



PROYECTO BÁSICO DE INSTALACIÓN DE ACUICULTURA

PARA UNA GRANJA MARINA DE ENGORDE DE PECES EN JAULAS FLOTANTES,
EN AGUAS DEL MEDITERRANEO de nombre

OAM-MURCIA 1

MAZARRÓN (MURCIA)

PETICIONARIO

OCEAN AQUACULTURE MURCIA SL



Colegio Oficial de Peritos
e
Ingenieros Técnicos Navales

VISADO

A LOS EFECTOS REGLAMENTARIOS
CON EL NÚMERO DE REGISTRO

2024/001009/AA/VA-N

FECHA DE REGISTRO
10/06/2024

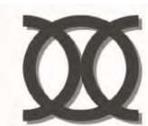
Puede verificar el visado con el siguiente código (CSV)
en el enlace indicado más abajo o con el código QR.

ZQO9uQPPQq3krcrhnKnKsxe243Q0zYBF

<https://www.cogitn.es/verificar-visado/ZQO9uQPPQq3krcrhnKnKsxe243Q0zYBF>

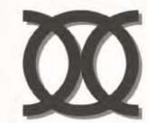


Firmado digitalmente por BERNARDO
PEREIRA (R: Q2870022 - Colegio Oficial de
Peritos e Ingenieros Técnicos Navales)
Motivo: VISADO DIGITAL
Ubicación: Ferrol (A Coruña)
Consultas: visados@cogitn.es



INDICE

I. MEMORIA:	4
I.0. ANTECEDENTES	4
I.1. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO:	6
I.2. DATOS DEL SOLICITANTE:	7
I.3. DATOS DE LA INSTALACIÓN:	7
I.4. DATOS DE LA CONCESIÓN	8
I.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO:	11
II. ANEJOS A LA MEMORIA:	18
II.1. ESTUDIO DE CONDICIONES AMBIENTALES:	18
II.2. ESTUDIO DE ESTABILIDAD INICIAL	54
II.3. ESTUDIO DE FONDEO	62
II.4. PLANIFICACION Y CONTROL DE LA EJECUCION:	109
III. PLIEGO DE CONDICIONES:	115
III.1. NORMATIVA DE APLICACION:	115
III.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	117
IV. PRESUPUESTO:	125
IV.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	125
IV.2. PRESUPUESTO:	126

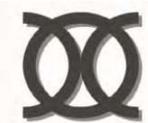


V. PLANOS

22280-671.00.0 PLANO DE SITUACION
22280-671.01.0 PLANO DE EMPLAZAMIENTO
22280-671.05.0 PLANO DE BALIZAMIENTO
22280-671.10.0 PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL
22280-671.11.0 PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL-1
22280-671.30.0 JAULA
22280-671.40.0 PLANO DE FONDEO
22280-671.X.0

INDICE DE IMAGENES:

Imagen 1 Punto de estudio del clima	18
Imagen 2 Boya Cabo de Palos.....	20
Imagen 3 Distribución de Vientos Extremos.	29
Imagen 4 Distribución de Corrientes Extremas.	36
Imagen 5 Sectores Abiertos al Oleaje.	37
Imagen 6 FETCH del oleaje en nm.	40
Imagen 7 Distribución de oleajes extremos.	49



I. MEMORIA:

I.0. ANTECEDENTES

OCEAN AQUACULTURE MURCIA SL (en adelante OAM), es una empresa dedicada a la acuicultura en MAR ABIERTO (Off-Shore) y que abarca todo el ciclo productivo de las especies seriola (*Seriola dumerili*) y Corvina (*Aryrosomus regius*), desde la producción de alevines en plantas terrestres (hatchery), preengorde hasta su posterior traslado y engorde en el mar, incluso su pesca, procesado y comercialización.

La acuicultura marina tradicional, cercana a la costa, se ve limitada actualmente por la competencia frente a otras actividades costeras (turismo, áreas protegidas, etc), ante esta limitación la acuicultura en mar abierto se presenta como una solución tecnológica que permite la cría de especies marinas a mayores distancia de la costa minimizando interferencias con otras actividades, e incorporando una mayor componente de sostenibilidad, un alto grado de resiliencia frente al cambio climático y firmemente alineada con las políticas europeas de Crecimiento Azul.

El objetivo de producción anual son 7500Tm/año explotando una instalación en mar abierto formada por 2 jaulas diseñadas por la empresa Noruega MORELD referencia modelo **GM AQUA DESIGN 1.0** de 100x100 m y 66.5 m de altura, con un volumen útil aproximado de 300000 m³/cu y fondeadas de forma permanente al lecho marino.

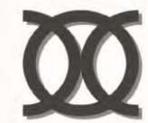
En esta documentación se describe una granja marina dedicada al engorde de peces en el mar Mediterráneo, se definen las características y distribución de las jaulas flotantes, así como las dimensiones del polígono de concesión pretendido, se estudian los factores climáticos predominantes para justificar sus componentes estructurales de fondeo. Se determinan directrices de ejecución y montaje en mar abierto de la granja marina y se estima el alcance presupuestario de la obra.

El proyecto pretende adaptar el tipo y distribución de jaulas a los avances en nuevas técnicas de jaulas flotantes de grandes dimensiones en mar abierto, permitiendo la automatización de los procesos, con mejora del rendimiento de producción y reducción del impacto ambiental mediante las soluciones presentadas en los siguientes puntos:

- Jaulas de mayores dimensiones y totalmente autónomas, con posibilidad de realizar operaciones básicas de forma remota y sin necesidad de personal permanente, reduciendo la densidad de biomasa en cada jaula al tiempo que se optimiza la aplicación de los equipos de proceso automatizado en un menor número de jaulas.



- Con un mínimo número de jaulas de mayores dimensiones, a gran distancia de la costa y manteniendo la distancia relativa entre ellas y la cota de profundidad para reducir el impacto ambiental sobre la costa y lecho marino al mismo tiempo que se minimiza el riesgo de contagio de patologías.
- Utilización de redes de DYNEMA, material de alta resistencia, lo que permite reducir el peso de la red, mejorar la oxigenación de los peces y reducir los esfuerzos de la red sobre la estructura.
- Diseño de red con cuña profunda en el fondo lo que permite aplicación de sistemas automáticos de retirada de bajas en cada una de las jaulas.
- El diseño de los segmentos exteriores permiten una mayor eficiencia en la tensión de la red, para permitir primero un mejor comportamiento frente a las deformaciones ocasionadas por las corrientes y segundo facilitar el lavado de las redes en su posición, con reducción de tiempos de manipulación y limpieza, así como minimización del impacto ambiental de estas operaciones.
- Alimentación autónoma y centralizada desde los silos, gestionada remotamente desde tierra con control de cámaras submarinas y sistema neumático de alimentación. Este sistema reduce los tiempos de transporte de pienso y mejora la eficiencia en la alimentación de los peces, con el consiguiente ahorro de pienso y reducción de impacto ambiental.
- Jaulas diseñadas para operar en MAR ABIERTO y adaptarse de forma dinámica a la meteorología existente, pudiendo alterar ligeramente su calado según las circunstancias, minimizando las cargas dinámicas de las olas, y con sus redes profundas permite a los peces adaptarse a la mejor temperatura del agua buscando profundidad.

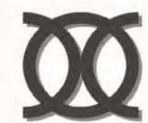


I.1. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO:

Conseguir los permisos y autorizaciones administrativas necesaria a nombre de la empresa OCEAN AQUACULTURE MURCIA SL, para la instalación en mar abierto de 2 jaulas, tipo columna estabilizada, modelo **GM AQUA DESIGN 1.0** de 100x100 m (entre ejes de columnas) y 66.5 m de puntal hasta la cubierta de servicio, con un volumen útil de redes, en flotación de servicio, de aproximadamente 280000:300000 m³/cu fondeadas al lecho marino en alta mar ocupando una nueva concesión de dominio público marítimo-terrestre de aproximadamente 455.5Ha frente a las costas del municipio de MAZARRÓN en la provincia de Murcia, cumplen el objetivo de este Proyecto Básico de Instalación de Acuicultura.

El proyecto define igualmente el sistema de balizamiento para ayudas a la navegación marítima para demarcar el perímetro de la concesión y sus áreas de influencia, presentado en el documento PROYECTO DE BALIZAMIENTO PERIMETRAL, anexo a este proyecto, que se ejecutará previo al montaje de las jaulas.

En Dénia a **miércoles, 5 junio de 2024**



I.2. DATOS DEL SOLICITANTE:

Empresa	OCEAN AQUACULTURE MURCIA SL CIF: B56175524
Dirección	c/ Diego de León, 59 2º C 28006 MADRID – Madrid Tel: 646475182

I.3. DATOS DE LA INSTALACIÓN:

Datos generales de la instalación	2 jaulas flotantes totalmente autónomas modelo GM AQUA DESIGN 1.0 fondeadas al lecho marino.
Datos de las redes de contención	Largo : 80m x Ancho : 80m. Profundidad Total: 45m Volumen aproximado en Servicio: 288000:300000m ³
Datos de producción	El proyecto se diseña para el cultivo de Seriola y Corvina con una producción de 7500Tm/año



I.4. DATOS DE LA CONCESIÓN

Emplazamiento	La concesión se sitúa en mar abierto, a 3,9 nm (millas náuticas) rumbo 162° desde el puerto de MAZARRÓN, provincia de Murcia y a 12,7nm rumbo 248° desde el puerto de CARTAGENA, provincia de Murcia.
Dimensiones	La concesión formará un rectángulo de 3300x1380m. Con el lado largo Rumbo 82° (A-B) y el lado corto Rumbo 172° (B-C).
Superficie	La instalación ocupa una superficie total de S = 455.5 Ha
Profundidad	La profundidad en la zona de la concesión varía desde los 161m a los 205.5m.

Para la situación del polígono propuesto se han barajado, todas las posibilidades en cuanto a medio ambiente, interferencias socioeconómicas y de transporte marítimo, así como capacidades tecnológicas de instalación, resultando la propuesta de las siguientes coordenadas de los centros de cada una de las jaulas:

CENTROS DE LAS JAULAS					
	#	USO	X	Y	H
Datum WGS84/ETRS89			m	m	m
Centro Polígono	MU-1-O	30S	656639.5	4152128.5	-182.8
	Lat/Lon		37.50282	-1.22787	
Coordenadas de las Jaulas Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1.1	30S	655855.0	4151987.0	-182
	Lat/Lon		37.50167	-1.23677	
	MU-1.2	30S	657381.0	4152221.0	-180
	Lat/Lon		37.50352	-1.21947	
	*				0
	Lat/Lon				

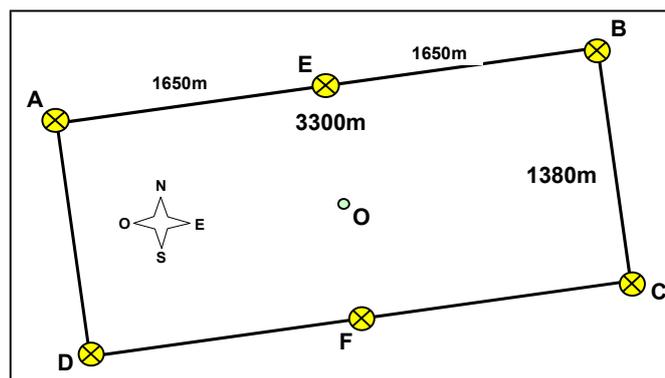
CENTROS DE LAS JAULAS				
	#	Lat	Lon	H
Datum WGS84/ETRS89		hdd°m.mmm'	hdd°m.mmm'	m
Centro Polígono	MU-1-O	N37 30.169	W1 13.672	182.8
Coordenadas de las Jaulas Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1.01	N37 30.100	W1 14.206	182.0
	MU-1.02	N37 30.211	W1 13.168	180.0
	*			
	*			



Posicionadas las jaulas, se despliegan los fondeos y se obtiene el polígono que inscribe toda la infraestructura en su interior, con esto resultan los siguientes puntos de la concesión propuesta, dónde MU 1 representa el código de la instalación y los puntos AL-1-X, referencian a las balizas perimetrales, siendo X igual a A-B-C-D los vértices, y X igual a E-F las balizas intermedias del polígono propuesto:

BALIZAMIENTO-MU-1				
	#	Lat	Lon	H
Datum WGS84/ETRS89		<i>hddºm.mmm'</i>	<i>hddºm.mmm'</i>	<i>m</i>
Centro Polígono	MU-1-O	N37 30.169	W1 13.672	183
Balizas Perimetrales Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1-A	N37 30.420	W1 14.844	175
	MU-1-E	N37 30.539	W1 13.734	161
	MU-1-B	N37 30.657	W1 12.624	161
	MU-1-C	N37 29.917	W1 12.500	196.5
	MU-1-F	N37 29.799	W1 13.610	198
	MU-1-D	N37 29.680	W1 14.720	205.5

BALIZAMIENTO-MU-1				
	#	Lat	Lon	H
Datum WGS84/ETRS89		<i>hddºm.mmm'</i>	<i>hddºm.mmm'</i>	<i>m</i>
Centro Polígono	MU-1-O	37.50282	-1.22787	183
Balizas Perimetrales Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1-A	37.50700	-1.24740	175
	MU-1-E	37.50898	-1.22890	161
	MU-1-B	37.51095	-1.21040	161
	MU-1-C	37.49862	-1.20833	196.5
	MU-1-F	37.49665	-1.22683	198
	MU-1-D	37.49467	-1.24533	205.5

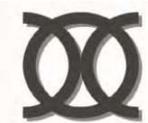




BALIZAMIENTO-MU-1					
	Centro	30S	656639.5	4152128.!	-182.8
	#	USO	X	Y	H
Datum WGS84/ETRS89			<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
Balizas Perimetrales Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1-A		654904	4152561	175
	MU-1-E		656535	4152811	161
	MU-1-B	30S	658166	4153061	161
	MU-1-C		658375	4151696	196.5
	MU-1-F		656744	4151446	198
	MU-1-D		655113	4151196	205.5

BALIZAMIENTO-MU-1				
	#	Lat	Lon	H
Datum WGS84/ETRS89		<i>hdd°m.mmm'</i>	<i>hdd°m.mmm'</i>	<i>m</i>
Centro Polígono	MU-1-O	37.50282	-1.22787	183
Balizas Perimetrales Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1-A	37.50700	-1.24740	175
	MU-1-E	37.50898	-1.22890	161
	MU-1-B	37.51095	-1.21040	161
	MU-1-C	37.49862	-1.20833	196.5
	MU-1-F	37.49665	-1.22683	198
	MU-1-D	37.49467	-1.24533	205.5

BALIZAMIENTO-MU-1				
	#	Lat	Lon	H
Datum WGS84/ETRS89		<i>hdd°m.mmm'</i>	<i>hdd°m.mmm'</i>	<i>m</i>
Centro Polígono	MU-1-O	N37 30.169	W1 13.672	183
Balizas Perimetrales Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1-A	N37 30.420	W1 14.844	175
	MU-1-E	N37 30.539	W1 13.734	161
	MU-1-B	N37 30.657	W1 12.624	161
	MU-1-C	N37 29.917	W1 12.500	196.5
	MU-1-F	N37 29.799	W1 13.610	198
	MU-1-D	N37 29.680	W1 14.720	205.5



I.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO:

I.5.1. Descripción general de la instalación

La instalación se sitúa en aguas de Mazarrón, a 3.9nm náuticas rumbo 162° del puerto de Mazarrón (Murcia), sobre terrenos de concesión del dominio público marítimo-terrestre, formando un polígono rectangular de 3300x1380m, con una superficie total de 455.5Ha, en fondos de profundidad aproximada entre 161 y 205.5m.

En el interior del polígono se instalarán 2 jaulas flotantes de 100x100m, modelo GM AQUA DESIGN 1.0, totalmente autónomas e independientes, fondeadas de forma permanente al lecho marino.

Cada jaula dispone de 8 puntos de anclaje, cada uno de ellos fija una línea de fondeo, resultando 8 líneas de fondeo por jaula, distribuidas de forma que cualquier rotura o avería de una cualquiera de las líneas es repartida entre las demás para funcionar en avería y resistir las cargas ambientales de diseño hasta las reparaciones.

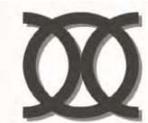
Las jaulas se pueden gestionar de forma remota, disponen de circuito cerrado de monitorización de peces, sensores meteorológicos, sistemas de trimado, sistemas de alimentación, recogida de bajas y limpieza de redes gobernados remotamente desde tierra.

I.5.2. Jaulas flotantes modelo GM AQUA DESIGN 1.0 :

Las jaulas Flotantes son del tipo "Columna Estabilizada" fabricadas con acero. Cada una de ellas consiste en 4 columnas que sobresalen en la superficie, un pontón paralelepípedo sumergido que las columnas anteriores apoyan en sus vértices y una cubierta soportada en las partes superiores de las columnas. La flotabilidad la proporcionan el pontón sumergido, las columnas sumergidas y la parte de la estructura sumergida formada por tirantes diagonales horizontales y verticales.

El pontón de base mide 100x100m entre ejes, el diámetro (interior a forros) de los tubos del pontón y las columnas es de $\varnothing 6m$, el pontón de base se refuerza con 4 tirantes horizontales de $\varnothing 2.20m$ entre las medianías de cada travesaño y en sentido de las diagonales, las 4 columnas se estabilizan sobre el pontón mediante 8 tirantes verticales de $\varnothing 2.80m$ que vienen a apoyarse sobre la medianía de los travesaños del pontón.

Las dimensiones máximas del pontón resultan: 107x107m de base, por 65m de altura hasta la cara baja de la cubierta. La cubierta tiene un espesor de 1.5m (66.5m sobre la Base) y presenta unas dimensiones máximas de 115.9x115.9m, consiste en una plataforma perimetral de 8m de anchura, con 4x Nodos, uno en cada vértice, de 12x12m cu. y que sirven de conexión con las columnas del pontón y plataformas de cubierta. Sobre cubierta una estructura reticulada formando una galería con la cubierta y que sirve de soporte para los medios de manipulación y movimiento de redes. En la parte de proa sobre la estructura monta x8 Silos para pienso de 80Tm cu.



Sobre los Nodos de popa instalará x2 Módulos de habilitación de 26x5 m de base y dos plantas, uno residencial y oficinas con capacidad para 6pax y otro como locales técnicos, almacenes y talleres, ver plano 22280-671.30.0 JAULA

El volumen aproximado del espacio de redes en la flotación de servicio resulta aproximadamente entre 288000:300000m³ dependiendo de la configuración.

Normas y Reglamentos.

Durante la fase de diseño y construcción de las jaulas se van a cumplir las normas y reglamentos del DET NORSE VERITAS (DNV) para instalaciones flotantes en mar abierto (OS OFFSHORE STANDARDS), con todas las normas y reglas del DNV asociadas e interdependientes con la anterior. El análisis de fuerzas dinámicas por el impacto de las olas en la superestructura se basará en las normas y reglamentos del DNV para instalaciones flotantes de producción (OI). Se calcularán los fondeos siguiendo las normas y reglamentos DNV. Los requisitos de estabilidad en avería serán conforme al DNV para instalaciones de producción flotante (OI).

Además en la fase de diseño e instalación también serán de aplicación la siguiente relación de normas y reglamentos:

- DNV-RU-OU-0503 Floating Fish Farming Units and Instalations. (RU Rules for Class) Piscifactorías Flotantes e instalaciones.
- DNV-OS-B101 Metallic Materials (OS Off Shore Standards) Reglas "OFF SHORE" Materiales metálicos.
- DNV-OS-C401 Fabrication and Testing of OffShore Structures. (OS OffShore Standards) Fabricación y ensayo de Estructuras en Mar Abierto
- DNV-OS-D101 Marine and Machinery systems and Equipment (OS OffShore Standards) Equipos y sistemas de maquinaria marinos.
- DNV-RP-0584 Design, development and operation of floating solar photovoltaic systems. (RP Remended Practices) RECOMENDACIÓN para el Diseño, desarrollo y operaciones para instalaciones fotovoltaicas flotantes.
- Resolución IMO A.1023 (26) "Código para la Construcción y Equipamiento de Unidades de perforación en alta Mar" (2009)
- Convenio de la OMI sobre las reglas internacionales para prevenir los abordajes en el mar
- Legislación nacional en materia de Seguridad laboral, Puertos y Costas.



Clasificación.

Las unidades GM AQUA DESIGN 1.0 se Clasificarán por DNV y, por lo tanto quedarán certificados los anteriores estándares de diseño y fabricación, la CLASE que se certificará será:

✠ **OI OffShore Fish Farming Instalation, (Column Stabised tipe), POSMOOR, NYTEK**

✠ **OI Granja marina en mar Abierto, (Tipo Columna Estabilizada), POSMOOR, NYTEK**

Aclaración de notaciones:

✠ : El símbolo de la cruz de Malta (✠) significa que la instalación se construyó, instaló y puso en servicio a satisfacción de los inspectores DNV.

OI Granja Marina: La unidad será instalada y construida a satisfacción de los inspectores DNV y de acuerdo con los requisitos de sus reglamentos o equivalentes, una vez aprobadas por DNV para su servicio de acuerdo a las condiciones ambientales de diseño especificadas, se clasificarán e incluirán en el correspondiente Registro del DNV. Este tipo se otorga a instalaciones fondeadas permanentemente.

Column Stabilised tipe: Una estructura que depende de la flotabilidad de columnas ampliamente espaciadas para la flotación y estabilidad en todos los modos de operación.

POSMOOR: Posicionada mediante líneas de fondeo.

NYTEK: Confirma la capacidad de operación de acuerdo a los requerimientos para minimizar la fuga de especies en producción.

Esta relación no implica limitación para ampliar a otros posibles indicativos de clase como
Aclaración de notaciones:

BIS: Built for In-water Surveys. Inspección submarina en lugar de dique seco. Esta notación establece los requisitos para proporcionar embarcaciones o instalaciones amarradas permanentemente, preparadas para inspecciones submarinas, con la posibilidad de reemplazar las inspecciones de renovación en dique seco con métodos de inspección alternativos en la ubicación en alta mar. La instalación estará equipada y preparada para ser inspeccionada a flote. La confirmación de la integridad del casco bajo el agua y de las partes bajo el agua se logra con el mismo estándar que para las inspecciones en dique seco.

FMS(y): Fatigue Methodology Specification. El análisis de fatiga espectral o el análisis de fatiga para instalaciones no-buques se realiza para un entorno de oleaje de servicio sin restricciones o para el entorno de oleaje específico del sitio y tránsito, la notación de clase *FMS(Año)*. Se asigna un número de años para las instalaciones no-buques, donde *Año* denota la vida útil frente a la fatiga en la ubicación del sitio definido.

BWM: Ballast Water Management. Mando a distancia (Lastre y Trimado). Esta notación se asigna a una embarcación o instalación que posee una función reglamentaria de control remoto instalada permanentemente.

Las siguientes áreas disciplinarias están cubiertas dentro de la clase principal: principios y disposiciones de seguridad; materiales; diseño y fabricación; amarre temporal y remolque; estabilidad, integridad estanca y a prueba de mal tiempo; sistemas y equipos marinos y de maquinaria; sistemas y equipos eléctricos; sistemas de instrumentación y telecomunicaciones; protección contra incendios.

Los sistemas y estructuras serán certificados o clasificados según las siguientes actividades principales: aprobación del diseño; certificación de materiales y componentes (CMC); inspección durante la construcción e instalación; inspección durante la puesta en marcha.



Una descripción más detallada de los procedimientos de actividad se proporciona en DNV-RU-OU-0101 Ch.1 Sec.4. Los requisitos de esta sección se presentan como: referencias a normas, códigos y reglas que contienen requisitos técnicos que deben cumplirse para la asignación de la clase principal; requisitos adicionales que deben aplicarse junto con los documentos de referencia técnica para la asignación de la clase; requisitos para CMC (certificación de materiales y componentes).

Dimensiones Principales y Capacidades

Las dimensiones principales previstas son las siguientes:

Eslora máxima	115.9 m
Manga máxima	115.9 m
Puntal hasta cubierta	66.5 m
Puntal máximo (Incluyendo Estructuras Reticuladas superiores)	73.92 m
Calado de Servicio	60.0 m
Calado en Tormenta	55.0 m
Dimensiones entre ejes de la estructura del Pontón	100. m
Diámetros de los elementos principales del Pontón y columnas	ø6.0 m
Altura de las columnas desde la base de la estructura	65.0 m
Dimensiones brutas de las redes	80x80 m
Profundidad de Redes en servicio	45.0 m
Calado aéreo en flotación de servicio	13.9 m
Calado aéreo en flotación de tormenta	18.9 m

Cada unidad dispone de los siguientes elementos y servicios:

- Sistema de gestión de energía eléctrica.
- Sistema de control de agua de lastre y achique de sentinas.
- Control de niveles y alarmas en Tanques de lastre y de flotación.
- Almacén y sistema automático de alimentación de peces.
- Red externa anti fugas y predadores.
- Redes internas para la sectorización de la jaula.
- Redes interiores y superiores de Dyneema.
- Sistema automático de recolección de bajas.
- Sistema de pesca y siembra.
- Sistema neumático.
- Sonda para control de la biomasa.
- Sistema Contra Incendios.
- Sistema de Agua salada a Alta presión para limpieza.
- Radio y AIS.
- Central meteorológica para control de olas y viento.



Material de Salvamento

La unidad instalará material de salvamento conforme DNV, y que en ningún momento será menor a los requerimientos de SOLAS, y como mínimo instalará:

Una embarcación de Rescate con sus propios medios de elevación para botadura y varada.

Una balsa salvavidas con capacidad para 12 personas, además se dispondrá de una escalera de cuerda de emergencia con longitud suficiente para alcanzar la superficie del mar.

Chalecos Salvavidas para todos los tripulantes.

En el perímetro de la unidad se dispondrán 8x aros salvavidas que serán instalados y fijados de forma adecuada. 1x en cada vértice y 1x en la medianía de cada una de las pasarelas.

Todos los equipos de salvamento deberán ser aprobados por SOLAS.

Habrà un puesto de primeros auxilios dotado del equipo necesario de primeros auxilios.

Equipo contra-incendios

El sistema de fijo extinción de incendios será conforme a los requerimientos DNV, dispondrá un sistema de extinción de incendios por CO₂, un sistema fijo de mangueras contra incendios y además de un sistema de portátil de manguera contra incendios para poder actuar en cualquiera de las dependencias. También instalará extintores portátiles en número suficiente.

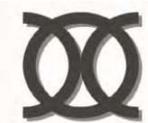
El sistema de extinción de incendios de CO₂ ofrece protección a la sala de máquinas, sala de baterías, zonas con riesgo eléctrico, salas de bombeo y sala de procesamiento. Sonará una alarma general y otra local en el punto del incendio.

La ventilación y las compuertas de los espacios respectivos se cerrarán automáticamente al liberarse del sistema fijo de extinción de incendios.

Plataformas de Suministro

La Unidad no dispone de medios para que se amarren los buques de suministro. El embarque/desembarque de tripulación se realizará mediante la embarcación de servicio, y la pasarela elevable dispuesta para este fin. El bote de servicio se estibarà sobre la estructura superior y se vara/bota mediante su pescante elevador.

La carga de piensos de alimentación de peces se realizará mediante grúas de los buques de suministros en grandes bolsas o mediante una cinta transportadora.



Producción de Energía

Se garantiza la producción de energía mediante un sistema doble de generadores diesel y sistema de acumulación por baterías. Dispondrá Inversores y todos los elementos necesarios para la monitorización, control, alarmas y seguridad. Estarán instalados en el módulo de servicios y estará monitorizado desde la sala de control.

Otros servicios

Sobre los módulos de habilitación y servicios se dispondrá un mástil para todos los equipos de comunicación y navegación. Se podrán instalar antenas de satélite para la comunicación.

Se instalarán luces de búsqueda en la cubierta superior con potencia suficiente para iluminar el entorno inmediato alrededores del anillo exterior superior de la plataforma.

Toda la iluminación exterior tiene un grado mínimo de protección IP56 y está hecha para su uso en alta mar. Estará instalada e iluminará adecuadamente todas las áreas. Además será fácilmente accesible para su inspección, mantenimiento y reparación.

La unidad dispondrá de la iluminación reglamentaria necesaria para cumplir con el reglamento internacional para prevenir los abordajes en el mar. Además sistema AIS para el rastreo de embarcaciones, cumpliendo con las normas de la OMI.

I.5.3. Redes de acuicultura:

Las redes de contención son de cabo sintético, resistentes a la acción de rayos ultravioletas, de malla sin nudos. la jaula estará sectorizada para permitir varias fases de cultivo al mismo tiempo en una misma unidad. Contarán con las redes de cultivo adecuadas para cada fase del engorde dependiendo del tamaño de los peces.

Contará con redes fijas Antipredadores Laterales y fondo DYNEEMA TBC40mmxø5mm; Red Antipájaros superior en DYNEEMA TBC40mm MBL790kg; Cada sector además contará con Segunda capa de superior, lateral y en fondo de red DYNEEMA con el TBC adecuado al tamaño de los individuos del cardumen. siempre existirá una red exterior de cobre anti-depredadores y las redes superiores anti-pájaros.

Las redes interiores se refuerzan con cabos verticales y horizontales, para resistir los esfuerzos producidos por olas y corrientes. En el refuerzo superior se fijan cabos de amarre espaciados para fijar la red a la cubierta y cables de tensión del fondo.

Por su parte superior la red se prolonga por encima del nivel del mar hasta la cubierta. La jaula quedara sellada por su parte superior por una red horizontal, manteniendo a los peces confinados incluso con la unidad sumergida.



Las Redes adoptan forma tronco-cónica en el fondo para facilitar la recogida de bajas. La extracción de peces muertos es automática.

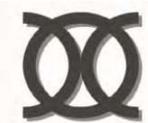
La limpieza de las redes se realizará mediante el uso de un vehículo de control remoto (VCR).

I.5.4. Fondeo:

En la base del disco de flotación se dispondrán los puntos de anclaje para el sistema de fondeo, orientados cada 90° en los 360° del arco.

Los fondeos dispondrán de los tramos de cabo, cadenas y anclas según el estudio de cargas más adelante (Ver II.3 Estudio de fondeo).

El sistema de fondeo estará aprobado, supervisado y clasificado por la sociedad DET NORSKE VERITAS (DNV).



II. ANEJOS A LA MEMORIA:

II.1. ESTUDIO DE CONDICIONES AMBIENTALES:

Los agentes climatológicos y oceanográficos: Corrientes, viento y oleaje son los causantes de los esfuerzos físicos sobre las estructuras fondeadas en el lecho marino.

El objeto de este estudio de condiciones ambientales es determinar, para cada agente ambiental, las situaciones extremas asociadas a los mayores temporales probables, para un periodo de tiempo determinado, a partir de datos estadísticos reales.

El resultado son tablas de valores máximos de viento, corriente y oleaje, para distintas direcciones geográficas, que se toman como base para este diseño preliminar de la instalación.

A efectos de la validación preliminar del diseño, se considera que la corriente y el viento, junto con un empuje medio del oleaje, producen un esfuerzo mantenido a lo largo del tiempo, contemplado como esfuerzo estático. A este esfuerzo se suman los efectos producidos por las olas de marcado carácter dinámico

La situación de la instalación en relación con la costa, condiciona tanto la dirección como la intensidad de los agentes ambientales en cada dirección. A su vez, el diseño y orientación de los fondeos refleja la orientación dominante de estos agentes ambientales.

La instalación está abierta al mar entre ENE y el SSW y próxima a la costa desde el NE al SW.



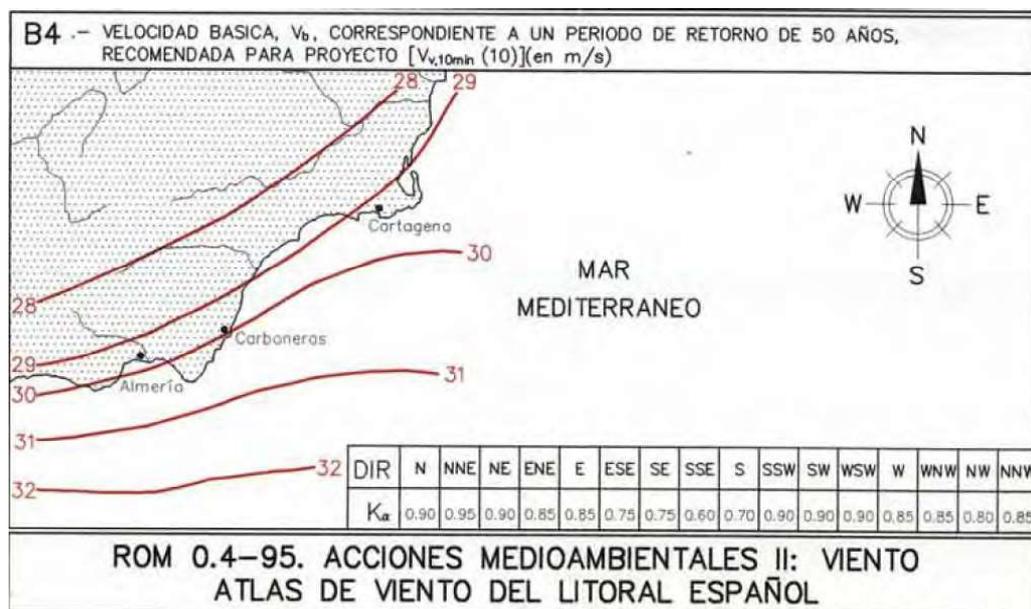
Imagen 1 Punto de estudio del clima



II.1.1. Viento

El viento ejerce una presión sobre la superficie expuesta de los elementos emergidos de la instalación.

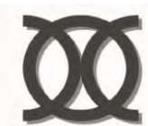
Para determinar la velocidad del viento de proyecto, se presenta el resumen de los datos estadísticos sobre regímenes extremales, extraído de las *Recomendaciones para Obras Marítimas ROM 0.4-95 acciones climáticas II: Viento*, publicado por el Ministerio de Obras públicas, Transportes y Medio Ambiente, para el litoral sureste de la costa española.



Los valores de velocidad básica de proyecto del viento (V_b) se obtienen a partir del cuadro B4 de velocidad media del viento $V_{v,10min(10)}/50$, en intervalo de medición de 10 minutos, a una altura de 10 m y con periodo de retorno de 50 años. La velocidad básica V_b para la zona de instalación es de 29.0 m/s.

Estos vientos extremos presentan poca direccionalidad, indicada por el parámetro K_a en el cuadro B4, siendo de intensidad mayor los del NE y SW y menor intensidad del S. En general varían entre el 70% y el 95% del valor máximo. Para las ocho direcciones de estudio, el parámetro K_a del área general queda:

Orientación	K_a
N	1,00
NE	1,00
E	0,92
SE	0,79
S	0,81
SW	1,00
W	0,96
NW	0,92



Esta direccionalidad, indicada de modo general para la amplia zona geográfica del grafico B4 anterior, se detalla más concretamente para la zona de la instalación, a partir de datos estadísticos direccionales de viento en la zona de la instalación.

Se utiliza la información estadística real de velocidad media de viento, para los años 2006-2023, de la boya de Cabo de Palos, situada a unas 51 millas náuticas al este de la instalación en mar abierto y los datos de dos puntos del modelo de predicción SIMAR (2069090 y 2070090) muy próximos a la zona de la instalación. Estos últimos datos proceden de modelado numérico de parámetros de viento y oleaje y no de medidas directas de la naturaleza.



Imagen 2 Boya Cabo de Palos.

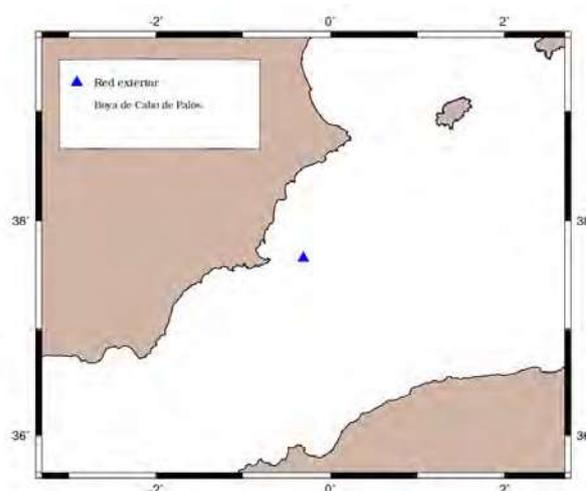
Boya de Cabo de Palos

Acceso a datos Información

Longitud	0.31° O
Latitud	37.65° N
Cadencia	60 Min
Código	2610
Profundidad	230 m
Inicio de medidas	18-7-2006
Última medida	2-8-2023
Tipo de sensor	Direccional Oce-Met
Modelo	SeaWatch
Conjunto de datos	IREDEX1

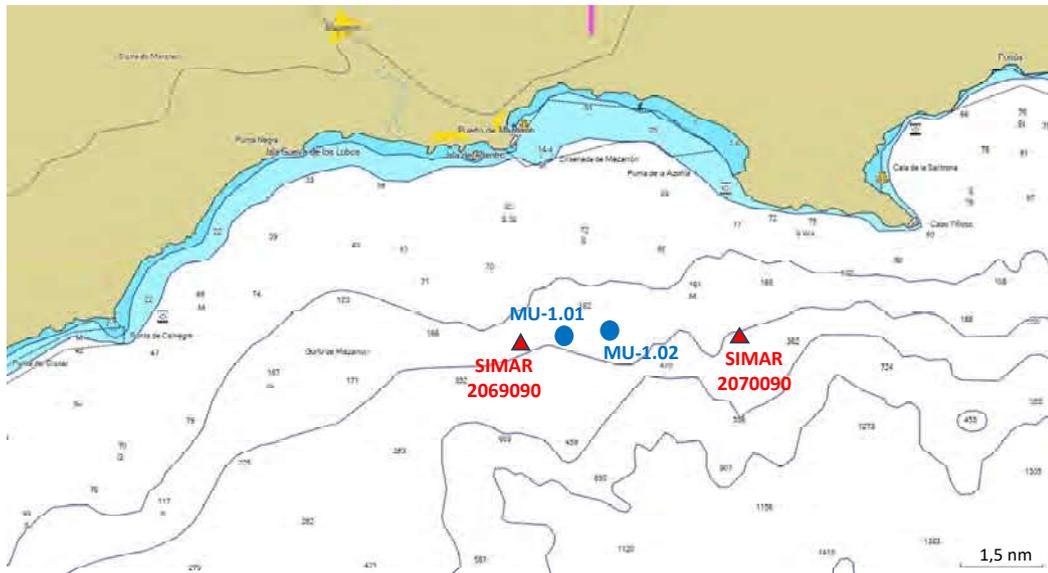
Cobertura de datos

Puertos del Estado



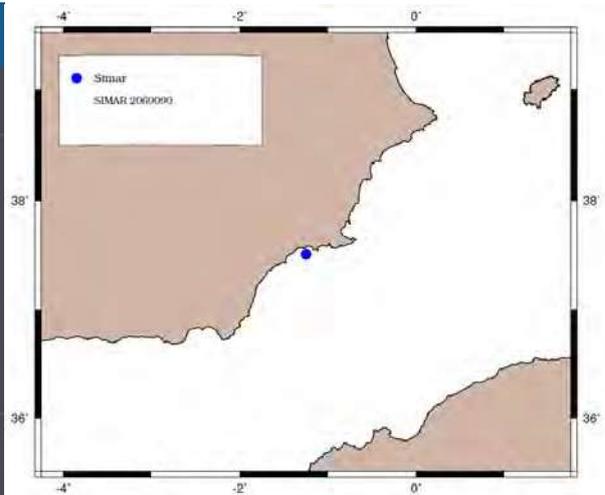


Puntos SIMAR



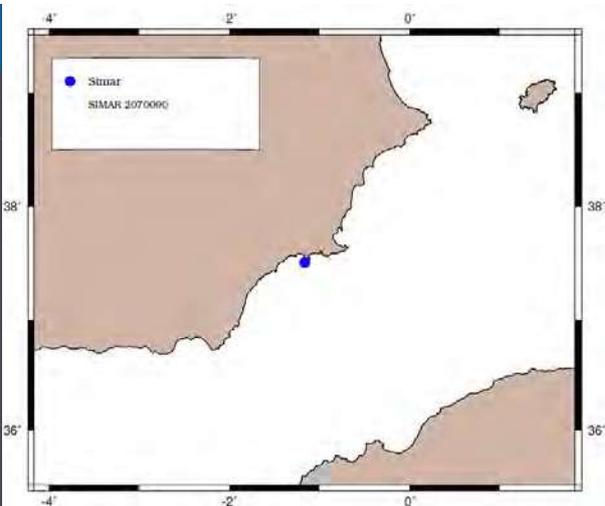
Punto SIMAR: (2069090)

Acceso a datos	Información
Longitud	1.25° O
Latitud	37.50° N
Código modelo	2069090
Cadencia	60 min
Malla	AIB
Conjunto de datos	Punto SIMAR



Punto SIMAR: (2070090)

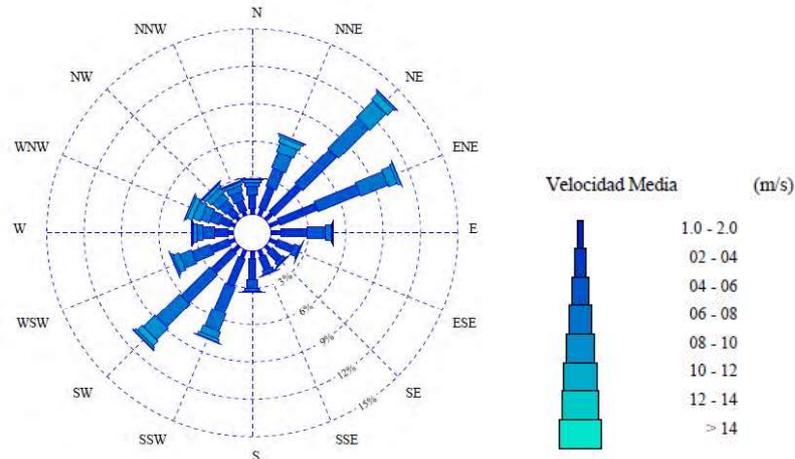
Acceso a datos	Información
Longitud	1.17° O
Latitud	37.50° N
Código modelo	2070090
Cadencia	60 min
Malla	AIB
Conjunto de datos	Punto SIMAR



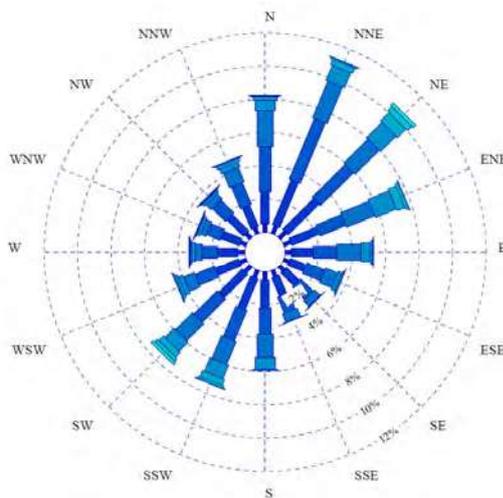


La rosa de los vientos en estos puntos nos ofrece información, principalmente sobre la frecuencia de los vientos medios en las distintas direcciones y con menor detalle, de la velocidad media de los mismos.

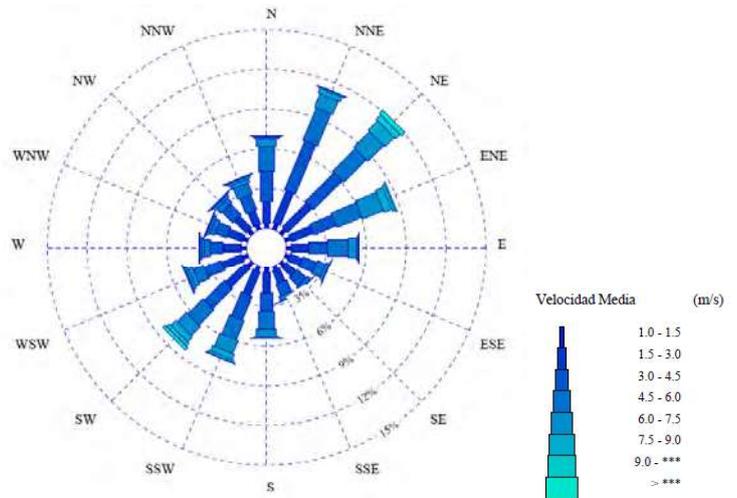
Boya de Cabo de Palos



Punto SIMAR 2069090



Punto SIMAR 2070090



La comparación entre las rosas de vientos ofrece resultados similares, con predominio de los vientos de NE y SW, con menor frecuencia para los de SE y NW, aunque no hay mucha información sobre los vientos máximos en cada dirección.

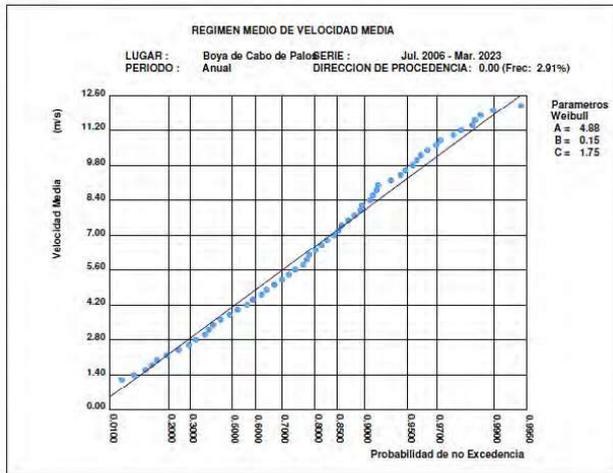
Para obtener los valores de velocidad de viento máxima esperable en cada dirección, se utilizan las gráficas de probabilidad de no excedencia de vientos medios máximos, de la boya de Cabo de Palos, que permiten obtener las velocidades máximas esperable con periodo de retorno de 50 años (probabilidad de no excedencia 0.98)

Como aproximación, consideramos que la relación entre los vientos medios máximos y los vientos extremos en las distintas direcciones se mantiene constante, lo que nos permite estimar el valor del parámetro Ka, en la zona de estudio

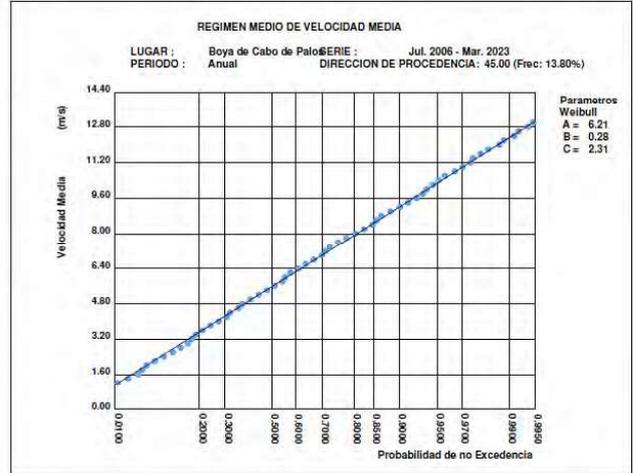


Los datos de la boya de Cabo de Palos de velocidad media del viento en cada dirección de estudio se presentan en las gráficas siguientes

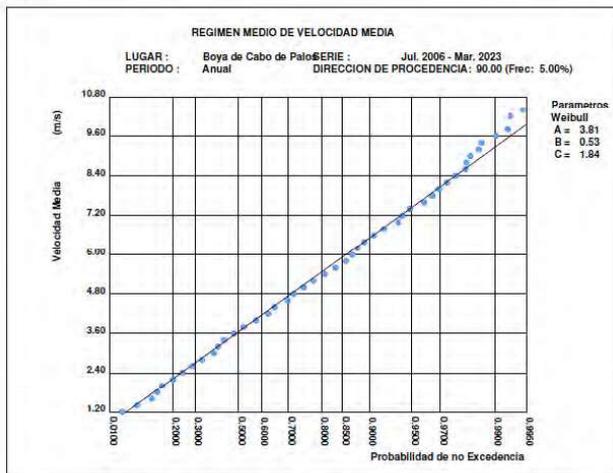
N



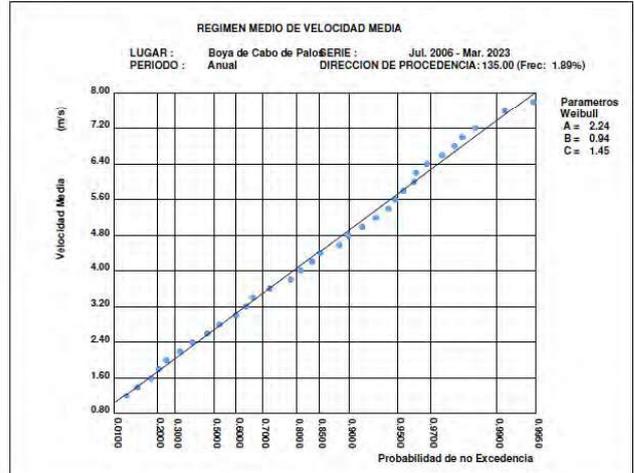
NE



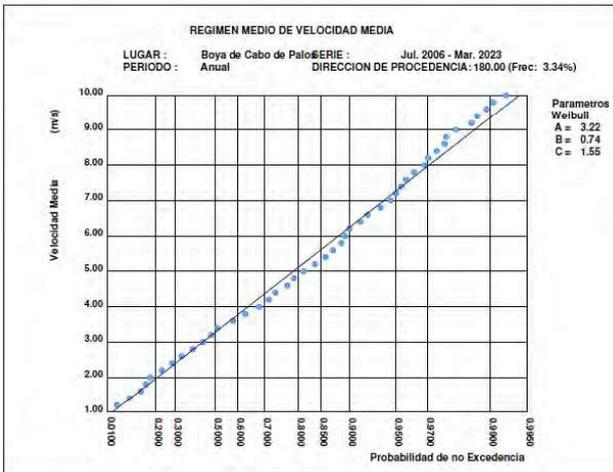
E



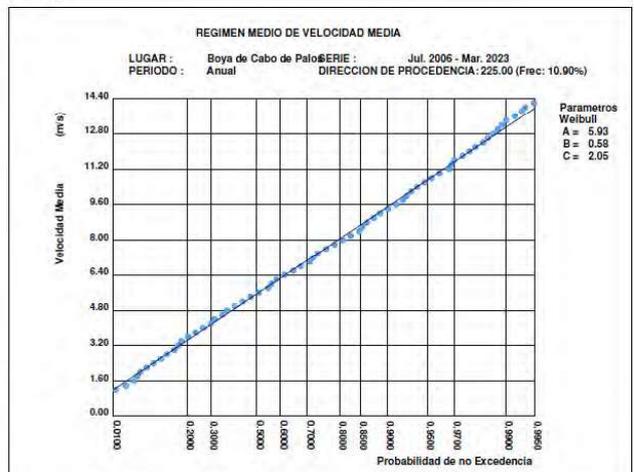
SE



S

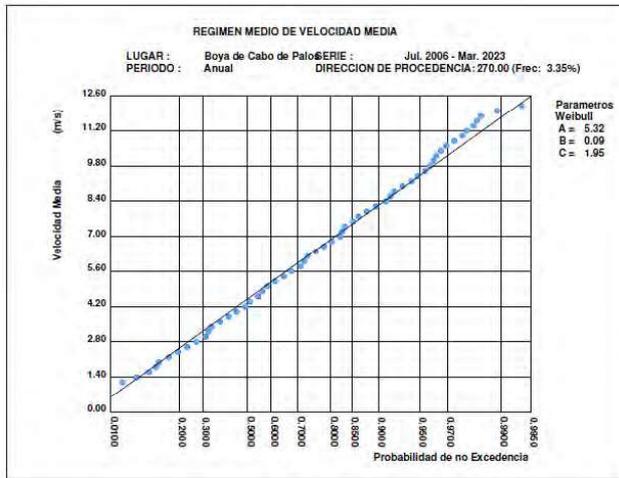


SW

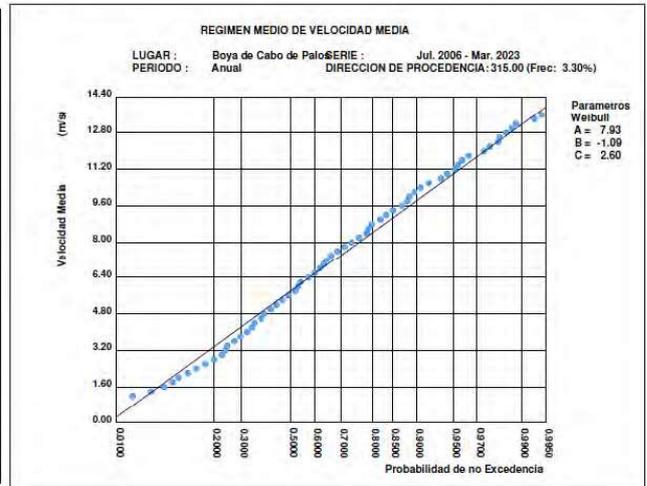




W



NW



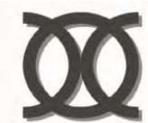
Los valores máximos de velocidad media del viento, correspondiente a un periodo de retorno de 50 años (probabilidad de no excedencia 0.98) para las ocho direcciones de estudio, permiten establecer la relación de valores máximos de los vientos medios en la boya del cabo de Palos:

Orientación	m/s	Ka
N	11,0	0,89
NE	11,6	0,94
E	9,0	0,73
SE	6,8	0,55
S	8,9	0,72
SW	12,2	0,98
W	11,4	0,92
NW	12,4	1,00

De modo similar los resultados obtenidos para los puntos SIMAR 2069090 y 2070090 son:

SIMAR 2069090		
Orientación	m/s	Ka
N	8	0,73
NE	10,6	0,96
E	7,8	0,71
SE	5,8	0,53
S	7,4	0,67
SW	11	1,00
W	9	0,82
NW	8,4	0,76

SIMAR 2070090		
Orientación	m/s	Ka
N	9,0	0,80
NE	11,2	0,99
E	8,0	0,71
SE	5,7	0,50
S	7,5	0,66
SW	11,3	1,00
W	9,0	0,80
NW	8,6	0,76



A partir de los datos anteriores, se estima el parámetro Ka para la zona de la instalación, como promedio de los datos anteriores, con el siguiente resultado de parámetro Ka y Velocidades de viento en cada dirección:

Vb(10)|50 29,0 m/s
 56 Kn
 104 km/h

Dir.	Ang. °	Ka	Vba m/s	Vba kn	Vba km/h	Escala Beafort Por viento	
N	0	0,95	27,6	54	99	10	Temporal Duro
NE	45	1,00	29,0	56	104	11	Temporal Muy Duro
E	90	0,90	26,1	51	94	10	Temporal Duro
SE	135	0,80	23,2	45	84	9	Temporal Fuerte
S	180	0,85	24,7	48	89	10	Temporal Duro
SW	225	1,00	29,0	56	104	11	Temporal Muy Duro
W	270	0,95	27,6	54	99	10	Temporal Duro
NW	315	0,95	27,6	54	99	10	Temporal Duro
		Max	29,0	56	104	11	Temporal Muy Duro

Los vientos máximos se presentan desde el noreste y el suroeste, aunque son más frecuentes en esta última dirección.

En general, no hay mucha diferencia entre los vientos máximos probables en las distintas orientaciones.

Se puede aproximar la velocidad máxima del viento con la de grado 11 de la escala de vientos Beaufort (temporal muy duro) con vientos superiores a 56 nudos (>103 km/h) en direcciones noreste y suroeste.

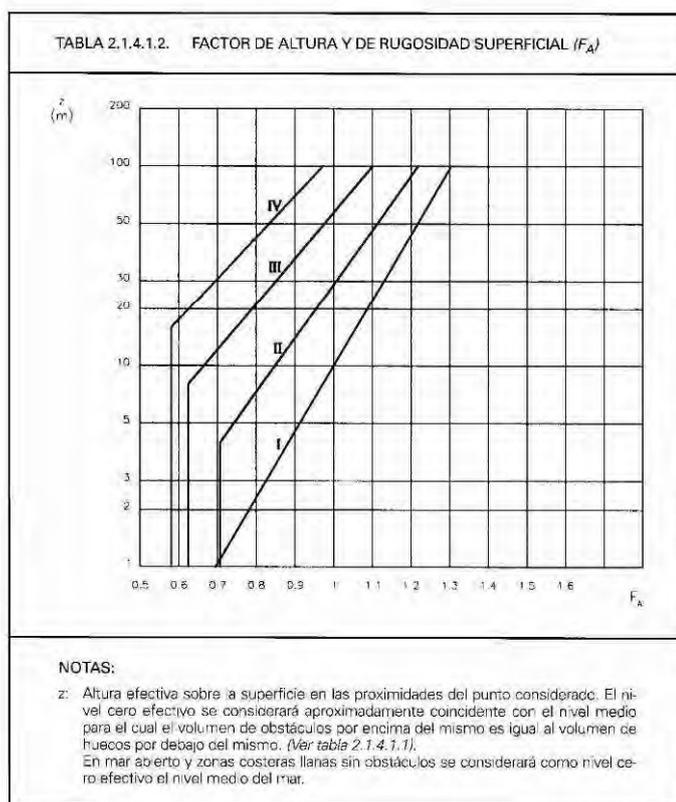


Para el cálculo de la presión ejercida por el viento sobre la instalación se utiliza la velocidad de ráfaga máxima asociada a una duración t de 60 segundos ($V_{v,60}(0)a$), recomendada para estructuras flotantes, que permite considerar un efecto estático del viento. También se obtiene una velocidad de ráfaga, asociada a la duración de 15 segundos ($V_{v,15}(0)a$) y a la altura sobre el mar correspondiente a las superficies emergidas.

La velocidad de ráfaga se obtiene:

$$V_{V,t|_{\max}}(z) = V_b \cdot F_a \cdot F_t \cdot F_r$$

Fa factor de altura viene dado en función de la rugosidad superficial, que para el ámbito de aplicación de la ROM 0.4-95, en el mar, es la categoría I.



El factor topográfico (F_t) para una superficie llana como el mar toma como valor 1.

La altura de cálculo de la presión del viento, es el centro de presión de la superficie emergida, ponderada por la altura de cada elemento. La altura considerada como centro de presión del viento sobre el área expuesta es: $z = 13.0$ m valor de $F_a = 1.03$



Fr factor de ráfaga máxima se obtiene mediante la expresión:

$$Fr, t(z) = 1 + g(t) \cdot I(z)$$

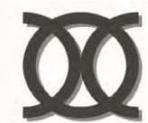
I(z) es la intensidad de la turbulencia, función de la rugosidad superficial y de la altura z considerada.

Factor topográfico	Ft	1,00
Altura de origen	Zo	0,010 m
Altura sobre superficie	Z	13 m (>1m)
Factor de altura	Categoría	I
	Fa	1,03
	$I(z) = 0.98/LN(Z/Zo)$	
I. de turbulencia	I(z)	0,137

El valor Z0 de origen del cálculo de turbulencia se obtiene de la tabla 2-1 de la norma DNVGL-RP-205, considerando la situación de mar abierta con oleaje: Z0 = 0.01

Terrain type	Roughness parameter z_0 (m)	Power-law exponent α
Plane ice	0.00001-0.0001	
Open sea without waves	0.0001	
Open sea with waves	0.0001-0.01	0.12
Coastal areas with onshore wind	0.001-0.01	
Snow surface	0.001-0.006	
Open country without significant buildings and vegetation	0.01	
Mown grass	0.01	
Fallow field	0.02-0.03	
Long grass, rocky ground	0.05	
Cultivated land with scattered buildings	0.05	0.16
Pasture land	0.2	
Forests and suburbs	0.3	0.30
City centres	1-10	0.40

Table 2-1 is based on Panofsky and Dutton (1984), Simiu and Scanlan (1978), JCSS (2001) and Dyrbye and Hansen (1997).



El factor de pico $g(t)$, depende de la duración o intervalo de tiempo considerado y se obtiene a partir de la tabla siguiente:

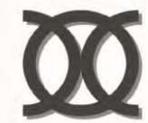
t	gt
3	3,430
5	3,280
15	2,930
60	2,410
300	1,660
600	0,000

$$Fr = 1 + gt \times I(z)$$

Tiempo de ráfaga (sg)	15	60
Factor de pico gt	2,93	2,41
Factor ráfaga max Fr	1,40	1,33

Los valores extremos de ráfaga a considerar en el diseño, para cada dirección son los siguientes:

Dir.	Ang. °	Vba m/s	Vv,15 (13)a m/s	kn	km/h	Vv,60 (13)a m/s	kn	km/h
N	0	27,6	39,9	78	144	37,8	74	136
NE	45	29,0	42,0	82	151	39,8	77	143
E	90	26,1	37,8	73	136	35,9	70	129
SE	135	23,2	33,6	65	121	31,9	62	115
S	180	24,7	35,7	69	128	33,9	66	122
SW	225	29,0	42,0	82	151	39,8	77	143
W	270	27,6	39,9	78	144	37,8	74	136
NW	315	27,6	39,9	78	144	37,8	74	136
	Max	29,0	42	82	151	40	77	143



La distribución de los vientos extremos se presenta gráficamente en función del ángulo de incidencia en el cuadro siguiente:

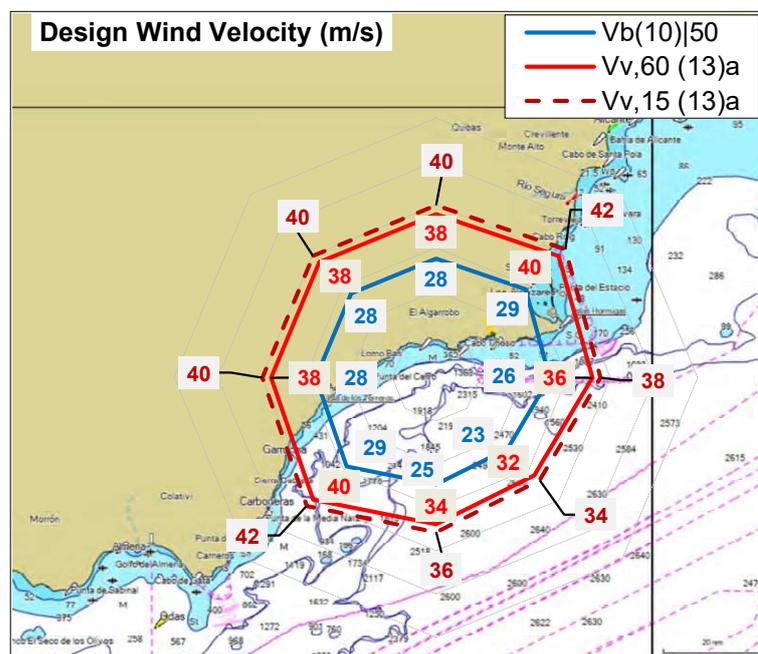
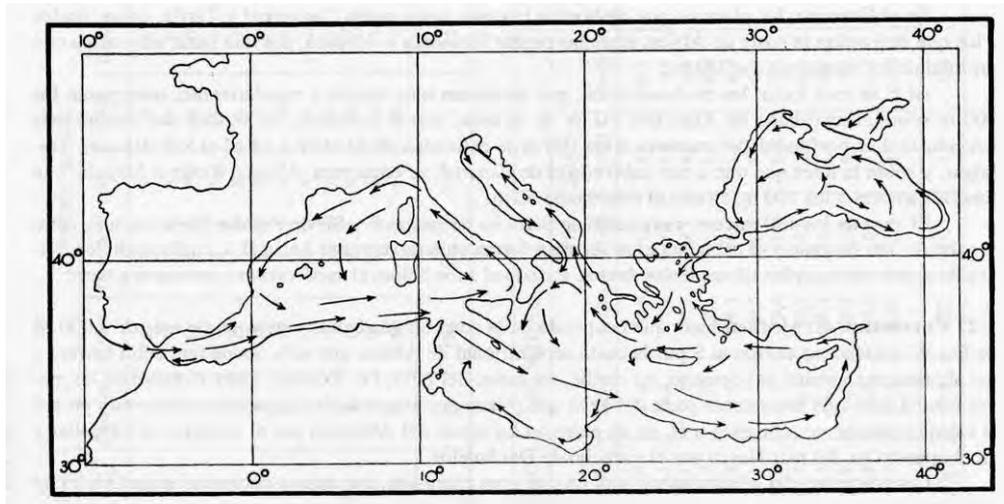


Imagen 3 Distribución de Vientos Extremos.

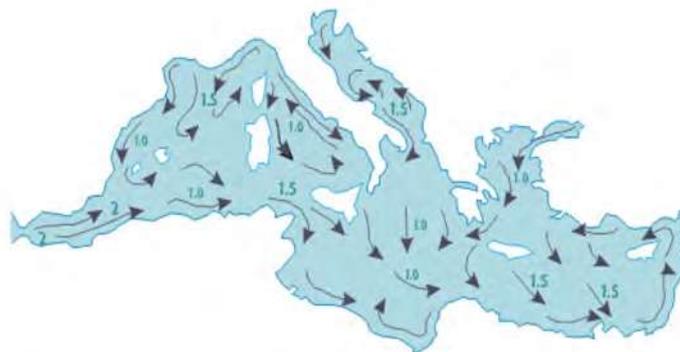


II.1.2. Corriente

“Las corrientes del Mediterráneo son, en una gran extensión, puramente corrientes superficiales de naturaleza temporal, causadas por el viento cuando ha sido continuo de algún cuadrante, pero hay también una corriente general de circulación en el sentido contrario a las agujas de un reloj, del agua que entra corriendo hacia el E en la superficie a través del estrecho de Gibraltar y después sigue la costa de Africa hasta Port-Said. Allí gira hacia el N a lo largo de la costa de Israel y Líbano y más tarde hacia el W a lo largo de Asia Menor.....”



“A lo largo de la costa SE de España, la velocidad de la corriente entrante hacia el E es variable, pudiendo considerarse de 1 a 2 nudos entre el meridiano de Málaga y el cabo de Gata y de algo menos entre este cabo y el de Palos.” (Derrotero de las costas del Mediterráneo, núm 3 Tomo 1, Instituto hidrográfico de la marina 1998)



Fuente: Wikipedia, Valery Kuluga.

Al norte del cabo de la Nao, la corriente dominante es la de retorno, que sigue la costa norte del Mediterráneo hacia el estrecho de Gibraltar, en dirección NE-SW por la costa española. Esta corriente pasará al Atlántico por las capas profundas de agua, por su mayor salinidad. Al sur del cabo de la Nao, hasta el cabo de Gata, se pueden encontrar tanto corrientes de entrada de agua del Atlántico, siguiendo la costa en dirección general SW-NE hasta que giran al sur, como de retorno en dirección del NE al SW.



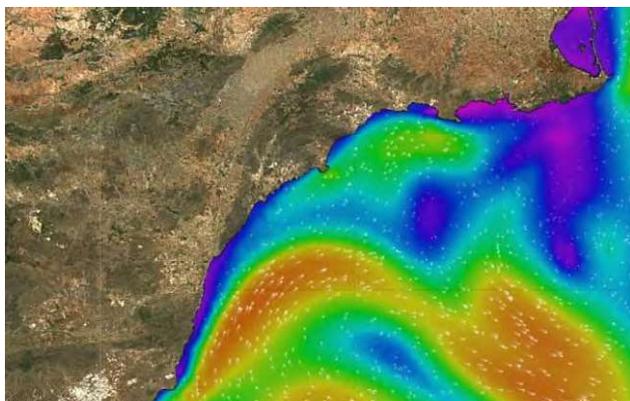
La corriente de entrada hacia el este, se ve perturbada por el efecto Coriolis, debido a la rotación de la tierra, provocando una serie de vórtices de corrientes en sentido de las agujas del reloj, en su avance hacia el este. Típicamente aparece un vórtice al este del estrecho hasta el cabo Tres Forcas en Melilla y un segundo vórtice al sur del cabo de Gata en el mar de Alborán. Un tercer vórtice puede aparecer entre este cabo y el cabo de Palos, siguiendo el perfil de la costa. Este último induce corrientes próximas a la zona de la instalación de proyecto en sentido SW al NE.



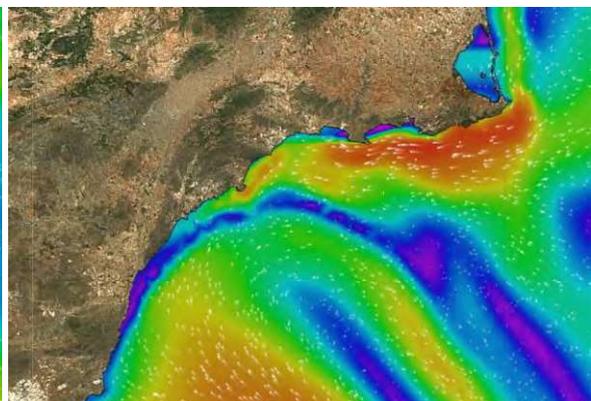
Modelo de corrientes de NASA

En la zona de la instalación, cercana a la costa de Murcia, al sur de la bahía de Mazarrón, podemos esperar corrientes sensiblemente paralelas a la costa, principalmente SW-NE pero también NE-SW. También pueden presentarse en direcciones transversales a estas, asociadas a vórtices locales o vientos de temporales.

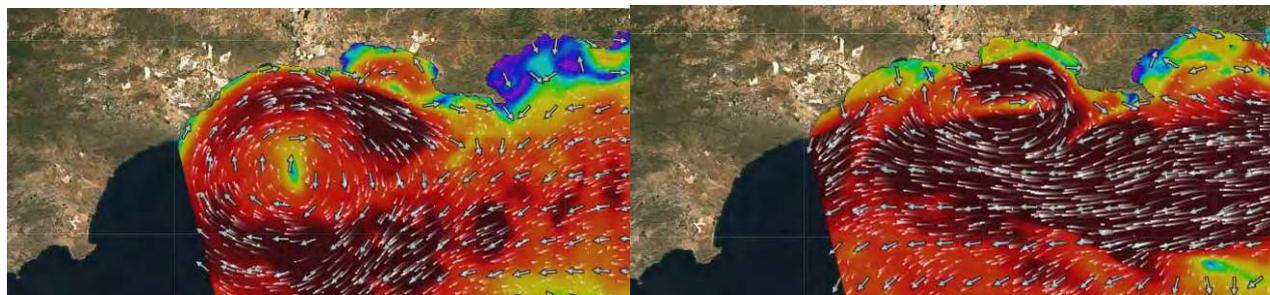
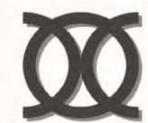
Entre el cabo de Gata y el cabo de Palos la costa presenta un arco hacia el interior, lo que provoca que las corrientes dominantes circulen, en general, alejadas de la costa, disminuyendo la intensidad de la corriente en proximidad de la costa, incluso presentando fenómenos de inversión de dirección al generarse vórtices locales, como los presentados en las siguientes gráficas del modelo de previsión de corrientes del organismo Puertos del Estado, para distintos días.



Circulación SW-NE



Circulación NE-SW



Vórtice con circulación W-E

Vórtice con circulación E-W

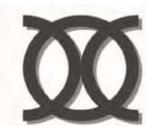
Estas corrientes de circulación, alcanzan valores en torno a 1 m/s en la zona de la instalación, comparables con las corrientes inducidas por los vientos dominantes estacionales y por los temporales ocasionales de viento y mar, que se toman como base para el diseño de los elementos estructurales de la instalación.

Como primera aproximación de intensidad de las corrientes esperables inducidas por viento, se utiliza la fórmula de la sociedad de clasificación de buques Bureau Veritas, estimando la velocidad de corriente únicamente en función de la velocidad del viento, en la dirección de la misma, sin tener en cuenta la distancia sobre la que actúa dicho viento:

$$V_c = 0,5 + 0,02 V_{ba}$$

Dir.	Ang. °	Vba m/s	Vc m/s
N	0	27,6	1,05
NE	45	29,0	1,08
E	90	26,1	1,02
SE	135	23,2	0,96
S	180	24,7	0,99
SW	225	29,0	1,08
W	270	27,6	1,05
NW	315	27,6	1,05
	Max	29,0	1,08

Podemos esperar velocidades superficiales superiores a 1.0m/s (aproximadamente 2 nudos) en todas las direcciones considerando las velocidades máximas de viento. La proximidad de la costa al norte y oeste de la instalación limita la distancia en la que puede actuar el viento y por tanto su intensidad será menor que la indicada por la fórmula.



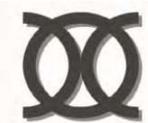
Para obtener el valor máximo de referencia, se utilizan los datos de la boya de Cabo de Palos, basados en medidas reales de máximos mensuales de velocidades medias de corriente. Los valores máximos obtenidos en un periodo aproximado de 20 años, es de 126.5 y 125.3 cm/sg procedentes del suroeste y este respectivamente.

Corrientes Boya de Cabo de Palos Máximos por meses 2006 - 2024					
Mes	Velocidad Media (cm/s)	Dir °	Año	Día	Hora
Enero	75.3	216	2020	21	17
Febrero	71.8	232	2017	12	21
Marzo	112.5	52	2018	15	7
Abril	117.6	62	2023	25	20
Mayo	100.8	70	2023	3	22
Junio	87.8	53	2013	7	15
Julio	119.5	61	2012	30	21
Agosto	112.5	67	2012	6	0
Septiembre	125.3	261	2015	6	14
Octubre	126.5	68	2020	4	12
Noviembre	74.2	33	2020	24	18
Diciembre	80.8	213	2014	10	4

Para obtener el valor máximo esperable en un periodo de retorno de 50 años, utilizando los datos de viento medio de la boya de cabo de Palos para periodos de 20 y 50 años:

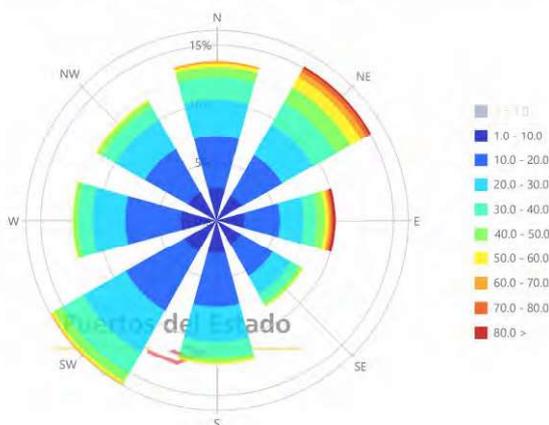
P.Retorno	Prob.No Exc.	V. med.(m/sg)
20	0,95	9,6
50	0,98	11,2

El incremento de velocidad de viento esperable a 50 años es del 117% respecto al de 20 años. Tomando este mismo incremento para la corriente, se obtiene como velocidad máxima de corriente, con periodo de retorno de 50 años, la velocidad de 148 cm/s.

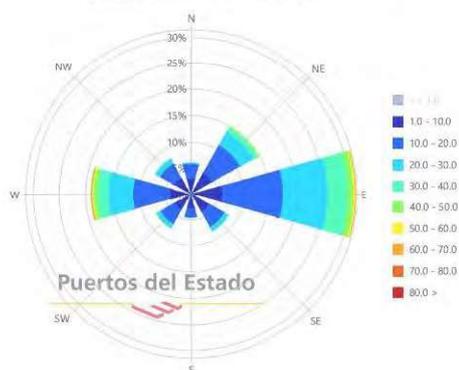


En los siguientes gráficos se presenta información de datos de corrientes medidas en la boya Cabo de Palos y los puntos SIMAR (2069090 y 2070090), donde se indica la dirección de propagación de la corriente (hacia donde se dirige).

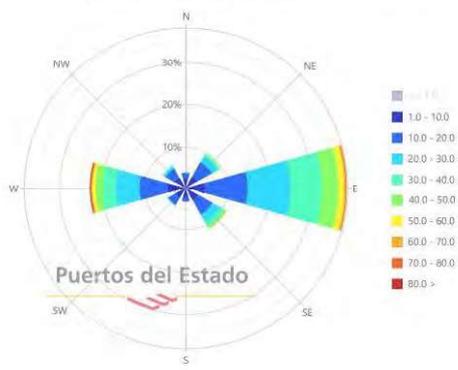
Rosa de Velocidad Media (cm/s) para Corrientes - Boya de Cabo de Palos
Periodo: 2006 - 2024 - Eficacia: 79.60%



Rosa de Velocidad Media (cm/s) para Corrientes - Punto SIMAR 2069090
Periodo: 2011 - 2024 - Eficacia: 92.54%



Rosa de Velocidad Media (cm/s) para Corrientes - Punto SIMAR 2070090
Periodo: 2011 - 2024 - Eficacia: 92.54%



Las corrientes presentan gran direccionalidad: hacia el noreste - suroeste en la boya de Cabo de Palos y hacia el este - oeste, para los puntos SIMAR referidos, diferencia debida a la distinta orientación de la costa en las zonas de la boya de cabo de Palos y de los puntos SIMAR, muchos más próximos a la instalación y por tanto más ajustados a las direcciones esperables en la instalación.



A partir de los datos de máximos direccionales presentados en las tres rosas de corriente anteriores, se puede estimar la relación entre las velocidades máximas en cada dirección, como factor Ka.

Rosa de Corrientes. Boya de Cabo de Palos

Dir. proc.	Med. (m/sg)	Ka
N	0,60	0,67
NE	0,70	0,78
E	0,60	0,67
SE	0,60	0,67
S	0,70	0,78
SW	0,90	1,00
W	0,90	1,00
NW	0,60	0,67
Máxima	0,90	

Rosa de Corrientes. Punto SIMAR 2069090

Dir. proc.	Med. (m/sg)	Ka
N	0,30	0,38
NE	0,50	0,63
E	0,80	1,00
SE	0,40	0,50
S	0,30	0,38
SW	0,50	0,63
W	0,70	0,88
NW	0,40	0,50
Máxima	0,80	

Rosa de Corrientes. Punto SIMAR 2070090

Dir. proc.	Med. (m/sg)	Ka
N	0,20	0,22
NE	0,30	0,33
E	0,90	1,00
SE	0,40	0,44
S	0,30	0,33
SW	0,50	0,56
W	0,80	0,89
NW	0,70	0,78
Máxima	0,90	

Se obtiene el promedio de valores de corriente y el nuevo factor Ka a considerar en cada dirección de temporal y la velocidad de corriente de referencia (a -5m) presentado en el cuadro siguiente:

Dir. proc.	Med. (m/sg)	Ka
N	0,68	0,46
NE	0,93	0,63
E	1,44	0,97
SE	0,86	0,58
S	0,80	0,54
SW	1,17	0,79
W	1,48	1,00
NW	1,04	0,70
Máxima	1,48	



Las corrientes extremales asociadas a temporales son corrientes superficiales cuya intensidad varía con la profundidad. Para obtener la variación de velocidad con la profundidad, se utilizan las normas de DNV-GL, que considera una variación lineal de la velocidad desde una profundidad base $V_0 = -50\text{m}$.

Se toma como profundidad de referencia de los valores de la corriente obtenidos a partir de los datos analizados: $Z_r = -5\text{m}$ de profundidad.

$$V_c(z) = \frac{z_0 - z}{z_0 - z_r} V(z_r)$$

Las velocidades de corriente a la profundidad de cálculo de la instalación en condición de tormenta (-15m) y en superficie, a partir de las velocidades de referencia obtenidas anteriormente, quedan:

Dirección	Ang. °	Vc-15m m/s	Vc kns	Vc.Sup. m/s	Vc kns
N	0	0,53	1,03	0,76	1,47
NE	45	0,73	1,41	1,04	2,02
E	90	1,12	2,17	1,60	3,10
SE	135	0,67	1,30	0,95	1,86
S	180	0,62	1,21	0,89	1,73
SW	225	0,91	1,77	1,30	2,53
W	270	1,15	2,24	1,65	3,20
NW	315	0,81	1,57	1,15	2,24
Max		1,15	2,24	1,65	3,20

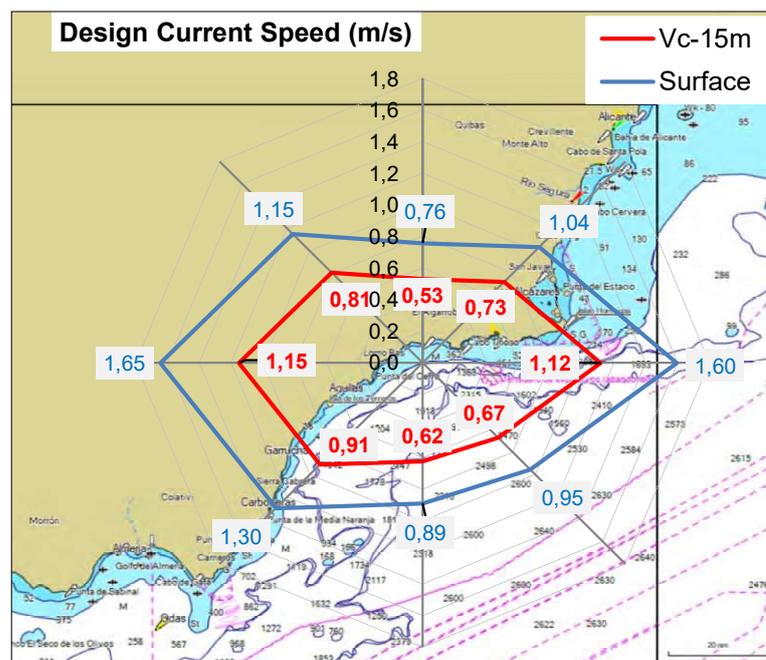
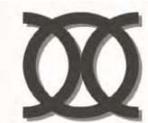


Imagen 4 Distribución de Corrientes Extremas.



II.1.3. Oleaje:

En la zona de la instalación se presentan tres sectores diferenciados:

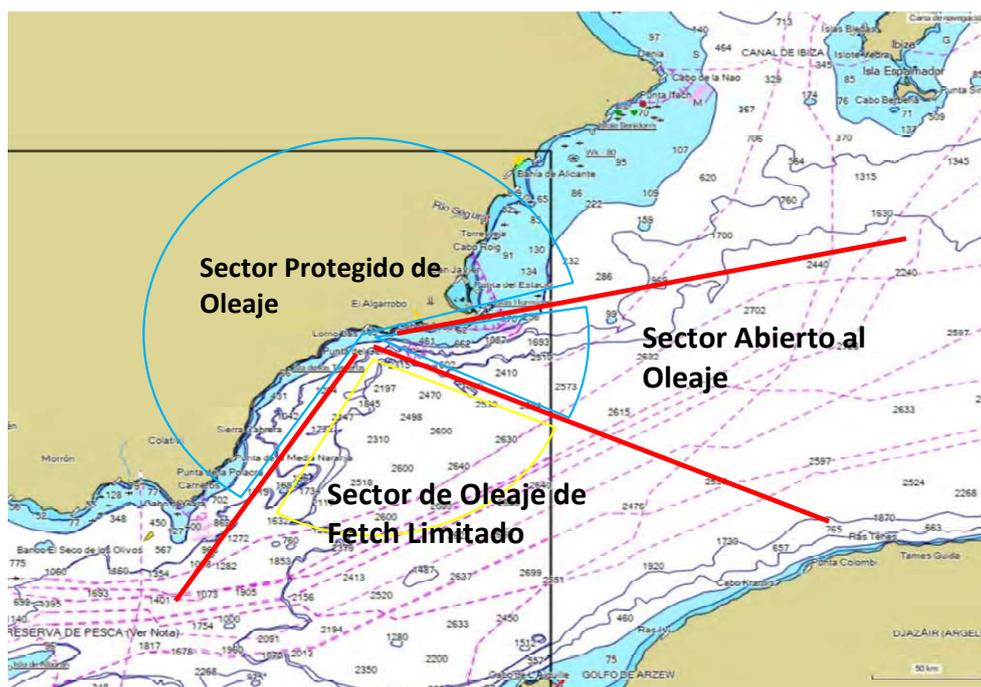


Imagen 5 Sectores Abiertos al Oleaje.

Un sector de ángulo reducido al este, abierto al mar en una distancia considerable.

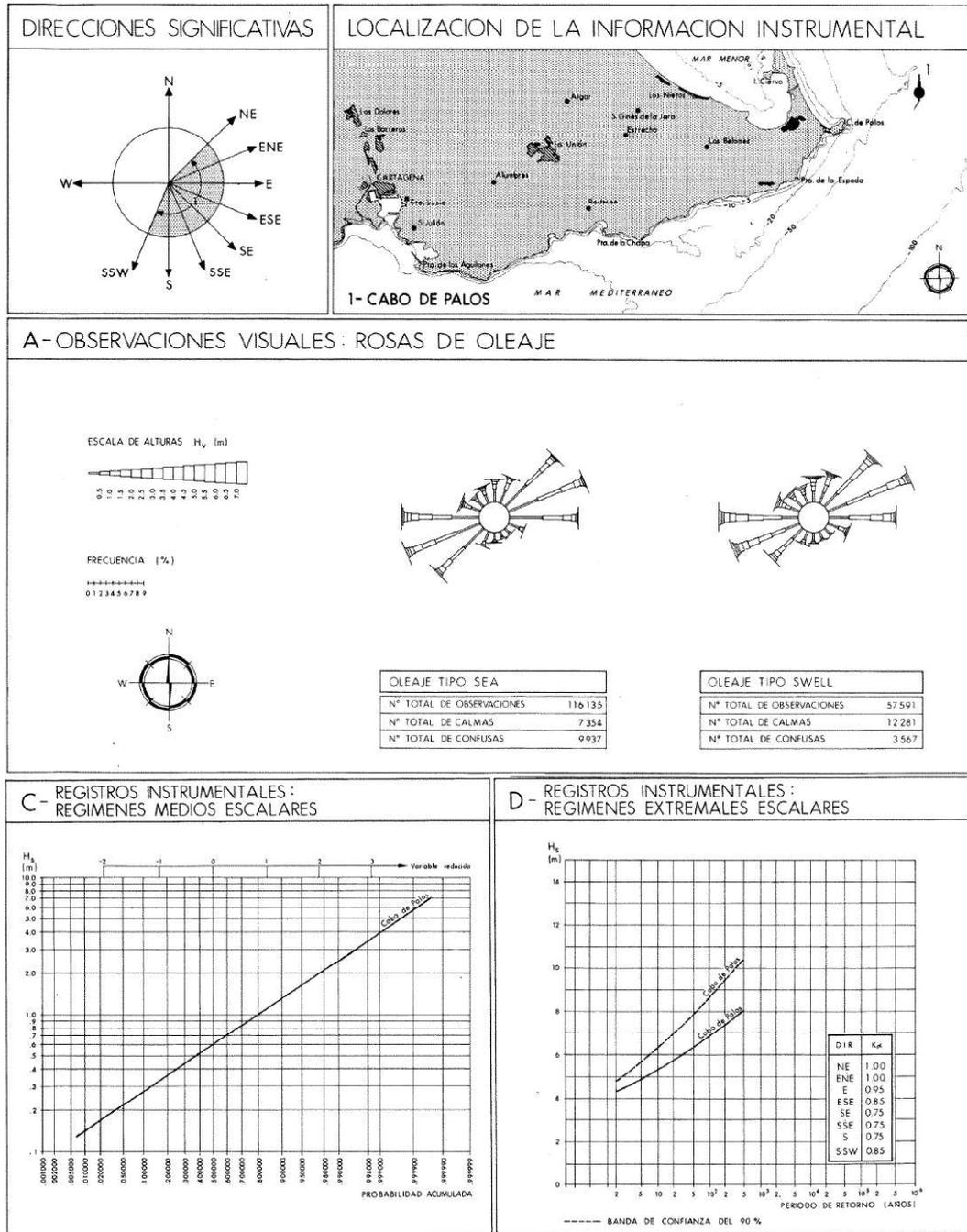
Un segundo sector abierto al mar, encerrado por la costa norte de África y el estrecho de Gibraltar.

El sector norte y oeste están protegidos del oleaje por su proximidad a la costa.

Se presentan, en la página siguiente, los datos contenidos en las RECOMENDACIONES PARA OBRAS MARITIMAS. ROM 0.3 – 91 OLEAJE publicada por el MOPT para el área VI correspondiente a la zona de Murcia-Cabo de Palos, así como los datos del informe EXTREMOS MAXIMOS DE OLEAJE 2006-2023, de la boya de cabo de Palos, publicado por Puertos del Estado.



RECOMENDACIONES PARA OBRAS MARITIMAS. ROM 0.3 – 91 OLEAJE



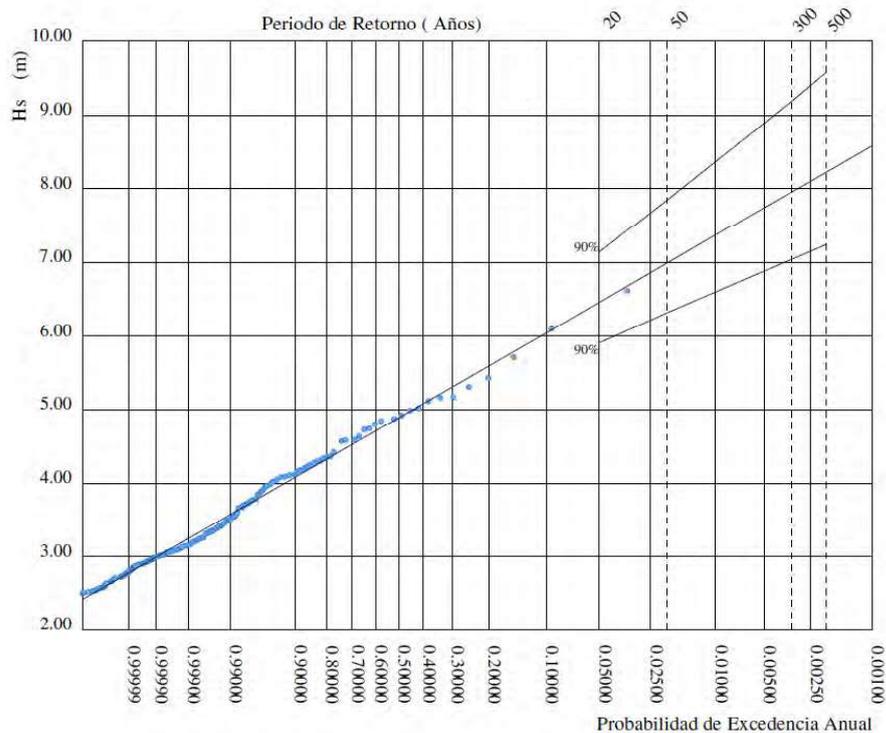
La máxima altura significativa de ola en los regímenes extremos para el área VI, (cabo de Palos) con periodo de retorno de 50 años (probabilidad de no excedencia 0.98) es de 6.5 metros aproximadamente, con valor máximo cercano a 8 metros en una banda de confianza del 90%.



Informe EXTREMOS MAXIMOS DE OLEAJE 2006-2023, de la boya de cabo de Palos:

REGIMEN EXTREMAL ESCALAR DE OLEAJE

LUGAR : Cabo de Palos
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Jul. 2006 - Mar. 2023
 PROFUNDIDAD : 230.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	300.00	500.00
Estima Central de Hs (m)	6.46	6.98	7.96	8.23
Banda Sup. 90% Hs	7.14	7.84	9.20	9.58
Valor Esperado de Tp (s)	9.99	10.31	10.86	11.01
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.06	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.15	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.50 (m)	Parametros de la	Alfa = 2.41
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.99
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	15.45	de Excedencias	Gama = 1.24

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$T_p = 4.75 H_s^{0.40}$$

La máxima altura significativa de ola en los regímenes extremales para el área de Murcia, (boya de cabo de Palos) con periodo de retorno de 50 años (probabilidad de no excedencia 0.98) es de 6.98 metros con valor máximo 7.84 metros en una banda de confianza del 90%.



Para obtener el oleaje máximo en cada dirección se utiliza el modelo de predicción de oleaje JONSWAP, a partir de la distancia de mar de generación de olas “fetch”, del viento medio y la profundidad media en cada dirección:

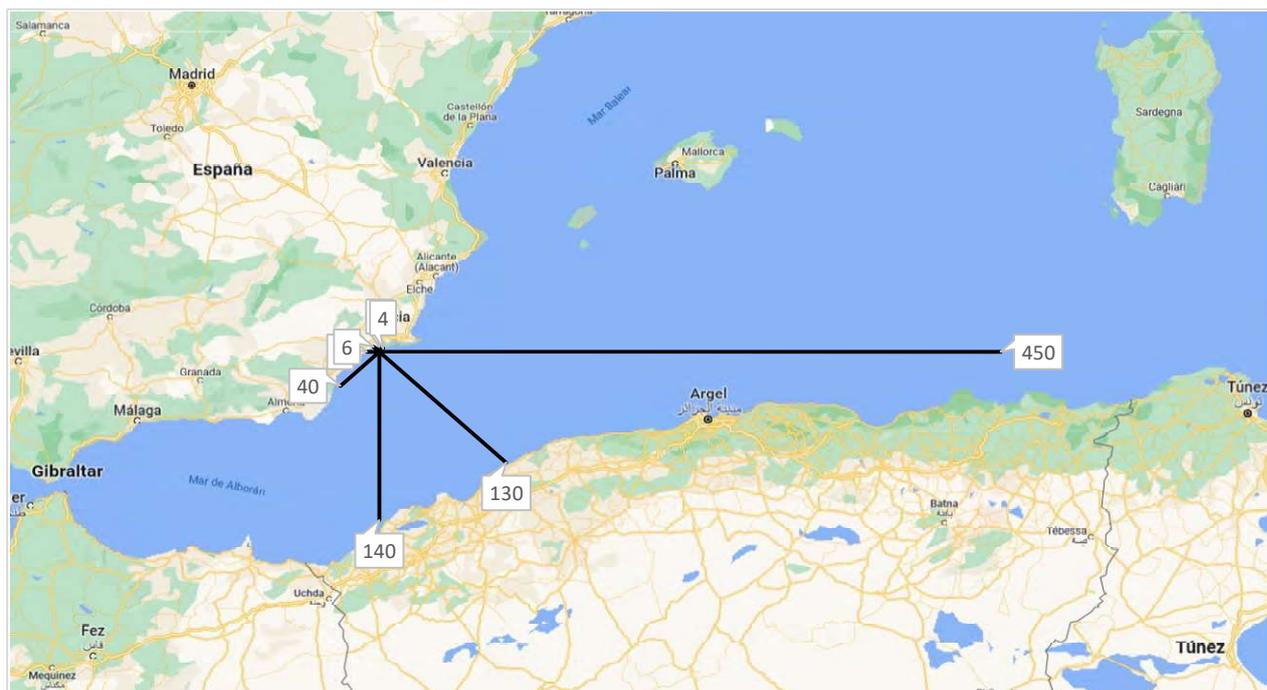
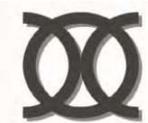


Imagen 6 FETCH del oleaje en nm.

La velocidad de viento de referencia es la velocidad media del viento $U_{o10} = V_{v,1h(10)}/50$, de intervalo de medición de hora (3600 sg), a una altura de 10 m, para periodo de retorno de 50 años. Se obtiene a partir de la velocidad básica de proyecto V_b .de 10 minutos (600 sg)

$$V_{v,1h(10)}/50 \quad 16,7 \text{ m/s (} U_{o10} \text{)}$$



Para cada dirección se obtiene a partir del factor Ka del viento:

Dir.	Ang. °	Ka	Vb 1h(10) U _{o(10)}
N	0	0,95	15,9
NE	45	1,00	16,7
E	90	0,90	15,0
SE	135	0,80	13,4
S	180	0,85	14,2
SW	225	1,00	16,7
W	270	0,95	15,9
NW	315	0,95	15,9

El viento considerado para la generación de olas se amplifica según la siguiente expresión, obteniendo el viento de base en cada dirección (Ua10):

$$U_{a(10)} = 0,71(U_{o(10)})^{1,23}$$

Se obtiene el siguiente cuadro de oleaje para cada dirección:

Dir.	Fetch nm	Ua10 m/s	depth f. m	Hs m	Tp sg
N	4	21,3	50	0,9	3,4
NE	4	22,7	70	1,0	3,6
E	450	19,9	1.000	7,4	12,2
SE	130	17,2	1.000	4,4	9,2
S	140	18,6	1.000	4,9	9,7
SW	40	22,7	100	3,2	7,2
W	9	21,3	70	1,4	4,4
NW	6	21,3	50	1,2	4,0

Se pueden clasificar estos oleajes de acuerdo con las escalas DOUGLAS de oleaje y BEAUFORT de viento

Dir.	Ang. °	Hs m	Escala Douglas		Escala Beafort por olas	
N	0	0,9	3	Marejada	4	Bonacible
NE	45	1,0	3	Marejada	4	Bonacible
E	90	7,4	7	Arbolada	8	Temporal
SE	135	4,4	6	Muy Gruesa	7	Frescachón
S	180	4,9	6	Muy Gruesa	7	Frescachón
SW	225	3,2	5	Gruesa	6	Fresco
W	270	1,4	4	Fuerte Marejada	5	Fresquito
NW	315	1,2	3	Marejada	4	Bonacible

La altura máxima de ola obtenida a partir del modelo de predicción de olas JONSWAP corresponde al valor de ola esperable acuerdo con la ROM 0.3 – 91 y los datos estadísticos de la boya de cabo de Palos.



Otras características de la ola se obtienen a partir de la relación de su altura/periodo, de acuerdo con los datos estadísticos de la boya de Cabo de Palos y del cálculo de su longitud de onda, sobre una profundidad media de 180m:

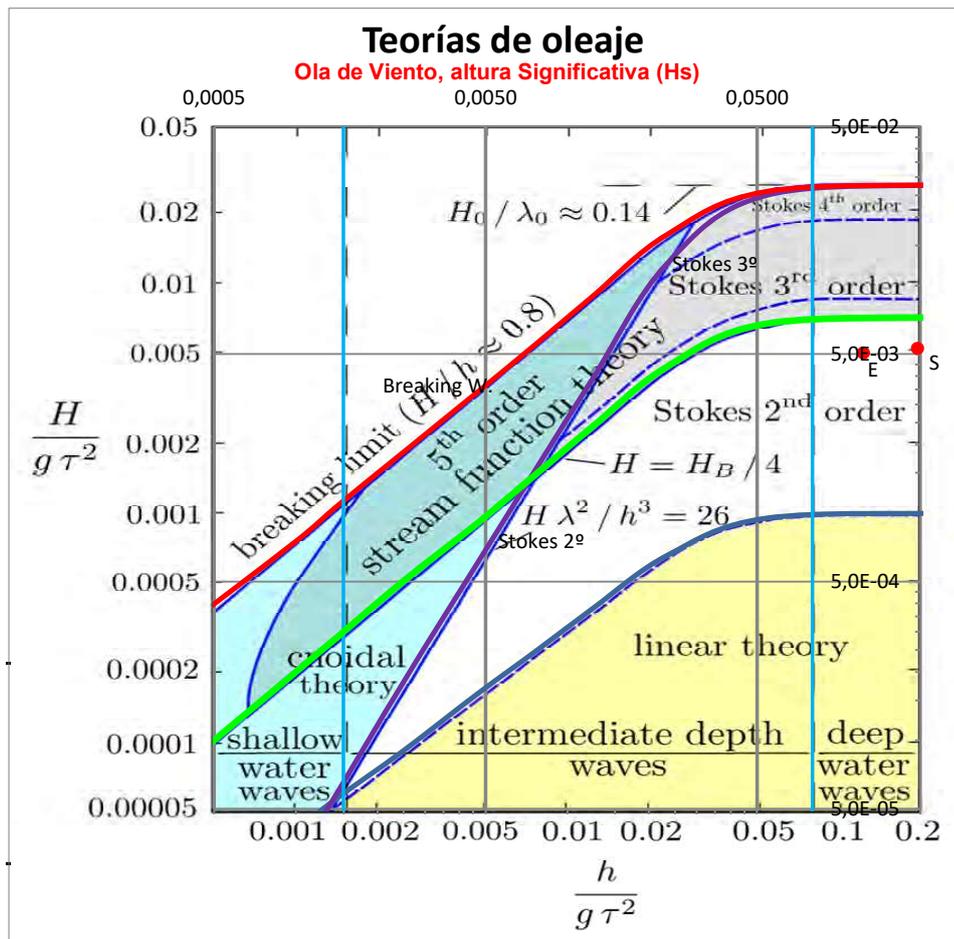
$$T_p = 4,75(H_s)^{0,4}$$

Dirección	Ang. °	H.Sig. (Hs) m	Periodo (T) s	Long.Ola (L) m	d/L
N	0	0,9	3,4	18	9,97 >0.5 (1/2) Aguas profundas
NE	45	1,0	3,6	20	8,90 >0.5 (1/2) Aguas profundas
E	90	7,4	12,2	232	0,77 >0.5 (1/2) Aguas profundas
SE	135	4,4	9,2	132	1,36 >0.5 (1/2) Aguas profundas
S	180	4,9	9,7	147	1,23 >0.5 (1/2) Aguas profundas
SW	225	3,2	7,2	81	2,22 >0.5 (1/2) Aguas profundas
W	270	1,4	4,4	30	5,95 >0.5 (1/2) Aguas profundas
NW	315	1,2	4,0	25	7,21 >0.5 (1/2) Aguas profundas

Todas las olas se encuentran en el rango de olas de aguas profundas donde los efectos del fondo no son apreciables en el comportamiento de la ola.



Las olas de temporales obtenidas, pueden relacionarse con las distintas teorías de oleaje en función de su altura, periodo y la profundidad en la zona de la instalación, resumida en el gráfico siguiente:



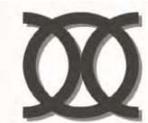
Únicamente aparecen en los gráficos las olas de temporales del este y de sur. Todas las olas encajan matemáticamente en el límite del modelo de Stokes de 2º orden, para aguas profundas.



Las olas de cálculo se encuentran en la zona de aplicación de la teoría de Stokes de 2º orden. Las características de las olas se obtendrán aplicando la teoría lineal de Airy corregida por la teoría de Stokes de segundo orden, que se resume en el cuadro adjunto.

Parameter	Airy wave theory		Stokes second-order wave theory
	General water depth	Deep water	
Velocity potential, ϕ	$\frac{\pi H}{kT} \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \sin \theta$ = $\frac{gH}{2\omega} \frac{\cosh[k(z+d)]}{\cosh(kd)} \sin \theta$	$\frac{\pi H}{kT} e^{kz} \sin \theta$ = $\frac{gH}{2\omega} e^{kz} \sin \theta$	$\phi_1 + \frac{3}{8} \frac{\pi H}{kT} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\cosh[2k(z+d)] \sin 2\theta}{\sinh^4(kd)}$ Note that in deep water the Stokes second-order wave potential is equal to the first order Airy wave potential.
Phase velocity, celerity, c	$\sqrt{\frac{g}{k} \tanh(kd)}$	$gT/(2\pi)$	$\sqrt{\frac{g}{k} \tanh(kd)}$
Wavelength, λ	cT	$gT^2/(2\pi)$	cT
Surface elevation, η	$\frac{H}{2} \cos \theta$	$\frac{H}{2} \cos \theta$	$\eta_1 + \frac{\pi H^2}{8\lambda} \frac{\cosh kd}{\sinh^3 kd} [2 + \cosh 2kd] \cos 2\theta$
Horizontal particle displacement, ξ	$-\frac{H}{2} \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \sin \theta$	$-\frac{H}{2} e^{kz} \sin \theta$	$\xi_1 + \frac{H}{8} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{1}{\sinh^2(kd)} \left[1 - \frac{3 \cosh[2k(z+d)]}{2 \sinh^2(kd)} \right] \sin 2\theta$ + $\frac{H}{4} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\cosh[2k(z+d)]}{\sinh^2(kd)} (\alpha x)$
Vertical particle displacement, ζ	$-\frac{H}{2} \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \cos \theta$	$\frac{H}{2} e^{kz} \cos \theta$	$\zeta_1 + \frac{3H}{16} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\sinh[2k(z+d)]}{\sinh^3(kd)} \cos 2\theta$
Horizontal particle velocity, u	$\frac{\pi H}{T} \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \cos \theta$	$\frac{\pi H}{T} e^{kz} \cos \theta$	$u_1 + \frac{3}{4} \frac{\pi H}{T} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\cosh[2k(z+d)]}{\sinh^3(kd)} \cos 2\theta$
Vertical particle velocity, w	$\frac{\pi H}{T} \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \sin \theta$	$\frac{\pi H}{T} e^{kz} \sin \theta$	$w_1 + \frac{3}{4} \frac{\pi H}{T} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\sinh[2k(z+d)]}{\sinh^3(kd)} \sin 2\theta$
Horizontal particle acceleration, \ddot{u}	$\frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \sin \theta$	$\frac{2\pi^2 H}{T^2} e^{kz} \sin \theta$	$\ddot{u}_1 + \frac{3\pi^2 H}{T^2} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\cosh[2k(z+d)]}{\sinh^3(kd)} \sin 2\theta$
Vertical particle acceleration, \ddot{w}	$-\frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)} \cos \theta$	$-\frac{2\pi^2 H}{T^2} e^{kz} \cos \theta$	$\ddot{w}_1 - \frac{3\pi^2 H}{T^2} \left(\frac{\pi H}{\lambda} \right) \frac{\sinh[2k(z+d)]}{\sinh^3(kd)} \cos 2\theta$
Subsurface pressure, p	$-\rho g z + \frac{1}{2} \rho g H \frac{\cosh[k(z+d)]}{\cosh(kd)} \cos \theta$	$-\rho g z + \frac{1}{2} \rho g H e^{kz} \cos \theta$	$p_1 + \frac{3}{4} \rho g H \frac{\pi H}{\lambda \sinh(2kd)} \left[\frac{\cosh[2k(z+d)]}{\sinh^2(kd)} - \frac{1}{3} \right] \cos 2\theta$ - $\frac{1}{4} \rho g H \frac{\pi H}{\lambda \sinh(2kd)} (\cosh[2k(z+d)] - 1)$
Group velocity, c_g	$\frac{c}{2} \left[1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right]$	$\frac{c}{2}$	$(c_g)_1$
Average energy density, E	$\frac{1}{8} \rho g H^2$	$\frac{1}{8} \rho g H^2$	$\frac{1}{8} \rho g H^2$
Energy flux, F	$E c_g$	$\frac{1}{2} E c$	$E c_g$

Notation: d = mean water depth, g = acceleration of gravity, H = trough-to-crest wave height, $k = 2\pi/\lambda$ = wave number, λ = wave length, T = wave period; t = time; x = distance of propagation; z = distance from mean free surface positive upward; $\theta = kx - \omega t = k(x - ct)$; $\omega = 2\pi/T$ = angular wave frequency. Subscript 1 denotes linear small-amplitude theory.



A partir de las ecuaciones anteriores, se pueden obtener los parámetros característicos de las olas que se presentan en el cuadro siguiente:

Dirección	Ang. °	Hs m	Tp s	Lw m	Celeridad		Vel.Orbit.	Ac.Orbit.	Num.Ola	Vel,ang.	Frec.
					Vw m/s	Vxm m/s	Axm m/s ²	k 2Pi/L	W 2Pi/T	f. 1/T	
N	-20	0,9	3,4	18	5,3	1,0	1,5	0,3	1,8	0,3	
NE	25	1,0	3,6	20	5,6	1,0	1,5	0,3	1,7	0,3	
E	70	7,4	12,2	232	19,0	2,1	1,0	0,0	0,5	0,1	
SE	115	4,4	9,2	132	14,4	1,7	1,0	0,0	0,7	0,1	
S	160	4,9	9,7	147	15,1	1,8	1,0	0,0	0,6	0,1	
SW	205	3,2	7,2	81	11,2	1,6	1,2	0,1	0,9	0,1	
W	250	1,4	4,4	30	6,9	1,2	1,4	0,2	1,4	0,2	
NW	295	1,2	4,0	25	6,2	1,1	1,5	0,3	1,6	0,3	

Otros parámetros relevantes son los números de Keulegan-Carpenter (KC) y de Reynolds (Re) obtenidos a partir de la velocidad orbital máxima y el diámetro de las estructuras en flotación (aproximado a 7m, para cada una de las columnas de la jaula), que permiten definir otras características de cálculo de las olas:

$$KC = \frac{V_{xm}T}{D} \quad R_n = \frac{V_{xm}D}{\vartheta} \quad \beta = \frac{R_e}{KC}$$

Dirección	Ang. °	Hs m	Tp s	Lw m	KC	Re	Beta
N	-20	0,9	3,4	18	0,47	5,7E+06	1,2E+07
NE	25	1,0	3,6	20	0,52	6,0E+06	1,1E+07
E	70	7,4	12,2	232	3,67	1,2E+07	3,4E+06
SE	115	4,4	9,2	132	2,19	9,8E+06	4,5E+06
S	160	4,9	9,7	147	2,44	1,0E+07	4,2E+06
SW	205	3,2	7,2	81	1,63	9,3E+06	5,7E+06
W	250	1,4	4,4	30	0,73	6,8E+06	9,4E+06
NW	295	1,2	4,0	25	0,63	6,4E+06	1,0E+07

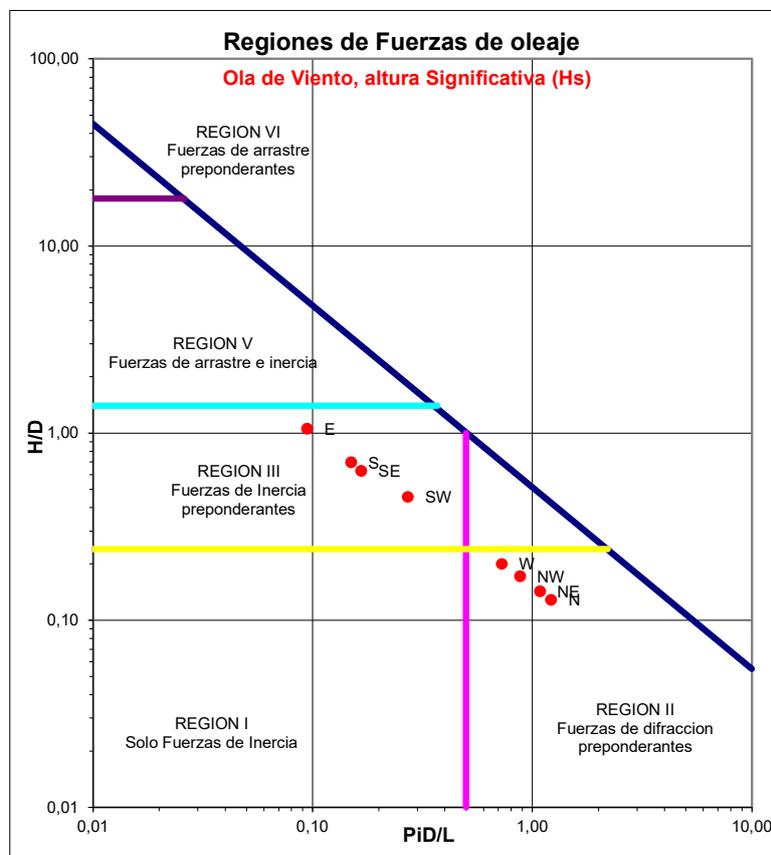
La relación entre las fuerzas de inercia y arrastre depende especialmente del valor del número Keulegan-Carpenter y de la dimensión transversal del objeto respecto a la longitud de ola.

Para esta dimensión se ha tomado un valor ligeramente superior al diámetro de las columnas verticales de la instalación (6m), para tomar en cuenta los refuerzos auxiliares. $D_c = 7m$



El efecto del oleaje sobre un obstáculo fijo tiene dos componentes principales: Un esfuerzo de arrastre, función de la velocidad orbital de la ola incidente y un esfuerzo de inercia en función de su aceleración.

El tipo esperable de esfuerzo del oleaje sobre la instalación depende de la relación entre altura de ola-Dimensión de obstáculo (H/D) por una parte y Dimensión de obstáculo-Longitud de ola ($\pi D/L$). El efecto correspondiente a alturas de olas significativas (H_s), promedio de altura del tercio superior de olas, se presenta en el gráfico siguiente:



Los oleajes más importantes quedan en la región III donde las fuerzas de inercia son preponderantes, con efecto apreciable de fuerzas de arrastre y sin efectos significativos de fuerzas de difracción.

El resumen de los efectos de las olas muestra que para todas las olas de temporales los efectos dominantes serán las fuerzas de inercia, debidas a la aceleración de la masa de agua por la ola, los efectos de arrastre debidos a la velocidad de las partículas de las olas serán inferiores. Además, el efecto de difracción de oleaje, será muy reducido para los temporales mayores.



La ola de altura máxima esperable, para cada temporal, depende del número de olas observado que a su vez depende del periodo de tiempo de observación. Se toma un periodo típico de 3 horas de duración del pico del temporal, con lo que se obtiene el número de olas previsto en este intervalo de tiempo y el factor de amplificación de la ola máxima:

$$F_{Hm} = 0,705 \ln(N. Olas)^{0,5}$$

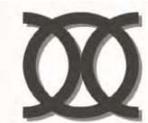
Dirección	Ang. °	H.Sig. (Hs) m	Periodo (T) s	NºOlas	Fact.Hm.	H.Max (Hm) m
N	0	0,9	3,4	3180	2,00	1,8
NE	45	1,0	3,6	3000	1,99	2,0
E	90	7,4	12,2	890	1,84	13,6
SE	135	4,4	9,2	1170	1,87	8,2
S	180	4,9	9,7	1110	1,87	9,1
SW	225	3,2	7,2	1500	1,91	6,1
W	270	1,4	4,4	2450	1,97	2,8
NW	315	1,2	4,0	2700	1,98	2,4

La rotura de la ola se produce cuando se supera una relación entre altura y longitud de ola, típicamente de 7 veces. El DNV-GL en la norma RP-C205 establece como parámetro de pendiente o peralte de ola la expresión siguiente:

$$S_p = \frac{2\pi H_s}{g T_p^2}$$

Los límites de peralte para rotura de la ola son:

$$S_p = 1/15 \text{ for } T_p \leq 8 \text{ s}$$
$$S_p = 1/25 \text{ for } T_p \geq 15 \text{ s}$$



Se comprueba que todas las olas de altura significativa son olas no-rompientes. Para las olas de altura máxima se toma el periodo (y longitud de ola) igual al de la ola significativa, mientras se mantenga como ola no-rompiente. En otro caso se ajusta el periodo para obtener el peralte de ola límite no-rompiente.

Para olas de altura significativa (Hs)

Dirección	Ang. °	H.Sig. (Hs) m	Periodo (T) s	DNV Lim.	Peralte Hs
N	0	0,9	3,4	0,067	0,050
NE	45	1,0	3,6	0,067	0,049
E	90	7,4	12,2	0,051	0,032
SE	135	4,4	9,2	0,062	0,033
S	180	4,9	9,7	0,060	0,033
SW	225	3,2	7,2	0,067	0,040
W	270	1,4	4,4	0,067	0,046
NW	315	1,2	4,0	0,067	0,048

Para olas de altura máxima (Hm)

Dirección	Ang. °	H.Max (Hm) m	Periodo (T) s	DNV Hm.Lim.	Peralte Hm
N	0	1,8	4,2	0,067	0,067
NE	45	2,0	4,4	0,067	0,067
E	90	13,6	14,3	0,043	0,043
SE	135	8,2	9,3	0,062	0,061
S	180	9,1	10,0	0,059	0,059
SW	225	6,1	7,7	0,067	0,067
W	270	2,8	5,1	0,067	0,067
NW	315	2,4	4,8	0,067	0,067



Los oleajes de un temporal presentan una distribución irregular de olas tanto en altura como periodo. Para caracterizar cada uno de estos temporales de oleaje irregular, se utilizan espectros de densidad de energía según las distintas frecuencias de olas. Se utiliza el espectro de energía de oleaje JONSWAP, cuya formulación matemática se indica:

$$F(f) = \underbrace{\alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \left[\frac{-5}{4} \left(\frac{f}{f_p} \right)^{-4} \right]}_{\text{Pierson-Moskowitz spectrum}} \cdot \gamma \exp \left[\frac{-(f-f_p)^2}{2\sigma^2 f_p^2} \right],$$

Se utilizan los parámetros gamma recomendados por la sociedad de clasificación de buques DNV-GL. A partir de estos pueden calcularse los espectros de oleaje asociados a cada temporal:

$$\begin{aligned} \gamma &= 5 \quad \text{for } T_P / \sqrt{H_S} \leq 3.6 \\ \gamma &= \exp \left(5.75 - 1.15 \frac{T_P}{\sqrt{H_S}} \right) \quad \text{for } 3.6 < T_P / \sqrt{H_S} < 5 \\ \gamma &= 1 \quad \text{for } 5 \leq T_P / \sqrt{H_S} \end{aligned}$$

where T_P is in seconds and H_S is in metres.

Dirección	Alt.Sig. (Hs) m	Periodo (T) s	γ rec DNV	α rec. Calculo
N	0,90	3,40	5,000	0,0167
NE	1,00	3,60	5,000	0,0189
E	7,40	12,20	1,808	0,0104
SE	4,40	9,20	2,026	0,0110
S	4,90	9,70	2,035	0,0110
SW	3,20	7,20	3,069	0,0131
W	1,40	4,40	4,365	0,0153
NW	1,20	4,00	4,715	0,0159

Se obtienen los espectros de densidad de energía de cada temporal, que describen la distribución estadística de olas de distintas frecuencias.

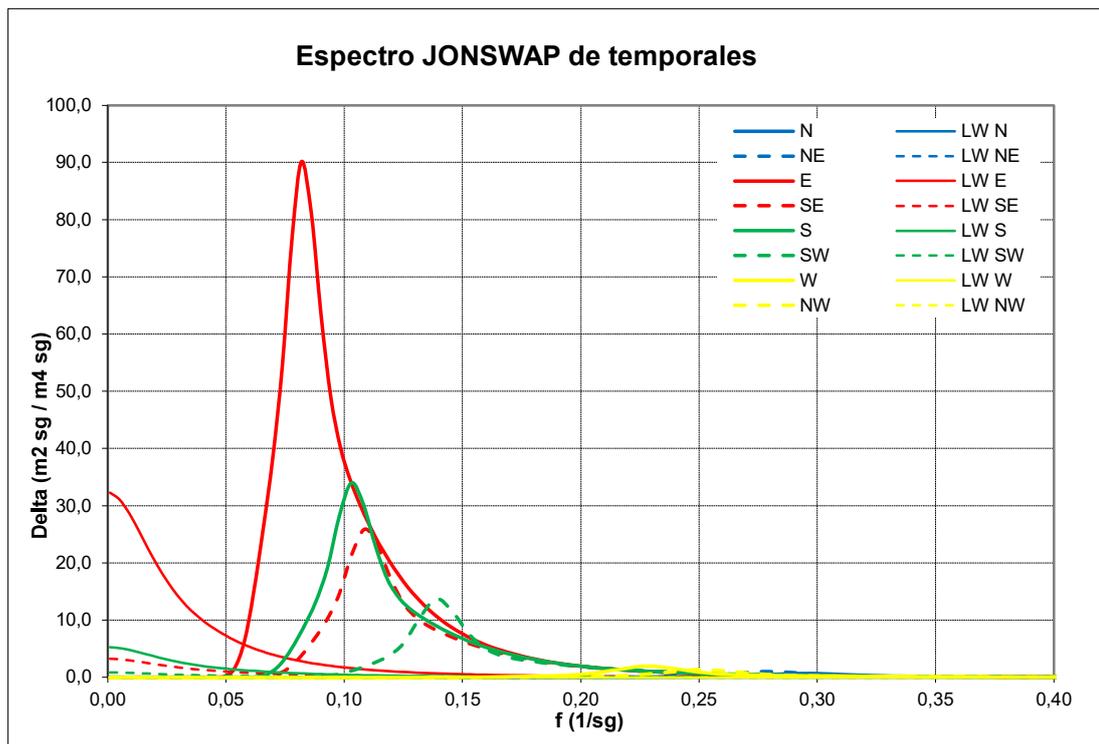
La presencia de distintas frecuencias de olas en el temporal genera a su vez, un oleaje de segundo orden o de onda larga, con periodos superiores al del oleaje generado por el viento.

El espectro de oleaje de onda larga se obtiene por integración del espectro JONSWAP, según la expresión siguiente,

$$S_g(\mu) = 8 \int_0^{\infty} S_\zeta(\omega) \cdot S_\zeta(\omega + \mu) \cdot d\omega$$



Los resultados de espectros de densidad de energía JONSWAP de oleaje de viento y de onda larga se muestran en el gráfico siguiente y nos permiten calcular las características típicas del oleaje de onda larga asociado a cada temporal. Puede observarse la diferencia de pico de energía entre el temporal de dirección Este y el resto de temporales, tanto para el oleaje de viento (3 veces mayor) como de onda larga (más de 6 veces mayor).



Oleaje de onda larga

Dirección	Ang. °	Hs	Tp	Hmax
N	0	0,01	22,2	0,02
NE	45	0,02	23,5	0,03
E	90	0,76	39,5	1,27
SE	135	0,27	30,0	0,46
S	180	0,33	31,6	0,57
SW	225	0,14	28,2	0,24
W	270	0,03	21,6	0,05
NW	315	0,02	19,7	0,04

Aunque estas olas largas o de segundo orden tienen una altura reducida, sus periodos están más próximos al periodo propio de la instalación fondeada por lo que su impacto puede ser de la misma magnitud o superior al impacto del oleaje de viento o de primer orden.



II.1.4. Resumen de resultados:

Enviromental Conditions

Depth	180	m	Calculation points	Wind height above water	13 m
				Current depth below water	15 m

"Coming from" Direction.

Storm Direction	Current		Wind (13m)				Wave			Hmax m
	(-15m) m/s	Surf. m/s	Gust (15") m/s	Cont. (60")		Hs m	Tpw s	Lw m		
N	0,53	0,76	39,9	37,8	136	74	0,9	3,4	18	1,8
NE	0,73	1,04	42,0	39,8	143	77	1,0	3,6	20	2,0
E	1,12	1,60	37,8	35,9	129	70	7,4	12,2	232	13,6
SE	0,67	0,95	33,6	31,9	115	62	4,4	9,2	132	8,2
S	0,62	0,89	35,7	33,9	122	66	4,9	9,7	147	9,1
SW	0,91	1,30	42,0	39,8	143	77	3,2	7,2	81	6,1
W	1,15	1,65	39,9	37,8	136	74	1,4	4,4	30	2,8
NW	0,81	1,15	39,9	37,8	136	74	1,2	4,0	25	2,4
Max.	1,15	1,65	42,0	39,8	143	77	7,4	12,2	232	13,6

Max. Beaufort (by wind) NE 11

Max. Beaufort (by wave) E 8

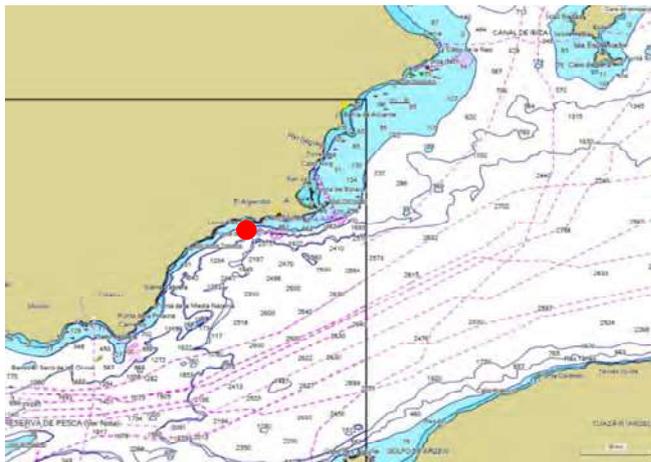
Max. Douglas (wave) E 7

Storm

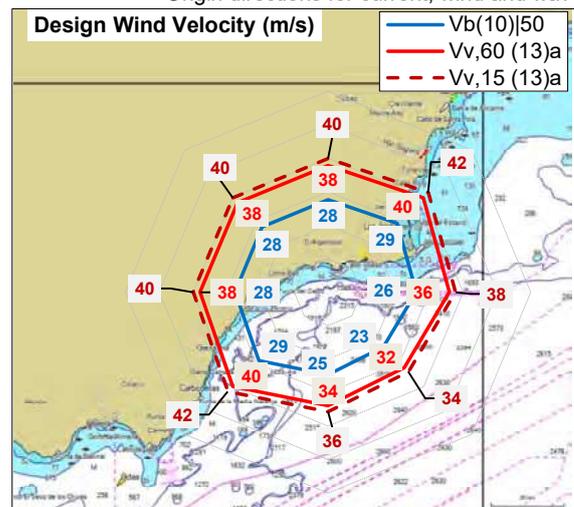
Fresh gale (Stormy wind)

High

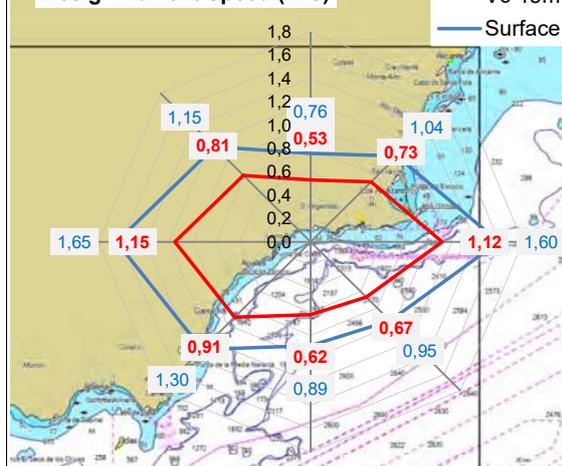
Site Position



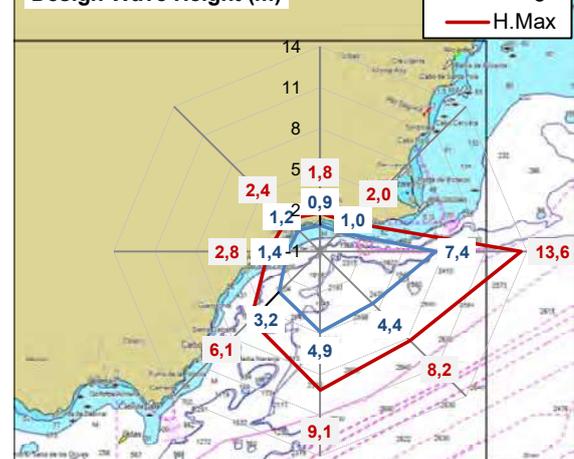
Origin directions for current, wind and wave

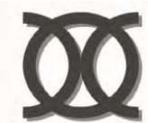


Design Current Speed (m/s)



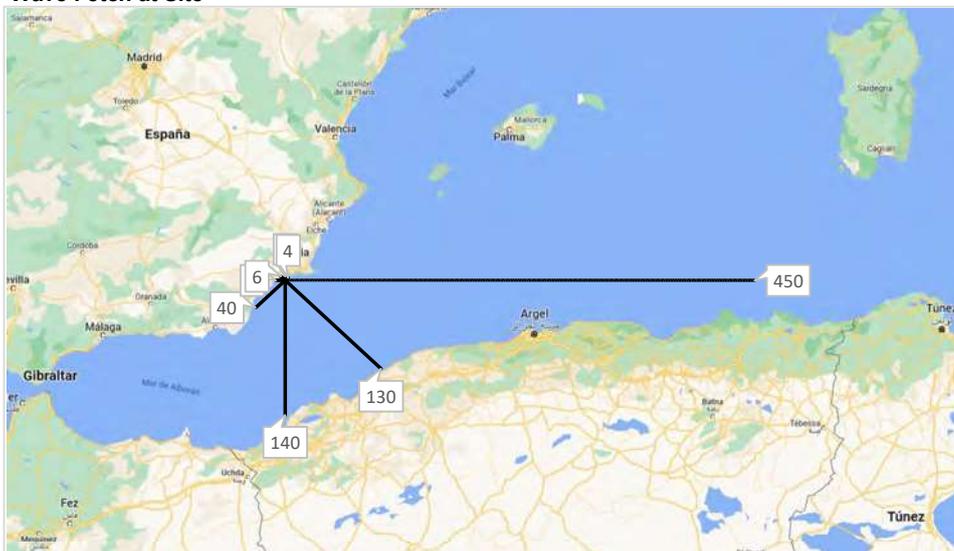
Design Wave Height (m)





Wave Study

Wave Fetch at Site



Fetch Conditions

Dir.	Fetch nm	Wind f. m/s	depth f m	
N	4	21	50	Fetch limited. Growing Sea
NE	4	23	70	Fetch limited. Growing Sea
E	450	20	1.000	Fetch limited. Growing Sea
SE	130	17	1.000	Fetch limited. Growing Sea
S	140	19	1.000	Fetch limited. Growing Sea
SW	40	23	100	Fetch limited. Growing Sea
W	9	21	70	Fetch limited. Growing Sea
NW	6	21	50	Fetch limited. Growing Sea

Storm Conditions

Time of wind along fetch: 72 hours
Time of storm maximum at site: 3 hours
Site Depth: 180 m
Wave Model: Stokes 2^o Order

Wave Model: JONSWAP

Significant Wave

Dir.	Hs m	Tp sg	Lp m	Relative Depth
N	0,9	3,4	18	Deep water
NE	1,0	3,6	20	Deep water
E	7,4	12,2	232	Deep water
SE	4,4	9,2	132	Deep water
S	4,9	9,7	147	Deep water
SW	3,2	7,2	81	Deep water
W	1,4	4,4	30	Deep water
NW	1,2	4,0	25	Deep water

Maximun Wave

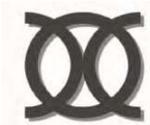
Hmax m	Tp max sg	Lp max m
1,8	4,2	27
2,0	4,4	30
13,6	14,3	319
8,2	9,3	134
9,1	10,0	155
6,1	7,7	92
2,8	5,1	41
2,4	4,8	36

Significant Long Wave

Dir.	Hls m	Tlp sg	Lp m
N	0,0	22,2	769
NE	0,0	23,5	859
E	0,8	39,5	2.308
SE	0,3	30,0	1.382
S	0,3	31,6	1.526
SW	0,1	28,2	1.224
W	0,0	21,6	728
NW	0,0	19,7	604

Maximun Long Wave

Hmax m	Tp max sg	Lp max m
0,0	22,2	769
0,0	23,5	859
1,3	39,5	2.308
0,5	30,0	1.382
0,6	31,6	1.526
0,2	28,2	1.224
0,0	21,6	728
0,0	19,7	604



II.2. ESTUDIO DE ESTABILIDAD INICIAL

II.2.1. Modelo de cálculo.

Se realiza una comprobación preliminar de la estabilidad inicial de la instalación, en flotación libre, sin fondeos, en las condiciones de trabajo habituales.

Las formas de instalación han sido modelizadas con el programa informático de diseño de formas con superficies, MAXSURF versión v12.09. Las estructuras de soporte de la red no se han incluido en el cálculo de volúmenes.

Las curvas hidrostáticas están calculadas mediante el programa informático de arquitectura naval HIDROMAX versión v12.09, a partir del modelo anterior, realizando los cálculos utilizando 100 secciones espaciadas a lo largo de la eslora.

Para este estudio simplificado de estabilidad inicial, se han considerado 29 tanques de lastre con una capacidad total de 14.200t. de lastre y 8 silos de pienso, con una capacidad total de 640t de pienso. Se estudia la condición más desfavorable con efecto de superficies libres de los tanques de lastre.

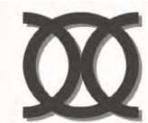
Los efectos de tracción vertical de los fondeos no están considerados, aunque este peso actuará como lastrado adicional, mejorando las condiciones de estabilidad.

La instalación dispone de tanques de lastre, que permite adoptar un calado determinado, mediante el llenado o vaciado de tanques de lastre.

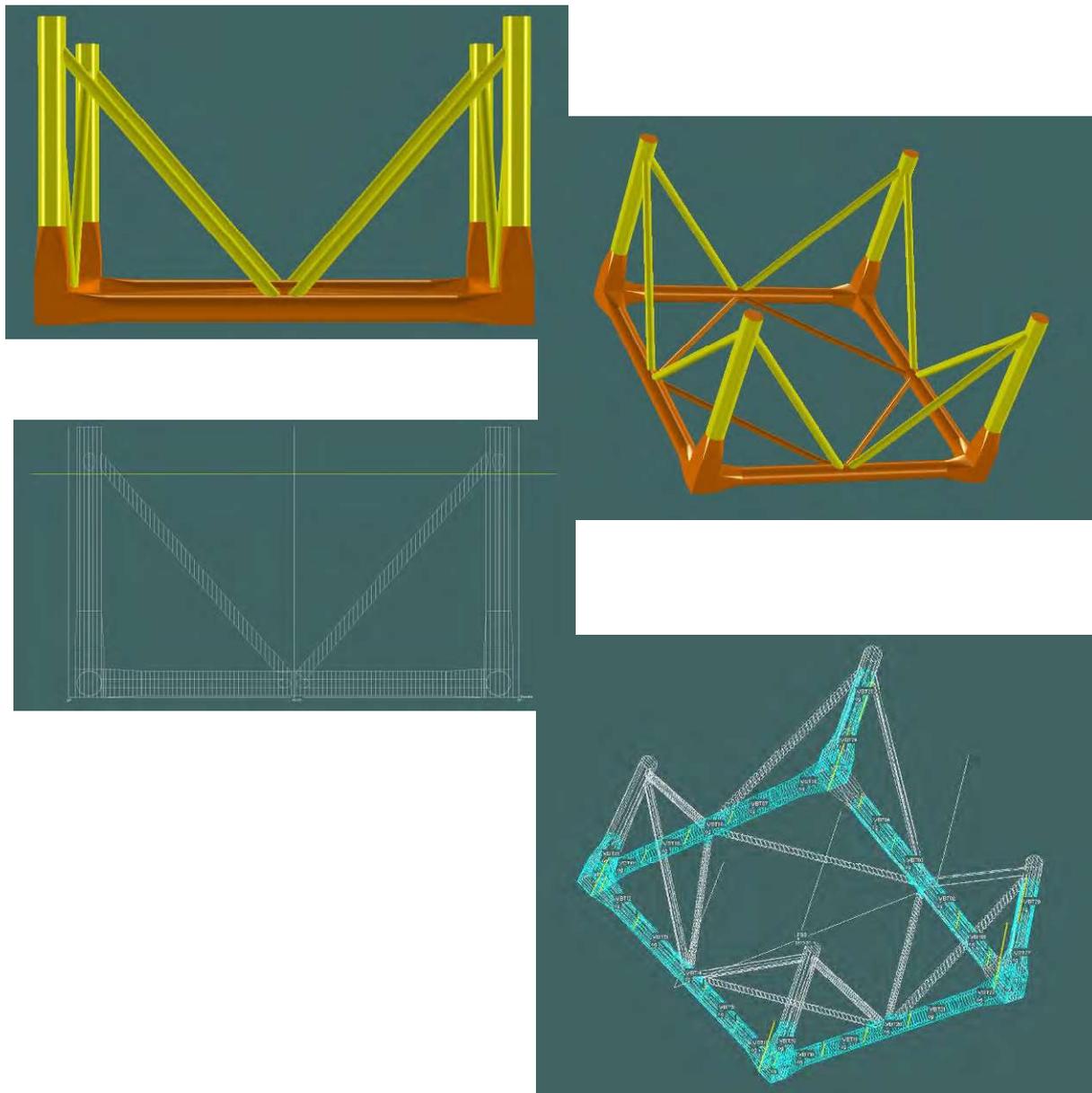
Se estudian las siguientes condiciones de carga:

- Rosca. Desplazamiento Calado aproximado 3.9m
- Desplazamiento mínimo operativo: calado aproximado 4.1m
- Fase de Inmersión (base sumergida): calado aproximado 9.8m
- Operación y tormenta: calado aproximado 56.3m

Para cada uno de estos estados se calculan el desplazamiento, superficies y demás parámetros base del cálculo de estabilidad, que se resumen en las páginas siguientes



Se adjuntan vistas del modelo, secciones de cálculo y distribución de tanques, obtenidas directamente del programa de cálculo de arquitectura naval.





- Curvas Hidrostáticas

Draft m	Vol. m ³	D Tm	SFL m ²	LCB m	LCF m	KB m	KMT m	KML m	TPC Tm/cm	MTC Tmxc
0,00	0	0	0	0,0	0,000	0,500	0,5	0,5	0,0	0,0
2,00	2.774	2.843	2.238	0,0	-0,002	1,273	1.368,2	1.397,7	22,9	347,1
4,00	8.246	8.452	2.856	0,0	0,048	2,453	544,4	528,4	29,3	363,7
6,00	12.725	13.043	1.591	0,0	0,012	3,318	227,3	226,5	16,3	203,3
8,00	13.788	14.133	230	0,0	-0,488	3,570	44,9	39,7	2,4	-19,6
10,00	14.251	14.607	232	0,0	-0,474	3,747	44,1	38,8	2,4	-21,6
12,00	14.713	15.081	231	0,0	-0,467	3,975	42,9	37,9	2,4	-23,4
14,00	15.144	15.523	219	-0,1	0,280	4,231	40,6	35,2	2,2	-27,9
16,00	15.552	15.941	208	-0,1	0,165	4,514	38,0	32,9	2,1	-32,1
18,00	15.938	16.336	188	-0,1	-0,082	4,815	34,4	29,8	1,9	-37,5
20,00	16.290	16.697	168	-0,1	-0,882	5,121	30,8	26,1	1,7	-43,8
22,00	16.601	17.016	150	-0,1	-2,064	5,419	27,8	23,7	1,5	-48,4
24,00	16.903	17.326	150	-0,2	-1,979	5,734	27,8	23,7	1,5	-49,2
26,00	17.205	17.635	150	-0,2	-1,898	6,071	27,7	23,8	1,5	-50,0
28,00	17.505	17.943	148	-0,3	-1,849	6,430	27,4	23,9	1,5	-50,8
30,00	17.807	18.252	150	-0,3	-1,749	6,812	27,7	24,1	1,5	-51,3
32,00	18.105	18.558	147	-0,3	-1,695	7,211	27,4	24,2	1,5	-51,9
34,00	18.405	18.865	148	-0,3	-1,678	7,630	27,6	24,5	1,5	-52,3
36,00	18.703	19.171	147	-0,4	-1,663	8,067	27,7	24,8	1,5	-52,7
38,00	19.000	19.475	145	-0,4	-1,669	8,520	27,5	25,0	1,5	-53,1
40,00	19.298	19.780	146	-0,4	-1,409	8,990	27,8	25,4	1,5	-53,2
42,00	19.593	20.083	144	-0,4	-1,599	9,473	27,7	25,6	1,5	-53,6
44,00	19.890	20.387	145	-0,5	-1,584	9,972	28,1	26,1	1,5	-53,5
46,00	20.185	20.690	145	-0,5	-1,551	10,484	28,3	26,5	1,5	-53,5
48,00	20.479	20.991	143	-0,5	-1,538	11,009	28,3	26,9	1,5	-53,7
50,00	20.774	21.293	142	-0,5	-1,505	11,547	28,6	27,3	1,5	-53,6
52,00	21.066	21.593	139	-0,5	-1,482	12,095	28,6	27,6	1,4	-53,8
54,00	21.359	21.893	142	-0,5	-1,301	12,656	29,2	28,3	1,5	-53,1
56,00	21.650	22.191	137	-0,5	-0,818	13,224	29,0	28,5	1,4	-53,5
58,00	21.926	22.474	126	-0,6	-0,668	13,775	28,1	27,8	1,3	-55,5
60,00	22.164	22.718	103	-0,5	-0,023	14,262	25,9	25,9	1,1	-60,0
62,00	22.382	22.942	105	-0,5	-0,003	14,718	26,4	26,4	1,1	-59,7
64,00	22.601	23.166	99	-0,5	-0,002	15,185	26,2	26,2	1,0	-60,6



- Capacidades de tanques de lastre

Name	Vol m3	Peso Tm	LCG	TCG	Zg
WBT01	423	433	50,01	-27,26	3,501
WBT02	424	435	49,96	-9,05	3,501
WBT03	425	435	49,96	9,05	3,500
WBT04	424	434	50,00	27,26	3,500
WBT05	189	193	50,00	50,00	3,500
WBT06	589	603	38,19	50,00	3,494
WBT07	514	527	18,60	50,00	3,500
WBT08	523	536	0,00	49,84	3,554
WBT09	514	527	-18,60	50,00	3,500
WBT10	582	597	-38,19	50,00	3,494
WBT11	295	302	-50,00	50,00	3,500
WBT12	579	594	-50,00	38,16	3,496
WBT13	500	512	-50,00	18,60	3,500
WBT14	510	523	-49,94	0,00	3,500
WBT15	500	512	-50,00	-18,60	3,500
WBT16	579	594	-50,00	-38,16	3,496
WBT17	322	330	-50,00	-50,00	3,500
WBT18	589	603	-38,19	-50,00	3,494
WBT19	504	517	-18,60	-50,00	3,500
WBT20	523	536	0,00	-49,84	3,554
WBT21	514	527	18,60	-50,00	3,500
WBT22	589	603	38,19	-50,00	3,494
WBT23	207	212	50,00	-49,27	3,500
WBT24	533	547	50,00	50,00	17,855
WBT25	449	460	-50,01	50,00	14,527
WBT26	449	460	-50,01	-50,00	14,527
WBT27	533	547	50,00	-50,00	17,855
WBT28	531	544	50,00	50,00	43,000
WBT29	531	544	50,00	-50,00	43,000
Total	13846	14192	0,16	-0,14	8,35

- Capacidades de silos de pienso

Se estudia la disposición de 8 silos de capacidad de 120m³, 80t cada uno.

La posición del centro de gravedad del pienso en las condiciones estudiadas es

Pienso	Peso t.	XG m.	P x XG	ZG m.	P x ZG
Minimo desplazamiento (10%)	64,0	-50,00		74,00	
Operación (100%)	640	-50,00		77,00	



II.2.1. Peso en rosca

Las características del peso en rosca se han estimado a partir de medición de los elementos estructurales, del modelo de la instalación

	Peso t.	XG m.	P x XG	ZG m.	P x ZG
Acero estructural	6.800,0	1,45	9860	31,00	210800
Tuberías, cableado, eq. Casco	170,0	1,45	247	27,90	4743
Módulos Habilitación	120,0	40,00	4800	69,00	8280
Maquinaria y equipos	180,0	40,00	7200	68,00	12240
Silos y equipo alimentación	150,0	-50,00	-7500	72,00	10800
Redes contención	200,0	0,00	0	35,00	7000
Margen de pesos 5%	380,0	0,00	0	31,00	11780
Buque en Rosca	8.000,0	1,826	14607	33,205	265643

Estado de carga: Rosca

Eslora entre perpendiculares	Lpp	107,00 m.
Desplazamiento	Delta	8.000 tm
Calado medio	Cm	3,85 m.
Ordenada del centro de carena	KC	2,37 m.
Radio metacentrico Transversal	CMT	580,39 m.
Ordenada del centro de gravedad	KG	33,21 m.
Altura metacentrica	GM	549,56 m.
Corrección por sup. libres	CSL	0,00 m.
Altura metacentrica corregida	GMc	549,56 m.
abscisa del centro de Flotación	Xf	-0,77 m.
abscisa del centro de carena	XC	1,94 m.
abscisa del centro de gravedad	XG	1,83 m.
Radio metacentrico Longitudinal	CML	569,94 m.
Calado en la Perpendicular de Pr	Cpr	4,037 m.
Calado en la Perpendicular de Pp	Cpp	3,659 m.
Trimado total		-0,378 m.
Angulo de Trimado		-0,20 °

El calado corresponde aproximadamente a la mitad de los tubos horizontales.

La estabilidad es positiva. GM >0.20m



II.2.2. Condiciones de carga. Estabilidad inicial

- **Condición de mínimo desplazamiento y mantenimiento**

Se incluye el peso en rosca, 1% de lastre en todos los tanques, 10% del pienso y combustibles, tripulación y pertrechos

Estado de carga: Minimo desplazamiento

	Peso t.	XG m.	P x XG	ZG m.	P x ZG
Peso en Rosca	8.000,0	1,83	14.607	33,21	265.643
Pertrechos	400,0	0,00	0	67,00	26.800
Tripulación y equipo	0,7	30,00	22	68,00	49
Pienso	10% 64,0	-50,00	-3.200	74,00	4.736
Comb.	10% 1,0	30,00	30	67,00	67
Lastre	1% 138,5	0,00	0	2,80	388
Desplazamiento	8.604	1,33	11.458	34,60	297.683

Estado de carga: Minimo desplazamiento

Eslora entre perpendiculares	Lpp	107,000 m.
Desplazamiento	Delta	8.604 t
Calado medio	Cm	4,054 m.
Ordenada del centro de carena	KC	2,483 m.
Radio metacentrico Transversal	CMT	529,682 m.
Ordenada del centro de gravedad	KG	34,597 m.
Altura metacentrica	GM	497,568 m.
Corrección por sup. libres	CSL	-4,098 m.
Altura metacentrica corregida	GMc	493,470 m.
abscisa del centro de Flotación	Xf	-0,228 m.
abscisa del centro de carena	XC	1,445 m.
abscisa del centro de gravedad	XG	1,332 m.
Radio metacentrico Longitudinal	CML	514,273 m.
Calado en la Perpendicular de Pr	Cpr	4,208 m.
Calado en la Perpendicular de Pp	Cpp	3,899 m.
Trimado total		-0,309 m.
Angulo de Trimado		-0,2 °

Con el calado de 4.05m, los tubos de flotación inferiores, de 7 m de diámetro, permanecen ligeramente por encima de la flotación en su mayor parte.

La estabilidad es positiva, el GM mucho mayor del mínimo de 0.20m



- **Condición de inmersión**

Condición más desfavorable, justo al sumergir los tubos horizontales de la estructura, con todos los silos de pienso llenos.

Estado de carga: Inmersión

		Peso t.	XG m.	P x XG	ZG m.	P x ZG
Peso en Rosca		8.000,0	1,83	14.607	33,21	265.643
Pertrechos		400,0	0,00	0	67,00	26.800
Tripulación y equipo		0,7	30,00	22	68,00	49
Pienso	100%	640,0	-50,00	-32.000	74,00	47.360
Comb.	100%	10,0	30,00	300	67,00	670
Lastre	39%	5.532,9	1,73	9.588	2,73	15.105
Desplazamiento		14.584	-0,51	-7.484	24,39	355.627

Estado de carga: Inmersión

Eslora entre perpendiculares	Lpp	107,000 m.
Desplazamiento	Delta	14.584 t
Calado medio	Cm	9,846 m.
Ordenada del centro de carena	KC	3,767 m.
Radio metacentrico Transversal	CMT	39,434 m.
Ordenada del centro de gravedad	KG	24,385 m.
Altura metacentrica	GM	18,816 m.
Corrección por sup. libres	CSL	-2,443 m.
Altura metacentrica corregida	GMc	16,373 m.
abscisa del centro de Flotación	Xf	0,422 m.
abscisa del centro de carena	XC	-1,541 m.
abscisa del centro de gravedad	XG	-0,513 m.
Radio metacentrico Longitudinal	CML	34,374 m.
Calado en la Perpendicular de Pr	Cpr	7,463 m.
Calado en la Perpendicular de Pp	Cpp	12,229 m.
Trimado total		4,766 m.
Angulo de Trimado		2,6 °

Los tanques de lastre están en su mayoría al 50%, excepto los 4 situados en las columnas verticales que están vacíos y permiten compensar las variaciones de peso.

El efecto de superficies libres es apreciable, aunque la estabilidad es positiva y mayor de 0.20m



- Condición de operación y tormenta

Estado de carga: Operación

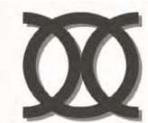
	Peso t.	XG m.	P x XG	ZG m.	P x ZG
Peso en Rosca	8.000,0	1,83	14.607	33,21	265.643
Pertrechos	400,0	0,00	0	67,00	26.800
Tripulación y equipo	0,7	30,00	22	68,00	49
Pienso	100% 640,0	-50,00	-32.000	77,00	49.280
Comb.	100% 10,0	30,00	300	67,00	670
Lastre	93% 13.178,3	-0,23	-3.016	6,30	82.992
Desplazamiento	22.229	-0,90	-20.088	19,14	425.434

Estado de carga: Operación

Eslora entre perpendiculares	Lpp	107,000 m.
Desplazamiento	Delta	22.229 t
Calado medio	Cm	56,253 m.
Ordenada del centro de carena	KC	13,307 m.
Radio metacentrico Transversal	CMT	15,302 m.
Ordenada del centro de gravedad	KG	19,139 m.
Altura metacentrica	GM	9,470 m.
Corrección por sup. libres	CSL	-0,024 m.
Altura metacentrica corregida	GMc	9,446 m.
abscisa del centro de Flotación	Xf	0,709 m.
abscisa del centro de carena	XC	-1,122 m.
abscisa del centro de gravedad	XG	-0,904 m.
Radio metacentrico Longitudinal	CML	14,778 m.
Calado en la Perpendicular de Pr	Cpr	54,236 m.
Calado en la Perpendicular de Pp	Cpp	58,270 m.
Trimado total		4,034 m.
Angulo de Trimado		2,2 °

Los tanques de lastre están al 100%, excepto los 4 situados en las columnas verticales que están al 50% y permiten compensar las variaciones de peso por equipos o vaciado del pienso

La estabilidad es positiva y mayor de 0.20m



II.3. ESTUDIO DE FONDEO

II.3.1. Generalidades

La complejidad del comportamiento de las estructuras fondeadas ante los efectos ambientales, y muy especialmente del oleaje, requiere procedimientos de cálculo sofisticados tanto de modelización de los parámetros ambientales, como de las estructuras flotantes y de su respuesta dinámica.

La instalación y su fondeo se ejecutará de acuerdo con los planos aprobados por una sociedad de clasificación de buques, de acuerdo con la normativa específica para instalaciones en aguas abiertas, con los procedimientos y cálculos requeridos por esta normativa.

El objeto de este estudio de fondeo es confirmar, de modo preliminar, la viabilidad de la solución presentada en el proyecto, a partir de un procedimiento de cálculo simplificado.

II.3.2. Normativa de referencia

Se utilizan los criterios técnicos recogidos en las RECOMENDACIONES PARA OBRAS MARITIMAS y las NORMAS TECNICAS SOBRE OBRAS E INSTALACIONES DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN publicados por el MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO, a través de la DIRECCION GENERAL DE PUERTOS Y COSTAS.

Así mismo se utiliza como referencia las normas de las Sociedades de Clasificación de buques:

- Bureau Veritas: NR493. *Classification of Mooring Systems for Permanent and Mobile Offshore Units*
- Det Norske Veritas: DNVGL-RP-C205 *ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND ENVIRONMENTAL LOADS*
- Det Norske Veritas: DNVGL-OS-E301 *Position mooring.*
- ABS: *GUIDE FOR POSITION MOORING SYSTEMS • 2020*
- ABS: *GUIDE FOR BUILDING AND CLASSING FLOATING OFFSHORE WIND TURBINES • 2020*

Estas recomendaciones y normas abarcan tanto las definiciones de las cargas ambientales, presentadas en el estudio de condiciones ambientales, como los procesos de cálculo de las tensiones producidas en el buque o instalación.



II.3.3. Procedimiento de cálculo

Las cargas principales que actúan sobre la instalación fondeada son las producidas por los agentes ambientales: viento, corriente y oleaje, y se considera, como simplificación, la actuación combinada de dichos factores en una misma dirección, en periodos de temporal.

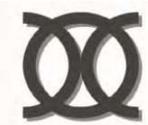
En lo que se refiere a los esfuerzos sobre la instalación, se supone que la corriente y el viento actúan de forma 'estática', mientras el oleaje actúa con un esfuerzo de marcado carácter dinámico. Así el esfuerzo total será la suma de los esfuerzos estáticos y dinámicos.

El procedimiento empleado en este estudio corresponde al análisis 'quasi-estático' utilizado por las sociedades de clasificación de buques para el diseño preliminar de estructuras fondeadas, que permite una estimación razonable de los esfuerzos del fondeo y de la respuesta de la instalación fondeada.

En este caso se modeliza un sistema de un solo grado de libertad (SDOF) con respuesta de la instalación en la dirección del temporal, únicamente en el plano de flotación (surge), sin incluir respuestas dinámicas de variación angular por efecto del oleaje, ni los efectos dinámicos sobre las líneas de fondeos.

La incertidumbre sobre los valores máximos de los esfuerzos, debida las simplificaciones efectuadas, se compensa mediante factores de amplificación de fuerzas aplicados sobre los resultados 'quasi-estáticos' obtenidos.

Se estudia el fondeo en condiciones de tormenta, tanto en estado intacto como en avería, por fallo de la línea de fondeo más cargada para cada dirección de temporal.



II.3.4. Criterios de cálculo y factores de seguridad

Como criterios de aceptación del fondeo, se adoptan los siguientes:

- Líneas de fondeo. Se toman los factores de seguridad de la norma de ABS *GUIDE FOR POSITION MOORING SYSTEMS* • 2020, sect. 3-7.7, *Design Environmental Condition* (DEC), quasi-static:
 - En condiciones normales: 2.00
 - En condiciones de avería: 1.43

El coeficiente de seguridad de la cadena se calcula a partir de la carga de prueba, para tener en cuenta el efecto de fatiga del material.

Se considera, además, el desgaste por corrosión y rozamiento, a lo largo de una vida útil de 10 años. Dicho desgaste definido por las normas de referencia es de 0.4mm/año. La carga de rotura de la cadena desgastada se calcula en proporción a la pérdida de área de sección, respecto al diámetro nominal de la cadena.

El coeficiente de seguridad del cabo se tomará a partir de la carga de rotura del mismo, teniendo en cuenta un efecto del desgaste y rozamiento, con una reducción de la carga de rotura nominal para una vida útil de 10 años estimada en un 10%

No se considera alargamiento elástico en cabos ni cadenas, ni efecto de rozamiento con el fondo del mar.

- Anclas. El coeficiente de seguridad considerado se toma de la norma de ABS *GUIDE FOR BUILDING AND CLASSING FLOATING OFFSHORE WIND TURBINES* • 2020 8-5.15, considerados como no-redundantes
 - En condiciones normales: 1.80 (1.5 x 1.2)
 - En condiciones de avería: 1.20 (1 x 1.2)

El coeficiente de seguridad del ancla se calcula a partir de la capacidad de agarre del ancla (M.H.C.). La capacidad de agarre se obtiene de la eficiencia del ancla, que varía entre 30 y 50 veces el peso, dependiendo de las condiciones del fondo, para anclas de muy alto poder de agarre como las de tipo STEVPRIS MK5. Se toma una eficiencia de 40 veces su peso, según estimación conservadora de la capacidad de anclas tipo STEVPRIS MK5.

La capacidad de agarre del ancla se minora según un factor de variabilidad por consistencia del suelo, tomado con valor de 80%.

La elevación del extremo de la línea de fondeo supone el garreo del ancla. El ángulo límite de la línea de fondeo en el ancla se toma en 0°.

No se considera la fricción de la línea de fondeo con el fondo.



II.3.5. Modelización de la instalación

II.3.5.1. Modelo de la jaula flotante

De acuerdo con el fabricante de la instalación, la estructura está diseñada para unas condiciones ambientales límite, resumidas en el cuadro siguiente:

Profundidad	depth	70 - 450	m
Altura máxima de ola significativa	Hs	7 - 8	m
Altura de pasarela superior al mar	Air Gap	10	m
Sistema de Fondeo	Mooring System	8	líneas

La instalación dispone de tanques de lastre, que permite adoptar un calado determinado, mediante el llenado o vaciado de tanques de lastre.

Para cada uno de estos estados se calculan el desplazamiento, superficies y demás parámetros base del cálculo de comprobación del diseño, que se resumen en la tabla siguiente:

	Condicion			
	Mínima	Inmersión	Operación	
Calado	3,9	4,1	55,0	m
Desplazamiento	8.600	14.400	22.000	tn.
Altura Emergida	70,2	69,9	19,0	m
Superficie emergida	31.278	7.064	1.615	m ²
Altura de aplicación de viento	46,8	46,6	13,4	m
				m ³
Volumen sumergido	8.390	14.049	21.463	m ²
Superficie Sumergida	476	476	3.883	m
calado aplicación corriente	1,9	2,1	-14,7	m
Tension inicial Fondeo	1.226	1.226	10	kN
Tens. vertical inicial fondeos	853	853	88	kN
Area de flotación	2.837	232	140	m ²
GMT	494,8	18,3	10,5	m
GML	515,4	35,5	15,6	m

Únicamente el calado de operación y tormenta está previsto para enfrentar las condiciones de los temporales. Los estados de calado mínimo y el calado transitorio durante la inmersión, requieren condiciones de buen tiempo. Se comprueba el diseño para la condición de operación y tormenta, en cada uno de las direcciones de temporal, definidas en el estudio ambiental.

El estudio de fondeo se realiza a partir de los datos aproximados de batimetría correspondientes a la jaula nº2: profundidad 180m.



Otras características de la jaula flotante, a efectos de cálculo para el calado de operación, se obtienen por la modelización de sus componentes simplificados en los siguientes componentes: Base, columnas y parte superior, a lo que se añade la red de contención de peces, según la siguiente tabla de valores:

	Red	Base	Columnas	Superior		Jaula	
Número	1	2	4	2		1	
Eslora	80,0	107,0	7,0	107,0	m	107,0	
Manga	80,0	107,0	7,0	107,0	m	107,0	
Puntal	50,0	6,5	60,0	8,0	m	66,0	
Dist.L.B.	15,0	0,0	6,0	66,0	m		
Opacidad de sup.	35%	100%	100%	60%	%		
Calado	40,0	55,0	49,0	0,0	m	55,0	m
Alt.max sobre flot.	10,00	0,00	11,00	19,00	m	19,00	m
Sup sumerg.X	1.120	1.391	1.372	0	m2	3.883	m2
Sup sumerg.Y	1.120	1.391	1.372	0	m2	3.883	m2
Sup emerg.X	280	0	308	1.027	m2	1.615	m2
Sup emerg.Y	280	0	308	1.027	m2	1.615	m2
Factor Corriente	0,82	0,00	0,75	0,00		0,78	
C.empuje sum.	41,8	4,4	38,8	0,0	m	40,3	m
A flot.	-13,2	-50,6	-16,2	0,0	m	-14,7	m
Factor Viento	0,95	0,00	0,96	1,06			
C.empuje emerg.	61,7	0,0	62,4	71,4	m	68,4	m
A flot.	6,7	0,0	7,4	16,4	m	13,4	m

Se obtienen las áreas emergidas y sumergidas en dirección X e Y, que permiten calcular el área transversal en cada dirección del temporal. Se consideran el número de elementos, así como, la opacidad de cada elemento no sólido, como la red de contención o la estructura reticular superior.

Los centros de actuación de las fuerzas de viento y corriente se obtienen ponderando las áreas emergidas y sumergidas por su altura o profundidad respecto a la superficie del mar, respectivamente.



II.3.5.2. Modelización del fondeo

Las líneas de fondeo se sitúan a partir de cuatro puntos, en la base de las columnas que forman la jaula flotante, fijas a cáncamos de fondeo estructurales dobles, diseñados para el fondeo permanente de la instalación.

Las coordenadas de los puntos de anclaje de las líneas de fondeo son:

	F1		F2		F3		F4	
	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
X	54,0	54,0	54,0	54,0	-54,0	-54,0	-54,0	-54,0
Y	-54,0	-54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	-54,0	-54,0
Z (L.B.)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

Los fondeos están duplicados como seguridad en caso de avería, siendo cada una de las líneas capaz de resistir los esfuerzos de los agentes ambientales en las condiciones extremas de proyecto. El ángulo entre cada par de líneas de fondeo es de 45°.

Las líneas de fondeo están formadas por un tramo de cabo y un tramo de cadena de las siguientes características:

	Diámetro mm	Longitud m	Calidad	Resistencia kN	Peso lineal kg/ml
Cabo de poliéster	241	160	PET	20.197	46
Cadena pesada	142	455-745	Stud.R4	20.020	512

Al final de cada línea de fondeo se fija un ancla de alto poder de agarre tipo STEVPRIS MK5 o similar, de 50 tn. de peso. Se toma para el cálculo una eficiencia de 40 veces el peso del ancla: M.H.C. = 20.000 kN

La pretensión horizontal inicial considerada es de 10kN para las condiciones de tormenta (calado de 55m).

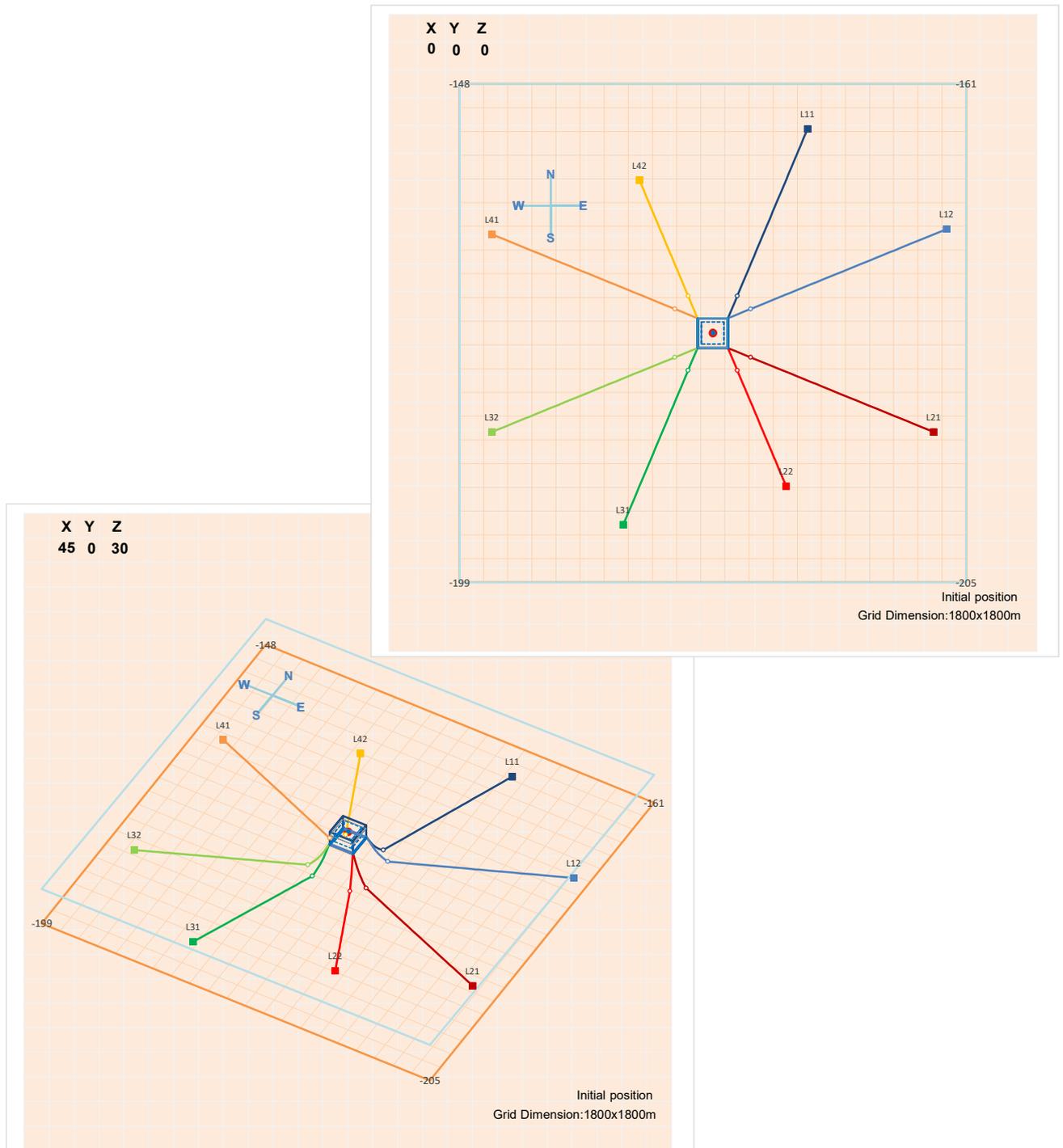
Las características de las 8 líneas de fondeo, se resumen en el cuadro siguiente:

Línea	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42	
Angulo Azimut	292,5	337,5	22,5	67,5	112,5	157,5	202,5	247,5	
Líneas montadas	1	1	1	1	1	1	1	1	
Peso Ancla	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	kg
M.H.C. Teorico	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	kN
M.H.C. corregido	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	kN
Profundidad Ancla	150	176	188	194	194	188	168	156	m
Rel. fondeo (X/prof.)	4,9	4,8	4,2	2,8	3,6	4,2	4,7	3,5	
Sep. Anclas	L11-L12	645	L21-L22	531	L31-L32	582	L41-L42	559	m
Long de Cadena	815	915	865	615	765	865	865	615	m
Extensión X. inicial	740	841	791	541	691	791	791	540	m
Cad. en fondo inicial	653	753	703	453	603	703	703	453	m
Tracción X inicial	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	kN
Tensión Inicial	27	27	27	27	27	27	27	27	kN
Tiro vertical Inicial	25	25	25	25	25	25	25	25	kN



La instalación se sitúa con las líneas de fondeo con ángulo de 45° entre ellas y de $\pm 22.5^\circ$ respecto a las direcciones geográficas N, E, S W. Las líneas de fondeo hacia el este y oeste coinciden aproximadamente con la línea isobata de -180m.

Su distribución en la condición de equilibrio inicial para el calado de tormenta se presenta gráficamente a continuación:





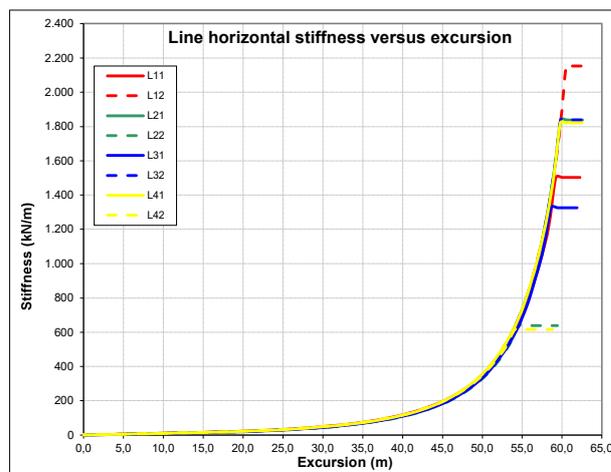
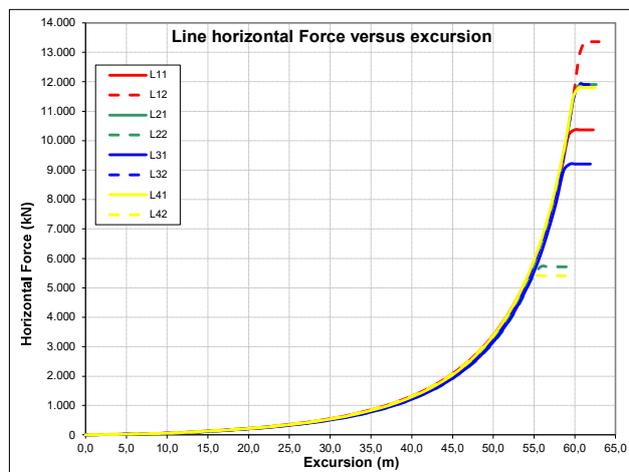
Cada línea de fondeo está formada por cabo, cadena y ancla. Constituye un sistema elástico de catenarias donde a cada desplazamiento horizontal (excursión h) respecto a la posición de equilibrio corresponde un esfuerzo horizontal:

$$f = f(h)$$

La rigidez del sistema de fondeo se define como el incremento de esfuerzo ante el incremento de la excursión, en cada punto de desplazamiento.

$$S = \frac{\Delta f}{\Delta h}$$

Las características de cada línea de fondeo ante el esfuerzo horizontal y su rigidez, en función de la excursión, se presentan en las gráficas siguientes:



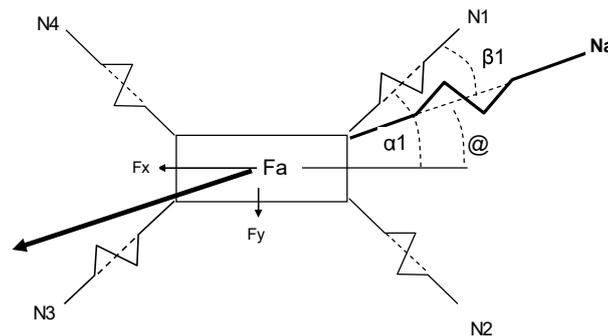
Todas las líneas tienen sensiblemente la misma respuesta, apenas apreciándose el efecto de los distintos perfiles del fondo de cada línea. La diferente longitud de cadena marca las diferencias entre capacidades de carga límite de las líneas de fondeo.

Un relativamente pequeño esfuerzo horizontal hasta los 2.000 kN aproximadamente, tiene una respuesta acusada, con una excursión cercana a 45m. A partir de esta zona, la rigidez aumenta y los desplazamientos máximos por línea son del orden de 60m, con esfuerzos aproximados de 12.000kN.



La instalación fondeada se modeliza como un cuerpo prismático flotante situado en un ángulo (@) respecto a la dirección de los agentes ambientales: corriente, viento y oleaje que producen un esfuerzo en esta misma dirección (F_a).

El ángulo de azimut de cada fondeo (α_i) respecto a la proa permite obtener el ángulo del temporal respecto a cada fondeo (β_i).



Las ocho líneas de fondeo (N_i) se modelizan en conjunto como una única línea de fondeo equivalente (N_a) en la misma dirección y opuesta de los agentes ambientales.

Las características de esta línea equivalente, permiten obtener las excursiones de cada línea (h_i) y los esfuerzos de línea (f_i) correspondientes, en función de la excursión global (h_a).

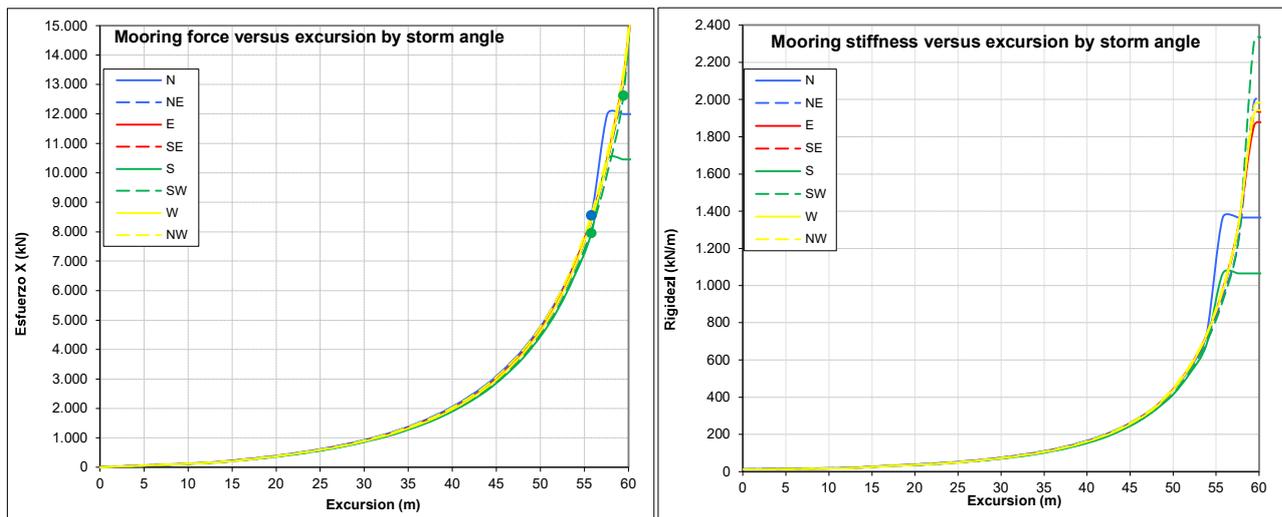
Considerando un ángulo de fondeo constante, queda:

$$F_a = F_a(h_a) = \sum f_i \cos(\beta_i) = \sum f_i(h_i) \cos(\beta_i)$$
$$S_a = \frac{\Delta F_a}{\Delta h_a}$$
$$h_i = h_a \cos(\beta_i) \quad f_i = f_i(h_i)$$

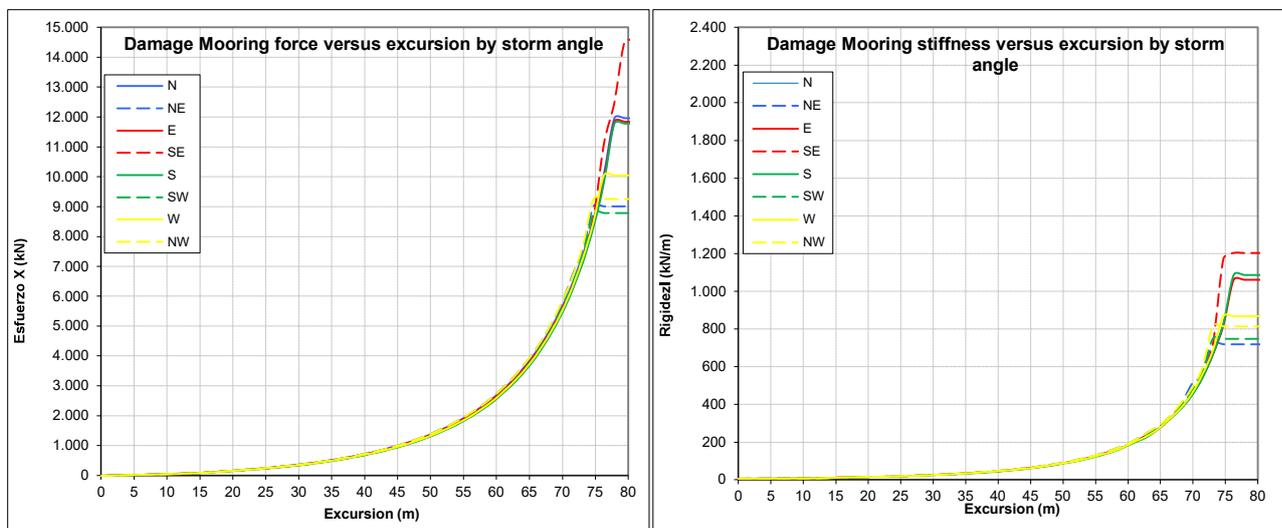


Se obtiene la respuesta del fondeo equivalente al conjunto de las líneas, para cada dirección del temporal. El resultado se presenta en los gráficos siguientes para las condiciones de estado intacto y de avería al faltar una línea:

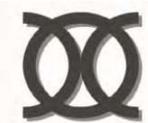
En estado intacto



Con avería de una línea



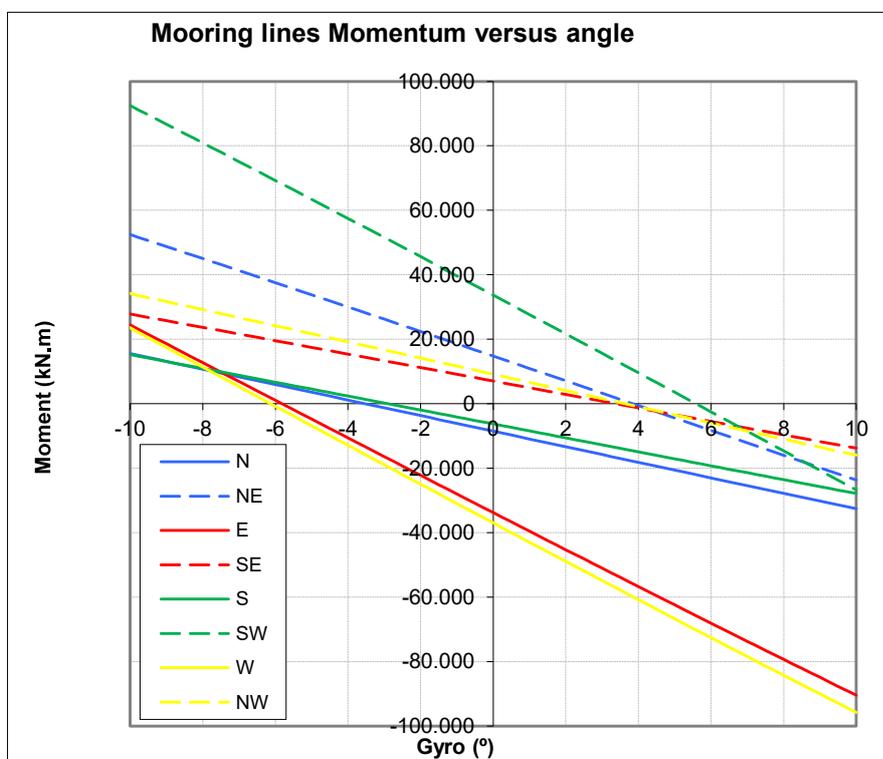
La configuración del fondeo mantiene una gran simetría respecto a las distintas direcciones de temporal. La excursión por el temporal apenas producirá desequilibrio entre los fondeos, lo que resultará en un casi nulo desplazamiento transversal al temporal y un ángulo de giro reducido.

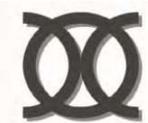


Si que existe un desequilibrio de momentos entre la resultante del fondeo y la fuerza ambiental, aunque por la simetría básica de la instalación las fuerzas ambientales actúan constantemente en el mismo punto en el giro.

El resultado del desequilibrio es un giro de equilibrio inferior a 10° para todos los temporales estudiados.

La siguiente gráfica muestra la respuesta de giro de la instalación con el momento producido por la desalineación de las fuerzas resultantes ambiente-fondeo, para los temporales estudiados, lo que permite obtener el ángulo de giro como el ángulo en que se anula el momento.





II.3.6. Cálculo de esfuerzos estáticos.

El efecto de la corriente y del viento se consideran estáticos al mantenerse sensiblemente constantes durante un cierto tiempo de actuación sobre la instalación. También se suma un efecto de empuje promedio del oleaje.

La respuesta ante este esfuerzo estático es un desplazamiento o 'excursión' de la instalación hasta una nueva posición de equilibrio en el temporal (X_s), que se obtiene a partir de los datos presentados en las gráficas anteriores.

Por la geometría de la instalación y la orientación respecto a las direcciones de temporales analizadas, resulta conveniente a efectos de diseño, como condición más desfavorable, considerar un ángulo de incidencia de los temporales de -20° respecto a la orientación de base, que produce un ángulo de incidencia oblicuo respecto a las caras de la jaula.

Así los ángulos de incidencia de los temporales para el cálculo de esfuerzos serán:

Orientación de Temp.	Ang. Ref	Ang. Calculo
N	0	-20
NE	45	25
E	90	70
SE	135	115
S	180	160
SW	225	205
W	270	250
NW	315	295



II.3.6.1. Esfuerzo del viento

El esfuerzo del viento sobre la parte emergida de la instalación se obtiene a partir de la superficie presentada perpendicular a la dirección del viento y calculan según la fórmula

$$F_a = P_a S$$

$$P_a = \frac{1}{2} \rho_a k C_a V_a^2$$

$$S = S_x \text{Cos}(@) + S_y \text{Seno}(@)$$

Eslora	L	107,0 m
Manga	B	107,0 m
Calado	T	55,0 m
Centro empuje		68,43 m
Altura sobre flotación	h	13,43 m
Area trans.emergida	Sx	1.615 m ²
	Sy	1.615 m ²
Aceleración de la gravedad	g	9,81 m/s ²
Densidad aire	ρ_a	1,226 kg/m ³
Coefficiente de forma	Ca	1,05
Viscosidad cinematica	ν_a	1,45E-05

La velocidad del viento V_a considerada es la de ráfaga de 60 segundos de duración para una altura de 13m sobre el nivel del mar, en cada dirección del temporal.

El área transversal expuesta incluye proyección perpendicular al viento de la parte emergida de la estructura en los sentidos longitudinal (Sx) y transversal (Sy) al eje de la jaula flotante.

	Red	Base	Columnas	Superior		Jaula	
Número	1	2	4	2		1	
Eslora	80,0	107,0	7,0	107,0	m	107,0	
Manga	80,0	107,0	7,0	107,0	m	107,0	
Puntal	50,0	6,5	60,0	8,0	m	66,0	
Dist.L.B.	15,0	0,0	6,0	66,0	m		
Opacidad de sup.	35%	100%	100%	60%	%		
Calado	40,0	55,0	49,0	0,0	m	55,0	m
Alt.max sobre flot.	10,00	0,00	11,00	19,00	m	19,00	m
Sup emerg.X	280	0	308	1.027	m ²	1.615	m ²
Sup emerg.Y	280	0	308	1.027	m ²	1.615	m ²
C.empuje emerg.	61,7	0,0	62,4	71,4	m	68,4	m
A flot.	6,7	0,0	7,4	16,4	m	13,4	m

El área expuesta al viento, se concentra en la estructura superior, donde se ha considerado un factor de opacidad, teniendo en cuenta el reticulado de esta estructura y la existencia de elementos parcialmente cubiertos por otros en la dirección del viento.



El coeficiente de forma C_a se estima a partir de las recomendaciones de la norma citada DNV-RP-C205, para elementos de forma cilíndrica de longitud infinita, en función del número de Reynolds y la rugosidad, definida por el parámetro k , según la figura 6-6:

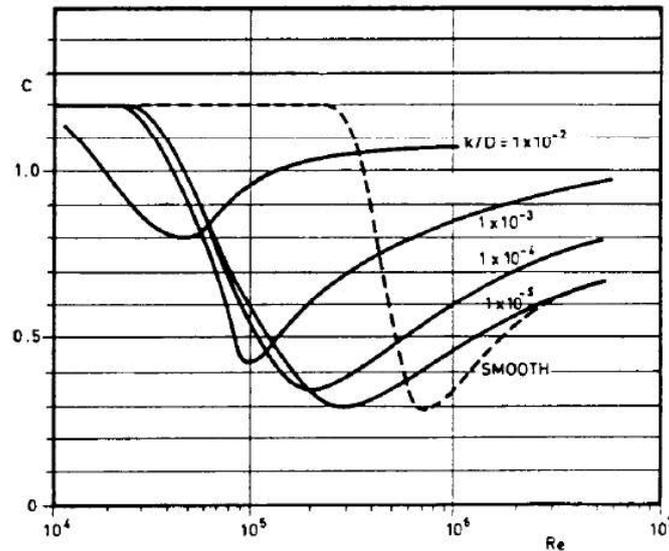


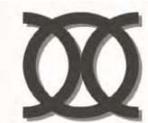
Figure 6-6
Drag coefficient for fixed circular cylinder for steady flow in critical flow regime, for various roughnesses.

El número de Reynolds se obtiene a partir de la velocidad del viento y su viscosidad cinemática según la expresión:

$$Re = \frac{V_a B}{\nu_a}$$

Se obtienen los siguientes valores del número de Reynolds para las velocidades del viento en cada dirección, que corresponden en todos los casos a un flujo supercrítico:

Orientación	Ang. °	Vv,60 (13)a m/s	Num. Reynolds
N	-20	37,8	2,8E+08
NE	25	39,8	2,9E+08
E	70	35,9	2,6E+08
SE	115	31,9	2,4E+08
S	160	33,9	2,5E+08
SW	205	39,8	2,9E+08
W	250	37,8	2,8E+08
NW	295	37,8	2,8E+08



El valor de rugosidad (k) escogido a partir de la table 6.1 de la norma DNVGL-RP-C205 es 3×10^{-3} , correspondiente a acero muy rugoso, al considerar el efecto de reticulado de refuerzos, plataformas y barandillas de la parte aérea de la instalación. El parámetro k/D para la figura 6-6 es de aproximadamente 5×10^{-2} .

<i>Material</i>	<i>k (meters)</i>
Steel, new uncoated	5×10^{-5}
Steel, painted	5×10^{-6}
Steel, highly corroded	3×10^{-3}
Concrete	3×10^{-3}
Marine growth	$5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$

El valor de C_a se puede aproximar a 1.05 para todos los temporales de estudio en las distintas direcciones, según la figura 6-6 anterior.

El coeficiente k de reducción de esfuerzo, por longitud finita de los elementos estructurales, se obtiene para elementos circulares en flujo supercrítico de la tabla 6-2 de la norma DNV-RP-C205, con valor $l/d = 2$ para todos los casos, obteniendo $k = 0.80$

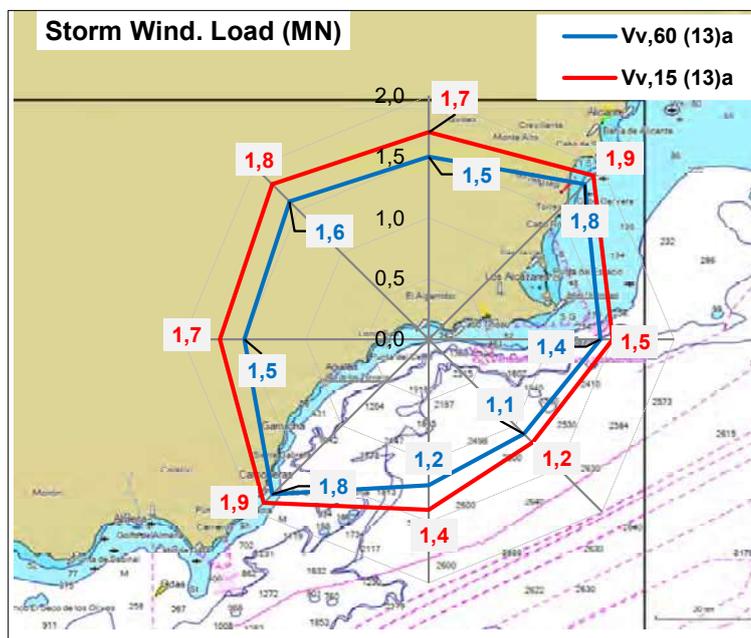
A - Circular cylinder – subcritical flow B - Circular cylinder – supercritical flow C - Flat plate perpendicular to flow							
<i>l/d</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
A	0.58	0.62	0.68	0.74	0.82	0.87	0.98
B	0.80	0.80	0.82	0.90	0.98	0.99	1.00
C	0.62	0.66	0.69	0.81	0.87	0.90	0.95



El resultado de esfuerzo estático del viento en función de su ángulo de incidencia se muestra en el cuadro siguiente:

Orientación	Ang. °	Vv,60 (13)a m/s	@ °	P kN/m ²	S m ²	F@v kN
N	-20	37,8	250	0,74	2.070	-1.527
NE	25	39,8	295	0,82	2.146	-1.754
E	70	35,9	340	0,66	2.070	-1.370
SE	115	31,9	25	0,52	2.146	-1.122
S	160	33,9	70	0,59	2.070	-1.222
SW	205	39,8	115	0,82	2.146	-1.754
W	250	37,8	160	0,74	2.070	-1.527
NW	295	37,8	205	0,74	2.146	-1.583

Podemos esperar cargas máximas de rachas de viento de 60 segundos, en temporales de NE y SW del orden de las 180 t.





II.3.6.2. Esfuerzo de la corriente

El esfuerzo de la corriente se obtiene a partir de la superficie de la jaula sumergida perpendicular a la dirección de la corriente.

La jaula está compuesta por una base y columnas estructurales cilíndricas. La estructura superior forma una celosía horizontal, a lo que se añade la red de contención de peces:

$$F_c = P_c S$$

$$P_c = k^{1/2} \rho C_d V^2$$

$$S = S_x \cos(@) + S_y \text{Seno}(@)$$

Eslora	L	107,00 m
Manga	B	107,00 m
Calado	T	55,00 m
Centro empuje		-14,7 m
Area Transversal	Sx	3.883 m2
	Sy	3.883 m2
Densidad agua salada	ρ	1.025 kg/m3
Aceleración de la gravedad	g	9,81 m/s2
Coefficiente de arrastre	Cd	1,10
Viscosidad cinematica	ν_w	1,19E-06

El área transversal sumergida se obtiene como suma de las áreas de la estructura y red de contención de peces, considerando su opacidad a la corriente

	Red	Base	Columnas	Superior		Jaula
Número	1	2	4	2		1
Eslora	80,0	107,0	7,0	107,0	m	107,0
Manga	80,0	107,0	7,0	107,0	m	107,0
Puntal	50,0	6,5	60,0	8,0	m	66,0
Dist.L.B.	15,0	0,0	6,0	66,0	m	
Opacidad de sup.	35%	100%	100%	60%	%	
Calado	40,0	55,0	49,0	0,0	m	55,0 m
Sup sumerg.X	1.120	1.391	1.372	0	m2	3.883 m2
Sup sumerg.Y	1.120	1.391	1.372	0	m2	3.883 m2
Factor Corriente	0,82	0,00	0,75	0,00		0,78
C.empuje sum.	41,8	4,4	38,8	0,0	m	40,3 m
A flot.	-13,2	-50,6	-16,2	0,0	m	-14,7 m

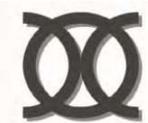


El coeficiente de arrastre hidrodinámico (C_d) se estima a partir del número de Reynolds y la rugosidad de las estructuras sumergidas, de acuerdo a la figura 6-6 de la norma DNV-RP-C205 citada

Orientación	Ang. °	Vc m/s	Num. Reynolds
N	-20	0,53	4,8E+07
NE	25	0,73	6,5E+07
E	70	1,12	1,0E+08
SE	115	0,67	6,0E+07
S	160	0,62	5,6E+07
SW	205	0,91	8,2E+07
W	250	1,15	1,0E+08
NW	295	0,81	7,3E+07

Por el efecto de los elementos reticulares de red y estructura, la distinta forma de cada elemento y la interferencia entre ellos, se considera una rugosidad muy alta, definida por el parámetro k de 1×10^{-2} , dando un coeficiente de arrastre de 1.1

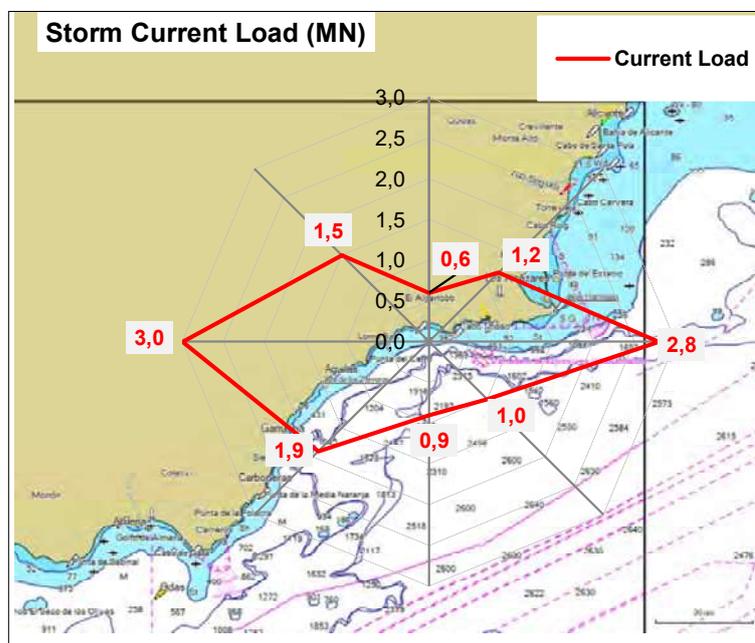
El factor k , obtenido de la tabla 6.2 de DNV-RP-C205, flujo supercrítico y sección circular es de 0.80



El resultado de esfuerzo de la corriente, considerando una variación de -20° del viento respecto del ángulo de incidencia de cada uno de los temporales estudiados, se muestra en el cuadro siguiente:

Orientación	Ang. °	Vc m/s	@ °	P kN/m ²	Area transv.	F@c kN
N	-20	0,53	250	0,13	4.977	-631
NE	25	0,73	295	0,24	5.160	-1.227
E	70	1,12	340	0,56	4.977	-2.805
SE	115	0,67	25	0,20	5.160	-1.040
S	160	0,62	70	0,17	4.977	-869
SW	205	0,91	115	0,37	5.160	-1.929
W	250	1,15	160	0,60	4.977	-2.981
NW	295	0,81	205	0,29	5.160	-1.514

Podemos esperar cargas máximas de corriente en temporales de levante o poniente del orden de las 300 t. en temporales de este u oeste. Las cargas esperables en sentidos norte y sur son muy inferiores.





II.3.6.3. Esfuerzo medio del oleaje

El empuje medio del oleaje con mar irregular se estima a partir del esfuerzo de arrastre debido al oleaje. Este esfuerzo de arrastre forma parte del esfuerzo total del oleaje para la instalación supuesta fija al fondo, según la fórmula de Morison:

$$F_w(t) = F_{wi}(t) + F_{wd}(t)$$

$$F_{wi}(t) = C_m \rho V \ddot{X} \cos(\omega t)$$

$$F_{wd}(t) = \frac{1}{2} C_d A \dot{X}^2 \sin(\omega t)$$

El efecto del oleaje sobre la instalación fija tiene dos componentes principales: Esfuerzo de inercia (F_{wi}) función de la aceleración orbital (\ddot{X}) esfuerzo de arrastre (F_{wd}), función de la velocidad orbital de la ola incidente (\dot{X}) al cuadrado.

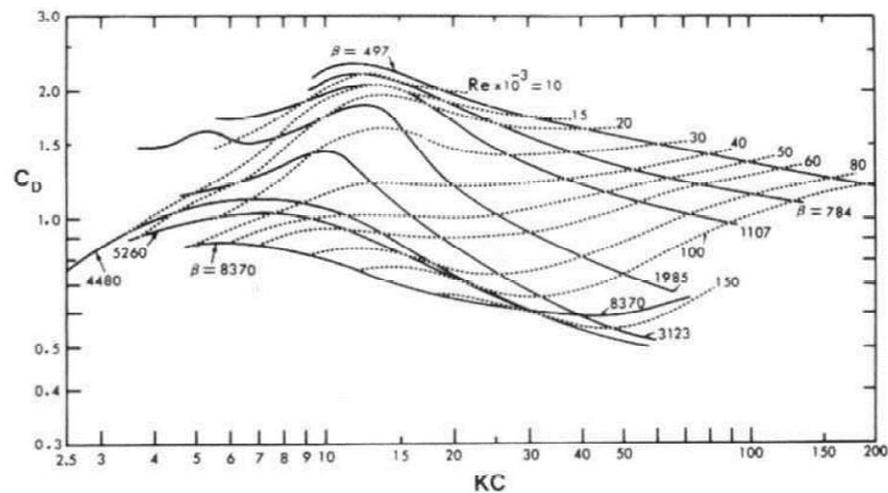
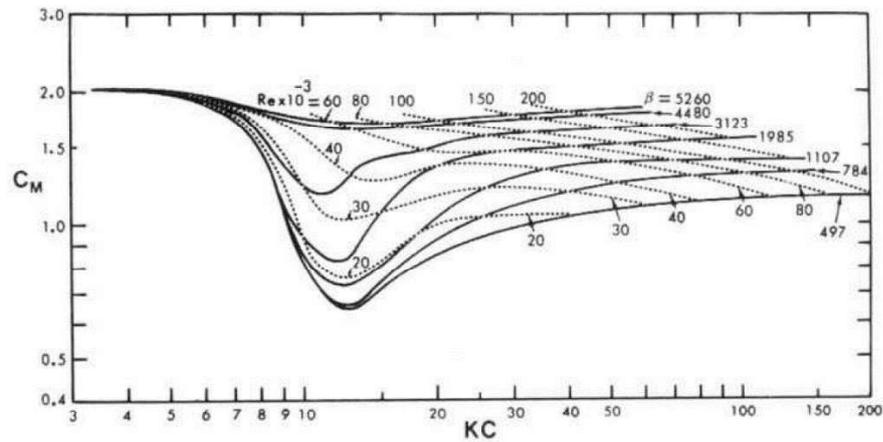
Las fuerzas de inercia y arrastre son variables en función del periodo de la ola, presentándose desfasadas entre sí. A continuación, se calculan los valores máximos o amplitud, de ambas fuerzas.

La relación entre ambas fuerzas depende de las características de la ola, en particular del número Keulegan-Carpenter obtenido para las olas de estudio.

Según el gráfico presentado en el estudio de condiciones ambientales, la conclusión es que los efectos dominantes serán las fuerzas de inercia, debidas a la aceleración de la masa de agua por la ola, los efectos de arrastre debidos a la velocidad de las partículas de las olas serán inferiores. Además, el efecto de difracción de oleaje, será muy reducido para los temporales mayores.

Los coeficientes de masa (C_m) y arrastre (C_d) se estiman en función de los parámetros obtenidos de número Keulegan-Carpenter y Reynolds para cada ola de temporal, tomando como referencia las gráficas clásicas obtenidas por Sarpkaya en 1975:

Dirección	Ang. °	Hs m	Tp s	Lw m	KC	Re	Beta
N	-20	0,9	3,4	18	0,47	5,7E+06	1,2E+07
NE	25	1,0	3,6	20	0,52	6,0E+06	1,1E+07
E	70	7,4	12,2	232	3,67	1,2E+07	3,4E+06
SE	115	4,4	9,2	132	2,19	9,8E+06	4,5E+06
S	160	4,9	9,7	147	2,44	1,0E+07	4,2E+06
SW	205	3,2	7,2	81	1,63	9,3E+06	5,7E+06
W	250	1,4	4,4	30	0,73	6,8E+06	9,4E+06
NW	295	1,2	4,0	25	0,63	6,4E+06	1,0E+07

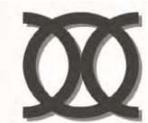


Los valores de Kc obtenidos son inferiores a 4 y los valores de Re superiores a los presentados en las gráficas en todas las condiciones de estudio. Se toman para todos los casos los valores $C_m = 2$; $C_d = 1.0$

El volumen, para el calado de condición de tormenta, calado 55m, es $V = 21.460 \text{ m}^3$.

Las velocidades y aceleraciones máximas se calculan en el centro del volumen sumergido considerado

Dirección	Ang. °	Hs m	Tp s	Lw m	Vx m/s	Ax m/s ²
N	-20	0,9	3,4	18	0,34	0,56
NE	25	1,0	3,6	20	0,41	0,63
E	70	7,4	12,2	232	1,35	0,63
SE	115	4,4	9,2	132	1,06	0,65
S	160	4,9	9,7	147	1,12	0,66
SW	205	3,2	7,2	81	0,99	0,76
W	250	1,4	4,4	30	0,60	0,76
NW	295	1,2	4,0	25	0,52	0,72



Los datos de cálculo se resumen a continuación para cada una de las columnas verticales de la jaula flotante:

Eslora	L	7,00 m
Manga	B	7,00 m
Calado	T	55,0 m
Area Flotación	Sf	154 m ²
Volumen carena	V	21463 m ³
Desplazamiento	∇	22.000 tm
Profundidad media	d	180,0 m
Aceleración de gravedad	g	9,81 m/s ²
Densidad del agua	ρ	1.025 kg/m ³
Coefficiente de arrastre	Cd	1,0
Coefficiente de masa añadida	Cm	2,0
Viscosidad cinemática	ν _w	1,2E-06

Se obtienen los siguientes esfuerzos de inercia (F@wi) y arrastre (F@wd0) máximos, calculados de modo simplificado, para la instalación supuesta fija y la ola significativa, afectando simultáneamente a 3 columnas:

Dirección	Ang. °	Hs m	Tp s	Lw m	F@wi sig kN	F@wd0 kN
N	-20	0,9	3,4	18	-608	-15
NE	25	1,0	3,6	20	-771	-19
E	70	7,4	12,2	232	-8.803	-877
SE	115	4,4	9,2	132	-5.202	-317
S	160	4,9	9,7	147	-5.803	-393
SW	205	3,2	7,2	81	-3.726	-180
W	250	1,4	4,4	30	-1.392	-36
NW	295	1,2	4,0	25	-1.089	-27

El empuje medio del oleaje se estima a partir del esfuerzo de arrastre obtenido anteriormente, en una relación de 1/16, resultando:

Dirección	Ang. °	Hs m	Tp s	Lw m	F@wdm kN
N	-20	0,9	3,4	18	-1
NE	25	1,0	3,6	20	-1
E	70	7,4	12,2	232	-55
SE	115	4,4	9,2	132	-20
S	160	4,9	9,7	147	-25
SW	205	3,2	7,2	81	-11
W	250	1,4	4,4	30	-2
NW	295	1,2	4,0	25	-2

Los valores de empuje medio de oleaje son reducidos en comparación con los de viento o corriente. Podemos esperar cargas máximas en temporales de levante del orden de las 6 t. en temporal de levante.



II.3.6.4. Esfuerzo estático de temporal. Desplazamiento y giro

Los esfuerzos estáticos en temporal producen una respuesta de la jaula: desplazamiento en dirección al temporal, desplazamiento transversal y giro de equilibrio de fuerzas de temporal y de fondeo.

Temporal	Ang. °	@ Inicial	F@c0 Corriente	F@v0 √v,60 (13)g	F@wdm0 Oleaje	F@s0 kN
N	-20	250	-631	-1.527	-1	-2.158
NE	25	295	-1.227	-1.754	-1	-2.982
E	70	340	-2.805	-1.370	-55	-4.230
SE	115	25	-1.040	-1.122	-20	-2.182
S	160	70	-869	-1.222	-25	-2.116
SW	205	115	-1.929	-1.754	-11	-3.694
W	250	160	-2.981	-1.527	-2	-4.510
NW	295	205	-1.514	-1.583	-2	-3.099

Se obtiene la posición de equilibrio en el temporal (siendo Xs vector temporal e Ys Normal al Temporal):

Temporal	Ang. °	Xs m	Ys m	Angulo giro
N	-20	41,1	-0,2	4,1
NE	25	44,7	-0,6	-4,3
E	70	49,2	-0,6	6,0
SE	115	41,8	-0,5	-4,5
S	160	41,9	-0,3	3,8
SW	205	48,0	0,0	-5,2
W	250	50,1	0,2	6,4
NW	295	45,6	0,2	-5,5

Los desplazamientos están entre 41 y 50 metros y los ángulos de giro son inferiores a 10° para todas las situaciones.

Repitiendo el cálculo de esfuerzos de viento, corriente y oleaje medio para la instalación considerando ahora el ángulo de equilibrio en el temporal obtiene los siguientes valores:

Temporal	Ang. °	@ Girado	F@c Corriente	F@v √v,60 (13)g	F@wdm Oleaje	F@s kN
N	-20	246	-650	-1.573	0	-2.224
NE	25	299	-1.257	-1.797	0	-3.054
E	70	334	-2.926	-1.429	-57	-4.412
SE	115	29	-1.066	-1.151	-20	-2.237
S	160	66	-894	-1.258	-25	-2.177
SW	205	120	-1.985	-1.804	-11	-3.800
W	250	154	-3.118	-1.597	-1	-4.717
NW	295	210	-1.560	-1.631	-1	-3.191

Las cargas máximas de equilibrio en el temporal son del orden de las 450-470 t. en las direcciones Este y oeste y menores en otras direcciones. El esfuerzo estático es debido mayoritariamente a la corriente.



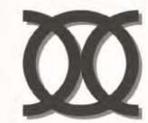
Las excursiones y esfuerzos horizontales en cada línea de fondeo, en el equilibrio de temporal, se muestran a continuación:

Temporal	Ang. °	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
		excursiones (m)							
N	-20	30,7	2,7	-26,7	-41,0	-29,6	-0,7	27,9	41,0
NE	25	44,6	34,3	3,8	-28,8	-44,6	-33,2	-1,3	30,9
E	70	34,2	49,1	37,4	5,4	-32,4	-49,1	-36,1	-0,9
SE	115	-1,3	28,3	41,7	31,4	3,8	-27,1	-41,7	-29,9
S	160	-30,5	-1,1	28,2	41,8	31,6	3,3	-27,0	-41,8
SW	205	-48,0	-35,3	-0,6	33,7	48,0	36,6	3,5	-31,4
W	250	-33,7	-50,0	-36,1	-0,1	35,6	50,0	37,6	4,7
NW	295	3,3	-30,2	-45,6	-31,8	-0,4	31,6	45,6	33,7

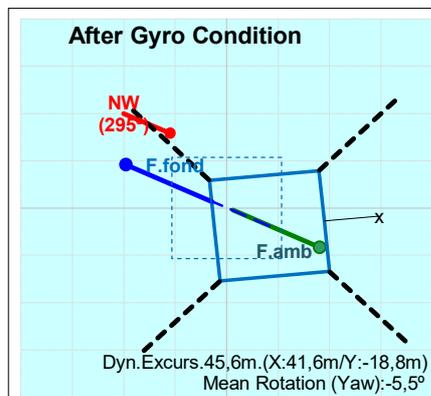
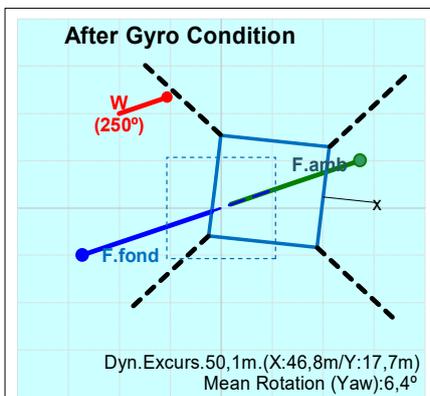
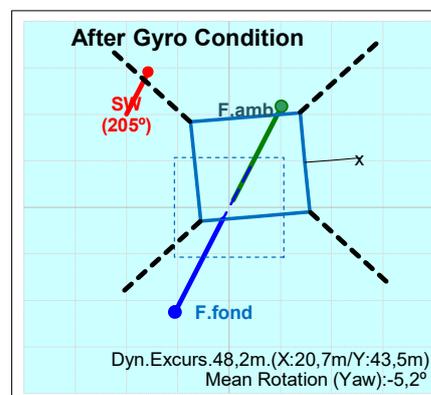
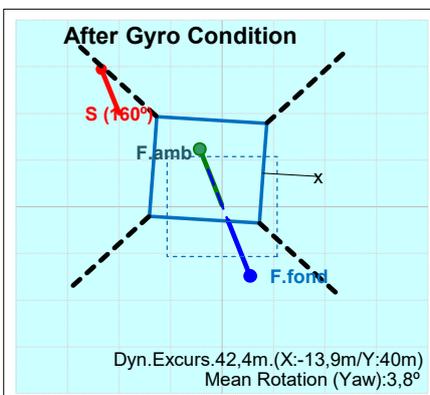
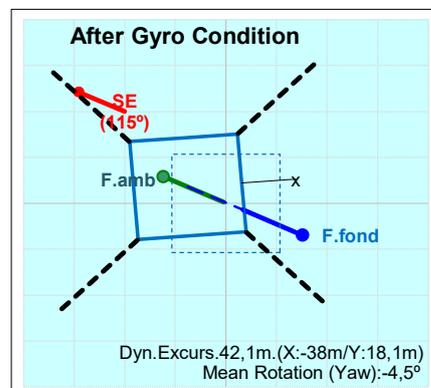
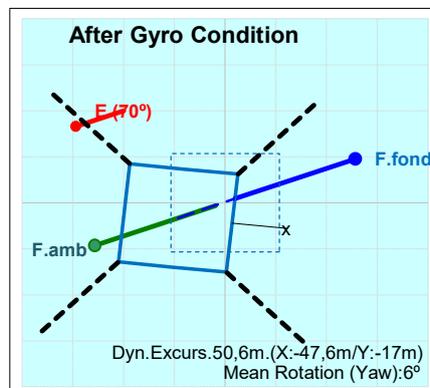
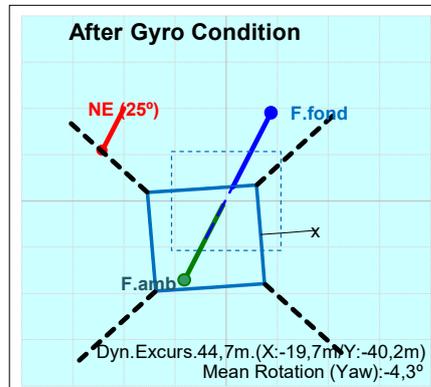
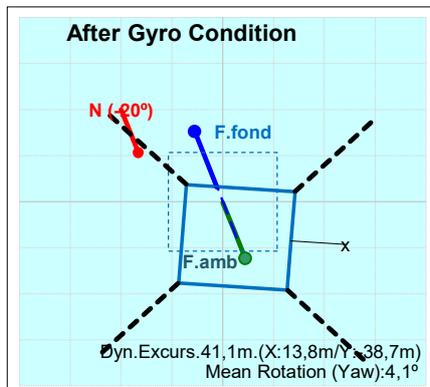
Temporal	Ang. °	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
		Esfuerzo en dirección de línea (kN)							
N	-20	593	17	2	1	2	10	451	1.453
NE	25	2.007	777	20	2	1	1	9	605
E	70	806	3.046	1.006	27	1	0	1	10
SE	115	9	460	1.480	572	19	2	1	2
S	160	1	10	453	1.418	587	19	2	1
SW	205	0	1	10	698	2.577	933	19	1
W	250	1	0	1	10	831	3.308	1.048	26
NW	295	19	2	1	2	10	607	2.169	773

Las excursiones máximas en cada línea de fondeo, en el equilibrio de temporal, se dan con temporales de dirección E(L12: 49m), SW(L31: 48m) y W(L32: 50m), correspondiendo esfuerzos horizontales aproximados de 310, 260 y 330 t. por línea respectivamente.

La posición de equilibrio con el desplazamiento y giro de la instalación se muestra en la página siguiente, para cada uno de los ocho temporales estudiados



Se presentan gráficamente los desplazamientos y giros en el equilibrio en cada temporal:



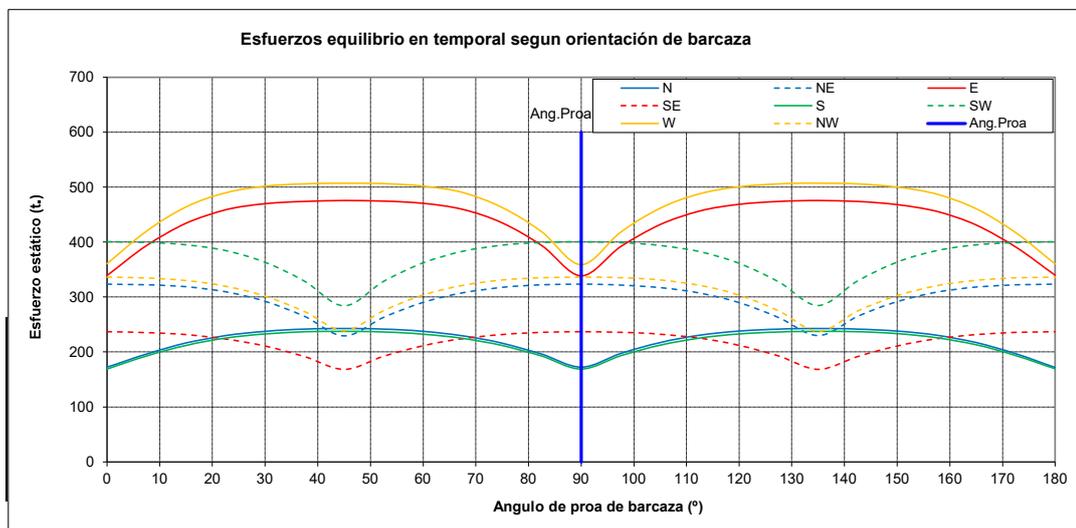


II.3.6.5. Orientación de la instalación fondeada

Podemos realizar el cálculo de los esfuerzos de equilibrio generados por viento, corriente y oleaje para cada temporal, en distintas orientaciones de la jaula flotante. El resultado permite seleccionar la orientación óptima de la instalación para reducir los efectos de los temporales.

Esfuerzo de equilibrio de temporal (t.) según orientación de la instalación

t.	0,0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
N	172	216	238	243	237	216	172	217	238	243	238	217	172
NE	323	319	292	229	290	317	323	317	290	230	292	318	323
E	339	434	470	475	470	435	339	432	469	475	468	431	340
SE	237	231	211	168	211	232	237	232	212	168	211	232	237
S	169	212	233	238	233	212	169	213	233	238	234	213	169
SW	401	395	363	284	362	394	401	394	361	284	364	395	401
W	361	464	501	507	502	463	359	462	501	507	500	460	360
NW	336	330	301	239	304	331	336	331	303	238	302	330	336



La orientación óptima para disminuir el efecto de los temporales que producen los mayores esfuerzos (del este y oeste) es la de 90°, hacia el este. El temporal de suroeste es mucho menos probable y con oleaje de menor altura que el de este. Puede observarse, además, el aumento de los esfuerzos ante una ligera variación del ángulo de incidencia del temporal.

A efectos de validación del diseño, es conveniente estudiar la condición más desfavorable, considerando que los distintos temporales inciden en un ángulo de -20° (ya aplicado anteriormente) respecto a la orientación de referencia del estudio de condiciones ambientales, según el siguiente cuadro:

Orientación de Temp.	Ang. Ref	Ang. Calculo
N	0	-20
NE	45	25
E	90	70
SE	135	115
S	180	160
SW	225	205
W	270	250
NW	315	295



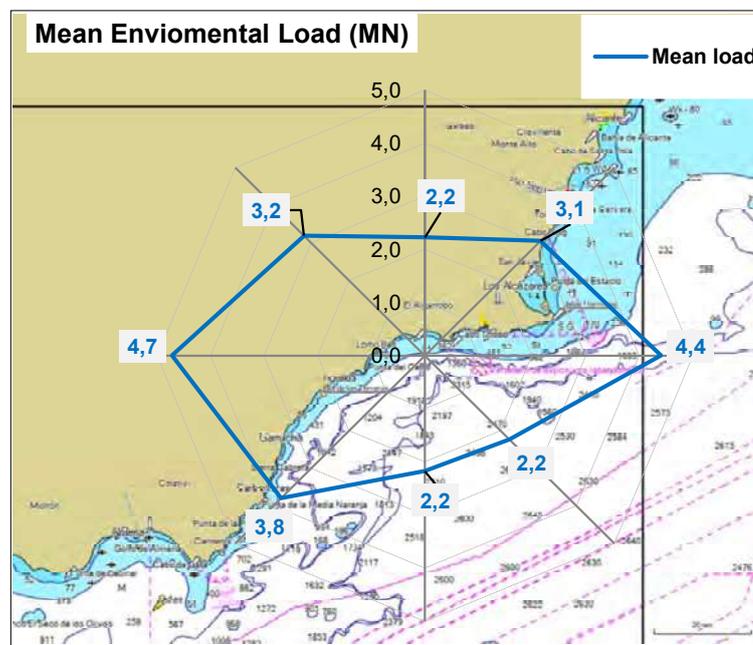
II.3.6.6. Esfuerzo estático de temporal. Resumen de resultados

El resumen de esfuerzos estáticos en temporal, desplazamiento y giro de la instalación, se resume en el cuadro siguiente:

Temporal	Ang. °	@ Inicial	Xs m	Ys m	Angulo giro	@ Girado	F@c Corriente	F@v Vv,60 (13)	F@wdm Oleaje	F@s kN
N	-20	250	41,1	-0,2	4,1	246	-650	-1.573	0	-2.224
NE	25	295	44,7	-0,6	-4,3	299	-1.257	-1.797	0	-3.054
E	70	340	49,2	-0,6	6,0	334	-2.926	-1.429	-57	-4.412
SE	115	25	41,8	-0,5	-4,5	29	-1.066	-1.151	-20	-2.237
S	160	70	41,9	-0,3	3,8	66	-894	-1.258	-25	-2.177
SW	205	115	48,0	0,0	-5,2	120	-1.985	-1.804	-11	-3.800
W	250	160	50,1	0,2	6,4	154	-3.118	-1.597	-1	-4.717
NW	295	205	45,6	0,2	-5,5	210	-1.560	-1.631	-1	-3.191

Los esfuerzos medios del temporal sobre la jaula alcanzan un máximo aproximado de 470t. En dirección oeste y 440t. en dirección este. Las excusiones están entre 41 y 50 metros y los ángulos de giro están entre 4° y 6° para todas las situaciones.

El resumen de los esfuerzos de equilibrio en los distintos temporales se presenta gráficamente



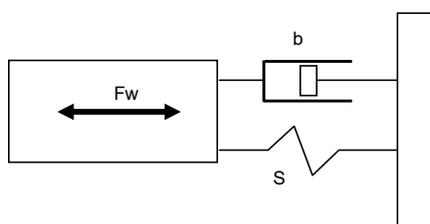


II.3.7. Estudio de fondeo Quasi-estático

II.3.7.1. Procedimiento de cálculo

A los esfuerzos ambientales estáticos obtenidos, se suma ahora el esfuerzo dinámico del oleaje. Este efecto de las olas es claramente variable a lo largo del tiempo, dependiente del periodo de la ola incidente y la respuesta de la instalación junto con su fondeo.

El modelo de respuesta del fondeo utilizado es el de un sistema elástico amortiguado, de un solo grado de libertad (SDOF), donde las fuerzas de excitación de las olas $F_w(t)$ provocan un desplazamiento horizontal variable $X(t)$ de la misma frecuencia.



La respuesta está condicionada por la rigidez elástica del fondeo (S) y el factor de amortiguación debido a la resistencia al movimiento de la instalación en el agua (b)

La ecuación que define este movimiento es:

$$F_w(t) = \rho C_m V \ddot{X}(t) + b \dot{X}(t) + SX(t)$$

Siendo $\dot{X}(t)$, $\ddot{X}(t)$ La velocidad y aceleración horizontal, respectivamente y $X(t)$ la excursión horizontal (surge).

La solución para una excitación armónica de las fuerzas de inercia del oleaje $F_{wi}(t)$ según la fórmula de Morison, es una excursión de amplitud X_w que se obtiene según la siguiente expresión:

$$X_w = \frac{F_{wi}}{\sqrt{(S - C_m \rho V \omega_w^2)^2 + b^2 \omega_w^2}}$$

La respuesta de la instalación al oleaje, excursión X_w , depende de la rigidez del fondeo (S) obtenido de los datos presentados en las gráficas anteriores, la frecuencia de la ola (ω_w) y el factor de amortiguación (b), linealizado según expresión recomendada en la norma BV NR493 sec 3 3.2.4 tab.1 para unidades semisumergibles en calado de operación:

$$b = 0,2\sqrt{SC_m \nabla}$$

De este modo la respuesta ante un esfuerzo de oleaje de excitación de valor máximo F_{wi} , depende de las condiciones del fondeo y de la relación entre las frecuencias de oscilación natural de la instalación la frecuencia del oleaje.



II.3.7.2. Estudio de resonancia

En principio estudiamos la posibilidad de resonancia entre los movimientos de vaivén horizontales (surge) de la instalación fondeada y el oleaje incidente.

Para los distintos temporales estudiados se obtienen los siguientes parámetros de fondeo, en la situación de equilibrio en el temporal y en las condiciones intacta y avería de la línea más cargada:

En estado intacto

Temporal	@ °	S kN/m	Wb int. rad/sg	Tb sg	b kg/sg
N	246	180	0,06	98,1	17.816
NE	299	258	0,08	82,1	21.289
E	334	410	0,10	65,1	26.857
SE	29	185	0,06	96,9	18.053
S	66	178	0,06	98,7	17.707
SW	120	341	0,09	71,3	24.509
W	154	451	0,10	62,1	28.165
NW	210	275	0,08	79,5	21.999

Con avería de la línea indicada en cada caso

Temporal	Línea Averjada	S kg/m	Wb. Dam. rad/sg	Tb sg	b kg/sg
N	L42	149	0,06	107,8	16.218
NE	L11	218	0,07	89,2	19.591
E	L12	339	0,09	71,6	24.429
SE	L21	153	0,06	106,4	16.436
S	L22	148	0,06	108,3	16.146
SW	L31	290	0,08	77,4	22.599
W	L32	380	0,09	67,6	25.866
NW	L41	227	0,07	87,5	19.988

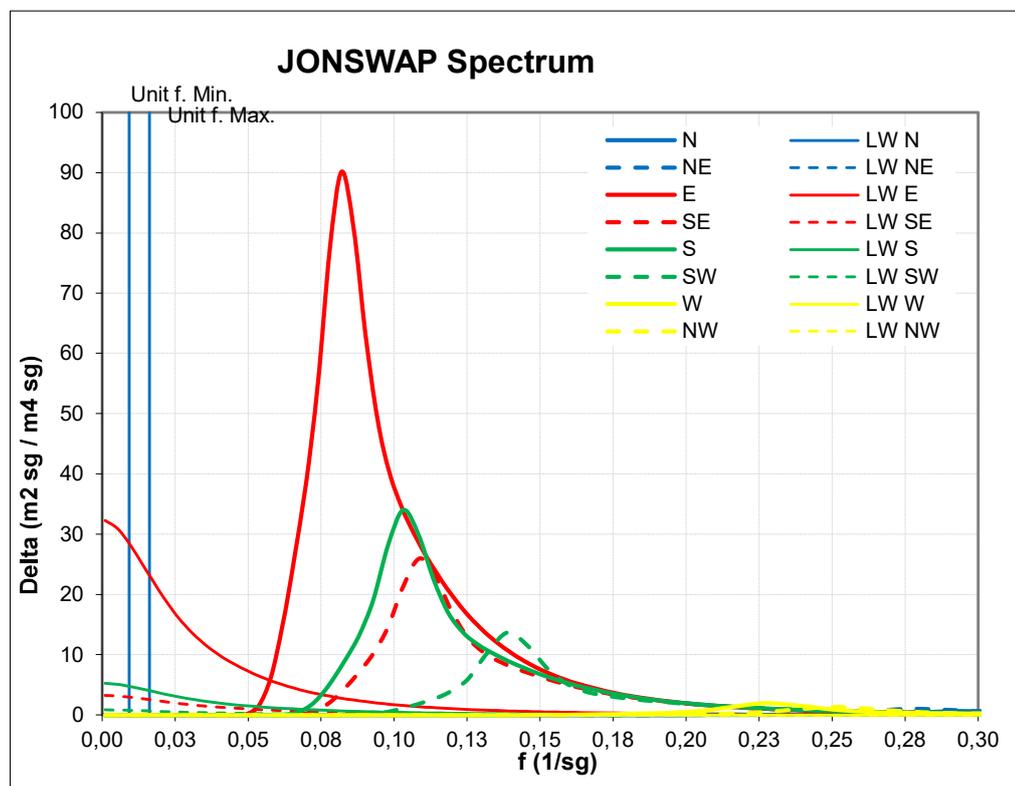
La comparación entre frecuencias naturales de la instalación (W_b) en estado intacto, con las frecuencias de olas de viento y onda larga, con altura significativa y máxima se presenta a continuación

Temporal	@ °	Wb int. rad/sg	Wb. Dam. rad/sg	Ww (Hs) rad/sg	Ww (Hmax) rad/sg	FWLF.Hs rad/sg	FWLF.Hmax rad/sg
N	246	0,06	0,06	1,85	1,51	0,28	0,28
NE	299	0,08	0,07	1,75	1,44	0,27	0,27
E	334	0,10	0,09	0,52	0,44	0,16	0,16
SE	29	0,06	0,06	0,68	0,68	0,21	0,21
S	66	0,06	0,06	0,65	0,63	0,20	0,20
SW	120	0,09	0,08	0,87	0,82	0,22	0,22
W	154	0,10	0,09	1,43	1,22	0,29	0,29
NW	210	0,08	0,07	1,57	1,31	0,32	0,32

Las frecuencias de oleaje significativo y máximo están lejos de las frecuencias de la instalación tanto para olas de viento como de onda larga, solo las frecuencias de onda larga del temporal del este están próximas a las frecuencias propias de la instalación, indicando una posible amplificación de esfuerzos.

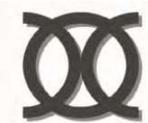


Se presenta la gráfica de espectros de densidad energética mostrando las frecuencias naturales máxima y mínima de la instalación

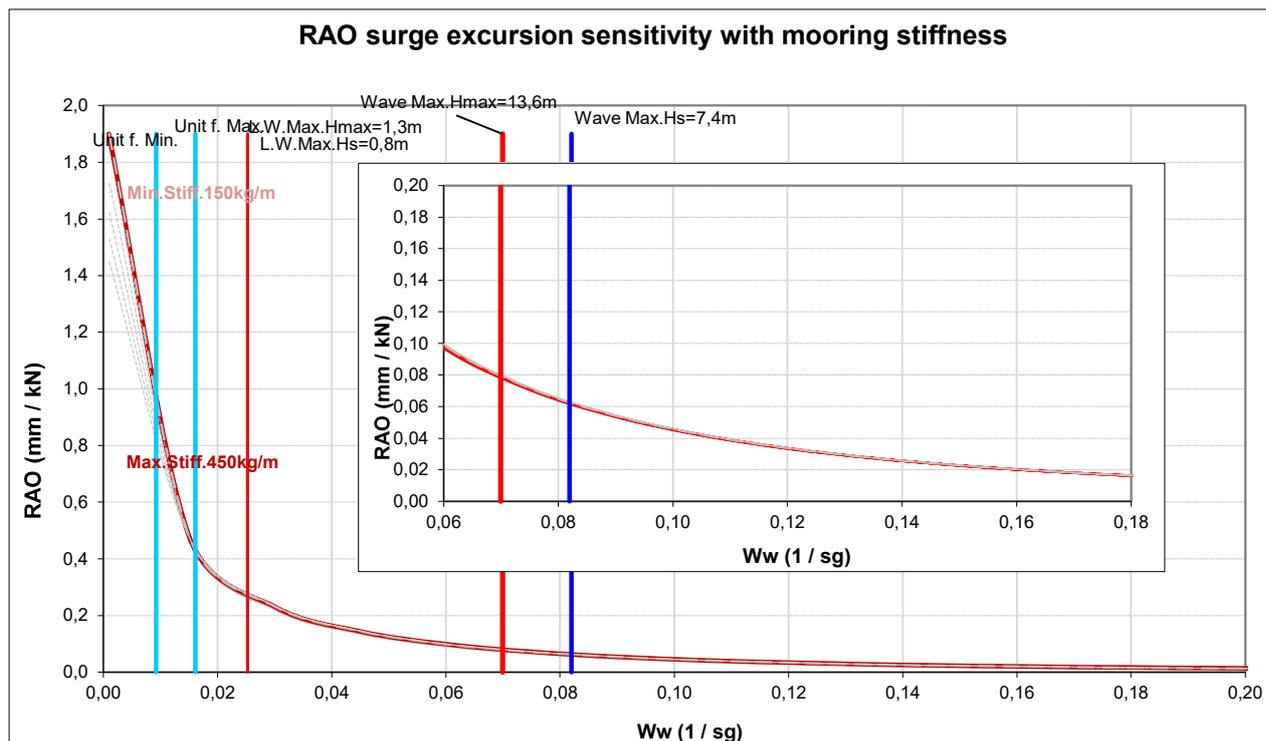


Puede apreciarse la distancia de las frecuencias oscilación de la instalación respecto a las frecuencias de oleaje de viento, aunque se encuentran algo más próximas a las frecuencias del oleaje de onda larga.

No son de prever efectos de amplificación por resonancia con el oleaje de viento, aunque hay que estudiar con más detalle el efecto del oleaje de onda larga del temporal de levante.



El análisis de respuesta a los esfuerzos del oleaje se realiza a partir del parámetro RAO (Response Amplitude Operator), para el desplazamiento horizontal (surge) que presenta la excursión relativa a la fuerza de excitación, en función de la rigidez del fondeo.



La respuesta al oleaje de viento es muy reducida, inferior a 0.1 mm de desplazamiento, por kN de fuerza de excitación para todas las olas de viento. La respuesta es sensiblemente independiente de la rigidez del fondeo.

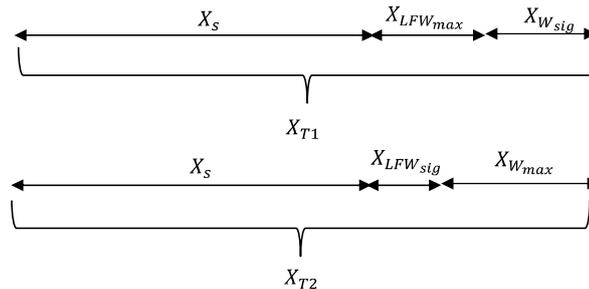
Para el oleaje de onda larga la respuesta es superior, aproximadamente 0.3mm, por kN de fuerza de excitación. Puede observarse que, aunque las frecuencias de oleaje y propia de la instalación pueden ser similares, no se producen efectos de amplificación por resonancia de frecuencias entre el oleaje de onda larga y la instalación fondeada.



II.3.7.3. Cálculo de fondeo Quasi-estático

El estudio quasi-estático definido por la norma DNV OS-301, considera como criterio límite la mayor de dos condiciones de esfuerzos, producidas por excursiones XT1 y XT2, calculadas como sigue:

$$X_{T1} = X_s + X_{LFWmax} + X_{Wsig} \quad X_{T2} = X_s + X_{LFWsig} + X_{Wmax}$$



Siendo X_{Wsig} y X_{LFWsig} las excursiones debidas a olas de altura significativa de temporal y de onda larga y X_{Wmax} y X_{LFWmax} las excursiones de olas de altura máxima de temporal y de onda larga respectivamente.

Se utiliza un oleaje de viento regular de alturas H_s y H_{max} correspondientes a los temporales de cada dirección, obtenidos en el estudio ambiental anterior. Para el oleaje de onda larga se utilizan los valores del oleaje de onda larga JONSWAP obtenido anteriormente.

La amplitud de esfuerzos de excitación o esfuerzos máximos, correspondientes a oleajes de viento y onda larga, de alturas significativa y máxima se resumen a continuación:

Oleaje de viento de altura significativa (H_s)

Dirección	Ang. °	Hs m	Tp s	Lw m	W 2Pi/T	F@wi sig kN
N	-20	0,9	3,4	18	1,8	-608
NE	25	1,0	3,6	20	1,7	-771
E	70	7,4	12,2	232	0,5	-8.803
SE	115	4,4	9,2	132	0,7	-5.202
S	160	4,9	9,7	147	0,6	-5.803
SW	205	3,2	7,2	81	0,9	-3.726
W	250	1,4	4,4	30	1,4	-1.392
NW	295	1,2	4,0	25	1,6	-1.089

Oleaje de viento de altura máxima (H_m)

Dirección	Ang. °	Hmax m	T s	Lw m	W 2Pi/T	F@wi max kN
N	-20	1,8	4,2	27	1,51	-1.712
NE	25	2,0	4,4	30	1,44	-1.733
E	70	13,6	14,3	319	0,44	-14.532
SE	115	8,2	9,3	134	0,68	-8.692
S	160	9,1	10,0	155	0,63	-9.764
SW	205	6,1	7,7	92	0,82	-6.247
W	250	2,8	5,1	41	1,22	-2.621
NW	295	2,4	4,8	36	1,31	-2.186



Oleaje de onda larga de altura significativa (LF Hs)

Dirección	Ang. °	LF.Hs m	Ts s	Lw m	FWLF.Hs rad/sg	F _{LFW} LF.Hs
N	-20	0,0	22,2	769	0,28	0
NE	25	0,0	23,5	859	0,27	0
E	70	0,8	39,5	2308	0,16	814
SE	115	0,3	30,0	1382	0,21	106
S	160	0,3	31,6	1526	0,20	160
SW	205	0,1	28,2	1224	0,22	29
W	250	0,0	21,6	728	0,29	1
NW	295	0,0	19,7	604	0,32	1

Oleaje de onda larga de altura máxima (LF Hm)

Dirección	Ang. °	LF.Hmax m	Ts s	Lw m	FWLF.Hmax rad/sg	F _{LFW} LF.Hmax
N	-20	0,0	22,2	769	0,28	1
NE	25	0,0	23,5	859	0,27	1
E	70	1,3	39,5	2308	0,16	2.266
SE	115	0,5	30,0	1382	0,21	310
S	160	0,6	31,6	1526	0,20	463
SW	205	0,2	28,2	1224	0,22	85
W	250	0,0	21,6	728	0,29	3
NW	295	0,0	19,7	604	0,32	2

Las respuestas XT1, XT2 obtenidas a partir de la fórmula de respuesta a estas fuerzas armónicas considerando oleaje de viento y de onda larga, tanto en estado intacto como de avería de una línea, son:

En estado intacto XT1

Dirección	Ang. °	Xs (m)	X _{LFW} (m) (LF.Hmax)	Xw (m) (W.Hs)	XT1 (m)	Y trans total	Xdin. m
N	-20	41,1	0,0	0,0	41,1	0,0	0,0
NE	25	44,7	0,0	0,0	44,7	0,0	0,0
E	70	49,2	1,0	0,4	50,6	0,0	1,4
SE	115	41,8	0,2	0,2	42,1	0,0	0,4
S	160	41,9	0,3	0,2	42,4	0,0	0,5
SW	205	48,0	0,0	0,1	48,2	0,0	0,1
W	250	50,1	0,0	0,0	50,1	-0,1	0,0
NW	295	45,6	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0

En estado intacto XT2

Dirección	Ang. °	Xs (m)	X _{LFW} (m) (LF.Hs)	Xw (m) (W.Hmax)	XT2 (m)	Y trans total	Xdin. m
N	-20	41,1	0,0	0,0	41,1	0,0	0,0
NE	25	44,7	0,0	0,0	44,7	0,0	0,0
E	70	49,2	0,4	0,7	50,2	0,0	1,0
SE	115	41,8	0,1	0,3	42,2	0,0	0,4
S	160	41,9	0,1	0,4	42,3	0,0	0,5
SW	205	48,0	0,0	0,1	48,2	0,0	0,2
W	250	50,1	0,0	0,0	50,1	-0,1	0,0
NW	295	45,6	0,0	0,0	45,6	0,0	0,0



En estado avería XT1

Dirección	Ang. °	Xs (m)	X _{LFW} (m) (LF.Hmax)	X _w (m) (W.Hs)
N	-20	57,6	0,0	0,0
NE	25	61,0	0,0	0,0
E	70	66,2	1,0	0,4
SE	115	58,3	0,2	0,2
S	160	58,0	0,3	0,2
SW	205	64,4	0,0	0,1
W	250	67,2	0,0	0,0
NW	295	62,9	0,0	0,0

XT1 (m)
57,6
61,0
67,6
58,7
58,5
64,5
67,2
62,9

Y trans Total	Xdin. m
-0,1	0,0
-0,3	0,0
-0,1	1,3
-0,1	0,3
-0,3	0,5
-0,4	0,1
0,3	0,0
0,2	0,0

En estado avería XT2

Dirección	@ °	Xs (m)	X _{LFW} (m) (LF.Hs)	X _w (m) (W.Hmax)
N	L42	57,6	0,0	0,0
NE	L11	61,0	0,0	0,0
E	L12	66,2	0,3	0,7
SE	L21	58,3	0,1	0,3
S	L22	58,0	0,1	0,4
SW	L31	64,4	0,0	0,1
W	L32	67,2	0,0	0,0
NW	L41	62,9	0,0	0,0

XT2 (m)
57,6
61,0
67,3
58,7
58,5
64,5
67,2
62,9

Y trans Total	Xdin. m
1,7	0,0
1,1	0,0
0,7	1,1
1,2	0,4
1,3	0,5
1,3	0,2
1,0	0,0
1,7	0,0

Las excursiones XT1 (Onda larga de altura máxima y ola de viento de altura significativa) son ligeramente superiores a las excursiones XT2 en todos los casos, tanto en estado intacto como avería. Son del orden de 41 a 51 m en estado intacto y de 58 a 68m en avería.

El efecto del oleaje onda larga es, por tanto, ligeramente mayor que el de oleaje de viento.

También destaca que la excursión estática es muy superior a la dinámica, indicando el efecto reducido del oleaje, así como que la respuesta dinámica (Xdin) es reducida y muy similar en los estados intacto y en avería.

Los valores correspondientes de esfuerzo para la condición XT1 son:

En estado intacto

Dirección	Ang. °	F _s kN	F _{LFW} (kN) (LF.Hmax)	F _w (kN) (W.Hs)	FT1 kN
N	-20	2.224	0	0	2.224
NE	25	3.054	0	0	3.054
E	70	4.412	445	155	5.012
SE	115	2.237	35	32	2.304
S	160	2.177	58	40	2.275
SW	205	3.800	11	26	3.837
W	250	4.717	0	5	4.722
NW	295	3.191	0	0	3.191

F _{din} kN
0
0
599
67
98
37
5
0



A partir de las excursiones horizontales de la instalación, se pueden obtener las excursiones de cada línea de fondeo en la condición XT1:

Condición intacto

Temporal	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
	excursiones (m)							
N	30,7	2,7	-26,8	-41,0	-29,6	-0,7	27,9	41,0
NE	44,6	34,3	3,8	-28,8	-44,6	-33,2	-1,3	30,9
E	35,3	50,5	38,5	5,6	-33,3	-50,5	-37,1	-0,9
SE	-1,3	28,6	42,1	31,7	3,8	-27,3	-42,1	-30,2
S	-30,9	-1,1	28,6	42,3	32,0	3,3	-27,3	-42,3
SW	-48,1	-35,4	-0,6	33,8	48,1	36,7	3,5	-31,5
W	-33,8	-50,1	-36,1	-0,1	35,6	50,1	37,6	4,7
NW	3,3	-30,2	-45,6	-31,8	-0,4	31,6	45,6	33,7
	44,6	50,5	42,1	42,3	48,1	50,1	45,6	41,0

Condición avería

Temporal	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
	excursiones (m)							
N	42,1	2,4	-38,7	-57,6	-39,8	1,7	40,9	0,0
NE	0,0	45,5	3,4	-40,6	-61,0	-43,3	1,3	44,1
E	48,2	0,0	51,1	7,4	-44,9	-67,6	-48,4	1,0
SE	0,5	41,3	0,0	43,4	4,3	-39,0	-58,7	-40,3
S	-40,8	1,1	41,3	0,0	43,1	3,0	-39,0	-58,5
SW	-64,5	-45,8	1,7	46,9	0,0	48,2	3,6	-43,0
W	-45,0	-67,2	-48,0	1,2	48,3	0,0	50,6	7,2
NW	4,3	-42,1	-62,9	-42,6	1,2	44,6	0,0	46,3
	48,2	45,5	51,1	46,9	48,3	48,2	50,6	46,3



Los esfuerzos horizontales de cada línea de fondeo XT1 obtenidos para estas excursiones se presentan a continuación:

Condición intacto

Temporal	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
Esfuerzo en direccion de linea (kN)								
N	594	17	2	1	2	10	451	1.454
NE	2.008	777	20	2	1	1	9	605
E	876	3.532	1.103	28	1	0	1	10
SE	9	471	1.529	587	19	2	1	1
S	1	10	468	1.489	609	19	2	1
SW	0	1	10	703	2.606	940	19	1
W	1	0	1	10	832	3.313	1.049	26
NW	19	2	1	2	10	607	2.172	773
	2.008	3.532	1.529	1.489	2.606	3.313	2.172	1.454
Tens. Máxima	2.289	3.859	1.777	1.732	2.901	3.632	2.455	1.704
Dir. Temporal	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N

Condición avería

Temporal	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
Esfuerzo en direccion de linea (kN)								
N	1.600	16	1	0	1	14	1.409	0
NE	0	2.120	19	1	0	1	13	1.930
E	2.829	0	3.704	40	1	0	0	12
SE	11	1.432	0	1.646	21	1	0	1
S	1	12	1.423	0	1.617	18	1	0
SW	0	0	14	2.302	0	2.741	19	1
W	0	0	0	12	2.668	0	3.600	42
NW	23	1	0	1	12	1.923	0	2.355
	2.829	2.120	3.704	2.302	2.668	2.741	3.600	2.355
Tens. Máxima	3.142	2.400	4.033	2.585	2.966	3.042	3.930	2.651
Dir. Temporal	E	NE	E	SW	W	SW	W	NW



II.3.7.4. Resultado del estudio Quasi-estático

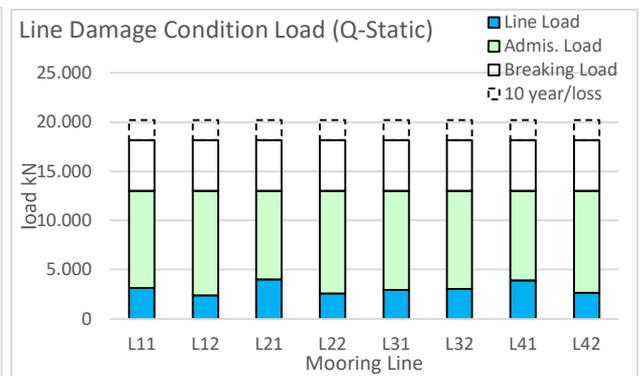
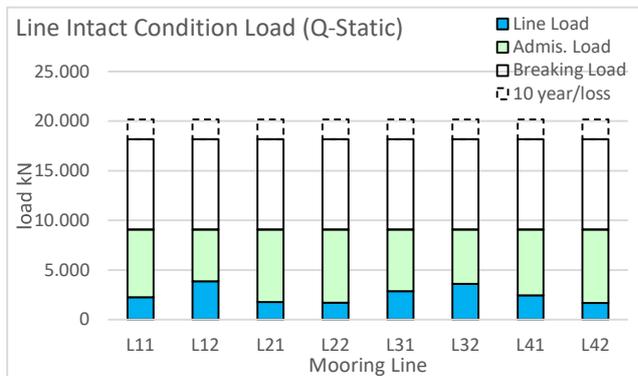
Las tensiones máximas de cada línea de fondeo se comparan con los coeficientes de seguridad del cabo de cada inicio de línea de fondeo (cabo):

	Linea	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
Ud: kN	Material	R(pet)							
	Diam.Min (mm)	241	241	241	241	241	241	241	241
	MBL.Min (kN)	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197
	%Resist.10 años	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	MBL.10 años	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177
Intacto	Temporal	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
	Carga Intacto	2.289	3.859	1.777	1.732	2.901	3.632	2.455	1.704
CS Int.	2,00	7,9	4,7	10,2	10,5	6,3	5,0	7,4	10,7
Averia	Temporal	E	NE	E	SW	W	SW	W	NW
	Linea averiada	L12	L11	L12	L31	L32	L31	L32	L41
	Carga avería	3.142	2.400	4.033	2.585	2.966	3.042	3.930	2.651
CS av.	1,40	5,8	7,6	4,5	7,0	6,1	6,0	4,6	6,9

Las cargas máximas por línea son aproximadamente 390t. (L12) en estado intacto y 400t. (L21) en avería

Todos los coeficientes de seguridad son superiores a los requeridos. El factor de seguridad mínimo obtenido es de 4.7 (L12) en condición intacta y de 4.5 (L21) en avería, ambos con temporal del este.

Los resultados anteriores de cargas máximas se presentan gráficamente:





Los esfuerzos máximos en las anclas se comparan con los coeficientes de seguridad correspondientes:

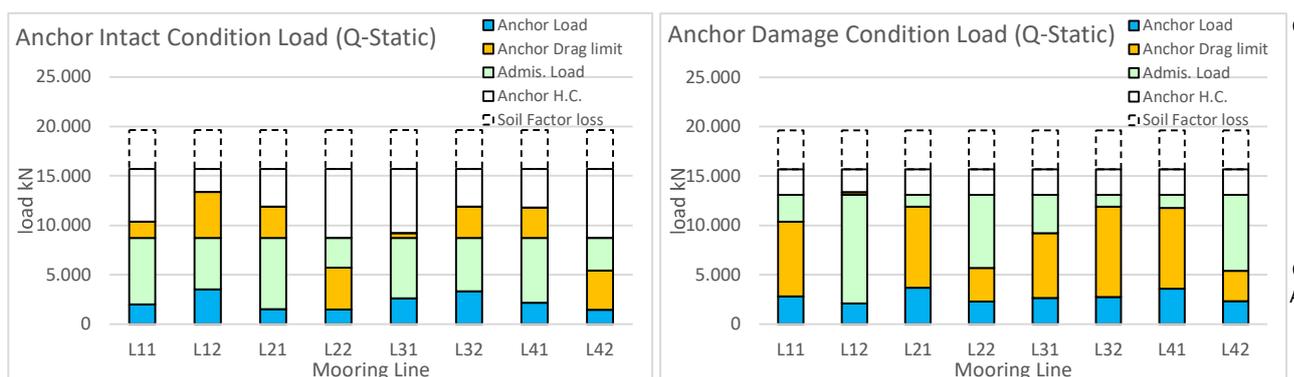
Linea	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
Fondeo Calculo Quasi-dinamico FT1								
Peso Fondeo	A.50t							
M.H.C.	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620
Cap.agarre Efectiva	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696
Intacto Carga	2.008	3.532	1.529	1.489	2.606	3.313	2.172	1.454
Carga garreo Int.	10.369	13.361	11.905	5.708	9.204	11.905	11.795	5.408
Cad. en fondo	422	424	514	268	334	388	462	267
Ang. Fondo	0	0	0	0	0	0	0	0
CS Int.	1,80	7,8	4,4	10,3	10,5	6,0	4,7	10,8
Averia Carga	2.829	2.120	3.704	2.302	2.668	2.741	3.600	2.355
Carga garreo averia.	10.369	13.361	11.905	5.708	9.204	11.905	11.795	5.408
Cad. en fondo	365	517	365	205	330	424	369	197
Ang. Fondo	0	0	0	0	0	0	0	0
CS av.	1,20	5,5	7,4	4,2	6,8	5,9	4,4	6,7

Las cargas máximas en el ancla son aproximadamente 350t. en estado intacto y 370t. en avería

Todos los coeficientes de seguridad son superiores a los requeridos. El factor de seguridad mínimo obtenido es de 4.4 (L12) en condición intacta y de 4.2 (L21) en avería, con temporal del este.

La cadena descansando en el fondo es aproximadamente 300m o superior en todas las líneas en condición intacta y superior a 200m en condición de avería.

Los resultados anteriores de cargas máximas se presentan gráficamente:





II.3.7.5. Amplificación de esfuerzos

Las simplificaciones de cálculo y los esfuerzos por cargas dinámicas no consideradas en el modelo suponen sobreesfuerzos de tipo dinámico no presentes en este cálculo. Típicamente la mayoración de estas cargas está entre un 150% y 190% de los esfuerzos quasi-estáticos, para la zona superior de las líneas de fondeo y de 120% a 150% en la zona inferior y ancla de las líneas de fondeo.

Considerando el diseño de la instalación que reduce eficientemente los esfuerzos dinámicos, al quedar sumergida la mayor parte de la instalación, se considera ahora una amplificación de los esfuerzos obtenidos, en un factor del 150% para las líneas de fondeo y de 125% para las anclas.

Las cargas amplificadas se comparan con los coeficientes de seguridad:

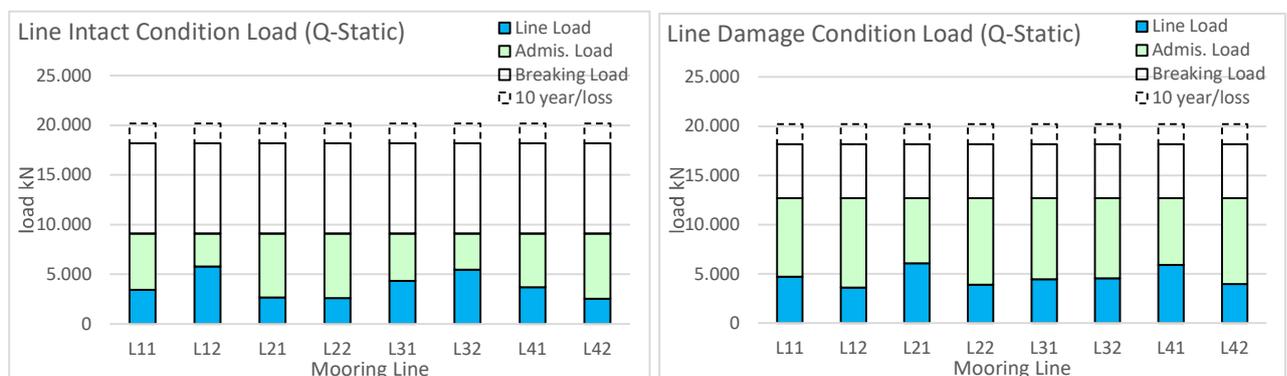
Líneas de fondeo:

	Linea	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
Ud: kN	Material	R(pet)							
	Diam.Min (mm)	241	241	241	241	241	241	241	241
	MBL.Min (kN)	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197	20.197
	%Resist.10 años	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	MBL.10 años	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177	18.177
Intacto	Temporal	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
	Carga Intacto	3.433	5.788	2.666	2.598	4.351	5.448	3.683	2.556
CS Int.	2,00	5,3	3,1	6,8	7,0	4,2	3,3	4,9	7,1
Averia	Temporal	E	NE	E	SW	W	SW	W	NW
	Linea averiada	L12	L11	L12	L31	L32	L31	L32	L41
	Carga avería	4.713	3.600	6.049	3.877	4.448	4.563	5.895	3.977
CS av.	1,43	3,9	5,0	3,0	4,7	4,1	4,0	3,1	4,6

Las cargas máximas por línea son aproximadamente 580t. en estado intacto y 600t. en avería

Todos los coeficientes de seguridad son superiores a los requeridos. El factor de seguridad mínimo obtenido es de 3.1 (L12) en condición intacta y de 3.0 (L21) en avería

Los resultados anteriores de cargas máximas se presentan gráficamente:





Los esfuerzos máximos en las anclas se comparan con los coeficientes de seguridad correspondientes:

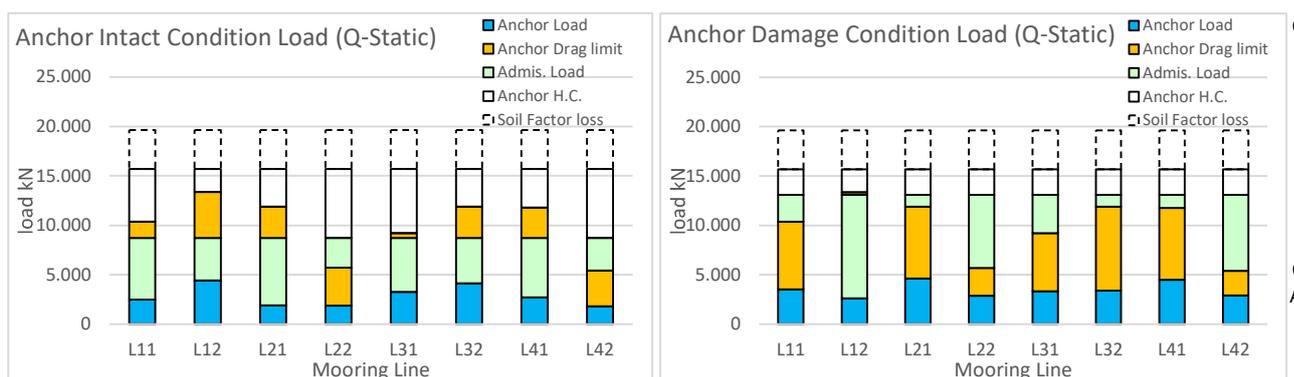
Linea	L11	L12	L21	L22	L31	L32	L41	L42
Fondeo Calculo Quasi-dinamico FT1								
Peso Fondeo	A.50t							
M.H.C.	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620	19.620
Cap.agarre Efectiva	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696	15.696
Intacto Carga	2.511	4.415	1.912	1.861	3.257	4.141	2.714	1.817
Carga garreo Int.	10.369	13.361	11.905	5.708	9.204	11.905	11.795	5.408
Cad. en fondo	386	374	483	238	293	341	424	237
Ang. Fondo	0	0	0	0	0	0	0	0
CS Int.	1,80	6,3	3,6	8,2	8,4	4,8	3,8	8,6
Averia Carga	3.536	2.650	4.630	2.877	3.335	3.426	4.500	2.944
Carga garreo averia.	10.369	13.361	11.905	5.708	9.204	11.905	11.795	5.408
Cad. en fondo	321	479	314	167	288	382	319	157
Ang. Fondo	0	0	0	0	0	0	0	0
CS av.	1,20	4,4	5,9	3,4	5,5	4,7	4,6	5,3

Las cargas máximas en el ancla son aproximadamente 440t. en estado intacto y 460t. en avería

Todos los coeficientes de seguridad son superiores a los requeridos. El factor de seguridad mínimo obtenido es de 3.6 (L12) en condición intacta y de 3.4 (L21) en avería

La cadena descansando en el fondo es superior a 230m en todas las líneas en condición intacta y superior a 150m en condición de avería.

Los resultados anteriores de cargas máximas se presentan gráficamente:

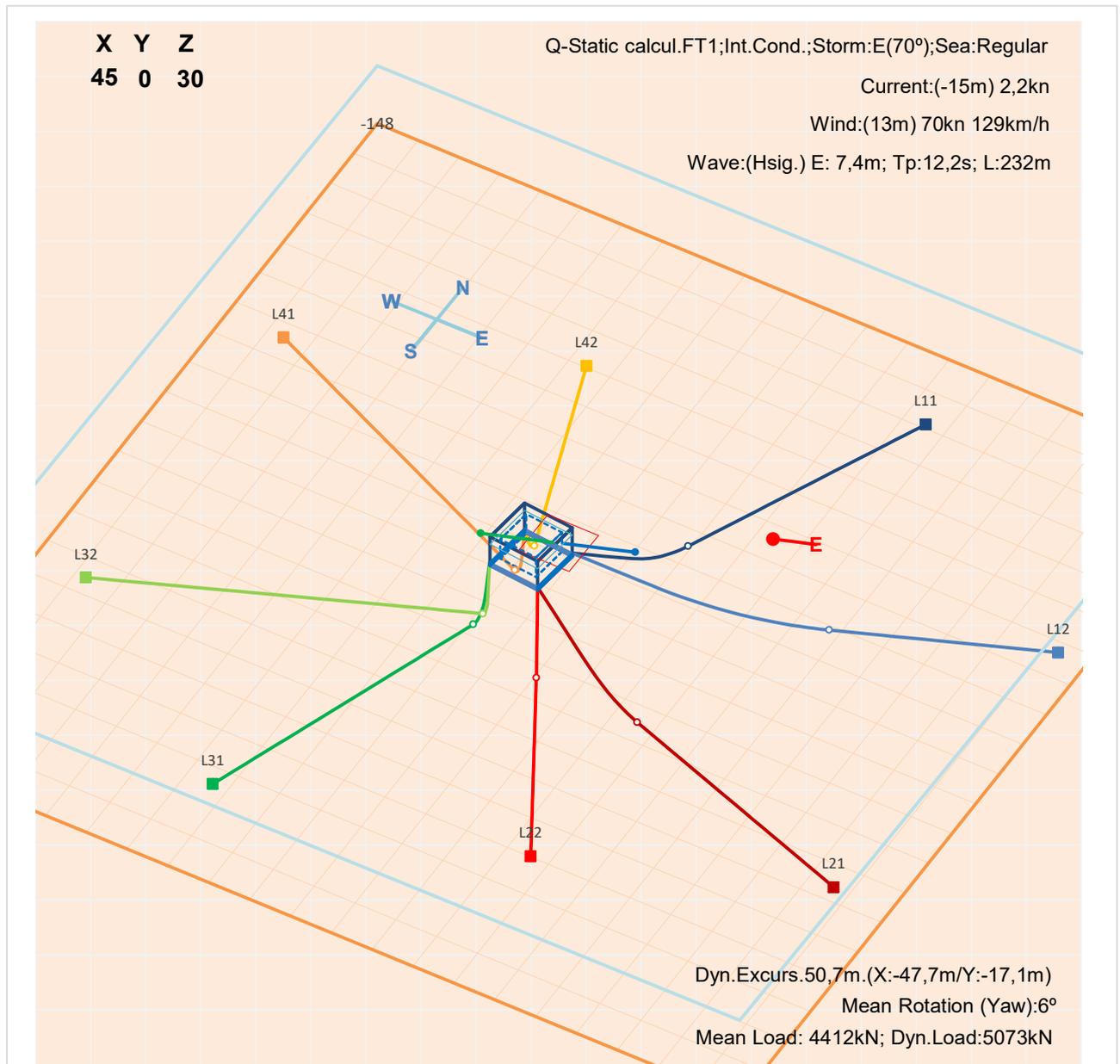




I.0.1.1. Gráficas de Modelo de cálculo

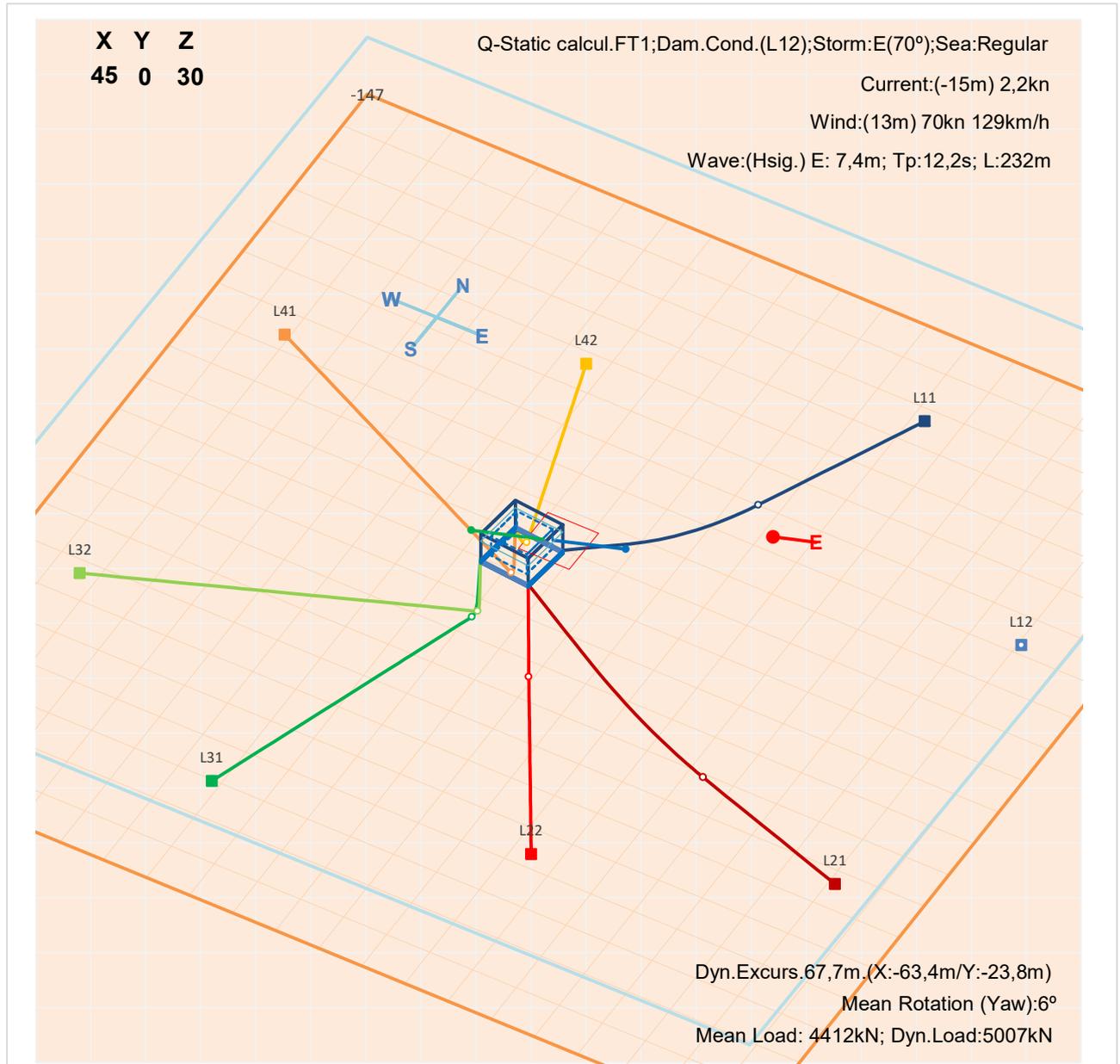
Se presenta en las páginas siguientes las gráficas correspondientes a la instalación en el temporal más desfavorable y gráficas de las líneas de fondeo en condiciones de reposo, carga máxima intacto y carga máxima en avería, según los resultados obtenidos anteriormente.

Estado intacto, temporal del E





En condición de avería, temporal del E



En las páginas siguientes se presentan vistas de cada fondeo en las condiciones iniciales, máximo esfuerzo intacto y máximo esfuerzo en avería, considerando amplificación de esfuerzos de fondeo en 125%

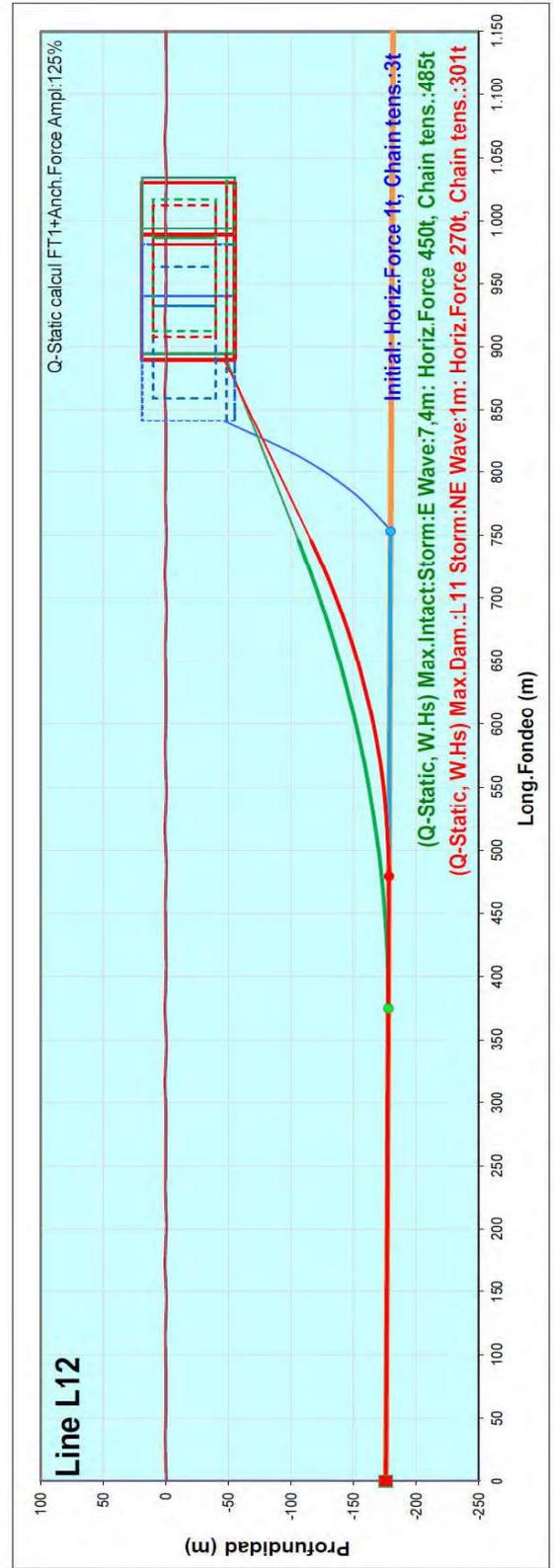
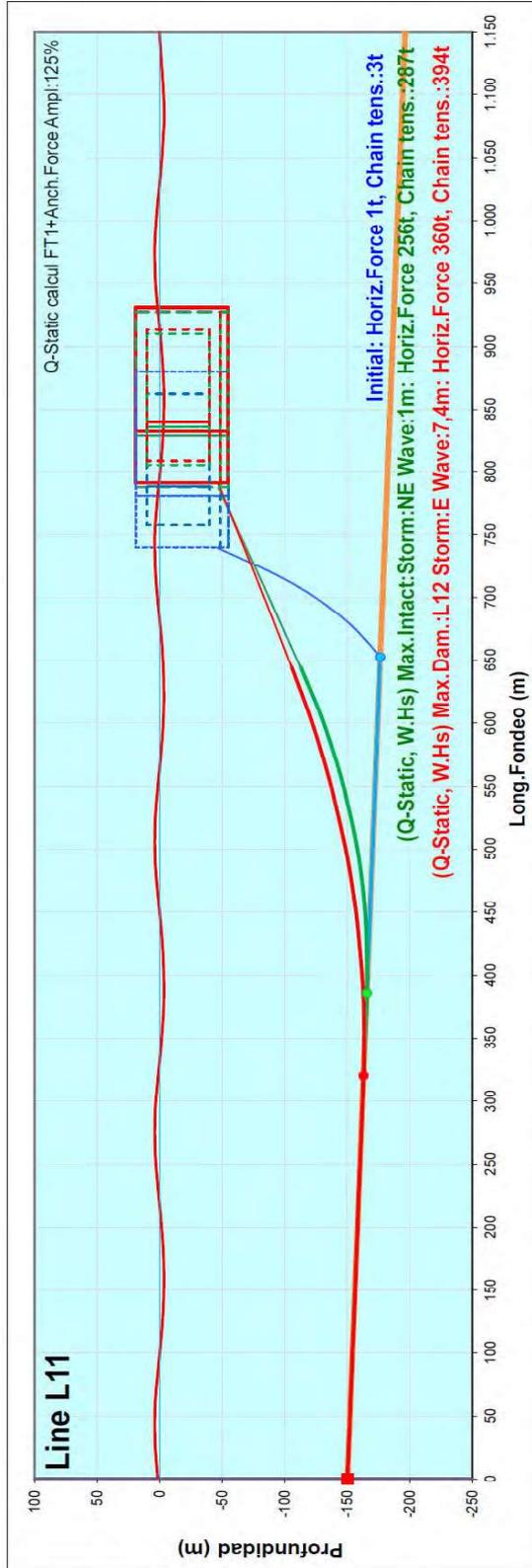


MOORING DESIGN REPORT

Installation Offshore Fish Farm - Murcia
GM AQUA Design - Preliminary Report R03

Graphical annex

Condition: Q-Static



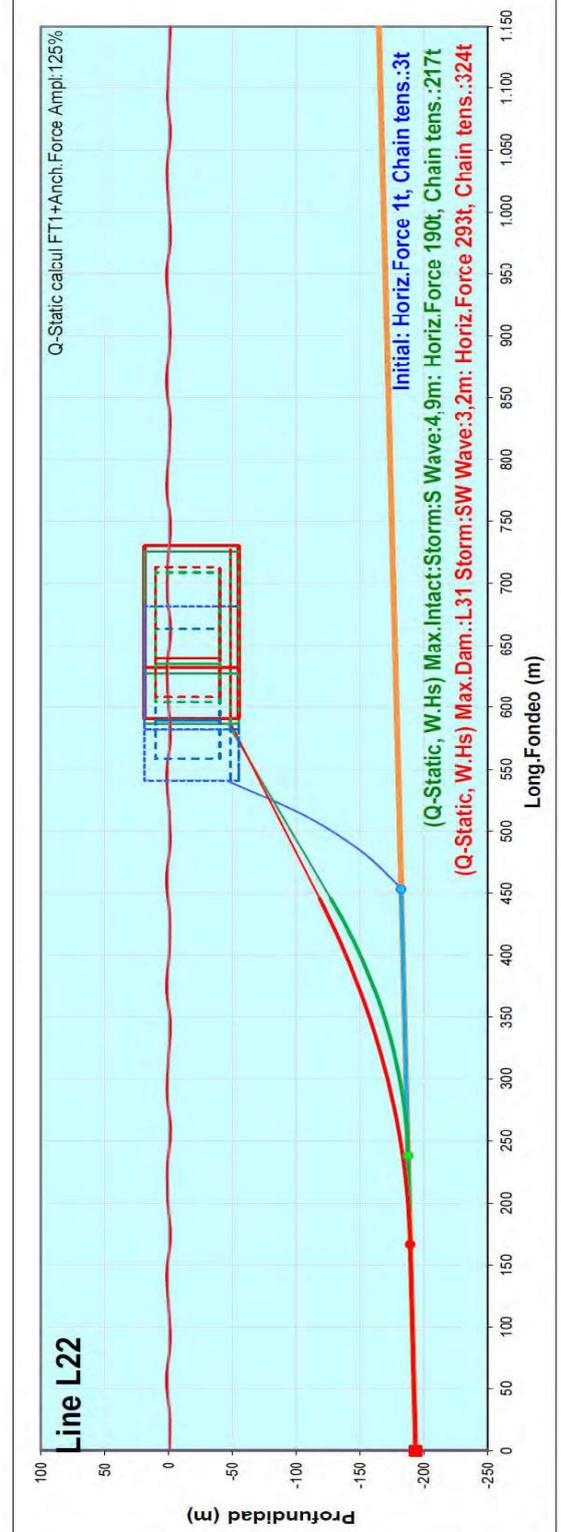
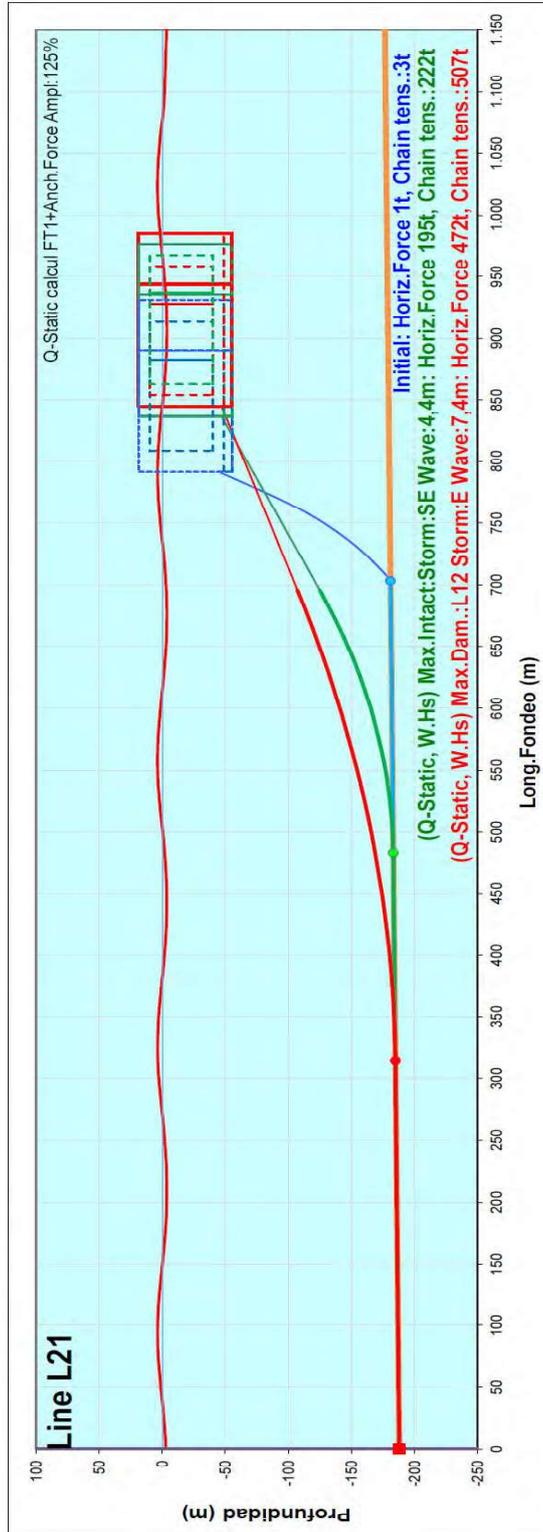


MOORING DESIGN REPORT

Installation Offshore Fish Farm - Murcia
GM AQUA Design - Preliminary Report R03

Graphical annex

Condition: Q-Static



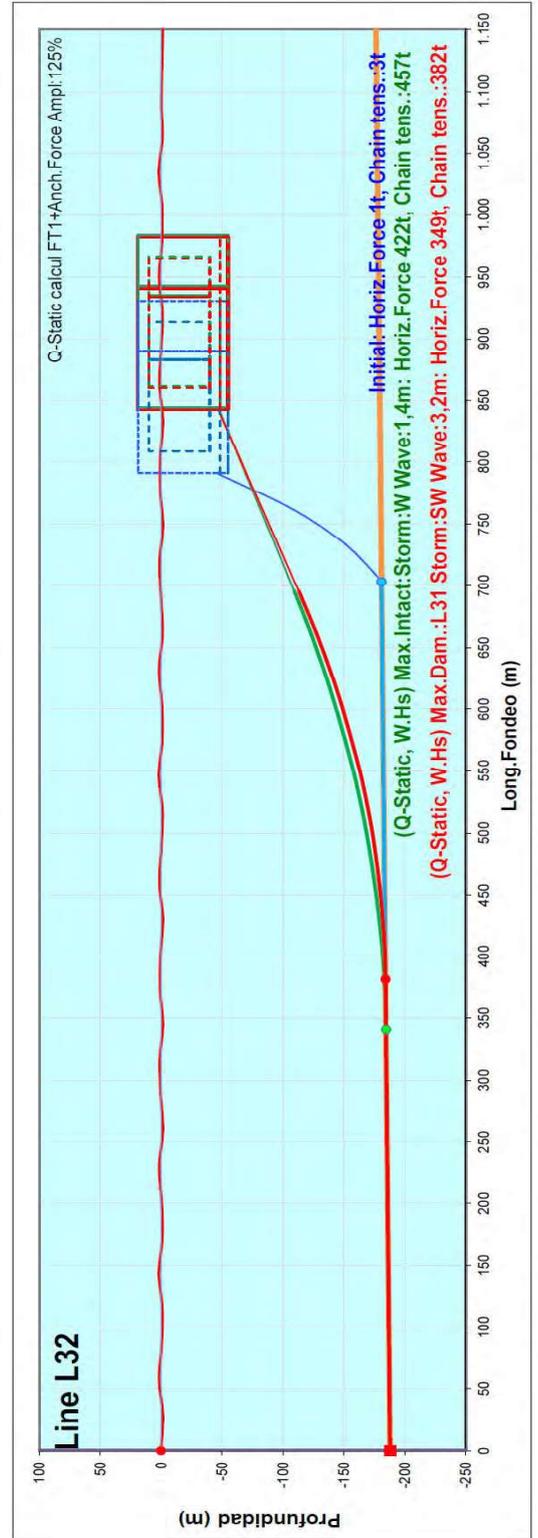
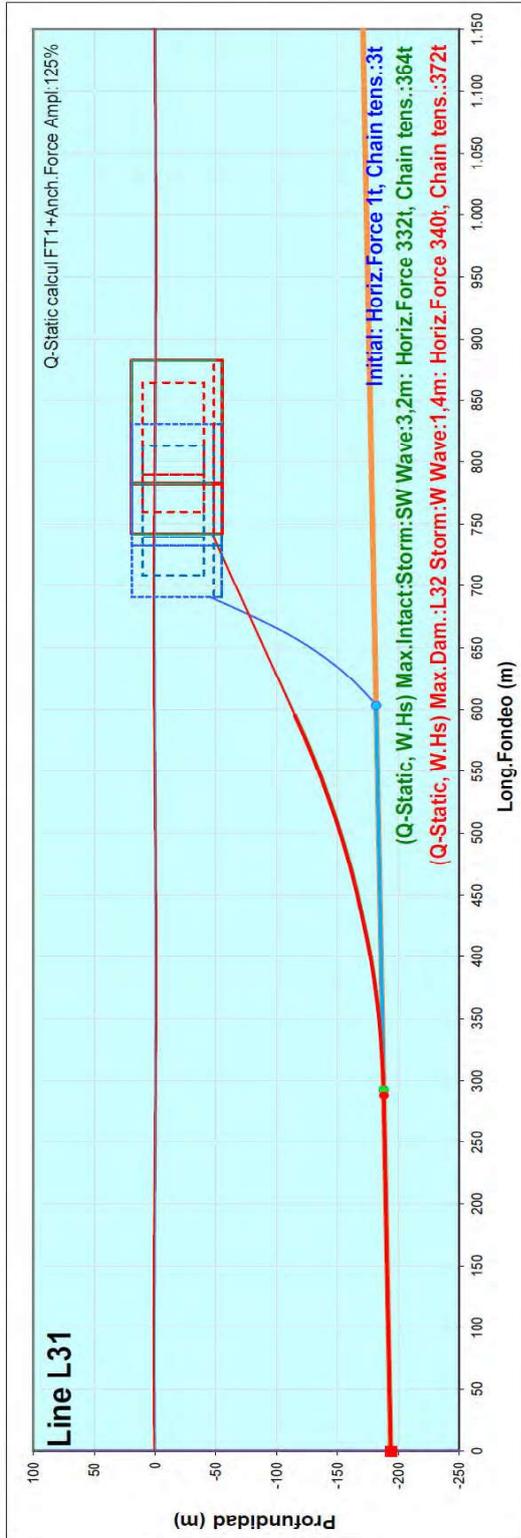


MOORING DESIGN REPORT

Installation Offshore Fish Farm - Murcia
GM AQUA Design - Preliminary Report R03

Graphica annex

Condition: Q-Static



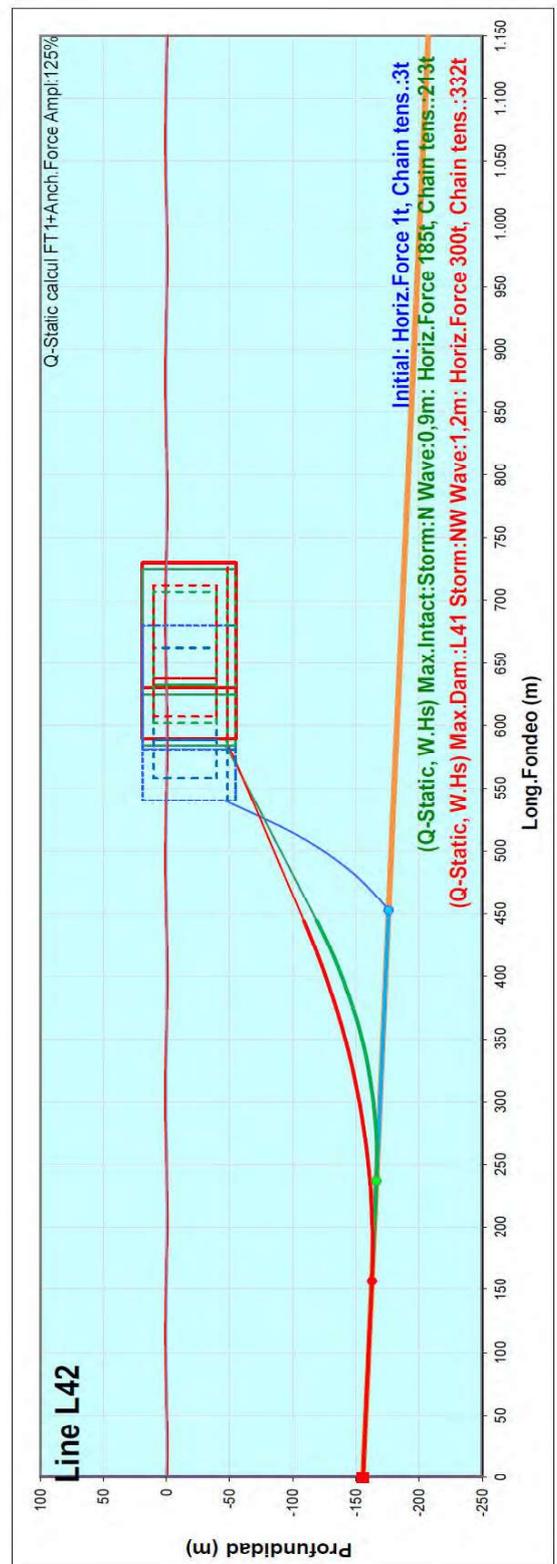
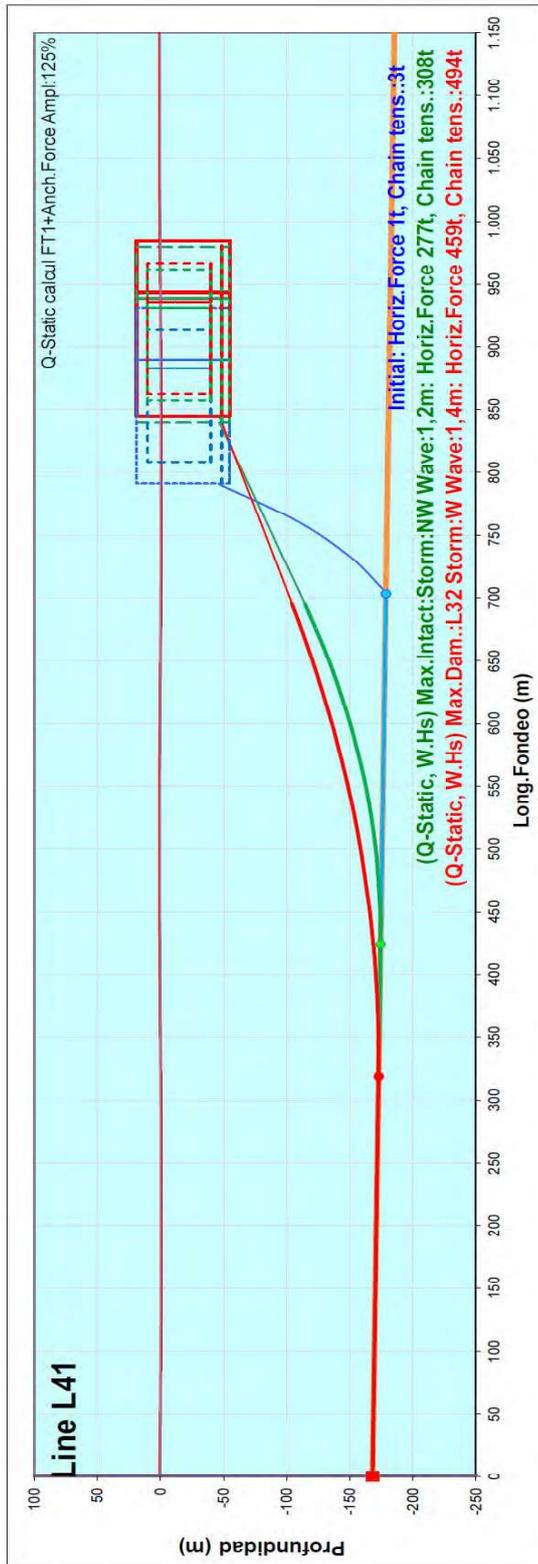


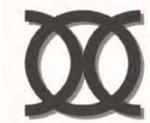
MOORING DESIGN REPORT

Installation Offshore Fish Farm - Murcia
GM AQUA Design - Preliminary Report R03

Graphical annex

Condition: Q-Static





II.4. PLANIFICACION Y CONTROL DE LA EJECUCION:

II.4.1. Generalidades

Se presenta la secuencia temporal de las diversas actividades de las que consta la ejecución del proyecto.

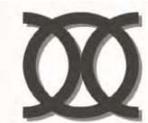
Se instalarán sucesivamente las dos instalaciones de acuicultura. GM AQUA DESIGN 1.0 .

La construcción de las estructuras flotantes se realizará en astillero preferiblemente nacional. El cumplimiento reglamentario y normativo de la construcción y la supervisión de la obra se realizará por una Sociedad de Clasificación de Buques perteneciente a la *IACS – the International Association of Classification Societies*. Previsiblemente por *DET NORSKE VERITAS (DNV)*. Las unidades terminadas se entregarán con los certificados de clase y reglamentarios que correspondan, de acuerdo con la clasificación de estas unidades.

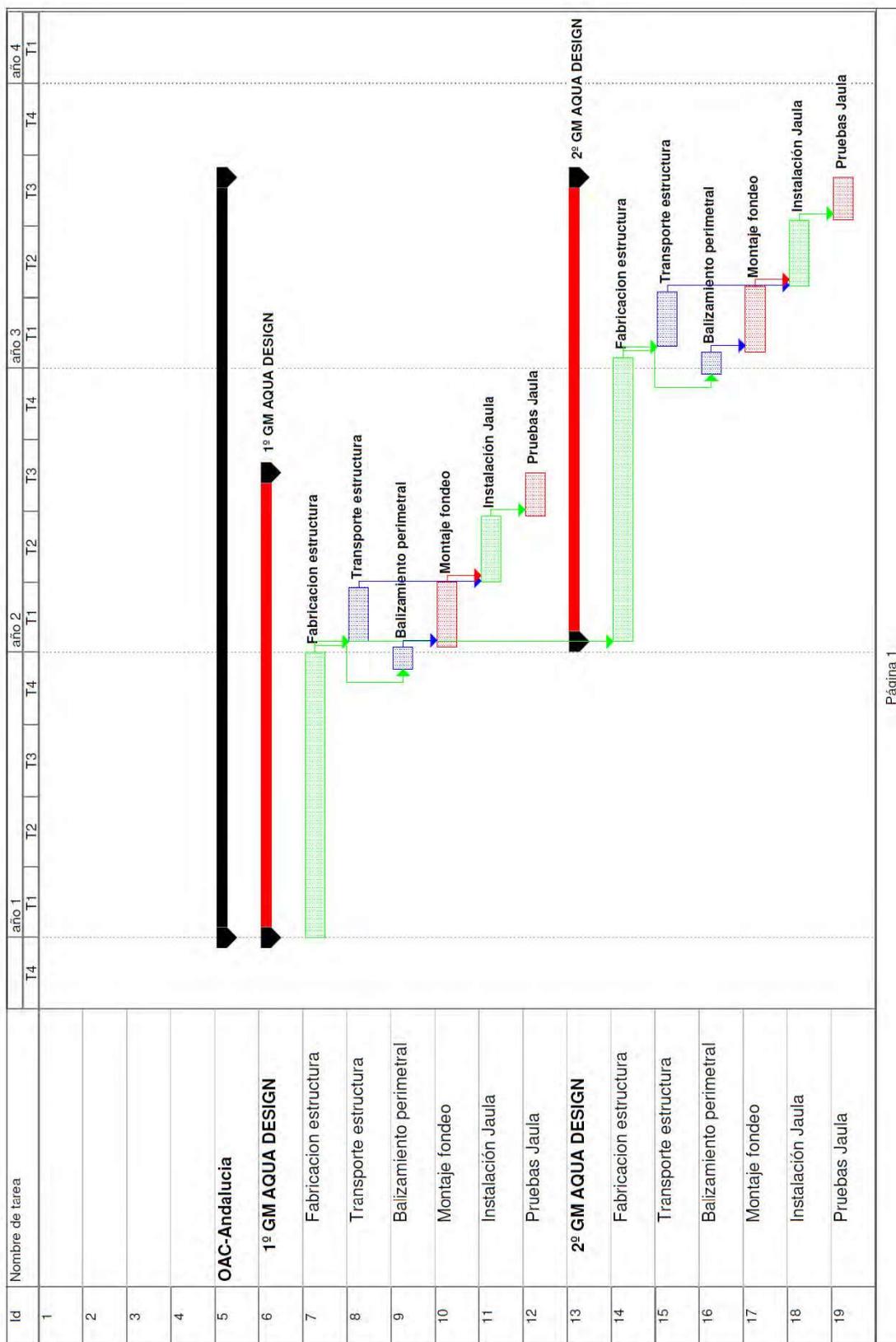
El proceso de instalación en España se compone de recepción de materiales de fondeo, transporte y montaje en la mar de líneas de fondeo y de las estructuras flotantes. Se presentan los planes de montaje de cada estructura flotante en el plan general.

La instalación se realizará bajo la supervisión de la sociedad de clasificación *DNV* y de un director de obra competente.

La duración total del montaje de proyecto en aguas españolas, se estima en unos 33 meses.



II.4.2. Diagrama de Gantt General:





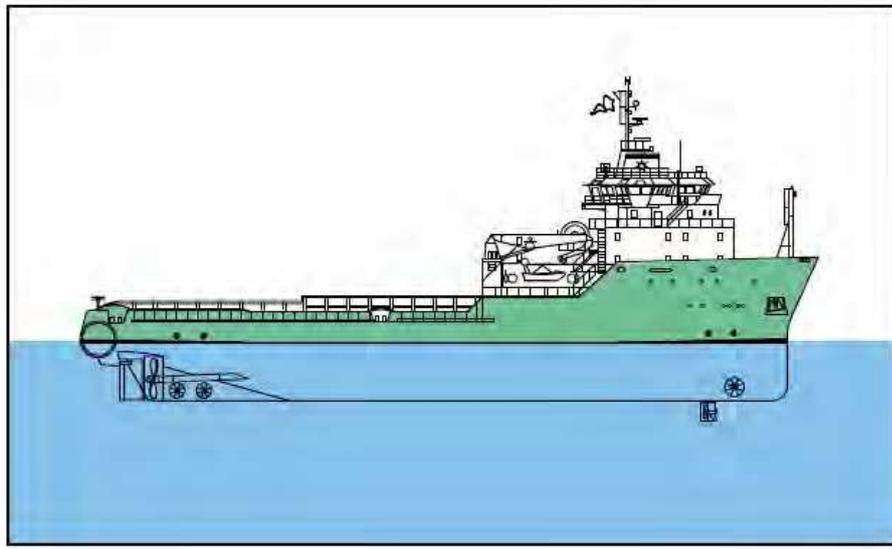
II.4.3. Ejecución de la obra

Al inicio del montaje se instalarán las balizas de señalización marítima, mediante marcación topográfica, delimitando el área de trabajo.

La obra consiste en la instalación de los elementos de fondeo y fijación a las estructuras flotantes.

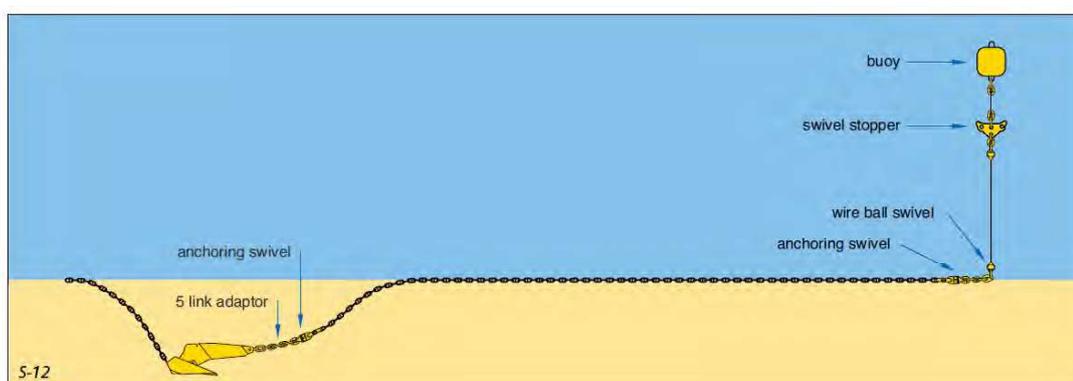
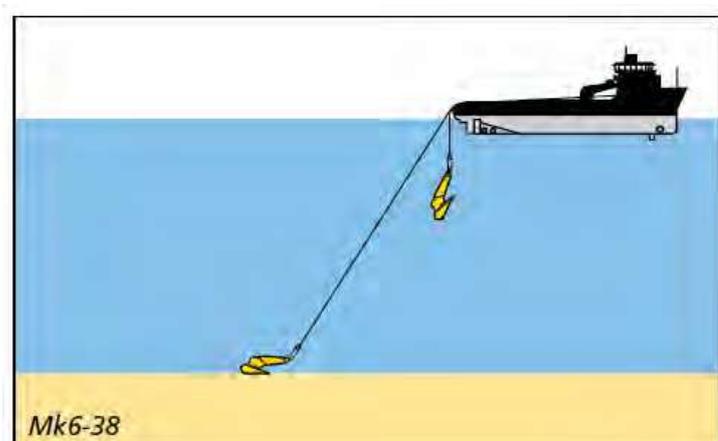
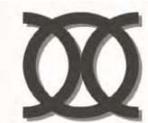
Cada línea de fondeo: ancla, cadena, cabo, accesorios y dispositivos de conexión, será examinada por inspector de la sociedad de clasificación DNV para su aprobación, previo al fondeo.

La línea de fondeo se transporta por buque especializado en instalación de anclas (Anchor Handling Vessel, AHV) hasta la instalación para ser fondeada.

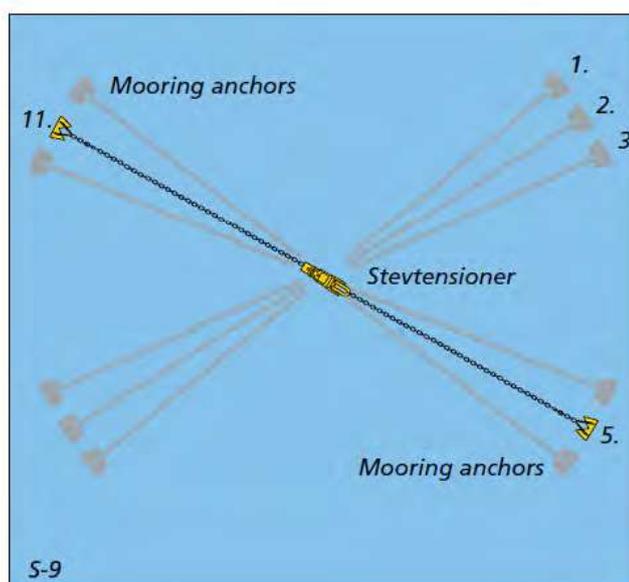


Anchor Handling Vessel, (AHV)
VRYHOF MANUAL – The guide to anchoring

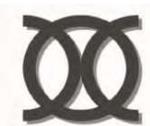
Se colocarán las líneas de fondeo, situando las anclas en su posición exacta mediante marcaciones topográficas y alineadas con la dirección de la instalación. Se disponen de boyas al extremo de la línea para facilitar la recuperación de la línea.



Las anclas deben enterrarse en el fondo hasta alcanzar la capacidad de agarre de diseño. La operación la realiza el buque AHV mediante la tensión de dos líneas de fondeo opuestas o utilizando ancla auxiliar



VRYHOF MANUAL – The guide to anchoring



Finalizada la instalación de las líneas de fondeo, las estructuras flotantes se transportan hasta su posición final en buques especiales y son botadas para su conexión a las líneas de fondeo



Operación de carga de una instalación de acuicultura offshore

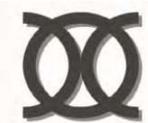


Transporte de una instalación de acuicultura



Botadura en su posición de una instalación Offshore

Una vez completado el fondeo de la instalación, se realizarán las pruebas de operación, bajo supervisión de la sociedad de clasificación DNV, incluyendo los sistemas de lastrado-deslastrado, maquinaria y controles de equipos, comunicación y equipos de seguridad y salvamento.



III. PLIEGO DE CONDICIONES:

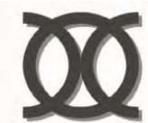
III.1. NORMATIVA DE APLICACION:

El presente proyecto cumple con las disposiciones de la Ley de Costas y de las normas generales y específicas para su desarrollo y ejecución, de acuerdo con el artículo 44.7 de la Ley de Costas y con la normativa siguiente:

- Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
- Real Decreto 1112/1992, de 18 de septiembre, por el que se modifica parcialmente el Reglamento General para desarrollo y ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, aprobado por el Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre.
- Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
- Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.
- Real Decreto 668/2022, de 1 de agosto, por el que se modifica el Reglamento General de Costas, aprobado por Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre.

Otra normativa de aplicación

- Ley 23/1984, de 25 de junio, de cultivos marinos
- Real Decreto 1837/2000, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de inspección y certificación de buques civiles.
- REAL DECRETO 479/2004, de 26 de marzo, por el que se establece y regula el Registro general de explotaciones ganaderas. Modificado por REAL DECRETO 1614/2008, de 3 de octubre, relativo a los requisitos zoonosanitarios de los animales y de los productos de la acuicultura, así como a la prevención y el control de determinadas enfermedades de los animales acuáticos.
- LEY 2/2007, de 12 de marzo, de Pesca Marítima y Acuicultura de la Región de Murcia.
- LEY 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.



- Instrumento de Ratificación del Protocolo relativo a la gestión integrada de las zonas costeras del Mediterráneo, hecho en Madrid el 21 de enero de 2008.
- Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 14/2014, de 24 de julio, de navegación Marítima.
- Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo.

La normativa aplicada en lo que concierne a la obtención de los datos climáticos, al balizamiento perimetral y los cálculos de los elementos estructurales viene resumida a continuación:

- Guía para la aplicación del sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA/AISM (1985).
- Normas Técnicas sobre Obras e Instalaciones de Ayudas a la Navegación Área de señales Marítimas (1986). Publicado por el Ministerio de obras Públicas y Transportes, Dirección General de Puertos y Costas.
- RECOMENDACIONES PARA OBRAS MARITIMAS. ROM 0.3 – 91 OLEAJE (1991) Publicado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes..
- RECOMENDACIONES PARA OBRAS MARITIMAS. ROM 0.4 – 95 Acciones climáticas II: Viento (1995) Publicado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Las unidades GM AQUA DESIGN se clasificarán por una Sociedad de Clasificación de Buques perteneciente a la *IACS – the International Association of Classification Societies – DET NORSKE VERITAS (DNV)* y por lo tanto quedarán certificados los estándares de diseño, fabricación y funcionamiento indicados en la memoria de este proyecto.

Los componentes del sistema de fondeo, como anclas, cadenas, cabos, grilletes, etc., deben cumplir con los requisitos de las Normas de la Sociedad de Clasificación *DNV* correspondiente, incluyendo aprobación del diseño, control de fabricación y ensayos, avalados por el certificado correspondiente.

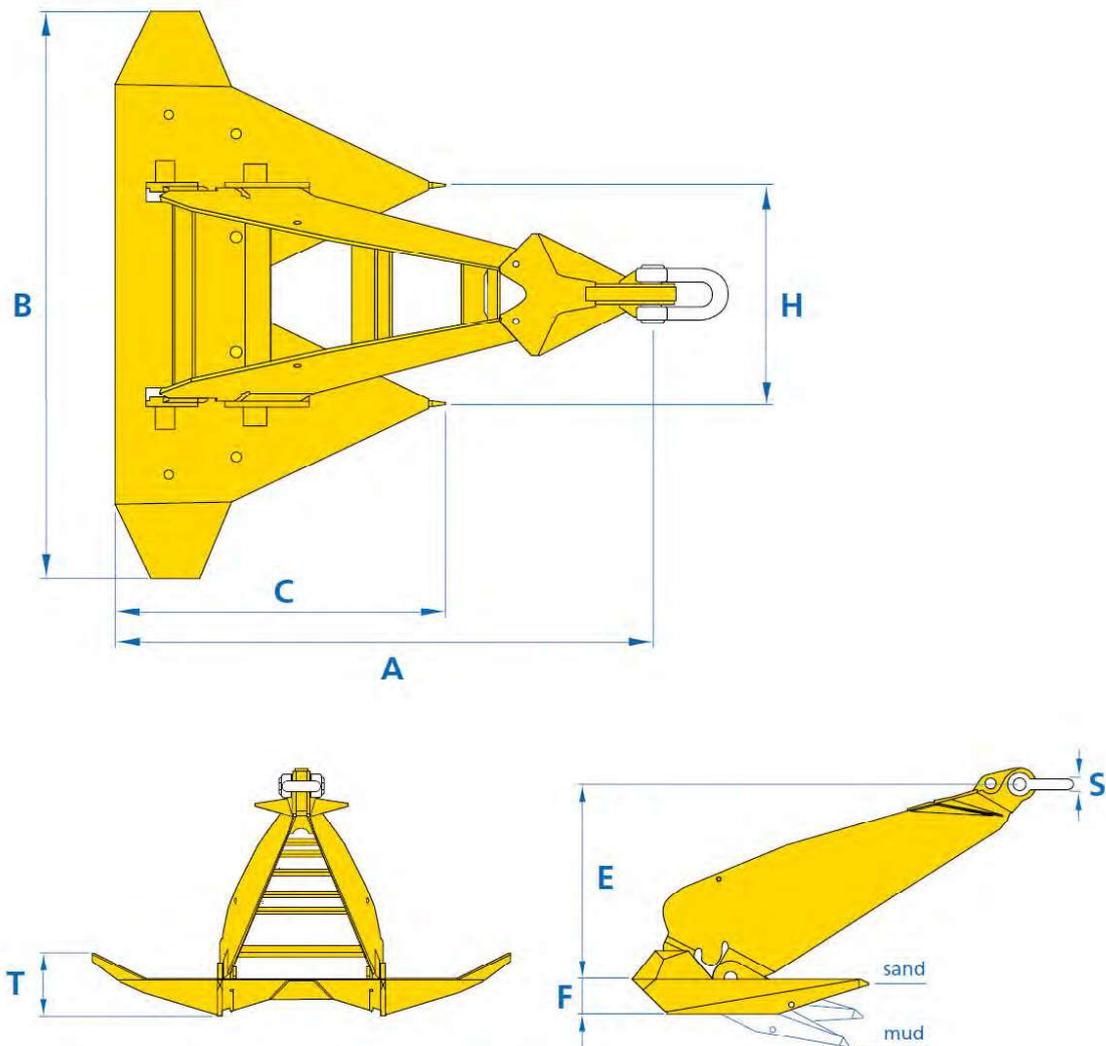
Antes de su puesta en servicio los componentes deben ser inspeccionados y aprobados por el inspector de la sociedad de clasificación de buques *DNV*.



III.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

III.2.1. Características de anclas de alto rendimiento STEVPRIS MK5

Dimensions of the Vryhof Stevpris® Mk5 anchor

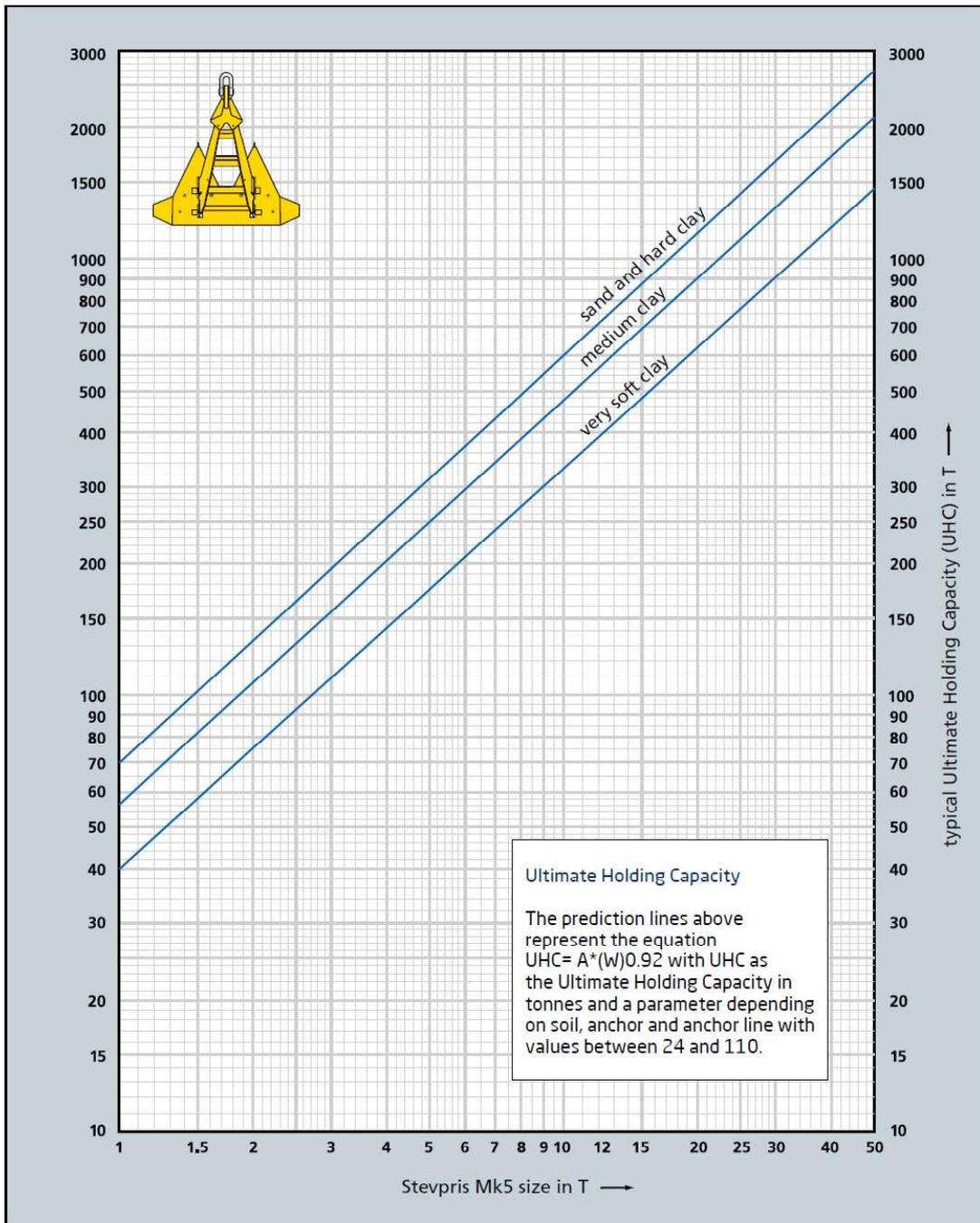


Note: The dimensions of the Stevpris Mk5 anchor may be changed for specific applications

Main dimensions Stevpris Mk5		dimensions in mm											anchor weight in kg
weight	1500	3000	5000	8000	10000	12000	15000	18000	20000	22000	25000	30000	65000
A	2954	3721	4412	5161	5559	5908	6364	6763	7004	7230	7545	8018	10375
B	3184	4011	4756	5563	5992	6368	6860	7290	7550	7794	8133	8643	11184
C	1812	2283	2707	3166	3410	3624	3904	4149	4297	4436	4629	4919	6365
E	1505	1896	2248	2629	2832	3010	3242	3446	3569	3684	3844	4085	5286
F	271	342	406	474	511	543	585	622	644	665	694	737	954
H	1230	1550	1837	2149	2315	2460	2650	2816	2917	3011	3142	3339	4321
T	493	622	738	862	929	988	1064	1131	1171	1209	1262	1341	1736
S	80	90	110	130	140	150	170	180	190	200	200	220	300



The Stevpris® Mk5 anchor UHC chart



The Stevpris Mk5 design line very soft clay represents soils such as very soft clays (mud), and loose and weak silts. The line is applicable in soil that can be described by an undrained shear strength of 4 kPa at the surface increasing by 1.5 kPa per meter depth or in the equation $S_u = 4 + 1.5 \cdot z$, with S_u in kPa and z being the depth in meters below seabed. In very soft soils the optimum fluke/shank angle is typically 50 deg.

The design line sand represents competent soils, such as medium dense sands and stiff to hard clays and is based on a silica sand of medium density. In sand and hard clay the optimal fluke/shank angle is 32°.

The medium clay design line represents soils such as silt and firm to stiff clays. The fluke/shank angle should be set at 32° for optimal performance.



III.2.2. Características de cadenas sin concrete grado R4

Proof load/break load of chains (in SI units)

diameter	Proof load								Break load					Weight	
	R4-RQ4		R3S		R3	RQ3-API	R5		R4-RQ4	R3S	R3	RQ3-API	R5	stud	studless
	stud	studless	stud	studless	stud	stud	studless	stud and studless							
mm	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kg/m	kg/m	
19	331	293	276	267	239	215	385	424	420	382	342	324	491	8	7
20.5	385	340	320	310	278	249	447	397	488	443	397	376	570	9	8
22	442	390	368	356	319	286	513	456	560	509	456	431	654	11	10
24	524	463	436	422	378	339	608	541	664	604	541	511	776	13	12
26	612	541	510	493	442	397	711	632	776	706	632	598	907	15	14
28	707	625	589	570	511	458	822	730	897	815	730	691	1048	17	16
30	809	715	674	651	584	524	940	835	1026	932	835	790	1198	20	18
32	917	811	764	738	662	594	1065	946	1163	1057	946	895	1358	22	20
34	1031	911	859	830	744	668	1198	1064	1308	1188	1064	1007	1527	25	23
36	1151	1018	959	927	831	746	1338	1188	1460	1327	1188	1124	1705	28	26
38	1278	1130	1065	1029	923	828	1485	1319	1621	1473	1319	1248	1893	32	29
40	1410	1247	1175	1136	1018	914	1639	1456	1789	1625	1456	1377	2089	35	32
42	1548	1369	1290	1247	1118	1004	1799	1599	1964	1785	1599	1513	2294	39	35
44	1693	1497	1411	1364	1223	1097	1967	1748	2147	1951	1748	1654	2508	42	39
46	1843	1630	1536	1485	1331	1194	2141	1903	2338	2124	1903	1800	2730	46	42
48	1999	1767	1666	1610	1443	1295	2322	2063	2535	2304	2063	1952	2961	50	46
50	2160	1910	1800	1740	1560	1400	2510	2230	2740	2490	2230	2110	3200	55	50
52	2327	2058	1939	1874	1681	1508	2704	2402	2952	2682	2402	2273	3447	59	54
54	2499	2210	2083	2013	1805	1620	2904	2580	3170	2881	2580	2441	3703	64	58
56	2677	2367	2231	2156	1933	1735	3111	2764	3396	3086	2764	2615	3966	69	63
58	2860	2529	2383	2304	2066	1854	3323	2953	3628	3297	2953	2794	4237	74	67
60	3048	2695	2540	2455	2201	1976	3542	3147	3867	3514	3147	2978	4516	79	72
62	3242	2866	2701	2611	2341	2101	3767	3347	4112	3737	3347	3166	4802	84	77
64	3440	3042	2867	2771	2484	2230	3997	3551	4364	3965	3551	3360	5096	90	82
66	3643	3221	3036	2935	2631	2361	4233	3761	4621	4200	3761	3559	5397	95	87
68	3851	3406	3209	3102	2782	2496	4475	3976	4885	4440	3976	3762	5706	101	92
70	4064	3594	3387	3274	2935	2634	4723	4196	5156	4685	4196	3970	6021	107	98
73	4392	3884	3660	3538	3172	2847	5104	4535	5572	5064	4535	4291	6507	117	107
76	4731	4183	3942	3811	3417	3066	5498	4884	6001	5454	4884	4621	7009	126	116
78	4962	4388	4135	3997	3584	3216	5766	5123	6295	5720	5123	4847	7351	133	122
81	5317	4702	4431	4283	3840	3446	6179	5490	6745	6130	5490	5194	7877	144	131
84	5682	5024	4735	4577	4104	3683	6602	5866	7208	6550	5866	5550	8418	155	141
87	6056	5355	5046	4878	4374	3925	7037	6252	7682	6981	6252	5916	8971	166	151
90	6439	5693	5365	5187	4650	4173	7482	6647	8167	7422	6647	6289	9539	177	162
92	6699	5923	5582	5396	4838	4342	7784	6916	8497	7722	6916	6544	9924	185	169
95	7096	6275	5913	5716	5125	4599	8246	7326	9001	8180	7326	6932	10512	198	181
97	7365	6513	6138	5933	5319	4774	8559	7604	9343	8490	7604	7195	10911	206	188
100	7776	6876	6480	6264	5616	5040	9036	8028	9864	8964	8028	7596	11520	219	200
102	8054	7122	6712	6488	5817	5220	9359	8315	10217	9285	8315	7868	11932	228	208
105	8478	7497	7065	6829	6123	5495	9851	8753	10754	9773	8753	8282	12560	241	221
107	8764	7750	7304	7060	6330	5681	10184	9048	11118	10103	9048	8561	12984	251	229
111	9347	8265	7789	7529	6750	6058	10861	9650	11856	10775	9650	9130	13847	270	246
114	9791	8658	8159	7887	7071	6346	11378	10109	12420	11287	10109	9565	14506	285	260
117	10242	9057	8535	8251	7397	6639	11902	10574	12993	11807	10574	10005	15174	300	274
120	10700	9461	8916	8619	7728	6935	12434	11047	13573	12334	11047	10452	15852	315	288
122	11008	9734	9173	8868	7950	7135	12792	11365	13964	12690	11365	10753	16308	326	298
124	11319	10009	9432	9118	8175	7336	13153	11686	14358	13048	11686	11057	16768	337	308
127	11789	10425	9824	9497	8515	7641	13700	12171	14955	13591	12171	11516	17466	353	323
130	12265	10846	10221	9880	8858	7950	14253	12633	15559	14139	12663	11981	18171	370	338
132	12585	11129	10488	10138	9089	8157	12972	11525	15965	14508	12993	12294	16538	382	348
137	13395	11844	11162	10790	9674	8682	15565	13829	16992	15441	13829	13085	19844	411	375
142	14216	12571	11847	11452	10267	9214	16520	14677	18033	16388	14677	13887	21061	442	403
147	15048	13306	12540	12122	10868	9753	17487	15536	19089	17347	15536	14700	22294	473	432
152	15890	14051	13241	12800	11476	10299	18464	16405	20156	18317	16405	15522	23540	506	462
157	16739	14802	13949	13484	12089	10850	19452	17282	21234	19297	17282	16352	24799	540	493
162	17596	15559	14663	14174	12708	11405	20447	18166	22320	20284	18166	17188	26068	575	525
165	18112	16016	15094	14590	13081	11739	21047	18699	22976	20879	18699	17693	26833	596	545
168	18631	16474	15525	15008	13455	12075	21649	19234	23633	21477	19234	18199	27601	618	564
171	19150	16934	15959	15427	13831	12412	22253	19771	24292	22076	19771	18707	28371	640	585
175	19845	17548	16538	15986	14333	12863	23061	20488	25174	22877	20488	19386	29400	671	613
178	20367	18010	16972	16407	14709	13201	23667	21027	25836	23479	21027	19896	30173	694	634
180	20715	18318	17263	16687	14961	13427	24072	21387	26278	23880	21387	20236	30689	710	648
185	21586	19088	17989	17389	15590	13991	25084	22286	27383	24884	22286	21087	31980	750	685



III.2.3. Características de cabos de poliéster de alta resistencia:



Table of rope properties of GAMA 98® and CABRAL 512®

	MBF [TF]	[TF]	Diameter [mm]	Mass in Air* Kg/m	Mass in Water* Kg/m
	450	4,413	118	10.0	2.6
	500	4,903	124	11.0	2.8
	600	5,884	135	13.4	3.5
	700	6,865	145	15.7	4.0
	800	7,845	155	18.1	4.7
	900	8,826	168	19.4	5.0
	1,000	9,807	177	22.0	5.7
	1,100	10,787	185	24.1	6.2
	1,200	11,768	193	26.5	6.8
	1,250	12,258	205	27.7	7.1
	1,300	12,749	209	28.8	7.4
	1,400	13,729	216	31.0	8.0
	1,500	14,710	223	33.2	8.5
	1,600	15,691	230	35.6	9.2
	1,700	16,671	237	38.0	9.8
	1,800	17,652	243	40.1	10.3
	1,900	18,633	251	42.9	11.0
	2,000	19,613	256	45.2	11.6
	2,100	20,594	261	47.1	12.1
	2,200	21,575	266	49.4	12.7
	2,300	22,555	273	52.4	13.5
	2,400	23,536	277	54.2	13.9
	2,500	24,517	284	56.9	14.6

* Mass in Air is measured with the rope under a tension of 1% MBL



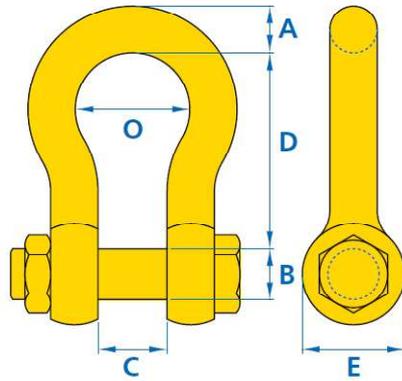
Terminales conexión entre cabo-cadena para fondeo



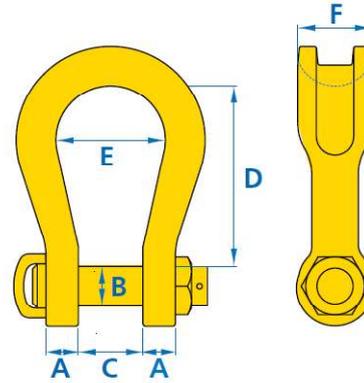


III.2.4. Características de accesorios de fondeo VRYHOF

Shackles



Anchor bow shackle



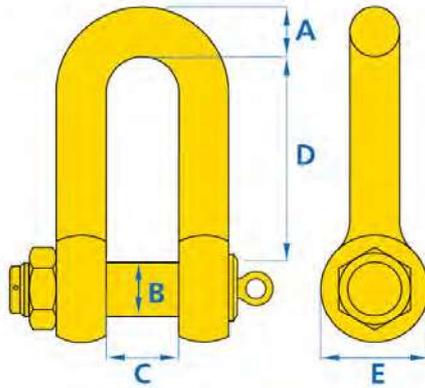
Sling shackle

Anchor Bow shackle According to U.S. federal specification (RR-C-271) dimensions in mm									
SWL t	A	B	C	D chain shackle	D anchor shackle	E	O anchor shackle	Weight Chain shackle kg	Weight anchor shackle kg
35	50	57	83	171	197	114	138	18.16	20.65
42.5	57	65	95	190	222	130	160	27.8	29.3
55	65	70	105	203	254	140	180	35.1	41
85	75	80	127	230	330	160	190	60	62.3
120	99	95	146	267	301	190	230	93	109.5
150	102	108	165	400	400	216	275	145	160
200	120	130	175	500	500	260	290	180	235
250	125	140	200	540	540	280	305	225	285
300	135	150	200	600	600	300	305	305	340
400	165	175	225	650	650	350	325	540	570
500	175	185	250	700	700	370	350	580	685
600	195	205	275	700	700	410	375	850	880
700	205	215	300	730	730	430	400	920	980
800	210	220	300	730	730	440	400	990	1110
900	220	230	320	750	750	460	420	1165	1295
1000	230	240	340	750	750	480	420	1315	1475
1200	250	280	400	840	840	560	500	1700	1900
1500	260	325	460	840	870	650	600	2500	2800

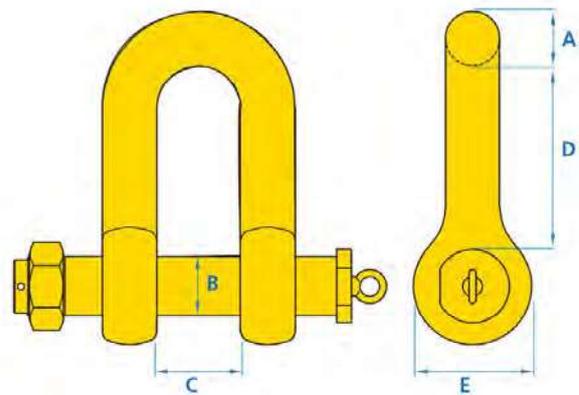
Sling shackle dimensions in mm							
SWL t	A	B	C	D	E	F	weight kg
75	70	70	105	290	186	120	67
125	85	80	130	365	220	150	110
150	89	95	140	390	250	170	160
200	100	105	150	480	276	205	220
250	110	120	170	540	300	240	320
300	122	134	185	600	350	265	350
400	145	160	220	575	370	320	635
500	160	180	250	630	450	340	803
600	170	200	275	700	490	370	980
700	190	215	300	735	540	400	1260
800	200	230	325	750	554	420	1430
900	220	255	350	755	584	440	1650
1000	240	270	380	760	614	460	2120
1250	260	300	430	930	644	530	2400
1500	280	320	460	950	680	560	2980



Shackles



Stevpris Mk5 anchor shackle



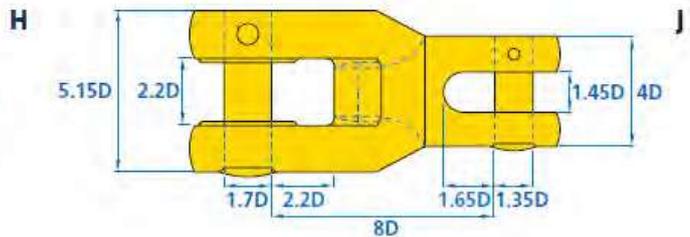
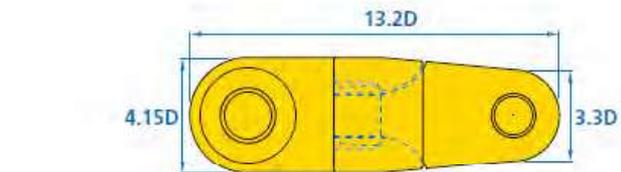
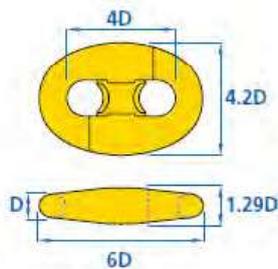
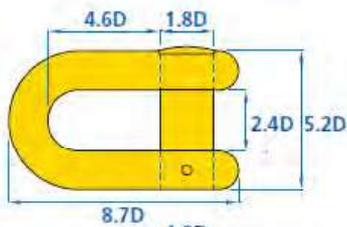
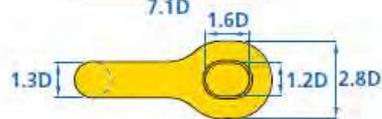
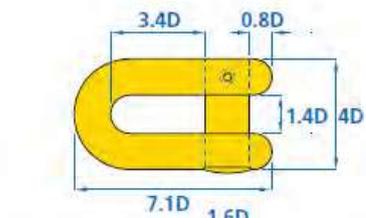
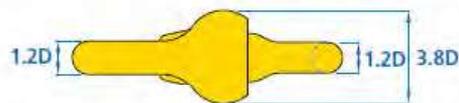
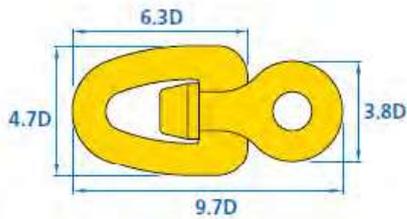
Stevpris Mk6 anchor shackle

Stevpris Mk5 and Mk6 anchor shackle dimensions in mm							
dia A	Bow			pin dia B	length		weight kgs
	inside width C	inside length D	E		Mk5	Mk6	
60	90	211	136	68			30
65	100	221	144	72			37
75	110	246	160	80			52
80	125	275	180	90			79
90	135	310	190	95	410	570	89
100	155	360	220	110	455	620	129
110	170	390	240	120	485	690	168
120	185	420	260	130	520	740	214
130	200	455	280	140	545	800	271
140	210	490	300	150	585	840	335
150	225	520	320	160	620	900	403
160	240	550	340	170	655	940	491
170	255	585	360	180	690	980	606
180	270	615	380	190	730		713
190	290	665	410	205			867
200	305	700	430	215			1000
210	320	730	450	225			1154
220	335	765	470	235			1395
230	340	780	490	245			1483

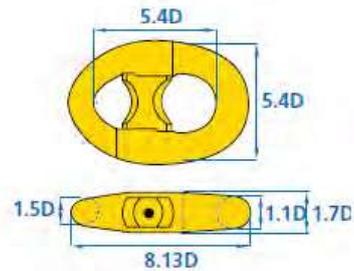
Open fields reflect sizes that may vary. Please consult Vryhof for detailed specification.



Chain components and forerunners



G

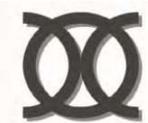


T

F

D

- A = common link
- B = enlarged link
- C = end link
- D = slim center shackle
- E = joining center shackle
- F = large D-type shackle
- G = joining shackle D type
- H = anchor swivel
- J = anchor swivel
- K = special end link
- T = trident shackle
- PL = pear link



IV. PRESUPUESTO:

Se presenta el presupuesto de la instalación sin contabilizar el IVA:

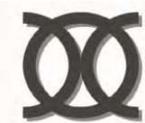
IV.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Resumen Presupuesto

Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
Ud.	Suma de Importes Jaula Flotante y sistemas	2	107 488 425	214 976 850
Ud.	Suma de Importes Fondo	2	4 486 000	8 972 000
Ud.	Suma de Importes Gastos Generales	2	1 247 000	2 494 000
Ud.	Suma de Importes Ingeniería y Estudios	2	3 621 500	7 243 000
Ud.	Suma de Importes Transporte, Remolques e Instalación	2	3 450 000	6 900 000
Ud.	Suma de Importes Balizamiento Perimetral	1	384 040	384 040
*	**	0	0	0
Suma de Importes PRESUPUESTO			120 676 965	240 969 890

El presente presupuesto de ejecución asciende a la cantidad de **EUROS DOSCIENTOS CUARENTA MILLONES NOVECIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS NOVENTA EUROS (€€240 969 890€€)** -----

En Dénia a **miércoles, 5 junio de 2024**



IV.2. PRESUPUESTO:

Jaula Flotante y sistemas

Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
Ud.	Fabricación de Jaula MORELD GM AQUA 1.0 del tipo columna estabilizada de 100x100 m de base entre ejes, columnas de $\varnothing 7$ m, 65m de puntal hasta la plataforma de servicio incluidos sus compartimentos, tanques y sistemas de tuberías, barandas, sollados, pasarelas y soportes prefabricados, todo ello conforme al diseño aprobado por el DNV, con aceros aprobados y operarios certificados.	1	64 550 000	64 550 000
Ud.	Accesorios y equipamiento incluyendo, cables soporte de los elementos estructurales; barandillas y rejillas de PRFV para cubiertas y plataformas de trabajo; Estructuras reticuladas y estructura de cubierta.	1	7 275 000	7 275 000
Ud.	Elementos mecánicos y eléctricos para la gestión de las operaciones: 2xGenerador trifásicos arrastrados por 2x300kW CAT CP; 1xGenerador Auxiliar 118kW CAT C7.1; Sistema de refrigeración y Escape. Sistema de almacenamiento, alimentación y trasiego de combustible 2xBomba Eléctrica 5m ³ @60mca; Sistema de Control y trasiego de Lastre 6xBombas eléctricas 150m ³ @60mca; Sistema de control de sentinas y achique 1xBomba Eléctrica 35m ³ @60mca más 1xBomba Eléctrica de Lodos 35m ³ @60mca; Sistema de agua CI y baldeo 2xBomba Eléctrica 35m ³ @60mca; Ventilaciones de Tanques, silos y compartimentos.	1	935 425	935 425
Ud.	Sistema Eléctrico; Cuadro Principal 430VCA~3; Cuadro Principal 230VCA~1; Subcuadros; Cableado y bandejas; Baterías de acumuladores 24VCC; Iluminación interior y exterior; Luces de posición; Sistema HVAC; Circuito cerrado CCTV; Electrónica, Radio y Navegación; Central Alarmas CI y conexiones; MCT; Central Control de niveles en Tanques y Sentinas; Automatismos.	1	1 492 000	1 492 000
Ud.	Material Náutico y Salvamento. Incl.lancha	1	125 000	125 000
Ud.	Sistema de Gestión de Acuicultura: sistema de Alimentación 4xSopladores de alimentación y 8xEsparcidores de Pienso; Sistema de cortina de Aire; sistema de Oxigenación de los corrales; Sensores de Monitorización y control de la biomasa.	1	4 890 000	4 890 000
Ud.	Conjunto de Redes tipo: Redes Antipredadores Laterales y fondo en todo el perímetro de la jaula; Red Antipajaros superior en DYNEEMA TBC40mm MBL790kg; x6 sectores con Segunda capa de Red DYNEEMA con el TBC adecuado al tamaño de los individuos del cardumen y a razón de 2 unidades por ciclo.	1	5 250 000	5 250 000
Ud.	Pintura de obra muerta con varias capas acrílicas con cenefas de varios colores y la obra viva además una capa antiincrustante.	1	22 971 000	22 971 000
*	**	1	0	0
Suma de Importes Jaula Flotante y sistemas				107 488 425



Fondeo

Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
Ud.	Tren de Fondeo para Jaula GM AQUA 1.0 para un calado entre 185m formado por: Tramo de cabo poliester CABRAL 512 ø241mmx160m con gazas y protecciones, DOS grilletes de eslinga para unión a jaula y cadena; Tramo de cadena pesada sin concreto de alta resistencia grado R4 de ø142mm entre 455 y 755m, con sus eslabones de unión entre largos; Ancla de alto poder de agarre marca VRYHOF modelo STEVPRIS MK5 de 50Tm c/grillete de cadena y de orinque; Rinque y boya de recuperación de 100lts; Boyas OFFSHORE para mantener el extremo del fondo del cabo elevado sobre el fondo.	8	560 750	4 486 000
*	**	0	0	0
Suma de Importes Fondeo				4 486 000

Gastos Generales

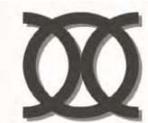
Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
Ud.	Gastos Generales del Astillero; Seguros; Tasas de obtención de CLASE por DNV; Licencias de diseño y Gestión de proyecto.	1	1 247 000	1 247 000
*	**	0	0	0
Suma de Importes Gastos Generales				1 247 000

Ingeniería y Estudios

Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
Ud.	Proyecto de Diseño, Proyecto de Construcción y Pruebas y ensayos; Estudios	1	3 600 000	3 600 000
Ud.	Gastos Técnicos estudios, licencias y permisos.	1	21 500	21 500
*	**	0	0	0
Suma de Importes Ingeniería y Estudios				3 621 500

Transporte, Remolques e Instalación

Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
Ud.	Transportes, movimientos, remolcadores e instalación de las unidades en su posición en mar abierto.	1	3 450 000	3 450 000
*	**	0	0	0
Suma de Importes Transporte, Remolques e Instalación				3 450 000



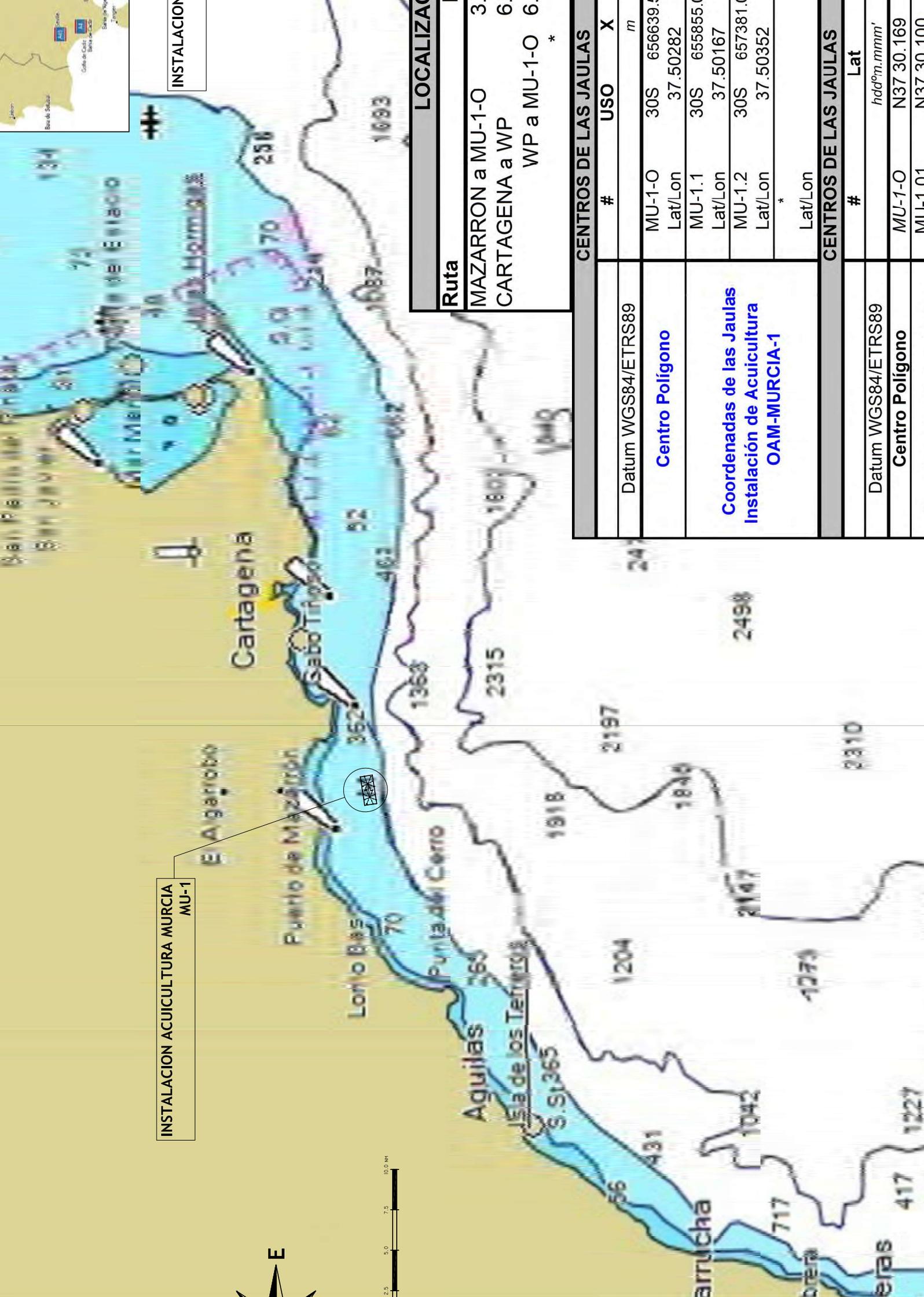
Balizamiento Perimetral

Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
Ud.				
	Boya de elastómero, modelo EBM30C, de ø3m y 6,2m de altura focal. Flotador fabricado con lámina sólida de espuma de polietileno de célula cerrada y acabado con una proyección de poliuretano elastómero, relleno de poliestireno de célula cerrada, que evita la absorción de agua, pigmentado en color con protección UV y repelente a incrustaciones marinas. Con Marca de Tope Cruz de San Andrés; Soporte para Baliza;Aro quitamiedos;Reflector de Radar. Color AMARILLO RAL1023	6	32 880	197 280
Ud.	Tren de FONDEO para EBM30C para un calado de entre 161:205m equipado por: Tramo de cadena ø34mmx199:247m con 9 grilletes fijos y uno giratorio.	6	16 342	98 050
Ud.	Baliza Autoalimentada LED marca MSM modelo MCL360S con fuente luminosa compuesta por diodos LED de alta intensidad y lentes acrílicas de gran precisión. Equipado con: 4 módulos solares 3.7W; Batería LEAD CRYSTAL de 4.8Ah; 10° Divergencia vertical; Asa de agarre; Pantalla visor de estado; Modulo de sincronización GPS. Color AMBAR.	6	1 660	9 960
m ³	Muertos Hormigón Armado	19.2	125	2 400
Ud.	Montaje y Posicionamiento	1	75 400	75 400
Ud.	Portes	1	950	950
*	**	1	0	0
Suma de Importes Balizamiento Perimetral				384 040



V. PLANOS

22280-671.00.0 PLANO DE SITUACION
22280-671.01.0 PLANO DE EMPLAZAMIENTO
22280-671.05.0 PLANO DE BALIZAMIENTO
22280-671.10.0 DISTRIBUCIÓN GENERAL
22280-671.11.0 DISTRIBUCIÓN GENERAL 1
22280-671.30.0 JAULA GENERAL
22280-671.40.0 PLANO DE FONDEO
22280-671.X.0



INSTALACION ACUICULTURA MURCIA
MU-1

INSTALACION

LOCALIZACION

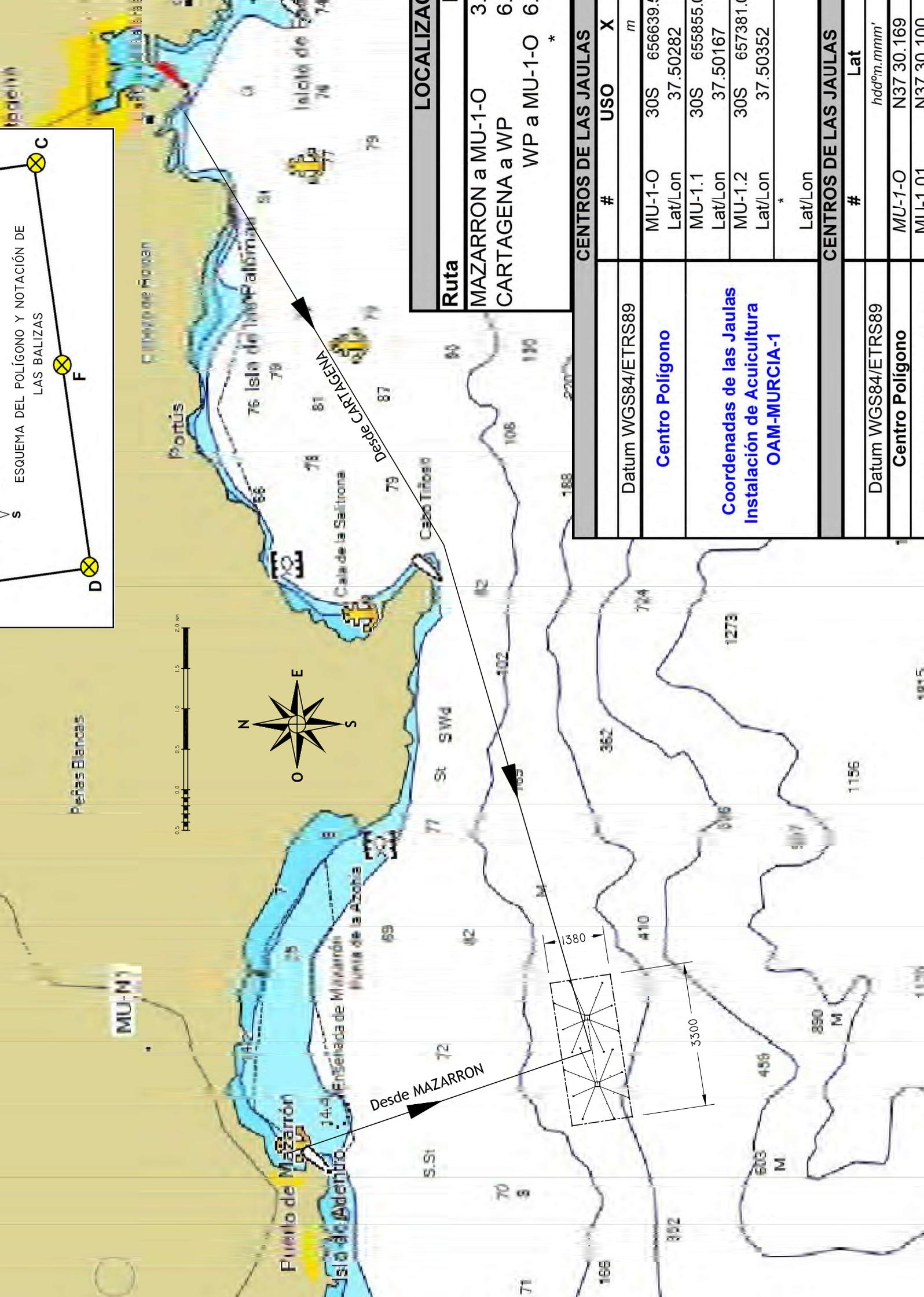
Ruta	1	2	3	4	5	6
MAZARRON a MU-1-O						3
CARTAGENA a WP						6
WP a MU-1-O						6

CENTROS DE LAS JAULAS

	#	USO	X	Y
Datum WGS84/ETRS89				m
Centro Poligono	MU-1-O	30S	656639.1	
	Lat/Lon		37.50282	
	MU-1.1	30S	655855.0	
	Lat/Lon		37.50167	
Coordenadas de las Jaulas Instalación de Acuicultura OAM-MURCIA-1	MU-1.2	30S	657381.1	
	Lat/Lon		37.50352	
	*			
	Lat/Lon			

CENTROS DE LAS JAULAS

	#	Lat
Datum WGS84/ETRS89		hdd°m.mmm'
Centro Poligono	MU-1-O	N37 30.169
	MU-1.01	N37 30.100



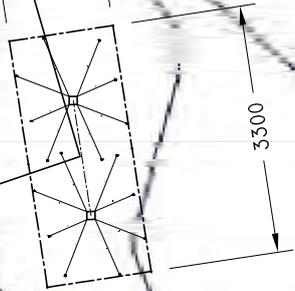
LOCALIZACIÓN	
Ruta	1
MAZARRÓN a MU-1-O	3
CARTAGENA a WP	6
WP a MU-1-O	6

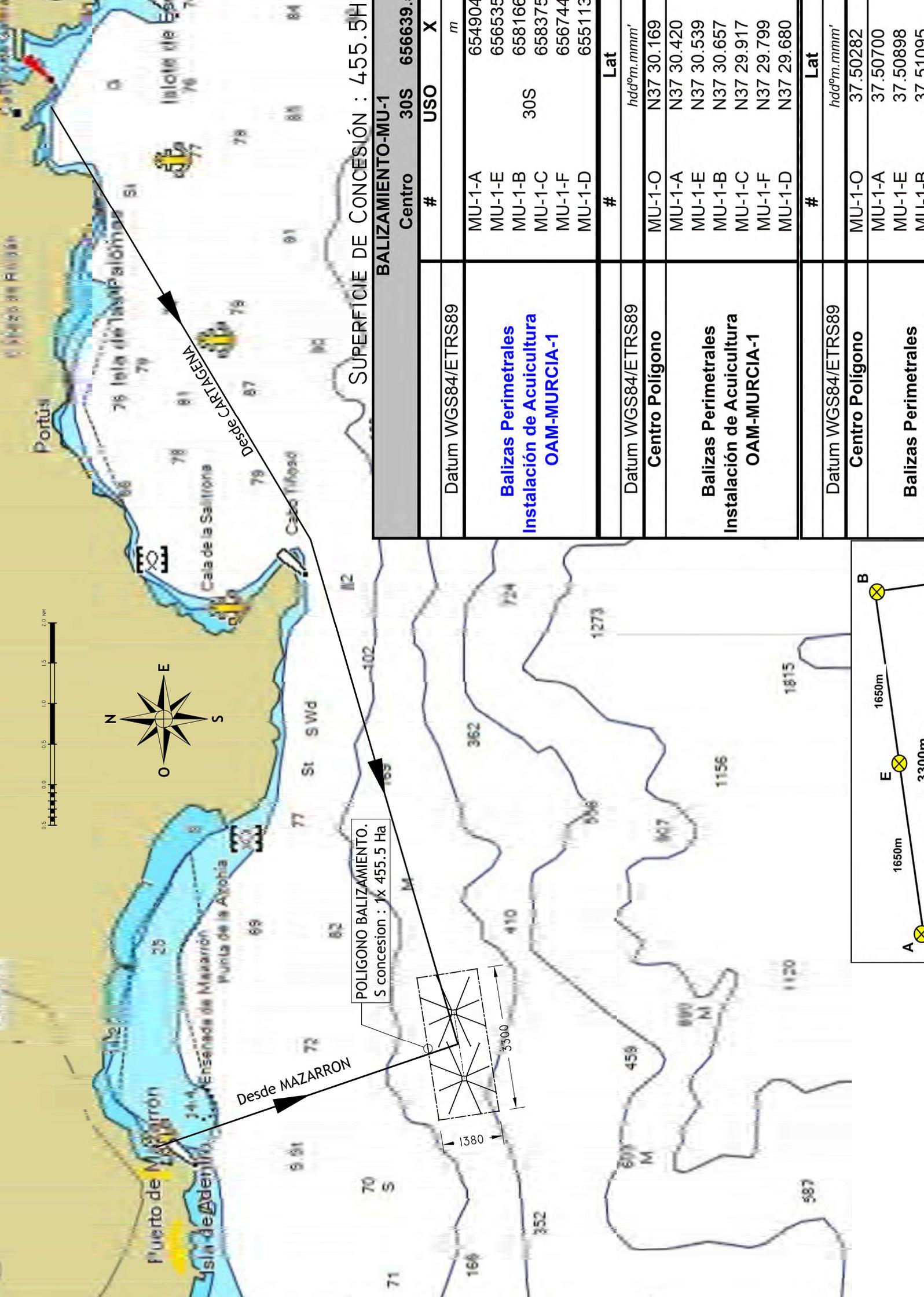
CENTROS DE LAS JAULAS			
#	USO	X	m
MU-1-O	30S	656639.1	
Lat/Lon		37.50282	
MU-1.1	30S	655855.0	
Lat/Lon		37.50167	
MU-1.2	30S	657381.0	
Lat/Lon		37.50352	
	*		
Lat/Lon			

CENTROS DE LAS JAULAS	
#	Lat
	hdd°m.mmm'
MU-1-O	N37 30.169
MU-1.01	N37 30.100



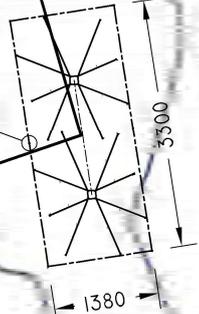
Desde MAZARRÓN





Desde MAZARRÓN

POLIGONO BALIZAMIENTO.
S concesion : 1x 455.5 Ha



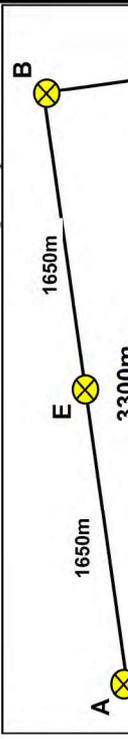
BALIZAMIENTO-MU-1

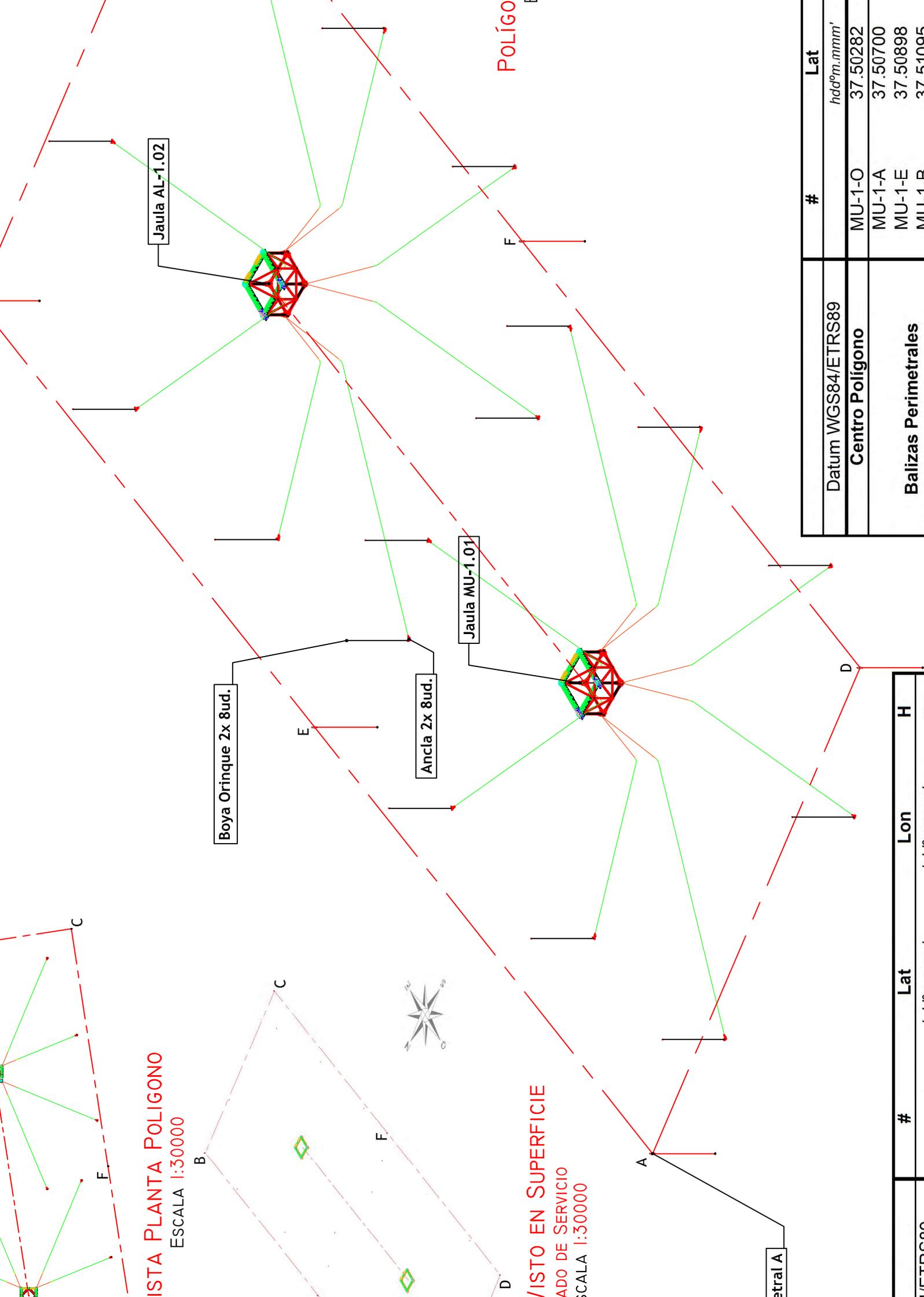
SUPERFICIE DE CONCESIÓN : 455.5H

Centro		30S	656639.
#	USO	X	m
MU-1-A		654904	
MU-1-E		656535	
MU-1-B	30S	658166	
MU-1-C		658375	
MU-1-F		656744	
MU-1-D		655113	

#	Lat
	hdd°m.mmm'
MU-1-O	N37 30.169
MU-1-A	N37 30.420
MU-1-E	N37 30.539
MU-1-B	N37 30.657
MU-1-C	N37 29.917
MU-1-F	N37 29.799
MU-1-D	N37 29.680

#	Lat
	hdd°m.mmm'
MU-1-O	37.50282
MU-1-A	37.50700
MU-1-E	37.50898
MU-1-B	37.51095



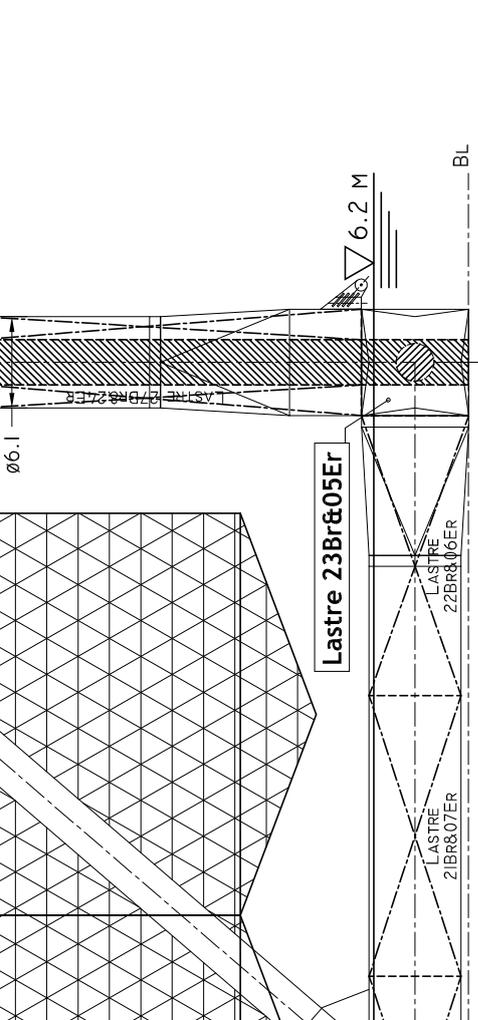
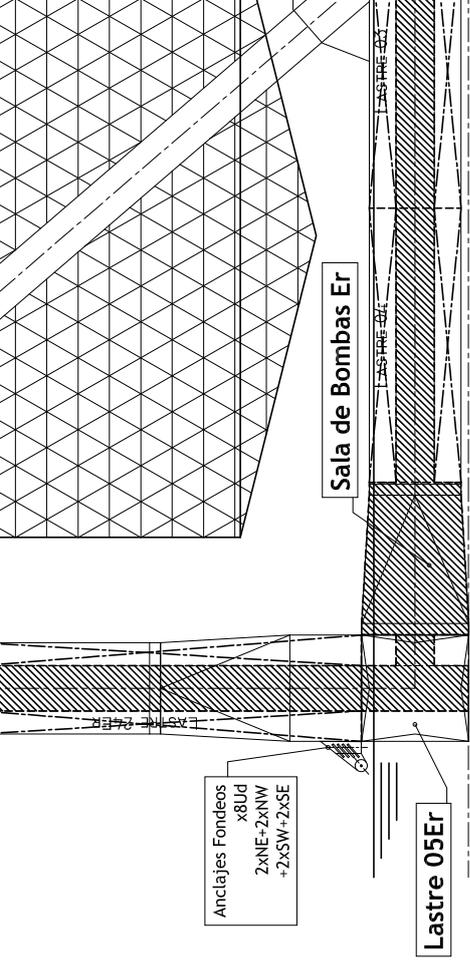


ISTA PLANTA POLIGONO
 ESCALA 1:30000

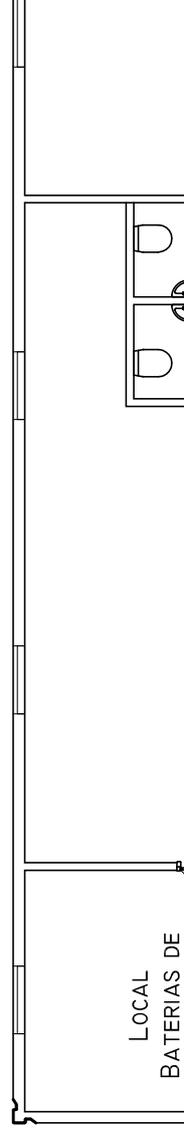
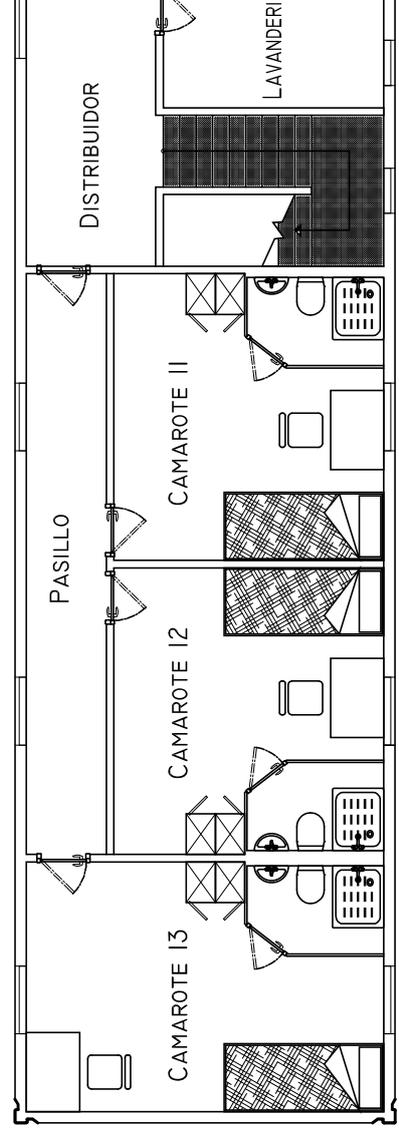
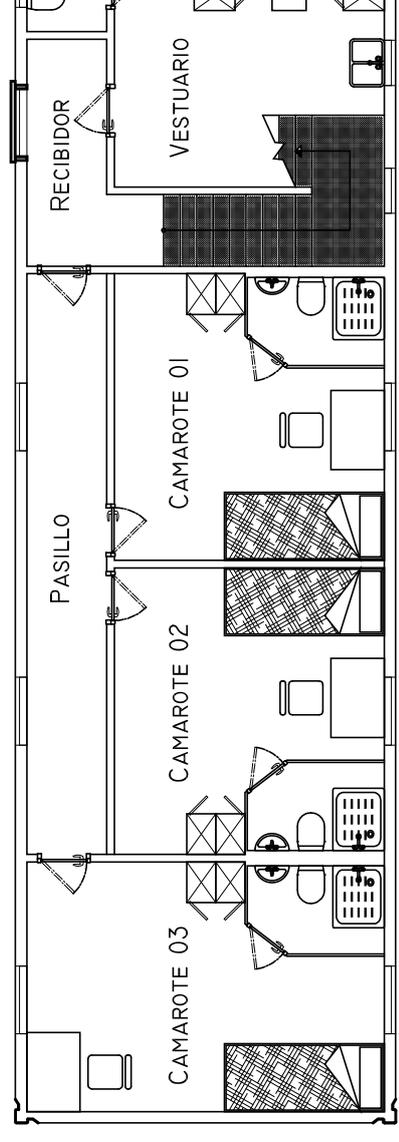
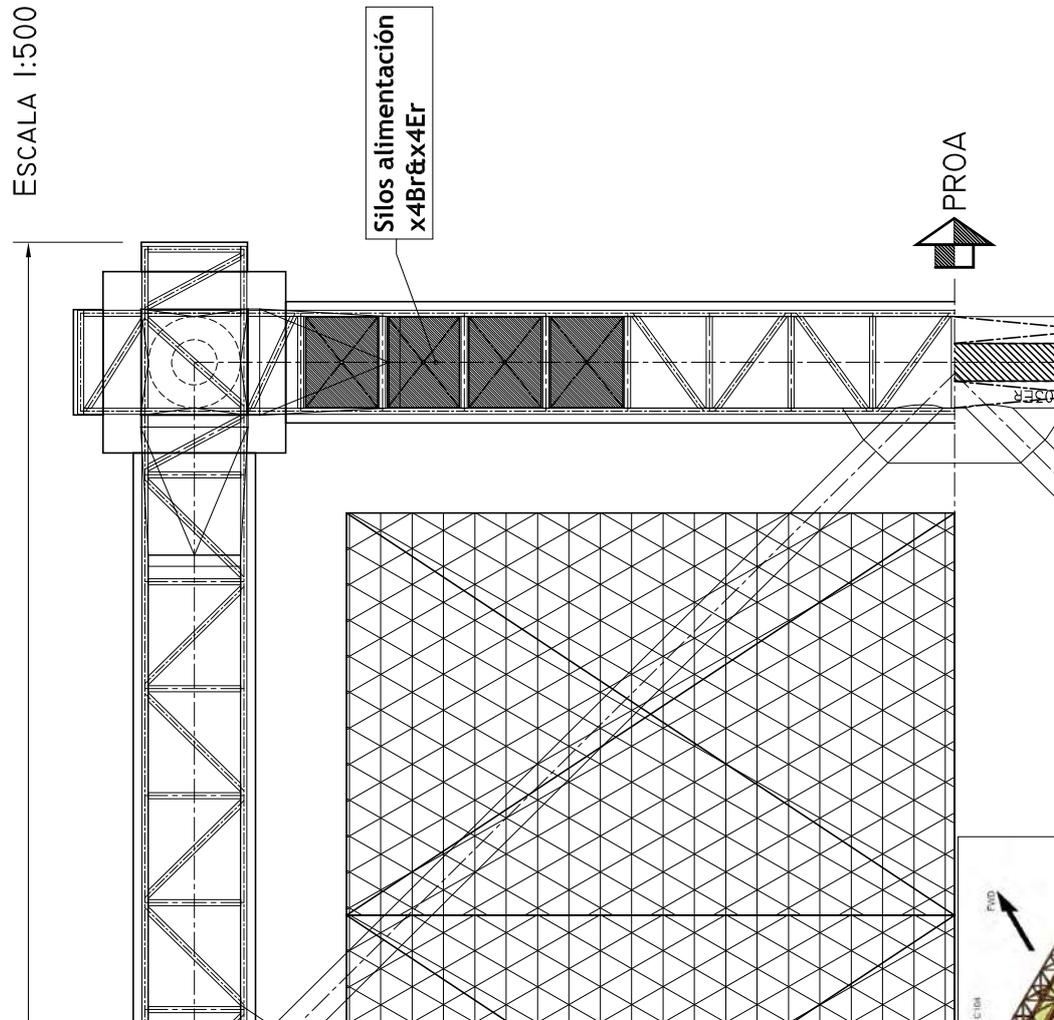
ISTO EN SUPERFICIE
 ESTADO DE SERVICIO
 ESCALA 1:30000

	#	Lat
Datum WGS84/ETRS89		hddºm.mmm'
Centro Poligono	MU-1-O	37.50282
Balizas Perimetrales	MU-1-A	37.50700
	MU-1-E	37.50898
	MU-1-B	37.51095

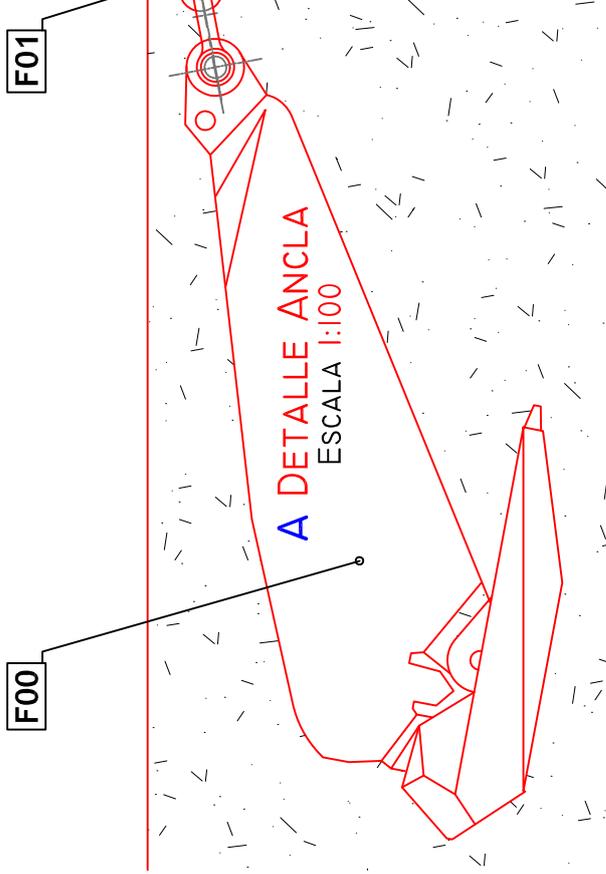
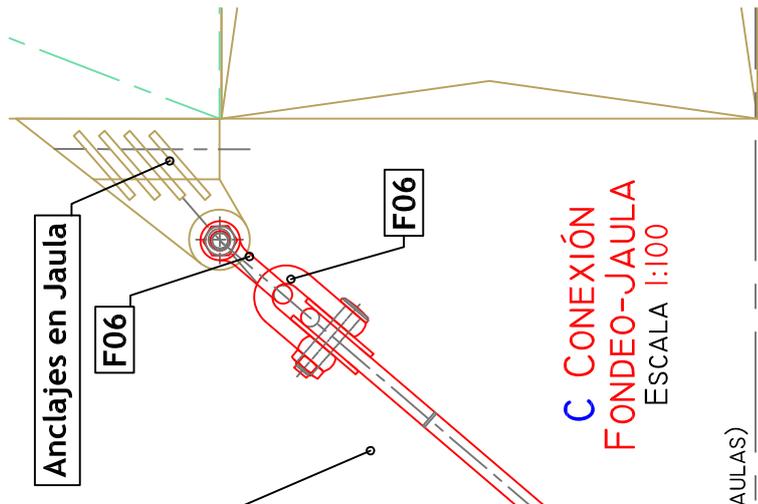
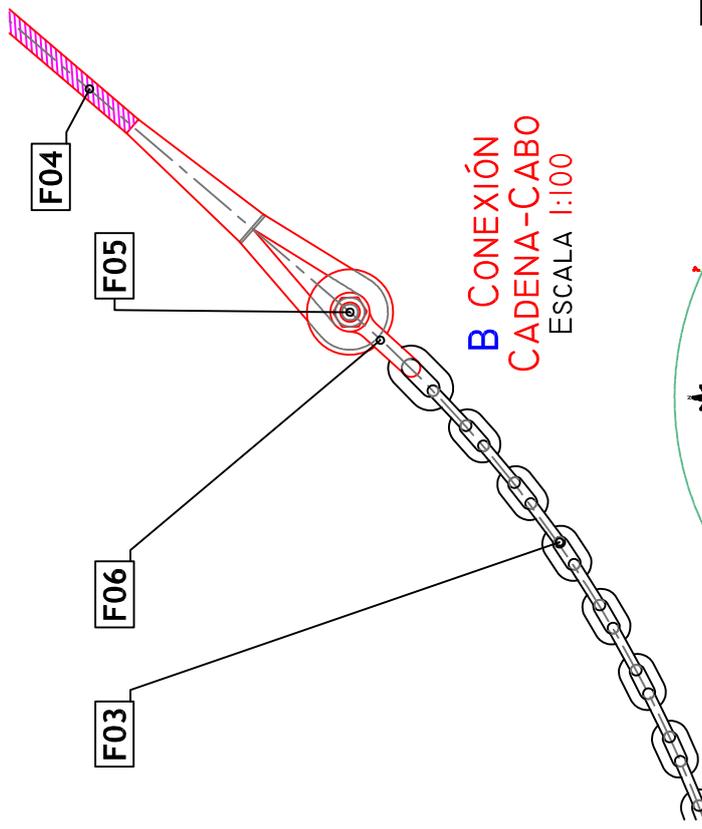
#	Lat	Lon	H



ALZADO
 ESCALA 1:500



**B - Conexion
Cadena-Cabo**



(AULAS)

LISTA DE MATERIALES x FONDEO

Ref	Descripción	Dimensiones
F00	Ancla VRYHOF modelo STEVPRIS MK5	50Tm
F01	Pear Link	Nº10
F02	Cadena Ligera STUDLESS R4	ø87xXXm
F03	Cadena Pesada STUDLESS R4	ø147xL s/Tabla m
F04	Cabo Poliéster DEEPROPE c/gazas	ø241x160m

Fiber Length	Total Length	Range from Fairlead	Range from Origo	Bearing CW rel. North
m	m	m	m	deg
160	815	740	811	22.5
160	915	841	912	67.5
160	865	791	861	112.5
160	615	541	611	157.5

