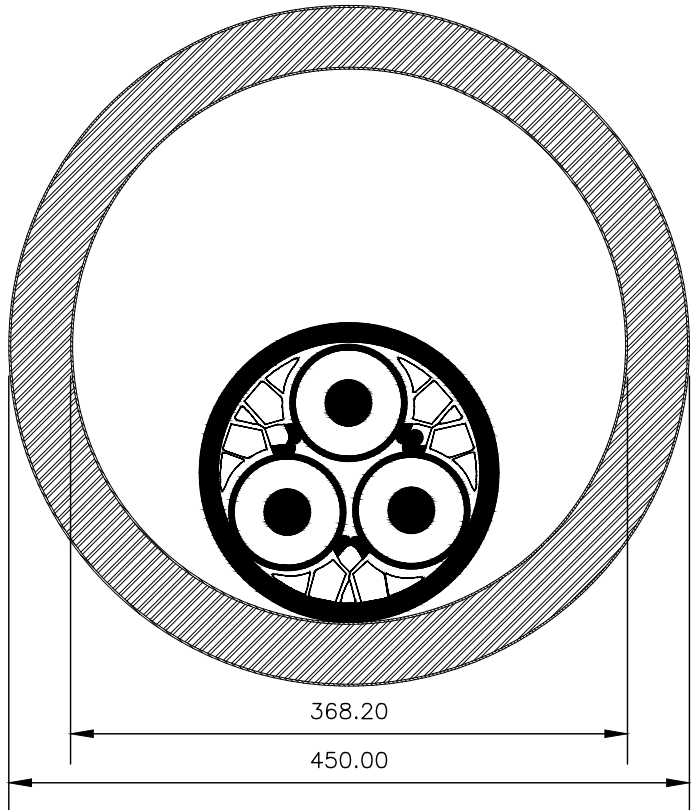
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
H	11-17	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	SE MODIFICA NOTA SOBRE TRANSPOSICIÓN DE TUBO $\phi 110$
G	10-16	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	SE INDICA EL NÚMERO TOTAL DE BITUBOS
F	08-16	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	SE CAMBIA CUATRITUBO POR BITUBO Y TIPO DE HORMIGÓN
E	05-13	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	ZANJA PARA LINEAS 132 kV. SE ACTUALIZAN DIMENSIONES
D	03-11	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	SE CORRIGE ERRATA NOTA 1
C	02-10	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	SE CORRIGE ERRATA NOTA 1
B	01-10	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	SE MODIFICAN NOTAS
A	11-08	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	SE SUSTITUYE EL BITUBO POR UN CUATRITUBO Y LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

FECHA	NOMBRE	FIRMA	DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE	SUSTITUYE A:
REALIZADO 04-08	A.L.A.	<i>[Firma]</i>	DIRECCION DE INGENIERIA Y DISEÑO	
VERIFICADO 04-08	G.D.C.	<i>[Firma]</i>	DPTO. DE INGENIERIA DE LINEAS Y MEDIO AMBIENTE	SUSTITUIDO POR:
APROBADO 04-08	A.G.M.	<i>[Firma]</i>		Nº LSZ007






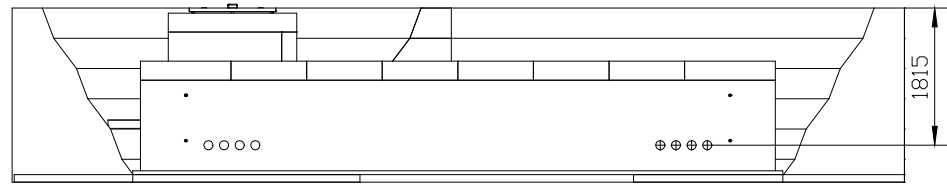
DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCION DE INGENIERIA Y DISEÑO
DPTO. DE INGENIERIA DE LINEAS Y MEDIO AMBIENTE

ZANJA TIPO ENTUBADA 132 kV
SIMPLE CIRCUITO EN TRESBOLILLO

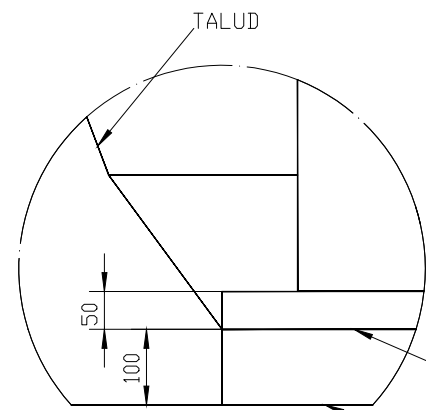
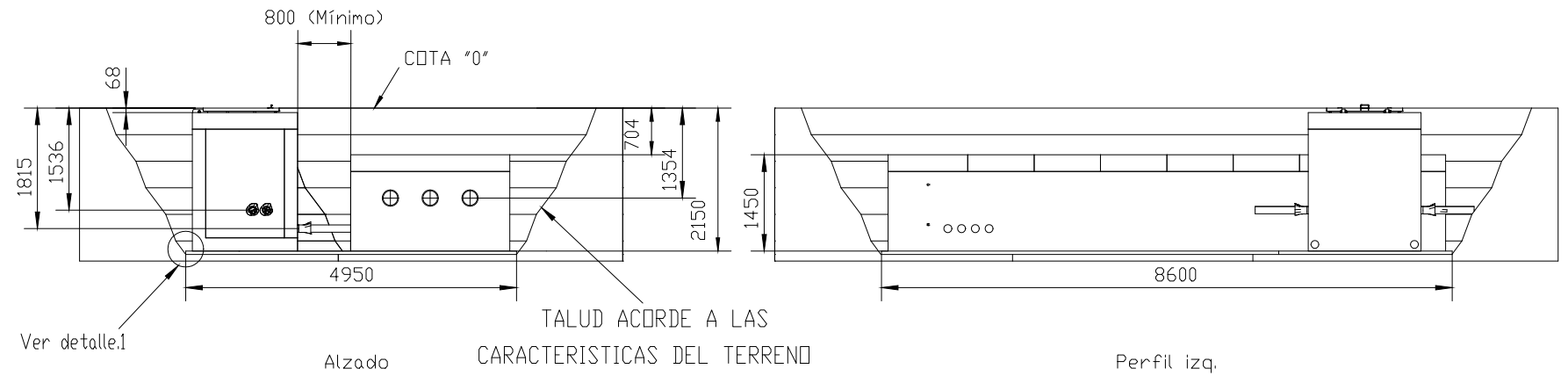


W:\S. AREA DE TRABAJO DE INGENIERIA\6. PROYECTOS\654. Lanzarote-Fuerteventura - Enlace 132 M\T_6335-Hernan\10. PROYECTO\Planos\Verifoa\6335V003.dwg

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS		SUSTITUYE A:	
REALIZADO	06-15	C.M.S.				SUSTITUIDO POR:	
VERIFICADO	06-15	A.U.G.				N°	6335V003
APROBADO	06-15	A.G.M.				HOJA 1 DE 1	
ESCALA Formato A4				SECCIÓN TIPO PERFORACIÓN DIRIGIDA CABLE SUBMARINO			

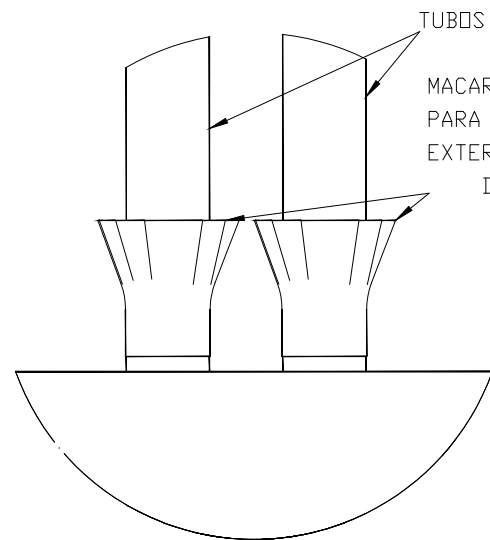


Perfil der.

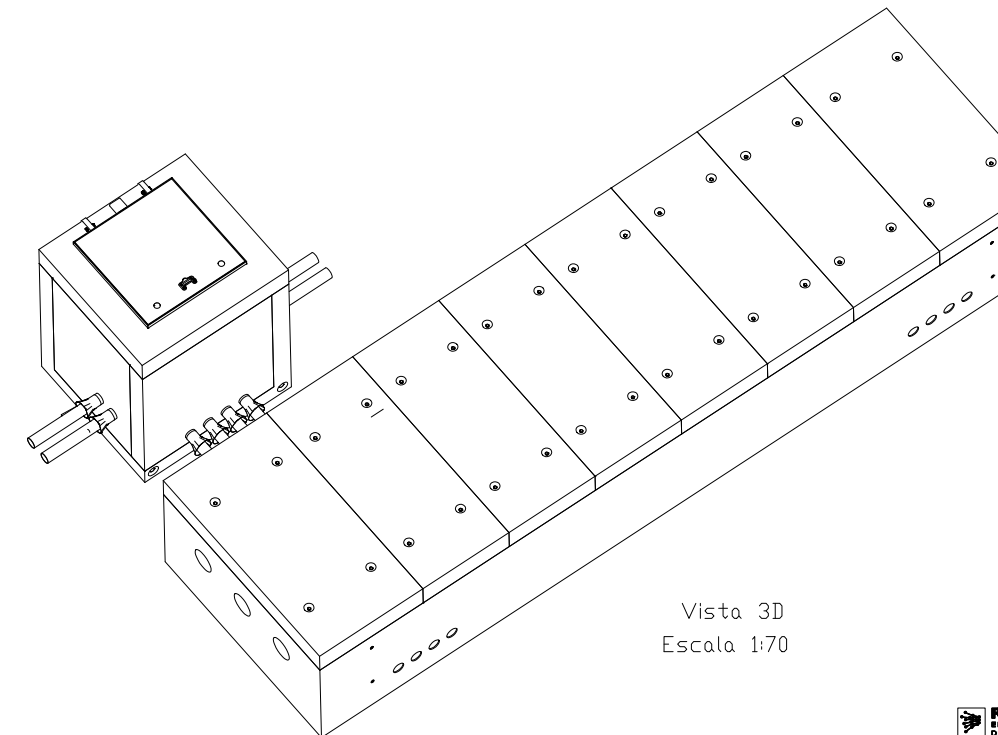
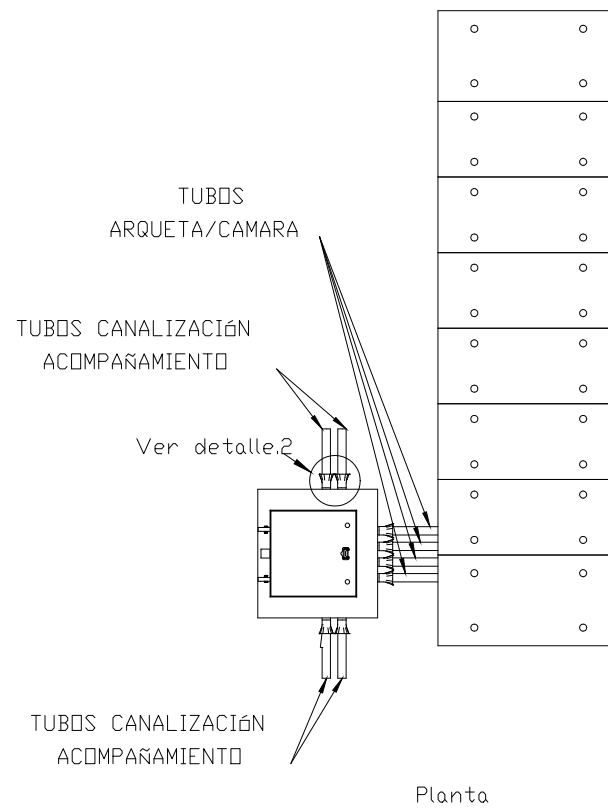


Detalle.1
Escala 1:10

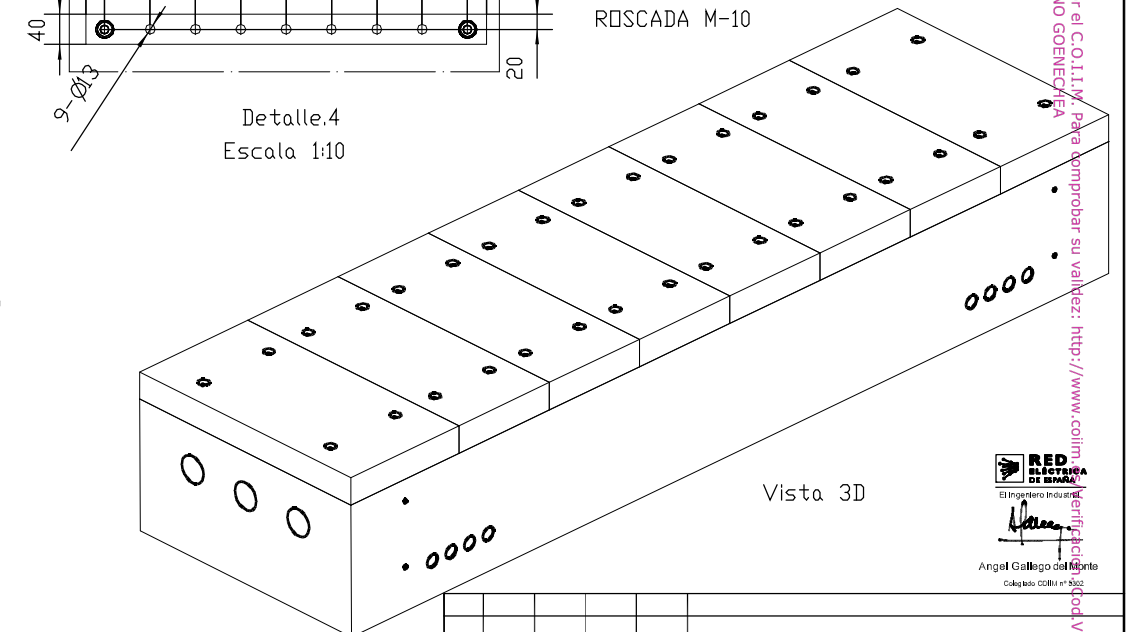
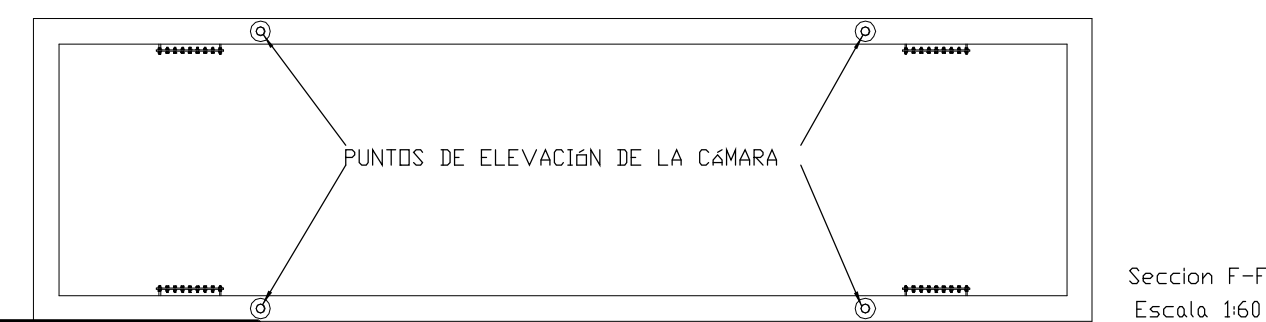
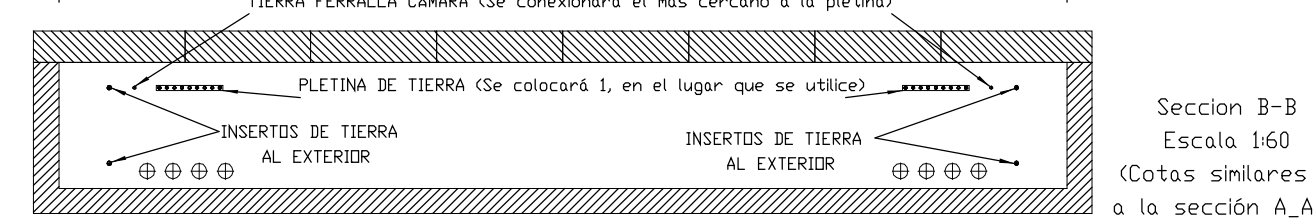
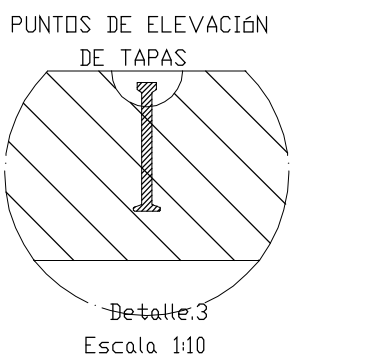
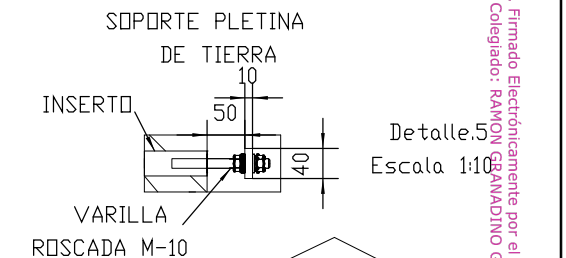
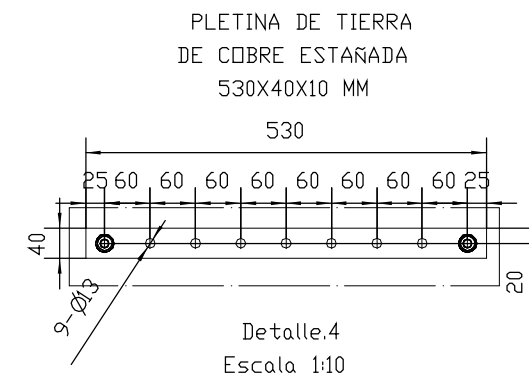
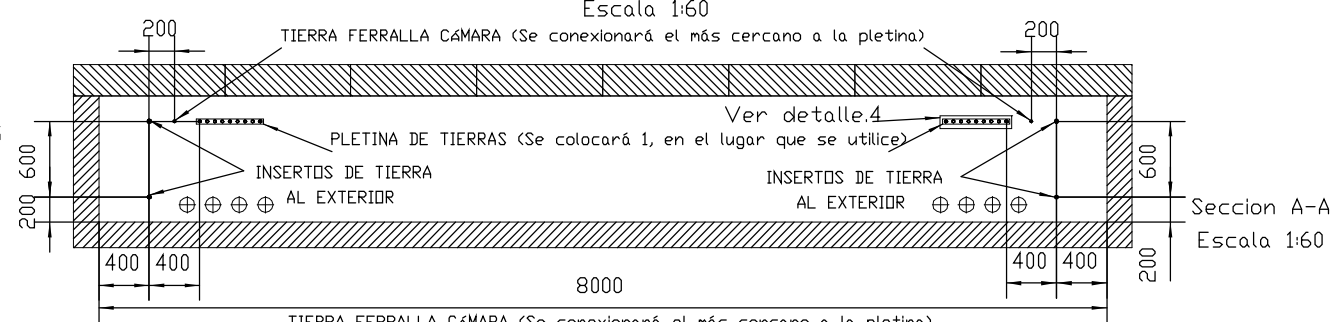
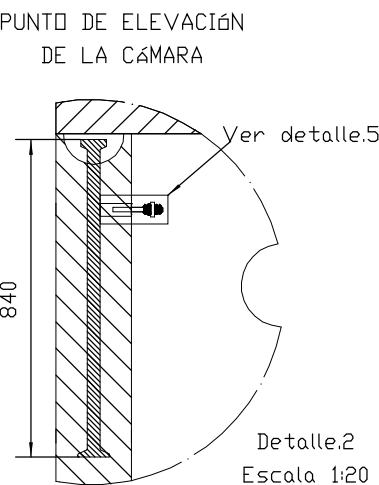
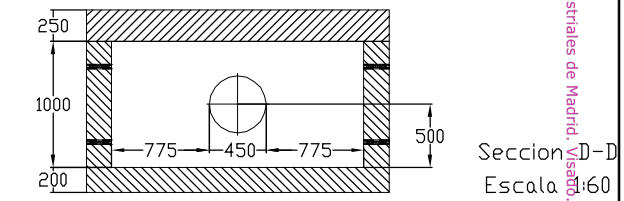
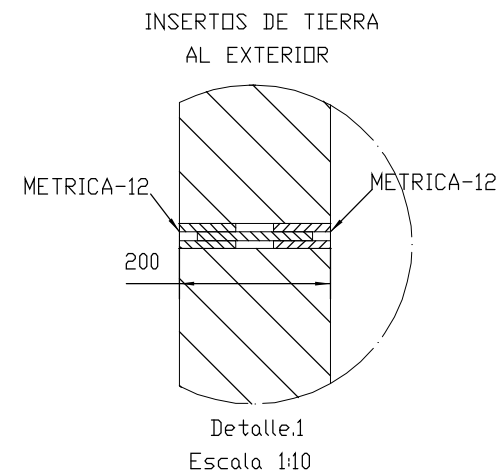
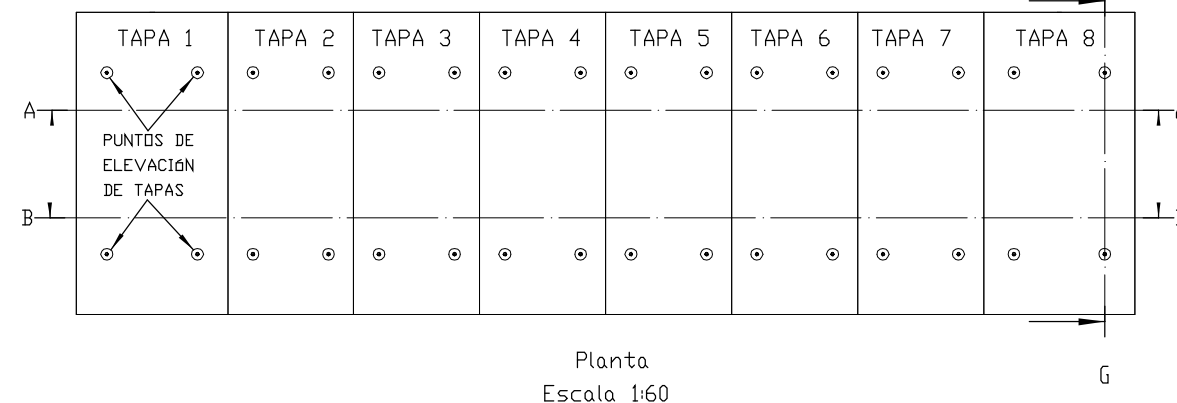
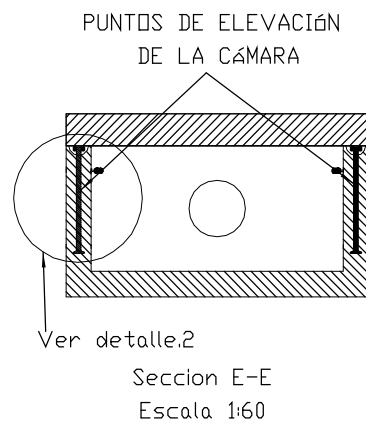
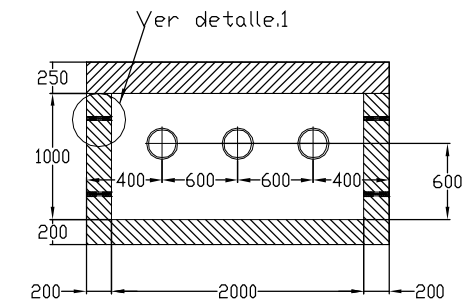
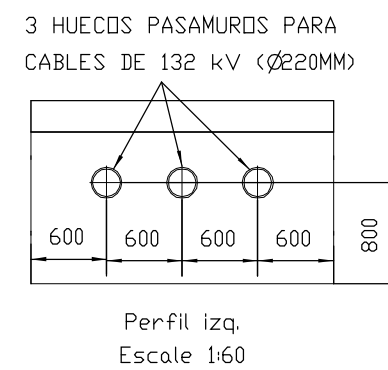
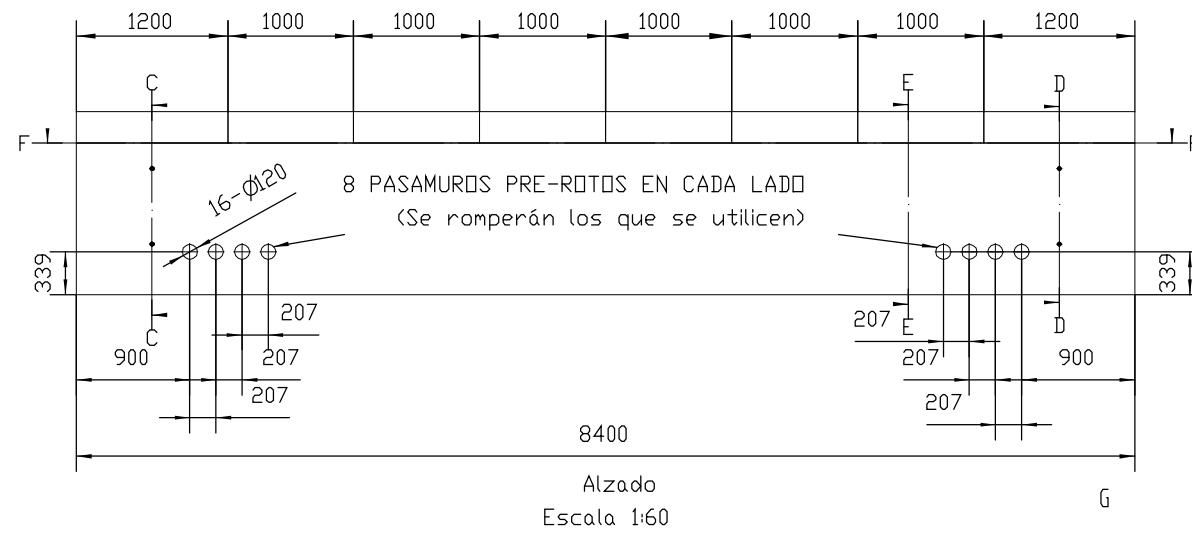
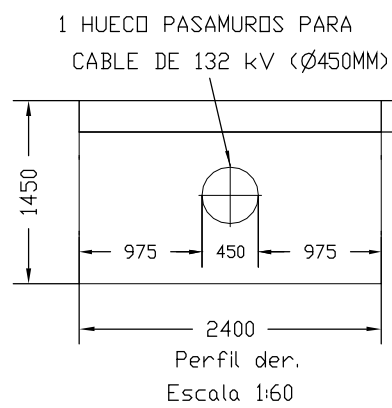
CAPA DE ARENA 50MM
HORMIGÓN DE LIMPIEZA 100MM
(SALVO CONTRAINDICACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO, SI LO HUBIESE)



Detalle.2
Escala 1:10



EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS					SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:		
INSTALACION ENLACE A 132KV S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) - FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)					REALIZADO	07-15	C.M.S.
					VERIFICADO	07-15	A.U.G.
					APROBADO	07-15	A.G.M.
TÍTULO CÁMARA DE TRANSICIÓN SUBTERRÁNEO - SUBMARINO					ESCALA	1:100	
					Formato	A3	
					Nº	6335V002	
					HOJA 1 DE 3		



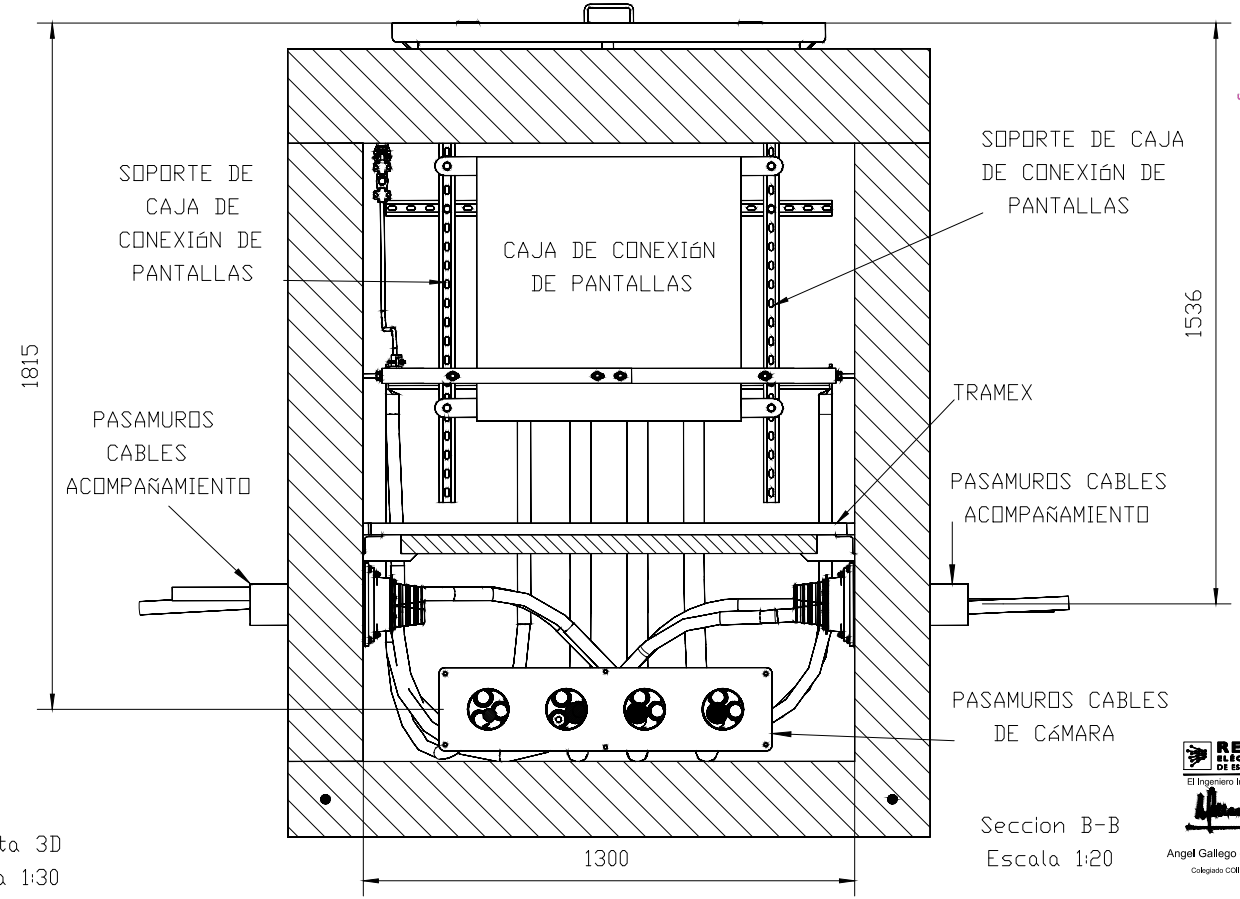
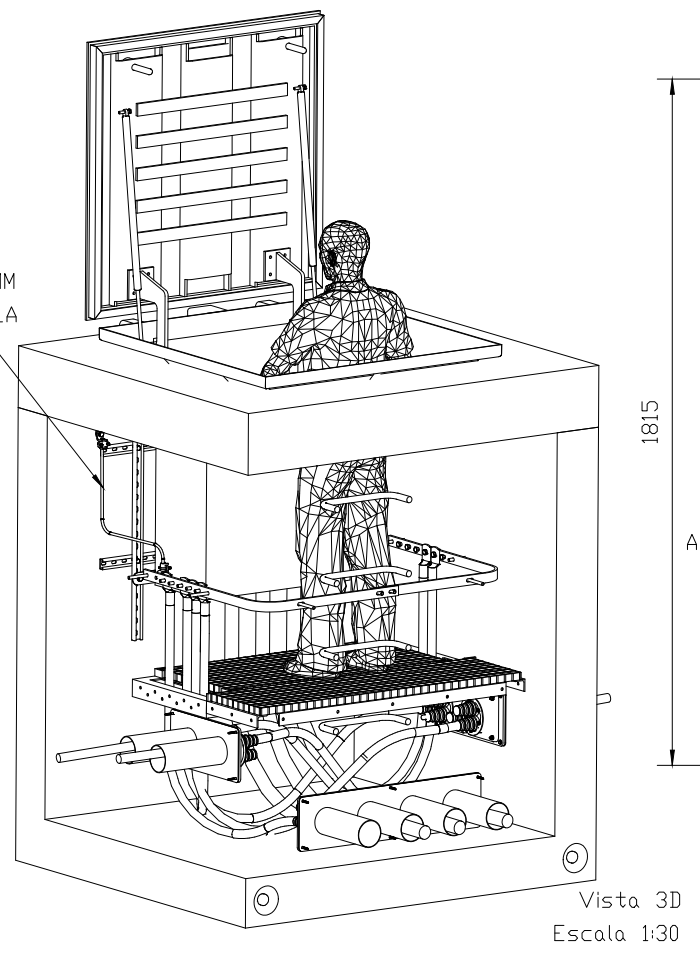
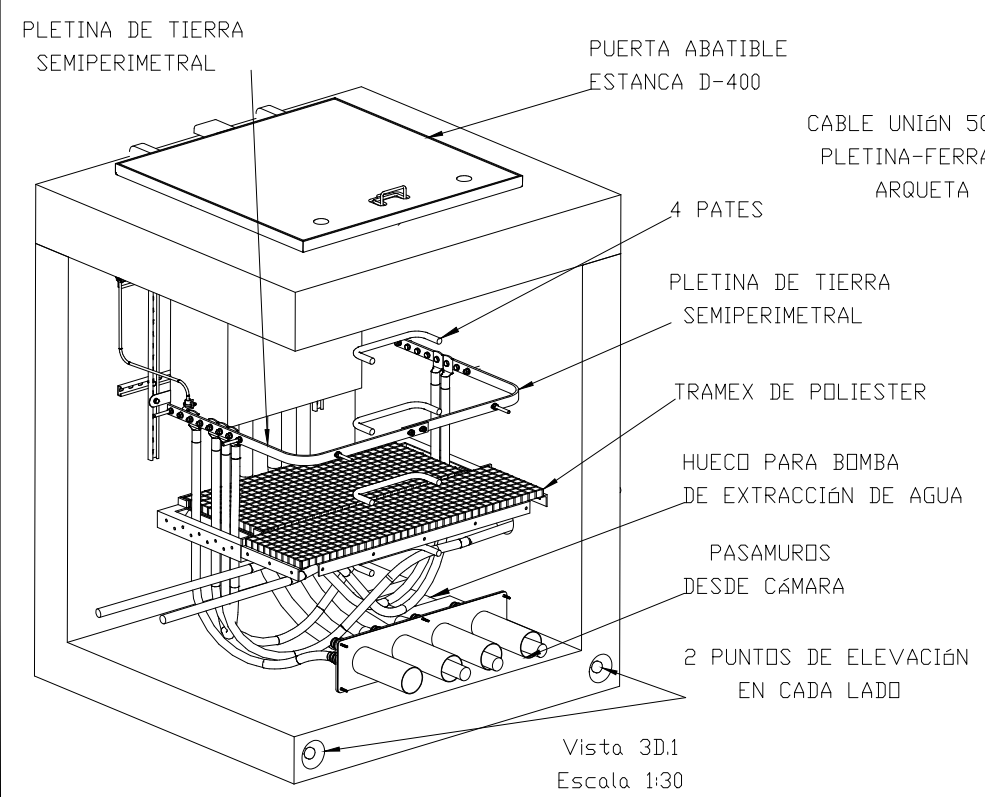
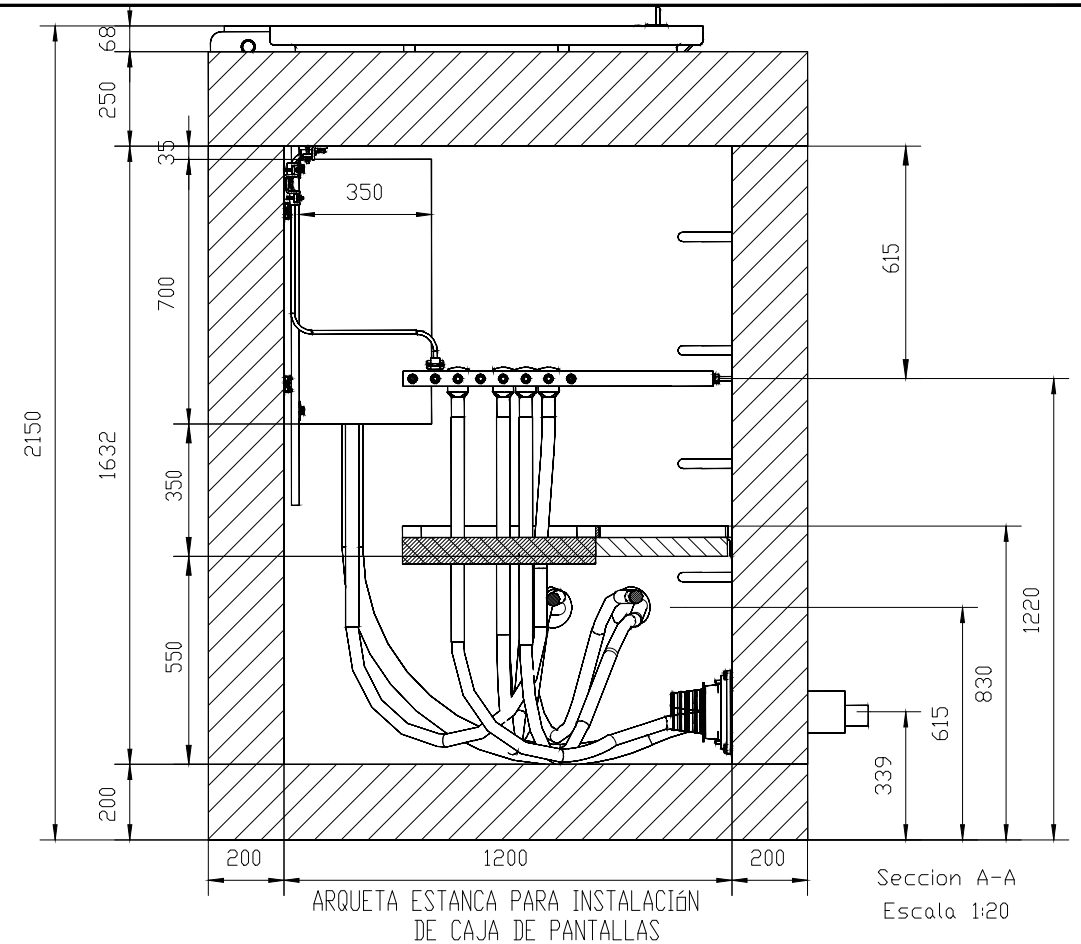
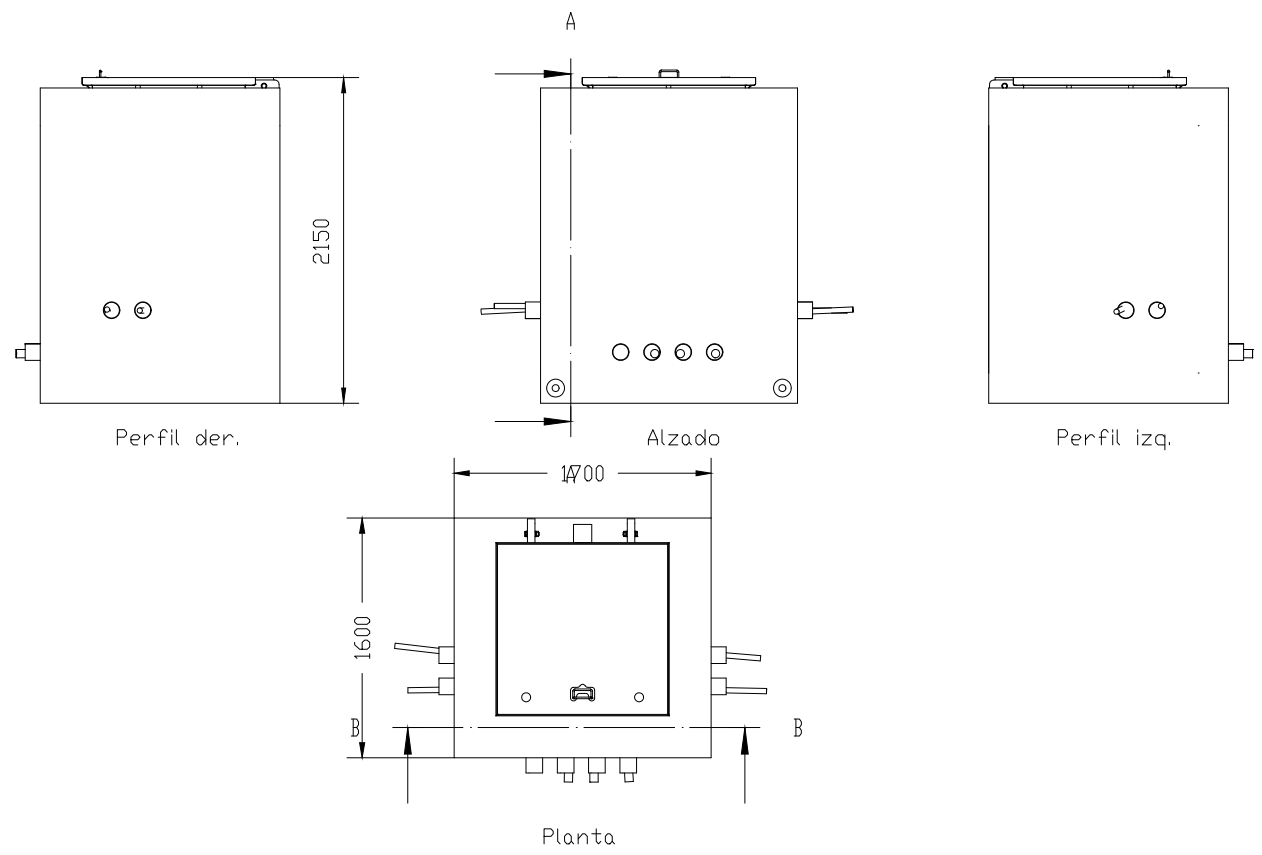
- Notas**
- Peso aproximado 32.800 Kg.
 - Para la manipulación del conjunto se deben de utilizar elementos homologados para tal fin (Halfen o similar).
 - Los insertos de tierra, insertos de tierra al exterior y tornillería, serán de acero inoxidable AISI 316.
 - Se han de romper solo los pre-rotos que se utilicen, como pasamuros.
 - Se colocará 1 pletina de tierra, en el lugar que se utilicen los pasamuros.
 - La pletina de tierra se sujetará a la pared mediante insertos en el hormigón colocados en el fraguado del mismo.
 - Toda la tornillería llevara arandela plana y grover.
 - Se suministrará con el conj. 1 pletina, soportes de la misma, 1 cable de 650 mm de 120mm² recubierto, 1 cable de 1.100 mm de 120 mm² recubierto, 4 terminales rectos tipo Arruti, 1 cable de 500 mm de 50 mm² recubierto y 2 terminales rectos tipo Arruti

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
					DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS		
INSTALACION LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) - FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)					FECHA	NOMBRE	FRMA
TÍTULO CÁMARA DE TRANSICIÓN SUBTERRÁNEO - SUBMARINO					REALIZADO	07-15	C.M.S.
ESCALA Formato-A3 1:60					VERIFICADO	07-15	A.U.G.
N° 6335V002					APROBADO	07-15	A.G.M.
HOJA 2 DE 3							

\informa\estructura de red\5. AREA DE TRABAJO DE INGENIERIA\6. PROYECTOS\04. Lanzarote-Fuerteventura - Enlace 132 kV_LAS PALMAS-Hermog 1.0. PROYECTO\Planos\Veritas\AS\W042_002.dwg

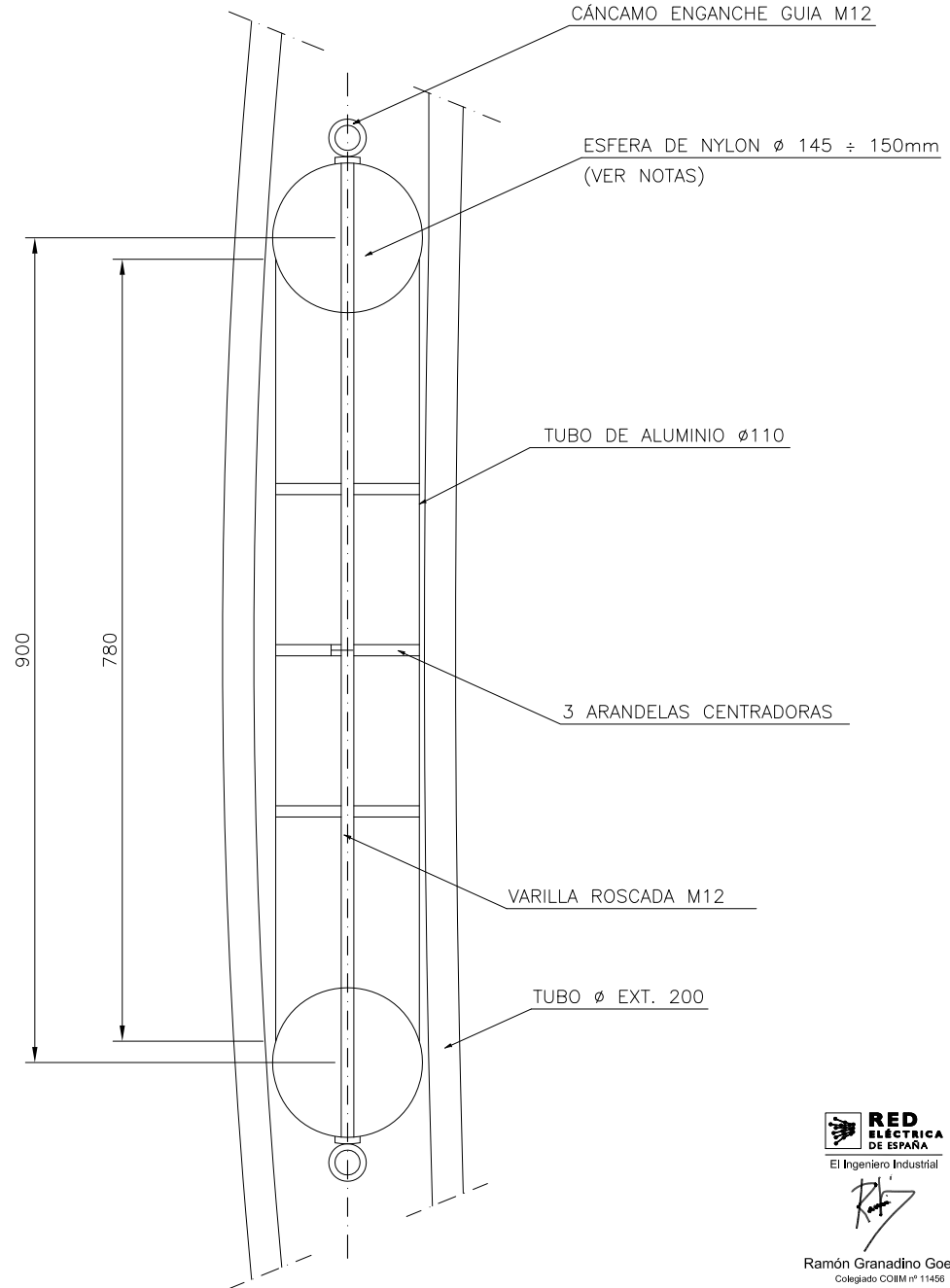
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: No 201900295, Fecha Visado: 29/08/2019, Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.coliim.es/

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 201900295. Fecha Visado: 29/01/2019. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es>
 Nº Colegiado: 11456. Colegiado: RAMÓN GRANADINO GONZÁLEZ



W:\S. AREA DE TRABAJO DE INGENIERIA\6. PROYECTOS\6.4. Lanzarote-Fuerteventura. Etapa 1.32. KV_LA335-Hemey\10. PROYECTO\Promos\Variantes\6335V002_003.dwg

EDICIÓN	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS					SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:		
INSTALACION ENLACE A 132KV S/C LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA) - FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA) (LAS PALMAS)					REALIZADO	07-15	C.M.S.
					VERIFICADO	07-15	A.U.G.
					APROBADO	07-15	A.G.M.
TÍTULO CÁMARA DE TRANSICIÓN SUBTERRÁNEO - SUBMARINO					ESCALA	Formato-A3 1:50	
					Nº	6335V002	
					HOJA 3 DE 3		

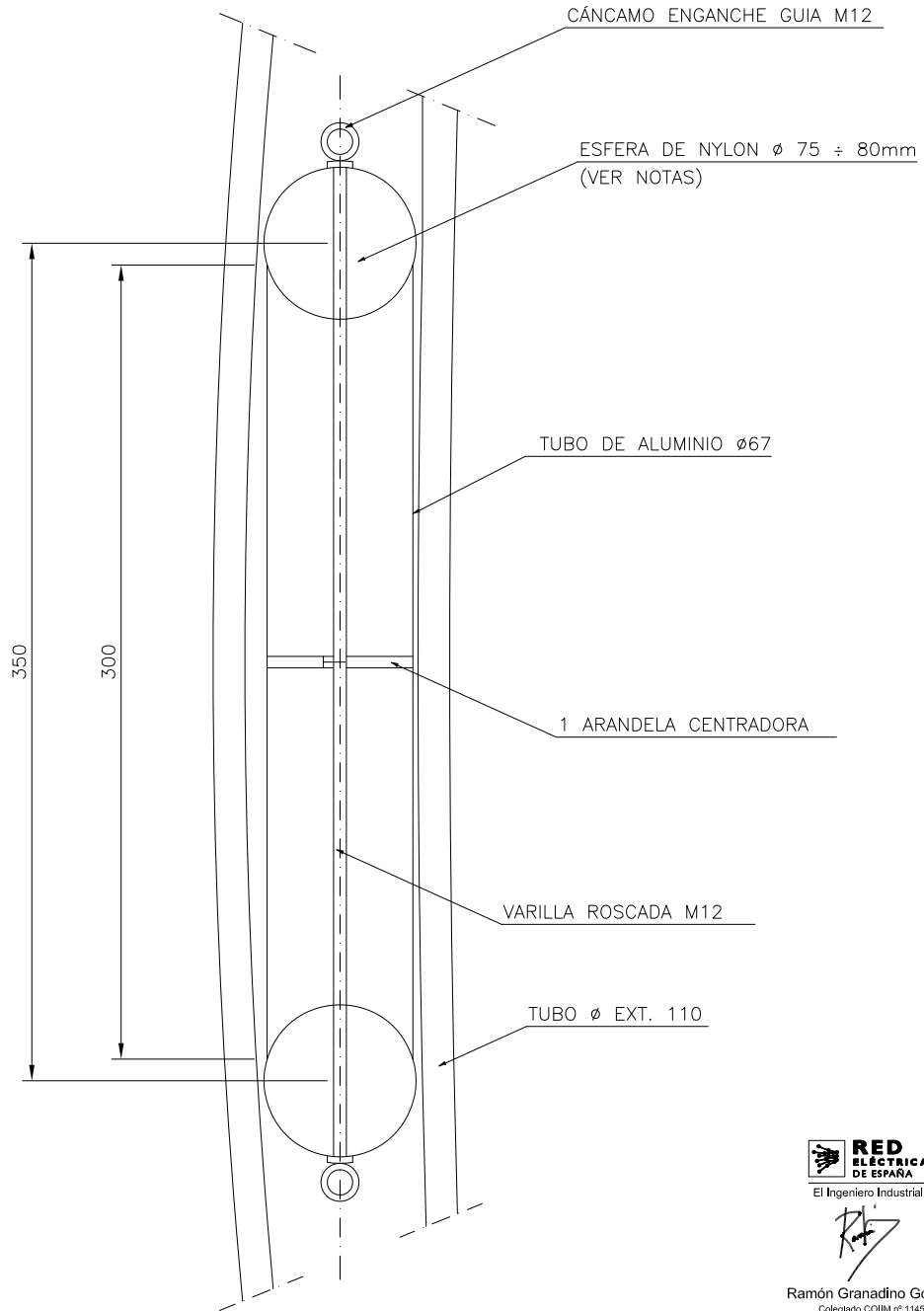


Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIM nº 11456

NOTAS

1. En tubos corrugados según ET140 o en tubos de perforaciones dirigidas PE100 SDR17 según ET204, el diámetro exterior de la esfera del mandril deberá estar dentro del rango indicado.
2. Para otros tipos de tubos el diámetro exterior de la esfera deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tubo a mandrilar.
3. Si en un tramo de canalización existen diferentes tipos de tubos el mandrilado en la ejecución de la canalización se deberá realizar en dos fases:
 - Fase 1: Mandrilado individual de cada uno de los tramos con tipos de tubos diferentes. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo en el tramo a mandrilar.
 - Fase 2: Mandrilado de la totalidad de la canalización. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo a mandrilar.
4. Previo al tendido se realizará un mandrilado de la totalidad del tramo de canalización en la que se vayan a instalar los cables. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo de canalización en el que se vayan a instalar los cables.

B	03-16	<i>R</i>	<i>G</i>	<i>dy</i>	SE ACTUALIZAN DIMENSIONES	
A	03-12	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>dy</i>	SE ACTUALIZAN DIMENSIONES Y SUSTITUYE EL PLANO LSV007	
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE SERVICIOS PARA EL TRANSPORTE DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS	SUSTITUYE A:	
REALIZADO	03-12	A.L.A.	<i>A</i>		SUSTITUIDO POR:	
VERIFICADO	03-12	G.D.C.	<i>G</i>		Nº	LSMA002
APROBADO	03-12	A.G.M.	<i>dy</i>		HOJA	DE
ESCALA Formato A4				MANDRIL PARA TUBO DE ø200		

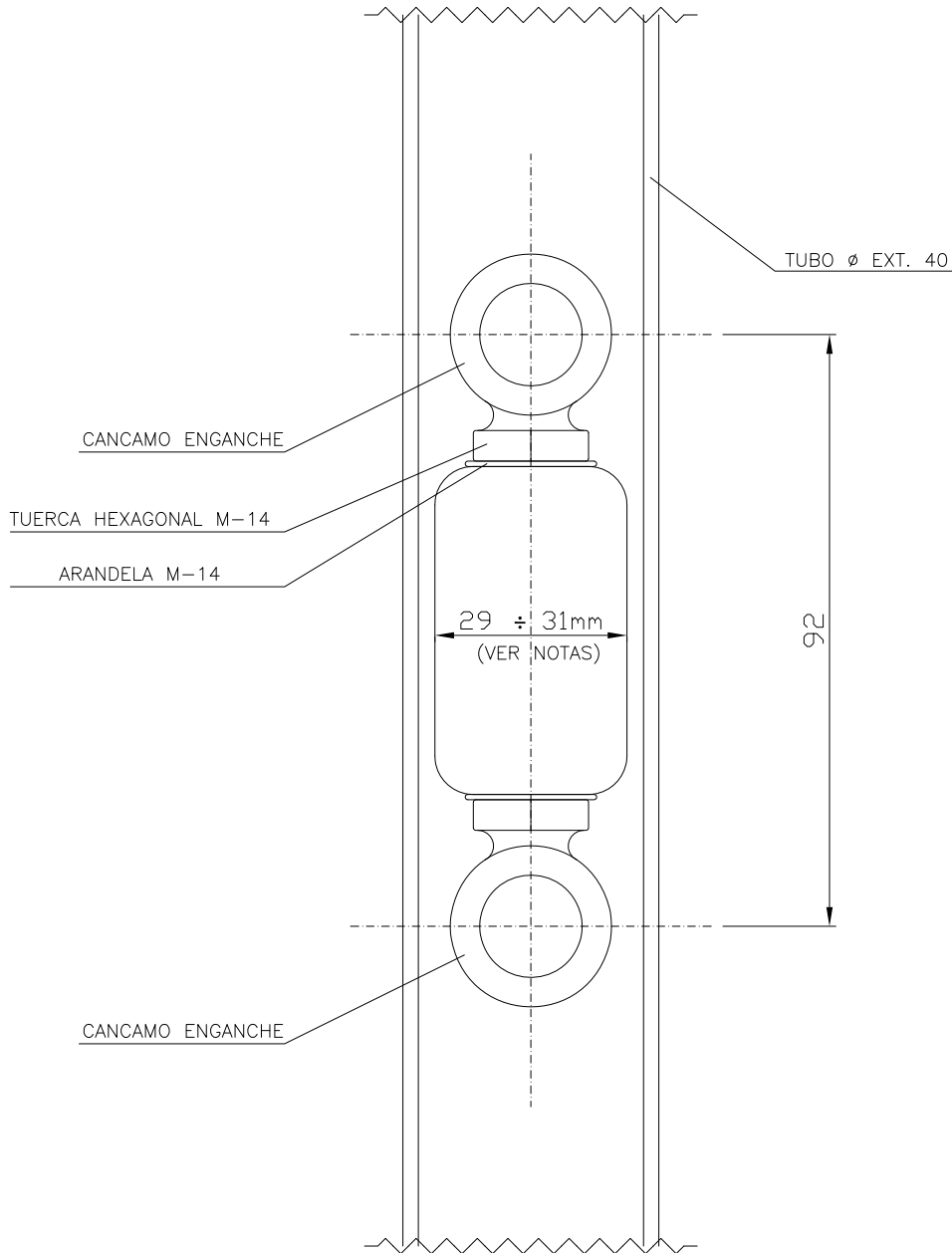


Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIIM nº 11456

NOTAS

- En tubos corrugados según ET140 o en tubos de perforaciones dirigidas PE100 SDR17 según ET204, el diámetro exterior de la esfera del mandril deberá estar dentro del rango indicado.
- Para otros tipos de tubos el diámetro exterior de la esfera deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tubo a mandrilar.
- Si en un tramo de canalización existen diferentes tipos de tubos el mandrilado en la ejecución de la canalización se deberá realizar en dos fases:
 - Fase 1: Mandrilado individual de cada uno de los tramos con tipos de tubos diferentes. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo en el tramo a mandrilar.
 - Fase 2: Mandrilado de la totalidad de la canalización. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo a mandrilar.
- Previo al tendido se realizará un mandrilado de la totalidad del tramo de canalización en la que se vayan a instalar los cables. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo de canalización en el que se vayan a instalar los cables.

D	03-16	<i>R</i>	<i>G</i>	<i>dy</i>	SE ACTUALIZAN DIMENSIONES	
C	03-12	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>dy</i>	SE ACTUALIZAN DIMENSIONES Y SUSTITUYE EL PLANO LSV002 EDICIÓN B	
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE SERVICIOS PARA EL TRANSPORTE DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS	SUSTITUYE A:	
REALIZADO	03-12	A.L.A.	<i>A</i>		SUSTITUIDO POR:	
VERIFICADO	03-12	G.D.C.	<i>G</i>		Nº	LSMA004
APROBADO	03-12	A.G.M.	<i>dy</i>		HOJA	DE
ESCALA Formato A4				MANDRIL PARA TUBO DE ø110		

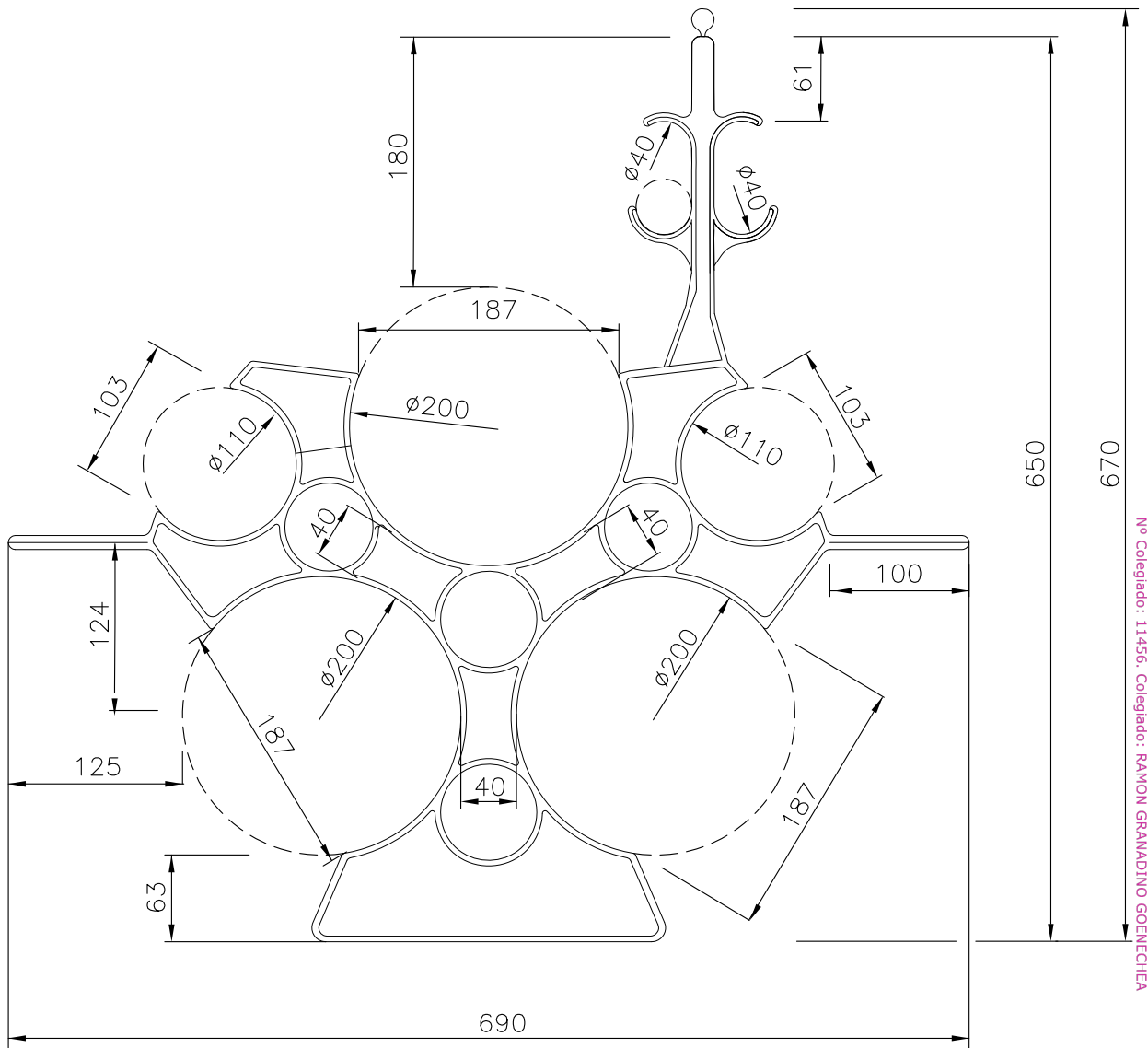


Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIIM nº 11456

NOTAS

- En tubos de telecomunicaciones según ET203 o en tubos de perforaciones dirigidas PE100 SDR17 según ET204, el diámetro exterior del mandril deberá estar dentro del rango indicado.
- Para otros tipos de tubos el diámetro exterior de la esfera deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tubo a mandrilar.
- Si en un tramo de canalización existen diferentes tipos de tubos el mandrilado en la ejecución de la canalización se deberá realizar en dos fases:
 - Fase 1: Mandrilado individual de cada uno de los tramos con tipos de tubos diferentes. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo en el tramo a mandrilar.
 - Fase 2: Mandrilado de la totalidad de la canalización. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo a mandrilar.
- Previo al tendido se realizará un mandrilado de la totalidad del tramo de canalización en la que se vayan a instalar los cables. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser $\geq 85\%$ y $\leq 90\%$ del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo de canalización en el que se vayan a instalar los cables.

B	08-16				SE CAMBIA TITULO DEL PLANO	
A	03-16				SE ACTUALIZAN DIMENSIONES	
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCIÓN DE SERVICIOS PARA EL TRANSPORTE DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS	SUSTITUYE A:	
REALIZADO	03-16	A.L.A.			SUSTITUIDO POR:	
VERIFICADO	03-16	G.D.C.			N°	LSMA005
APROBADO	03-16	A.G.M.			HOJA	DE
ESCALA Formato A4				MANDRIL PARA TUBO DE $\phi 40$ PARA TENDIDO MANUAL O MEDIANTE CABRESTANTE		




NOTAS :

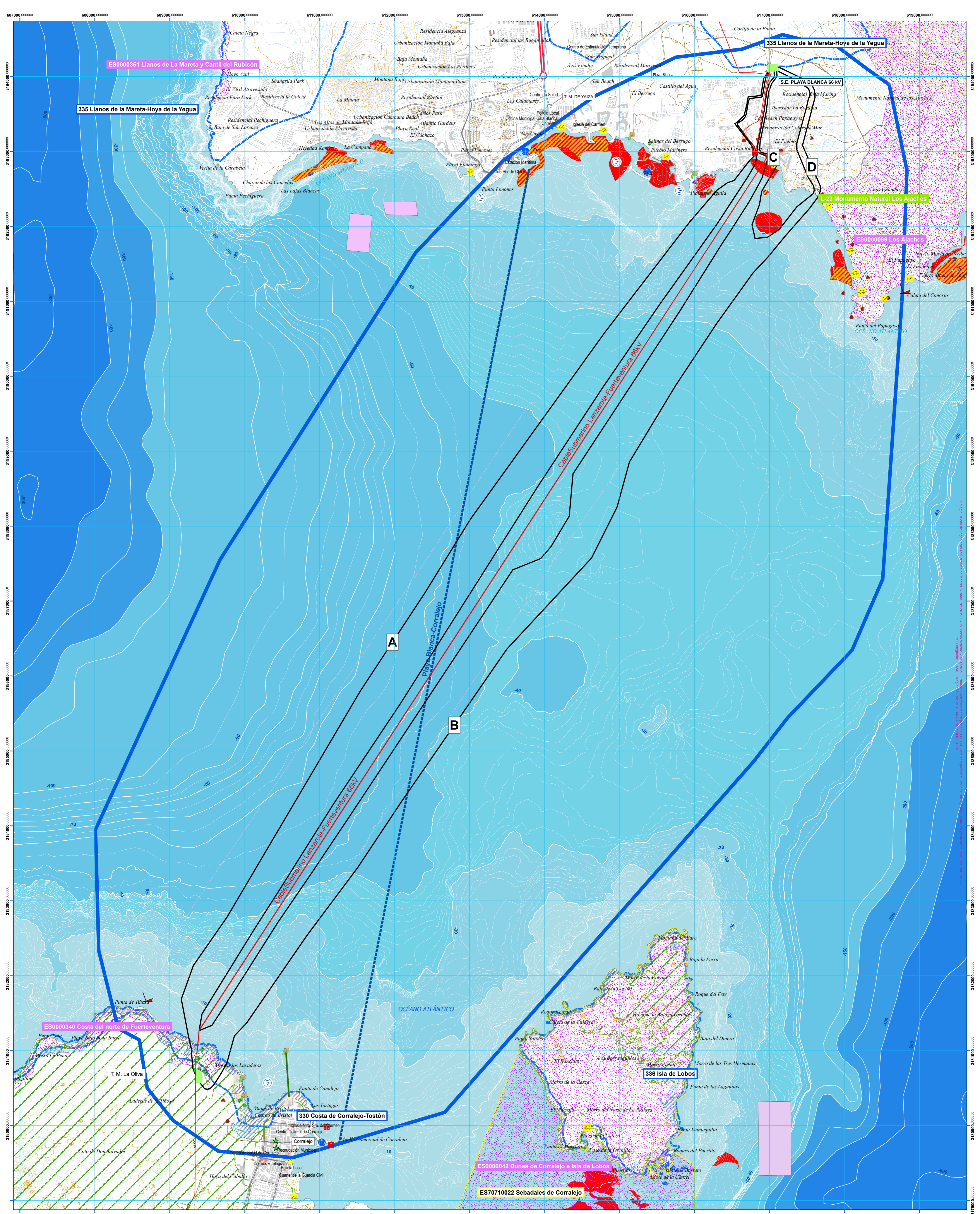
1.- SEPARACIÓN DE 40 mm ENTRE TUBOS DE $\phi 200$



Handwritten signature of Ramón Granadino Goenechea

Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIM nº 11456

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION		
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE DIRECCION DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LINEAS		SUSTITUYE A:	
REALIZADO	03-12	A.L.A.	<i>Handwritten signature</i>			SUSTITUIDO POR:	
VERIFICADO	03-12	G.D.C.	<i>Handwritten signature</i>			Nº	LSSE002
APROBADO	03-12	A.G.M.	<i>Handwritten signature</i>			HOJA	DE
ESCALA	1 : 5		SEPARADOR PARA 3 TUBOS DE $\phi 200$ 2 TUBOS DE $\phi 110$ Y TESTIGO SOPORTE PARA TETRATUBO $\phi 40$				



SIGNOS CONVENCIONALES

Límites de divisiones administrativas

- Límite municipal

Vías de comunicación

- Carretera principal
- Otras carreteras

Simbolos especiales

- Edificaciones
- Edificaciones singulares
- Invernaderos

Altimetría

- Curva directa
- Curva intermedia

Líneas eléctricas

- 66 KV

Hidrología

- Embalses y depósitos
- Cursos de agua
- Línea de Costa

HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

- 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos
- 1250 Acantilados con vegetación de las costas macaronésicas
- 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda
- 8320 Campos de lava y excavaciones naturales

ESPECIES DE INTERÉS

- Cynodocea nodosa

PATRIMONIO

- Arqueológico
- Etnográfico
- Paleontológico
- Arquitectónico
- Pecio
- Puerto/desembarcadero
- Bienes de Interés Cultural

RED CANARIA DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

- L-5 Monumento Natural Los Ajaches

ESPACIOS PROTEGIDOS RED NATURA 2000

Zonas de Especial Conservación (ZEC)

- ES7010032 Corralejo
- ES7010022 Sebadales de Corralejo

Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)

- ES3000042 Dunas de Corralejo e Isla de Lobos
- ES3000099 Los Ajaches
- ES3000348 Costa del norte de Fuerteventura

ÁREAS IMPORTANTES PARA LAS AVES (IBA)

- 330 Costa de Corralejo-Tostón

ZONAS CON LIMITACIÓN

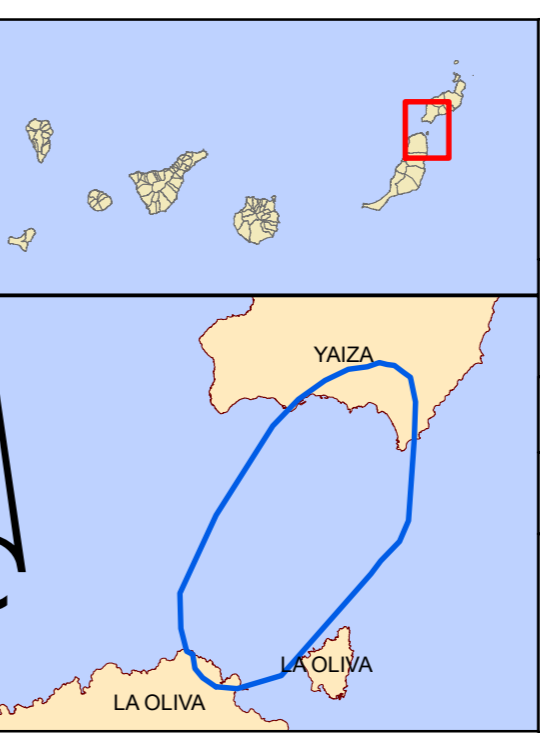
- Servidumbre de arrastre y fondeo por cable submarino

INFRAESTRUCTURAS

- Desaladora
- EDAR
- Concesiones Acuicultura
- Puerto
- Vertidos desde tierra al mar
- Vertidos zona de escorrentía
- Emisario

OTROS

- Zona de buceo
- Ruta transporte marítimo
- Playas

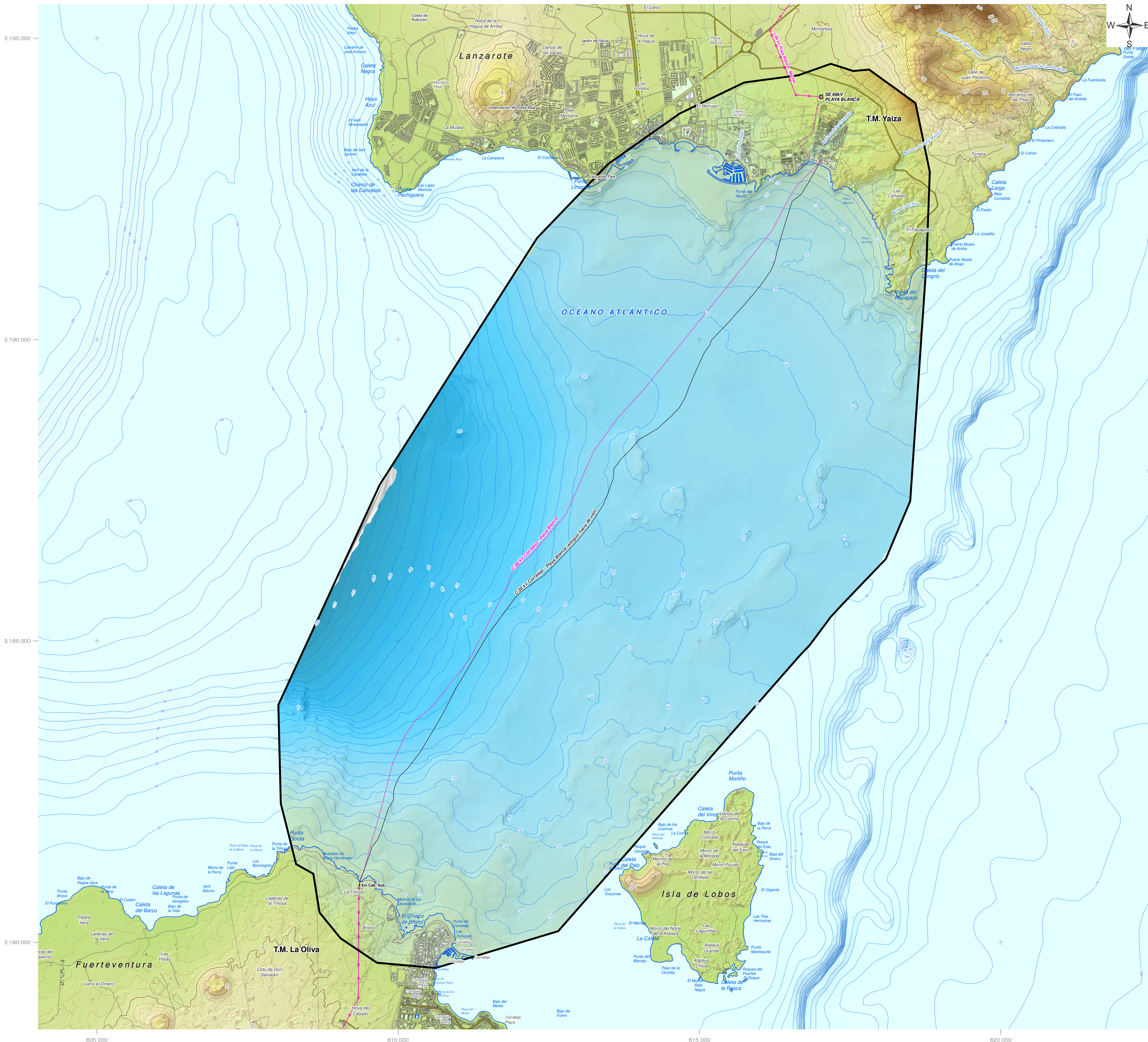


ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL CABLE SUBMARINO A 132 KV LA OLIVA (NUEVO CORRALEJO)-PLAYA BLANCA

TÍTULO DEL PLANO: ÁMBITO DE ESTUDIO

PLANO Nº: 1	HOJA: H-1	FECHA: JULIO 2010	ESCALA CURVAS: 5 metros
BASE CARTOGRAFICA: IGN/IGN 2007/2008		PROYECTO: W0504	
ESCALA GRAFICA: 1:22.000		PROYECTO: W0504	
COORDENADAS: UTM		PROYECTO: W0504	
RED GEODESICA: REGCAN '95		PROYECTO: W0504	

Biosfera XXI. Estudios Ambientales



LEYENDA GENERAL

- Límite término municipal
- Ríos y torrentes
- Carreteras
- Caminos y pistas forestales
- Edificaciones e Infraestructuras
- Curvas de nivel directoras (cada 50 m)
- Curvas de nivel simples (cada 10 m)
- Curvas batimétricas (cada 5 m)
- Área de estudio

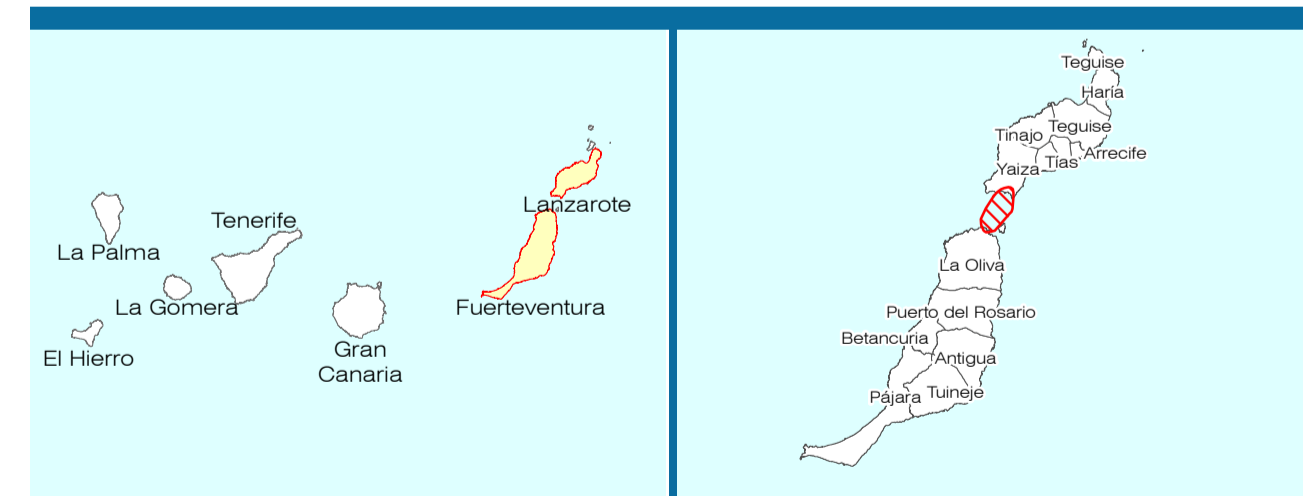
INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS EXISTENTES

- Líneas eléctricas aéreas a 66 kV
- Líneas eléctricas subterráneas a 66 kV
- Cable submarino a 66 kV
- Cable submarino a 30 kV (antiguo fuera de uso)
- S.E. Playa Blanca a 66 kV
- Estación de Transición aéreo-subterráneo
- Caletilla Negra

BATIMETRÍA E HIPSOMETRÍA

Hipsometría y batimetría (m)

FUENTE: Elaboración propia



TÍTULO DEL PROYECTO:
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA SUBMARINA A 132 kV LANZAROTE-FUERTEVENTURA. CABLE A 132 kV. SIMPLE CIRCUITO. PLAYA BLANCA (LANZAROTE) – LA OLIVA (FUERTEVENTURA)

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

TÍTULO DEL PLANO: BATIMETRÍA E HIPSOMETRÍA	HOJA: 1	Nº DE PLANO: 2
EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS: 10 metros	ESCALA: 1:30.000	FECHA: JUNIO 2015

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Madrid, nº 201000295. Fecha: Madrid, 29/01/2015. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colegiomadrid.com/verificacion>. C.O.I.I.M. nº 84727777.



RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE
LA ZONA DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
EN LAS ISLAS DE LANZAROTE Y FUERTEVENTURA

CONEXIÓN ELÉCTRICA A 132 kV SIMPLE
CIRCUITO ENTRE LANZAROTE (SE PLAYA BLANCA)
Y FUERTEVENTURA (SE LA OLIVA)

DOCUMENTO 4
PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº 4 – PRESUPUESTO

1. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE
2. AGUAS INTERIORES
3. RESUMEN ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE
4. RESUMEN AGUAS INTERIORES
5. RESUMEN TOTAL

1. ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

	Ud	€Ud	€	
1. INGENIERÍA				
Realización del proyecto de ejecución, incluyendo topografía de detalle, cálculos y delineación de planos	1	P.A.	1.114	1.114
TOTAL INGENIERÍA			1.114	
2. GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS				
Visado del proyecto de ejecución, tramitación de expedientes, obtención de los permisos de los propietarios afectados y realización de todas las gestiones necesarias para la autorización y la legalización de la instalación por parte de la Administración	1	P.A.	1.788	1.788
TOTAL GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS			1.788	
3. MATERIALES				
3.1 CABLES Y ACCESORIOS				
Suministro y acopio de cable de potencia 76/132 3x1x630/300 mm ²	167	m	380	63.460
Suministro y acopio de cable de potencia XLPE 132 kV Al 1000 mm ²	111	m	90	9.990
Suministro y acopio de cable de tierra aislado 1x185 mm ² Cu	37	m	21	777
Empalmes de transición subterráneo-submarino	3	ud	25.000	75.000
3.2 CÁMARAS DE EMPALME Y REGISTROS				
Suministro y acopio de arqueta prefabricada de telecomunicaciones. Incluye tapa de fundición	1	ud	700	700
3.3 CONEXIÓN DE PANTALLAS				
Suministro y acopio de cajas tripolares de PaT con/sin descargadores	1	ud	7.679	7.679
Suministro y acopio de pequeño material para conexionado de las pantallas	1	P.A.	960	960
3.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES				
Cable dieléctrico monomodo 48 FO	37	m	2	74
Cajas empalme 48 FO	1	ud	500	500
TOTAL MATERIALES			159.140	
4. OBRA CIVIL				
Zanja según plano LSZ007	37	m	290	10.730
Instalación cámaras de empalme de transición subterráneo-submarino	1	ud	25.000	25.000
Instalación arqueta telecomunicaciones	1	ud	300	300
Perforación dirigida para un circuito	139	m	1.800	250.200
TOTAL OBRA CIVIL			286.230	
5. MONTAJE				
Tendido en zanja de cable de potencia 132 kV XLPE 1000Al+H200	111	m	12	1.332
Tendido de cable de tierra aislado 1x185 mm ² Cu	37	m	4	148
Realización del sistema de PaT de 1 circuito. Incluye el conexionado de las cajas de PaT con los empalmes	1	P.A.	3.808	3.808

Tendido cable 48 FO	37	m	2	74
Confección empalmes cable 48 FO	1	ud	600	600
TOTAL MONTAJE				5.962
6. TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN				
TOTAL TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN				45.000
7. ENSAYOS FINALES				
Ensayos finales cable submarino	1	ud	2.700	2.700
Ensayos finales cable subterráneo	1	ud	770	770
Ensayos cable FO	1	ud	30	30
TOTAL ENSAYOS FINALES				3.500
8. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA				
Dirección técnica, supervisión y vigilancia de las actividades de construcción	1	P.A.	3.085	3.085
TOTAL DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA				3.085
9. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD				
Presupuesto de seguridad	1	P.A.	1.685	1.685
TOTAL PRESUPUESTO DE SEGURIDAD				1.685
10. PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS				
Presupuesto de gestión de residuos	1	P.A.	1.773	1.773
TOTAL PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS				1.773

2. AGUAS INTERIORES

	Ud	€Ud	€	
1. INGENIERÍA				
Realización del proyecto de ejecución, incluyendo topografía de detalle, cálculos y delineación de planos	1	P.A.	75.362	75.362
TOTAL INGENIERÍA			75.362	
2. GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS				
Visado del proyecto de ejecución, tramitación de expedientes, obtención de los permisos de los propietarios afectados y realización de todas las gestiones necesarias para la autorización y la legalización de la instalación por parte de la Administración	1	P.A.	107.006	107.006
TOTAL GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS			107.006	
3. MATERIALES				
3.1 CABLES Y ACCESORIOS				
Suministro y acopio de cable de potencia 76/132 3x1x630/300 mm ²	14.232	m	380	5.408.160
TOTAL MATERIALES			5.408.160	
4. OBRA CIVIL				
Perforación dirigida para un circuito	823	m	1.800	1.481.400
TOTAL OBRA CIVIL			1.481.400	
5. TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN				
TOTAL TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN			4.410.000	
6. ENSAYOS FINALES				
Ensayos finales cable submarino	1	ud	264.600	264.600
TOTAL ENSAYOS FINALES			264.600	
7. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA				
Dirección técnica, supervisión y vigilancia de las actividades de construcción	1	P.A.	36.750	36.750
TOTAL DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA			36.750	
8. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD				
Presupuesto de seguridad	1	P.A.	62.704	62.704
TOTAL PRESUPUESTO DE SEGURIDAD			62.704	

3. RESUMEN ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE

INGENIERÍA.....	1.114 €
GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS.....	1.788 €
MATERIALES.....	159.140 €
OBRA CIVIL.....	286.230 €
MONTAJE.....	5.962 €
TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN.....	45.000 €
ENSAYOS FINALES	3.500 €
DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA	3.085 €
PRESUPUESTO DE SEGURIDAD	1.685 €
PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	1.773 €
TOTAL.....	509.278 €

4. RESUMEN AGUAS INTERIORES

INGENIERÍA.....	75.362 €
GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS.....	107.006 €
MATERIALES.....	5.408.160 €
OBRA CIVIL.....	1.481.400 €
TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN.....	4.410.000 €
ENSAYOS FINALES	264.600 €
DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA	36.750 €
PRESUPUESTO DE SEGURIDAD	62.704 €
TOTAL.....	11.845.982 €

5. RESUMEN TOTAL

INGENIERÍA.....	76.476 €
GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS.....	108.794 €
MATERIALES.....	5.567.300 €
OBRA CIVIL.....	1.767.630 €
MONTAJE.....	5.962 €
TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN.....	4.455.000 €
ENSAYOS FINALES	268.100 €
DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA	39.835 €
PRESUPUESTO DE SEGURIDAD	64.389 €
PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	1.773 €
TOTAL.....	12.355.261 €

Importa el presente presupuesto la cantidad de DOCE MILLONES TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN euros.

Madrid, enero de 2019
El Ingeniero Industrial



Ramón Granadino Goenechea
Colegiado COIIM nº 11456