



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Solución técnica a la ampliación del Puerto de Almería.

Trabajo realizado por:
Alberto Cañada Pérez

Dirigido:
Amador Gafo Álvarez
Raúl Medina Santamaría

Titulación:
**Máster Universitario en
Ingeniería de Caminos, Canales y
Puertos**

Santander, septiembre de 2017

TRABAJO FINAL DE MASTER



INDICE GENERAL.



I-MEMORIA.

INDICE GENERAL.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.

1.1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS E HISTORICOS

1.1.2 SITUACION GEOGRAFICA.

1.1.3 SITUACION ACTUAL.

1.1.4 ENTORNO SOCIOECONOMICO.

1.1.5 CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.

1.1.6 MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.

1.1.7 CLIMATOLOGIA.

1.1.8 CLIMA MARITIMO.

1.1.9 NIVEL DEL MAR.

1.1.10 DEFINICION DE ALTERNATIVAS.

1.1.11 PROPAGACION DEL OLEAJE.

1.1.12 ANALISIS DE LA AGITACION INTERIOR.

1.1.13 DISEÑO SOLUCION ADOPTADA.

1.1.14 ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.

1.1.15 DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS.



- 1.1.16 VALORACION DE LOS IMPACTOS.
- 1.1.17 MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS.
- 1.1.18 PRESUPUESTO.
- 1.1.19 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.
- 1.1.20 CONCLUSION.

II-ANEJOS A LA MEMORIA

1. ANEJO Nº1 – ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y ADMINISTRATIVOS.

- 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.
 - 1.1.1. HISTORIA DE ALMERIA.
 - 1.1.2. FUNDACION.
 - 1.1.3. HISTORIA DEL PUERTO DE ALMERIA.
- 1.2. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS
 - 1.1.4. INTRODUCCION.
 - 1.1.5. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.

1. ANEJO Nº2 – SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

- 1.1. A NIVEL NACIONAL.
- 1.2. A NIVEL PROVINCIAL.
- 1.3. A NIVEL LOCAL.

1. ANEJO Nº3 – SITUACIÓN ACTUAL.

- 1.1. INTRODUCCION.
- 1.2. CONDICIONES GENERALES.
- 1.3. PLANTA DE LONGITUDES Y CALADOS.
- 1.4. ACESSOS TERRESTRES Y COMUNICACIONES INTERIORES.

1. ANEJO Nº4 – ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

- 1.1. ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.
- 1.2. ANÁLISIS DEMOGRÁFICO.
 - 1.2.1. SITUACION ACTUAL.
 - 1.2.2. EVOLUCIÓN.
- 1.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA.
 - 1.3.1. SECTOR AGRARIO.
 - 1.3.2. SECTOR PESQUERO.
 - 1.3.3. SECTOR INDUSTRIAL.
 - 1.3.4. SECTOR CONSTRUCCION.
 - 1.3.5. SECTOR TURISTICO.
- 1.4. TRÁFICO PORTUARIO.
 - 1.4.1. MERCANCIAS.
 - 1.4.2. RELACION-RUTAS: PUERTOS ORIGEN-DESTINO.



1.4.3. FORMAS ENTRADA SALIDA.

1.4.4. CONTENEDORES.

1.4.5. BUQUES.

1.4.6. TRAFICO DE PASAJE.

1.4.7. EVOLUCION TEMPORAL.

1. ANEJO Nº5 – MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. RASGOS GEOLOGICOS Y EVOLUCION.

1.3. EVENTOS SEDIMENTARIOS.

1.4. EVOLUCION RECIENTE DE LA BAHIA DE ALMERIA.

1. ANEJO Nº6 – SISMICIDAD.

1.1. SISMICIDAD.

1.1.1. NORMATIVA VIGENTE.

1.1.2. APLICACIÓN DE LA NORMA.

1.1.3. CONCLUSION.

1. ANEJO Nº7 – CLIMATOLOGIA.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. VARIABLES CLIMATICAS PRINCIPALES

1.2.1. PRECIPITACIONES.

1.2.2. VIENTOS.

1.2.3. TEMPERATURAS.

1.3. DATOS CLIMATICOS.c

1.3.1. VALORES CLIMATOLOGICOS NORMALES.

1.3.2. VALORES CLIMATOLOGICOS EXTREMOS.

1. ANEJO Nº8 – CARTOGRAFIA Y BATIMETRIA.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. CARTOGRAFIA.

1.3. BATIMETRIA.

1 ANEJO Nº9 – CLIMA MARITIMO.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. VIENTO.

1.2.1. REGIMEN MEDIO DE VIENTOS.

1.2.2. REGIMEN EXTREMAL DE VIENTO.

1.3. OLEAJE.

1.3.1. OLEAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS.

1 ANEJO Nº10 – NIVEL DEL MAR.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. REGIMEN EXTREMAL DEL NIVEL DEL MAR.



1.2.1 ESTACIONARIO.

1.2.2 NO ESTACIONARIO.

1 ANEJO Nº11 – DEFINICION DE ALTERNATIVAS.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 SITUACION ACTUAL.

1.3 DIQUE EXENTO Nº1.

1.4 DIQUE EXENTO Nº3.

1.5 DIQUE EXENTO Nº4.

1 ANEJO Nº12 – PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO.

1.3 INFORMACION UTILIZADA.

1.4 DESCRIPCION DEL MODELO NUMERICO MSP.

1.4.1 METODO DE RESOLUCION.

1.5 GEOMETRIAS CONSIDERADAS.

1.6 DISEÑO DE LOS DOMINIOS NUMERICOS.

1.6.1 BATIMETRIA.

1.6.2 DATOS DE OLEAJE UTILIZADOS.

1.6.3 CONTORNO PORTUARIO.

1.7 CASOS PROPAGADOS.

1.7.1 CASO I: 60_180-210_195N.

1.7.2 CASO II: 49_210-240_225N.

1.7.3 CASO III: 47_120-150_135N

1.7.4 CASO IV:39_150-180_165N

1.7.5 CASO V: 31_90-120_105N

1.7.6 CASO VI:16_60-90_75N

1.7.7 CASO VII:15_240-270_255N

1.7.8 CASO VIII: 12_300-330_315N.

1.7.9 CASO IX: 10_270-300_285N

1.7.10 CASO X: 9_30-60_45N

1 ANEJO Nº13 – ANÁLISIS DE LA AGITACIÓN INTERIOR.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 REQUERIMIENTOS EN PLANTA.

1.2.1 DARSENAS Y MUELLES.

1.3 CONDICIONES LIMITE DE OPERACIÓN.

1.4 PUNTOS DE CONTROL.

1.4.1 REGIMENES DE OLEAJE EN LOS PUNTOS DE CONTROL.



1 . ANEJO Nº14 – CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO.

1.2.1 INTRODUCCION.

1.2.2 DEFINICION DE TRAMOS Y SUBTRAMOS.

1.2.3 CARÁCTER DE LA OBRA.

1.2.4 METODO DE VERIFICACION.

1 . ANEJO Nº15 – DISEÑO SOLUCION ADOPTADA.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 DIQUE EXTERIOR.

1.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO.

1.2.2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

1.2.2.1 TRANSMISION

1.2.2.2 REBASE.

1.2.2.3 REFLEXION

1.2.3 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

1.2.3.1 DEFINICION DE LA LEY DE PRESIONES.

1.2.3.2 MATERIALES

1.2.3.3 ESTABILIDAD DEL CONJUNTO CAJON-ESPALDÓN.

1.2.3.4 DISEÑO DE ELEMENTOS SINGULARES

1.3 CONTRADIQUE.

1.3.1 PREDIMENSIONAMIENTO.

1.3.2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

1.3.2.1 RUN-UP Y RUN DOWN.

1.3.2.2 TRANSMISION

1.3.2.3 REBASE.

1.3.2.4 REFLEXION

1.3.3 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

1.3.3.1 ESTABILIDAD DE LOS MANTOS PRINCIPALES.

1.3.3.2 MANTO SECUNDARIO.

1.3.3.3 NUCLEO.

1.3.3.4 RESUMEN DE LOS MANTOS DEFINIDOS.

1.3.3.5 BERMA INFERIOR EXTERIOR.

1.3.3.6 ANALISIS DEL ESPALDON.

1 . ANEJO Nº15 – ANÁLISIS AMBIENTAL.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 LEGISLACION VIGENTE.

1.3 JUSTIFICACION DE LA ACTUACION.



1.4 OBJETO DEL INFORME.

1.5 METODOLOGIA.

1.6 ANALISIS DEL ENTORNO.

1.6.1 ZONA DE ESTUDIO.

1.6.2 MEDIO FISICO.

1.6.3 MEDIO HUMANO.

1.7 IDENTIFICACION Y VALORACION DE IMPACTOS.

1.7.1 DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS.

1.7.2 VALORACION DE LOS IMPACTOS.

1.7.3 CARACTERIZACION CUANTITATIVA

1.7.4 RESUMEN DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS.

1.7.5 MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS.

1.7.6 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROPUESTO.

1 . ANEJO Nº17 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 TABLA DE JUSTIFICACION DE PRECIOS.

1.2.1 DIQUE EXTERIOR.

1.2.2 CONTRADIQUE.

DOCUMENTO Nº2 PLANOS

0 LOCALIZACION

1 SITUACION INICIAL

3 BATIMETRIA Y EJES

4 SECCIONES TRANSVERSALES DIQUE EXTERIOR

4.1 ARRANQUE DIQUE EXTERIOR

4.2 MEDIO DIQUE EXTERIOR

4.3 FINAL DIQUE EXTERIOR

4.4 CONJUNTO SECCIONES DIQUE EXTERIOR

5 SECCIONES TRANSVERSALES CONTRADIQUE

5.1 ARRANQUE CONTRADIQUE

5.2 MEDIO CONTRADIQUE

5.3 FINAL CONTRADIQUE

5.4 CONJUNTO SECCIONES CONTRADIQUE

6 SITUACION FINAL.

6 1 SITUACION FINAL DIQUES

6.2 SITUACION FINAL DETALLE DIQUES



DOCUMENTO Nº3 PRESUPUESTO

1.3.1 DIQUE EXTERIOR.

1.3.2 CONTRADIQUE.

1.4 RESUMEN DE PRESUPUESTO

1 . MEDICIONES.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 DIQUE EXTERIOR.

1.2.1 SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -19,589.

1.2.2 SECCION MEDIA:0+422.34, COTA BATIMETRICA: -29.706.

1.2.3 SECCION FINAL: 0+886.61, COTA BATIMETRICA: -31.461.

1.2.4 VOLUMENES DIQUE EXTERIOR.

1.3 CONTRADIQUE.

1.3.1 SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -17,318.

1.3.2 SECCION MEDIA:0+203.08, COTA BATIMETRICA: -27.258.

1.3.3 SECCION FINAL: 0+431,63, COTA BATIMETRICA: -29.994.

1.3.4 VOLUMENES CONTRADIQUE.

1 . PRESUPUESTO.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 COSTES MATERIALES.

1.2.1 DIQUE EXTERIOR.

1.2.2 CONTRADIQUE.

1.3 PRESUPUESTO.



DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA



I.MEMORIA DESCRIPTIVA



MEMORIA DESCRIPTIVA.....	1
1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	4
1.1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS E HISTORICOS.....	4
1.1.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.	4
1.1.1.2 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.	5
1.1.2 SITUACION GEOGRAFICA.....	6
1.1.3 SITUACION ACTUAL.	6
1.1.4 ENTORNO SOCIOECONOMICO.	8
1.1.4.1 ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.....	8
1.1.4.2 ANALISIS DEMOGRAFICO.	8
1.1.4.3 POR EDAD.....	9
1.1.4.4 ACTIVIDAD ECONOMICA.	9
1.1.4.5 TRAFICO PORTUARIO.	10
1.1.5 CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.	10
1.1.5.1 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO.....	10
1.1.6 MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.....	11
1.1.7 CLIMATOLOGIA.....	11
1.1.7.1 VARIABLES CLIMATICAS PRINCIPALES	12
1.1.8 CLIMA MARITIMO.....	13



1.1.8.1	VIENTO.....	13	1.1.15	DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS.	47
1.1.8.2	OLEAJE.....	13	1.1.15.1	SOBRE EL MEDIO ATMOSFERICO.....	47
1.1.8.3	REGIMEN DE PERSISTENCIAS.....	20	1.1.15.2	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO MARINO	48
1.1.9	NIVEL DEL MAR.	21	1.1.15.3	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO TERRESTRE	48
1.1.9.1	ESTACIONARIO.....	21	1.1.16	VALORACION DE LOS IMPACTOS.....	48
1.1.9.2	NO ESTACIONARIO.....	22	1.1.17	MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS.	48
1.1.10	DEFINICION DE ALTERNATIVAS.....	23	1.1.18	PRESUPUESTO.....	49
1.1.11	PROPAGACION DEL OLEAJE.	23	1.1.19	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.	49
1.1.11.1	DATOS DE OLEAJE UTILIZADOS.....	24		¡Error! Marcador no definido.	
1.1.11.2	CONTORNO PORTUARIO	24			
1.1.12	ANALISIS DE LA AGITACION INTERIOR.	24			
1.1.12.1	DARSENAS Y MUELLES.....	24			
1.1.12.2	CONDICIONES LIMITE DE OPERACIÓN.	24			
1.1.13	DISEÑO SOLUCION ADOPTADA.....	26			
1.1.13.1	DIQUE EXTERIOR.....	26			
1.1.13.2	CONTRADIQUE.....	36			
1.1.14	ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.	47			
1.1.14.1	JUSTIFICACION DE LA ACTUACION	47			
1.1.14.2	ANALISIS DEL ENTORNO.	47			



1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.

El presente estudio, se desarrolla dentro del ámbito de la ingeniería marítima, constituye una solución técnica a la ampliación del puerto comercial de Almería.

1.1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS E HISTORICOS

1.1.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.

Habitada desde la prehistoria, fue ocupada por fenicios, cartagineses y romanos. Almería fue ocupada por Roma durante la campaña de Escipión contra los cartagineses a finales del siglo III a. C., recibiendo el nombre de Portus Magnus, convirtiéndose en uno de los puertos más importantes del sur de Hispania, fortaleciéndose el comercio con el resto del Mediterráneo.

Durante la edad media se fundó un núcleo de población con el nombre de Bayyāna, la actual Pechina, capital de la región durante la época musulmana, que se engrandeció y llegó a convertirse en una auténtica república marítima. Almería, como tal, nacería durante la primera mitad del siglo X como barrio marítimo de aquella, recibiendo el nombre de al-Mariyyāt Bayyāna («la atalaya de Pechina»), que coincidiría con la romana Portus Magnus.

Bajo continuas pugnas consecuencia de la reconquista, Jaime II de Aragón intentó de nuevo la toma de la ciudad en 1309. La conquista definitiva se llevó a cabo en 1489 por los Reyes Católicos.

En torno al siglo XVI sufrió varios terremotos, en 1512, 1522 y 1550, que tuvieron como consecuencia directa una importante pérdida patrimonial en la Almería de la época. Dada la situación de sus infraestructuras quedó apartada del desarrollo que supuso el comercio tanto al mediterráneo como al atlántico.

Ya hacia el final de la edad moderna, comienzan a sentarse las bases de una incipiente actividad minera, motor en siglos posteriores del desarrollo económico de la urbe. En 1833 pasa a ser capital de la recién creada provincia de Almería, desvinculándose del reino de Granada, unido esto al desarrollo económico se produjo una importante transformación urbanística cuya principal característica fue, en un principio,

la liberación de espacio intramuros y posteriormente el derribo de las murallas, lo cual fue clave para permitir el desarrollo de la ciudad.

En la actualidad (su economía se basa en el turismo y en los cultivos de invernadero) es la huerta de invierno de Europa. Igualmente, en los últimos años ha experimentado un alza en demanda y calidad de los productos artesanales.

1.1.1.1.1 HISTORIA DEL PUERTO DE ALMERÍA.

Localizado en el golfo de Almería, en la fachada mediterránea de la costa andaluza. Utilizado ya como fondeadero por civilizaciones preromanas para sus actividades comerciales, comienza a tomar importancia bajo la propia ocupación romana, y es bajo la influencia musulmana cuando se consolida como polo de riqueza, capaz de vertebrar un importante desarrollo económico, militar y cultural de la región.

Almería se convirtió en el puerto más importante y cosmopolita de Al-Ándalus, base de la flota omeya y puerta a Oriente y al norte de África. Polo comercial de la época e integrado dentro de las dinámicas económicas de la piratería musulmana, vertebral en cierto modo el incipiente desarrollo de la ciudad.

En torno al año 1500 sufre una serie de terremotos que afectan gravemente al puerto, como consecuencia de esto el puerto de Almería queda aislado del desarrollo y generación de riqueza que supuso el comercio con las, recién descubiertas, Américas.

La construcción del puerto de Almería como tal se inicia en 1847 y se concluye en 1908. Entre 1908 y 1936 se finalizan los muelles y se inicia el puerto pesquero, en aquel momento la actividad portuaria se centraba en las exportaciones y en el tráfico de personas, principalmente emigrantes al norte de África.

Tras la guerra civil, las actividades se centran en la reparación del puerto, asimismo y tras este periodo de reparaciones se continua con la actividad comercial, tanto exportación como importación.



1.1.1.2 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.

La E.T.S de Caminos, Canales y Puertos de Santander, de acuerdo con el Plan de Estudios fijado exige a cada alumno la realización de un trabajo de fin de master relacionado con la ingeniería civil.

Con este objeto se opta por la redacción de una solución técnica valorada a la ampliación del Puerto de Almería. Como tal, define un diseño técnico valorado, tal que cumpla los condicionantes funcionales, resistentes y medioambientales requeridos.

Con respecto al objeto del trabajo de fin de master se justifica en lo siguiente:

“Las nuevas necesidades de dotación de infraestructuras derivadas de los crecimientos previstos en los tráficos concluyen en requerir una ampliación del puerto que conllevará la alteración significativa de la configuración existente del mismo en la actualidad.”

Relativo a la ampliación el BOE publica lo siguiente, es por tanto este el condicionante administrativo en el que se enmarca el presente trabajo de fin de master:

:



V. Anuncios

A. Anuncios de licitaciones públicas y adjudicaciones

MINISTERIO DE FOMENTO

2774 *Anuncio previo de licitación de la Autoridad Portuaria de Almería, sobre la ejecución de la obra de Dique Exterior, Fase Primera, en el Puerto de Almería.*

1. Entidad adjudicadora: Datos generales y datos para la obtención de la información:

- a) Organismo: Autoridad Portuaria de Almería.
- b) Dependencia que tramita el expediente: Departamento de Planificación.
- c) Domicilio: Muelle de Levante, s/n.
- d) Localidad y código postal: Almería - 04071.
- e) Teléfono: 950 236 033.
- f) Telefax: 950 232 949.

2. Objeto del contrato y fecha prevista de inicio del procedimiento de adjudicación:

- a) Tipo: Obras.
- b) Descripción: Construcción de unos seiscientos metros lineales de dique de abrigo exterior vertical exento en calados comprendidos entre diecisiete y treinta metros, formado por cajones de hormigón armado con puntal variable. Sobre el cajón se coloca un espaldón hasta la cota + 6. El resto del cajón estará coronado por una superestructura de hormigón armado. Abril de 2010.

3. Otras informaciones: Coste estimado sobre veintiocho millones de Euros, IVA excluido. Plazo previsto de ejecución dieciocho meses. Probable subvención con Fondos FEDER.

4. Fecha de envío del anuncio al "Diario Oficial de la Unión Europea": 25 de enero de 2010.

Almería, 25 de enero de 2010.- La Presidenta de la Autoridad Portuaria de Almería, Trinidad Cabeo Rodríguez.

ID: A100004651-1

cve: BOE-B-2010-2774



1.1.2 SITUACION GEOGRAFICA.

Almería es una provincia española de la comunidad autónoma de Andalucía; situada en el sureste de la península ibérica. Limita con las provincias de Granada al oeste y noroeste; y con Murcia al norte y al noreste; así como con el mar Mediterráneo al este y sur (parte conocida como mar de Alborán). La capital de la provincia es la ciudad de Almería, situada al sur de la provincia y en el centro de la bahía homónima

El puerto de Almería se encuentra en una zona abrigada dentro del Golfo de Almería. Este golfo está limitado al Oeste por el Cabo de Gata y al Este por el saliente donde se sitúan las poblaciones de El Ejido y Roquetas de Mar.

1.1.3 SITUACION ACTUAL.

En lo que respecta a la situación actual del Puerto de Almería, en términos técnicos, de operatividad, pueden destacarse los siguientes datos, tomados de dicha autoridad portuaria:





SOLUCIÓN TÉCNICA.AMPLIACIÓN PUERTO DE ALMERIA.

MEMORIA DESCRIPTIVA.

2.1.1	ALMERÍA		
Situación	Longitud	2º 28' W	
	Latitud	36º 50' N	

2.1.2	ALMERÍA		
Régimen de Vientos	Reinante	Dirección S.O	
	Dominante	Dirección S.O	

2.1.3	ALMERIA		
Régimen de Temporal de Aguas Profundas o Temporales Teóricos	Largo	250 (Km.)	
	Máxima altura de ola (2h=hs)	4,75 m	
	Máxima longitud de ola (2L)	195,3 m	
	Ola siguiente	2,40 m	

2.1.4	ALMERIA		
Mareas	Máxima carrera de marea	0,63 m	
	Cota de la B.M.V.E., respecto al cero del puerto	0,00 m	
	Cota de la P.M.V.E., respecto al cero del puerto	0,63 m	

2.1.5

ALMERÍA

Entradas

2.1.5.1 CANAL DE ENTRADA

Orientación	S.E.
Ancho	200 m
Longitud	498 m
Calado en B.M.V.E.	13 m
Naturaleza del fondo	Arena

2.1.5.2 BOCA DE ENTRADA

Orientación	S.E.
Ancho	300 m
Calado en B.M.V.E.	13 m
Máxima corriente controlada	No es apreciable

2.1.5.3 UTILIZACIÓN REMOLCADO ENTRADA Y SALIDA

Es obligatorio el uso de remolque para todos los buques, cuando el viento sea superior a 30 nudos.

2.1.5	ALMERÍA		
Entradas	2.1.5.4 MAYOR BUQUE ENTRADO EN EL ÚLTIMO AÑO		
	CARACTERÍSTICAS	MAYOR ESIORA	MAYOR CALADO
	Nombre	RIVIERA	ZHOUSHAN ISLAND
	Nacionalidad	ISLAS MARSHALL	HONG-KONG
	G.T.	66.172	32.356
	T.P.M.	-	-
	Eslora (m)	238,10	190,00
	Calado (m)	7,60	12,82
	Tipo	PASAJE CRUCERO	GRANELERO
	Calado real a la entrada o salida (m)	2,00	12,82

2.1.6

ALMERÍA

Superficie de flotación

2.1.6.1 ZONA 1

SITUACIÓN	ANTEPUERTO [HA]	DÁRSENAS [HA]			TOTAL [HA]
		COMERCIALES	PESQUERAS	RESTO	
	26,69	54,29	9,67	2,04	92,71
	/	/	/	/	/
Total Zona 1	26,69	54,29	9,67	2,04	92,71

2.1.6.2 ZONA 2

SITUACIÓN	ACCESOS [HA]	FONDEADERO [HA]	RESTO [HA]	TOTAL [HA]
	298,26	549,80	1058,60	1906,66
	/	/	/	/
Total Zona 2	298,26	549,80	1058,60	1906,66



1.1.4 ENTORNO SOCIOECONOMICO.

1.1.4.1 ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.

La organización territorial de la provincia se articula en torno a tres niveles de repercusión, las entidades locales y singulares, el nivel municipal y el nivel comarcal.

A continuación, se muestra a titulo orientativo un mapa donde se reflejan las comarcas consideradas por la Junta de Andalucía en la provincia de Almería, si bien es cierto que puede no coincidir con la distribución de las mancomunidades de municipios.



1.1.4.2 ANALISIS DEMOGRAFICO.

1.1.4.2.1 POR TAMAÑO DE MUNICIPIO.

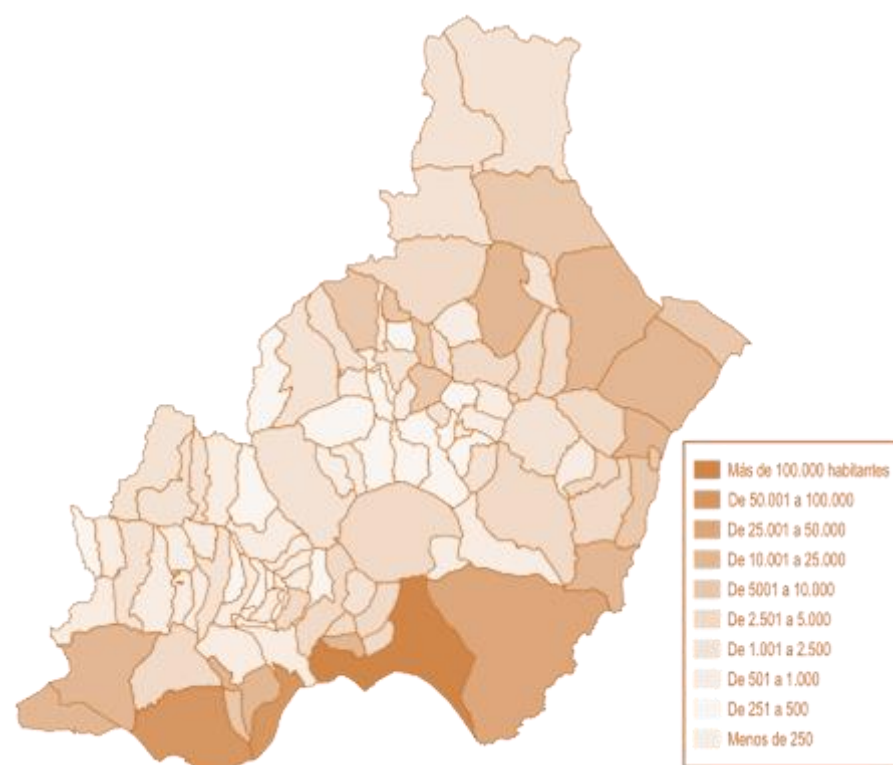
Por tamaño de municipio, según el censo poblacional de 2016 se tiene:

	TOTAL		
	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
Total	704.297	358.223	346.074
Capital	194.515	94.530	99.985
Menos de 101 hab.	69	40	29
De 101 a 500 hab.	10.392	5.428	4.964
De 501 a 1.000 hab.	10.886	5.531	5.355
De 1.001 a 2.000 hab.	16.743	8.553	8.190
De 2.001 a 5.000 hab.	60.168	30.458	29.710
De 5.001 a 10.000 hab.	64.847	33.414	31.433
De 10.001 a 20.000 hab.	87.711	44.499	43.212
De 20.001 a 50.000 hab.	78.249	41.239	37.010
De 50.001 a 100.000 hab.	180.717	94.531	86.186
De 100.001 a 500.000 hab.	0	0	0

De la tabla anterior se desprende que la capital de la provincia concentra al 27% de la población, lo cual es un volumen importante, pero que no parece reflejar una polarización excesiva en lo que respecta a la población de la provincia.

1.1.4.2.2 POR DISTRIBUCION GEOGRAFICA.

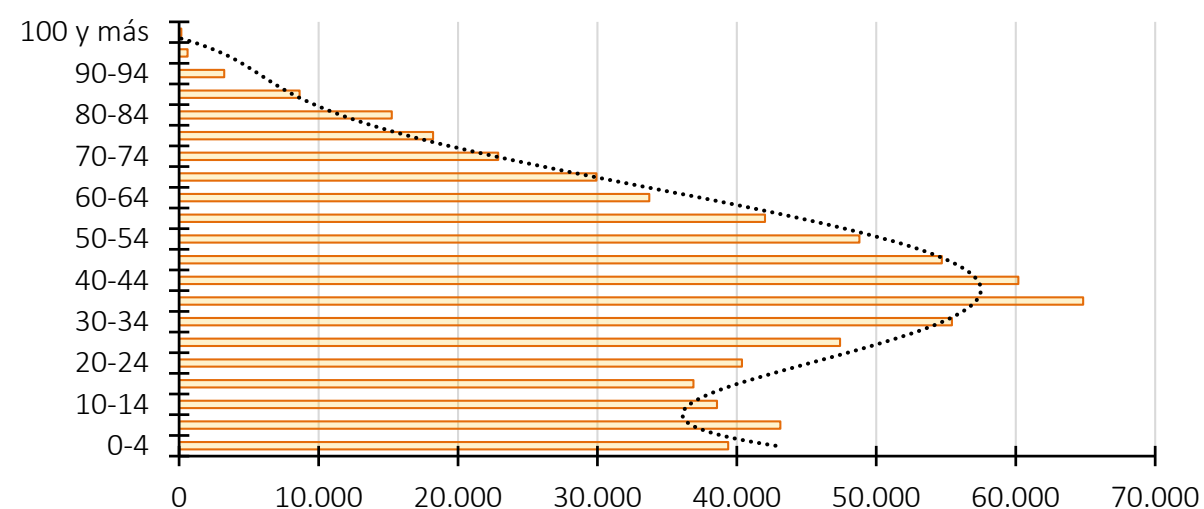
El mayor volumen de población como era de esperar se concentra en torno a la costa, que se presenta como polo de desarrollo y actividad económica.



1.1.4.3 POR EDAD.

No aparece ningún efecto singular, similar a la pirámide poblacional media española:

Distribución demográfica



1.1.4.3.1 PROYECCION TEMPORAL.

La proyección temporal a 2031 se establece en 740000 habitantes.

1.1.4.4 ACTIVIDAD ECONOMICA.

1.1.4.4.1 SECTOR AGRARIO.

En los últimos 25 años la provincia de Almería ha experimentado un notable aumento del desarrollo y las condiciones de vida gracias en gran parte al desarrollo del sector agrario, que paso de una agricultura de subsistencia, común a todo el territorio español, a una agricultura altamente especializada y tecnificada.

puede concluirse tanto que la especialización, como el peso específico del sector agrario almeriense es superior a las medias nacionales y autonómicas.

1.1.4.4.2 SECTOR PESQUERO.

La situación de la pesca se ha visto afectada por la reducción de los recursos pesqueros en todo el litoral, siendo la productividad del litoral mediterráneo sea menor que la productividad en el resto de costas españolas. En cuanto a zonificación de la actividad pesquera que esta se concentra en torno al puerto de la capital.

1.1.4.4.3 SECTOR INDUSTRIAL.

El peso del sector industrial sobre el PIB y su aportación al empleo en la Almería actual son poco relevantes y están por debajo de los valores de Andalucía y España en su conjunto.



1.1.4.4.4 SECTOR CONSTRUCCION.

El desarrollo de dicho sector en la provincia de Almería fue mayor que en el resto de Andalucía y España, si bien es cierto que en el caso de Almería el peso específico de este sector ha sido superior a la media autonómica y nacional. Como consecuencia de esto su impacto ante la desaceleración sufrida ha sido mayor.

1.1.4.4.5 SECTOR TURISTICO.

El desarrollo de este sector en Almería comenzó con la apertura del aeropuerto internacional que supuso una importante mejora de las comunicaciones, especialmente de cara a la demanda exterior, que unido a una notable actividad urbanística han hecho que este sector se sitúe como generador de riqueza dentro de la región.

1.1.4.5 TRAFICO PORTUARIO.

Si bien es cierto que se aprecia una cierta sensibilidad del tráfico de mercancías a la desaceleración económica sufrida, especialmente acentuada en los años 2009 y 2010, la recuperación ha sido notable en este aspecto y actualmente nos encontramos prácticamente en niveles de 2007.

Mayor ha sido el impacto del negativo entorno económico sobre los graneles, aunque en la actualidad la tendencia con respecto a los años 2009 y 2010 es claramente creciente.

Sobre la mercancía general el impacto parece haber sido menor que sobre el resto de casos además el crecimiento tras este, ha sido más estable y constante que en el resto de casos.

Sobre el volumen de contenedores (TEUS) no se ha percibido dicho impacto, la tendencia es netamente creciente si bien es cierto que su ritmo de crecimiento ha disminuido en los últimos años.

Por tanto y como consecuencia de lo expuesto anteriormente puede concluirse que tras un contexto, de desarrollo y actividad difícil en los últimos años, la tendencia en cuanto a los volúmenes de trabajo del puerto es a aumentar.

1.1.5 CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.

1.1.5.1 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO.

1.1.5.1.1 CARÁCTER DE LA OBRA.

Siendo el carácter general de la obra una medida de la repercusión económica, social y ambiental producida como consecuencia de la pérdida de funcionalidad o destrucción de esta. Dicho carácter general se determina a partir de los índices IRE e ISA, que resultan 23.3 y 7, respectivamente.

En base a lo anterior se establece que la obra es de repercusión económica alta y repercusión social y ambiental baja.

1.1.5.1.2 VIDA UTIL.

Conocido el IRE, índice de repercusión económica, la ROM 0.0 establece el valor de la vida útil, en la tabla 2.1, estableciendo para aquellas actuaciones con IRE superior a 20, como es nuestro caso, 50 años de vida útil mínima.

1.1.5.1.3 PROBABILIDAD DE FALLO.

- Frente a estados límite últimos se tiene para el caso que nos ocupa, ISA =7, una probabilidad de fallo de 0.1
- Frente a estados límite de servicio se tiene para el caso que nos ocupa, ISA =7, al igual que el anterior, una probabilidad de fallo de 0.1



1.1.5.1.4 OPERATIVIDAD MÍNIMA.

Según la tabla 2.4 de la ROM 0.0 se tiene para un índice de repercusión económica operativo IREO= 15, una operatividad mínima del 0.95

1.1.6 MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.

Las sierras béticas tienen su origen en la colisión del continente africano con el europeo. Sus rocas, formadas a partir de los sedimentos depositados en el fondo del mar hace cientos de millones de años, fueron enterradas a varios kilómetros de profundidad (bajo otras rocas) alcanzando presiones y temperaturas tan elevadas que hicieron que se transformaran cambiando su apariencia y los minerales que las componen (a este proceso se le conoce con el nombre de metamorfismo). Más tarde emergen lentamente. La propia Cordillera Bética se levanta aún a distinta velocidad según zonas limitadas por fracturas regionales.

En los últimos millones de años, como consecuencia de las grandes oscilaciones climáticas sufridas, el nivel del mar ha variado notablemente, llegando a producirse variaciones del nivel del mar de hasta 100 metros. Este proceso de retirada del mar ha definido las actuales depresiones interiores, alejadas hoy de la costa.

1.1.6.1.1 EVOLUCION RECIENTE DE LA BAHIA DE ALMERIA.

La bahía de Almería y su entorno han constituido una gran cuenca sedimentaria con predominio de materiales depositados en ambientes marinos.

Al comienzo del Plioceno el mar ocupaba todas las actuales áreas deprimidas, solo emergían de ellas las sierras circundantes a la actual bahía. Los fuertes relieves que bordeaban la cuenca sedimentaria eran atravesados por ramblas que, como en la actualidad, suministraban material detrítico a la cuenca marina.

Durante el Plio - Cuaternario se produce un levantamiento de la región, que ocasionó un desplazamiento de la línea de costa en dirección sur.

Durante el Cuaternario, como consecuencia de los repetidos cambios climáticos, alternancia de períodos fríos glaciales y cálidos interglaciales, el nivel del mar sufre fuertes variaciones, que llegaron a ser del orden de 130 metros. Estas variaciones han condicionado continuos cambios en el trazado de la línea de costa y en la distribución y abundancia de los distintos depósitos marinos y continentales.

1.1.7 CLIMATOLOGIA.

Del mismo modo que todo el sureste español, Almería es una región con un régimen pluviométrico escaso, típicamente mediterráneo, con zonas de marcada aridez, como son en este caso el desierto de tabernas y el cabo de gata, donde la aparición de lluvia se da de forma torrencial.

De acuerdo con la Clasificación climática de Köppen, el clima de Almería es de transición entre el clima árido cálido y el clima semiárido cálido. Con una precipitación anual de 200mm, Almería se posiciona como la ciudad más árida de Europa y una de las más áridas de la Cuenca del Mediterráneo. Las precipitaciones son muy escasas (25 días de media al año), y hay poca amplitud térmica mensual; las temperaturas oscilan entre los 17° y 9° en enero y los 31° y 23° en agosto. Algunas veces en los meses de verano sube la temperatura hasta superar los 40 °C debido a las masas de aire caliente proveniente del Sáhara, aunque es bastante infrecuente superar esta temperatura. Los inviernos son muy suaves y los veranos calurosos. Almería es la única ciudad de Europa Continental que nunca haya registrado heladas, ya que la mínima histórica es de +0,1 °C.

Con una media de 2994 horas de sol y 108 días completamente despejados al año, es una de las ciudades más soleadas de Europa. La temperatura media anual es de 19,1 °C. La temperatura de sus aguas en los meses de invierno (unos 17 °C) es más cálida que la del aire (16,5 °C). La humedad media es del 65 %, con un promedio de 26 días de lluvia anuales, siendo noviembre el mes más lluvioso. Esto resulta en una pluviometría media de 200 mm, una de las más bajas de España (la más baja de la Península Ibérica) y la más baja de Europa. En ocasiones se han producido lluvias torrenciales, estando documentadas inundaciones catastróficas en 1879 y 1891.



1.1.7.1 VARIABLES CLIMATICAS PRINCIPALES

1.1.7.1.1 PRECIPITACIONES

Con respecto a las precipitaciones medias, se aprecian importantes variaciones. En general oscilan entre los escasos 200 mm de Cabo de Gata y los casi 650 mm de la Sierra Nevada almeriense (norte de Laujar de Andarax). Si exceptuamos las zonas más montañosas, dichas precipitaciones están comprendidas entre los 175 mm y los 300 milímetros, con clara tendencia a disminuir hacia la costa, especialmente en Cabo de Gata.

Este volumen de precipitaciones tan escaso es consecuencia de la circulación atmosférica general del mediterráneo. Los vientos húmedos del frente Atlántico (vientos del oeste), como consecuencia de sus movimientos ascensionales a su paso por los numerosos relieves existentes entre la costa atlántica y Almería, van descargando progresivamente la mayor parte de la humedad, hasta llegar a Sierra Nevada, donde terminan por dejar la poca que les queda, de forma que llegan a la provincia de Almería prácticamente secos.

Por tanto, las mayores precipitaciones ocurren sin intervención del frente Atlántico, siendo los frentes del Mediterráneo, entre los meses de septiembre y octubre, los que las producen con la torrencialidad que les caracteriza.

1.1.7.1.2 VIENTOS

La provincia de Almería se encuentra dentro de una de las zonas con más viento de la Península, las rachas de viento pueden llegar a superar los 130 km/h en cualquier época del año. En el litoral los vientos soplan libremente sin barreras geográficas, ya sea el Levante que suele subir la temperatura unos grados, o el Poniente que la disminuye. Los meses con menos viento son: enero, julio, agosto, octubre y noviembre. En febrero, marzo y abril, el viento suele soplar más intensamente.

1.1.7.1.3 TEMPERATURAS

Las temperaturas medias anuales más comunes van desde los 18°C de la zona costera a los 16°C del interior, ascendiendo hasta 20°C en algunas zonas próximas a la población de Vera.

1.1.7.1.4 VALORES CLIMATOLOGICOS NORMALES

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	12.6	16.9	8.3	24	67	2.9	0.0	0.5	1.0	0.0	7.1	194
Febrero	13.3	17.6	9.0	25	67	2.9	0.0	0.5	1.3	0.0	6.1	191
Marzo	15.1	19.6	10.6	16	65	2.6	0.0	0.3	1.5	0.0	5.7	232
Abril	17.0	21.4	12.5	17	62	2.6	0.0	0.6	0.6	0.0	6.1	261
Mayo	19.7	24.1	15.3	12	63	1.9	0.0	0.5	1.0	0.0	6.9	297
Junio	23.5	27.9	18.9	5	61	0.6	0.0	0.6	0.4	0.0	13.1	325
Julio	26.1	30.5	21.7	1	60	0.3	0.0	0.5	0.4	0.0	19.0	342
Agosto	26.7	31.0	22.4	1	63	0.3	0.0	0.6	0.4	0.0	15.0	315
Septiembre	24.2	28.4	20.0	14	65	1.5	0.0	1.1	0.5	0.0	9.3	256
Octubre	20.4	24.5	16.3	27	68	2.8	0.0	1.0	0.9	0.0	5.4	218
Noviembre	16.4	20.5	12.3	28	67	3.6	0.0	0.9	0.5	0.0	5.4	183
Diciembre	13.8	17.9	9.6	30	67	3.3	0.0	0.5	0.5	0.0	6.2	178
Año	19.1	23.4	14.7	200	65	25.4	0.0	7.4	8.9	0.0	108.0	2994

- Leyenda**
- T Temperatura media mensual/anual (°C)
 - TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
 - Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
 - R Precipitación mensual/anual media (mm)
 - H Humedad relativa media (%)
 - DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
 - DN Número medio mensual/anual de días de nieve
 - DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
 - DF Número medio mensual/anual de días de niebla
 - DH Número medio mensual/anual de días de helada
 - DD Número medio mensual/anual de días despejados
 - I Número medio mensual/anual de horas de sol



1.1.8 CLIMA MARITIMO.

1.1.8.1 VIENTO.

El objeto de este punto es conocer los valores de viento en el emplazamiento de Almería, para ello, a falta de datos más precisos y dado que se disponen de datos de oleaje, por lo que no será necesario determinar este a partir de los datos de viento, se determinará a partir del atlas de viento desarrollado en la ROM: ROM 0.4-95.

1.1.8.1.1 REGIMEN DE VIENTOS.

A partir de la discretización que lleva a cabo la ROM para todo el litoral español, le corresponde a Almería la hoja nº V, donde se describe el régimen medio de vientos para el emplazamiento donde se va a desarrollar la ampliación.

De este se deduce fácilmente que las direcciones de viento dominante en lo que respectan a frecuencias son la este y la oeste, si bien es cierto que entre estas las de dirección de mayor relevancia es la oeste.

En cuanto a velocidades se hace reseñable el hecho de que en todas las direcciones, aun en las de menor relevancia tienen cierta presencia los vientos de notable intensidad.

1.1.8.2 OLEAJE.

La influencia de la definición y el conocimiento de los parámetros relativos al oleaje sobre las estructuras marítimas es determinante, por ello es fundamental el conocimiento a nivel estadístico de este.

Dado que una determinada estructura marítima, se construye para cumplir una determinada función. Por ejemplo, un dique exterior se construye para que, al reducir la agitación del oleaje en una determinada área, facilite las operaciones de los barcos. La agitación que se propaga al área abrigada depende de la orientación del dique en planta, de su longitud, tipología y cota de coronación. Es necesario determinar la influencia de cada uno de los parámetros de diseño anteriores en la estadística de agitación en el área abrigada de interés, es fundamental el conocimiento de la estadística del oleaje en la zona exterior al dique, previamente a su construcción.

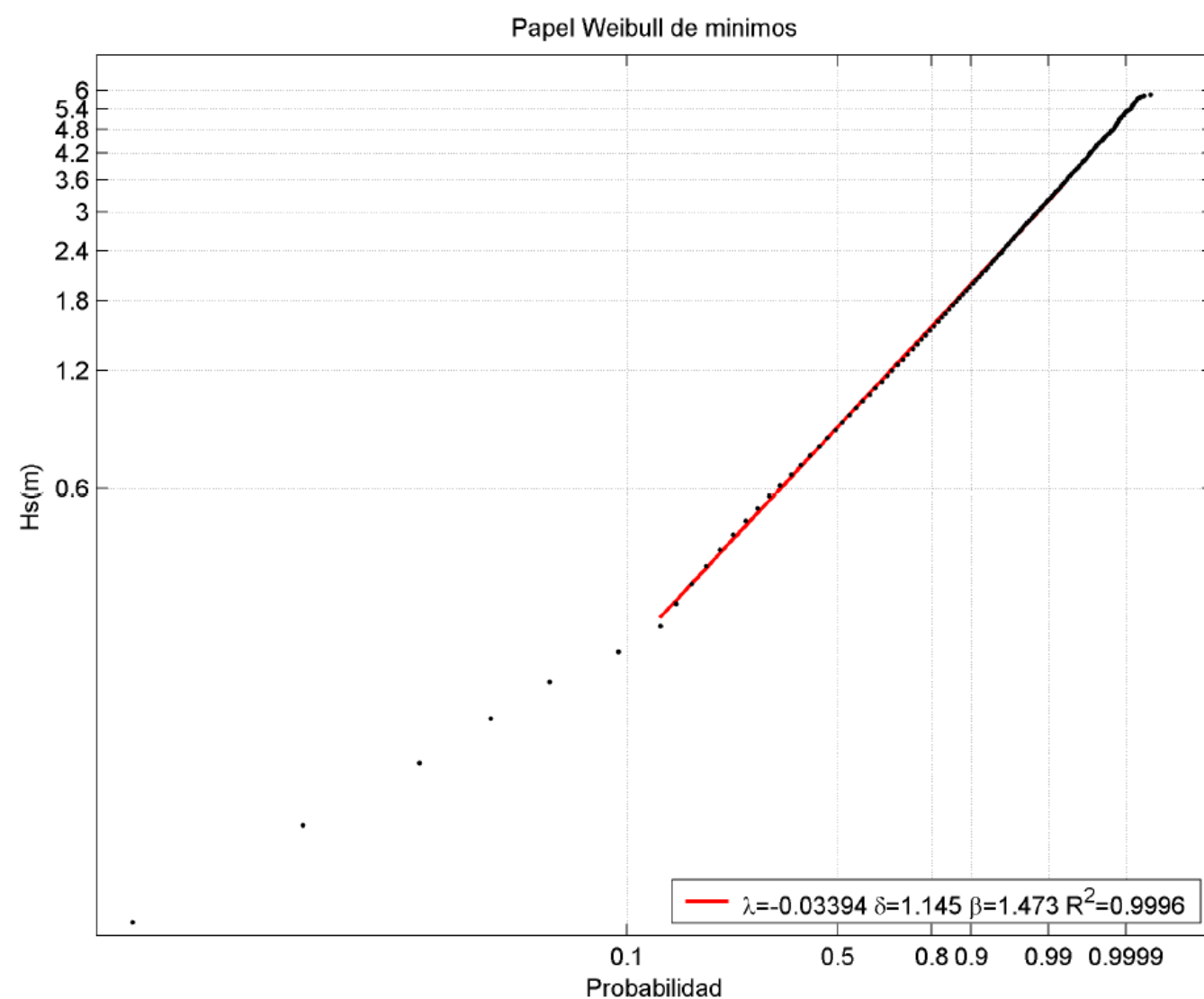
Una vez optimizado el diseño funcional se debe asegurar que la solución adoptada soporta los valores extremos de las solicitaciones esperables en la vida útil de dicho diseño, para esto es necesario el conocimiento del régimen extremal del oleaje.

1.1.8.2.1 REGIMEN MEDIO DE HS.

1.1.8.2.1.1 ESCALAR

El régimen medio estacionario ha sido obtenido mediante un módulo perteneciente a la herramienta CAROL. En el módulo de cálculo del régimen medio, el programa propone como funciones de distribución Gumbel de máximos, Lognormal, Normal y Weibull de mínimos. Estas son las funciones comúnmente utilizadas para ajustar una población de datos de altura de ola significativa.

De dicho análisis se obtiene que la función que mejor se ajusta al régimen medio escalar es de Weibull.

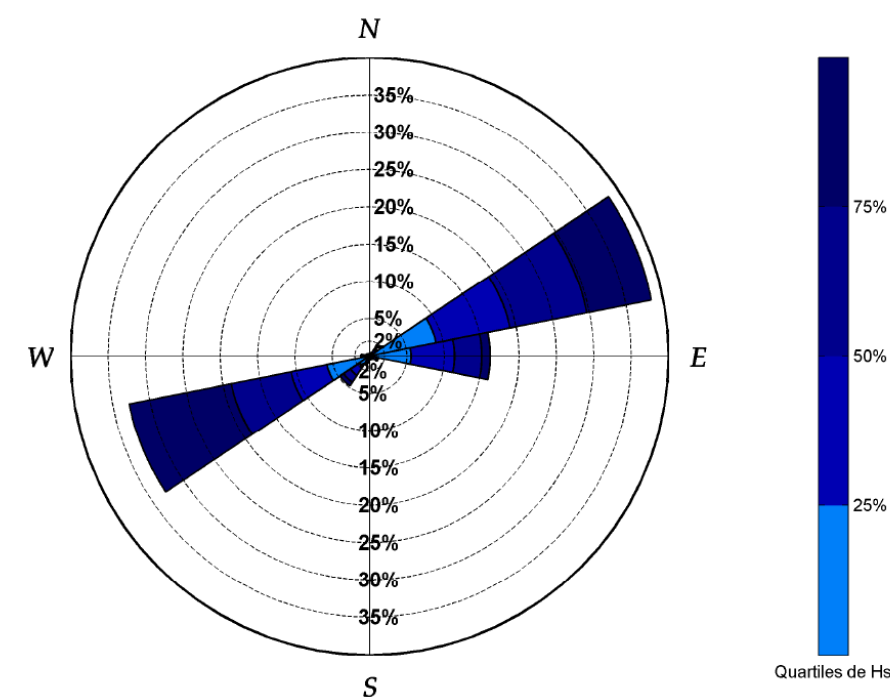


Finalmente la función de distribución de altura de ola significativa media anual escalar resulta:

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - \lambda}{\delta}\right)^\beta\right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x + 0.03394}{1.145}\right)^{1.473}\right]$$

1.1.8.2.1.1.1 ROSAS DE OLEAJE.

Con objeto de definir el oleaje en lo que respecta a la distribución de direcciones de incidencia se presenta la rosa de oleajes para el régimen medio en profundidades indefinidas, obtenida a partir de la herramienta informática CAROL.



De esta puede deducirse que las direcciones de oleaje predominantes son el Noroeste y el Suroeste, en términos de altura de, la dirección Noroeste la distribución de aparición de los distintos cuantiles es relativamente homogénea mientras que en el caso de la dirección suroeste no lo es tanto.

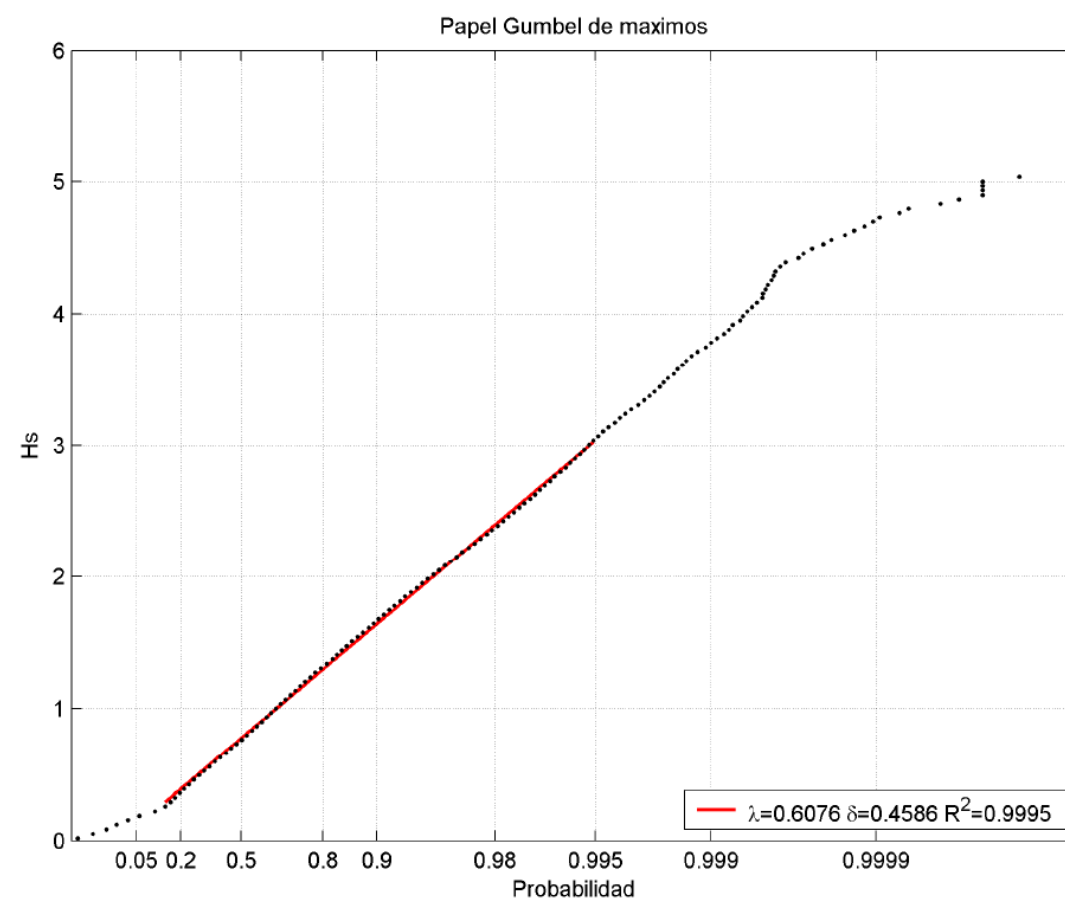


1.1.8.2.1.2 DIRECCIONAL.

A partir de las direcciones de acción predominante del oleaje definidas en la rosa de oleaje, se han definido los regímenes medios de oleaje para cada una de las direcciones, levante y poniente.

- Levante:

El régimen medio de levantes se ajusta a la distribución Gumbel de máximos.

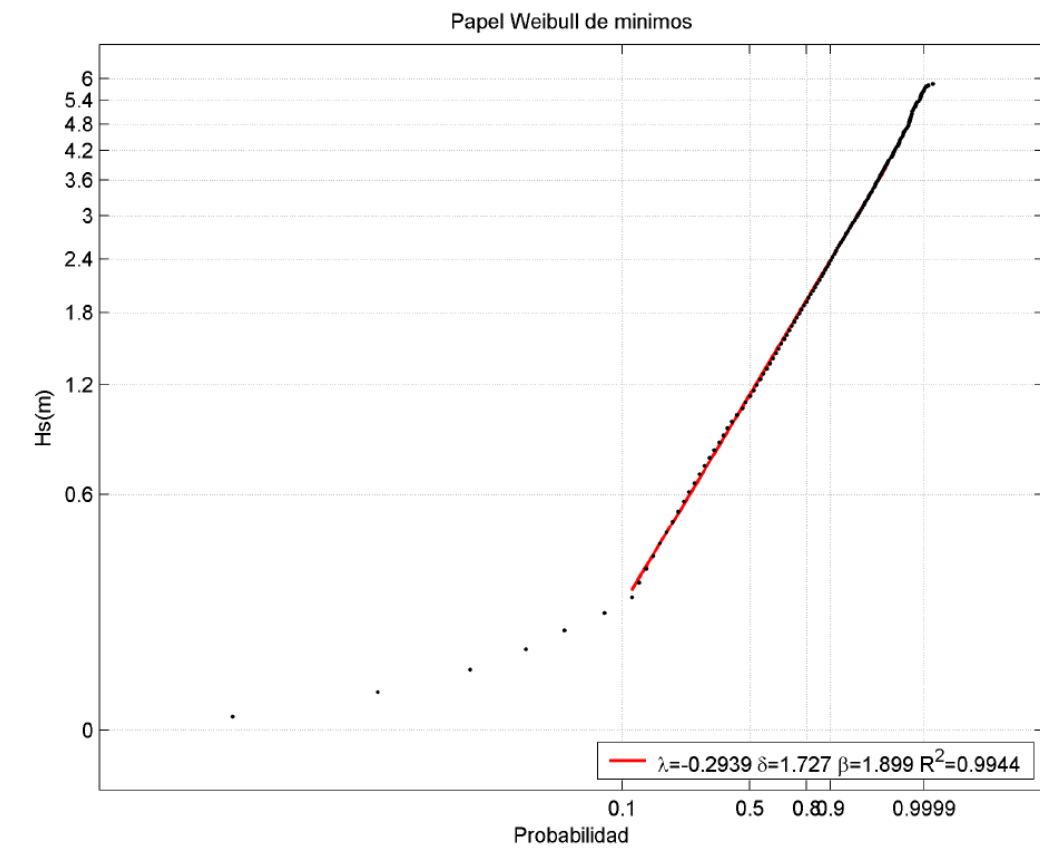


A partir de los valores de los parámetros de la distribución obtenidos puede escribirse la función de distribución Gumbel de máximos:

$$F(x) = \exp \left[-\exp \left[-\left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right) \right] \right] \rightarrow F(x) = \exp \left[-\exp \left[-\left(\frac{x - 0.6076}{0.4586} \right) \right] \right]$$

- Poniente:

El régimen medio de ponientes se ajusta a la distribución Weibull de mínimos:



Del mismo modo que en los casos anteriores se construye a partir de los parámetros obtenidos la función de distribución:

$$F(x) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^{\beta} \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{x + 0.2939}{1.727} \right)^{1.899} \right]$$

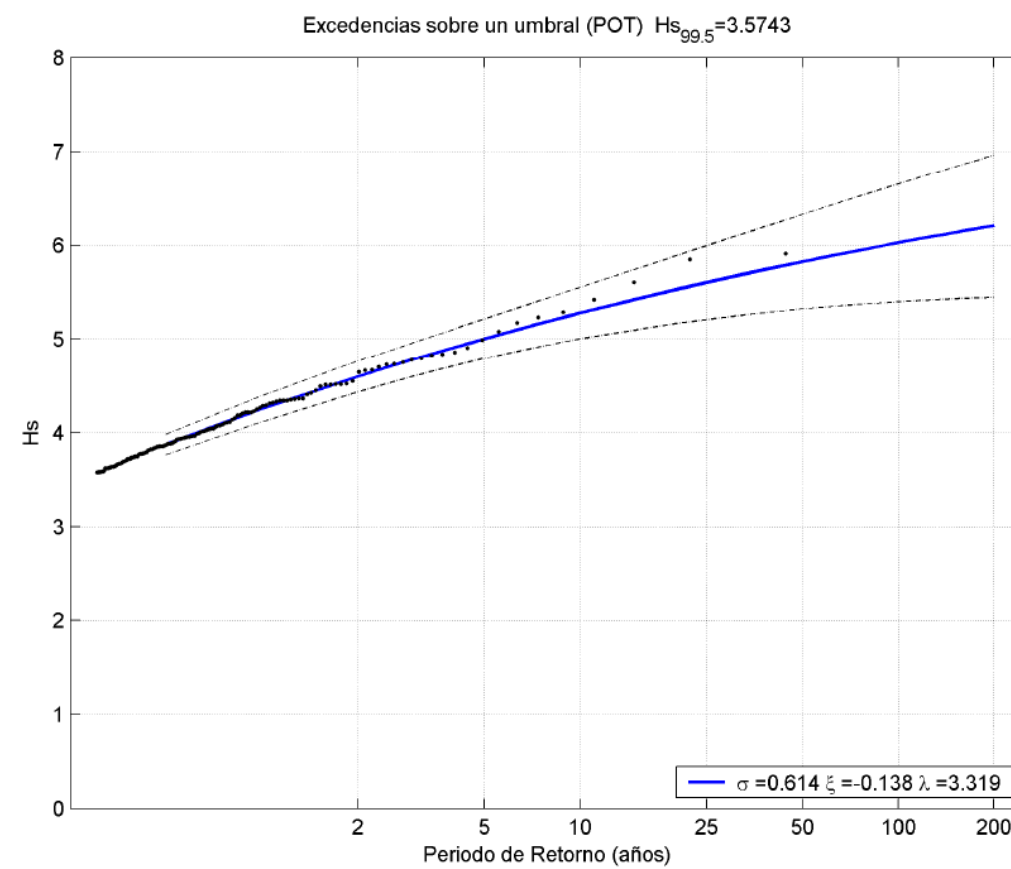


1.1.8.2.2 REGIMEN EXTREMAL DE HS.

1.1.8.2.2.1 NO ESTACIONARIO, POT.

1.1.8.2.2.1.1 ESCALAR.

El método utilizado para la caracterización del régimen extremal ha sido el método POT (peak over threshold), para el que se han obtenido unas bandas de confianza del 95%.



La función GEV aplicada a la definición de la altura de ola significativa puede escribirse del siguiente modo:

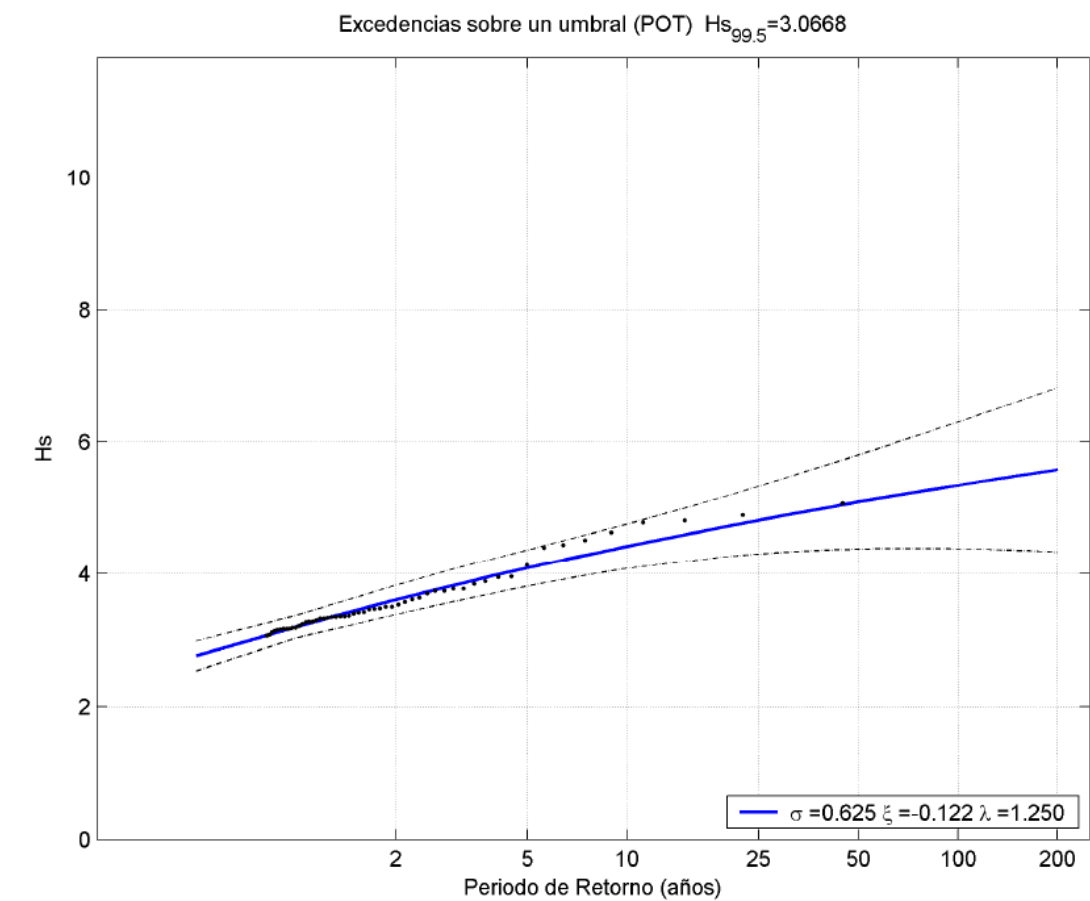
$$P(Hs < Hs_i) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{Hs_i - \lambda}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

Definida la función GEV, aplicando el concepto de periodo de retorno:

$$Tr = \frac{1}{P(Hs > Hs_i)} = \frac{1}{1 - P(Hs < Hs_i)}; \rightarrow Tr = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 - 0.138 \left(\frac{Hs_i - 3.319}{0.614} \right) \right]^{1/0.138} \right\}}$$

1.1.8.2.2.1.2 DIRECCIONAL.

- Levante:

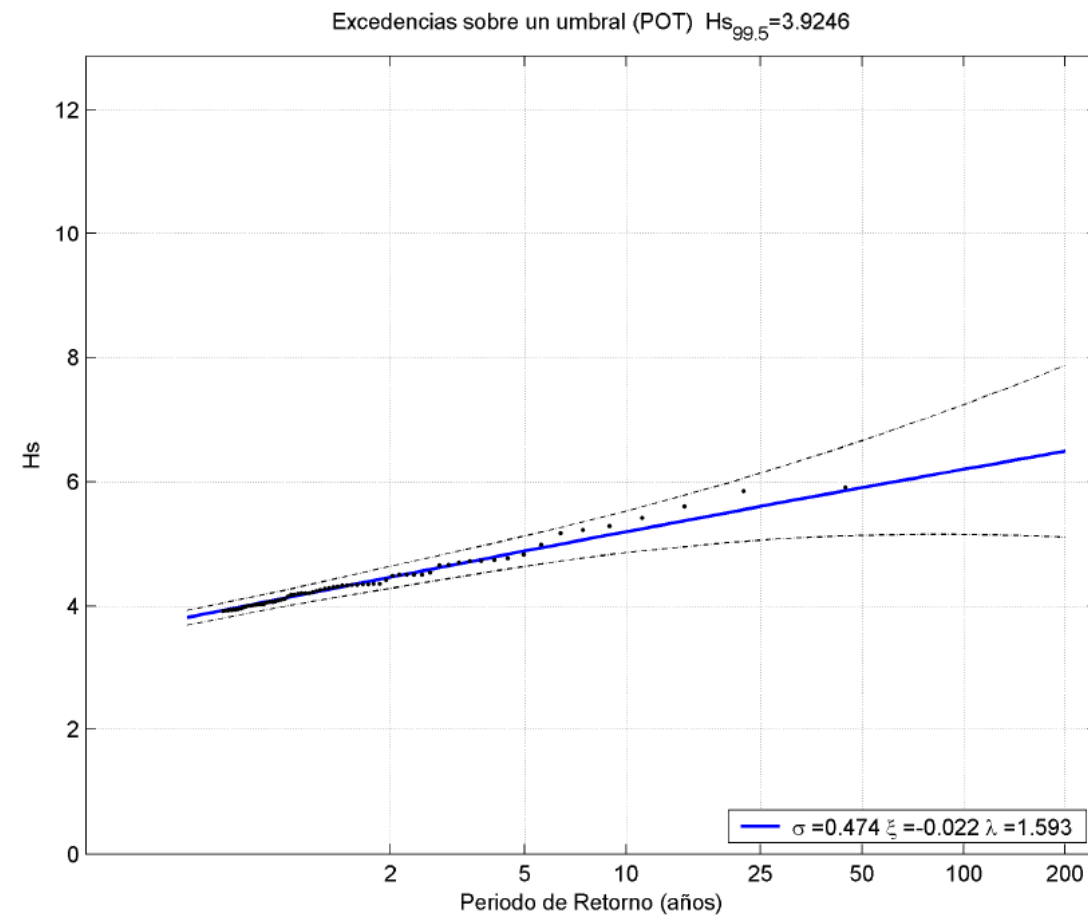


Obtenidos los parámetros de la función GEV se tiene:

$$Tr = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 - 0.122 \left(\frac{Hs_i - 1.250}{0.625} \right) \right]^{1/0.122} \right\}}$$



- Poniente:



Del mismo modo que en los casos anteriores sustituyendo se obtiene:

$$Tr = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 - 0.022 \left(\frac{Hs_i - 1.593}{0.474} \right)^{\frac{1}{0.022}} \right] \right\}}$$

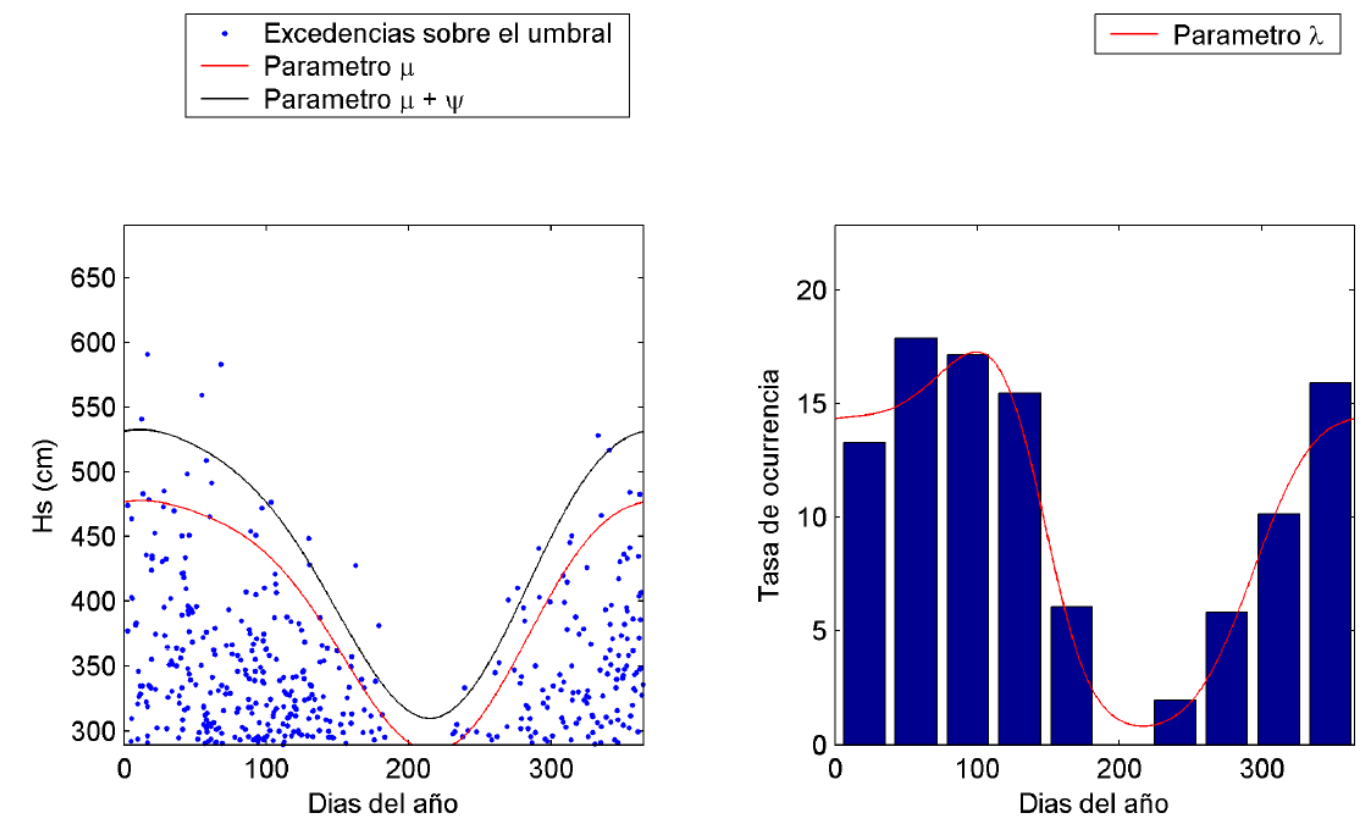
1.1.8.2.2.2 ESTACIONARIO POT.

Se considera ahora la variabilidad estacional del oleaje en su modelado en régimen extremal, así para un determinado periodo de retorno se obtiene una información más detallada.

Se asume que los parámetros de localización, escala y forma son variables en el tiempo y en ellos se modelarán la estacionalidad y la tendencia de largo plazo. El modelo de regresión utilizado es tal que introduce dos ondas en cada parámetro de la GEV, que modelen la estacionalidad (ciclo anual y semianual) y un término exponencial en cada parámetro que modele la posible tendencia de largo plazo.

1.1.8.2.2.2.1 ESCALAR.

En este caso se obtiene a partir de datos empíricos los parámetros de la función de distribución GEV, en la siguiente figura se muestran las intensidades de altura de ola y la frecuencia de aparición

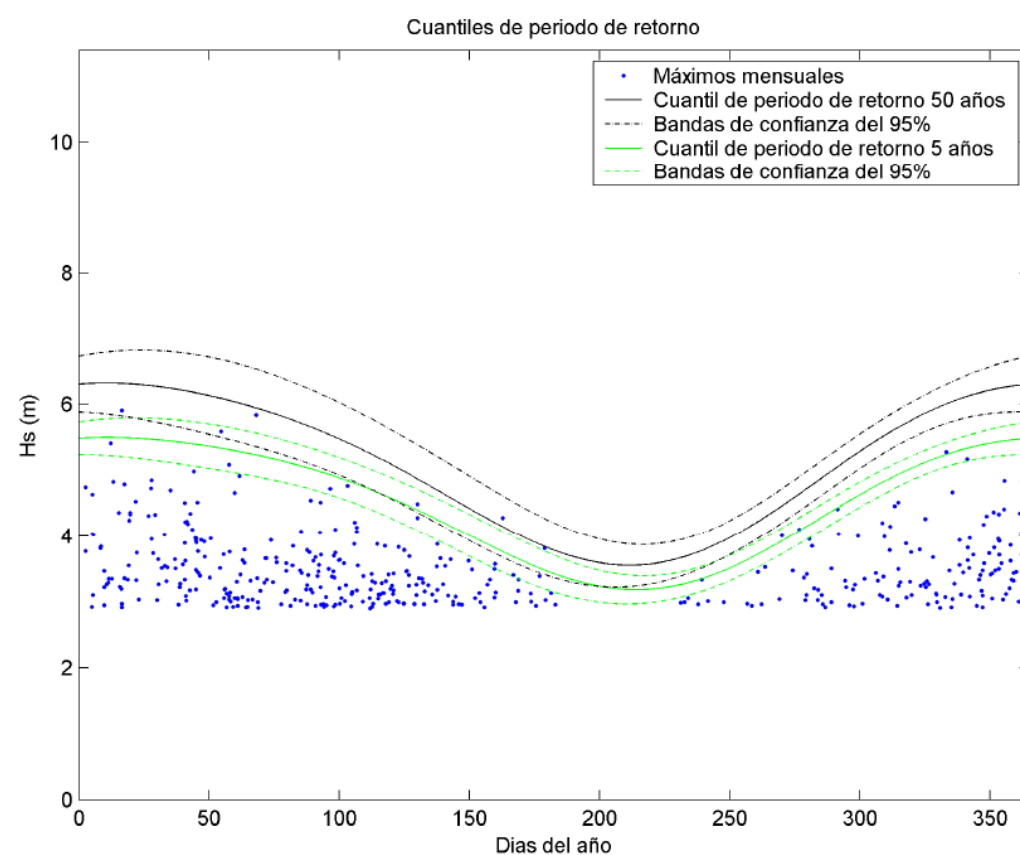




En ambos gráficos se representan sobre el eje horizontal los días del año por lo que la parte del centro corresponde al periodo estival y los extremos a los periodos invernales, queda así perfectamente reflejada la estacionalidad, en cuanto a intensidad a partir de la distribución de Pareto y en cuanto a frecuencia de ocurrencia con Poisson.

Apreciándose como en invierno no solo aumentan las intensidades de excedencia sobre el umbral sino que además aumenta la frecuencia de ocurrencia de estas.

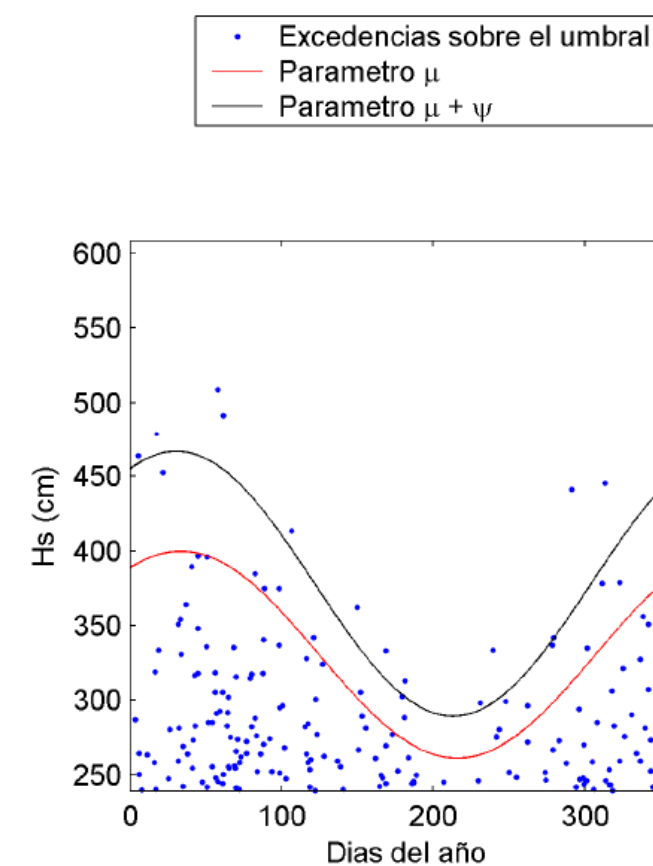
El régimen extremal obtenido es el siguiente:



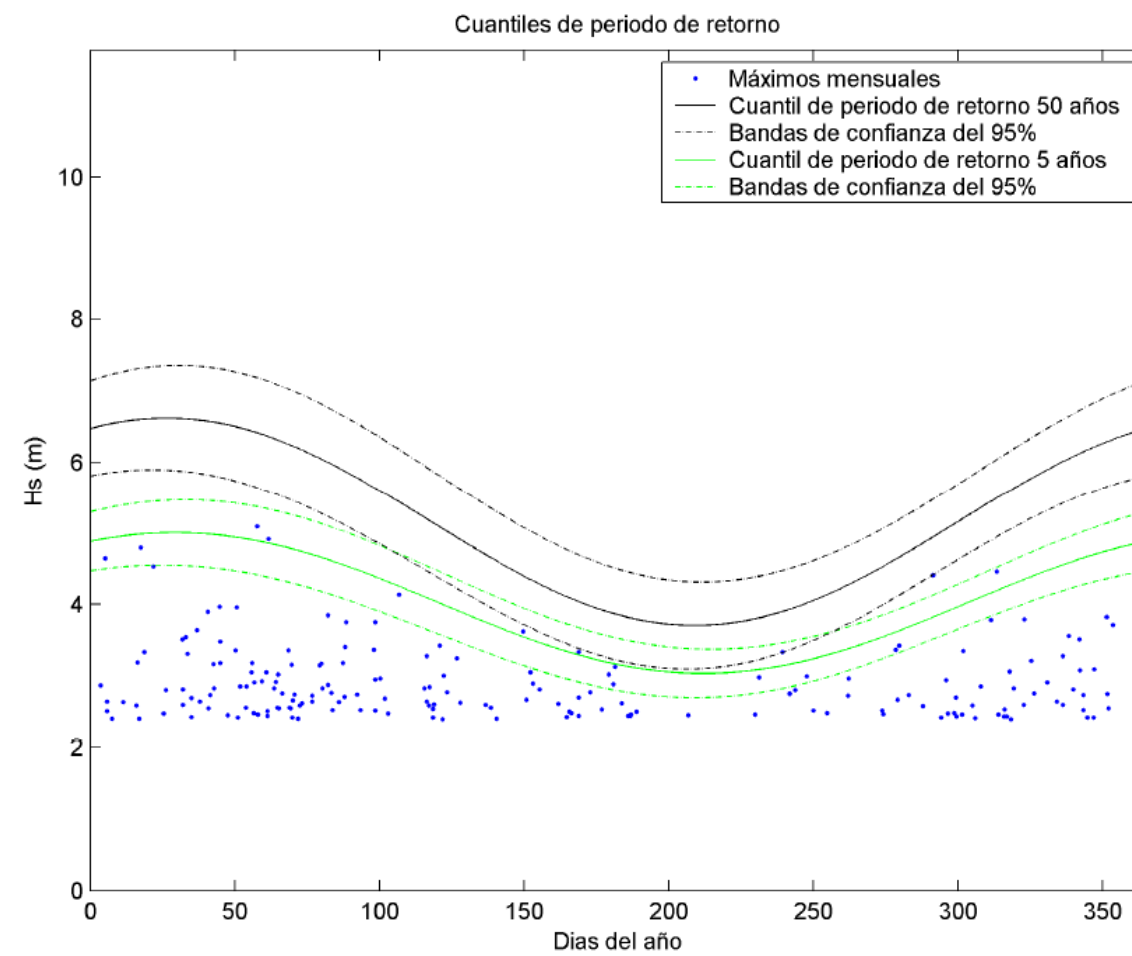
1.1.8.2.2.2 DIRECCIONAL..

En este caso se aplica la metodología presentada a los datos de oleaje correspondientes a cada una de las direcciones dominantes.

- Levante:

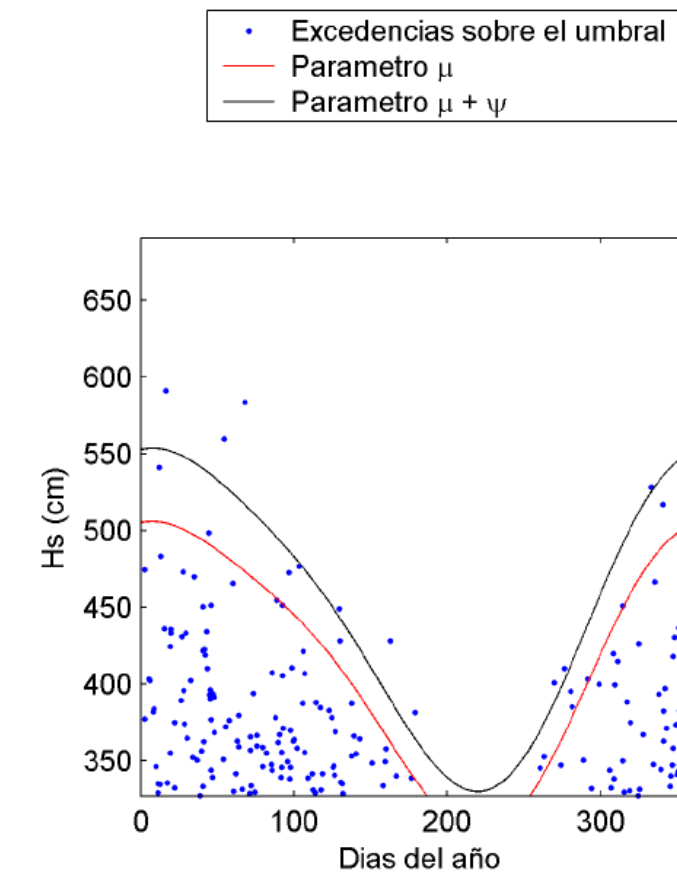


Puede observarse la distribución sinoidal de las excedencias y como las ondas reflejan dicho comportamiento. Del mismo modo que en los casos anteriores el régimen extremal obtenido es el que se muestra a continuación:

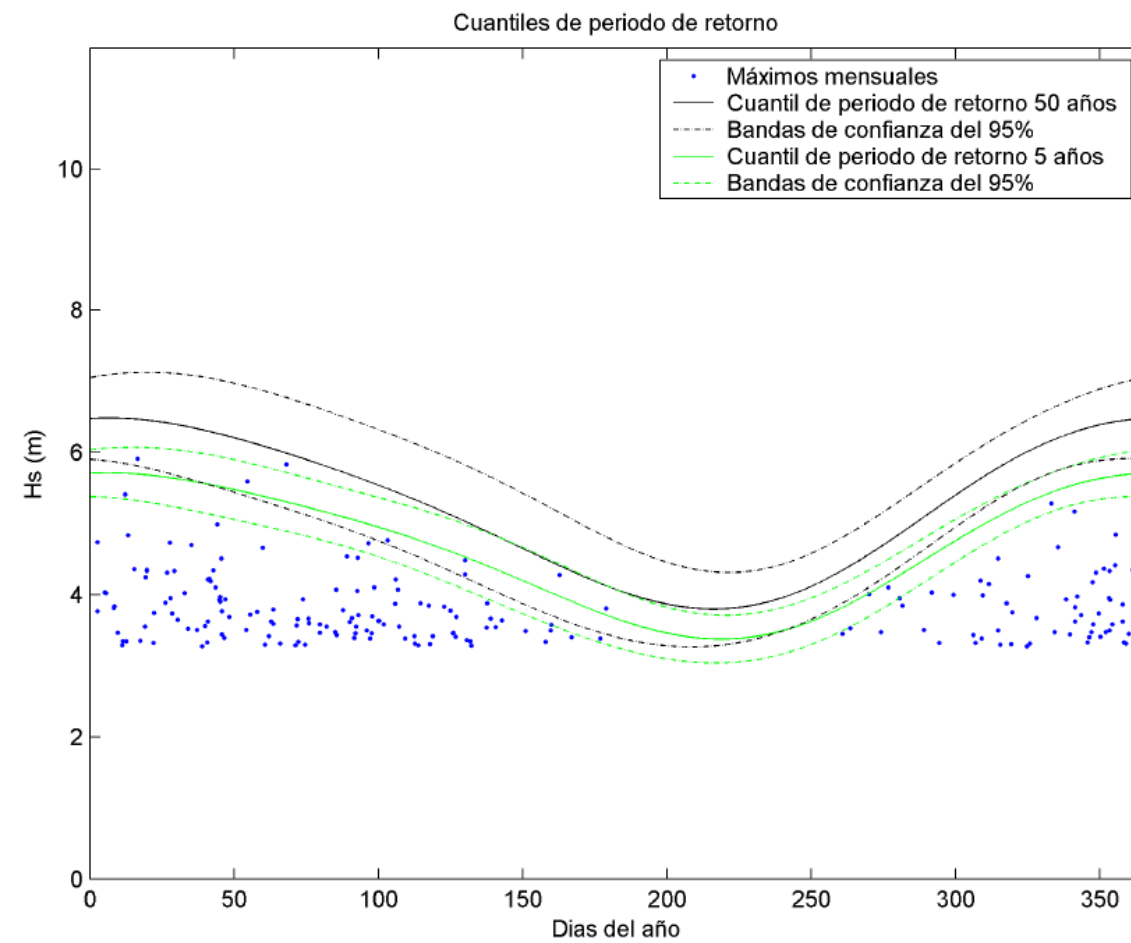


- Poniente:

Puede observarse como en este caso las excedencias sobre el umbral son de mayor magnitud que en el caso de los levantes.



Así el régimen extremal obtenido es el que se muestra a continuación:



1.1.8.3 REGIMEN DE PERSISTENCIAS.

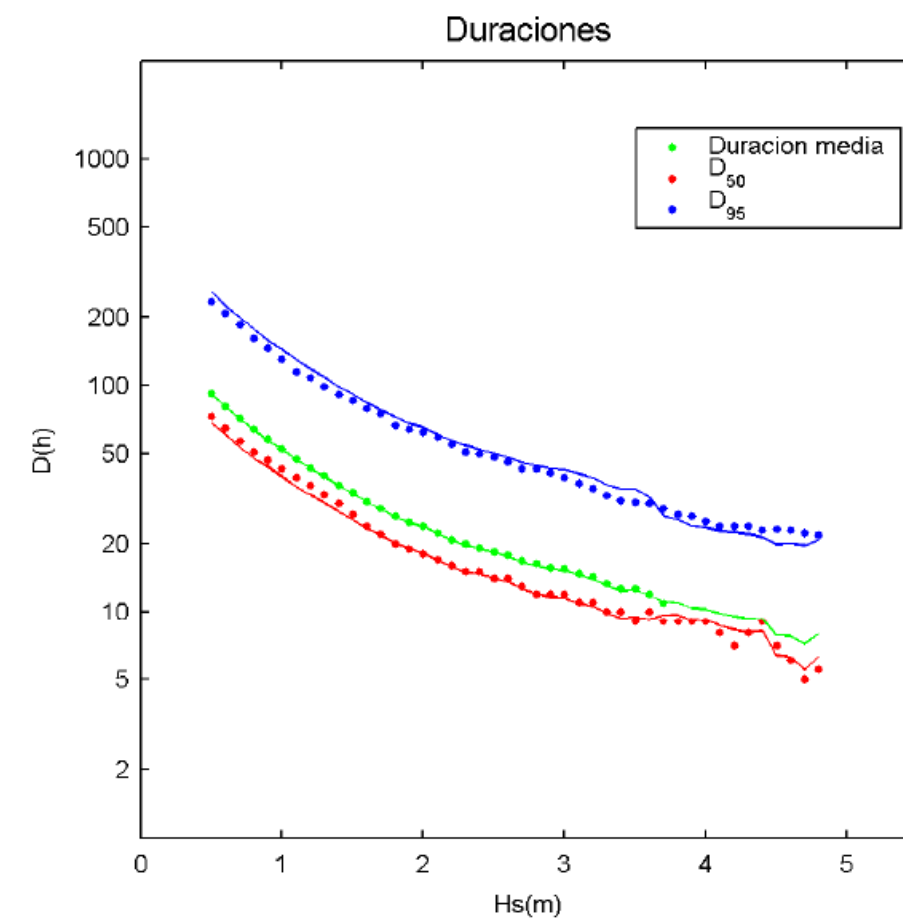
Se pretende ahora definir tanto la duración de los distintos eventos como su frecuencia de aparición, dada la importancia de este efecto en lo que respecta al diseño operacional del puerto, se busca por lo tanto conseguir caracterizar la distribución conjunta altura de ola significativa-duraciones.

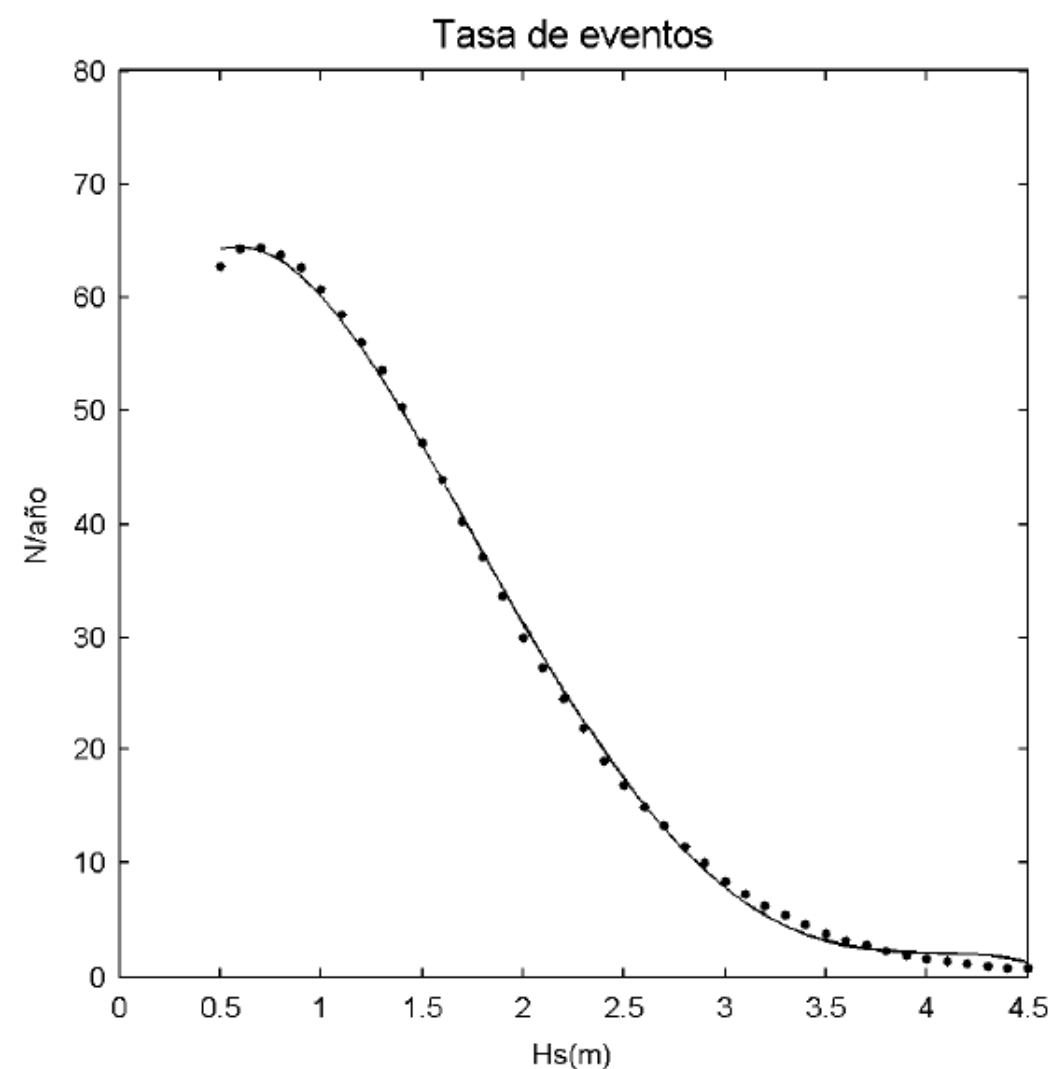
La distribución que mejor modela dicho efecto es la de Pareto.

$$G(y, \sigma, \xi) = 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$$

Conocida la dependencia de los parámetros de la distribución del valor de altura de ola significativa, se ajusta el valor de dichos parámetros y se comparan las variables a analizar, obtenidas de forma empírica y analítica.

De este modo se conocen la duración y la tasa de aparición asociada a un determinado estado de mar definido por su altura de ola significativa.





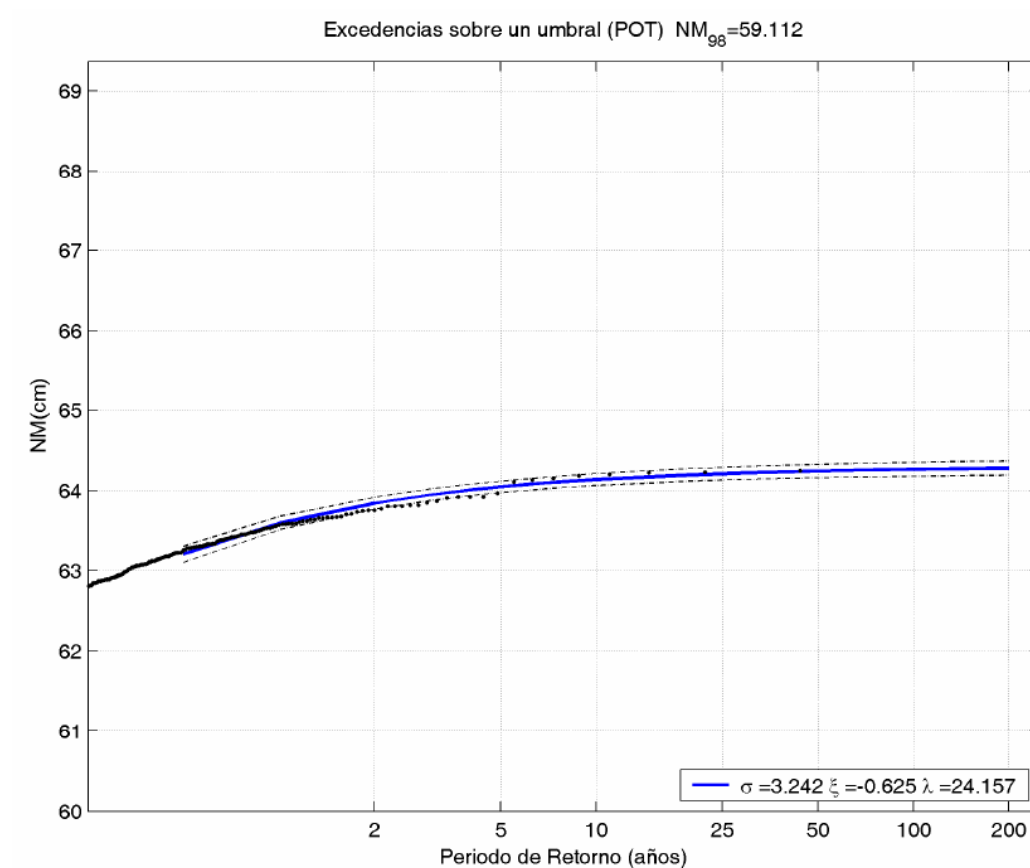
1.1.9 NIVEL DEL MAR.

El análisis del nivel del mar es determinante en el diseño de obras marítimas, dicho nivel es la resultante de la suma de la marea astronómica, determinista, predecible en cualquier instante, y de la marea meteorológica, que como todo fenómeno de tal naturaleza se considera variable aleatoria.

En el presente proyecto se considera, como no podía ser de otro modo, la acción del cambio climático en términos de aumento del nivel del mar, a fin de asegurar un correcto desempeño de la solución proyectada durante su vida útil. A tal efecto se considera como año horizonte de cálculo 2050.

1.1.9.1 ESTACIONARIO.

La serie de datos de nivel de mar utilizada es de 44 años, dado que como se ha mencionado anteriormente el nivel del mar es suma de dos términos, marea meteorológica y astronómica la serie utilizada ha sido obtenida a partir del modelo HAMSOM (obtención marea meteorológica) y a partir del análisis armónico, para el caso de la marea astronómica.





Ajustando a la función GEV, anteriormente presentada y definida con mayor detalle en el anejo de clima marítimo, y considerando la definición de periodo de retorno se tiene la siguiente expresión para la obtención del nivel del mar en función del periodo de retorno:

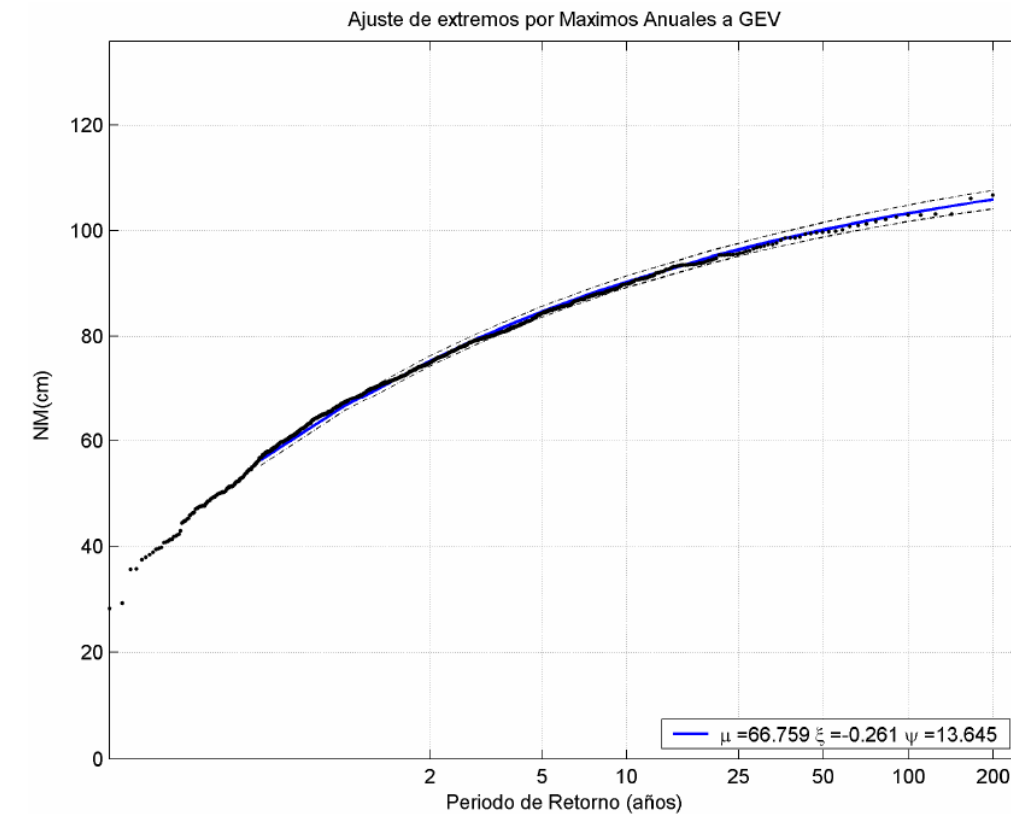
$$Tr = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{Nm_i - \lambda}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}}\right\}} \rightarrow Tr = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - 0.625\left(\frac{Nm_i - 24.157}{3.242}\right)\right]^{1/0.625}\right\}}$$

A partir de la expresión anterior se obtienen los términos de marea astronómica y marea meteorológica, a este resultado se le habrá de añadir el termino de aumento del nivel del mar, 15 cm, al año horizonte considerado.

1.1.9.2 NO ESTACIONARIO.

Considerando un régimen mareal variable en el tiempo, se aplican una serie de ondas a los parámetros de la función GEV, en este caso solo la tendencia de largo plazo, el modelo solo encuentra una tendencia significativa, la disminución del parámetro de localización a largo plazo, es decir una disminución de la marea meteorológica a largo plazo.

El régimen extremal así obtenido resulta el siguiente:



Obteniendo así:

$$Tr = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{Nm_i - \lambda}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}}\right\}} \rightarrow Tr = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - 0.261\left(\frac{Nm_i - 13.645}{66.759}\right)\right]^{1/0.261}\right\}}$$

Resultando en un nivel extremal, no estacionario, del nivel del mar de 2.1822 m para la probabilidad de fallo asumible obtenida a partir de los índices IRE e ISA.



1.1.10 DEFINICION DE ALTERNATIVAS.

Para la definición de alternativas debe partirse de la situación actual de dicho puerto, considerando además la presencia del futuro puerto deportivo de Almería.

Así, conocida la situación actual y las distintas posibilidades a considerar se llevará a cabo la definición de la solución final, en base a las condiciones que esta ofrezca en lo que respecta a niveles de agitación, longitudes de atraque...etc.

La situación actual es la que se muestra en la siguiente imagen:



De entre las distintas opciones planteadas se opta por la siguiente: DIQUE EXENTO N.º1.

La solución aquí planteada consta de un dique exento de 860 m situado a 720 m del muelle y 360 m del contradique exterior, cuya longitud será de 360 m. Consiguiendo así una nueva línea de atraque de 475 m protegida por dique y contradique.

1.1.11 PROPAGACION DEL OLAJE.

Para la propagación del oleaje al entorno portuario, se parte de los datos de oleaje obtenidos en profundidades indefinidas, facilitados por el departamento de Ingeniería Oceanográfica de la Universidad de Cantabria.

Estos se propagan al entorno portuario a través de software específico, proporcionado también por dicho departamento. El software mencionado es el MSP, el cual define la propagación del oleaje a través de la resolución de la elliptic mild slope equation.



Se considera en el estudio la geometría denominada como “dique exento nº1”. Constituida por un dique exento de 860 m de longitud situado a 720 m de la línea de atraque perpendicular a este se define un contradique de 360 m de longitud, dando lugar a una zona de paso entre dique y contradique de 360 m, con esta configuración se da abrigo a una zona de 475 m de longitud.

Con objeto de llevar a cabo la propagación del oleaje sobre el contorno portuario, dadas las características del software utilizado se generan 12 contornos numéricos distintos, dado que cada uno de estos contornos puede utilizarse para propagar direcciones de $\pm 15^\circ$.

1.1.11.1 DATOS DE OLAJE UTILIZADOS.

Es necesario facilitar al software una serie de datos de oleaje sobre los que propagar, dado que no es asumible en cuanto a tiempo de computación propagar la totalidad de los estados de mar de la base de datos, 534000, se debe hacer una selección de los casos más representativos y propagar estos sobre el entorno portuario.

Dicha selección se lleva a cabo con Maxdiss, software específico cedido por el grupo de Ingeniería Oceanográfica de la Universidad de Cantabria. De este modo se pasa de 534000 datos de estado de mar a 300.

Sobre estos 300 datos se opera clasificándolos en función de su dirección de propagación de acuerdo a la sensibilidad del MSP a fin de obtener una correcta propagación.

1.1.11.2 CONTORNO PORTUARIO

Para la definición de los contornos portuarios es clave no solo su definición geométrica si no también su comportamiento en lo que respecta a la interacción con el oleaje incidente.

Los contornos numéricos que definen a los puertos, requieren establecer el coeficiente de reflexión parcial en función de la tipología de cada estructura que representan. Para el caso del puerto de Almería, dichos coeficientes se han tomado directamente del informe “Estudio de agitación del Puerto de Almería” realizado por el GIOC, para la Autoridad Portuaria de Almería (abril 2006).

Los coeficientes del nuevo puerto deportivo de Almería se han determinado siguiendo las recomendaciones del documento: “Metodología de trabajo y recomendaciones prácticas para el estudio de agitación y resonancia en puertos”, redactado por el GIOC (2005).

1.1.12 ANALISIS DE LA AGITACION INTERIOR.

Para un clima marítimo dado, ya analizado, una batimetría, que condiciona los fenómenos de transformación del oleaje en su aproximación a la costa, y un diseño portuario, que define la respuesta a la acción climática actuante, se deben definir las tipologías de embarcación a las que dar servicio y comprobar que se dan las condiciones de operación exigidas por estas.

1.1.12.1 DARSENAS Y MUELLES.

La longitud del muelle, para la solución planteada, es de 711,313 m dispuestos en una única alineación continua en toda su longitud.

A fin de conocer las dimensiones máximas de los buques a albergar en la solución planteada se recurre a los establecido en la ROM 3.1-99, figura 8,48. Concluyéndose lo siguiente:

- En presencia de dos buques de 300 y 200 m respectivamente es posible albergar otro con eslora máxima de 126 m.

De acuerdo a esta situación se definen los puntos de control donde obtener los regímenes de oleaje, en los puntos medios de cada buque.

1.1.12.2 CONDICIONES LIMITE DE OPERACIÓN.

Los valores límite de las distintas acciones actuantes a fin de asegurar óptimas condiciones de operación. Dichos valores límite se definen en la tabla 8.1 de la ROM 3.1-99.



Los regímenes medios a considerar para el análisis de las condiciones de operación son el correspondiente a la difracción y propagación del oleaje hacia el interior del contorno portuario y el generado por transmisión a través de los diques, si bien es cierto que este último es despreciable en términos energéticos, como se demuestra en el correspondiente anejo, consecuencia de los criterios de dimensionamiento.

Del anejo de criterios generales y bases de diseño, a partir de los índices IREO e ISAO, se tiene una operatividad mínima del 95%, es decir, podemos permitir la pérdida de operatividad durante 438 horas, unos 18 días al año. Conocidos estos datos se obtiene que la altura de ola significativa asociada a dichas de operatividad de 0.61 m

Se compara ahora dicho valor con las condiciones límite de permanencia, atraque y paralización de operaciones, cuyos valores se presentan al inicio del presente anejo.

De esto puede extraerse lo siguiente:

- En lo relativo a las maniobras de atraque se asegura el cumplimiento de las condiciones límite de operación.
- En lo relativo a la paralización de operaciones, se aseguran condiciones de operación para grandes buques, conforme se reduce la entidad de las embarcaciones, las condiciones de operación en términos netos se vuelven más estrictas y no puede asegurarse su cumplimiento durante el periodo de tiempo considerado.
- Con respecto a la permanencia pueden asegurarse las condiciones de operación de grandes buques.



El esquema geométrico considerado para el diseño es el siguiente:

Dichas secciones son las siguientes:

Distancia al origen (Pk)	Cota batimétrica (m)
0+000	19,589
0+422,34	29,706
0+886,61	31,461

Del predimensionamiento se obtienen los siguientes valores:

	distancia al origen	cota batimétrica	mareas (meteorológica+ astronómica)+incremento nivel del mar (cm)	profundidad de cálculo (h)	profundidad de cálculo de la banqueta(d)	altura de la banqueta	relación d/h
sección 1	0+000	19,589	218,216	21,771	19,000	2,771	0,873
sección 2	0+422,34	29,706	218,216	31,888	19,000	12,888	0,596
sección 3	0+886,61	31,461	218,216	33,643	19,000	14,643	0,565

Universidad de Cantabria



	distancia al origen (m)	cota batimétrica (m)	altura significativa Hs (m)	Periodo pico Tp (s)	longitud de onda (m)	longitud de berma (m)	relación lt/L
sección 1	0+000	19,589	5,867	11,632	151,569	8,000	0,053
sección 2	0+422,34	29,706	5,867	11,632	173,212	9,000	0,052
sección 3	0+886,61	31,461	5,867	11,632	176,118	9,000	0,051

Destacar que dicho predimensionamiento se lleva a cabo bajo condiciones extremas y que la relación altura de ola periodo considerada es la siguiente:

$$T_p = 5.397 * H_s^{0.434}$$

Para un coeficiente de reflexión de Kr=0.85 considerado se obtiene una altura de ola frente al paramento del dique vertical, formada por la onda estacionaria, es de 10.854 m. En base a este dato la ROM 1.0-0.9 plantea el predimensionamiento del ancho del dique, con valores comprendidos entre 10.854 y 16.281 m, 1 y 1.5 veces, respectivamente la altura de ola formada frente al paramento

El francobordo a disponer para conseguir la irremediabilidad del dique debe ser mayor de 5.43 m.

1.1.13.1.1 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

Será necesario en este punto, definir el régimen de oleaje actuante sobre dicho dique, para el análisis en servicio se definen unas sollicitaciones propias del régimen medio, cuya probabilidad de excedencia viene definida en función de los índices IREO e ISAO.

De acuerdo a lo establecido en el anejo de clima marítimo el régimen medio escalar en profundidades indefinidas se ajusta a una distribución de weibull, cuya expresión es la siguiente:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^\beta \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x + 0.03394}{1.145} \right)^{1.473} \right]$$

Para el caso que nos ocupa la operatividad, la funcionalidad debe definirse sobre el punto objetivo de propagación, el considerado para la comprobación de la agitación interior del oleaje, es decir, debe definirse un alzado (dado que el efecto de la planta de considera en la propagación del oleaje al interior del contorno portuario) tal que en el punto objetivo de un régimen de oleaje que junto al obtenido por difracción, permitan obtener unos valores de operatividad para una determinada altura de ola admisibles.

En lo que respecta al nivel del mar, de acuerdo a lo establecido en el anejo correspondiente, considerando todas las componentes de dicha variable se tiene un nivel de mar de cálculo sobre la cota batimétrica de 2.1822 m.

Conocido el régimen medio debido a la difracción del oleaje hasta el punto objetivo, busco minimizar la transmisión energética debida a la transmisión, para ello consideraré para el dimensionamiento funcional una altura de ola significativa cuya probabilidad de excedencia sea de 1 día al año, esto da una altura de ola significativa de 3.902 m.

1.1.13.1.1.1 TRANSMISION.

Se toma la expresión de Goda para la definición del coeficiente de transmisión, para un dique vertical sometido a oleaje regular:

$$K_T = \frac{H_t}{H_i} = \begin{cases} \sqrt{0.25 \left[1 - \sin \frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{R_c}{H_i} + \beta \right) \right]^2 + 0.01 * \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right)^2} & \text{si } \beta - \alpha < \frac{R_c}{H_i} < \alpha - \beta \\ 0.1 * \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right) & \text{si } \frac{R_c}{H_i} \geq \alpha - \beta \end{cases}$$



Para su aplicación a situaciones de oleaje irregular como el que nos ocupa la literatura técnica establece el uso de H_s del estado de mar como valor de oleaje incidente sobre la estructura H_i .

Se busca que la transmisión energética al interior del contorno portuario sea mínima, obteniendo los siguientes resultados:

Francobordo	Altura de ola incidente	β		SECCION 1
7	3,90	0,38	PRIMER CASO	
Profundidad de cálculo de la coronación de la berma (d)	Profundidad de cálculo (h)	K_t	Altura de ola transmitida	
19	21,771163	0,013	0,050	
Francobordo	Altura de ola incidente	β		SECCION 2
7	3,901615623	0,38	PRIMER CASO	
Profundidad de cálculo de la coronación de la berma (d)	Profundidad de cálculo (h)	K_t	Altura de ola transmitida	
19	31,888163	0,040	0,158	
Francobordo	Altura de ola incidente	β		SECCION 3
7	3,901615623	0,38	PRIMER CASO	
Profundidad de cálculo de la coronación de la berma (d)	Profundidad de cálculo (h)	K_t	Altura de ola transmitida	
19	33,643163	0,044	0,170	

Con un francobordo de 7 m se consiguen valores de K_t mínimos, del orden de 0.01, dando lugar a una altura de ola tras el dique exterior por efecto de la transmisión del orden de 10 cm.

Dicho valor se aplicará a la base de datos de oleaje en indefinidas de 534000 datos, definiendo el régimen medio transmitido a través del dique, el régimen medio obtenido es irrelevante en términos energéticos, luego permite asegurar la operatividad mínima, validando así el diseño planteado.

1.1.13.1.1.2 REBASE.

Se comprueba ahora el rebase, en términos de caudal y velocidad, producido en servicio en presencia del francobordo de 7 metros obtenido.

Para la obtención de dicho rebase se aplica lo establecido en el EurOtop, Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. Comprobado que no se dan condiciones impulsivas de rebase se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{q}{\sqrt{g H_{m0}^3}} = 0.062 \exp\left(-2.61 \frac{R_c}{H_{m0}}\right)$$

Despejando y sustituyendo el caudal unitario resulta:

$$q = 0.062 \exp\left(-2.61 \frac{R_c}{H_{m0}}\right) * \sqrt{g H_{m0}^3} = 0.062 \exp\left(-2.61 \frac{7}{3.902}\right) * \sqrt{g 3.902^3} \\ = 0.014 \text{ m}^3/\text{s } 1/\text{m}$$

Debe considerarse que dicho valor es un máximo de la distribución de caudales de rebase obtenidos. En términos de valor medio de dicha distribución el valor obtenido de caudal de rebase es de 8.23 l/s m, dicho valor según el documento utilizado es suficiente.

El porcentaje de olas que generan rebase resulta:

$$P_{ov} = \frac{N_{ow}}{N_w} = \exp\left[-1.21 \left(\frac{R_c}{H_{m0}}\right)^2\right] = \exp\left[-1.21 \left(\frac{7}{3.092}\right)^2\right] = 0.02034 \rightarrow 2.034\%$$



Solo un 2% de las olas incidentes generan rebase, tal y como era objetivo en la definición del francobordo.

En lo que respecta a volúmenes de rebase se tiene la siguiente distribución:

$$P_V = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{V}{a}\right)^b\right\} = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{V}{5.132}\right)^{0.841}\right\}$$

Haciendo $P_v = 0.5$, se obtiene el volumen medio generado por cada una de las olas que rebasan el dique:

$$0.5 = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{V_{Pv=0.5}}{5.132}\right)^{0.841}\right\} \rightarrow V_{Pv=0.5} = 3.314 \text{ m}^3/\text{m}$$

1.1.13.1.2 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

De acuerdo al anejo de clima marítimo, el régimen extremal de H_s se ajusta a una función GEV, con los siguientes parámetros:

$$P(H_s < H_{s_i}) = \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{H_{s_i} - \lambda}{\sigma}\right)\right]^{-1/\xi}\right\} \rightarrow \exp\left\{-\left[1 - 0.138\left(\frac{H_{s_i} - 3.319}{0.614}\right)\right]^{1/0.138}\right\}$$

Conocida la probabilidad de fallo a asumir, 0,1, y la vida útil, 50 años, la probabilidad de no excedencia resulta 0.9979. con estos datos la altura de ola significativa de diseño ultimo resulta 5.867 m.

1.1.13.1.2.1 DEFINICION DE LA LEY DE PRESIONES.

Con objeto de definir la ley de presiones actuante sobre las distintas secciones del dique, de acuerdo al proverbios, deben definirse una serie de parámetros adimensionales que definen la importancia y actuación de unos u otros efectos y que definen las distintas metodologías de cálculo a aplicar.

$$h_b^* = \frac{h_b}{h_s}; H_s^* = \frac{H_s}{h_s}; B^* = \frac{B_{eq}}{L_{h_s}} \rightarrow B_{eq} = B_b + 0.5 m h_b$$

Se calcula la altura de ola máxima asociada a la altura de ola significativa del estado de mar extremal calculado de acuerdo a la probabilidad de fallo en condiciones de estado limite último, dado que es posible que esta aparezca cuando tenga lugar el temporal de cálculo.

Los resultados obtenidos en cada sección son lo siguientes:

SECCION 1	hb*	Hs*	B*	Profundidad al pie del dique, hs	Profundidad al pie del cajón, d	Altura de la berma, hb	Altura de ola significativa régimen extremal, Hs
	0,127	0,270	0,066	21,771	19,000	2,771	5,867
	Beq	Ancho superior de la berma, Bb	Pendiente berma, m	longitud de onda en indefinidas con Tp	β, pendiente del fondo	Altura de ola Goda, HB	Duración del temporal de cálculo
	10,078	8,000	1,500	211,253	0,000	12,407	6,000
	Periodo de pico, Tp	Longitud de onda a profundidad, hs	Periodo medio, Tm	Número de olas del temporal	Altura de ola máxima asociada a Hs		
	11,632	151,574	9,858	2191,184	11,507		



SECCION 2	hb*	Hs*	B*	Profundidad al pie del dique, hs	Profundidad al pie del cajón, d	Altura de la berma, hb	Altura de ola significativa régimen extremal, Hs
	0,404	0,184	0,108	31,888	19,000	12,888	5,867
	Beq	Ancho superior de la berma, Bb	Pendiente berma, m	longitud de onda en indefinidas con Tp	BETHAs, pendiente del fondo	Altura de ola según Goda (rotura por fondo), HB	Duración del temporal de cálculo
	18,666	9,000	0,667	211,253	0,000	12,407	6,000
	Periodo de pico, Tp	Longitud de onda a profundidad, hs	Periodo medio, Tm	Número de olas del temporal	Altura de ola máxima asociada a Hs		
	11,632	173,218	9,858	2191,184	11,507		

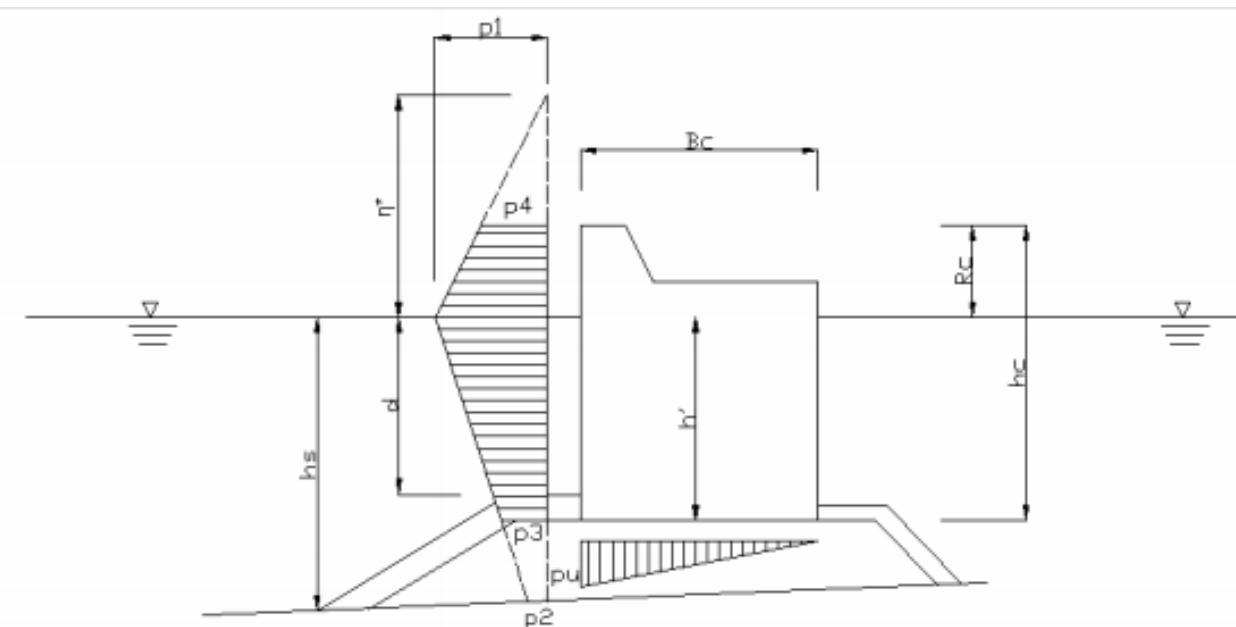
SECCION 3	hb*	Hs*	B*	Profundidad al pie del dique, hs	Profundidad de coronación de la berma. d	Altura de la berma, hb	Altura de ola significativa régimen extremal, Hs
	0,435	0,174	0,113	33,643	19,000	14,643	5,867
	Beq	Ancho superior de la berma, Bb	Pendiente berma, m	longitud de onda en indefinidas con Tp	BETHAs, pendiente del fondo	Altura de ola según Goda (rotura por fondo), HB	Duración del temporal de cálculo
	19,982	9,000	0,667	211,253	0,000	12,407	6,000

	Periodo de pico, Tp	Longitud de onda a profundidad, hs	Periodo medio, Tm	Número de olas del temporal	Altura de ola máxima asociada a Hs
	11,632	176,125	9,858	2191,184	11,507

De acuerdo al PROVERB y a los resultados obtenidos se deduce que se deben calcular las leyes de presiones generadas por la acción de ondas cuasi-estacionaria y por la acción de cargas impulsivas, como consecuencia de la aparición de la altura de ola máxima del estado de mar.

Dado que las cargas generadas por la acción impulsiva del oleaje son de mayor identidad calculo estas, para ello considerare el método de Goda-Takahashi.

La definición geométrica del problema de la definición de la ley de presiones es la siguiente:





Aplicando dicho método a cada una de las secciones se tiene:

SECCION 1			
altura de ola significante (m)	distancia 5Hs (m)	Profundidad a una distancia 5Hs (m)	Pendiente del fondo a 5Hs
5,867	29,337	23,119	0,013
Periodo de pico Tp (s)	Longitud de onda en indefinidas (m)	altura de ola GODA (rotura por fondo) (m)	F.objt GODA
11,632	211,253	17,240	-5,32907E- 14
¿Rompe HS?		Altura de ola incidente de cálculo HI (m)	
1.8*Hs incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE		10,56126363	
Profundidad al pie de la berma (m)	Longitud de onda al pie de la berma (m)	F.objt DISPERSION	Profundidad sobre la banqueta d (m)
21,771	151,574	-5,924E-09	19
Profundidad respecto al pie del cajón h` (m)	Run-up máximo (m)	ALPHA1	ALPHA2
20	15,842	0,703	0,018
DELTA22	DELTA 2	DELTA11	DELTA 1
-0,418	-2,047	-0,227	-4,531
ALPHA I1	ALPHA IO	ALPHA I	Anchura de la berma (m)
-0,010	0,556	-0,005	9
ALPHA3	ALPHA4		
0,721	0,558		

PRESIONES ACTUANTES			
Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	Presión 3 (Pa)	Presión 4 (Pa)
76772,249	53476,223	55371,439	42849,178
Supresión, Pu (Pa)			
53963,187			

SECCION 2			
altura de ola significante (m)	distancia 5Hs (m)	Profundidad a una distancia 5Hs (m)	Pendiente del fondo a 5Hs
5,867	29,337	32,403	0,012
Periodo de pico Tp (s)	Longitud de onda en indefinidas (m)	altura de ola GODA (rotura por fondo) (m)	F.objt GODA
11,632	211,253	21,331	-8,0613E-08
¿Rompe HS?		Altura de ola incidente de cálculo HI (m)	
Hs incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE		10,56126363	
Profundidad al pie de la berma (m)	Longitud de onda al pie de la berma (m)	F.objt DISPERSION	Profundidad sobre la banqueta d (m)
31,888	173,218	1,3156E-06	19
Profundidad respecto al pie del cajón h` (m)	Run-up máximo (m)	ALPHA1	ALPHA2
20	15,842	0,646	0,055
DELTA22	DELTA 2	DELTA11	DELTA 1
-0,158	-0,772	-0,134	-2,676
ALPHA I1	ALPHA IO	ALPHA I	Anchura de la berma (m)
0,098	0,556	0,055	9



ALPHA3	ALPHA4		
0,732	0,558		
PRESIONES ACTUANTES			
Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	Presión 3 (Pa)	Presión 4 (Pa)
0,075	0,043	0,055	0,042
Supresión, Pu (Pa)			
0,050			

SECCION 3			
altura de ola significativa (m)	distancia 5Hs (m)	Profundidad a una distancia 5Hs (m)	Pendiente del fondo a 5Hs
5,867	29,337	34,387	0,013
Periodo de pico Tp (s)	Longitud de onda en indefinidas (m)	altura de ola GODA (rotura por fondo) (m)	F.objt GODA
11,632	211,253	22,336	-1,08594E-06
¿Rompe HS?		Altura de ola incidente de cálculo HI (m)	
Hs incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE		10,56126363	
Profundidad al pie de la berma (m)	Longitud de onda al pie de la berma (m)	F.objt DISPERSION	Profundidad sobre la banqueta d (m)
33,643	176,125	3,6751E-08	19
Profundidad respecto al pie del cajón h` (m)	Run-up máximo (m)	ALPHA1	ALPHA2
20	15,842	0,640	0,076

DELTA22	DELTA 2	DELTA11	DELTA 1
-0,128	-0,629	-0,123	-2,468
ALPHA I1	ALPHA IO	ALPHA I	Anchura de la berma (m)
0,136	0,556	0,076	9
ALPHA3	ALPHA4		
0,734	0,558		
PRESIONES ACTUANTES			
Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	Presión 3 (Pa)	Presión 4 (Pa)
0,076	0,042	0,056	0,043
Supresión, Pu (Pa)			
0,050			

1.1.13.1.2.2 MATERIALES.

La densidad de los materiales utilizados es la que se muestra en la siguiente tabla:

DENSIDADES (Kg/m3)	
Espaldón	2300
Hormigón en masa tapón cajón	2300
Hormigón armado cajón celular	2400
Hormigón armado zapata	2400
Relleno granular cajón celular	1900
Escolleras	2600

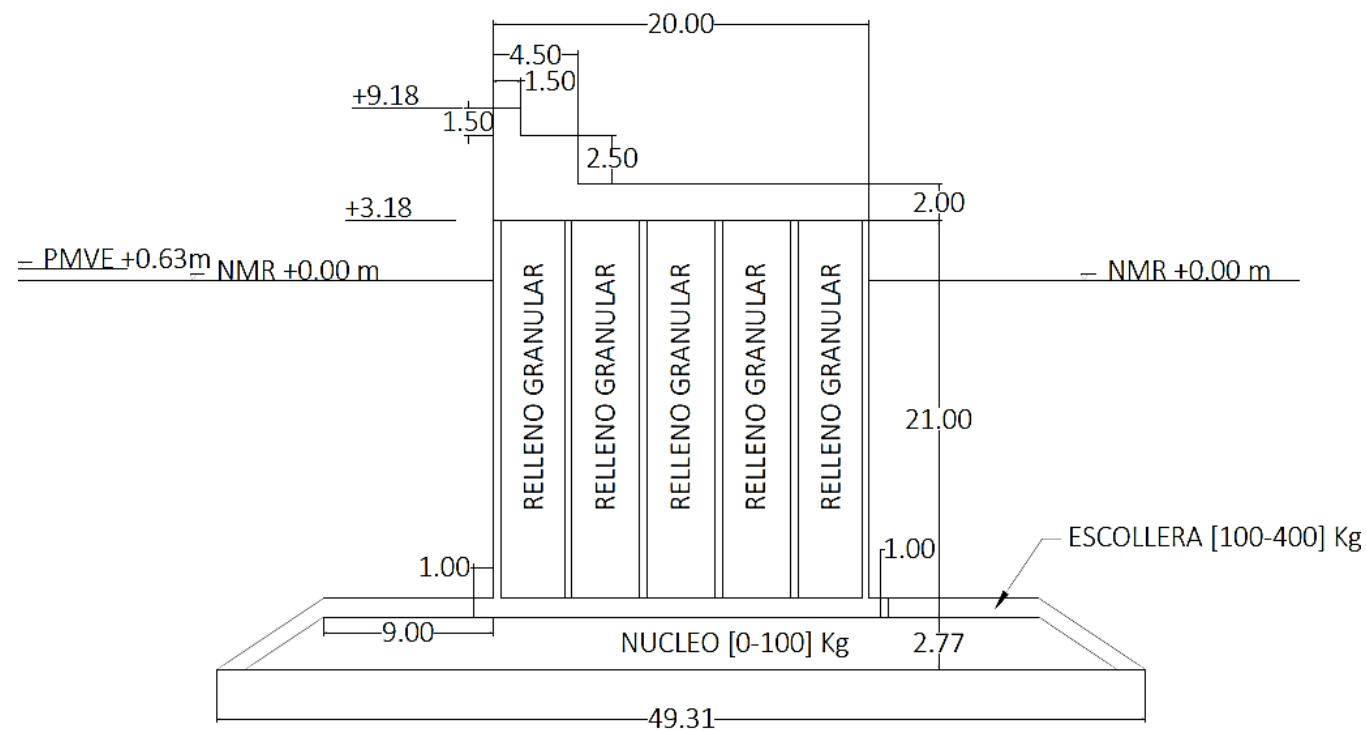


Relación hormigón armado-relleno granular
25/75 %

1.1.13.1.2.3 ESTABILIDAD DEL CONJUNTO CAJON ESPALDON.

debe analizarse la estabilidad del cajón sometido a la acción marítima, es decir a las presiones presentadas en el apartado anterior, con objeto de definir y/o verificar, si las dimensiones adoptadas son tales que se garantiza la estabilidad de la estructura sometida a dichas acciones de cálculo.

Las dimensiones iniciales, para la sección de arranque, a considerar obtenidas del diseño hasta este punto son las siguientes:



Los coeficientes de seguridad a garantizar son los siguientes, según la ROM 0.5-94:

	Coeficientes de seguridad
Situación permanente	1,5
Situación temporal	1,3

Los resultados obtenidos para cada una de las secciones son los que se muestran en las siguientes tablas:

SECCION 1			
Dimensiones			
Alto	Ancho cajón	Ancho cimentación	Prof pie del cajón
21	20	22	20
Prof superior berma	francobordo	rozamiento	
19	7	0,6	
Fuerzas y ptos de aplicación			
Empuje horizontal oleaje	Empuje vertical oleaje	Fuerza de rozamiento	Peso aparente cajón
1,740111817	0,59359503	3,314736	4,29406
distancia al pie del cajón	distancia sotamar	distancia al pie del cajón	distancia sotamar
17,37212142	12,6666667	0	10
Peso espaldón			
1,2305			
distancia a sotamar			
12,01869159			
Coeficientes de seguridad			
Vuelco		Deslizamiento	
1,529329629		1,904898275	



SECCION 2			
Dimensiones			
Alto	Ancho cajón	Ancho cimentación	Prof pie del cajón
21	20	22	20
Prof superior berma	francobordo	rozamiento	
19	7	0,6	
Fuerzas y ptos de aplicación			
Empuje horizontal oleaje	Empuje vertical oleaje	Fuerza de rozamiento	Peso aparente cajón
1,697926662	0,5534905	3,314736	4,29406
distancia al pie del cajón	distancia somatar	distancia al pie del cajón	distancia sotamar
17,35170049	12,666667	0	10
Peso espaldón			
1,2305			
distancia a sotamar			
12,01869159			
Coeficientes de seguridad			
Vuelco		Deslizamiento	
1,582812619		1,952225661	

SECCION 3			
Dimensiones			
Alto	Ancho cajón	Ancho cimentación	Prof pie del cajón
21	20	22	20
Prof superior berma	francobordo	rozamiento	
19	7	0,6	
Fuerzas y pto de aplicación			
Empuje horizontal oleaje	Empuje vertical oleaje	Fuerza de rozamiento	Peso aparente cajón
1,735839192	0,549782084	3,314736	4,29406
distancia al pie del cajón	distancia sotamar	distancia al pie del cajón	distancia sotamar
17,34792576	12,66666667	0	10
Peso espaldón			
1,2305			
distancia a sotamar			
12,01869159			
Coeficientes de seguridad			
Vuelco		Deslizamiento	
1,557014312		1,909587026	

Del análisis de los resultados obtenidos puede extraerse lo siguiente:

- El coeficiente de seguridad al vuelco mínimo es de 1.53 y corresponde a la sección 1, este valor se considera válido.
- El coeficiente de seguridad al deslizamiento mínimo es de 1.90 y corresponde a la sección 1, del mismo modo que en el caso anterior este valor se considera válido.



1.1.13.1.2.4 MANTO DE PROTECCION DE LA BERMA.

A continuación, se define el manto de protección de la berma, constituido a base de escollera. La finalidad de dicho manto es la protección del material constituyente de la berma de tal modo que la acción desestabilizadora de arrastre del agua es soportada por dicho manto de protección.

Se evita así la disgregación de la berma y con esto que puedan producirse descalces o movimientos inadmisibles del cajón que apoya sobre la misma. Para la definición de dicho manto de protección se recurre a la formulación de Tanimoto.

Aplicando dicha formulación se obtienen los siguientes resultados para cada sección de cálculo considerada.

SECCIONES 1,2,3			
densidad del agua (Kg/m3)	densidad del material (Kg/m3)	Periodo de pico máximo (s)	Periodo de pico mínimo (s)
1027	2600	12,90122431	10,53864972
altura de ola significativa (m)	altura de ola incidente (m)	ancho de la banquetta (m)	profundidad sobre la banquetta (m)
5,97	11,94	9	16,6678
altura de ola GODA,Tp min (m)	altura de ola GODA,Tp max (m)	F.objt GODA, Tp min	F.objt GODA, Tp max
10,7378076	11,5235727	0	-9,41469E-14
Rompe HI, Tp min		Rompe HI, Tp max	
ROMPE		ROMPE	
Longitud de onda sobre la banquetta, Tp min (m)	Longitud de onda sobre la banquetta, Tp max (m)	F.objt DISPERSION, Tp min	F.objt DISPERSION, Tp max
10,5386497	12,9012243	1,64607E-05	-6,6336E-06
C, Tp min	C, Tp max	est, Tp min	est, Tp max
0,12832885	0,09645139	0,000958235	0,03

est, cálculo	Sr	peso piezas manto (Kg)
0,00095823	2,53164557	1180,275248

Se tomará 1180, 27 Kg como peso para el dimensionamiento del manto de protección de la berma del dique, se optará por un manto de dos capas de escollera comprendidas entre 400 y 1500 Kg, para dar una altura del manto de protección del entorno de 1,5 metros.

Bajo este manto principal se dispondrán dos capas de escollera comprendidas entre 100 y 400 Kg, bajo este secundario se ejecutará el núcleo de la berma en todo uno de cantera con pesos comprendidos entre 1 y 100 Kg, cumpliendo así la condición de filtro.

Además, se llevará a cabo el enrase bajo el cajón con una capa de 0.5 m de grava gruesa.

1.1.13.1.2.5 BLOQUES DE GUARDA.

Su uso en toda la longitud del dique resulta innecesario, deben disponerse a partir de profundidades del entorno de los 25 m de acuerdo a las características del oleaje incidente y a la profundidad medida sobre la banquetta.

Así para el caso más desfavorable, para el que el bloque de guarda es máximo, el caso del morro a una profundidad de 30 metros, el bloque de guarda obtenido del cálculo es de 5.0 x 2.x 1.4 m, para el resto de secciones se optara por el inferior más próximo, 4.0X2.5X1.2 m.

1.1.13.1.2.6 PROTECCION FRENTE A LA SOCAVACION.

Se plantea la protección del fondo más allá de la extensión de la berma, para evitar la erosión de este, evitando así comprometer la estabilidad de la berma y por ende los modos de fallo asociados a dicho fenómeno de erosión y descalce de la berma.

La formulación para la definición de este efecto no está desarrollada, por lo que debe comprobarse con ensayos específicos en modelos reducidos. Luego a falta de ensayos específicos, se optará por ejecutar dicha protección, para una situación pésima con las mismas piezas que la berma, dispuestas una anchura de 57m. Si bien es esperable que de los ensayos específicos requeridos resulte que el tamaño a disponer sea menor, dado que la estabilidad aumenta con la profundidad.



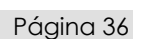
Se plantea como primera hipótesis el uso de piezas artificiales para el manto exterior, dado que los taludes requeridos por esta tipología de piezas son menores que para el caso de la escollera, esto para una altura dada disminuye los requerimientos de espacio en planta, limita el derrame de tierras del talud generado, efecto especialmente importante en el caso que nos ocupa, la definición de las características del contradique, dada su proximidad a la nueva línea de atraque.

1.1.13.2.1 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

Será necesario en este punto, definir el régimen de oleaje actuante sobre dicho dique, para el análisis en servicio se definen unas solicitaciones propias del régimen medio, cuya probabilidad de excedencia viene definida en función de los índices IREO e ISAO.

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^\beta \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x + 0.03394}{1.145} \right)^{1.473} \right]$$

En lo que respecta al nivel del mar, de acuerdo a lo establecido en el anejo correspondiente, considerando todas las componentes de dicha variable se tiene un nivel de mar de cálculo sobre la cota batimétrica de 2.1822 m.





1.1.13.2.1.1 RUN-UP Y RUN DOWN.

Para la definición de las alturas de run-up y run-down, alturas alcanzadas al producirse la rotura del oleaje sobre el dique, se recurre a la formulación de Losada y Gimenez-Curto, dado que permite definir ambas variables en función de la tipología de pieza elegida para la ejecución del manto principal.

Dicha formulación está desarrollada para oleaje regular, por lo que se recurre a la hipótesis de equivalencia para su aplicación al caso de oleaje irregular.

Como condicionante funcional para la definición del francobordo de la berma superior se considerará que, en presencia del estado de mar de diseño en servicio, solo el 1% del oleaje actuante frente al contradique genere rebase.

Con respecto a la tipología de piezas a disponer destacar que se opta por cubos de hormigón, se opta por piezas artificiales dado que el talud que se va a disponer, $\cot\alpha$: 1.5, impone valores de la función de estabilidad que darían lugar a unos pesos que no son alcanzables con escollera.

Procediendo de este modo los resultados obtenidos en cada una de las secciones de cálculo son los siguientes:

SECCION 1			
Altura de ola significante (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 1% (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
3,902	5,920	1,00%	-3,65987E-13
Tp, max esperado, ($\mu T + \sigma T$) (s)	L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H (m)	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
10,796	181,965	0,600	0,003
Ir0	Tipo de rotura	F.objt GODA	Altura de ola de goda
4,098	oscilación	0,000	12,826
ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)		
H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	19,500		
Au	Bu	Ad	Bd
1,05	-0,67	-0,72	-0,42
Ru (m)	Rd (m)	Francobordo berma superior (m)	
5,817	-3,500	6,000	

SECCION 2			
Altura de ola significante (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 1% (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
3,902	5,920	1,00%	-3,65987E-13
Tp, max esperado, ($\mu T + \sigma T$) (s)	L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H (m)	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
10,796	181,965	0,600	0,000



Ir0	Tipo de rotura	F.objt GODA	Altura de ola de goda
4,098	oscilación	0,000	16,502
ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)		
H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	29,440		
Au	Bu	Ad	Bd
1,05	-0,67	-0,72	-0,42
Ru (m)	Rd (m)	Francobordo berma superior (m)	
5,817	-3,500	6,000	

SECCION 3			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 1% (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
3,902	5,920	1,00%	-3,65987E-13
Tp, max esperado, ($\mu T + \sigma T$) (s)	L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H (m)	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
10,796	181,965	0,600	0,000
Ir0	Tipo de rotura	F.objt GODA	Altura de ola de goda
4,098	oscilación	0,000	17,489
ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)		
H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	32,176		
Au	Bu	Ad	Bd
1,05	-0,67	-0,72	-0,42

Ru (m)	Rd (m)	Francobordo berma superior (m)
5,817	-3,500	6,000

Puede concluirse a la vista de los resultados obtenidos que el francobordo de la berma superior es de 6m sobre el nivel del mar de cálculo, esto es, el manto principal corona a 8,1822 sobre el cero del puerto.

1.1.13.2.1.2 TRANSMISION

Para la definición del coeficiente de transmisión se recurre a la formulación de d'Angremond, considerando además núcleo impermeable, dado que se va a ejecutar el núcleo en todo uno de cantera.

Así el ancho de coronación que hace el coeficiente de transmisión mínimo, es decir 0.075, es 3.725m, si bien es cierto que es de esperar que como consecuencia de cualquier otro condicionante de diseño se supere dicho valor, asegurando por tanto que la acción sobre el talud interior será mínima.

1.1.13.2.1.3 REBASE

Dado que el efecto del rebase sobre la estructura es principalmente la altura de ola generada a sotamar y teniendo en cuenta que dicho efecto se considera en el coeficiente de transmisión, a partir del que calcular las propiedades resistentes de los mantos interiores, se consideraran como condicionantes funcionales las limitaciones impuestas a la operatividad y a las personas y vehículos.



En términos de caudal de rebase se obtienen los siguientes resultados:

Altura de ola significante (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 2% (m)	Ru 2% (m)	Francobordo berma superior (m)
3,902	5,457	5,168	6,000
caudal unitario, μ (l/sm)	caudal unitario, σ (l/sm)	caudal unitario adimensional, μ	caudal unitario adimensional, σ
0,997	0,110	0,041	0,005
caudal unitario max, $\mu+\sigma$ (l/sm)		caudal unitario adimensional max, $\mu+\sigma$	
1,107		0,046	

En términos de volumen se tiene:

$$P_V = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V}{0.686} \right)^{0.743} \right\}$$

Obteniéndose un valor medio de volumen individual de rebase:

$$0.5 = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V_{Pv=0.5}}{0.686} \right)^{0.743} \right\} \rightarrow V_{Pv=0.5} = 0.4189 \text{ m}^3/\text{m}$$

En base a los resultados obtenidos tanto de caudal como de volumen de rebase puede concluirse que el francobordo de la berma superior definido es suficiente si se considera la siguiente cuestión:

- El acceso al contradique planteado será exclusivo del personal perteneciente a la autoridad portuaria, en ningún momento se plantea darle un uso lúdico o recreativo a la coronación del contradique.

Con objeto de verificar el condicionante funcional, fin último del diseño del contradique, la operatividad, analizada en términos de caudal medio de rebase, que debe asegurarse de acuerdo al anejo de criterios generales y bases de diseño, índices IREO e ISAO al menos el 95% del tiempo.

El régimen medio de rebase en términos de caudal, da para una probabilidad de excedencia del 5%, un caudal medio de rebase de 0.020 l/s/m, asociado a una altura de ola significativa de 2.37 menor del intervalo definido por el Eurotop para el personal propio de la instalación portuaria, entre 1 y 10 l/s/m.

1.1.13.2.2 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

Del mismo modo que sobre el dique exterior, para el análisis último se definen unas solicitudes propias del régimen extremal, cuya probabilidad de excedencia viene definida en función de los índices IRE e ISA.

De acuerdo al anejo de clima marítimo, el régimen extremal de Hs se ajusta a una función GEV, con los siguientes parámetros:

$$P(Hs < Hs_i) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{Hs_i - \lambda}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} \rightarrow \exp \left\{ - \left[1 - 0.138 \left(\frac{Hs_i - 3.319}{0.614} \right) \right]^{1/0.138} \right\}$$

Conocida la probabilidad de fallo a asumir, 0,1, y la vida útil, 50 años, la probabilidad de no excedencia resulta 0.9979. con estos datos la altura de ola significativa de diseño ultimo resulta 5.867 m.



1.1.13.2.2.1 PESO PIEZAS MANTO PRINCIPAL. EXTERIOR.

Para la definición de esta variable se recurre a los valores de la función de estabilidad definidos por Losada y Desiré, para distintos tipos de bloques paralelepíedicos de hormigón, en función del umbral de daño definido en diseño y el talud adoptado.

Considerando bloques de igual lado y talud de 1.5, diseñando a inicio de avería se tiene un valor de diseño de la función de estabilidad de 0.060.

La sollicitación de cálculo utilizada será la H50, definida como la media de las 50 mayores olas del estado de mar de cálculo, incidente sobre el dique. Por ser la que mejor representa la evolución del daño sufrido por la estructura durante su vida útil.

Asi los resultados obtenidos para cada una de las secciones son los que se muestran a continuación:

SECCION 1			
Altura de ola de cálculo H50 (m)			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola 1/2191 (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
5,867	11,507	0,000456	-0,00000001
Duración del temporal de cálculo (h)	μTp (s)	σTp (s)	Tp, max esperado, (μTp+σTp) (s)
6	11,632	1,176	12,808
μTm (s)	σTm (s)	Tm, max esperado, (μTm+σTm) (s)	número de olas
9,858	0,996	10,854	2191
Numero de Irribarren al pie del talud, Ir0	Tipo de rotura	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
3,600	oscilación	0,600	0,003
L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola Hs (m)			
211,253			

Altura de ola de Goda (m)	F.objt GODA	ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)
13,271	0,000	H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	19,500
Entero (2191/50)= n*	H50 = H1/43 (m)		
43	8,278		

SECCION 2			
Altura de ola de cálculo H50 (m)			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola 1/2191 (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
5,867	11,507	0,000456	-0,00000001
Duración del temporal de cálculo (h)	μTp (s)	σTp (s)	Tp, max esperado, (μTp+σTp) (s)
6	11,632	1,176	12,808
μTm (s)	σTm (s)	Tm, max esperado, (μTm+σTm) (s)	número de olas
9,858	0,996	10,854	2191
Numero de Irribarren al pie del talud, Ir0	Tipo de rotura	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
3,600	oscilación	0,600	0,000
L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola Hs (m)			
211,253			



Altura de ola de Goda (m)	F.objt GODA	ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)
17,290	0,000	H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	29,440
Entero (2191/50)= n^*	H50 = H1/43 (m)		
43	8,278		

SECCION 3			
Altura de ola de cálculo H50 (m)			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola 1/2191 (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
5,867	11,507	0,000456	-0,00000001
Duración del temporal de cálculo (h)	μT_p (s)	σT_p (s)	T_p , max esperado, ($\mu T_p + \sigma T_p$) (s)
6	11,632	1,176	12,808
μT_m (s)	σT_m (s)	T_m , max esperado, ($\mu T_m + \sigma T_m$) (s)	número de olas
9,858	0,996	10,854	2191
Numero de Irribarren al pie del talud, I_r0	Tipo de rotura	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
3,600	oscilación	0,600	0,000
L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H_s (m)			
211,253			
Altura de ola de Goda (m)	F.objt GODA	ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)
18,393	0,000	H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	32,176
Entero (2191/50)= n^*	H50 = H1/43 (m)		
43	8,278		

puede ahora abordarse el cálculo del peso medio de las piezas a disponer con objeto de conformar el manto principal., de acuerdo a la formulación de Losada y Desiré antes planteada

PESO MEDIO PIEZAS MANTO PPAL			
Losada y Desiré			
Talud	tipo de bloque	nivel de avería	valor de diseño de la función de estabilidad
1,5	cubico	Inicio de avería	0,06
densidad del agua (Kg/m3)	densidad del material (Kg/m3)	Rr	H50 (m)
1027	2300	1,1759355	8,278
peso medioW50 (Kg)	lado equivalente Dn50 (m)		
41110,1507	2,615		

1.1.13.2.2.2 PESO PIEZAS MANTO PRINCIPAL. INTERIOR.

Para definir el peso de las piezas del manto principal interior opto por aplicar la formulación existente para diques rebasables, considerando como francobordo de este supuesto dique rebasable el definido anteriormente, en base a criterios funcionales.



Obteniendo los siguientes resultados:

PESO MEDIO PIEZAS MANTO PPAL			
Diques rebasables			
Talud	tipo de bloque	nivel de avería	valor de diseño del número de estabilidad
1,5	cúbico	Inicio de avería	2,554
densidad del agua (Kg/m3)	densidad del material (Kg/m3)	Rr	Francobordo (m)
1027	2300	1,240	6,000
H50 (m)	peso medioW50 (Kg)	lado equivalente Dn50 (m)	
8,278	41128,504	2,615	

A la vista de los resultados obtenidos puede concluirse que debe disponerse como manto principal interior las mismas piezas que en el caso del manto principal exterior. Debiendo prolongarse la protección hasta la -8,278 con respecto al nivel del mar de cálculo.

1.1.13.2.2.3PESO PIEZAS MANTO PRINCIPAL EN EL MORRO.

La acción del oleaje sobre los morros de los diques es diferente que sobre el talud del tronco, debido a que el oleaje ataca los diferentes sectores del morro con ángulos de incidencia diferentes. Por otro lado, la difracción y refracción sobre el morro provocan la concentración del oleaje sobre el morro y la rotura sobre el mismo en voluta.

Por lo tanto, como aplicación para el presente proyecto, se considerará dado que se diseña a inicio de avería, un aumento del peso de las piezas de 1.5 sobre el morro, en lo que respecta a la longitud de mínima estabilidad se considerará como tal todo el morro a fin de eliminar la dependencia del diseño de la dirección de propagación oleaje incidente, protegiendo así el morro ante cualquier dirección de propagación.

1.1.13.2.2.4 RESUMEN DE LOS MANTOS DEFINIDOS.

Considerando las condiciones de filtro y rozamiento entre las distintas capas, y diseñando de acuerdo a recomendaciones de buena praxis se definen las distintas capas que constituyen el dique:

	Manto	Peso medio (kg)	Lado del cubo equivalente (m)	densidad (kg/m3)	número de capas	espesor(m)
exterior	Principal	41110,151	2,615	2300	2	5,229
	Secundario I	4111,015 [4000-7000]	1,165	2600	2	2,330
	Secundario II	411,102 [400-1500]	0,541	2600	2	1,081
interior	Principal	41110,151	2,615	2300	1	2,615
	Secundario I	4111,015 [4000-7000]	1,165	2600	1	2,330
	Secundario II	411,102 [400-1500]	0,541	2600	1	1,081
núcleo		1< Wn < 100 Kg	----	-----	-----	-----

Se muestra en la siguiente tabla los mantos a disponer sobre el morro del contradique:



	Manto	Peso medio (kg)	Lado del cubo equivalente (m)	densidad (kg/m3)	número de capas	espesor(m)
exterior	Principal	61665,226	2,870	2300	2	5,740
	Secundario I	6166,523 [4000-7000]	1,320	2600	2	2,640
	Secundario II	411,101 [400-1500]	0,541	2600	2	1,081
núcleo		1< Wn < 100 Kg	----	-----	-----	-----

1.1.13.2.2.5 PESO PIEZAS BERMA INFERIOR EXTERIOR.

La definición de estas piezas se plantea según las formulaciones de Gerding y Van der Meer. Con respecto a la definición del parámetro de daño y el nivel de avería, de igual modo que en el caso del manto principal exterior se considerará un valor de Nd de 0.5, que es equivalente al inicio de avería para el talud dispuesto.

Para la definición de las alturas de ascenso-descenso se recurre a la formulación de Losada y Giménez-curto, considerando el run-up, run-down de la altura de ola máxima del estado de mar, a fin de asegurar que incluso bajo la acción de esta la berma no queda descubierta.

Se plantea para el presente proyecto la definición de la altura de coronación, constante para toda la longitud del dique, definiendo el peso de las piezas que aseguran la estabilidad en cada sección, optando finalmente por la pésima.

Aplicando lo anterior a las secciones de cálculo se obtienen los siguientes resultados:

SECCION 1			
PESO MEDIO PIEZAS BERMA			
Gerding			
Altura de ola significante (m)	Profundidad de al pie del dique (m)	Ru ola máxima (m)	Rd ola máxima (m)
5,867	17,318	10,26874719	-5,761621999
Profundidad de coronación de la berma (m)	nivel de daño	densidad relativa sumergida	densidad del material (Kg/m3)
15,000	0,5	1,239532619	2300
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)		
1,033	2532,463		
Van der Meer			
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)	Profundidad de coronación de la berma (m)	
0,846	1393,997	15,000	



SECCION 2			
PESO MEDIO PIEZAS BERMA			
Gerding			
Altura de ola significante (m)	Profundidad de al pie del dique (m)	Ru ola máxima (m)	Rd ola máxima (m)
5,867	27,258	10,26874719	-5,761621999
Profundidad de coronación de la berma (m)	nivel de daño	densidad relativa sumergida	densidad del material (Kg/m3)
15,000	0,5	1,239532619	2300
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)		
1,033	2532,463		
Van der Meer			
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)	Profundidad de coronación de la berma (m)	
1,623	9834,206	15,000	

SECCION 3			
PESO MEDIO PIEZAS BERMA			
Gerding			
Altura de ola significante (m)	Profundidad de al pie del dique (m)	Ru ola máxima (m)	Rd ola máxima (m)
5,867	29,994	10,26874719	-5,761621999
Profundidad de coronación de la berma (m)	nivel de daño	densidad relativa sumergida	densidad del material (Kg/m3)
15,000	0,5	1,239532619	2300
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)		
1,033	2532,463		
Van der Meer			
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)	Profundidad de coronación de la berma (m)	
1,778	12918,987	15,000	

De lo anterior se deduce que coronando a 15m de profundidad deben disponerse bloques de hormigón de 13T Con respecto al ancho superior de dicha berma se optará por un ancho de 3 piezas según el USACE (1987)



1.1.13.2.2.6 ESTABILIDAD DEL ESPALDON.

1.1.13.2.2.6.1 DEFINICION DE LA LEY DE PRESIONES.

Se debe comenzar por definir las leyes de presiones generadas por el oleaje incidente, para ello se recurre a la formulación de Martin.

Aplicando la formulación anterior a la situación de cálculo se obtienen los siguientes resultados, definiendo así las leyes de presiones en ambas situaciones de carga, dinámica y pseudo-hidrostática:

METODO DE MARTIN.			
LEYES DE PRESIONES Y SUBPRESIONES			
PRESIONES DINAMICAS			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola máxima (m)	Francobordo berma superior (m)	Ru ola máxima (m)
5,867	11,507	6,000	10,613
altura máxima de ola sobre la berma (m)	alpha	ancho berma superior, 3piezas (m)	Longitud de onda al pie del dique, asociada a la altura de ola máxima (m)
5,002	1,708	7,845	157,613
Peralte del oleaje al pie	lambda	Presion dinámica zona expuesta (MN)	Presion dinámica zona protegida (MN)
0,073	0,465	0,086	0,040
SUBPRESIONES DINAMICAS			
Ley triangular de presiones, con los siguientes valores	Pie barlomar (MN)		Pie sotamar (MN)
	0,040		0,000
PRESIONES PSEUDO HIDROSTATICAS			
densidad del agua (Kg/m3)	MU	Cota coronación berma (m)	cota pie (m)
1027,000	0,288	6,000	-1,559
Presión pseudo-hidrostatica sotamar(MN)	Presión pseudo-hidrostatica pie (MN)		
0,015	0,040		
SUBPRESIONES PSEUDO HIDROSTATICAS			
Ley trapezoidal de presiones, con los siguientes valores		F/L	cociente presiones sotamar/barlomar

	0,076	0,300
Presión sotamar (MN)		
0,012		

Se definen ahora las dimensiones del espaldón, y del tacón dispuesto con objeto de mejorar el comportamiento frente a deslizamiento, critico en el caso que nos ocupa, además de la densidad del hormigón utilizado.

DIMENSIONES DEL ESPALDON			
Alto del espaldón (m)	H' (m)	Ancho del espaldón (m)	B' (m)
8,640	4,000	12,000	3,000
densidad del hormigón (Kg/m3)	espesor inicial talón (m)	Peso espaldón (T)	Peso talón (T)
2300,000	0,000	1,424	0,000

A partir de los datos obtenidos se definen las fuerzas actuantes y sus puntos de aplicación, pudiendo así definir la estabilidad del espaldón, en lo que respecta a deslizamiento y vuelco de este.

FUERZAS DESESTABILIZADORAS Y PUNTOS DE APLICACIÓN			
FUERZAS DINAMICAS			
Fuerza horizontal (MN)	Fuerza vertical (MN)	Momento fuerza horizontal (MNm)	Momento fuerza vertical (MNm)
0,346	0,240	1,494	1,921
Punto aplicación Fh respecto al pie (m)	Punto aplicación Fv, respecto sotamar (m)		
4,320	8,000		
FUERZAS PSEUDO HIDROSTATICAS			



Fuerza horizontal (MN)	Fuerza vertical (MN)	Momento fuerza horizontal (MNm)	Momento fuerza vertical (MNm)
0,234	0,309	0,854	1,401
Punto aplicación Fh (m)	Punto aplicación Fv, respecto sotamar (m)		
3,653	7,080		

EMPUJE AGUA			
Nivel del mar de cálculo respecto 0 (m)	cota B espaldon respecto 0	Empuje (MN)	Momento empuje (MNm)
2,180	0,623	0,192	1,151
Punto aplicación empuje, respecto sotamar (m)			
6,000			

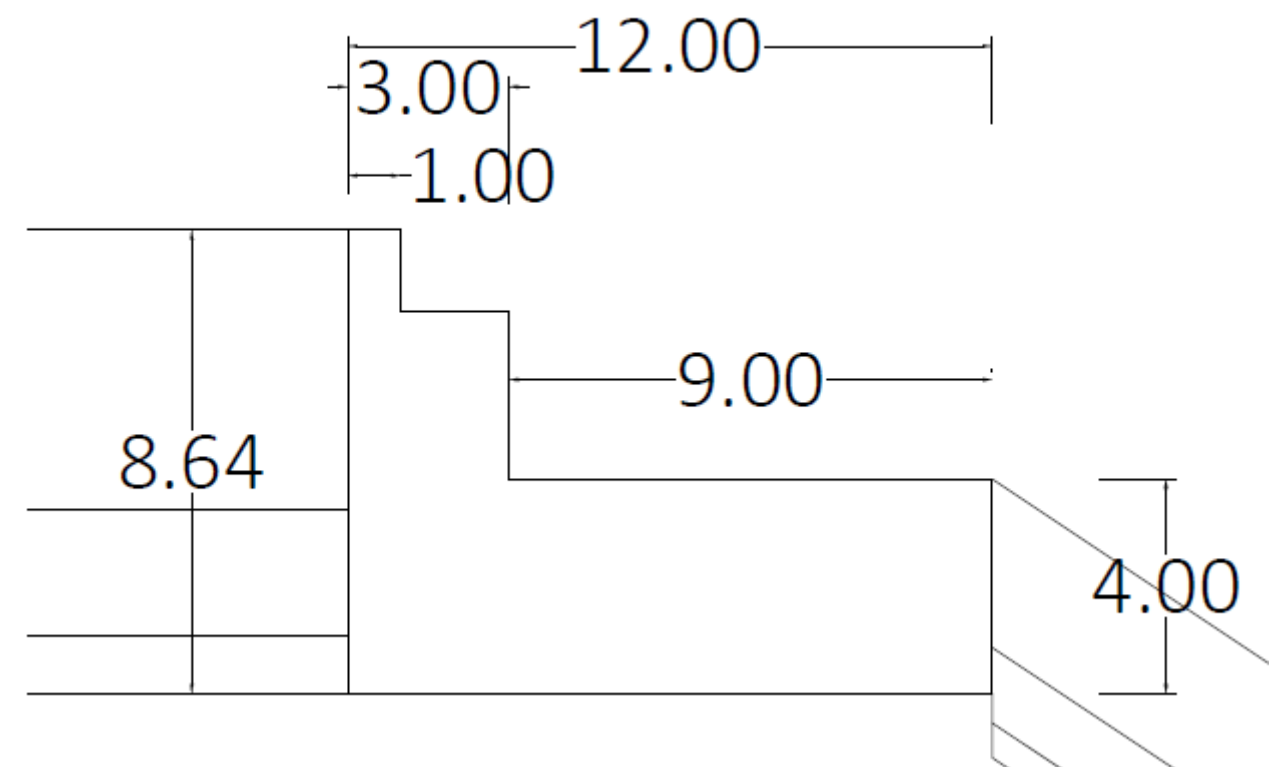
FUERZAS ESTABILIZADORAS Y PUNTOS DE APLICACIÓN			
PESOS			
Peso espaldón (T)	Momento peso (MNm)	Punto aplicación peso, respecto sotamar (m)	Peso talón, sumergido (T)
1,424	9,986	7,012	0,000
Momento talón (MNm)	Punto aplicación peso, respecto sotamar (m)	Angulo talón, plano de deslizamiento	
0,000	8,000	0,000	

Conocidos estos valores pueden ahora calcularse los valores de los coeficientes de seguridad frente al vuelco y al deslizamiento, frente a ambas situaciones de carga:

COEFICIENTES DE SEGURIDAD			
DINAMICOS			
CSD	1,721	CSV	2,587
PSEUDO HIDROSTATICOS			
CSD	2,371	CSV	2,907

Puede por tanto concluirse en base a los resultados de los coeficientes de seguridad tanto a deslizamiento como al vuelco, que el espaldón definido resulta estable frente a la acción dinámica y pseudo-hidrostática.

Finalmente, el espaldón resulta:





1.1.14 ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.

El objeto del presente documento es definir el documento técnico al que se refiere el decreto de Evaluación de Impacto Ambiental para el caso que nos ocupa, sobre los potenciales efectos sobre el entorno portuario almeriense, consecuencia de las actuaciones propuestas.

Se pretende definir las medidas que contribuyan a suprimir las pérdidas de material ocasionadas por los distintos rellenos, así como las potenciales molestias a la fauna, consecuencia del ruido, tráfico pesado, además se pretende definir las medidas que minimicen la afección al patrimonio cultural y a la calidad del agua.

La actuación consistirá en conseguir un adecuado uso del espacio marítimo y terrestre cuyo uso se hace necesario como consecuencia de la ampliación objeto del presente proyecto.

1.1.14.1 JUSTIFICACION DE LA ACTUACION

Con la ampliación del puerto de Almería se pretende conseguir una nueva línea de atraque, que permita ampliar el volumen de trabajo de este, aumentando así la capacidad de este, dándole relevancia con respecto a sus competidores directos en el entorno del estrecho de Gibraltar.

1.1.14.2 ANALISIS DEL ENTORNO.

1.1.14.2.1 ZONA DE ESTUDIO.

La zona a considerar, será la franja litoral de la capital almeriense afectada por el dique exterior y el contradique.

1.1.14.2.2 MEDIO FISICO

1.1.14.2.2.1 CLIMATOLOGIA

Del mismo modo que todo el sureste español, Almería es una región con un régimen pluviométrico escaso, típicamente mediterráneo, con zonas de marcada aridez, como son en este caso el desierto de tabernas y el cabo de gata, donde la aparición de lluvia se da de forma torrencial.

1.1.14.2.2.2 PAISAJE

En lo que respecta a la alteración de las vistas, cabe destacar que no se produce alteración significativa de las vistas, ya que la ejecución de la solución planteada no supondrá la introducción de nuevos elementos visuales artificiales, diferentes a los existentes en la actualidad, previa actuación.

1.1.14.2.2.3 FACTOR AGUA

Debe destacarse en este punto que en fase de construcción la turbidez del agua será notablemente mayor, si bien es cierto que dicho incremento tendrá carácter temporal.

Durante la explotación la afección en términos de factor agua está limitada a la derivada de la presencia de embarcaciones y al normal desarrollo de la actividad de estas.

1.1.14.2.3 MEDIO HUMANO

Según se deduce del estudio socioeconómico, incluido en el presente proyecto, no presenta efectos poblacionales particulares.

A nivel económico, son preponderantes sus sectores agrario y turístico, con estos como elementos vertebradores se han desarrollado el resto de actividades económicas.

1.1.15 DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS.

1.1.15.1 SOBRE EL MEDIO ATMOSFERICO.

En la fase de construcción, actuaciones previas, acopios, ejecución propia de las obras puede afectarse a la calidad atmosférica por la emisión de gases, partículas, humos, ruidos y vibraciones.

Durante la fase de explotación, se producirá un aumento del tráfico portuario, esto tendrá como consecuencia el aumento de emisiones y de ruidos en determinados momentos, aunque estos no se percibirán como impacto o pérdida de la calidad ambiental actual.



1.1.15.2 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO MARINO

Las obras de dragado, consecuencia de los requerimientos sobre la batimetría, producirán cambios en el lecho marino.

Durante la fase de explotación el incremento portuario puede dar lugar a un incremento de la contaminación de las aguas del puerto, si bien es cierto que no se espera un incremento tal como para que se produzca una disminución significativa de la calidad ambiental.

1.1.15.3 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO TERRESTRE

Serán los derivados de la ocupación del suelo y los de ganancia al medio. El primero de ellos tendrá duración temporal, es decir, asociados el periodo de ejecución. El segundo de estos será permanente, ligado al periodo de explotación.

1.1.16 VALORACION DE LOS IMPACTOS.

El impacto neto del proyecto, definido como el impacto de cada una de las fases que constituyen el proyecto, el impacto neto del proyecto se obtiene como suma de los impactos de cada una de las fases menos la del estado preoperacional.

I.N.P.	(%)	MAGNITUD
2714	62,82	Alto / Severo

Como puede observarse el impacto neto del proyecto resulta ser Alto/Severo, por lo tanto, deberán aplicarse una serie de medidas correctoras sobre los impactos medio-moderado y alto-severo.

1.1.17 MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS.

Las medidas correctoras planteadas serán de aplicación a los impactos negativos generados por la actuación, con objeto de minimizar el potencial impacto generado.

- Medidas correctoras sobre la atmosfera, ruido, vibraciones, partículas de polvo.
- Medidas correctoras sobre el medio geoedafológico, dinámica litoral, contaminación del suelo, tanto terrestre como marino.
- Medidas correctoras sobre el factor agua y medio biótico
- Medidas correctoras sobre el paisaje
- Medidas correctoras sobre bienes culturales y arqueológicos

Consecuencia de la aplicación de estas medidas se consigue una modificación de las matrices cuantitativas asociadas a la actuación, de tal modo que el impacto ambiental consideradas las medidas correctoras se reduce a medio-moderado.



1.1.18 PRESUPUESTO.

DIQUE EXTERIOR		
		PRECIO
	Tramo I	37.214.523,04
	Tramo II	20.260.253,68
	Total tramos I + II	57.474.776,72
CONTRADIQUE		
		PRECIO
	Tramo I	22.364.660,41
	Tramo II	33.340.996,11
	Total tramos I + II	55.705.656,52
	Total de ejecución material	113.180.433,24
13%	Gastos generales	14713456,32
6%	Beneficio industrial	882807,3793
IVA: 21%	Total Base imponible	128.776.696,94
	Presupuesto base de licitación	155.819.803,30

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y CINCO OCHOCIENTOS DIECINUEVE MIL OCHOCIENTOS TRES euros con TREINTA céntimos

1.1.19 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA.

I-MEMORIA.

1 . MEMORIA DESCRIPTIVA.

- 1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.
 - 1.1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS E HISTORICOS
 - 1.1.2 SITUACION GEOGRAFICA.
 - 1.1.3 SITUACION ACTUAL.
 - 1.1.4 ENTORNO SOCIOECONOMICO.
 - 1.1.5 CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.
 - 1.1.6 MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.
 - 1.1.7 CLIMATOLOGIA.
 - 1.1.8 CLIMA MARITIMO.
 - 1.1.9 NIVEL DEL MAR.
 - 1.1.10 DEFINICION DE ALTERNATIVAS.
 - 1.1.11 PROPAGACION DEL OLEAJE.
 - 1.1.12 ANALISIS DE LA AGITACION INTERIOR.
 - 1.1.13 DISEÑO SOLUCION ADOPTADA.
 - 1.1.14 ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.



- 1.1.15 DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS.
- 1.1.16 VALORACION DE LOS IMPACTOS.
- 1.1.17 MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS.
- 1.1.18 PRESUPUESTO.
- 1.1.19 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.

II-ANEJOS A LA MEMORIA

1. ANEJO Nº1 – ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y ADMINISTRATIVOS.

- 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.
 - 1.1.1. HISTORIA DE ALMERIA.
 - 1.1.2. FUNDACION.
 - 1.1.3. HISTORIA DEL PUERTO DE ALMERIA.
- 1.2. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS
 - 1.1.4. INTRODUCCION.
 - 1.1.5. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.

1. ANEJO Nº2 – SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

- 1.1. A NIVEL NACIONAL.
- 1.2. A NIVEL PROVINCIAL.
- 1.3. A NIVEL LOCAL.

1. ANEJO Nº3 – SITUACIÓN ACTUAL.

- 1.1. INTRODUCCION.
- 1.2. CONDICIONES GENERALES.
- 1.3. PLANTA DE LONGITUDES Y CALADOS.
- 1.4. ACESSOS TERRESTRES Y COMUNICACIONES INTERIORES.

1. ANEJO Nº4 – ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

- 1.1. ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.
- 1.2. ANÁLISIS DEMOGRÁFICO.
 - 1.2.1. SITUACION ACTUAL.
 - 1.2.2. EVOLUCIÓN.
- 1.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA.
 - 1.3.1. SECTOR AGRARIO.
 - 1.3.2. SECTOR PESQUERO.
 - 1.3.3. SECTOR INDUSTRIAL.
 - 1.3.4. SECTOR CONSTRUCCION.
 - 1.3.5. SECTOR TURISTICO.
- 1.4. TRÁFICO PORTUARIO.
 - 1.4.1. MERCANCIAS.
 - 1.4.2. RELACION-RUTAS: PUERTOS ORIGEN-DESTINO.



1.4.3. FORMAS ENTRADA SALIDA.

1.4.4. CONTENEDORES.

1.4.5. BUQUES.

1.4.6. TRAFICO DE PASAJE.

1.4.7. EVOLUCION TEMPORAL.

1. ANEJO Nº5 – MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. RASGOS GEOLOGICOS Y EVOLUCION.

1.3. EVENTOS SEDIMENTARIOS.

1.4. EVOLUCION RECIENTE DE LA BAHIA DE ALMERIA.

1. ANEJO Nº6 – SISMICIDAD.

1.1. SISMICIDAD.

1.1.1. NORMATIVA VIGENTE.

1.1.2. APLICACIÓN DE LA NORMA.

1.1.3. CONCLUSION.

1. ANEJO Nº7 – CLIMATOLOGIA.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. VARIABLES CLIMATICAS PRINCIPALES

1.2.1. PRECIPITACIONES.

1.2.2. VIENTOS.

1.2.3. TEMPERATURAS.

1.3. DATOS CLIMATICOS.c

1.3.1. VALORES CLIMATOLOGICOS NORMALES.

1.3.2. VALORES CLIMATOLOGICOS EXTREMOS.

1. ANEJO Nº8 – CARTOGRAFIA Y BATIMETRIA.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. CARTOGRAFIA.

1.3. BATIMETRIA.

1 ANEJO Nº9 – CLIMA MARITIMO.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 VIENTO.

1.2.1 REGIMEN MEDIO DE VIENTOS.

1.2.2 REGIMEN EXTREMAL DE VIENTO.



1.3 OLEAJE.

1.3.1 OLEAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS.

1 ANEJO Nº10 – NIVEL DEL MAR.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 REGIMEN EXTREMAL DEL NIVEL DEL MAR.

1.2.1 ESTACIONARIO.

1.2.2 NO ESTACIONARIO.

1 ANEJO Nº11 – DEFINICION DE ALTERNATIVAS.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 SITUACION ACTUAL.

1.3 DIQUE EXENTO Nº1.

1.4 DIQUE EXENTO Nº3.

1.5 DIQUE EXENTO Nº4.

1 ANEJO Nº12 – PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO.

1.3 INFORMACION UTILIZADA.

1.4 DESCRIPCION DEL MODELO NUMERICO MSP.

1.4.1 METODO DE RESOLUCION.

1.5 GEOMETRIAS CONSIDERADAS.

1.6 DISEÑO DE LOS DOMINIOS NUMERICOS.

1.6.1 BATIMETRIA.

1.6.2 DATOS DE OLEAJE UTILIZADOS.

1.6.3 CONTORNO PORTUARIO.

1.7 CASOS PROPAGADOS.

1.7.1 CASO I: 60_180-210_195N.

1.7.2 CASO II: 49_210-240_225N.

1.7.3 CASO III: 47_120-150_135N

1.7.4 CASO IV:39_150-180_165N

1.7.5 CASO V: 31_90-120_105N

1.7.6 CASO VI:16_60-90_75N

1.7.7 CASO VII:15_240-270_255N

1.7.8 CASO VIII: 12_300-330_315N.

1.7.9 CASO IX: 10_270-300_285N

1.7.10 CASO X: 9_30-60_45N



1 ANEJO Nº13 – ANÁLISIS DE LA AGITACIÓN INTERIOR.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 REQUERIMIENTOS EN PLANTA.

1.2.1 DARSENAS Y MUELLES.

1.3 CONDICIONES LIMITE DE OPERACIÓN.

1.4 PUNTOS DE CONTROL.

1.4.1 REGIMENES DE OLEAJE EN LOS PUNTOS DE CONTROL.

1 . ANEJO Nº14 – CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO.

1.2.1 INTRODUCCION.

1.2.2 DEFINICION DE TRAMOS Y SUBTRAMOS.

1.2.3 CARÁCTER DE LA OBRA.

1.2.4 METODO DE VERIFICACION.

1 . ANEJO Nº15 – DISEÑO SOLUCION ADOPTADA.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 DIQUE EXTERIOR.

1.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO.

1.2.2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

1.2.2.1 TRANSMISION

1.2.2.2 REBASE.

1.2.2.3 REFLEXION

1.2.3 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

1.2.3.1 DEFINICION DE LA LEY DE PRESIONES.

1.2.3.2 MATERIALES

1.2.3.3 ESTABILIDAD DEL CONJUNTO CAJON-ESPALEÓN.

1.2.3.4 DISEÑO DE ELEMENTOS SINGULARES

1.3 CONTRADIQUE.

1.3.1 PREDIMENSIONAMIENTO.

1.3.2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

1.3.2.1 RUN-UP Y RUN DOWN.

1.3.2.2 TRANSMISION

1.3.2.3 REBASE.

1.3.2.4 REFLEXION

1.3.3 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

1.3.3.1 ESTABILIDAD DE LOS MANTOS PRINCIPALES.

1.3.3.2 MANTO SECUNDARIO.



- 1.3.3.3 NUCLEO.
- 1.3.3.4 RESUMEN DE LOS MANTOS DEFINIDOS.
- 1.3.3.5 BERMA INFERIOR EXTERIOR.
- 1.3.3.6 ANALISIS DEL ESPALDON.

1 . ANEJO Nº15 – ANÁLISIS AMBIENTAL.

- 1.1 INTRODUCCION.
- 1.2 LEGISLACION VIGENTE.
- 1.3 JUSTIFICACION DE LA ACTUACION.
- 1.4 OBJETO DEL INFORME.
- 1.5 METODOLOGIA.
- 1.6 ANALISIS DEL ENTORNO.
 - 1.6.1 ZONA DE ESTUDIO.
 - 1.6.2 MEDIO FISICO.
 - 1.6.3 MEDIO HUMANO.
- 1.7 IDENTIFICACION Y VALORACION DE IMPACTOS.
 - 1.7.1 DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS.
 - 1.7.2 VALORACION DE LOS IMPACTOS.
 - 1.7.3 CARACTERIZACION CUANTITATIVA
 - 1.7.4 RESUMEN DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS.

- 1.7.5 MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS.
- 1.7.6 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROPUESTO.

1 . ANEJO Nº17 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.

- 1.1 INTRODUCCION.
- 1.2 TABLA DE JUSTIFICACION DE PRECIOS.
 - 1.2.1 DIQUE EXTERIOR.
 - 1.2.2 CONTRADIQUE.

DOCUMENTO Nº2 PLANOS

- 0 LOCALIZACION
- 1 SITUACION INICIAL
- 3 BATIMETRIA Y EJES
- 4 SECCIONES TRANSVERSALES DIQUE EXTERIOR
 - 4.1 ARRANQUE DIQUE EXTERIOR
 - 4.2 MEDIO DIQUE EXTERIOR
 - 4.3 FINAL DIQUE EXTERIOR
 - 4.4 CONJUNTO SECCIONES DIQUE EXTERIOR
- 5 SECCIONES TRANSVERSALES CONTRADIQUE



5.1 ARRANQUE CONTRADIQUE

5.2 MEDIO CONTRADIQUE

5.3 FINAL CONTRADIQUE

5.4 CONJUNTO SECCIONES CONTRADIQUE

6 SITUACION FINAL.

6 1 SITUACION FINAL DIQUES

6.2 SITUACION FINAL DETALLE DIQUES

DOCUMENTO Nº3 PRESUPUESTO

1 . MEDICIONES.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 DIQUE EXTERIOR.

1.2.1 SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -19,589.

1.2.2 SECCION MEDIA:0+422.34, COTA BATIMETRICA: -29.706.

1.2.3 SECCION FINAL: 0+886.61, COTA BATIMETRICA: -31.461.

1.2.4 VOLUMENES DIQUE EXTERIOR.

1.3 CONTRADIQUE.

1.3.1 SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -17,318.

1.3.2 SECCION MEDIA:0+203.08, COTA BATIMETRICA: -27.258.

1.3.3 SECCION FINAL: 0+431,63, COTA BATIMETRICA: -29.994.

1.3.4 VOLUMENES CONTRADIQUE.

1 . PRESUPUESTO.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 COSTES MATERIALES.

1.2.1 DIQUE EXTERIOR.

1.2.2 CONTRADIQUE.

1.3 PRESUPUESTO.

1.3.1 DIQUE EXTERIOR.

1.3.2 CONTRADIQUE.

1.4 RESUMEN DE PRESUPUESTO



1.1.20 CONCLUSION.

Llegado este punto me gustaría hacer mención y agradecer su colaboración a todas las personas que, de uno u otro modo, han participado en este proyecto. No solo a la redacción del presente trabajo de fin de máster, si no a la consecución del hito vital que para mí supone la obtención de este título.

En lo académico:

Quiero agradecer a mi tutor Amador Gafo Álvarez, a mi cotutor Raúl Medina Santamaría, a César Vidal Pascual, su colaboración, ayuda, orientación y tiempo, sin lo cual, la redacción del presente trabajo de fin de máster no habría sido posible.

En un plano más general, quiero hacer mención al conjunto de profesores, cuya labor durante este último ciclo de mi formación ha permitido mi evolución como ingeniero. A la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander, cuya exigencia en la labor formativa, hoy que empiezo a tomar contacto con el mundo profesional, encuentra respuesta y total justificación en el reconocimiento y valor que la sociedad otorga a sus egresados.

Me gustaría también hacer referencia a la Escuela Politécnica Superior de Zamora, a la Universidad de Salamanca por sentar las bases que hoy hacen esto posible.

En lo personal:

Quiero agradecer a mi familia y amigos el apoyo y soporte incondicional, gratuito y en la mayoría de las ocasiones no agradecido, que me han brindado durante este camino. Quiero hoy con estas líneas, hacer notoria esa labor, muchas veces por crónica, invisible.

A todos aquellos presentes en el comienzo de este camino que tiene inicio hace ya siete años, a los que se han unido y a los que hoy no están. La empresa no ha sido fácil, pero sin duda ha merecido la pena.

Hace siete años la racionalidad no otorgaba ni la más mínima posibilidad de ocurrencia a este momento, nada más allá de mi inconsciencia y voluntad, nada más allá de la vocación por la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos han hecho esto posible.

“Voluntad de compromiso y constancia para hacer posibles de los imposibles”.

Salamanca, Santander a 8 de septiembre de 2017.

EL INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO

FDO Alberto Cañada Pérez



II.ANEJOS A LA MEMORIA



1. ANEJO Nº1 – ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y ADMINISTRATIVOS.



1.	ANEJO Nº1 – ANTECEDENTES HISTORICOS Y ADMINISTRATIVOS.	1
1.1.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	2
1.1.1.	HISTORIA DE ALMERIA.....	2
1.1.2.	FUNDACION.....	2
1.1.2.1.	EDAD MEDIA.	2
1.1.2.2.	EDAD MODERNA.....	2
1.1.2.3.	EDAD CONTEMPORÁNEA.....	3
1.1.2.4.	ACTUALIDAD.....	3
1.1.3.	HISTORIA DEL PUERTO DE ALMERIA.	3
1.2.	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS	4
1.1.4.	INTRODUCCION.	4
1.1.5.	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.....	4



1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

1.1.1. HISTORIA DE ALMERIA.

1.1.2. FUNDACION.

Fue habitada desde la prehistoria, también se desarrollaron las culturas de Los Millares y El Argar y fue ocupada por fenicios, cartagineses y romanos.

Almería fue ocupada por Roma durante la campaña de Escipión contra los cartagineses a finales del siglo III a. C., recibiendo el nombre de Portus Magnus. El asentamiento quedó enclavado en la Hispania Ulterior, convirtiéndose en uno de los puertos más importantes del sur de Hispania, célebre entre los comerciantes del Lacio. Durante este periodo se fortaleció el comercio con el resto del Mediterráneo, encontrándose restos de instalaciones salineras y de salazón, así como útiles de pesca y ánforas, en la fachada marítima de la capital.

A partir de los siglos III y IV se intensificó la ocupación del cerro de la Alcazaba por parte de vándalos y visigodos. Con esta tónica, continuaron los bizantinos mantuvieron el poder sobre Almería hasta su expulsión.

1.1.2.1. EDAD MEDIA.

Los primeros datos sobre asentamientos se remontan al final del siglo VII y principios del siglo VIII como consecuencia de la vigilancia de la costa por parte de las facciones musulmanas para impedir el desembarco de los normandos. En colaboración con la población autóctona se fundó un núcleo de población con el nombre de Bayyāna, la actual Pechina, capital de la región durante la época musulmana, que se engrandeció y llegó a convertirse en una auténtica república marítima. Almería, como tal, nació durante la primera mitad del siglo X como barrio marítimo de aquella, recibiendo el

nombre de al-Mariyyāt Bayyāna («la atalaya de Pechina»). Se trataba en efecto de un fondeadero defendido por una torre vigía y habitado por comerciantes y pescadores, que coincidiría con la romana Portus Magnus en su ventajosa posición en el centro de la bahía y bajo el actual cerro de la Alcazaba.

En siglos posteriores Almería continúa tomando importancia, como consecuencia de esto el desarrollo cultural, militar y arquitectónico fue notable durante esta época.

Después de Córdoba, era la ciudad más influyente y próspera de la península y una de las más ricas de todo el orbe islámico. El almirante de la flota, que residía en Almería, era de facto el segundo poder en la España de la época y tenía a su disposición nada menos que 300 naves que fondeaban en el puerto, el más importante del califato.

Con la caída del Califato de Córdoba pasó a ser la capital de uno de los reinos de taifas de mayor importancia. Su industria textil contaba con más de 10.000 telares en los que se producían las más ricas sedas, terciopelos, damascos y brocados. Alfonso VII en 1147 tomó y destruyó la ciudad que representaba su mayor competencia en el comercio del Mediterráneo. Tras un breve periodo de ocupación cristiana y ya bajo otra dinastía musulmana se produce su declive como polo de desarrollo de la franja oriental musulmana en la península.

Bajo continuas pugnas consecuencia de la reconquista, Jaime II de Aragón intentó de nuevo la toma de la ciudad en 1309. La conquista definitiva se llevó a cabo en 1489 por los Reyes Católicos.

1.1.2.2. EDAD MODERNA

Durante los comienzos de esta época, en torno al siglo XVI sufrió varios terremotos, en 1512, 1522 y 1550, que tuvieron como consecuencia directa una importante pérdida patrimonial en la Almería de la época. Dada la situación de sus infraestructuras quedó apartada del desarrollo que supuso el comercio tanto al mediterráneo como al atlántico.



Ya hacia el final de esta época empieza a apreciarse una mejora de las condiciones socioeconómicas, vuelven a reaparecer tanto la agricultura como el comercio, se perfeccionan las técnicas de pesca y comienzan a sentarse las bases de una incipiente actividad minera, motor en siglos posteriores del desarrollo económico de la urbe.

Estas nuevas dinámicas derivaron en una densificación de la ciudad, generándose nuevos barrios tanto intramuros, como extramuros, en torno a las antiguas rutas de acceso.

1.1.2.3. EDAD CONTEMPORÁNEA.

Se consolida la recuperación de finales de la edad moderna gracias a la apertura comercial y a la confirmación de la minería como generador de riqueza y desarrollo industrial.

En 1833 pasa a ser capital de la recién creada provincia de Almería, desvinculándose del reino de Granada, unido esto al desarrollo económico se produjo una importante transformación urbanística cuya principal característica fue, en un principio, la liberación de espacio intramuros y posteriormente el derribo de las murallas, lo cual fue clave para permitir el desarrollo de la ciudad.

Llegando en años posteriores infraestructuras tales como el ferrocarril y el mercado de abastos.

1.1.2.4. ACTUALIDAD.

En la actualidad (su economía se basa en el turismo y en los cultivos de invernadero) es la huerta de invierno de Europa. Igualmente, en los últimos años ha experimentado un alza en demanda y calidad de los productos artesanales.

1.1.3. HISTORIA DEL PUERTO DE ALMERIA.

Localizado en el golfo de Almería, en la fachada mediterránea de la costa andaluza. Utilizado ya como fondeadero por civilizaciones prerromanas para sus actividades comerciales, comienza a tomar importancia bajo la propia ocupación romana, y es bajo la influencia musulmana cuando se consolida como polo de riqueza, capaz de vertebrar un importante desarrollo económico, militar y cultural de la región.

El propio puerto de Almería, como en tantos otros casos, fue la causa de la creación de la ciudad, en este caso funcionando como asentamiento costero dependiente de la actual Pechina, capital y polo de riqueza y desarrollo de la región durante la edad media.

Abderramán III quería frenar la expansión en el norte de África del califato fatimí, presente en la región desde 909 y que pretendía expandirse por Al-Ándalus. Las medidas adoptadas supusieron la construcción de una flota que convirtió al califato de Córdoba en una potencia marítima con base en Almería y que le permitirían conquistar las ciudades norteafricanas de Melilla (927), Ceuta (931) y Tánger (951), y establecer una especie de protectorado sobre el norte y el centro del Magreb apoyando a los soberanos de la dinastía idrisí, que se mantendría hasta 958 cuando una ofensiva fatimí le hizo perder toda influencia en el Magreb donde sólo mantendría las plazas de Ceuta y Tánger.

Almería se convirtió en el puerto más importante y cosmopolita de Al-Ándalus, base de la flota omeya y puerta a Oriente y al norte de África. Polo comercial de la época e integrado dentro de las dinámicas económicas de la piratería musulmana, vertebro en cierto modo el incipiente desarrollo de la ciudad.

En torno al año 1500 sufre una serie de terremotos que afectan gravemente al puerto, como consecuencia de esto el puerto de Almería queda aislado del desarrollo y generación de riqueza que supuso el comercio con las, recién descubiertas, Américas. Esto como no podía ser de otra forma supuso un importante lastre a la riqueza de la ciudad, desembocando en una grave crisis que tuvo como efecto inmediato la pérdida de población en la región.

La construcción del puerto de Almería como tal se inicia en 1847 y se concluye en 1908. Entre 1908 y 1936 se finalizan los muelles y se inicia el puerto pesquero, en aquel momento la actividad portuaria se centraba en las exportaciones y en el tráfico de personas, principalmente emigrantes al norte de África.



Tras la guerra civil, las actividades se centran en la reparación del puerto, asimismo y tras este periodo de reparaciones se continua con la actividad comercial, tanto exportación como importación.

En una última fase que llega hasta los años 90 se amplían algunos muelles adaptando el puerto tanto a las nuevas necesidades comerciales como a los nuevos volúmenes de tránsito de pasajeros.

1.2. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

1.1.4. INTRODUCCION.

La E.T.S de Caminos, Canales y Puertos de Santander, de acuerdo con el Plan de Estudios fijado exige a cada alumno la realización de un trabajo de fin de master relacionado con la ingeniería civil.

1.1.5. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.

“Las nuevas necesidades de dotación de infraestructuras derivadas de los crecimientos previstos en los tráficos concluyen en requerir una ampliación del puerto que conllevará la alteración significativa de la configuración existente del mismo en la actualidad.”

A continuación, se presenta el documento del BOE, donde se refleja la licitación del dique exterior del Puerto de Almería.



V. Anuncios

A. Anuncios de licitaciones públicas y adjudicaciones

MINISTERIO DE FOMENTO

2774 *Anuncio previo de licitación de la Autoridad Portuaria de Almería, sobre la ejecución de la obra de Dique Exterior, Fase Primera, en el Puerto de Almería.*

1. Entidad adjudicadora: Datos generales y datos para la obtención de la información:

- a) Organismo: Autoridad Portuaria de Almería.
- b) Dependencia que tramita el expediente: Departamento de Planificación.
- c) Domicilio: Muelle de Levante, s/n.
- d) Localidad y código postal: Almería - 04071.
- e) Teléfono: 950 236 033.
- f) Telefax: 950 232 949.

2. Objeto del contrato y fecha prevista de inicio del procedimiento de adjudicación:

- a) Tipo: Obras.
- b) Descripción: Construcción de unos seiscientos metros lineales de dique de abrigo exterior vertical exento en calados comprendidos entre diecisiete y treinta metros, formado por cajones de hormigón armado con puntal variable. Sobre el cajón se coloca un espaldón hasta la cota + 6. El resto del cajón estará coronado por una superestructura de hormigón armado. Abril de 2010.

3. Otras informaciones: Coste estimado sobre veintiocho millones de Euros, IVA excluido. Plazo previsto de ejecución dieciocho meses. Probable subvención con Fondos FEDER.

4. Fecha de envío del anuncio al "Diario Oficial de la Unión Europea": 25 de enero de 2010.

Almería, 25 de enero de 2010.- La Presidenta de la Autoridad Portuaria de Almería, Trinidad Cabeo Rodríguez.

ID: A100004651-1

cve: BOE-B-2010-2774



1. ANEJO Nº2 – SITUACIÓN GEOGRÁFICA.



1.	ANEJO Nº2 – SITUACION GEOGRAFICA.....	1
1.1.	A NIVEL NACIONAL.....	2
1.2.	A NIVEL PROVINCIAL.	2
1.3.	A NIVEL LOCAL.....	3



1.1. A NIVEL NACIONAL.

Almería es una provincia española de la comunidad autónoma de Andalucía; situada en el sureste de la península ibérica. Limita con las provincias de Granada al oeste y noroeste; y con Murcia al norte y al noreste; así como con el mar Mediterráneo al este y sur (parte conocida como mar de Alborán). La capital de la provincia es la ciudad de Almería, situada al sur de la provincia y en el centro de la bahía homónima.



1.2. A NIVEL PROVINCIAL.

Almería es un municipio español y una ciudad, capital del mismo y de la provincia homónima, que pertenecen a la comunidad autónoma de Andalucía. Es el centro neurálgico de la Comarca Metropolitana de Almería, en el extremo sureste de la península ibérica. La rodean por el oeste la sierra de Gádor, por el norte Sierra Alhamilla y por el este el valle y delta del río Andarax y, más allá, una llanura que culmina en la sierra de Cabo de Gata. Al sur, su puerto y litoral se abren a una amplia bahía sobre el mar Mediterráneo





1.3. A NIVEL LOCAL.

El puerto de Almería se encuentra en una zona abrigada dentro del Golfo de Almería. Este golfo está limitado al Oeste por el Cabo de Gata y al Este por el saliente donde se sitúan las poblaciones de El Ejido y Roquetas de Mar. El Cabo de Gata protege la zona frente a los oleajes del Levante, haciendo que la zona quede principalmente expuesta a los oleajes provenientes del Suroeste y los que llegan difractados del Sureste. A su vez, dentro de este golfo, el puerto se encuentra abrigado por un pequeño saliente situado al Oeste de la ciudad.





1. ANEJO Nº3 – SITUACIÓN ACTUAL.



1.	ANEJO Nº2 – SITUACIÓN ACTUAL.	1
1.1.	INTRODUCCION.....	2
1.2.	CONDICIONES GENERALES.	2
1.3.	PLANTA DE LONGITUDES Y CALADOS.....	2
1.4.	ACESSOS TERRESTRES Y COMUNICACIONES INTERIORES.....	3



1.1. INTRODUCCION.

En este anejo se presenta la situación actual, en lo que respecta a características técnicas, del puerto de Almería. Los datos han sido obtenidos de la memoria anual elaborada por la autoridad portuaria de Almería.

1.2. CONDICIONES GENERALES.

2.1.1	ALMERÍA
Situación	Longitud
	2º 28' W
Situación	Latitud
	36º 50' N

2.1.2	ALMERÍA
Régimen de Vientos	Reinante
	Dirección S.O
Régimen de Vientos	Dominante
	Dirección S.O

2.1.3	ALMERIA
Régimen de Temporal de Aguas Profundas o Temporales Teóricos	Largo
	250 (Km.)
	Máxima altura de ola (2h=hs)
	4,75 m
	Máxima longitud de ola (2L)
	195,3 m
Mareas	Ola siguiente
	2,40 m

2.1.4	ALMERIA
Mareas	Máxima carrera de marea
	0,63 m
	Cota de la B.M.V.E., respecto al cero del puerto
	0,00 m
Mareas	Cota de la P.M.V.E., respecto al cero del puerto
	0,63 m

2.1.5	ALMERÍA	
Entradas	2.1.5.1 CANAL DE ENTRADA	
	Orientación	S.E.
	Ancho	200 m
	Longitud	498 m
	Calado en B.M.V.E.	13 m
	Naturaleza del fondo	Arena
	2.1.5.2 BOCA DE ENTRADA	
	Orientación	S.E.
	Ancho	300 m
	Calado en B.M.V.E.	13 m
	Máxima corriente controlada	No es apreciable
	2.1.5.3 UTILIZACIÓN REMOLCADO ENTRADA Y SALIDA	
	Es obligatorio el uso de remolque para todos los buques, cuando el viento sea superior a 30 nudos.	

Entradas	2.1.5	ALMERÍA		
	2.1.5.4 MAYOR BUQUE ENTRADO EN EL ÚLTIMO AÑO			
	CARACTERÍSTICAS		MAYOR ESLORA	MAYOR CALADO
	Nombre	RIVIERA		ZHOUSHAN ISLAND
	Nacionalidad	ISLAS MARSHALL		HONG-KONG
	G.T.	66.172		32.356
	T.P.M.	-		-
	Eslora (m)	238,10		190,00
	Calado (m)	7,60		12,82
	Tipo	PASAJE CRUCERO		GRANELERO
Calado real a la entrada o salida (m)		2,00		12,82

2.1.6

ALMERÍA

Superficie de flotación

2.1.6.1 ZONA 1

SITUACIÓN	ANTEPUERTO [HA]	DÁRSENAS [HA]			TOTAL [HA]
		COMERCIALES	PESQUERAS	RESTO	
	26,69	54,29	9,67	2,04	92,71
	/	/	/	/	/
Total Zona 1	26,69	54,29	9,67	2,04	92,71

2.1.6.2 ZONA 2

SITUACIÓN	ACCESOS [HA]	FONDEADERO [HA]	RESTO [HA]	TOTAL [HA]
	298,26	549,80	1058,60	1906,66
	/	/	/	/
Total Zona 2	298,26	549,80	1058,60	1906,66

1.3. PLANTA DE LONGITUDES Y CALADOS.





1.4. ACCESOS TERRESTRES Y COMUNICACIONES INTERIORES.

Desde la Autovía E-15, por la salida 438. Por una rotonda, se accede al puerto que tiene una vía de servicio con 8 m que recorre toda la zona Accesos terrestres de servicio.





1. ANEJO Nº4 – ESTUDIO SOCIOECONÓMICO



1.	ANEJO Nº4 – ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	1
1.1.	ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.....	2
1.2.	ANÁLISIS DEMOGRÁFICO.....	2
1.1.1.	SITUACION ACTUAL.....	2
1.1.2.	EVOLUCIÓN.....	3
1.3.	ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	4
1.1.3.	SECTOR AGRARIO.....	4
1.1.4.	SECTOR PESQUERO.....	5
1.1.5.	SECTOR INDUSTRIAL.....	5
1.1.6.	SECTOR CONSTRUCCION.....	5
1.1.7.	SECTOR TURISTICO.....	5
1.4.	TRÁFICO PORTUARIO.....	6
1.1.8.	MERCANCIAS.....	6
1.1.9.	RELACION-RUTAS: PUERTOS ORIGEN-DESTINO.....	8
1.1.10.	FORMAS ENTRADA SALIDA.....	10
1.1.11.	CONTENEDORES.....	10
1.1.12.	BUQUES.....	10
1.1.13.	TRAFICO DE PASAJE.....	11
1.1.14.	EVOLUCION TEMPORAL.....	12



1.1. ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.

La organización territorial de la provincia se articula en torno a tres niveles de repercusión, las entidades locales y singulares, el nivel municipal y el nivel comarcal.

No existe dentro de la provincia una discretización sectorial uniforme, común a todas las políticas sectoriales si no que hay subdivisión de la provincia para cada una de estas políticas sectoriales. El único organismo oficial con capacidades administrativas son las mancomunidades de municipios.

A nivel local la provincia se divide en 103 municipios gestionados a través de ayuntamientos.

A continuación se muestra a titulo orientativo un mapa donde se reflejan las comarcas consideradas por la Junta de Andalucía en la provincia de Almería, si bien es cierto que puede no coincidir con la distribución de las mancomunidades de municipios.



1.2. ANÁLISIS DEMOGRÁFICO.

En cuanto a volumen de población la provincia de Almería es la 6ª de las 8 provincias andaluzas, representa en torno al 8% de la población de Andalucía, en cuanto a densidad se sitúa en la 4ª posición.

1.1.1. SITUACION ACTUAL.

1.1.1.1. DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO DE MUNICIPIO

El censo poblacional referido al año 2016, obtenido del INE, se muestra en la siguiente tabla:

	TOTAL		
	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
Total	704.297	358.223	346.074
Capital	194.515	94.530	99.985
Menos de 101 hab.	69	40	29
De 101 a 500 hab.	10.392	5.428	4.964
De 501 a 1.000 hab.	10.886	5.531	5.355
De 1.001 a 2.000 hab.	16.743	8.553	8.190
De 2.001 a 5.000 hab.	60.168	30.458	29.710
De 5.001 a 10.000 hab.	64.847	33.414	31.433
De 10.001 a 20.000 hab.	87.711	44.499	43.212
De 20.001 a 50.000 hab.	78.249	41.239	37.010
De 50.001 a 100.000 hab.	180.717	94.531	86.186
De 100.001 a 500.000 hab.	0	0	0

Puede deducirse de la tabla anterior que la población, a excepción de la población, se concentra en torno a los municipios de 50000 a 100000 habitantes. Asimismo de la tabla anterior se desprende que p la capital de la provincia concentra al 27% de la población, lo cual es un volumen importante, pero que no parece reflejar una polarización excesiva en lo que respecta a la población de la provincia.

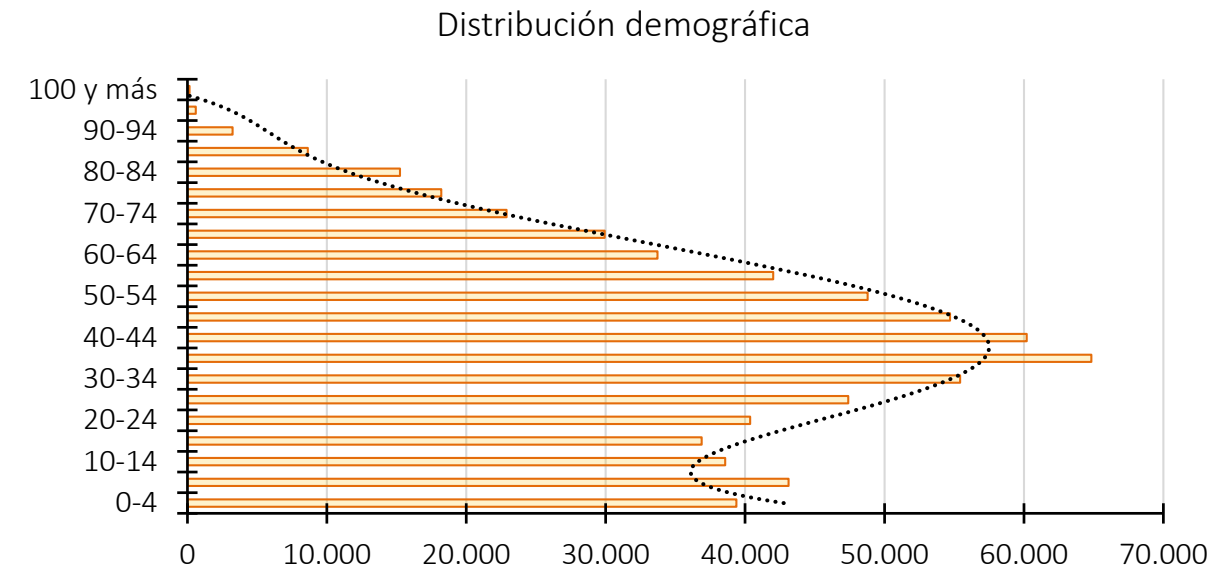


1.1.1.2. DISTRIBUCIÓN POR EDAD

En cuanto a la distribución de la población por edades no hay nada que destacar, es similar al de la media española.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de población según el tamaño del municipio:

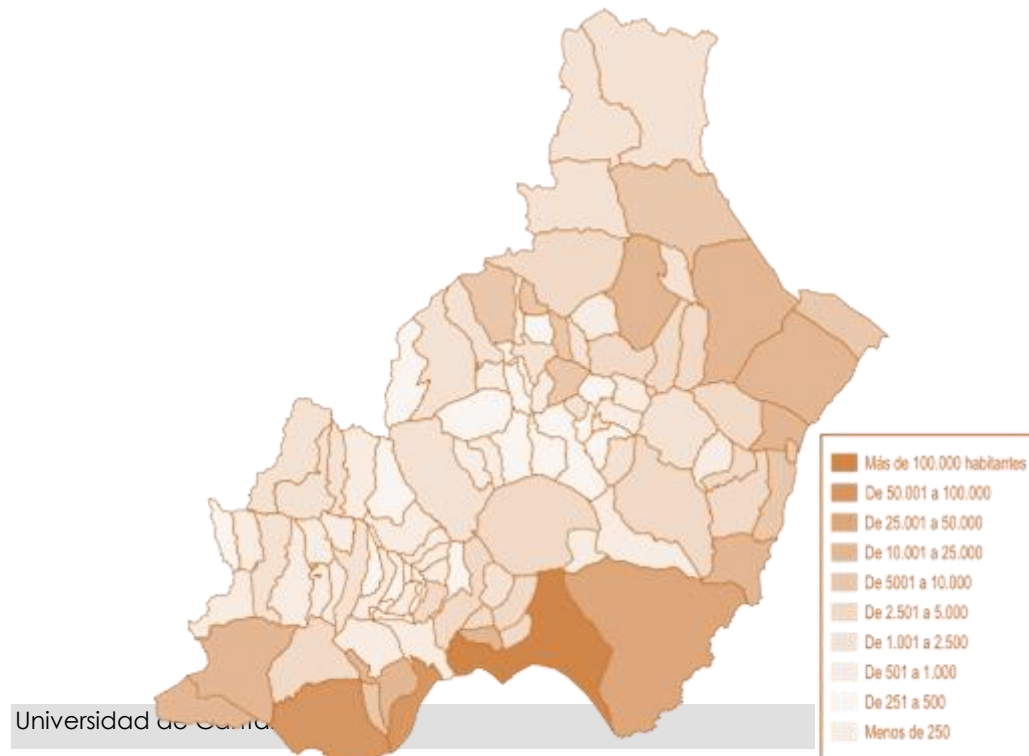
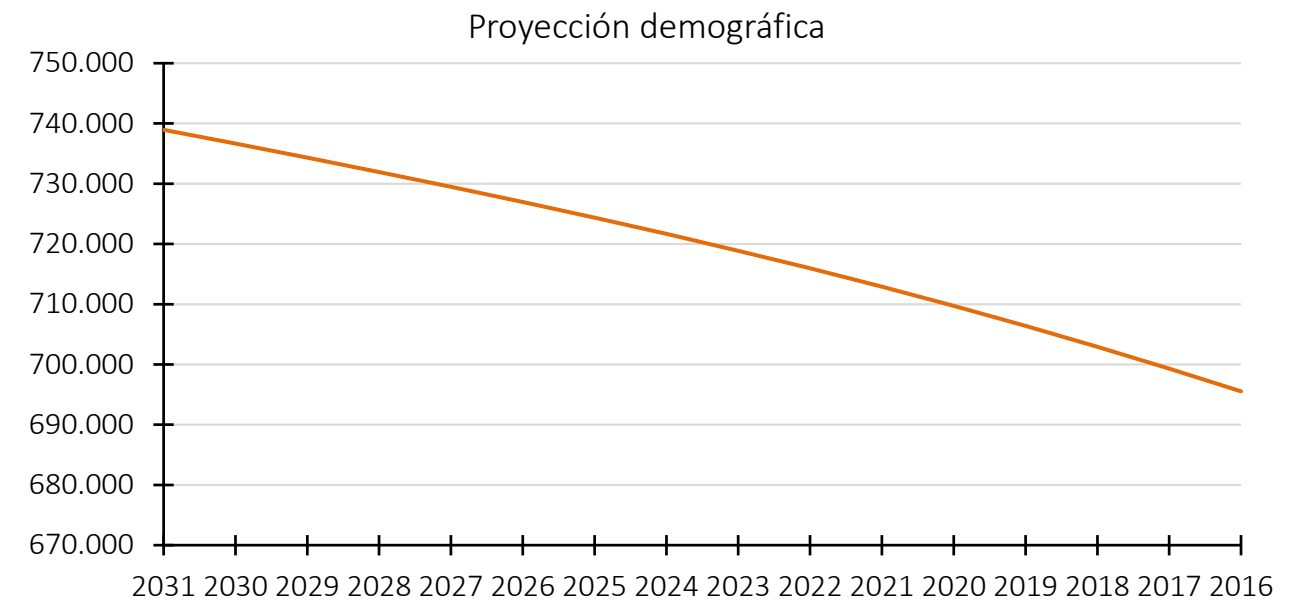
	Población relativa (%)
Capital	27,618
Menos de 101 hab.	0,010
De 101 a 500 hab.	1,476
De 501 a 1.000 hab.	1,546
De 1.001 a 2.000 hab.	2,377
De 2.001 a 5.000 hab.	8,543
De 5.001 a 10.000 hab.	9,207
De 10.001 a 20.000 hab.	12,454
De 20.001 a 50.000 hab.	11,110
De 50.001 a 100.000 hab.	25,659
De 100.001 a 500.000 hab.	0,000



1.1.2. EVOLUCIÓN.

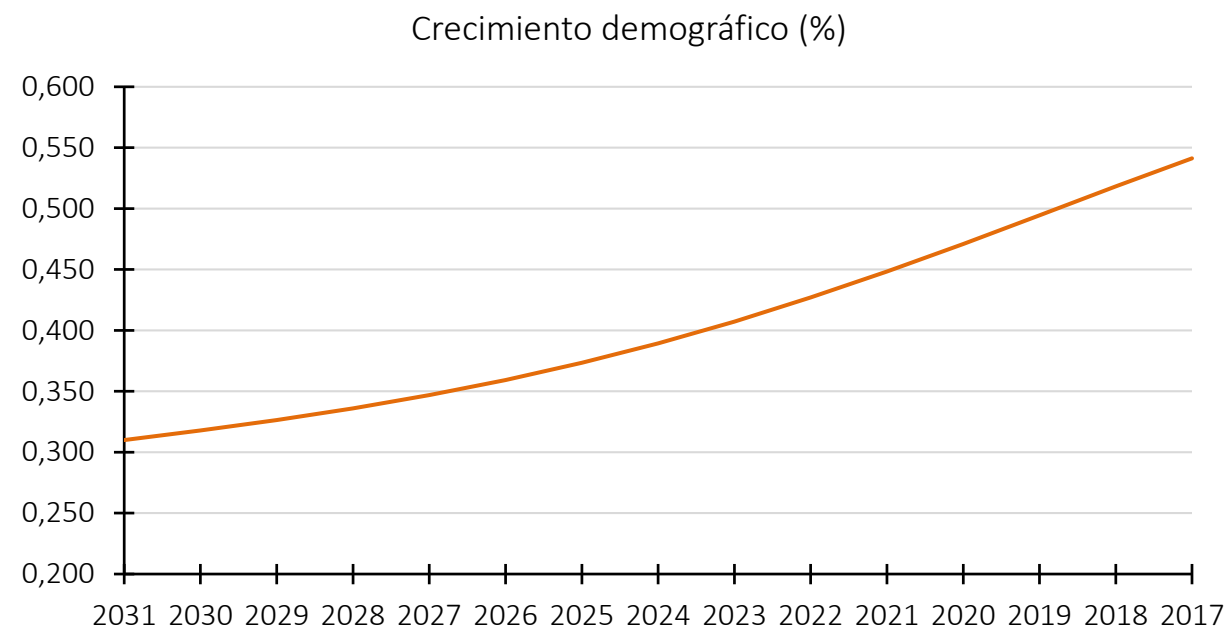
El mayor volumen de población como era de esperar se concentra en torno a la costa, que se presenta como polo de desarrollo y actividad económica.

A partir de los datos de censo disponibles el INE realiza una serie de proyecciones de población a futuro, la cual, correspondiente a la provincia de Almería se muestra a continuación:





En el grafico anterior (de derecha a izquierda, en abcisas) se representa la variación de la población a el año 2031, puede observarse que la población aumentará en esta provincia, efecto que contrasta con la tendencia esperada para el conjunto del España, si bien es cierto que lo crecimientos van disminuyendo con el tiempo. Como valor representativo de crecimiento para el periodo 2016-2031 puede considerarse 0.404 (%).



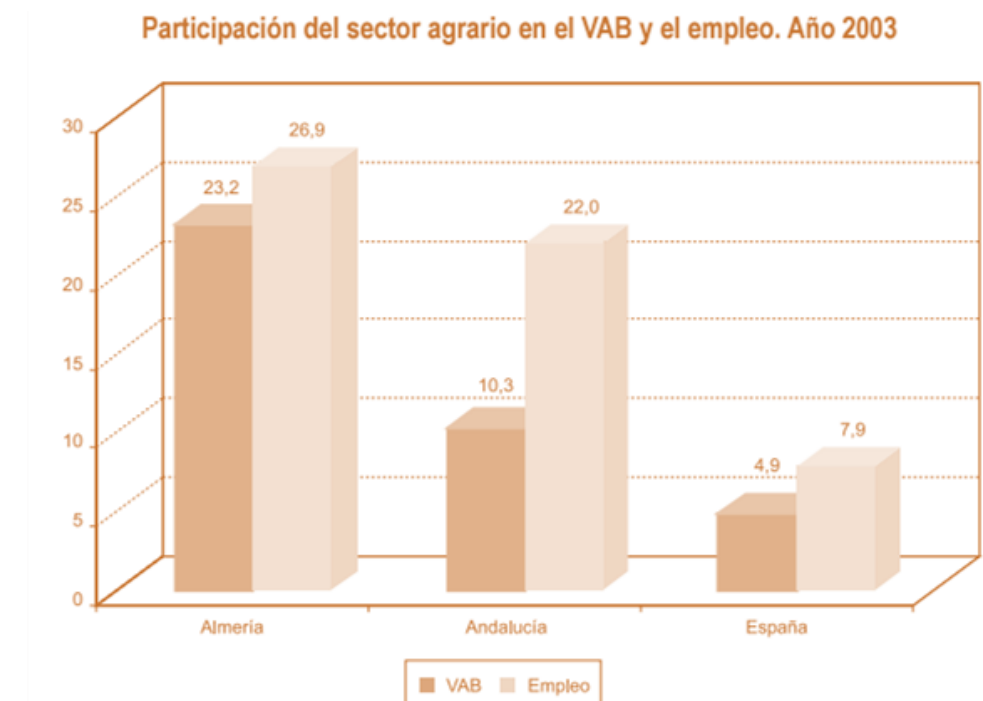
1.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA.

1.1.3. SECTOR AGRARIO.

En muy pocas ocasiones la agricultura puede considerarse como motor de desarrollo de una región, Almería es uno de estos casos. En los últimos 25 años la provincia de Almería ha experimentado un notable aumento del desarrollo y las condiciones de vida gracias en gran parte al desarrollo del sector agrario, que paso de una agricultura de subsistencia, común a todo el territorio español, a una agricultura altamente especializada y tecnificada.

El peso de la agricultura en la economía provincial supera de forma notable los valores registrados a nivel autonómico y regional, además atendiendo al valor añadido bruto como indicador puede concluirse que la especialización del sector agrario almeriense es superior al de la media nacional.

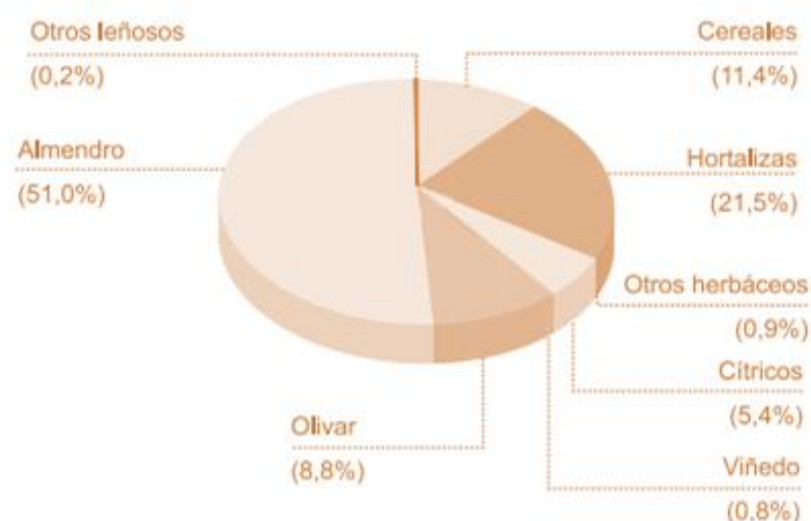
Asimismo el peso específico del sector agrario dentro de Almería es superior tanto al de Andalucía como al de España. En el siguiente grafico se muestran los efectos descritos anteriormente:



La productividad del sector agrario almeriense depende en gran medida de la capacidad de actuación técnica sobre las condiciones agroambientales iniciales, severas para los cultivos, para adaptarlas a otras condiciones más favorables, siendo el agua punto clave de este proceso, es por esto que la producción agrícola de la provincia de Almería está claramente orientada a la producción hortícola bajo invernadero.



En cuanto al tipo y distribución de cultivos, destacan el almendro, el olivar y las hortalizas por encima del resto.



1.1.4. SECTOR PESQUERO.

La situación de la pesca se ha visto afectada por la reducción de los recursos pesqueros en todo el litoral, debido al alto nivel de ocupación, contaminación y escaso aporte de los ríos, además cabe destacar también la influencia de corrientes y mareas en dicho fenómeno de tal forma que la productividad del litoral mediterráneo sea menor que la productividad en el resto de costas españolas, como consecuencia directa de este efecto se ha producido un descenso drástico del empleo ligado a esta actividad.

Cabe destacar en cuanto a zonificación de la actividad pesquera que esta se concentra en torno al puerto de la capital.

1.1.5. SECTOR INDUSTRIAL.

El peso del sector industrial sobre el PIB y su aportación al empleo en la Almería actual son poco relevantes y están por debajo de los valores de Andalucía y España en su conjunto.

De un sector industrial relevante vertebrado en torno a la actividad minera se ha pasado a otro cuyo principal eje es la generación eléctrica, y que participa en cierto modo del desarrollo de la producción hortícola intensiva, tan característica de la región, suministrando servicios auxiliares y maquinaria.

1.1.6. SECTOR CONSTRUCCION.

Como en el resto de España el desarrollo del sector de la construcción ha sido notable, de la misma forma que lo ha sido su contribución al PIB y al empleo, cabe destacar que en este caso el desarrollo de dicho sector en la provincia de Almería fue mayor que en el resto de Andalucía y España.

Como es conocido la desaceleración de este sector en los últimos años unida a la configuración productiva, tanto desde el ámbito local como al nacional, ha sido uno de los factores desencadenantes del grave periodo recesivo que ha sufrido la economía.

Cabe esperar ante una incipiente recuperación del sector, un desarrollo más comedido y minucioso de la actividad al abrigo de nuevas formas de financiación.

1.1.7. SECTOR TURISTICO.

El desarrollo de este sector en Almería comenzó con la apertura del aeropuerto internacional que supuso una importante mejora de las comunicaciones, especialmente de cara a la demanda exterior. Otra actuación importante y a destacar ha sido desarrollo urbanístico notable orientado a alojar la infraestructura hotelera. Todo esto unido a una importante labor de promoción y posicionamiento ha hecho que el sector turístico almeriense se perfile como un importante motor de generación de riqueza para la región.



1.4. TRÁFICO PORTUARIO.

Dado el objeto de este proyecto se considerará la actividad portuaria separada respecto al estudio económico, el motivo de este tratamiento de la actividad portuaria es que aun siendo consciente de que es parte fundamental de la actividad económica no solo de Almería si no de la provincia en su conjunto, el nivel de detalle con el que se va a tratar en notablemente mayor que el que se ha utilizado con el resto de actividades económicas consideradas en el apartado anterior.

Los datos utilizados en el estudio del tráfico portuario son los correspondientes al anuario estadístico de puertos del estado del año 2015.

1.1.8. MERCANCIAS.

1.1.8.1. TRAFICO TOTAL.

En lo que a modalidad de presentación de la mercancía se refiere cabe destacar en el puerto de Almería la preponderancia de los graneles sólidos lo cual determina la presencia de unas tecnologías de manipulación específicas tales como tuberías, cintas transportadoras...etc, tales que permitan desarrollar operaciones estandarizadas, es por esto que también se denominan sólidos por instalación especial.

Las siguientes tablas presentan el volumen de mercancías (en toneladas) del puerto de Almería según el tipo de presentación.

GRANELES LÍQUIDOS			GRANELES SÓLIDOS	MERCANCÍA GENERAL			TOTAL
Productos petrolíferos <i>Petrol. P.</i>	Otros líquidos <i>O. liquids</i>	Total <i>Total</i>		Convencional <i>Other</i>	En contenedores <i>In containers</i>	Total <i>Total</i>	<i>TOTAL</i>
—	22.926	22.926	5.762.813	543.199	61.606	604.805	6.390.544

PESCA	AVITUALLAMIENTO			TRÁFICO	TOTAL	TOTAL TRÁFICO PORTUARIO
<i>FISH CAPTURES</i>	Prod. petro. <i>Petrol p.</i>	Resto <i>Rest</i>	Total <i>Total</i>	<i>LOCAL TRAFFIC</i>	<i>TOTAL OTHER GOODS</i>	<i>TOTAL PORT TRAFFIC</i>
2.717	28.196	43.554	71.750	—	74.467	6.465.011

Además se presenta otra serie de datos referentes al tráfico portuario total del puerto de Almería, relativos a contenedores TEUS, buques y pasajeros.

CONTENEDORES (TEUS) <i>T.E.U. CONTAINERS</i>		BUQUES <i>SHIPS</i>		PASAJEROS <i>SEA PASSENGERS</i>	
En tránsito <i>In transit</i>	TOTAL <i>TOTAL</i>	Número <i>Number</i>	G.T. <i>G.T.</i>	De crucero <i>Cruise p.</i>	TOTAL <i>TOTAL</i>
4.144.036	4.515.768	28.446	429.586.558	—	5.526.934

1.1.8.2. TRAFICO TOTAL POR TIPO DE OPERACIÓN Y NAVEGACION.

En el siguiente apartado se realiza un análisis del volumen del tráfico de mercancías tanto según el tipo de navegación, interior, exterior, cabotaje...etc, como según el tipo de operación, embarque, desembarque, transito...etc.

De los siguientes datos se deduce que es un puerto eminentemente receptor de mercancías y que en ambos casos de mercancía con destino o precedente de navegación exterior.



EMBARCADAS LOADED				
Cabotaje <i>Cabotage</i>	Exterior <i>Foreign</i>	Avituall. <i>Supplies</i>	Tráfico interior <i>Local t.</i>	Total <i>Total</i>
426.001	3.093.654	92.420	83	3.612.158

DESEMBARCADAS UNLOADED					TRANSBORDADAS TRANSHIPPED	TOTAL TOTAL
Cabotaje <i>Cabotage</i>	Exterior <i>Foreign</i>	Pesca <i>Fish captures</i>	Tráfico interior <i>Local t.</i>	Total <i>Total</i>		
772.854	16.886.078	6.781	–	17.665.713	–	21.277.871

1.1.8.3. TRAFICO TOTAL POR TIPO DE OPERACIÓN.

Por tipo de operación puede apreciarse que la operación de transito no tiene mucha importancia en el puerto de Almería por lo que la zona de servicio del puerto no estará excesivamente determinada por este condicionante.

EMBARCADAS LOADED		DESEMBARCADAS UNLOADED		TRANSBORDADAS TRANSHIPPED	Total <i>Total</i>
En tránsito <i>In transit</i>	Total <i>Total</i>	En tránsito <i>In transit</i>	Total <i>Total</i>		
15.420	4.191.744	15.273	7.849.203	–	12.040.947

PESCA, AVITUALLAMIENTO Y TRÁF. INTERIOR	TOTAL <i>TOTAL</i>
<i>FISH CAPTURES, SUPPLIES & LOCAL TRAFFIC</i>	
577.043	12.617.990

1.1.8.4. TRÁFICO TOTAL POR TIPO DE NAVEGACION.

Por tipo de navegación se aprecia que en lo que, a tráfico de cabotaje, es decir, entre puertos del estado, se refiere es un puerto emisor de mercancías, mientras que a nivel de trafico exterior es notablemente receptor.

Asimismo, conviene destacar que puede definirse, en base a los datos presentados, al puerto de Almería como un puerto eminentemente exterior.

CABOTAJE CABOTAGE			EXTERIOR FOREIGN			Transbor- dadas <i>Trans- hipped</i>
Embarcadas	Desembarcadas	Total	Embarcadas	Desembarcadas	Total	
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	
544.113	216.087	760.200	2.035.399	3.594.945	5.630.344	–

Pesca, avitualla- miento y tráf. interior <i>Fish captures supplies &</i>	TOTAL <i>TOTAL</i>
74.467	6.465.011

1.1.8.5. COMERCIO EXTERIOR Y NACIONAL.

En el siguiente apartado se busca conocer el perfil de las mercancías embarcadas y desembarcadas así como la relación entre estas. Sin tener en cuenta la navegación del buque si no el origen y destino de estas.



Como hasta ahora, esta tabla refleja una mayor importancia relativa del comercio exterior frente al nacional, de la misma forma se aprecia una notable preponderancia de las exportaciones frente a las importaciones, en las que los graneles sólidos son las mercancías de mayor peso específico.

COMERCIO EXTERIOR FOREIGN TRADE								
Importaciones Imported				Exportaciones Exported				
Granel líquido <i>Liquid bulk</i>	Granel sólido <i>Solid bulk</i>	Mercancía general <i>General cargo</i>	Total	Granel líquido <i>Liquid bulk</i>	Granel sólido <i>Solid bulk</i>	Mercancía general <i>General cargo</i>	Total	TOTAL
7.923	3.427.030	117.198	3.552.151	15.003	1.781.972	181.863	1.978.838	5.530.989

COMERCIO NACIONAL DOMESTIC TRADE
686.561

TRÁNSITO * TRANSIT				TARAS DE EQUIPAMIENTOS TARE WEIGHT OF CONTAINERS OR RO-RO UNITS	TRANSBORDO O TRANSHIPMENT	PESCA, AVITUALLAMIENTO Y TRÁFICO INTERIOR FISH, SUPPLIES AND LOCAL TRAFFIC	TOTAL TRÁFICO PORTUARIO TOTAL PORT TRAFFIC
Granel líquido <i>Liquid bulk</i>	Granel sólido <i>Solid bulk</i>	Mercancía general <i>General cargo</i>	Total				
–	–	–	–	172.994	–	74467	6.465.011

1.1.9. RELACION-RUTAS: PUERTOS ORIGEN-DESTINO.

En este apartado se busca perfilar las zonas de mayor influencia comercial para el puerto de Almería

ESPAÑA			ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA			ARGELIA		
Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total
521.279	195.053	716.332	160.742	42.829	203.571	97.653	18.986	116.639
ITALIA			BRASIL			RUSIA		
Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total
9.002	–	9.002	131.489	–	131.489	25	1.093.085	1.093.110
NIGERIA			CHINA			MARRUECOS		
Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total
18.157	–	18.157	687	–	687	142.227	49.310	191.537
REINO UNIDO			TURQUÍA			COLOMBIA		
Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total
116.648	10.372	127.020	1.031	35.407	36.438	109	962.095	962.204
MÉXICO			ARABIA SAUDITA			PAÍSES BAJOS		
Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total
566	–	566	–	–	–	3.001	–	3.001
FRANCIA			PORTUGAL			ANGOLA		
Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total	Embarcadas <i>Loaded</i>	Desembarcadas <i>Unloaded</i>	Total
3.237	–	3.237	17.635	–	17.635	–	–	–



INDONESIA			EGIPTO			BÉLGICA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
24	863.325	863.349	–	–	–	3.000	–	3.000
INDIA			UCRANIA			GUINEA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	–	–	–	4.050	4.050	41.091	–	41.091
SUDÁFRICA			CANADÁ			ARGENTINA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	358.979	358.979	28	–	28	51	–	51
GIBRALTAR			VENEZUELA			EMIRATOS ÁRABES UNIDOS		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
144	–	144	74.055	–	74.055	–	–	–
COREA DEL SUR			ALEMANIA			COSTA DE MARFIL		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	–	–	–	47.346	47.346	196.071	–	196.071
NORUEGA			ISRAEL			GRECIA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	62.830	62.830	1.810	14.977	16.787	110	9.270	9.380
LIBIA			SUECIA			QATAR		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	–	–	48	18.310	18.358	–	–	–

SENEGAL			TOGO			RUMANIA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
41.309	–	41.309	212.591	–	212.591	235	–	235
CAMERÚN			IRAK			GHANA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
512.008	–	512.008	–	–	–	91.016	–	91.016
CHILE			PERÚ			AUSTRALIA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	–	–	–	–	–	906	–	906
TÚNEZ			GUINEA ECUATORIAL			POLONIA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	–	–	6.000	–	6.000	–	–	–
GABÓN			MALASIA			LETONIA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	–	–	–	–	–	–	–	–
TRINIDAD Y TOBAGO			LÍBANO			IRLANDA		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	–	–	–	–	–	88.314	–	88.314
BULGARIA			FINLANDIA			JAPÓN		
Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total	Embarcad as	Desembarcad as	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
–	5.007	5.007	–	8.252	8.252	–	–	–



MAURITANIA			BENÍN			VIETNAM		
Embarcadas	Desembarcadas	Total	Embarcadas	Desembarcadas	Total	Embarcadas	Desembarcadas	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
13.200	—	13.200	40	—	40	—	—	—
LIBERIA			PAKISTÁN			ECUADOR		
Embarcadas	Desembarcadas	Total	Embarcadas	Desembarcadas	Total	Embarcadas	Desembarcadas	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
40.096	—	40.096	—	—	—	—	—	—

1.1.10. FORMAS ENTRADA SALIDA.

Una vez conocida la forma de operación del puerto, en lo que a mercancías se refiere, por mar se busca conocer como estas llegan o salen a nivel modal.

FERROCARRIL <i>RAILWAY</i>			CARRETERA <i>ROAD</i>		
Embarcadas	Desembarcadas	Total	Embarcadas	Desembarcadas	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
—	—	—	1.839.238	973.624	2.812.862
TUBERÍA <i>PIPE</i>			OTROS MEDIOS <i>OTHER</i>		
Embarcadas	Desembarcadas	Total	Embarcadas	Desembarcadas	Total
<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>	<i>Loaded</i>	<i>Unloaded</i>	<i>Total</i>
—	—	—	740.274	2.837.408	3.577.682

1.1.11. CONTENEDORES.

La mercancía general se transporta principalmente en contenedores (más de un 71 % de toda la mercancía general que se mueve por los puertos españoles), lo que facilita su acarreo sin manipulación de la mercancía en toda la cadena de transporte pero que requiere un alto grado de especialización de las terminales (tendencia a la automatización) para manejar estos elementos de transporte.

1.1.11.1. DE 20 PIES O MAYORES.

EMBARCADOS <i>LOADED</i>			DESEMBARCADOS <i>UNLOADED</i>			TOTAL <i>TOTAL</i>		
Con carga	Vacíos	Total	Con carga	Vacíos	Total	Con carga	Vacíos	Total
<i>Filled</i>	<i>Empty</i>	<i>Total</i>	<i>Filled</i>	<i>Empty</i>	<i>Total</i>	<i>Filled</i>	<i>Empty</i>	<i>Total</i>
1.855	222	2.077	963	851	1.814	2.818	1.073	3.891

1.1.11.2. TEUS.

EMBARCADOS <i>LOADED</i>			DESEMBARCADOS <i>UNLOADED</i>			TOTAL <i>TOTAL</i>		
Con carga	Vacíos	Total	Con carga	Vacíos	Total	Con carga	Vacíos	Total
<i>Filled</i>	<i>Empty</i>	<i>Total</i>	<i>Filled</i>	<i>Empty</i>	<i>Total</i>	<i>Filled</i>	<i>Empty</i>	<i>Total</i>
2.920	344	3.264	1.219	1.619	2.838	4.139	1.963	6.102

1.1.12. BUQUES.

Se busca determinar la tipología de buques que llegan al puerto ya que a priori parece parte fundamental del proyecto dado que son estos los que van a condicionar la forma de dar el servicio y por ende la configuración de las estructuras.



1.1.12.1. TRAFICO ANUAL TOTAL DE BUQUES.

NACIONALES SPANISH		EXTRANJEROS FOREIGN		TOTAL TOTAL	
Número Number	G.T. G.T.	Número Number	G.T. G.T.	Número Number	G.T. G.T.
418	9281863	960	15057273	1378	24339136

1.1.12.2. TRAFICO ANUAL POR TIPO.

El tráfico anual por tipo de buque viene a reflejar el mismo comportamiento que el tráfico de mercancías, mayor importancia de graneleros extranjeros cuya descarga se produce por medios rodados.

	NACIONALES SPANISH		EXTRANJEROS FOREIGN		TOTAL TOTAL	
	Número Number	G.T. G.T.	Número Number	G.T. G.T.	Número Number	G.T. G.T.
Tanques	—	—	8	39.982	8	39.982
Graneleros	3	16.143	159	4.006.254	162	4.022.397
Garga general	17	70.085	158	772.976	175	843.061
Ro-ro	396	9.195.132	537	9.091.418	933	18.286.550
Solo pasaje	—	—	27	717.315	27	717.315
Portacontenedores	—	—	66	428.398	66	428.398
Otros buques	2	503	5	930	7	1.433

1.1.13. TRAFICO DE PASAJE.

1.1.13.1. PASAJEROS.

a) EN REGIMEN DE TRANSPORTE.

EN RÉGIMEN DE TRANSPORTE NON-CRUISE PASSENGERS											
CABOTAJE CABOTAGE				EXTERIOR FOREIGN				TOTAL TOTAL			
Embar c. Loade d	Desemba rc. Unloaded	Tránsi to Transi t	Total	Embar c. Loade d	Desemba rc. Unloaded	Tránsi to Transi t	Total	Embar c. Loade d	Desemba rc. Unloaded	Tránsi to Transi t	Total
16761 1	111620	0	2792 31	17581 5	226034	0	4018 49	34342 6	337654	0	6810 80

b) REGIMEN TURISTICO

EN RÉGIMEN DE CRUCERO TURÍSTICO CRUISE PASSENGERS			
Inicio de línea Starting a cruise	Fin de línea Ending a cruise		Total Total
1	—		17.303
			17.304

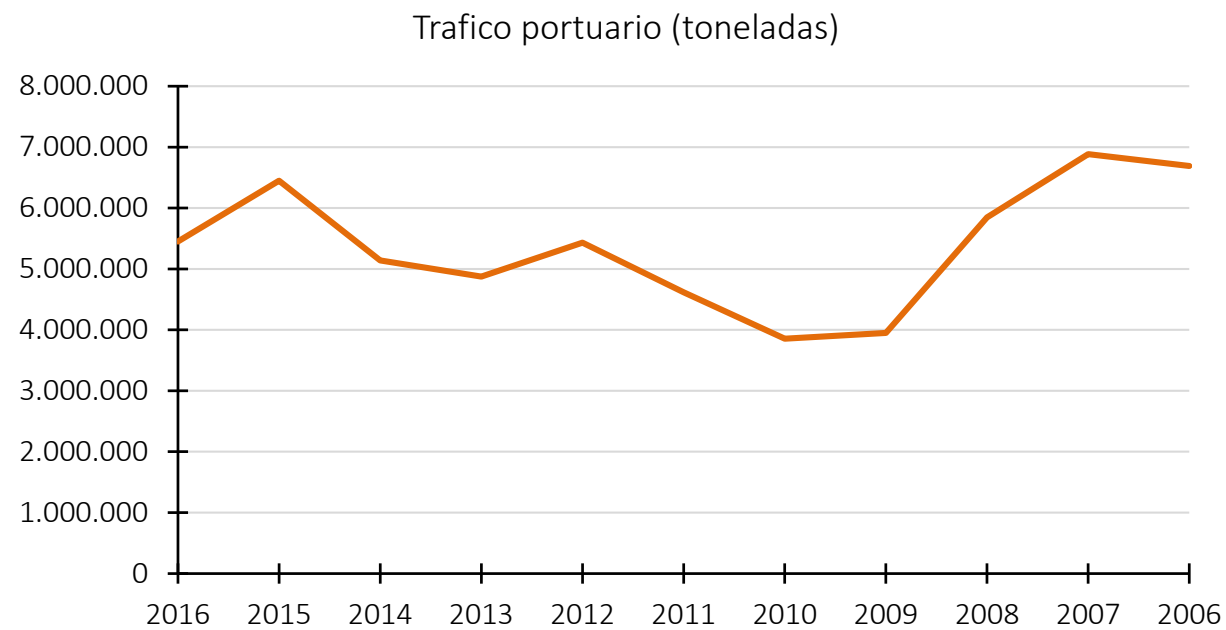
1.1.13.2. VEHICULOS EN REGIMEN DE PASAJE.

CABOTAJE CABOTAGE			EXTERIOR FOREIGN			TOTAL TOTAL		
Embarcad os Loaded	Desembarcad os Unloaded	Total	Embarcad os Loaded	Desembarcad os Unloaded	Total	Embarcad os Loaded	Desembarcad os Unloaded	Total
34.018	20.477	54.49 5	37.262	41.587	78.84 9	71.280	62.064	133.34 4

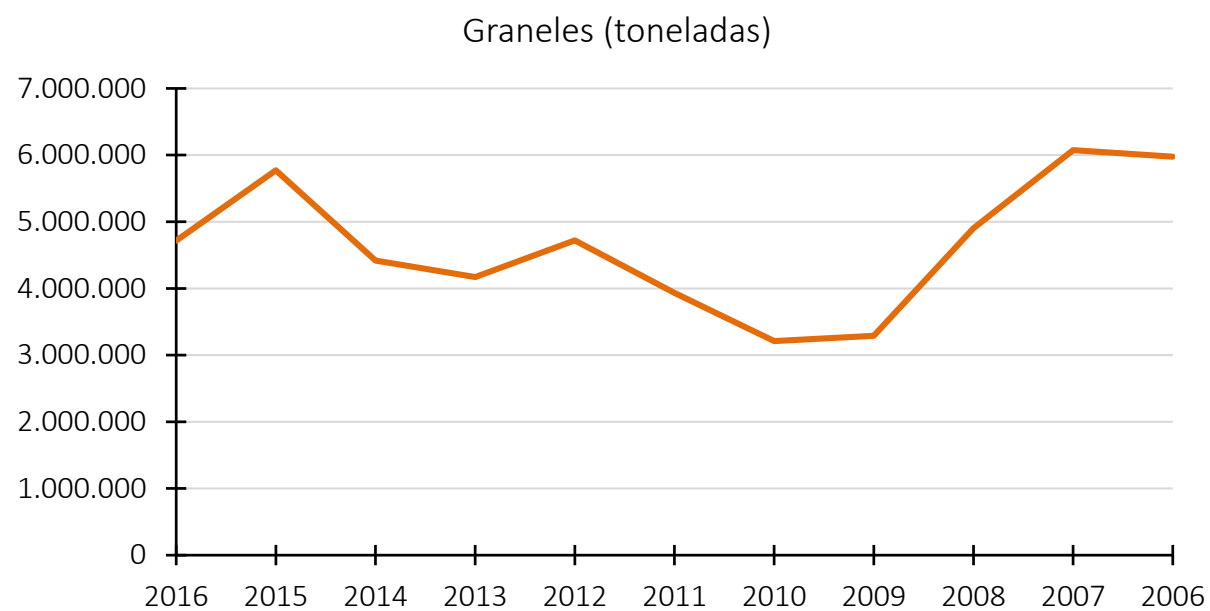


1.1.14. EVOLUCION TEMPORAL.

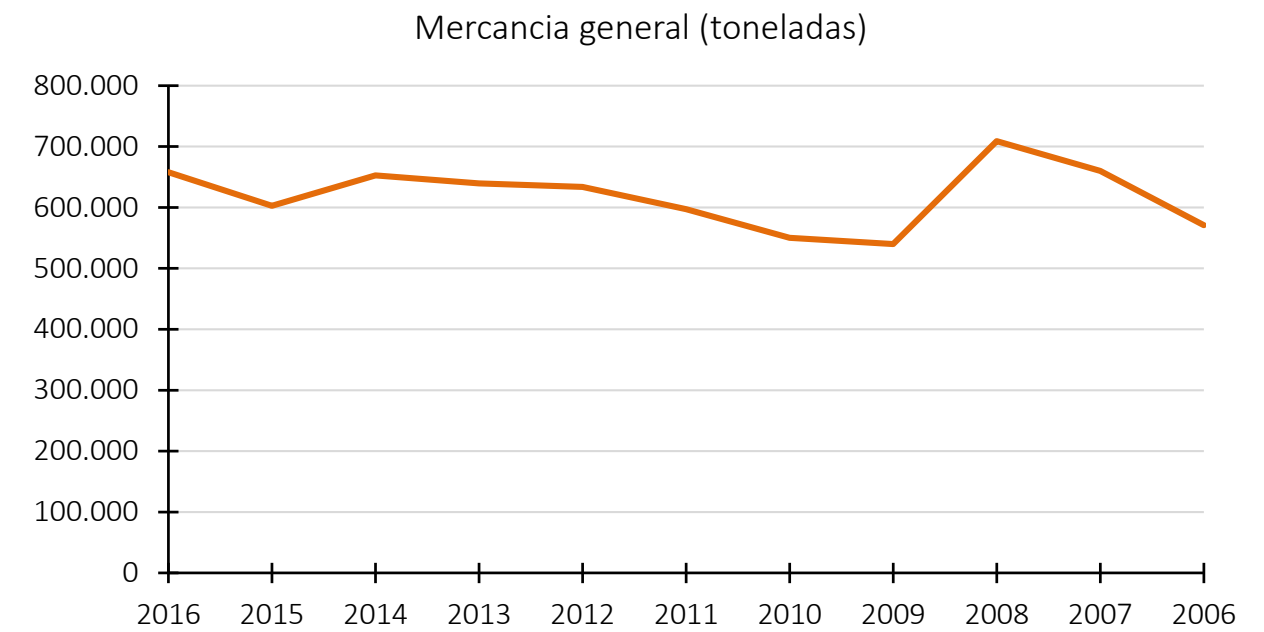
1.1.14.1. TRAFICO DE MERCANCIAS.



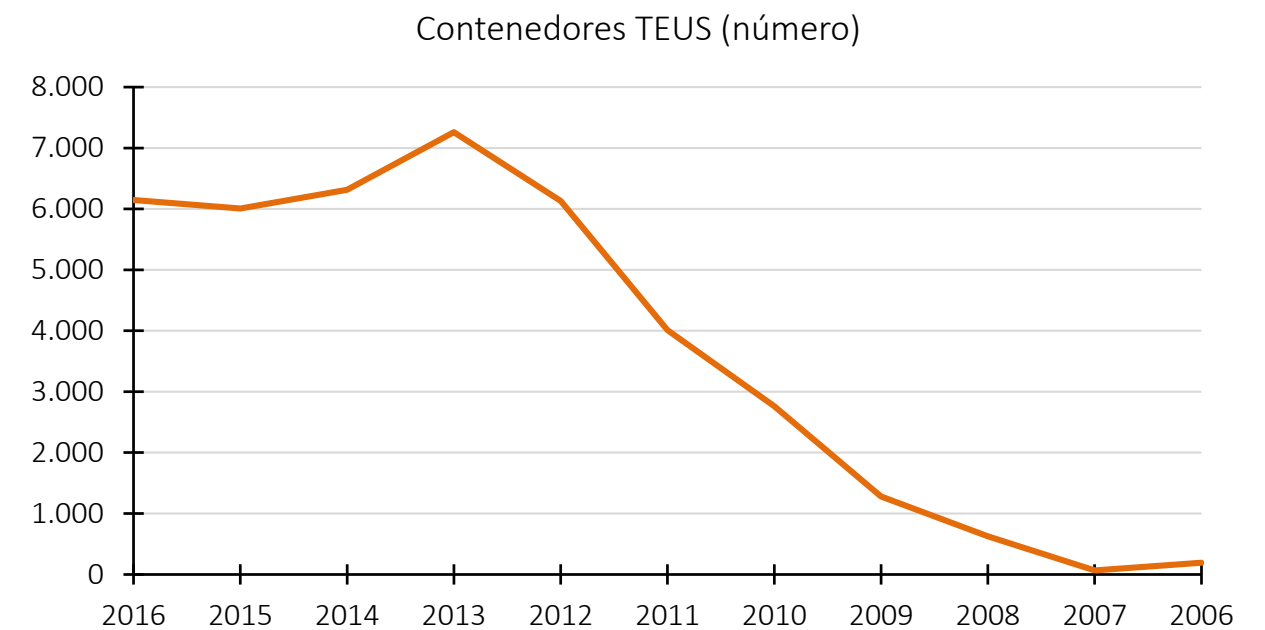
1.1.14.2. GRANELES.



1.1.14.3. MERCANCIA GENERAL



1.1.14.4. CONTENEDORES TEUS.





1.1.14.5. CONCLUSION

De los gráficos de evolución temporal del tráfico portuario puede concluirse que si bien es cierto que se aprecia una cierta sensibilidad del tráfico de mercancías a la desaceleración económica sufrida, especialmente acentuada en los años 2009 y 2010, la recuperación ha sido notable en este aspecto y actualmente nos encontramos prácticamente en niveles de 2007.

Mayor ha sido el impacto del negativo entorno económico sobre los graneles, aunque en la actualidad la tendencia con respecto a los años 2009 y 2010 es claramente creciente.

Sobre la mercancía general el impacto parece haber sido menor que sobre el resto de casos además el crecimiento tras este, ha sido más estable y constante que en el resto de casos.

Sobre el volumen de contenedores (TEUS) no se ha percibido dicho impacto, la tendencia es netamente creciente si bien es cierto que su ritmo de crecimiento ha disminuido en los últimos años.

Por tanto y como consecuencia de lo expuesto anteriormente puede concluirse que tras un contexto, de desarrollo y actividad difícil en los últimos años, la tendencia en cuanto a los volúmenes de trabajo del puerto es a aumentar.



1. ANEJO Nº5 – MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.



1.	ANEJO Nº5 – MORFOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOTECNIA.	1
1.1.	INTRODUCCION.....	2
1.2.	RASGOS GEOLOGICOS Y EVOLUCION.	2
1.3.	EVENTOS SEDIMENTARIOS.	3
1.4.	EVOLUCION RECIENTE DE LA BAHIA DE ALMERIA.....	4



1.1. INTRODUCCION.

Las sierras béticas tienen su origen en la colisión del continente africano con el europeo. Sus rocas, formadas a partir de los sedimentos depositados en el fondo del mar hace cientos de millones de años, fueron enterradas a varios kilómetros de profundidad (bajo otras rocas) alcanzando presiones y temperaturas tan elevadas que hicieron que se transformaran cambiando su apariencia y los minerales que las componen (a este proceso se le conoce con el nombre de metamorfismo). Más tarde emergen lentamente. La propia Cordillera Bética se levanta aún a distinta velocidad según zonas limitadas por fracturas regionales.

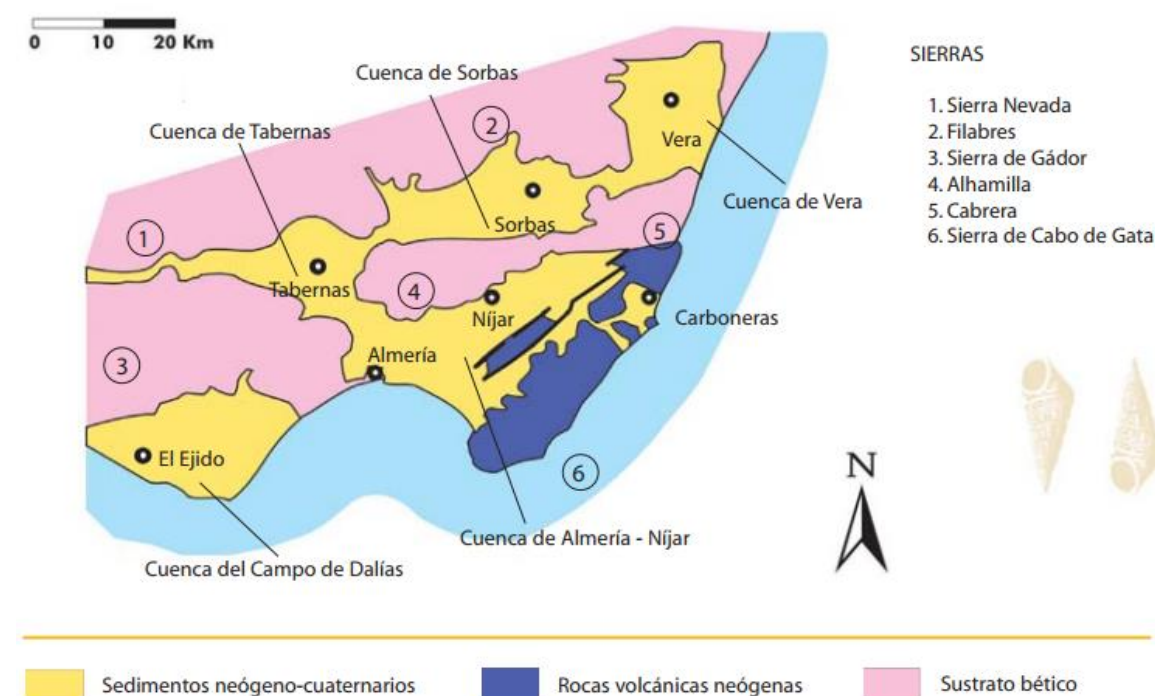
Sierra Nevada es el primero en surgir del mar hace unos 15 millones de años, posteriormente aparecen la Sierra de las estancias y las sierras de Gádor y Alhamilla hace unos 9 y 7 millones de años respectivamente, por ultimo aparece la que es la sierra más joven de la península, sierra Cabrera hace unos 5,5 millones de años.

En los últimos millones de años, como consecuencia de las grandes oscilaciones climáticas sufridas, el nivel del mar ha variado notablemente, llegando a producirse variaciones del nivel del mar de hasta 100 metros.

Este proceso de retirada del mar ha definido las actuales depresiones interiores, alejadas hoy de la costa, en el caso de Almería hace tan solo 100.000 años que se produjo dicha retirada.

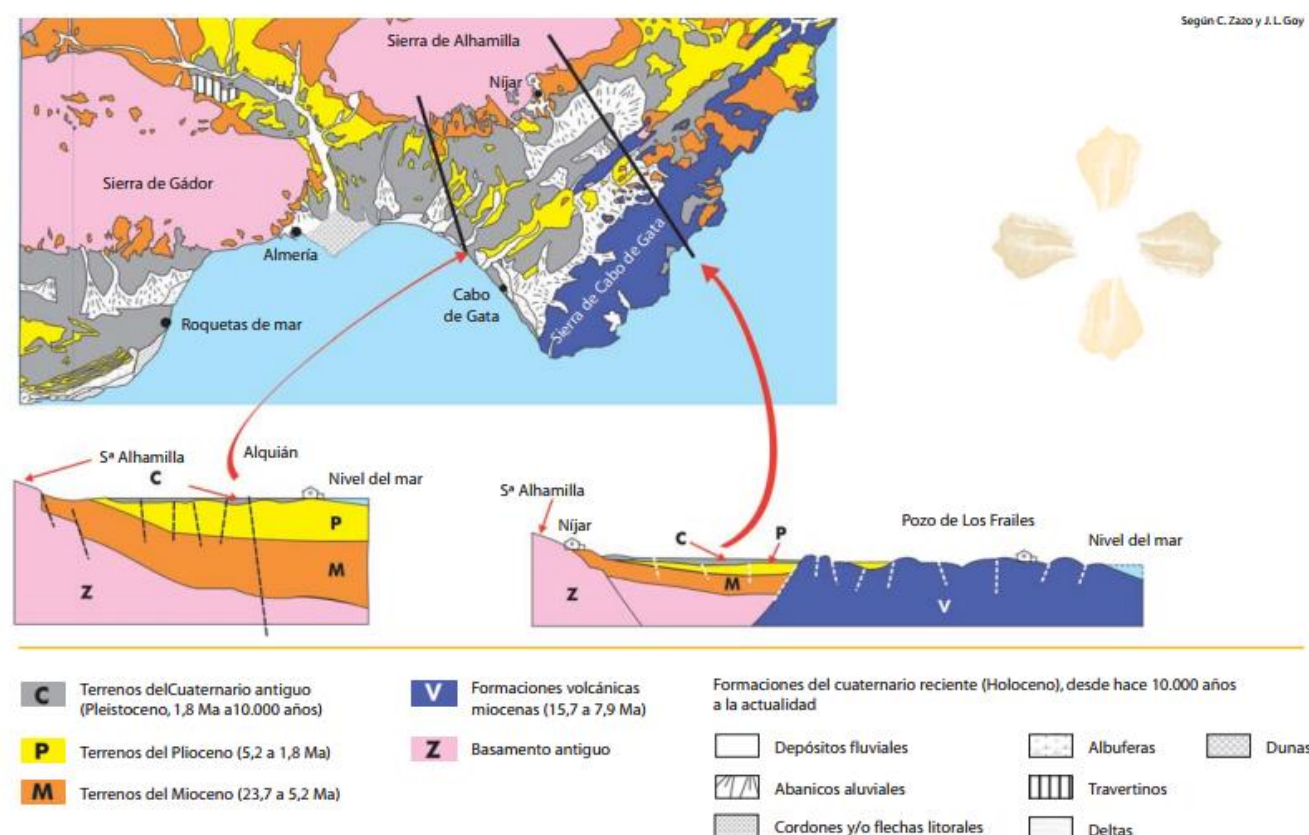
1.2. RASGOS GEOLOGICOS Y EVOLUCION.

La cuenca de Almería ha constituido una cubeta sedimentaria marina desde el momento de la génesis de los relieves de Sierra Nevada, momento en el cual la línea de costa se situaba al pie de esta.



Por otra parte la zona volcánica del Cabo de Gata se encontraría en plena actividad, lo cual evidencia la formación de un archipiélago volcánico, será posteriormente con la génesis de las Sierras de Gádor y Alhamilla cuando se produzca una subdivisión de la gran cubeta sedimentaria Almeriense.

A continuación, se muestra un esquema simplificado de la situación geológica de Almería.



1.3. EVENTOS SEDIMENTARIOS.

Tras la acción volcánica sufrida por la cuenca almeriense el mar invadía las zonas intervolcánicas produciéndose sobre estas la acción de sedimentación marina. Pueden reconocerse cinco episodios sedimentarios:

- En un primer episodio los sedimentos se depositan sobre las primeras rocas volcánicas, sobre todo carbonatos bioclásticos de unos 9 millones de años.
- En un segundo episodio los sedimentos se forman sobre las rocas del último evento volcánico. Carbonatos bioclásticos y margas acumuladas en las zonas más profundas, de 7 millones de años.

- Sobre el episodio anterior se depositan un conjunto de unidades caracterizadas por la presencia de cuerpos arrecifales, de unos 6 millones de años.
- Tras el depósito de los arrecifes tiene lugar un fenómeno conocido como la crisis de desecación del Mediterráneo. El Mediterráneo se secó hace 5,5 millones de años como consecuencia de su desconexión con el Atlántico. Durante este período los materiales de los bordes fueron erosionados parcialmente y en las áreas centrales de la Gran Cuenca Mediterránea y de sus pequeñas cuencas marginales se depositaron importantes espesores de yeso y de otras sales. Sobre ellos, o sobre la superficie erosiva, se depositaron sedimentos carbonatados típicos de mares cálidos: oolitos y estromatolitos.
- Un último episodio marino da ya paso a la continentalización del medio.

Así se define el siguiente perfil estratigráfico:





1.4. EVOLUCION RECIENTE DE LA BAHIA DE ALMERIA.

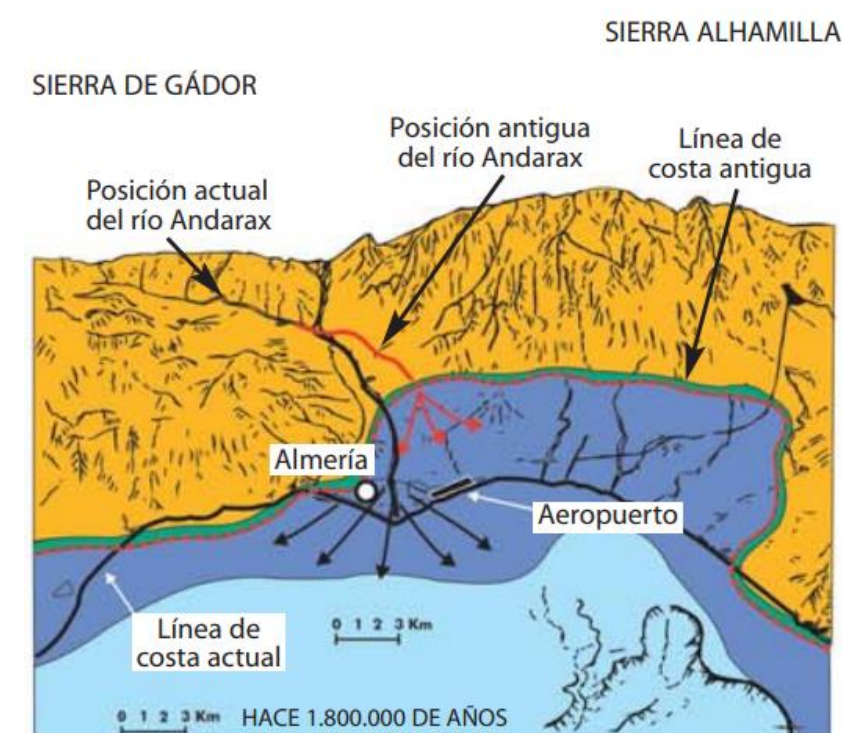
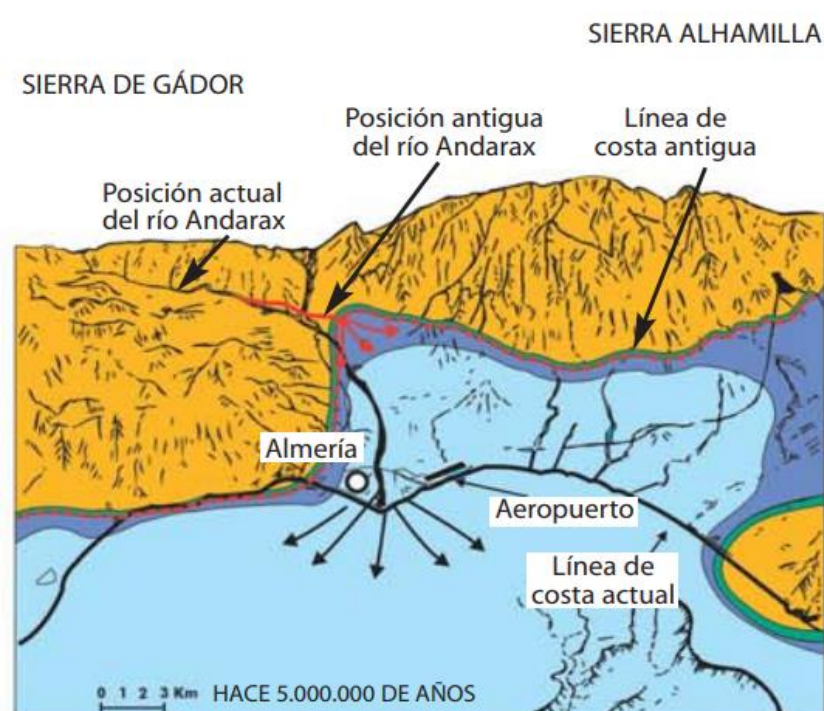
La bahía de Almería y su entorno han constituido una gran cuenca sedimentaria con predominio de materiales depositados en ambientes marinos.

Al comienzo del Plioceno el mar ocupaba todas las actuales áreas deprimidas, solo emergían de el las sierras circundantes a la actual bahía. Los fuertes relieves que bordeaban la cuenca sedimentaria eran atravesados por ramblas que, como en la actualidad, suministraban materiale detrítico a la cuenca marina.

Durante el Plio - Cuaternario se produce un levantamiento de la región, que ocasionó un desplazamiento de la línea de costa en dirección sur.

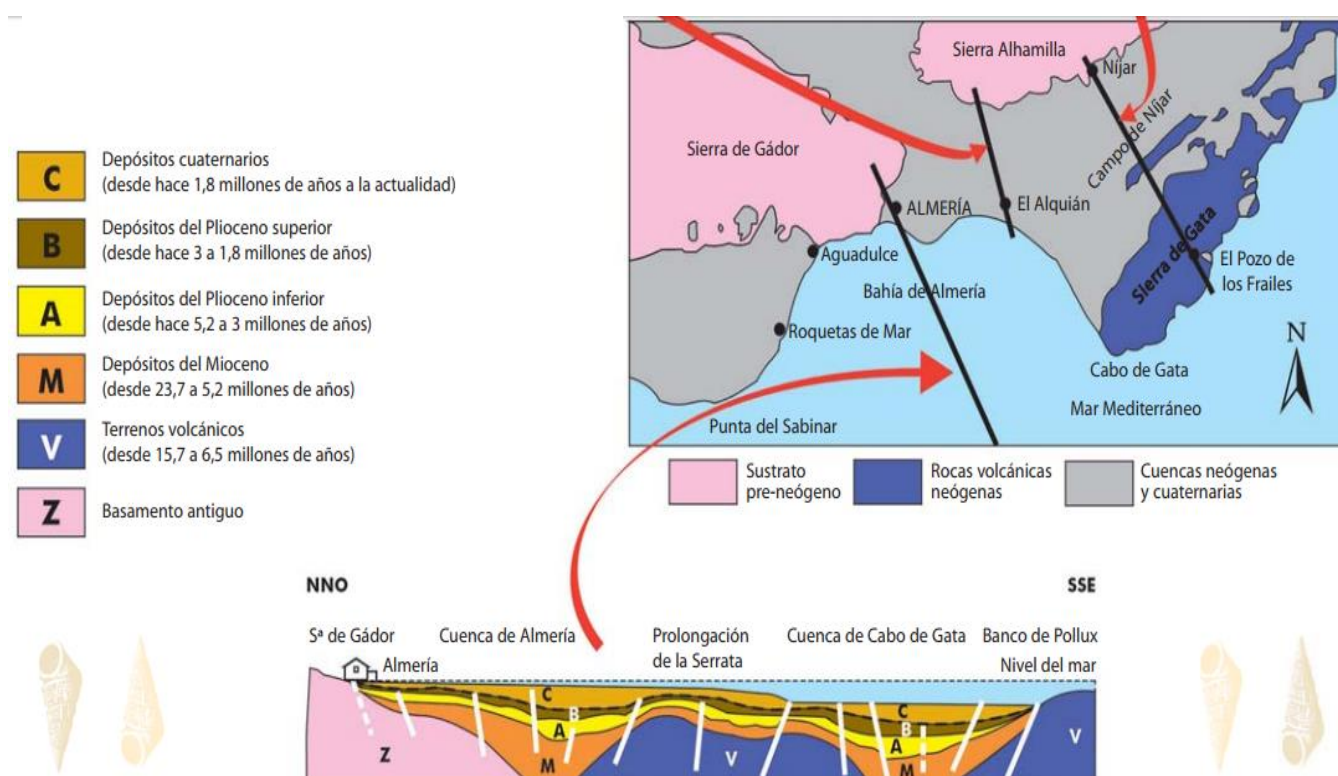
Durante el Cuaternario, como consecuencia de los repetidos cambios climáticos, alternancia de períodos fríos glaciales y cálidos interglaciales, el nivel del mar sufre fuertes variaciones, que llegaron a ser del orden de 130 metros. Estas variaciones han condicionado continuos cambios en el trazado de la línea de costa y en la distribución y abundancia de los distintos depósitos marinos y continentales

A continuación, se presentan una serie de figuras que muestran dicha evolución:





Especialmente representativa resulta la imagen que se muestra a continuación, la cual define de forma aproximada un perfil geológico en las inmediaciones del puerto de Almería, cuya ampliación es objeto de este proyecto:





1. ANEJO Nº6 – SISMICIDAD.



1.	ANEJO Nº6 – SISMICIDAD.	1
1.1.	SISMICIDAD.	2
1.1.1.	NORMATIVA VIGENTE.	2
1.1.2.	APLICACIÓN DE LA NORMA.	2
1.1.2.1.	AMBITO DE APLICACIÓN.	2
1.1.2.2.	CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES.	2
1.1.2.3.	CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA.	2
1.1.2.4.	PELIGROSIDAD SISMICA.	2
1.1.3.	CONCLUSION.	3



1.1. SISMICIDAD.

1.1.1. NORMATIVA VIGENTE.

La normativa vigente actualmente en España es la siguiente:

- Norma de Construcción Sismorresistente. Parte general y Edificación (NCSE-02).
- Norma de Construcción Sismorresistente Puentes (NCSP-07).

Ninguna de ellas es de aplicación específica a obras marítimas específicamente, es por ello que se considerará la Norma de Construcción Sismorresistente. Parte general y Edificación (NCSE-02) ya que dentro su ámbito de aplicación plantea dicha posibilidad.

1.1.2. APLICACIÓN DE LA NORMA.

1.1.2.1. AMBITO DE APLICACIÓN.

Como se ha planteado anteriormente y según lo establecido en la normativa: “...las prescripciones de índole general del apartado 1.2.4 serán de aplicación supletoria a otros tipos de construcciones, siempre que no existan otras normas o disposiciones específicas con prescripciones de contenido sismorresistente que les afecten.”

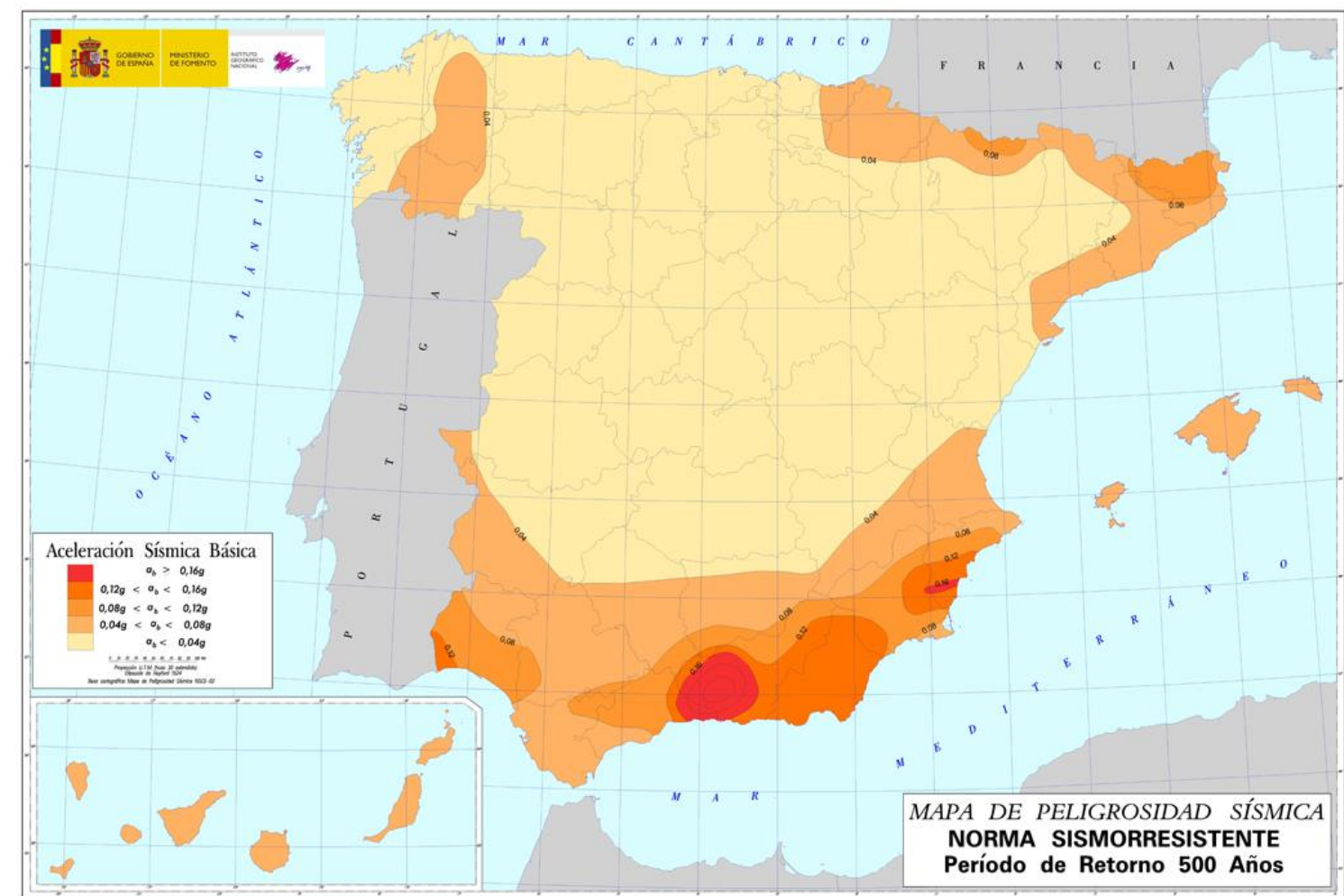
1.1.2.2. CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES.

De acuerdo con los posibles daños que pueda ocasionar la destrucción de la construcción la normativa establece distintos grupos, de importancia moderada, normal y especial

1.1.2.3. CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA.

Será necesario considerar los efectos sísmicos en aquellas edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica, recogida en el mapa de peligrosidad sísmica; a_b sea superior a 0.04g, siendo g la aceleración de la gravedad.

1.1.2.4. PELIGROSIDAD SISMICA.



De la Norma de Construcción Sismorresistente. Parte general y Edificación (NCSE-02) se obtiene el mapa anterior. Sobre el mapa, conocida la localización de la construcción objeto de estudio, Almería puede deducirse que la aceleración básica a_b está comprendida entre 0.12g y 0.16g.



1.1.3. CONCLUSION.

De lo anterior puede concluirse que dadas tanto la clasificación de la construcción objeto del proyecto como su ubicación en una zona con a_b superior a 0.04g suponen la consideración de la acción sísmica en el proyecto



1. ANEJO N°7 – CLIMATOLOGIA.



1.	ANEJO Nº7 – CLIMATOLOGIA.	1
1.1.	INTRODUCCION.....	2
1.2.	VARIABLES CLIMATICAS PRINCIPALES	2
1.1.1.	PRECIPITACIONES.	2
1.1.2.	VIENTOS.....	3
1.1.3.	TEMPERATURAS.	3
1.3.	DATOS CLIMATICOS.	3
1.1.4.	VALORES CLIMATOLOGICOS NORMALES.....	3
1.1.5.	VALORES CLIMATOLOGICOS EXTREMOS.	4



1.1. INTRODUCCION.

Del mismo modo que todo el sureste español, Almería es una región con un régimen pluviométrico escaso, típicamente mediterráneo, con zonas de marcada aridez, como son en este caso el desierto de tabernas y el cabo de gata, donde la aparición de lluvia se da de forma torrencial.

De acuerdo con la Clasificación climática de Köppen, el clima de Almería es de transición entre el clima árido cálido y el clima semiárido cálido. Con una precipitación anual de 200mm, Almería se posiciona como la ciudad más árida de Europa y una de las más áridas de la Cuenca del Mediterráneo. Las precipitaciones son muy escasas (25 días de media al año), y hay poca amplitud térmica mensual; las temperaturas oscilan entre los 17° y 9° en enero y los 31° y 23° en agosto. Algunas veces en los meses de verano sube la temperatura hasta superar los 40 °C debido a las masas de aire caliente proveniente del Sáhara, aunque es bastante infrecuente superar esta temperatura. Los inviernos son muy suaves y los veranos calurosos. Almería es la única ciudad de Europa Continental que nunca haya registrado heladas, ya que la mínima histórica es de +0,1 °C.

Con una media de 2994 horas de sol y 108 días completamente despejados al año, es una de las ciudades más soleadas de Europa. La temperatura media anual es de 19,1 °C. La temperatura de sus aguas en los meses de invierno (unos 17 °C) es más cálida que la del aire (16,5 °C). La humedad media es del 65 %, con un promedio de 26 días de lluvia anuales, siendo noviembre el mes más lluvioso. Esto resulta en una pluviometría media de 200 mm, una de las más bajas de España (la más baja de la Península Ibérica) y la más baja de Europa. En ocasiones se han producido lluvias torrenciales, estando documentadas inundaciones catastróficas en 1879 y 1891.

A nivel climático, en función de su altura sobre el nivel del mar aparecen las distintas tipologías de clima mediterráneo:

- En sus zonas bajas y litorales se presenta un clima inframediterráneo, desértico o mediterráneo-iranio, caracterizado por la ausencia de heladas y precipitaciones tan escasas que podría hablarse técnicamente de desierto árido, la vegetación se caracteriza normalmente por matorrales espinosos, tales que puedan soportar lo extremo de las condiciones climáticas que se presentan en estas zonas.
- Entre los 400-500 msnm y los 800-900 msnm discurre el termomediterráneo o mediterráneo cálido o seco, casi sin heladas en invierno y temperaturas elevadas en verano, las precipitaciones siguen siendo escasas pero suficientes para mantener arbolado.
- A continuación, entre los 800-900 msnm y los 1200-1300 msnm reina el mesomediterráneo o mediterráneo medio o típico, en el que la vegetación se corresponde con bosque mediterráneo de encinas, almeces y retamas.

1.2. VARIABLES CLIMATICAS PRINCIPALES

Dentro del presente apartado se desarrolla un breve análisis del comportamiento medio de las principales variables climáticas, precipitaciones, temperatura y vientos, en el entorno de la provincia de Almería.

1.1.1. PRECIPITACIONES.

Con respecto a las precipitaciones medias, se aprecian importantes variaciones. En general oscilan entre los escasos 200 mm de Cabo de Gata y los casi 650 mm de la Sierra Nevada almeriense (norte de Laujar de Andarax). Si exceptuamos las zonas más montañosas, dichas precipitaciones están comprendidas entre los 175 mm y los 300 milímetros, con clara tendencia a disminuir hacia la costa, especialmente en Cabo de Gata. En las áreas montañosas tienden a incrementarse claramente, oscilando entre los 300-400 mm de las sierras de Gádor y Filabres, hasta los 400-550 mm de Sierra María y los más de 550 mm que se dan en Sierra Nevada. En cualquier caso, las precipitaciones medias anuales son muy variables y así, durante el pasado siglo XX, fluctuaron entre 50 mm y más de 500 mm.



Este volumen de precipitaciones tan escaso es consecuencia de la circulación atmosférica general del mediterráneo. Los vientos húmedos del frente Atlántico (vientos del oeste), como consecuencia de sus movimientos ascensionales a su paso por los numerosos relieves existentes entre la costa atlántica y Almería, van descargando progresivamente la mayor parte de la humedad, hasta llegar a Sierra Nevada, donde terminan por dejar la poca que les queda, de forma que llegan a la provincia de Almería prácticamente secos.

Por tanto, las mayores precipitaciones ocurren sin intervención del frente Atlántico, siendo los frentes del Mediterráneo, entre los meses de septiembre y octubre, los que las producen con la torrencialidad que les caracteriza.

1.1.2. VIENTOS.

La provincia de Almería se encuentra dentro de una de las zonas con más viento de la Península, las rachas de viento pueden llegar a superar los 130 km/h en cualquier época del año. En el litoral los vientos soplan libremente sin barreras geográficas, ya sea el Levante que suele subir la temperatura unos grados, o el Poniente que la disminuye. Los meses con menos viento son: enero, julio, agosto, octubre y noviembre. En febrero, marzo y abril, el viento suele soplar más intensamente.

El régimen de vientos es de carácter estacional, siendo la dirección N la que predomina desde noviembre a febrero, con un máximo durante el mes de diciembre, y las direcciones E y SW las predominantes en los meses de junio, julio y agosto, con un máximo en el mes de julio.

1.1.3. TEMPERATURAS.

Las temperaturas medias anuales más comunes van desde los 18°C de la zona costera a los 16°C del interior, ascendiendo hasta 20°C en algunas zonas próximas a la población de Vera (este de la provincia), y descendiendo hasta 10°C en las zonas más elevadas de la Sierra Nevada almeriense (Chullo y Almirez) y hasta 12°C en algunos puntos de los Filabres (Calar Alto) y en Sierra de María.

1.3. DATOS CLIMATICOS.

A continuación se muestran los datos climáticos más relevantes considerados en el análisis, que permiten una aproximación a la caracterización climática de la provincia de Almería.

Dichos datos han sido obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

1.1.4. VALORES CLIMATOLOGICOS NORMALES.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	12.6	16.9	8.3	24	67	2.9	0.0	0.5	1.0	0.0	7.1	194
Febrero	13.3	17.6	9.0	25	67	2.9	0.0	0.5	1.3	0.0	6.1	191
Marzo	15.1	19.6	10.6	16	65	2.6	0.0	0.3	1.5	0.0	5.7	232
Abril	17.0	21.4	12.5	17	62	2.6	0.0	0.6	0.6	0.0	6.1	261
Mayo	19.7	24.1	15.3	12	63	1.9	0.0	0.5	1.0	0.0	6.9	297
Junio	23.5	27.9	18.9	5	61	0.6	0.0	0.6	0.4	0.0	13.1	325
Julio	26.1	30.5	21.7	1	60	0.3	0.0	0.5	0.4	0.0	19.0	342
Agosto	26.7	31.0	22.4	1	63	0.3	0.0	0.6	0.4	0.0	15.0	315
Septiembre	24.2	28.4	20.0	14	65	1.5	0.0	1.1	0.5	0.0	9.3	256
Octubre	20.4	24.5	16.3	27	68	2.8	0.0	1.0	0.9	0.0	5.4	218
Noviembre	16.4	20.5	12.3	28	67	3.6	0.0	0.9	0.5	0.0	5.4	183
Diciembre	13.8	17.9	9.6	30	67	3.3	0.0	0.5	0.5	0.0	6.2	178
Año	19.1	23.4	14.7	200	65	25.4	0.0	7.4	8.9	0.0	108.0	2994

- Leyenda**
- T Temperatura media mensual/anual (°C)
 - TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
 - Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
 - R Precipitación mensual/anual media (mm)
 - H Humedad relativa media (%)
 - DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
 - DN Número medio mensual/anual de días de nieve
 - DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
 - DF Número medio mensual/anual de días de niebla
 - DH Número medio mensual/anual de días de helada
 - DD Número medio mensual/anual de días despejados
 - I Número medio mensual/anual de horas de sol



1.1.5. VALORES CLIMATOLOGICOS EXTREMOS.

Variable	Anual
Máx. núm. de días de lluvia en el mes	20 (dic 1996)
Máx. núm. de días de tormenta en el...	5 (oct 1986)
Prec. máx. en un día (l/m2)	98.0 (20 jun 1972)
Prec. mensual más alta (l/m2)	154.5 (dic 2016)
Prec. mensual más baja (l/m2)	0.0 (dic 2015)
Racha máx. viento: velocidad y direcc...	Vel 137, Dir 270 (16 oct 1980 12:15)
Tem. máx. absoluta (°C)	41.2 (30 jul 1981)
Tem. media de las máx. más alta (°C)	33.0 (ago 1998)
Tem. media de las mín. más baja (°C)	5.9 (ene 1981)
Tem. media más alta (°C)	28.7 (jul 2015)
Tem. media más baja (°C)	10.8 (feb 2012)
Tem. mín. absoluta (°C)	0.1 (27 ene 2005)



1. ANEJO Nº8 – CARTOGRAFIA Y BATIMETRIA.



1.	ANEJO Nº8 – CARTOGRAFIA Y BATIMETRIA.....	1
1.1.	INTRODUCCION.....	2
1.2.	CARTOGRAFIA.	2
1.3.	BATIMETRIA.	2



1.1. INTRODUCCION.

La caracterización cartográfica y batimétrica del puerto y su entorno son claves para la definición de cualquier posible actuación.

Especialmente la batimetría, dado que es causa de la forma en que el oleaje actúa sobre el emplazamiento objeto de estudio.

1.2. CARTOGRAFIA.

La cartografía utilizada en el presente proyecto ha sido obtenida a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN). El cual recoge entre otras cosas la cartografía de la totalidad del territorio Español en su Mapa Topográfico Nacional.

Las hojas del Mapa Topográfico Nacional 1/50.000 utilizadas son las siguientes:

- 1045
- 1059

Las hojas del Mapa Topográfico Nacional 1/25.000 utilizadas son las siguientes:

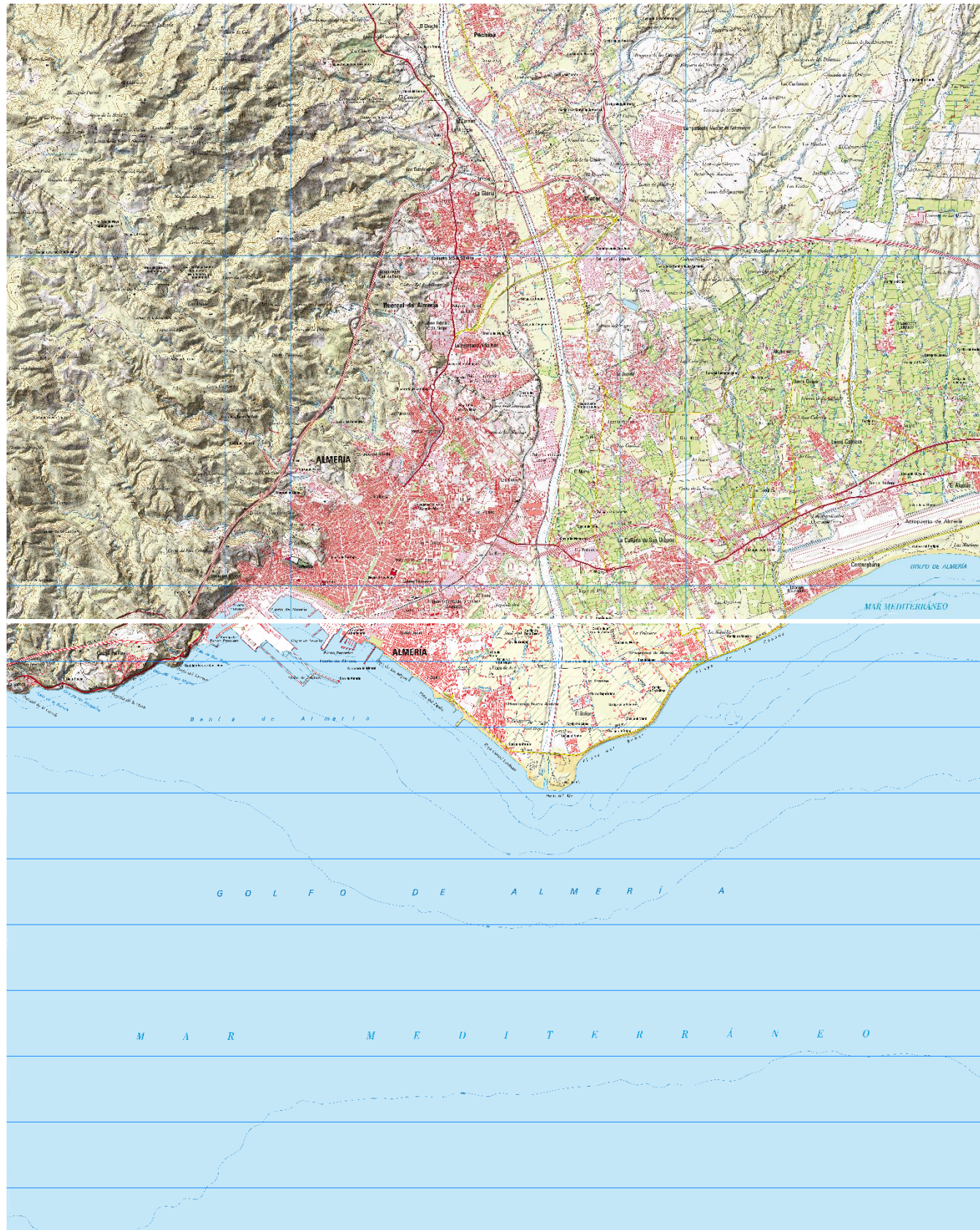
- 1045-3
- 1059-1

Además de este mismo organismo se han obtenido las ortofotos y mapas en formato raster y vectorial utilizados.

1.3. BATIMETRIA.

La batimetría utilizada en el presente proyecto ha sido facilitada por el grupo de Ingeniería Oceanográfica de la Universidad de Cantabria.

Al final de este anejo se adjuntan una serie de imágenes tanto de la cartografía como de la batimetría utilizada.





•

1. ANEJO Nº9 – CLIMA MARITIMO.



1	ANEJO Nº9 – CLIMA MARITIMO.	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	VIENTO.	2
1.2.1	REGIMEN MEDIO DE VIENTOS.	2
1.2.2	REGIMEN EXTREMAL DE VIENTO.	3
1.3	OLEAJE.....	5
1.3.1	OLEAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS.	6
1.3.1.1	REGIMEN MEDIO DE HS.....	6
1.3.1.2	REGIMEN EXTREMAL DE HS.....	10
1.3.1.3	REGIMEN DE PERSISTENCIAS.....	15
1.3.1.4	CONCLUSIONES.....	17



1.1 INTRODUCCION.

En este anejo se desarrolla el estudio que es necesario llevar a cabo para la obtención de los distintos valores de diseño, de todas las variables climáticas relacionadas:

- Viento
- Oleaje
- Mareas
- Corrientes
- Nieblas y visibilidad

Todas esta imponen condicionantes y restricciones tanto funcionales como estructurales sobre las distintas soluciones a adoptar en la ampliación del Puerto de Almería.

1.2 VIENTO.

El objeto de este punto es conocer los valores de viento en el emplazamiento de Almería, para ello, a falta de datos más precisos y dado que se disponen de datos de oleaje, por lo que no será necesario determinar este a partir de los datos de viento, se determinara a partir del atlas de viento desarrollado en la ROM.

De acuerdo con lo desarrollado en la ROM en su documento:

- ROM 0.4-95 ACCIONES CLIMÁTICAS II: VIENTO.

Se definen en este punto régimen medio de viento y régimen extremal.

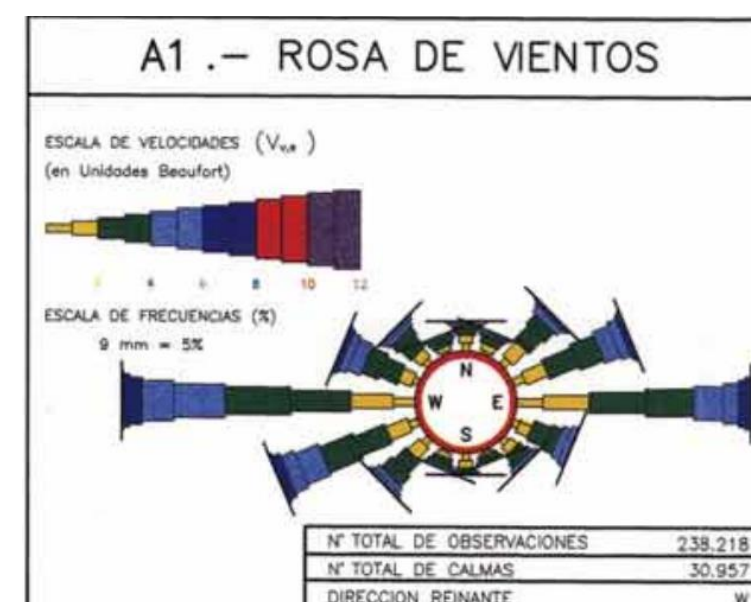
1.2.1 REGIMEN MEDIO DE VIENTOS.

Dicho régimen define las características del viento tanto de forma escalar como de forma direccional, para un año climático medio en una localización determinada, además y dada la característica vectorial

del viento puede utilizarse la frecuencia relativa de presentación en cada sector direccional a fin de definir las características de dicha magnitud para cada dirección.

A partir de la discretización que lleva a cabo la ROM para todo el litoral español, le corresponde a Almería la hoja nº V, donde se describe el régimen medio de vientos para el emplazamiento donde se va a desarrollar la ampliación.

A continuación se muestra la rosa de vientos, obtenida a partir de lecturas de buques en navegación, que se presenta en escala Beaufort:



De esta se deduce fácilmente que las direcciones de viento dominante en lo que respectan a frecuencias son la este y la oeste, si bien es cierto que entre estas las de dirección de mayor relevancia es la oeste.

En cuanto a velocidades se hace reseñable el hecho de que en todas las direcciones, aun en las de menor relevancia tienen cierta presencia los vientos de notable intensidad.

Asimismo se definen tanto regímenes de persistencias como de no persistencias a fin de definir o cuantificar condicionantes funcionales o de operación del puerto.



1.2.2 REGIMEN EXTREMAL DE VIENTO.

La velocidad en condiciones extremas de viento deberá considerarse en aquellas situaciones de cálculo donde su actuación sea relevante, como puede ser el caso de la obtención de oleajes de cálculo a partir de campos extremos de viento.

Para cualquiera de estos casos, dicha acción tomara un valor correspondiente con el periodo de retorno considerado para el elemento a diseñar, el cual a su vez es función de la vida útil considerada y del riesgo máximo admisible de acuerdo a lo establecido en la ROM 0.4-95

Cuando una acción se considere igualmente repartida en intensidad y frecuencia en todas las direcciones, o no se dispongan datos estadísticos diferenciados ni posibilidades de diferenciación por direcciones mediante su correlación con otros datos estadísticos o con modelos empíricos de previsión y cuantificación de la acción, se podrá admitir que la distribución de la acción en una dirección sea deducida de la distribución escalar, multiplicando el periodo medio de retorno correspondiente a cada valor por un coeficiente dependiente de las propiedades físicas de la acción (p. e. para viento dicho coeficiente suele tomarse igual a 2,50). Generalmente este método cubre la posible existencia de direcciones dominantes.

TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)			
TIPO DE OBRA O INSTALACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50
LEYENDA: INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL: Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto. DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO: Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...). NIVEL 1: Obras e instalaciones de interés local o auxiliares. Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...). NIVEL 2: Obras e instalaciones de interés general. Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...). NIVEL 3: Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional. Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).			



TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS			
a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS			
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Índice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15
b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL			
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Índice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05
Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente. Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total. Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías. En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.			
LEYENDA:			
■ POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS			
— Reducida: Cuando no es esperable que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.			
— Esperable: Cuando es previsible que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.			
■ REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA			
Índice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas directas e indirectas}}{\text{Inversión}}$			
— BAJA: $r \leq 5$			
— MEDIA: $5 < r \leq 20$			
— ALTA: $r > 20$			

De acuerdo a las tablas que se mostradas, se determinan tanto la vida útil a considerar para el diseño como el riesgo máximo admisible.

- Para la definición de la vida útil se considerará como tipo de obra una infraestructura de carácter general y en lo relativo al nivel de seguridad requerido se considerará nivel 2, por ser una obra perteneciente a un gran puerto.
- En lo relativo al riesgo admisible se considerará como índice r de repercusión un valor medio, como posibilidad de pérdidas humanas, se considerará un valor reducido.
Dado que no se plantea en un diseño inicial la posibilidad de reparación, que a priori no se conoce la tipología de la solución final, en pro de la seguridad se considerará en el diseño, riesgo de destrucción total.

En base a lo comentado anteriormente los resultados obtenidos son: una vida útil de 50 años, un riesgo admisible del 15%, que dan como resultado un periodo de retorno de 308 años.

Con esto puedo determinar la velocidad básica del viento, escalar, para un periodo de retorno de 308 años, de acuerdo a la ROM se tiene:

$$V_{b|T,\alpha} = V_{b|50} * K_T * K_{\alpha}$$

Siendo:

- $V_{b|T,\alpha}$: velocidad basica del viento para un periodo de retorno T y un determinado sector α
- $V_{b|50}$: velocidad basica del viento para un periodo de retorno de 50 años, determinada a partir de los valores del ATLAS de viento de la ROM.
- K_T, K_{α} : coeficientes funcion del periodo de retorno y del sector considerado.



Los valores de los coeficientes multiplicadores se definen de la siguiente forma:

- De acuerdo al apartado 3.2.1.4 de la ROM 04-95 el coeficiente K_t se obtiene a partir de la siguiente expresión aproximada:

$$K_T \cong 0.75 * \sqrt{(1 + 0.2 * \ln T)} \rightarrow K_{308} \cong 0.75 * \sqrt{(1 + 0.2 * \ln 308)} = 1.09$$

- El valor del coeficiente K_α se define partir de una serie de valores tabulados definidos en la caracterización extremal del área V del atlas de viento, que se muestra al final del anejo.

De acuerdo al atlas de viento, para la zona objeto de estudio se obtiene la velocidad extremal del viento, para un periodo de retorno de 308 años de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_{b|308,\alpha} = 30 * 1.09 * K_\alpha = 32.7 * K_\alpha \text{ (m/s)}$$

El valor obtenido previamente es una para una ráfaga de 10 minutos, dicho valor habrá de corregirse según corresponda para las distintas comprobaciones a efectuar.

1.3 OLEAJE.

El objeto del presente apartado es la definición del oleaje en las inmediaciones del puerto de Almería. La influencia de la definición y el conocimiento de los parámetros relativos al oleaje sobre las estructuras marítimas es determinante, por ello es fundamental el conocimiento a nivel estadístico de este.

Dado que una determinada estructura marítima, se construye para cumplir una determinada función. Por ejemplo, un dique exterior se construye para que, al reducir la agitación del oleaje en una determinada área, facilite las operaciones de los barcos. La agitación que se propaga al área abrigada depende de la orientación del dique en planta, de su longitud, tipología y cota de coronación. Es necesario determinar la influencia de cada uno de los parámetros de diseño anteriores en la estadística de agitación en el área abrigada de interés, es fundamental el conocimiento de la estadística del oleaje en la zona exterior al dique, previamente a su construcción.

Esta estadística se lleva a cabo con parámetros H, T y facilita la información sobre un estado de mar en un periodo de tiempo determinado y se conoce como régimen medio de dicho parámetro.

Una vez optimizado el diseño funcional se debe asegurar que la solución adoptada soporta los valores extremos de las solicitaciones esperables en la vida útil de dicho diseño, para esto es necesario el conocimiento del régimen extremal del oleaje.



1.3.1 OLEAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS.

1.3.1.1 REGIMEN MEDIO DE HS.

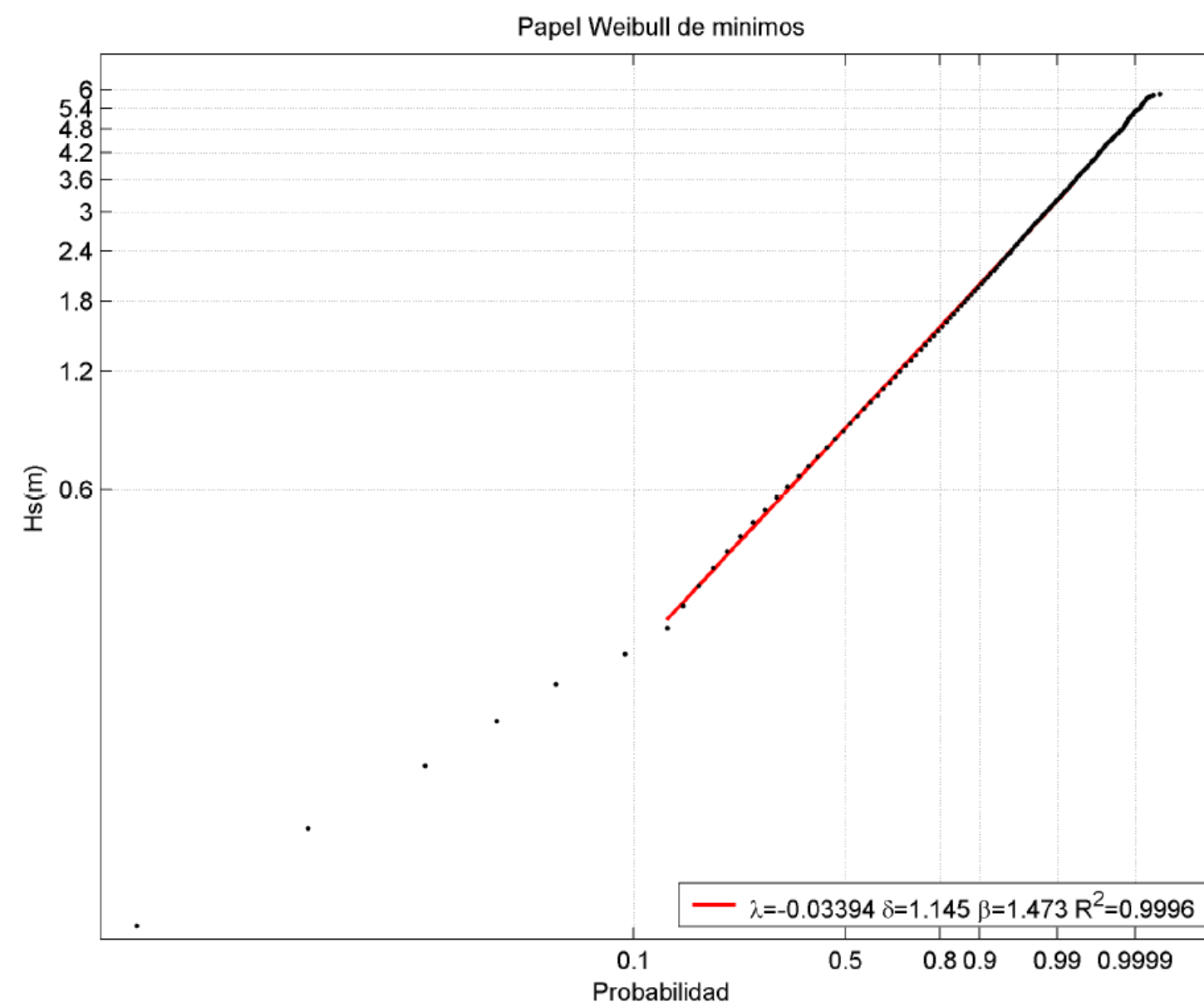
1.3.1.1.1 ESCALAR.

El régimen medio estacionario ha sido obtenido mediante un módulo perteneciente a la herramienta CAROL. En el módulo de cálculo del régimen medio, el programa propone como funciones de distribución Gumbel de máximos, Lognormal, Normal y Weibull de mínimos. Estas son las funciones comúnmente utilizadas para ajustar una población de datos de altura de ola significativa siendo sus funciones de distribución las siguientes:

El modelo ajusta las cuatro distribuciones a la serie de alturas de ola significativa y hace un diagnóstico de cada uno de los ajustes calculando el coeficiente de correlación R^2 .

En base a esto el modelo determina que para los datos de los que se dispone, punto SIMAR-44 el mejor ajuste lo da la distribución de mínimos de Weibull.

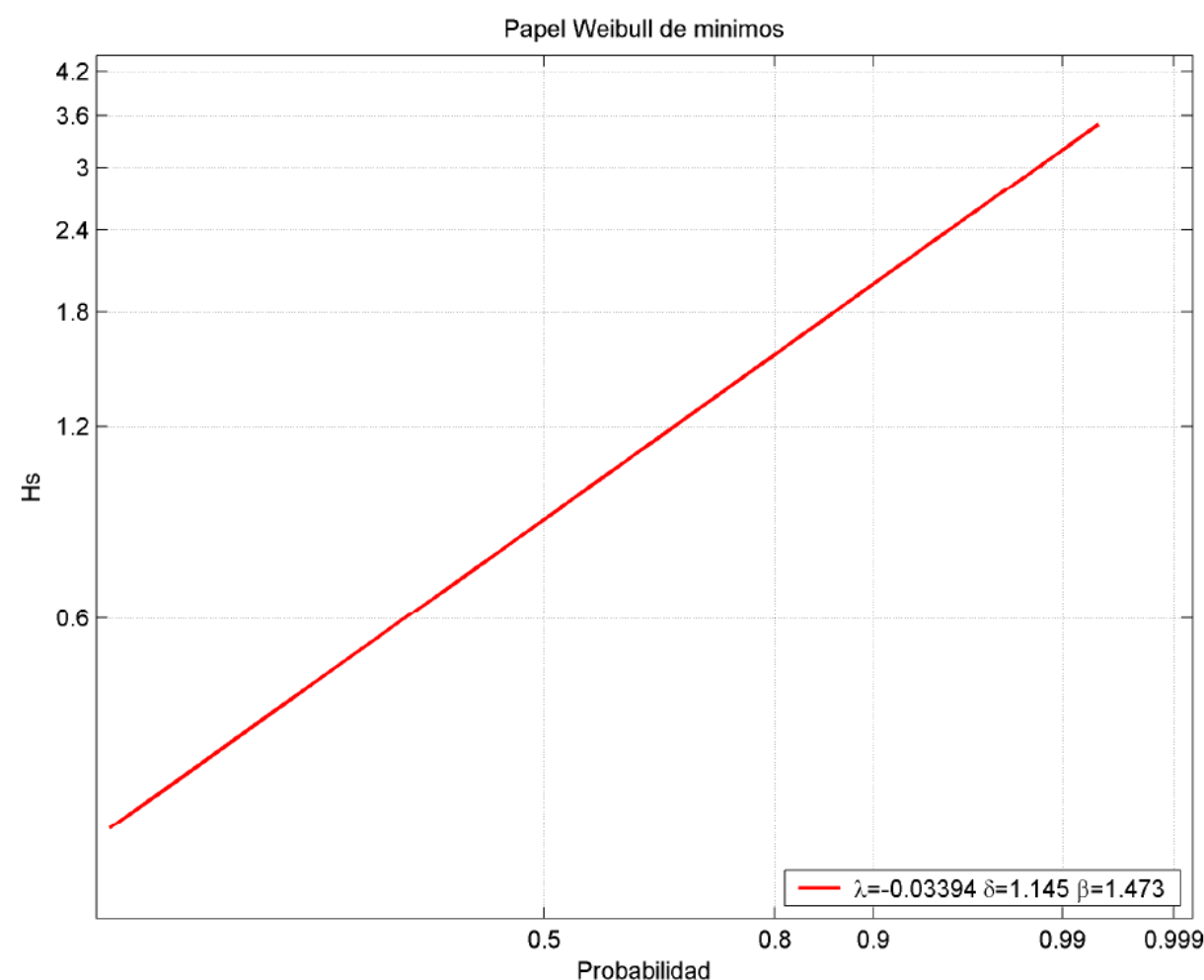
A continuación se representan en papel logarítmico los valores empíricos de altura de ola (puntos negros) y el ajuste a la distribución (línea roja). También se dan los valores de los parámetros obtenidos, siendo λ el parámetro de localización (es el menor valor posible de la variable aleatoria H_s), δ el parámetro de escala (equivalente aproximadamente a la desviación típica) y β el parámetro de forma, que informa de la naturaleza de la cola de la distribución. Por último, también se facilita el valor del coeficiente de correlación R^2 .



Como puede deducirse del grafico anterior, el ajuste la distribución de Weibull de mínimos es muy bueno, con un valor del coeficiente de correlación de 0.9996, muy próximo a la unidad.



En la siguiente figura se muestra en papel logarítmico el régimen medio anual escalar sin datos empíricos.

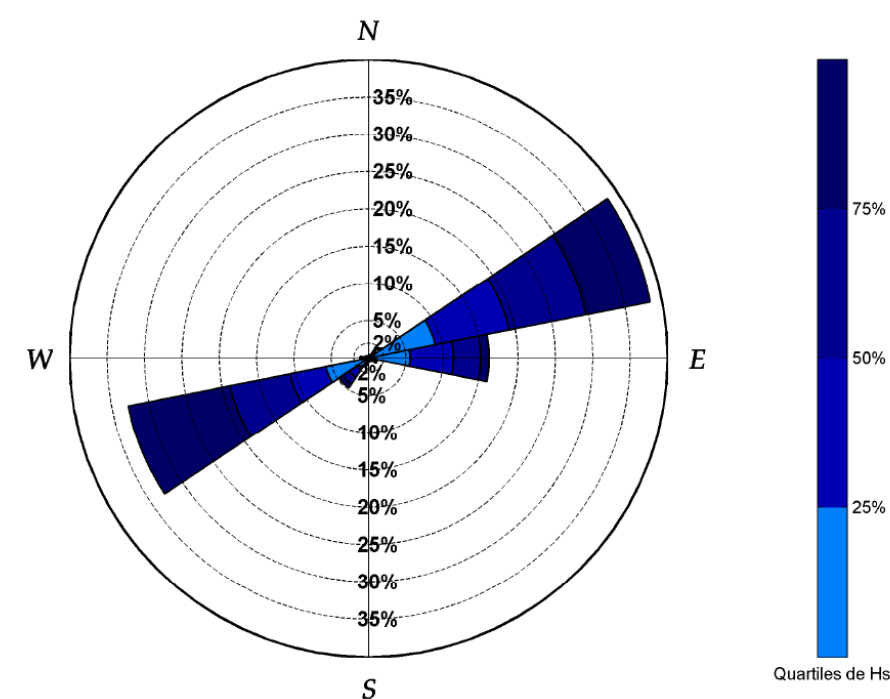


Finalmente la función de distribución de altura de ola significativa media anual escalar resulta:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^\beta \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x + 0.03394}{1.145} \right)^{1.473} \right]$$

1.3.1.1.2 ROSAS DE OLEAJE.

Con objeto de definir el oleaje en lo que respecta a la distribución de direcciones de incidencia se presenta la rosa de oleajes para el régimen medio en profundidades indefinidas, obtenida a partir de la herramienta informática CAROL.



De esta puede deducirse que las direcciones de oleaje predominantes son el Noroeste y el Suroeste, si bien es cierto que la que presenta una mayor probabilidad de presentación es la dirección Noroeste, además en lo que respecta a intensidad del fenómeno, es decir a altura de ola cabe destacar lo siguiente, en la dirección Noroeste la distribución de aparición de los distintos cuantiles es relativamente homogénea mientras que en el caso de la dirección suroeste no lo es tanto y además la distribución de probabilidades es tal que son mucho más probables valores bajos de la distribución de altura de ola significativa.

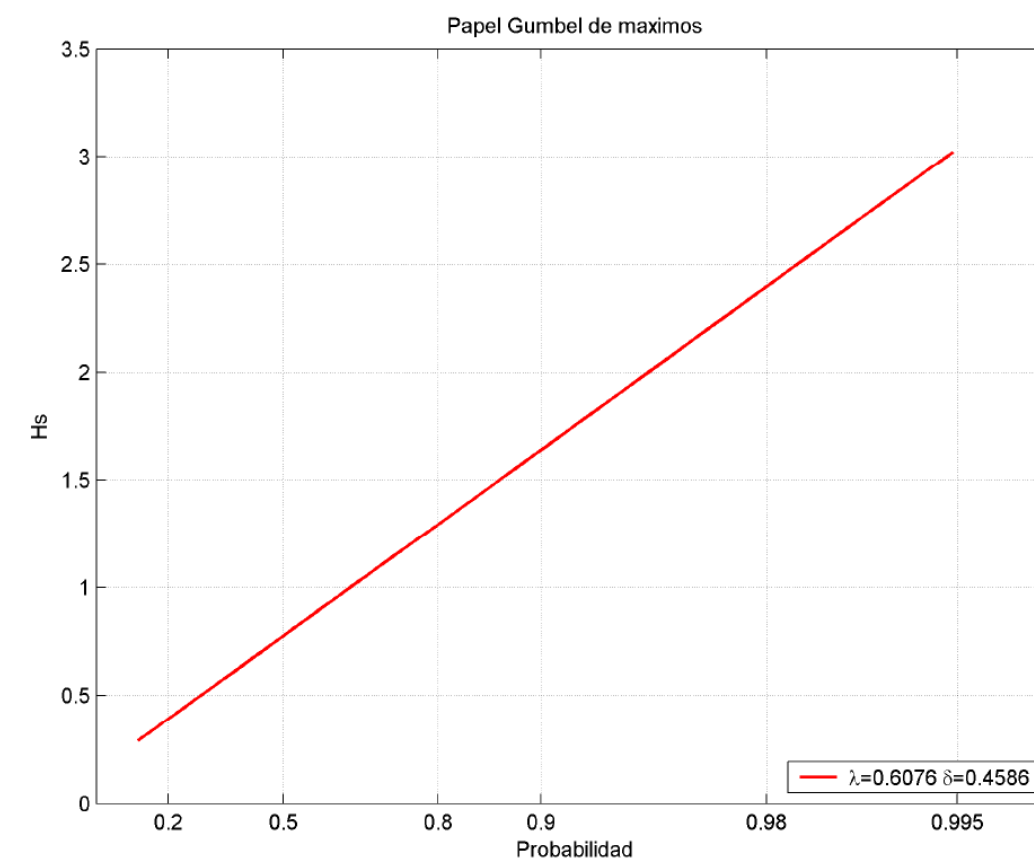
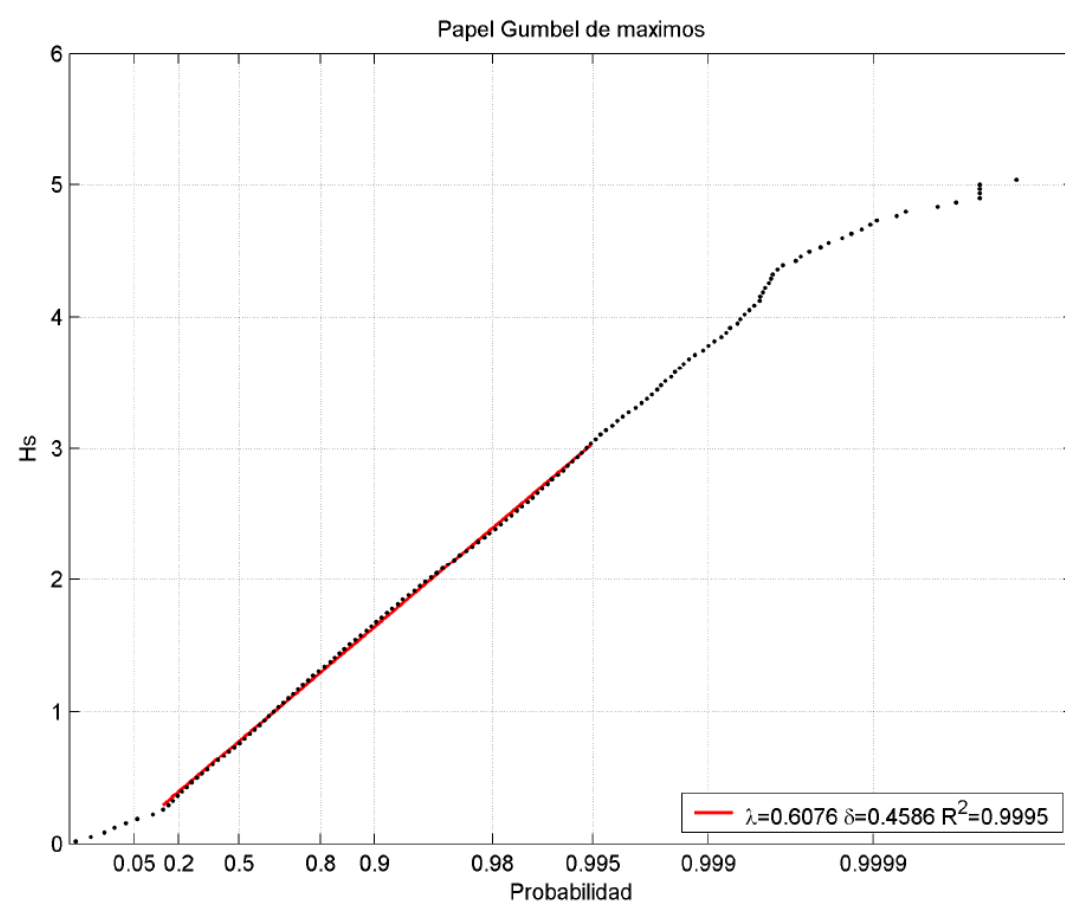


1.3.1.1.3 DIRECCIONAL.

A partir de las direcciones de acción predominante del oleaje definidas en la rosa de oleaje, se han definido los regímenes medios de oleaje para cada una de las direcciones, levante y poniente.

- Levante:

En la siguiente figura se muestra en papel semilogarítmico el régimen medio de levantes según la distribución Gumbel de máximos, del mismo modo antes se presentan las gráficas con puntos empíricos y sin ellos, cabe destacar además que el coeficiente de correlación es de 0.9995 lo cual evidencia un muy buen ajuste.

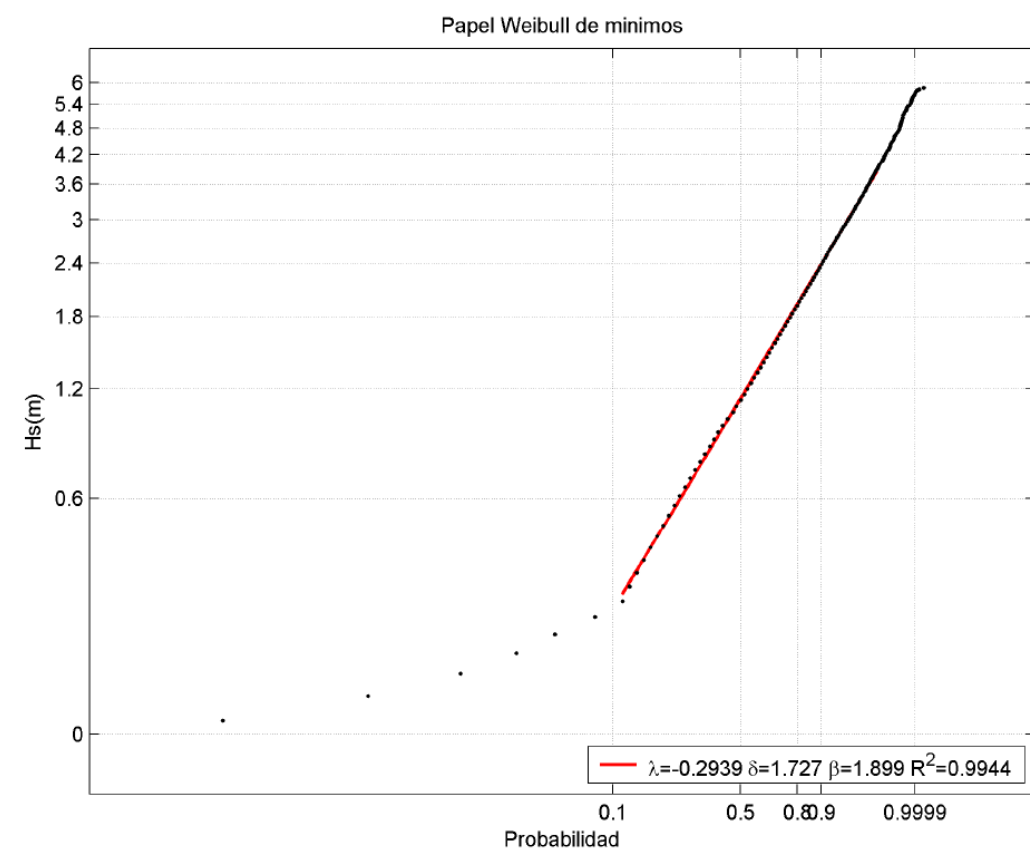


A partir de los valores de los parámetros de la distribución obtenidos puede escribirse la función de distribución Gumbel de máximos:

$$F(x) = \exp \left[-\exp \left[-\left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right) \right] \right] \rightarrow F(x) = \exp \left[-\exp \left[-\left(\frac{x - 0.6076}{0.4586} \right) \right] \right]$$

- Poniente:

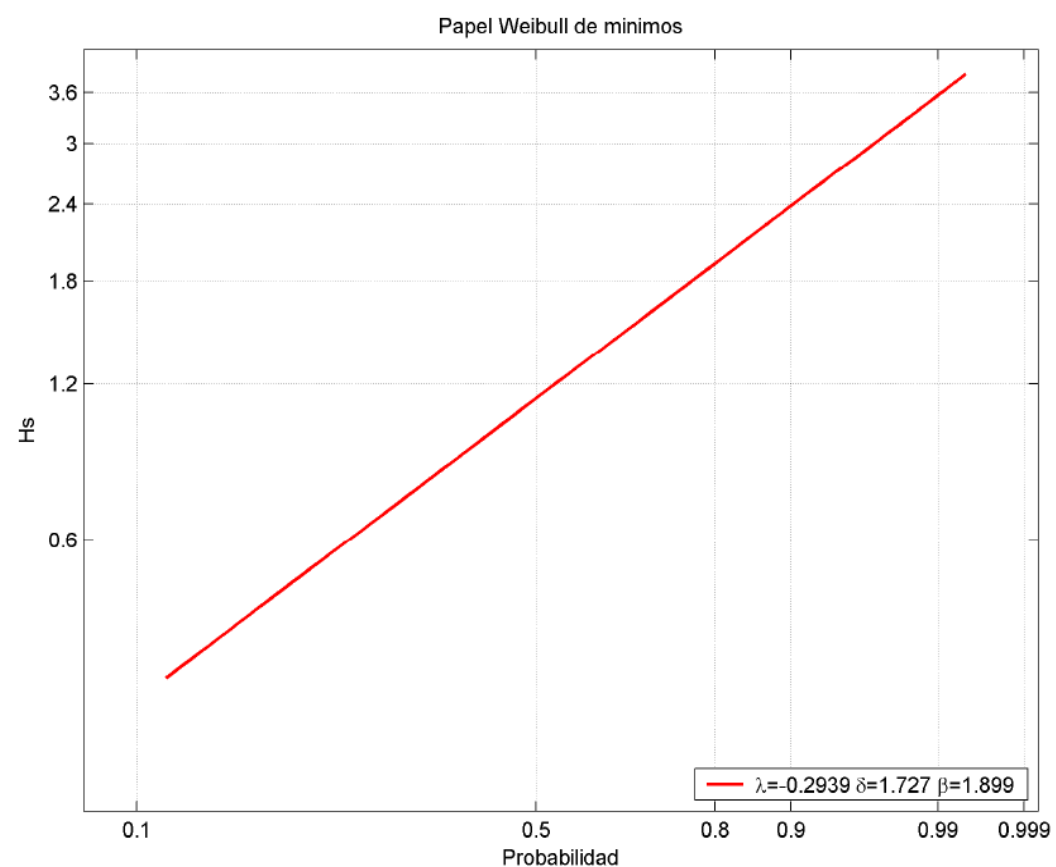
Para el oleaje de poniente el tratamiento es idéntico al de los levantes, siendo en este caso la distribución de mejor ajuste la Weibull de mínimos, con un coeficiente de correlación de 0.9944.



Del mismo modo que en los casos anteriores se construye a partir de los parámetros obtenidos la función de distribución:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^\beta \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x + 0.2939}{1.727} \right)^{1.899} \right]$$

Como puede deducirse de las gráficas presentadas para las distintas direcciones predominantes, la mayor amplitud de altura de ola significativa se da para el régimen medio de poniente, es decir los mayores temporales aparecerán por esta dirección.





1.3.1.2 REGIMEN EXTREMAL DE HS.

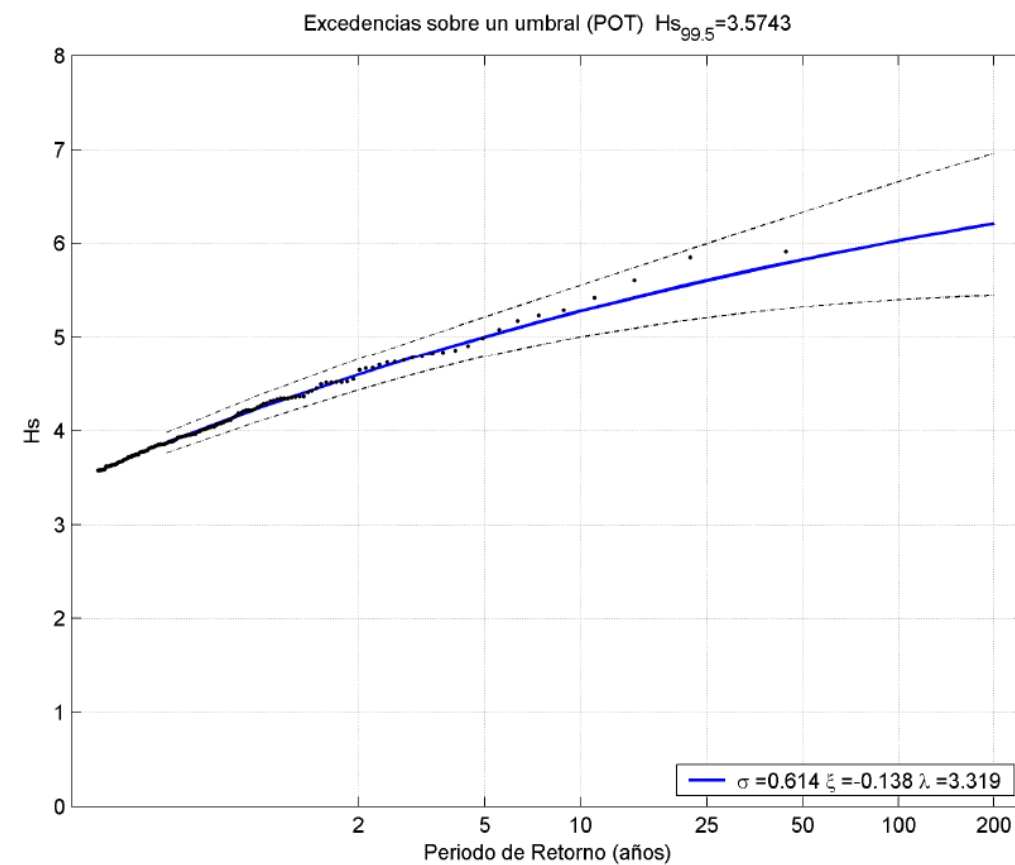
1.3.1.2.1 NO ESTACIONARIO POT.

1.3.1.2.1.1 ESCALAR

El método utilizado para la caracterización del régimen extremal ha sido el método POT (peak over threshold), para el que se han obtenido unas bandas de confianza del 95%.

En la siguiente figura se representan los los temporales en puntos, las bandas de confianza en trazado discontinuo y en azul el régimen extremal. Puede observarse como las bandas de confianza se alejan del régimen extremal conforme aumenta el periodo de retorno, dada la falta de puntos para el ajuste.

Se proporcionan además los valores de Pareto-Poisson, escala, forma y media



Conviene en este punto definir, acotar en lo posible la función GEV (generalized extreme value distribution). La función GEV aplicada a la definición de la altura de ola significativa puede escribirse del siguiente modo:

$$P(Hs < Hs_i) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{Hs_i - \lambda}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

Definida la función GEV, se le aplica el concepto de periodo de retorno. Puede definirse periodo de retorno en este caso como el intervalo entre la superación de dos oleajes de una determinada magnitud, esto es, aquel oleaje que es superado una vez durante ese periodo de retorno determinado.

$$Tr = \frac{1}{P(Hs > Hs_i)} = \frac{1}{1 - P(Hs < Hs_i)}$$

Combinando ambas expresiones quedan perfectamente relacionados los parámetros de la función GEV con el periodo de retorno:

$$Tr = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{Hs_i - \lambda}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}}$$

Sustituyendo los parámetros del régimen extremal escalar de Hs se tiene:

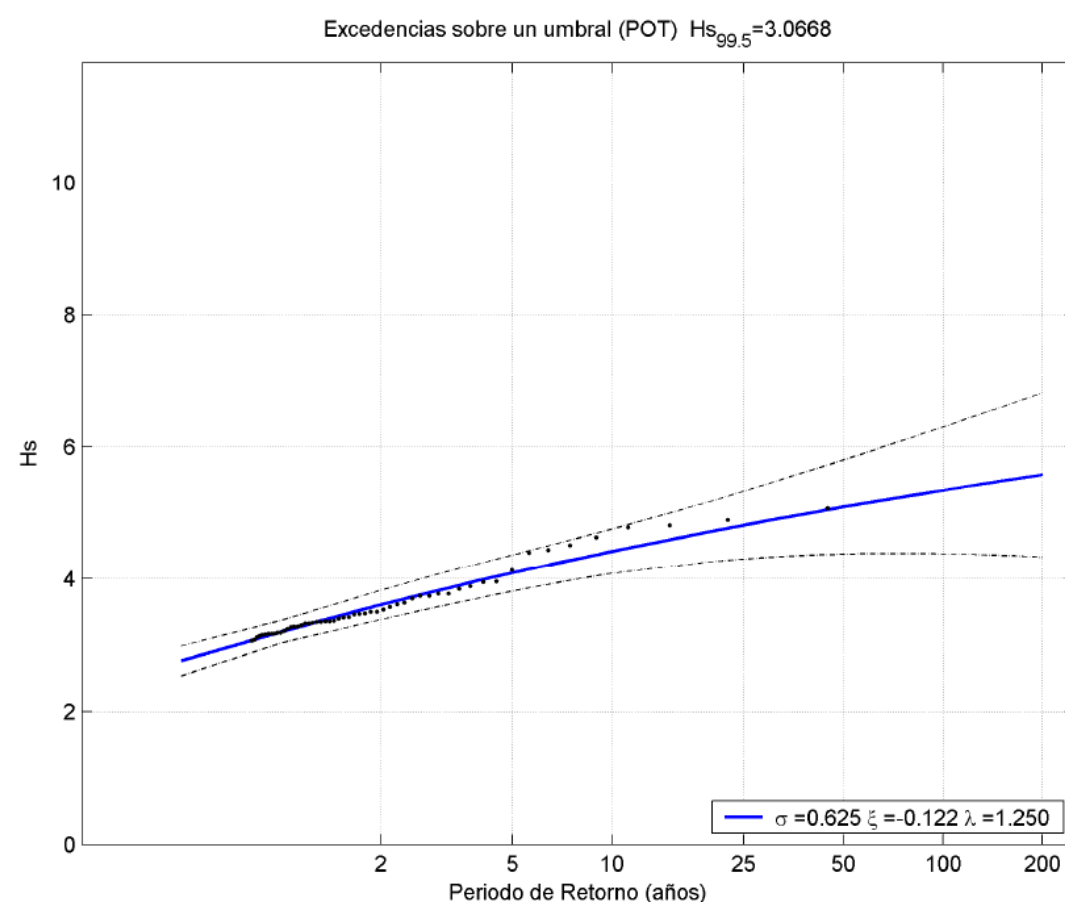
$$Tr = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 - 0.138 \left(\frac{Hs_i - 3.319}{0.614} \right) \right]^{1/0.138} \right\}}$$



1.3.1.2.1.2 DIRECCIONAL.

- Levante:

Para la definición del régimen extremal de levante el procedimiento es el mismo que para el caso escalar solo que aplicado a los registros de levante.



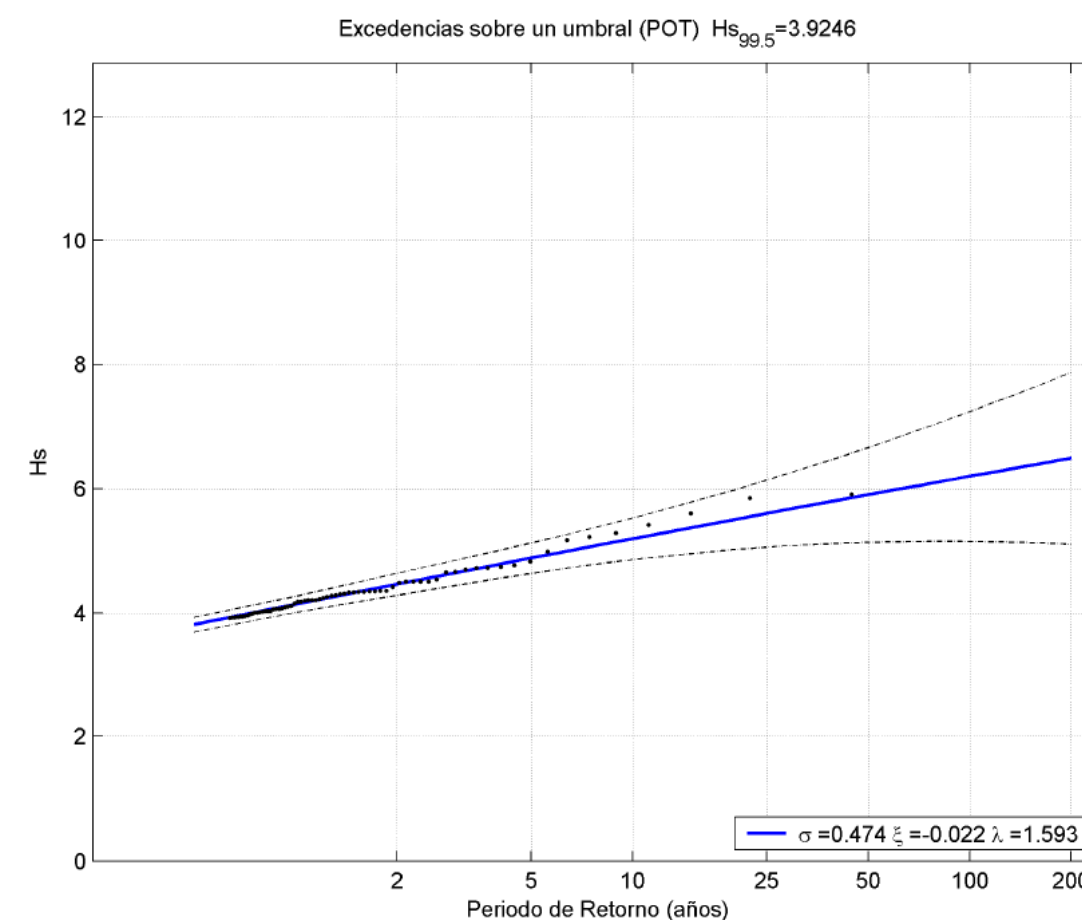
Del mismo modo que en el caso escalar se presenta las distintas alturas de ola para los diferentes periodos de retorno, puede apreciarse en este caso como el oleaje de levante tiene menor entidad.

Obtenidos los parámetros de la función GEV se tiene:

$$Tr = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 - 0.122 \left(\frac{Hs_i - 1.250}{0.625} \right) \right]^{1/0.122} \right\}}$$

- Poniente:

Del mismo modo que con el oleaje de levante, se obtiene para el oleaje de ponientes el siguiente régimen extremal, los cuales se presentan en el siguiente gráfico:



Del mismo modo que en los casos anteriores sustituyendo se obtiene:

$$Tr = \frac{1}{1 - \exp \left\{ - \left[1 - 0.022 \left(\frac{Hs_i - 1.593}{0.474} \right) \right]^{1/0.022} \right\}}$$



1.3.1.2.2 ESTACIONARIO POT.

Se considera ahora la variabilidad estacional del oleaje en su modelado en régimen extremal, así para un determinado periodo de retorno se obtiene una información más detallada.

Se asume que los parámetros de localización, escala y forma son variables en el tiempo y en ellos se modelarán la estacionalidad y la tendencia de largo plazo. El modelo de regresión utilizado es tal que introduce dos ondas en cada parámetro de la GEV, que modelen la estacionalidad (ciclo anual y semianual) y un término exponencial en cada parámetro que modele la posible tendencia de largo plazo.

$$\mu = \mu(t) = (\beta_0 + \beta_1 \cos(kt) + \beta_2 \sin(kt) + \beta_3 \cos(2kt) + \beta_4 \sin(2kt)) \exp(\beta_{LT} t)$$

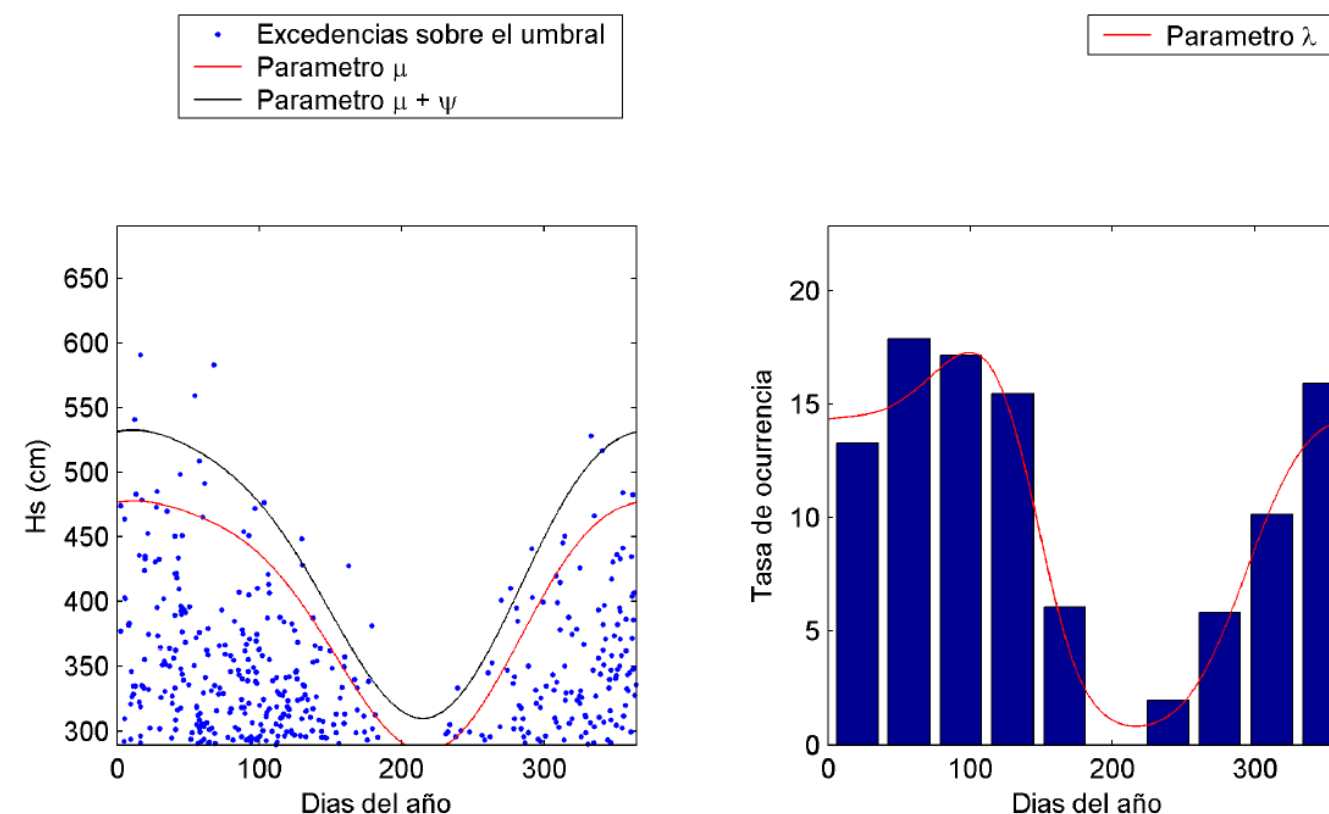
$$\psi = \psi(t) = (\alpha_0 + \alpha_1 \cos(kt) + \alpha_2 \sin(kt) + \alpha_3 \cos(2kt) + \alpha_4 \sin(2kt)) \exp(\alpha_{LT} t)$$

$$\xi = \xi(t) = (\xi_0 + \xi_1 \cos(kt) + \xi_2 \sin(kt) + \xi_3 \cos(2kt) + \xi_4 \sin(2kt)) \exp(\xi_{LT} t)$$

donde el primer término de cada parámetro (β_0 , α_0 y ξ_0) es un valor medio, t está dado en años, los dos estimadores con subíndices 1 y 2, son los coeficientes correspondientes al ciclo anual y los estimadores con subíndice 3 y 4 corresponden al ciclo semianual. Del mismo modo, se incorpora en el modelo una tendencia de largo plazo multiplicando a cada parámetro por una función exponencial, donde el factor con subíndice LT es la tendencia. El término exponencial tiene la propiedad de que, para variaciones pequeñas de largo plazo ($\beta_{LT} \rightarrow 0$), el exponencial $\exp(\beta_{LT} t)$ es equivalente, aproximadamente a $(1 + \beta_{LT} t)$, por lo que $100 \beta_{LT}$ se puede considerar como un porcentaje anual de variabilidad, cuando t está dado en años.

1.3.1.2.3 ESCALAR.

En este caso se obtiene a partir de datos empíricos los parámetros de la función de distribución GEV, en la siguiente figura se muestran las intensidades de altura de ola y la frecuencia de aparición.



Asimismo se muestran en la figura de la izquierda dos ondas, el parámetro de localización, asemejable a la media, y el parámetro de localización más el de escala, simbolizando este ultimo la dispersión de la muestra. Los puntos azules del grafico representan las alturas de ola que han superado el umbral.

Sobre el grafico de la derecha se ha representado la frecuencia de superación de dicho umbral, obteniéndose el parámetro lambda de la distribución de Poisson.

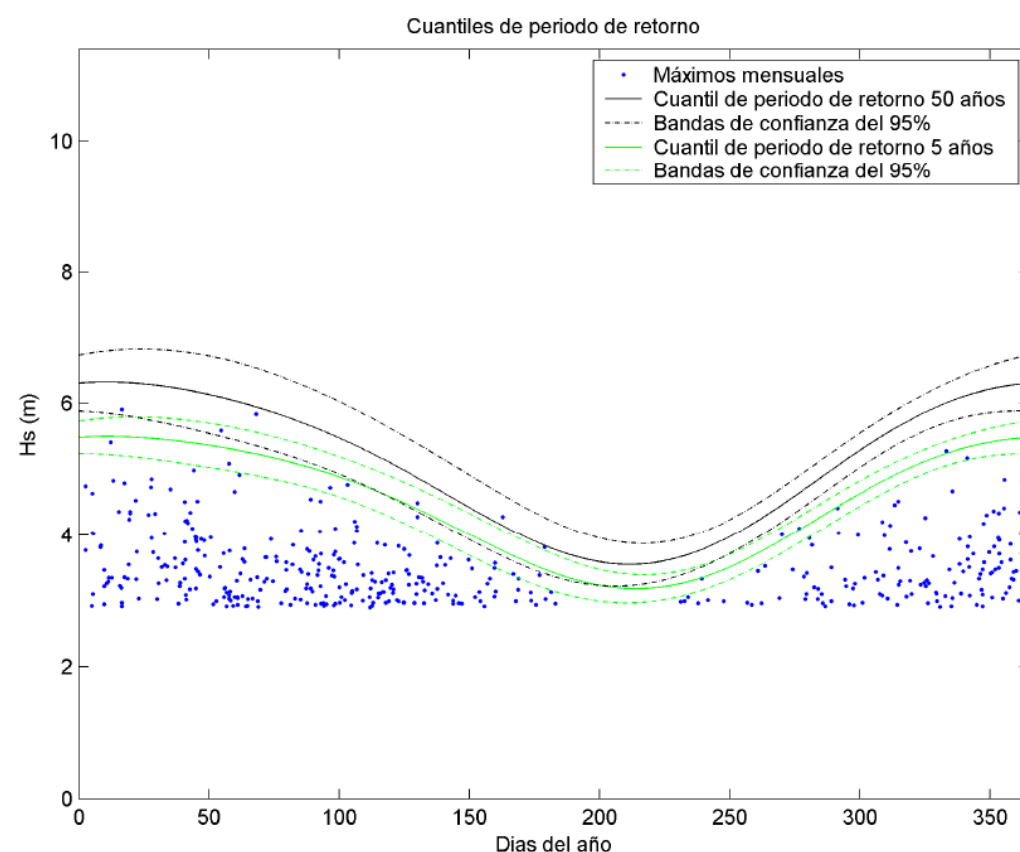
En ambos gráficos se representan sobre el eje horizontal los días del año por lo que la parte del centro corresponde al periodo estival y los extremos a los periodos invernales, queda así perfectamente



reflejada la estacionalidad, en cuanto a intensidad a partir de la distribución de Pareto y en cuanto a frecuencia de ocurrencia con Poisson.

Apreciándose como en invierno no solo aumentan las intensidades de excedencia sobre el umbral sino que además aumenta la frecuencia de ocurrencia de estas.

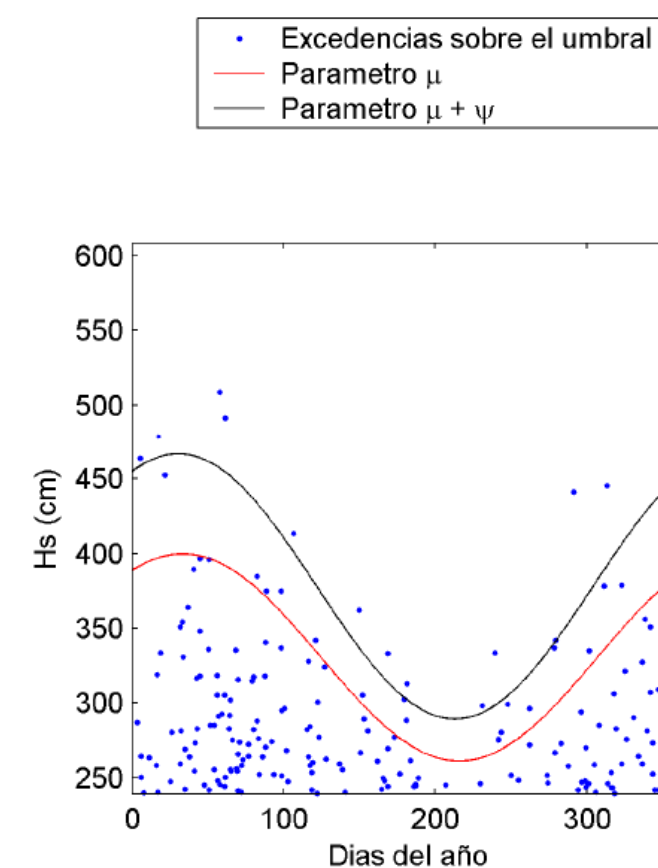
Así el régimen extremal obtenido devuelve el cuantil asociado a un determinado periodo de retorno, que para la figura que se muestra son 5 y 50 años, con sus respectivas bandas de confianza del 95%, puede apreciarse como la distancia entre bandas aumenta con el periodo de retorno, es decir en aquellas zonas donde aumenta la incertidumbre.



1.3.1.2.4 DIRECCIONAL.

- Levante:

Se aplica el método POT a la serie de datos de levante, las alturas por lo general son menores para este caso.



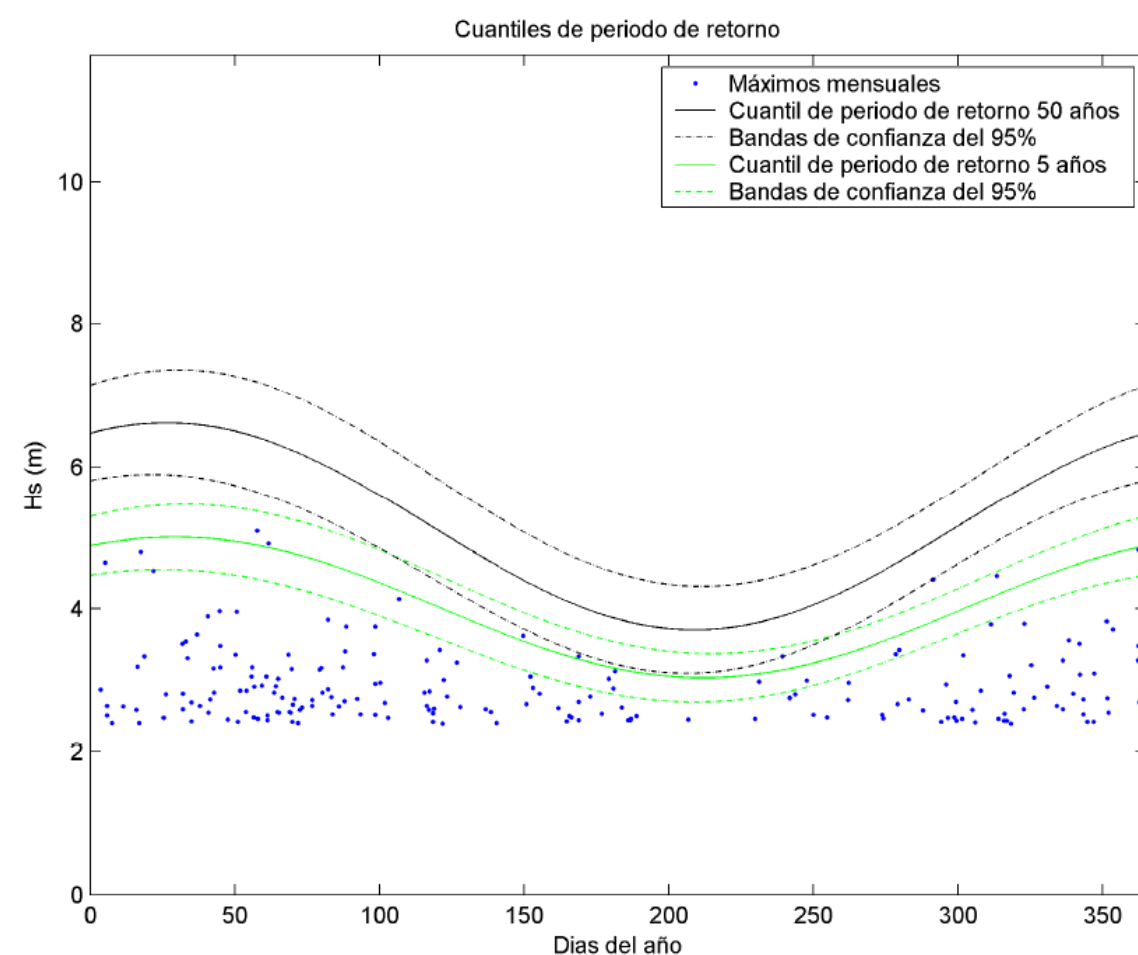
En la imagen presentada la lectura es análoga al caso del régimen extremal de Hs escalar, se presentan las excedencias sobre el umbral y dos ondas correspondientes al parámetro de localización y a la suma del parámetro de localización y el de escala.

Puede observarse la distribución senoidal de las excedencias y como las ondas reflejan dicho comportamiento.

Asimismo y como en el resto de interpretaciones direccionales de los regímenes de oleaje, los temporales de levante son de menor entidad y menos frecuentes.

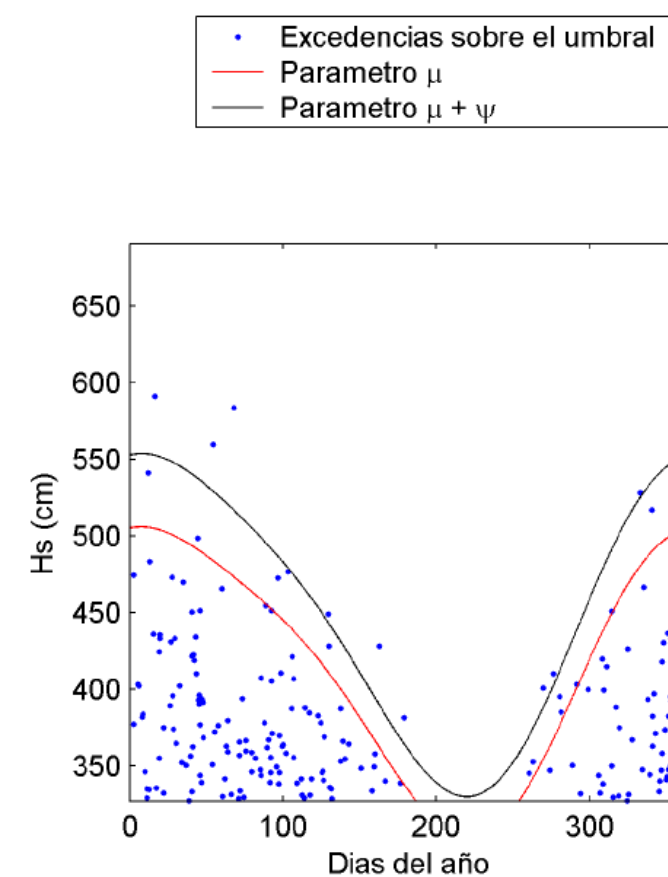


Con todo esto el régimen extremal de levante obtenido es el siguiente:



- Poniente:

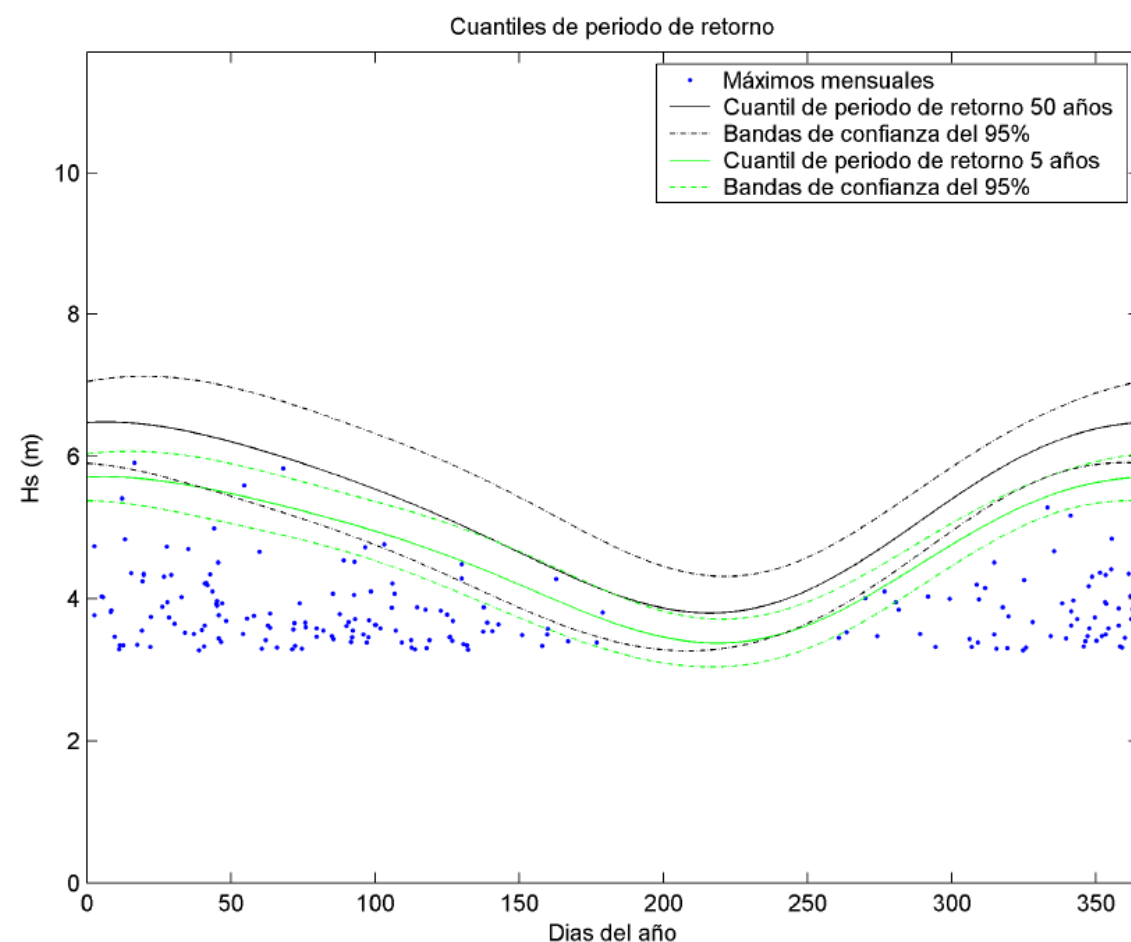
Actuando sobre los datos de oleaje de poniente del mismo modo que sobre los de levante los resultados obtenidos son los siguientes



Puede observarse como las excedencias sobre el umbral en este caso son de mayor magnitud que en el caso del oleaje de levante, además otro efecto a considerar es la variabilidad estacional tan importante que presente el régimen extremal no estacionario de poniente, mucho mayor que en el caso de los levantes.



Así el régimen extremal obtenido es el que se muestra a continuación:



- Tendencias de largo plazo:

En lo que respecta al comportamiento del oleaje a largo plazo, derivado de la observación de este durante un elevado periodo de tiempo, el modelo no ha encontrado que sea relevante para ninguno de los casos analizados, serie completa, levantes y ponientes, por lo que solo se contempla el comportamiento estacional del oleaje.

1.3.1.3 REGIMEN DE PERSISTENCIAS.

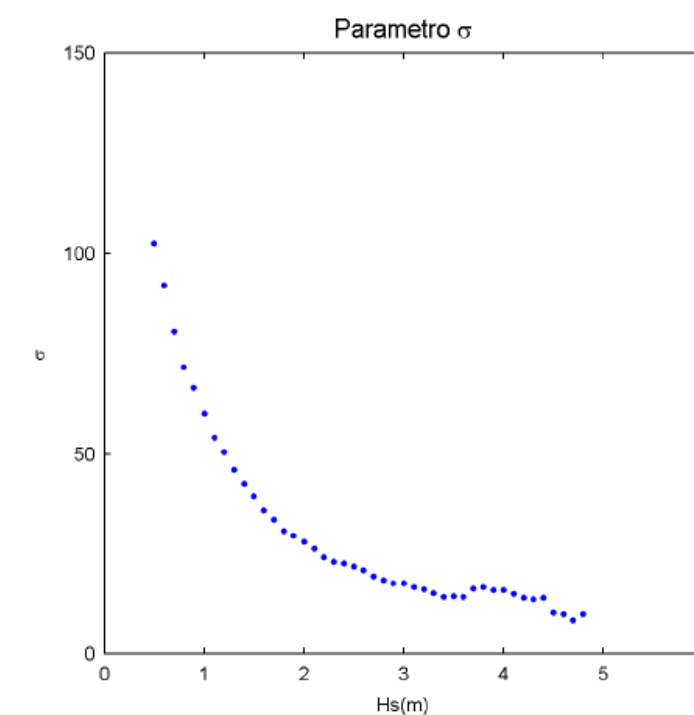
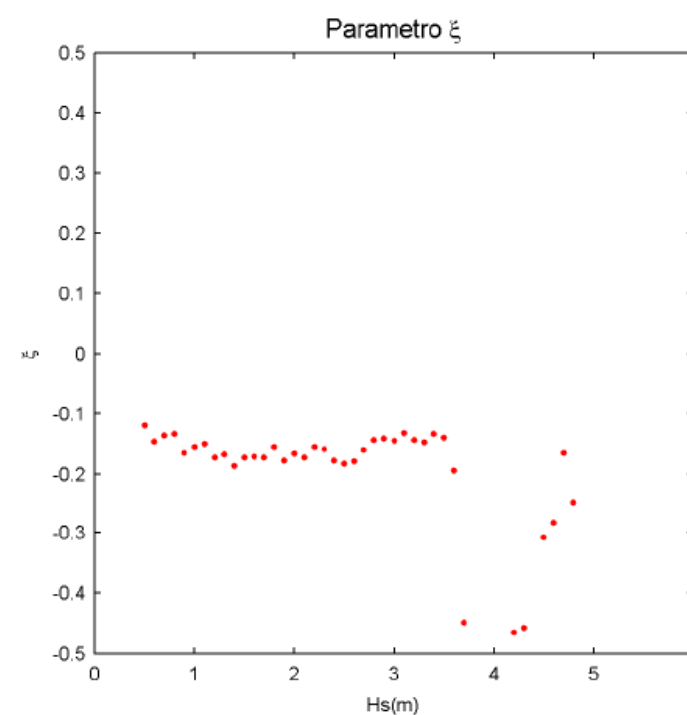
Se pretende ahora definir la duración de los distintos eventos, dada la importancia de este efecto en lo que respecta al diseño operacional del puerto, se busca por lo tanto conseguir caracterizar la distribución conjunta altura de ola significativa-duraciones.

Para esto se procede del siguiente modo, se discretizan las alturas de ola en intervalos de 0.1 m, desde 0.5m hasta $H_{99.5}$ para cada una de estas se define la duración de las excedencias, se obtiene así un histograma que representa altura de olas respecto a duración de estas, ahora se debe por tanto ajustar dicho histograma a una distribución.

La distribución que mejor modela dicho histograma es la de Pareto.

$$G(y, \sigma, \xi) = 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$$

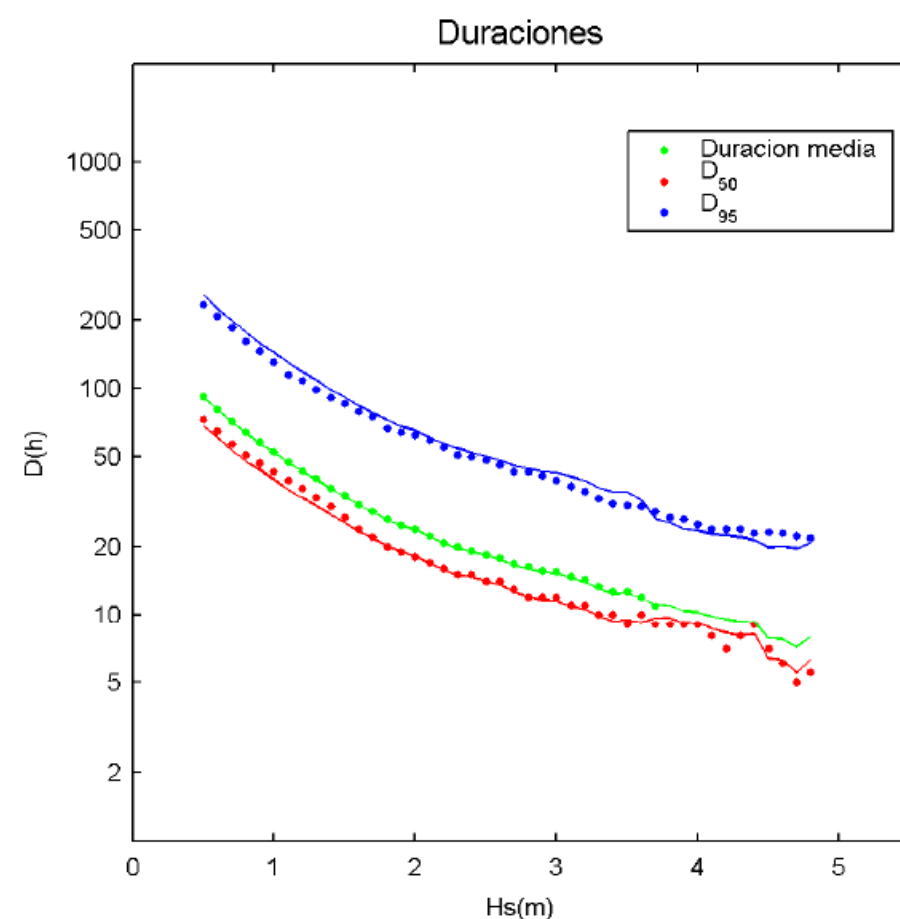
A partir de los datos disponibles se obtienen por ajuste los valores de los parámetros intervinientes en la distribución, así los valores obtenidos para las distintas alturas de ola son:





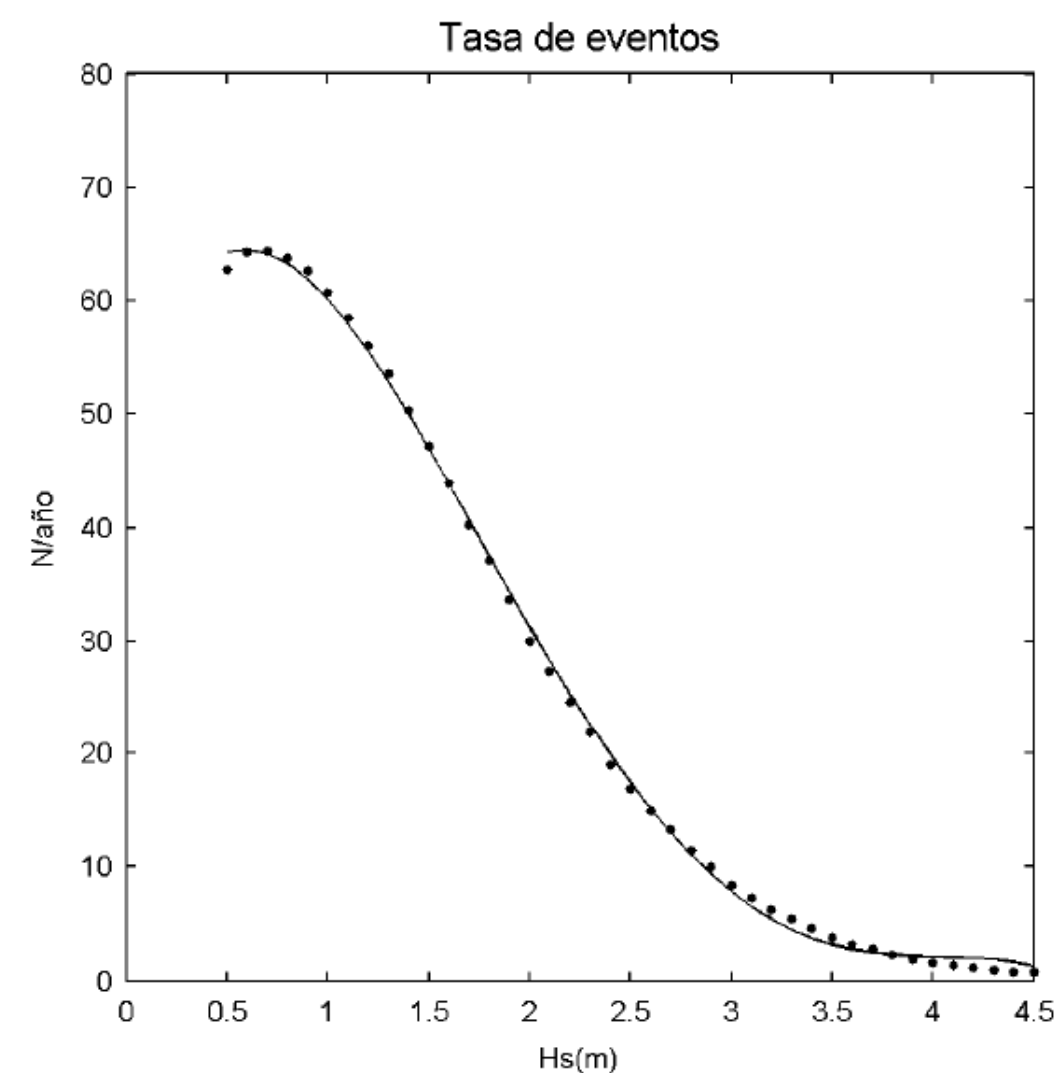
Por un lado se presentan las duraciones y por otro el numero de eventos al año. Las duraciones se obtienen calculando la media empirica de los eventos, obteniendo para cada clase de altura de ola la duracion media de los eventos para cada año y posteriormente obteniendo la media de todos los años, asimismo se presenta la duracion de los eventos superados en un 50% y en un 5%.

Para comprobar la bondad del ajuste se calculan las distintas duraciones a partir de la distribucion de pareto, de forma analitica , y se verifica el ajuste entre datos empiricos y analiticos, puede apreciarse en la siguiente figura que se produce dicho ajuste:



Dentro de la definición del régimen de persistencias se plantea el análisis del número de eventos anuales. Para cada clase de altura de ola se calcula el número de eventos de esa duración en toda la serie y se divide por el número total de años de toda la serie.

Hecho esto y representando los datos sobre unos ejes nº/eventos año y altura de ola significativa se aprecia una correlación evidente que se ajusta a una parábola cúbica.





1.3.1.4 CONCLUSIONES.

1.3.1.4.1 REGIMEN MEDIO.

- El régimen medio anual escalar es tal que la probabilidad de que la altura de ola sea menor de 0.9 m es de 0.5 y la probabilidad de que la altura de ola sea menor de 3 m es de 0.98
- El régimen medio direccional de levantes establece un rango de 0 a 3.5 m de altura de ola significativa, si bien es cierto que aquella altura de ola significativa con una probabilidad de no superación de 0.5 es de 0.7 m y aquella con una probabilidad de no superación de 0.98 es de 2.3 m.

El régimen medio direccional de ponientes muestra un rango de variación de entre 0 y 3.6 m dando probabilidades de no excedencia de 0.5 y 0.99 a alturas de ola de 1.2 y 3.6 m, respectivamente.

Esto es reflejo de lo planteado hasta ahora, la mayor intensidad del oleaje de poniente.

1.3.1.4.2 REGIMEN EXTREMAL.

- El régimen extremal estacionario escalar muestra para periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años las siguientes alturas de ola significativa de 5.2 m, 5.6 m, 5.8 m, 6.0 m, respectivamente.
- El régimen extremal estacionario direccional de levantes muestra para periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años las siguientes alturas de ola significativa de 4.2 m, 4.8 m, 5.0 m, 5.4 m, respectivamente.

El régimen extremal estacionario direccional de ponientes muestra para periodo de retorno de 10, 25, 50 y 100 años las siguientes alturas de ola significativa de 5.1 m, 5.7 m, 6.0 m, 6.2 m, respectivamente.

- El régimen extremal no estacionario escalar muestra una clara variabilidad, para un periodo de retorno de 50 años en la época estival la altura de ola es de 3.5 m mientras que en invierno es de 6.5 m.

- El régimen extremal no estacionario direccional muestra para los levantes que para un periodo de retorno de 50 años se tienen valores de entre 5 y 7.2 m en verano e invierno, respectivamente.

De forma similar para los ponientes, el rango resulta de entre 5 y 7.1 m si bien es cierto que aparece un cierto desfase temporal en el momento de la aparición de estos valores máximos.

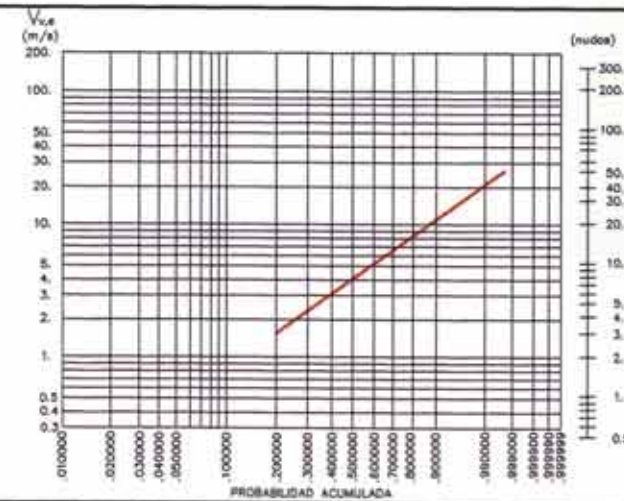
OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA

A1.- ROSA DE VIENTOS

ESCALA DE VELOCIDADES ($V_{m/s}$)
(en Unidades Beaufort)ESCALA DE FRECUENCIAS (%)
9 mm = 5%

Nº TOTAL DE OBSERVACIONES 238.218
Nº TOTAL DE CALMAS 30.957
DIRECCION REINANTE W

A2.- REGIMEN MEDIO ESCALAR



INFORMACION ANALIZADA

REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS

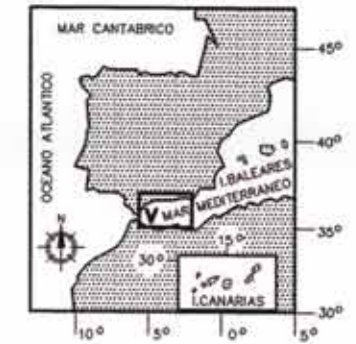
ESTACION	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PERIODO DE MEDIDA
1. CEUTA	5° - 18' W	35° - 55' N	200 m.	1972-1976
2. MALAGA/Aeropuerto	4° - 29' W	36° - 40' N	10 m.	1963-1972
3. ALMERIA/Aeropuerto	2° - 22' W	36° - 51' N	21 m.	1969-1973
4. MELILLA/Aeropuerto	2° - 57' W	35° - 17' N	55 m.	1974-1978

OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA

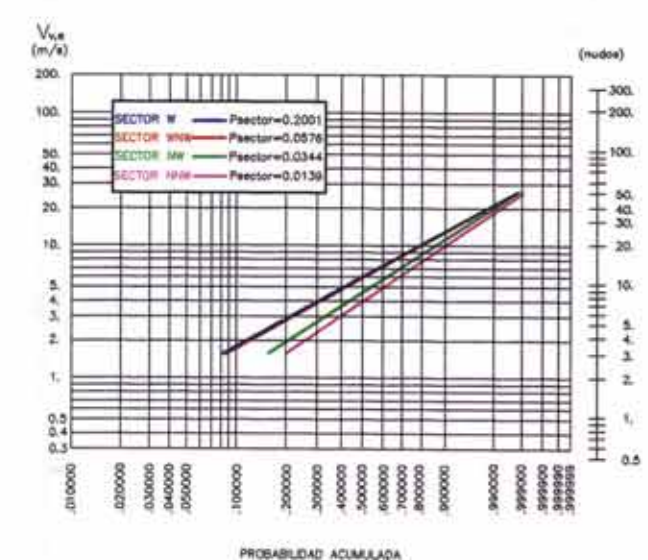
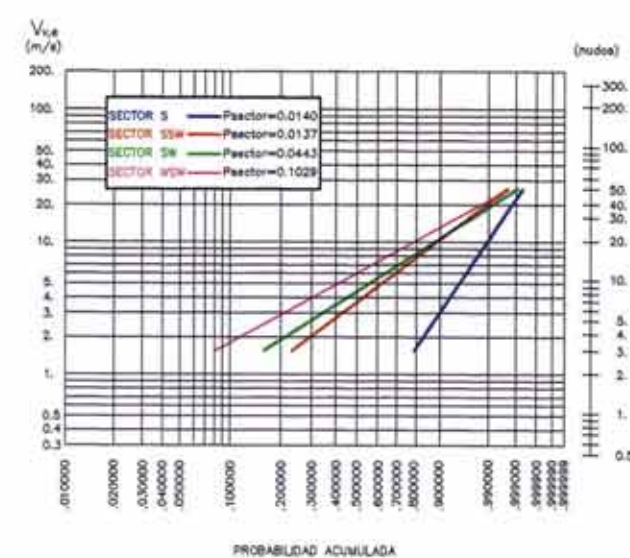
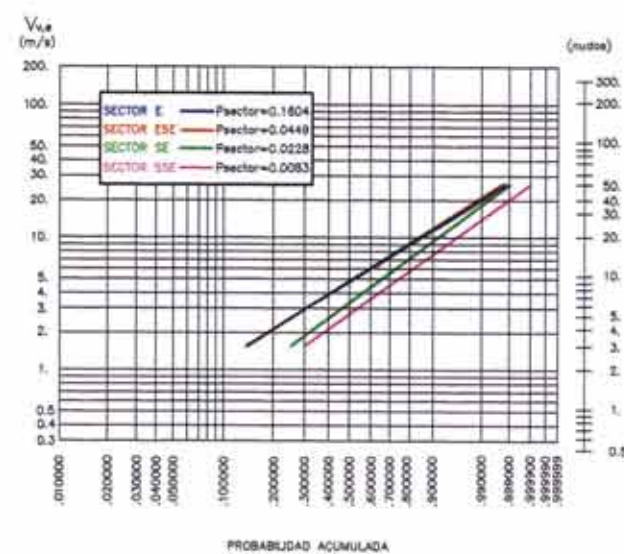
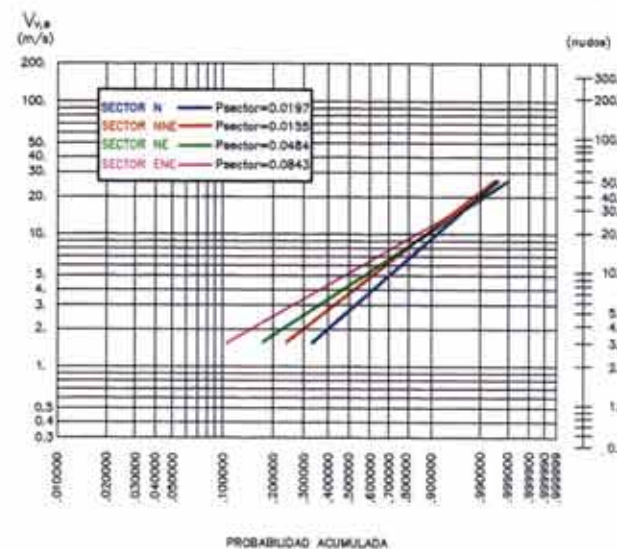
CUADRICULA	PERIODO DE MEDIDA
35.0°N - 37.0°N 2.0°W - 5.6°W	1885 - 1985

AREA - V

CARACTERIZACION MEDIA

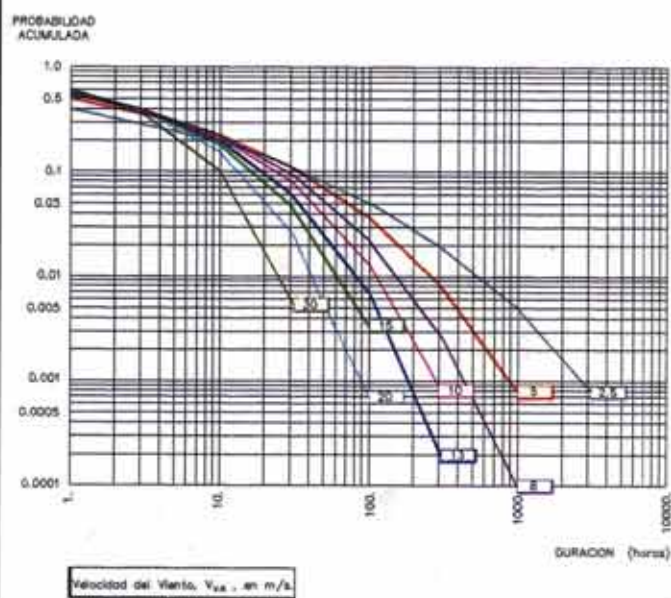


A3.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: REGIMENES MEDIOS DIRECCIONALES

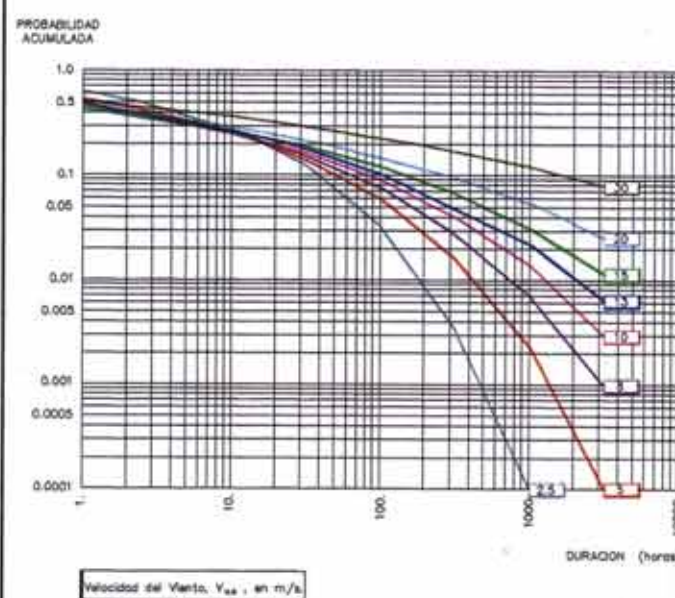


A4.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: PERSISTENCIA ESCALAR DEL VIENTO

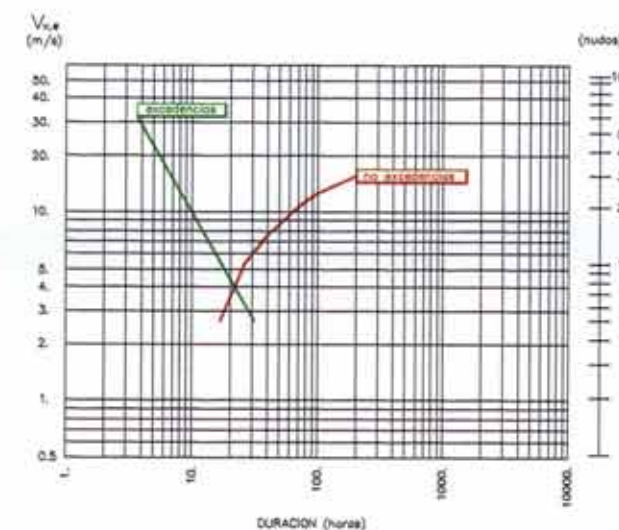
PERSISTENCIA DEL VIENTO.-EXCEDENCIAS



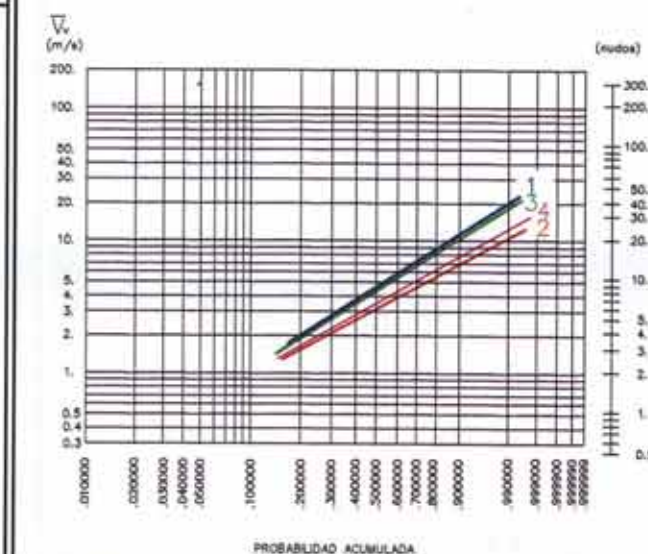
PERSISTENCIA DEL VIENTO.-NO EXCEDENCIAS



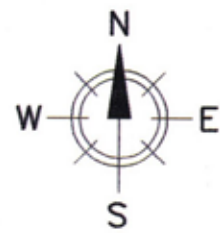
DURACION MEDIA DE LA PERSISTENCIA



A5.-REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS: REGIMENES MEDIOS ESCALARES



LOCALIZACION DE LA INFORMACION OBTENIDA EN ESTACIONES COSTERAS



1. MALAGA(Aeropuerto)
2. ALMERIA(Aeropuerto)
3. MELILLA

OCEANO ATLANTICO

MAR MEDITERRANEO

INFORMACION ANALIZADA

REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS

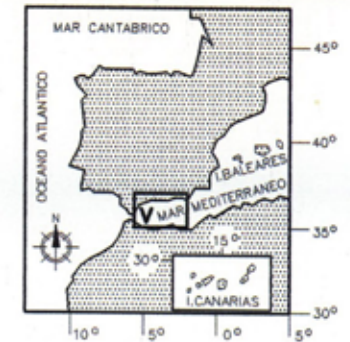
ESTACION	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PERIODO DE MEDIDA
1. MALAGA (Aeropuerto)	4° - 29' W	36° - 40' N	10 m.	1972-1990
2. ALMERIA (Aeropuerto)	2° - 22' W	36° - 51' N	21 m.	1974-1990
3. MELILLA	2° - 57' W	35° - 17' N	55 m.	1975-1990

OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA

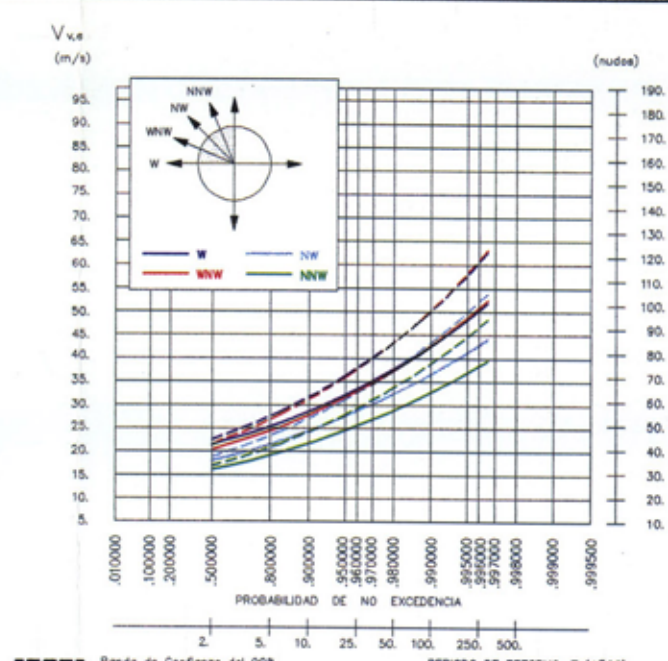
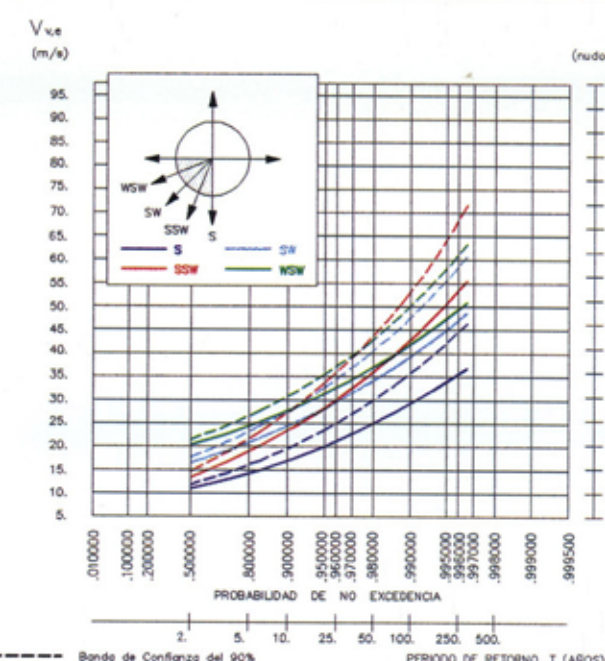
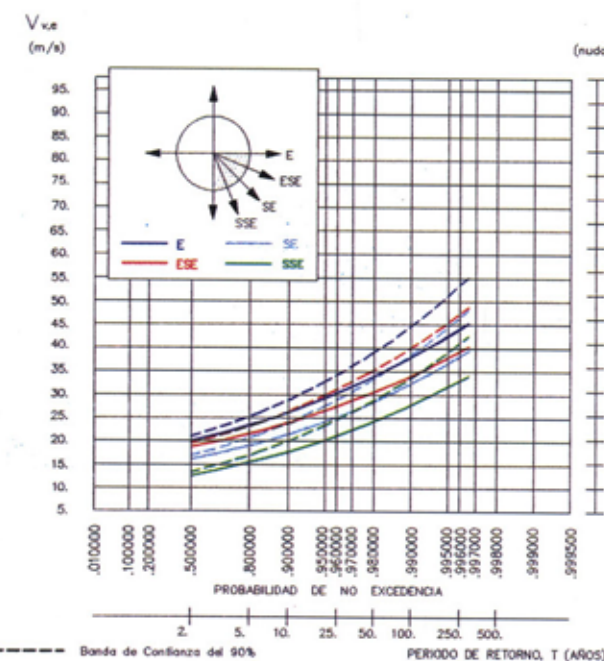
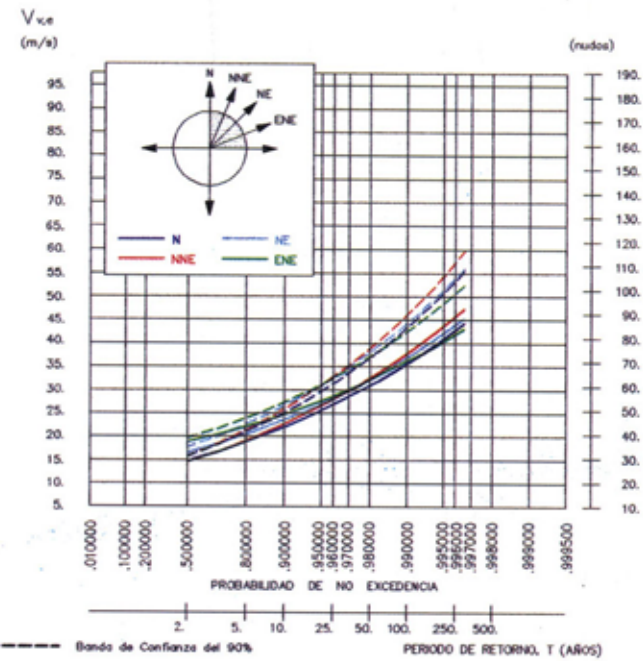
CUADRICULA	PERIODO DE MEDIDA
35.0° N - 37.0° N 2.0° W - 5.6° W	1900 - 1978

AREA - V

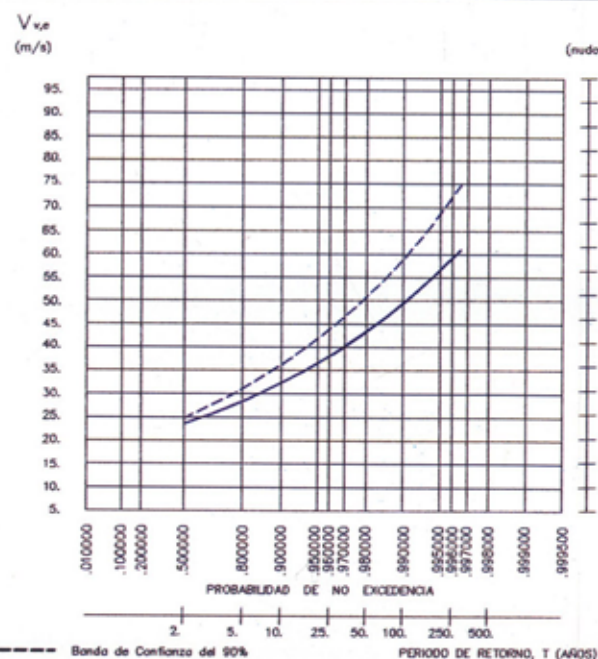
CARACTERIZACION EXTREMAL



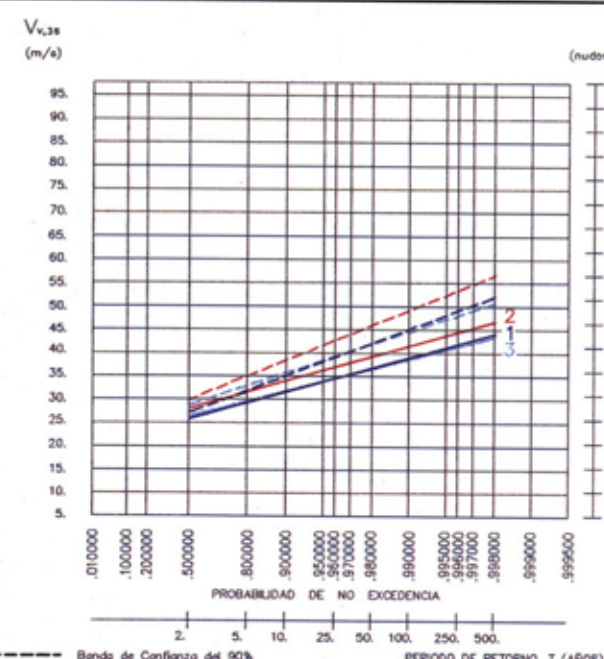
B1.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: REGIMENES EXTREMALES DIRECCIONALES



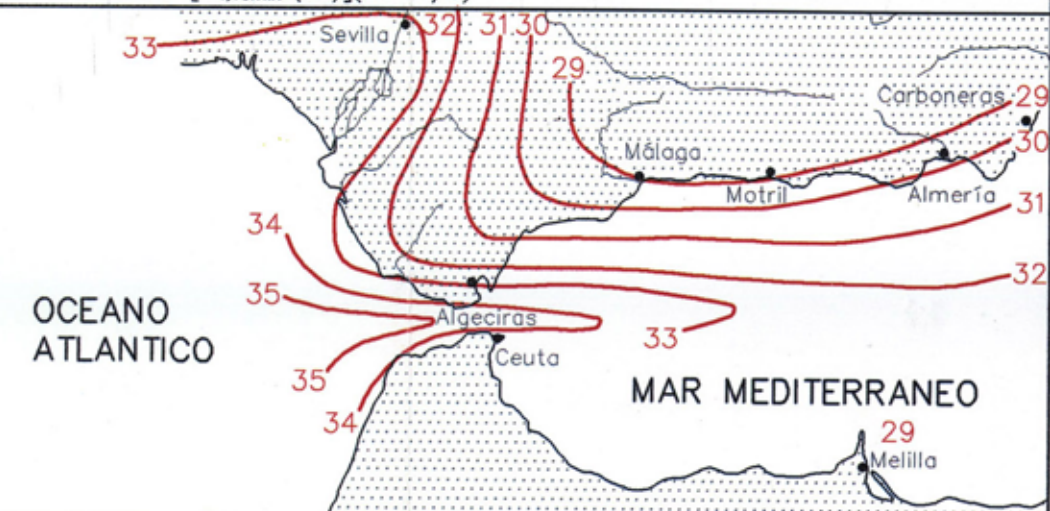
B2.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: REGIMEN EXTREMAL ESCALAR



B3.- REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS: REGIMENES EXTREMALES ESCALARES



B4.- VELOCIDAD BASICA, Vb, CORRESPONDIENTE A UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS, RECOMENDADA PARA PROYECTO [Vv,10min(10)](en m/s)



DIR	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
K _α	0.75	0.80	0.80	0.75	0.80	0.75	0.70	0.60	0.60	0.95	0.85	0.90	0.90	0.90	0.80	0.70

ROM 0.4-95. ACCIONES MEDIOAMBIENTALES II: VIENTO
ATLAS DE VIENTO DEL LITORAL ESPAÑOL



1 ANEJO Nº10 – NIVEL DEL MAR.



1	ANEJO Nº10 – NIVEL DEL MAR.	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	REGIMEN EXTREMAL DEL NIVEL DEL MAR.	2
1.2.1	ESTACIONARIO.....	2
1.2.2	NO ESTACIONARIO.	3



1.1 INTRODUCCION.

El análisis del nivel del mar es determinante en el diseño de obras marítimas, dicho nivel es la resultante de la suma de la marea astronómica, determinista, predecible en cualquier instante, y de la marea meteorológica, que como todo fenómeno de tal naturaleza se considera variable aleatoria.

Esta variable además está directamente influenciada es, efecto, consecuencia directa de la acción del cambio climático, por lo que su análisis a largo plazo es fundamental para asegurar el correcto desempeño de la infraestructura durante su vida útil.

En este anejo se aborda el análisis de dicha variable a largo plazo, tanto desde el punto de vista de una aproximación estacionaria como una no estacionaria a un horizonte temporal correspondiente al año 2050.

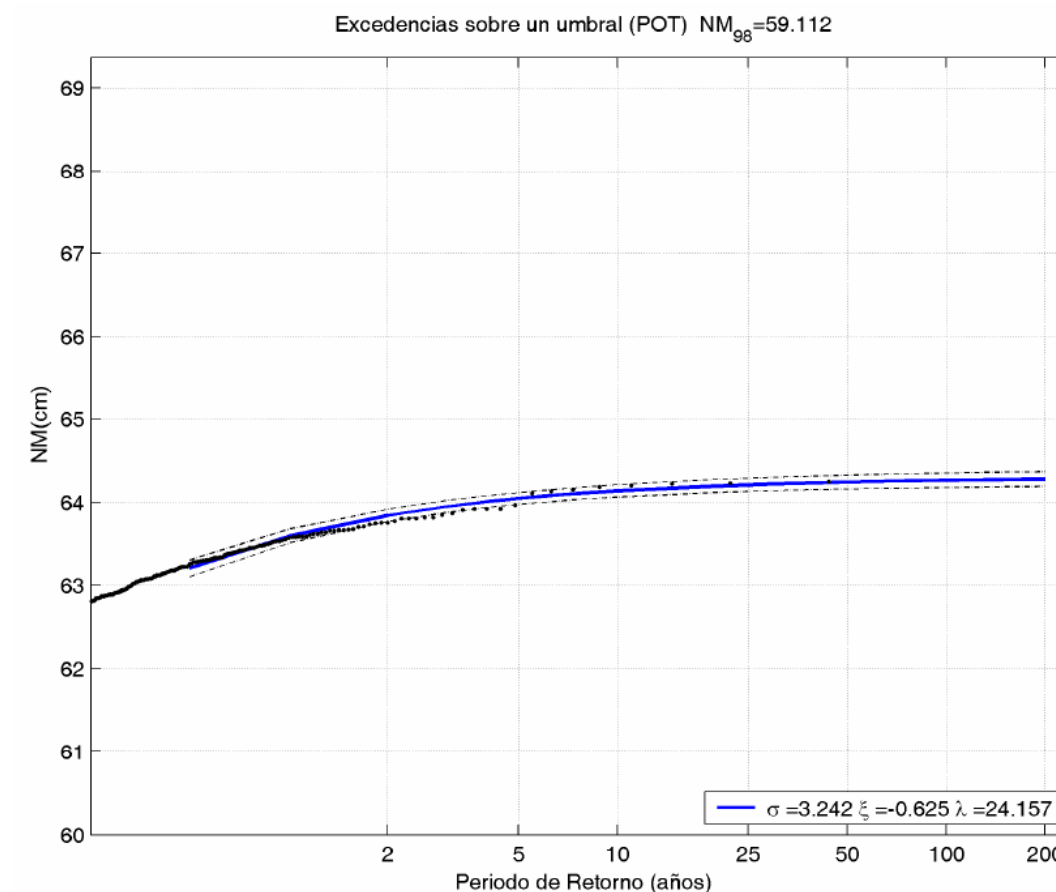
1.2 REGIMEN EXTREMAL DEL NIVEL DEL MAR.

1.2.1 ESTACIONARIO.

El régimen extremal ha sido calculado con la herramienta CAROL, del mismo modo que los regímenes estacionarios de oleaje.

La serie de datos de nivel de mar utilizada es de 44 años, dado que como se ha mencionado anteriormente el nivel del mar es suma de dos términos, marea meteorológica y astronómica la serie utilizada ha sido obtenida a partir del modelo HAMSOM (obtención marea meteorológica) y a partir del análisis armónico, para el caso de la marea astronómica.

El régimen se ha obtenido por método POT, utilizando el umbral del 98%, así el régimen extremal obtenido es el siguiente.



A partir de lo anterior y obtenidos los parámetros de ajuste de la función GEV, planteando el siguiente desarrollo se tiene:

$$P(Nm < Nm_i) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{Nm_i - \lambda}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

Conocida la relación entre el periodo de retorno y la posibilidad de excedencia se tiene:

$$Tr = \frac{1}{P(Nm > Nm_i)} = \frac{1}{1 - P(Nm < Nm_i)}$$



Sustituyendo tanto las expresiones como los valores de los parámetros se tiene la siguiente expresión para la definición del régimen extremal del nivel del mar considerando una aproximación estacionaria:

$$Tr = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{Nm_i - \lambda}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}}\right\}} \rightarrow Tr = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - 0.625\left(\frac{Nm_i - 24.157}{3.242}\right)\right]^{1/0.625}\right\}}$$

1.2.2 NO ESTACIONARIO.

Para la obtención del régimen extremal del nivel del mar para el año 2050, se utiliza el siguiente procedimiento:

Dicho régimen extremal para el año 2050 se obtiene a partir de una serie de niveles de marea simulados en ese año, para cada uno de estos niveles se habrá de considerar que la marea es la suma de los términos de marea astronómica y marea meteorológica, además de los anterior se habrá de considerar el aumento del nivel del mar estimado para ese año, 15 cm. La simulación de eventos se lleva a cabo mediante el método de Montecarlo.

Para los eventos de marea astronómica se ha considerado que esta se distribuye según la función normal, a partir de los datos del mareógrafo de motril se han obtenido las constantes armónicas y se ha generado la marea para la serie de 44 años, a la cual se ha ajustado la distribución normal.

$$f(M) = \frac{1}{\sigma_{MM}\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(M - \mu)^2}{2\sigma_{MM}^2}\right]$$

Conocidos los parámetros a partir de la serie de 44 años disponible, se generan números aleatorios en 0 y 1 que representan probabilidad puede obtenerse la marea astronómica correspondiente.

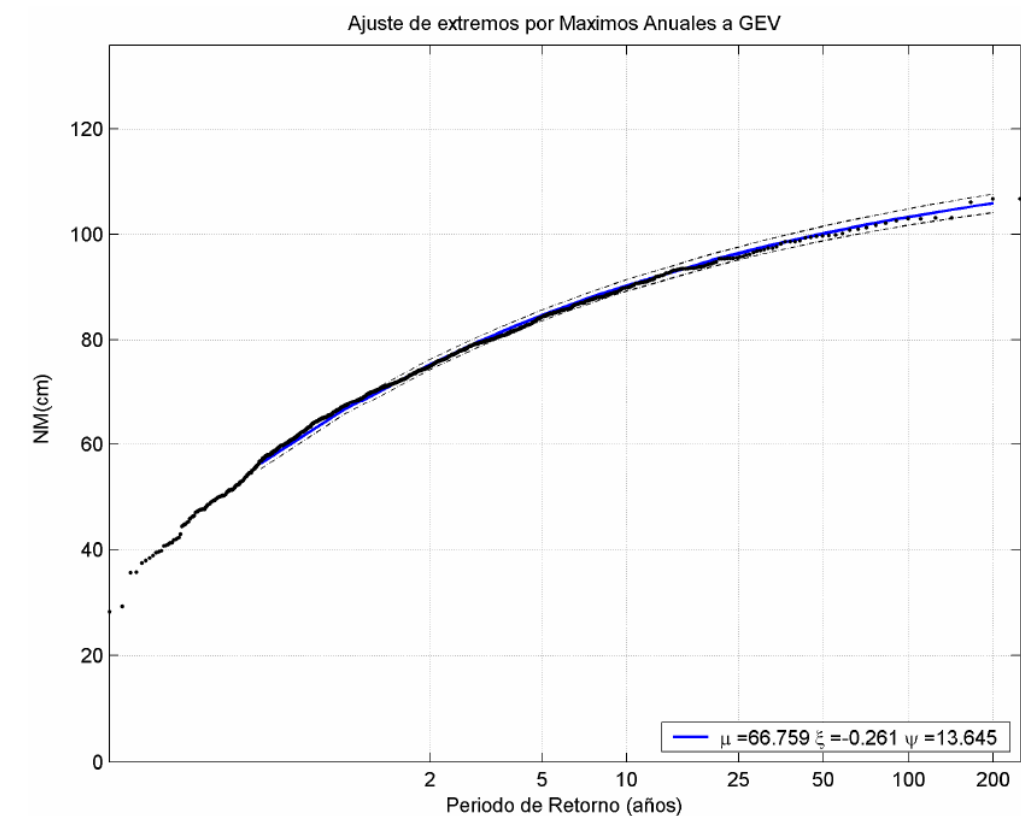
Dado que lo que se busca definir es un régimen extremal, es decir eventos extremos de nivel de mar lo casos generados de marea meteorológica deben hallarse a partir de una distribución de extremos,

obtenida a partir de la serie de 44 años disponible. El tratamiento de dichos datos se hace a través del método POT no estacionario.

El modelo solo encuentra como significativa la tendencia del parámetro de localización, siendo ésta negativa, lo que quiere decir que hay una tendencia a largo plazo de disminución de la marea meteorológica.

Con los parámetros obtenidos y, por lo tanto, la función de extremos se obtendrán los casos de marea meteorológica para el año 2050, generando mediante el método de Montecarlo números aleatorios entre 0 y 1 que representan la probabilidad de ocurrencia del evento.

Una vez generados los casos de marea astronómica y marea meteorológica a cada par de datos se sumarán los 15 cm de subida del nivel del mar, obteniéndose los datos de nivel el mar que a continuación se utilizarán para obtener el régimen extremal mediante el método de Máximos Anuales.





1.ANEJO Nº11 – DEFINICION DE ALTERNATIVAS.



1	ANEJO Nº11 – DEFINICION DE ALTERNATIVAS.	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	SITUACION ACTUAL.....	2
1.3	DIQUE EXENTO Nº1.....	2
1.4	DIQUE EXENTO Nº3.....	3
1.5	DIQUE EXENTO Nº4.....	3



1.1 INTRODUCCION.

En el presente anejo se lleva a cabo la definición de las distintas alternativas a considerar para la ampliación del puerto de Almería.

Para ello debe partirse de la situación actual de dicho puerto, considerando además la presencia del futuro puerto deportivo de Almería.

Así, conocida la situación actual y las distintas posibilidades a considerar se llevará a cabo la definición de la solución final, en base a las condiciones que esta ofrezca en lo que respecta a niveles de agitación, longitudes de atraque...etc.

1.2 SITUACION ACTUAL.

Como se ha mencionado anteriormente para la consideración de la situación actual se tendrá en cuenta la presencia del nuevo puerto deportivo.



1.3 DIQUE EXENTO N.º1.

La solución aquí planteada consta de un dique exento de 860 m situado a 720 m del muelle y 360 m del contradique exterior, cuya longitud será de 360 m. Consiguiendo así una nueva línea de atraque de 475 m protegida por dique y contradique.





1.4 DIQUE EXENTO N.º3.

La solución planteada en esta opción consiste en una distribución similar a la anterior, pero con distintas dimensiones.

En este caso se prolonga el dique exento hasta los 960 m de longitud, resultando en planta lo siguiente:



1.5 DIQUE EXENTO N.º4.

La solución aquí planteada consta de un dique exento de 1260 m situado a 720 m del muelle y 360 m del contradique exterior, cuya longitud será de 360 m.





1.ANEJO Nº12 – PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.



1	ANEJO Nº12 – PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.	1
1.1	INTRODUCCION.....	3
1.2	AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO.	3
1.3	INFORMACION UTILIZADA.	3
1.4	DESCRIPCION DEL MODELO NUMERICO MSP.....	3
1.4.1	METODO DE RESOLUCION.	5
1.5	GEOMETRIAS CONSIDERADAS.	7
1.6	DISEÑO DE LOS DOMINIOS NUMERICOS.....	7
1.6.1	BATIMETRIA.	7
1.6.2	DATOS DE OLEAJE UTILIZADOS.	8
1.6.3	CONTORNO PORTUARIO.	9
1.6.3.1	COEFICIENTES DE REFLEXION.	9



1.6.3.2	MALLAS PARA EL MSP.	9	1.7.5.1	oleaje propagado.	17
1.7	casos propagados.	10	1.7.5.2	mallla generada.....	18
1.7.1	caso I: 60_180-210_195N.	10	1.7.5.3	resultados.....	18
1.7.1.1	oleaje propagado.....	10	1.7.6	caso VI:16_60-90_75n	19
1.7.1.2	MALLA GENERADA.....	11	1.7.6.1	oleaje propagado.	19
1.7.1.3	resultados.	12	1.7.6.2	mallla generada.....	19
1.7.2	caso II: 49_210-240_225N.	12	1.7.6.3	resultados.....	20
1.7.2.1	oleaje propagado.....	12	1.7.7	caso VII:15_240-270_255n	20
1.7.2.2	mallla generada.	13	1.7.7.1	oleaje propagado.	20
1.7.2.3	resultados	13	1.7.7.2	mallla generada.....	21
1.7.3	CASO III: 47_120-150_135n.....	14	1.7.7.3	resultados.....	21
1.7.3.1	OLEAJE PROPAGADO.	14	1.7.8	caso VIII: 12_300-330_315n.	22
1.7.3.2	MALLA GENERADA.....	15	1.7.8.1	oleaje propagado.	22
1.7.3.3	resultados.	15	1.7.8.2	mallla generada.....	22
1.7.4	caso IV:39_150-180_165N.....	16	1.7.8.3	resultados.....	22
1.7.4.1	oleaje propagado.....	16	1.7.9	caso IX: 10_270-300_285n	23
1.7.4.2	mallla generada.	16	1.7.9.1	mallla generada.....	23
1.7.4.3	resultados.	17	1.7.9.2	resultados.....	24
1.7.5	caso V: 31_90-120_105n	17	1.7.10	caso X: 9_30-60_45n	24



1.7.10.1	oleaje propagado.....	24
1.7.10.2	mallla generada.	24
1.7.10.3	resultados.	25

1.1 INTRODUCCION.

Para la propagación del oleaje al entorno portuario, se parte de los datos de oleaje obtenidos en profundidades indefinidas, facilitados por el departamento de Ingeniería Oceanográfica de la Universidad de Cantabria.

Estos se propagan al entorno portuario a través de software específico, proporcionado también por dicho departamento. El software mencionado es el MSP, el cual define la propagación del oleaje a través de la resolución de la elliptic mild slope equation.

Asimismo, se recoge en el presente anejo el desarrollo teórico que lleva a cabo el MSP.

1.2 AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO.

Conforme el oleaje se aproxima y propaga hacia la costa, éste sufre una transformación energética debida principalmente a la influencia de los contornos batimétricos, es decir que en general, el oleaje experimenta los efectos propios de la refracción, difracción, asomeramiento y disipación de energía debida a la fricción con el fondo.

Cuando el oleaje se encuentra con estructuras de protección costera y/o instalaciones portuarias, aparecen procesos de reflexión de oleaje, interacción oleaje-estructura y en ocasiones, disipación de oleaje por efecto de la rotura. Por lo tanto, dentro del trabajo para evaluar, estudiar y cuantificar la agitación del oleaje dentro y fuera de las instalaciones portuarias, es imprescindible contemplar los procesos de transformación previamente mencionados.

En la actualidad, los modelos que se basan en las ecuaciones elípticas de la pendiente suave (elliptic mild slope equations), son los más empleados para este tipo de estudios, y ofrecen una manera práctica y eficaz, para evaluar adecuadamente la agitación portuaria, considerando contornos batimétricos reales, batimetrías complejas, para oleaje irregular. Este tipo de modelos son capaces de resolver en un dominio numérico bidimensional, los procesos lineales de refracción, difracción, asomeramiento, y reflexión y los procesos de disipación de energía del flujo por fricción y rotura del oleaje.

1.3 INFORMACION UTILIZADA.

Para llevar a cabo la propagación del oleaje hasta profundidades reducidas, definida en este capítulo se ha utilizado la siguiente información:

- Batimetría de detalle de la zona de estudio (zonas interiores y exteriores del puerto de Almería y Carboneras), proporcionado por la Autoridad Portuaria de Almería.
- Archivos de configuraciones de las diferentes geometrías portuarias proporcionadas en formato Autocad ® DWG por el grupo de Ingeniería Oceanográfica de la Universidad de Cantabria.
- Fotos aéreas obtenidas de Google Earth ®.
- Software específico facilitado por el grupo de Ingeniería Oceanográfica de la Universidad de Cantabria.

1.4 DESCRIPCION DEL MODELO NUMERICO MSP.

Asumiendo que el movimiento del agua es irrotacional, es posible estudiar el fenómeno de la propagación del oleaje por medio de una función potencial. Además, si la batimetría de la zona de análisis puede ser considerada como de pendiente suave, el problema puede ser descrito por medio de una ecuación bidimensional integrada en profundidad entre el fondo y la superficie libre, conocida como ecuación de refracción-difracción o "mild-slope equation".



El sistema completo de refracción-difracción ("mild-slope equation") fue introducido inicialmente por Berkhoff, (1972), y desarrollado por Behrendt, (1985). Dicho sistema puede ser expresado del siguiente modo:



$$\nabla(\Gamma C C_g \nabla \Phi) + \frac{\omega^2 C}{C_g} \Phi = 0$$

Siendo:

- ∇ : operador gradiente.
- Γ : factor de fricción.
- C : celeridad.
- C_g : celeridad de grupo.
- Φ : potencial de velocidad.

Esta ecuación es de tipo elíptico, necesitándose para su resolución condiciones de contorno a lo largo de todo el dominio de integración; éstas pueden ser: a) reflexión total o parcial en contornos fijos, b) onda incidente conocida o condición de radiación en contornos abiertos. La resolución del sistema anterior puede realizarse por medio de métodos de elementos finitos.

Debido a las grandes necesidades computacionales que este sistema presenta, se ha desarrollado simplificaciones al mismo, como la llamada "aproximación parabólica".

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x} = ik - \frac{1}{2kCC_g} \frac{\partial}{\partial x} (kCC_g) \Phi + \frac{i}{2kCC_g} \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{CC_g \partial \Phi}{\partial y} \right)$$

Interpretando la dirección x como "tiempo", el sistema puede ser analizado como un problema de valor inicial con las siguientes condiciones de contorno: a) en $x = 0$, se ha de establecer la función potencial en función de la coordenada y b) en la dirección y el modelo debe tener dos contornos con condiciones apropiadas (reflexión o absorción).

Debe hacerse notar que en este modelo no existe la posibilidad de que las ondas viajen en el sentido negativo de la dirección x y, por tanto, la reflexión debida a estructuras no puede ser analizada. La

resolución del sistema anterior puede realizarse por medio de métodos de diferencias finitas o elementos finitos.

Berkhoff et al., (1982), comparó los resultados de ensayos en modelo físico en laboratorio con resultados de modelos matemáticos, tanto por resolución de la "mildslope equation" por elementos finitos como por resolución de la aproximación parabólica por diferencias finitas. La conclusión de dicho análisis comparativo fue que con los modelos de elementos finitos se obtiene mejores resultados, pero a un mayor coste de computación.

En nuestro caso particular, el estudio de propagación de oleaje debe realizarse por medio de la resolución de la "mild-slope equation", no sólo por los mejores resultados obtenidos por el análisis de Berkhoff, sino por la imposibilidad de los métodos parabólicos para estudiar las reflexiones en el sentido negativo de x.

1.4.1 METODO DE RESOLUCION.

La ecuación de la pendiente suave ha sido resuelta por un método híbrido de elementos finitos desarrollado originalmente por Behrendt, (1985), capaz de resolver la ecuación de Helmholtz con fondo variable.

En este análisis, el dominio de estudio se divide en dos regiones: región cercana, A, y región lejana, R. Para la región A se utiliza un método convencional de elementos finitos, mientras que para la región R se utiliza una solución analítica con coeficientes desconocidos. Se establece un principio variacional con un funcional adecuado, de modo que las condiciones de compatibilidad se satisfagan a lo largo de ∂A .

El principio variacional para el problema de contorno requiere que el funcional sea estacionario respecto a cualquier variación de primer orden de los potenciales Φ y Φ_R en la región cercana y lejana, respectivamente. Dicho funcional resulta:



$$\pi(\Phi, \Phi_R) = \int \int_A \frac{1}{2} \left[\Gamma C C_{subg} (\nabla \Phi)^2 - \frac{w^2 C_g}{C} \Phi \right] dA -$$

$$- \int_{\partial B} \frac{1}{2} \alpha \Gamma C C_g \Phi^2 dL + \int_{\partial A} \Gamma C C_g \cdot \left[\frac{1}{2} (\Phi_R - \Phi) - (\Phi - \Phi_0) \right] \frac{\partial \Phi_R}{\partial n_A} dL -$$

$$- \int_{\partial A} \frac{1}{2} \Gamma C C_g (\Phi_R - \Phi_0) \left(\frac{\partial \Phi_0}{\partial n_A} \right) dL$$

donde $\Phi_0(x_j)$ es el potencial de la onda incidente, n_1 es un vector normal exterior a la región A, Γ es el coeficiente de fricción por fondo y α el coeficiente de absorción de los contornos sólidos (estructuras).

La onda incidente, de amplitud a_0 , llega al modelo desde el infinito, donde la profundidad es constante con un ángulo θ_0 con el eje x. El potencial incidente de esta onda puede expresarse como:

$$\Phi_0 = - \frac{ig a_0}{w} \exp[ikr \cos(\theta - \theta_0)] =$$

$$= - \frac{ig a_0}{w} \sum_{n=0}^N \epsilon_n i^n J_n(kr) (\cos n \theta_0 \cos n \theta + \text{senn} \theta_0)$$

donde $\epsilon_0 = 1$ y $\epsilon_n = 2$ para $n > 0$. Nótese que el potencial incidente se ha descompuesto en términos de funciones de Bessel de primera especie, $J_n()$. En el caso de océano semiinfinito, Φ_0 es la suma del potencial incidente y del reflejado:

$$\Phi_0 = - \frac{ig a_0}{w} \exp[ikr \cos(\theta - \theta_0)] + kr \exp[ikr \cos(\theta - \theta_0)] =$$

$$= - \frac{ig a_0}{w} \sum_{n=0}^N \epsilon_n i^n J_n(kr) \cos n \theta_0 \cos n \theta + (1 - kr) \text{senn} \theta_0 \text{senn} \theta$$

En el caso de océano semiinfinito, Φ_0 es la suma del potencial incidente y del reflejado

$$\Phi_0 = - \frac{ig a_0}{w} \exp[ikr \cos(\theta - \theta_0)] + kr \exp[ikr \cos(\theta - \theta_0)] =$$

$$= - \frac{ig a_0}{w} \sum_{n=0}^N \epsilon_n i^n J_n(kr) \cos n \theta_0 \cos n \theta + (1 - kr) \text{senn} \theta_0 \text{senn} \theta$$

La región A se subdivide en elementos triangulares. En la región R se asume fondo constante de modo que pueda adoptarse una solución analítica. Como la fricción por fondo en la región lejana es, generalmente, de escasa relevancia en el análisis del fenómeno en la región A, se desprecia su efecto. De esta manera, no sólo se evita el cálculo de las funciones de Hankel con argumentos complejos, sino que la expresión de la onda incidente se simplifica, quedando:

$$\Phi_S = \Phi_R - \Phi_0 = - \frac{ig a_0}{w} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{H_n(kr)}{H_n(kr_a)} (u_n \cos n \theta + \beta_n \sin n \theta)$$

donde los coeficientes u_n y β_n son constantes desconocidas a resolver; $H()$ es la función de Hankel de primera especie y r_a el radio de la región A. Para un caso de región lejana semi-infinita y costa recta, asumiendo reflexión perfecta a lo largo de dicha costa se puede expresar:

$$\Phi_S = \Phi_R - \Phi_0 = - \frac{ig a_0}{w} \sum_{n=0}^{\infty} u_n \cos n \theta \frac{H_n(kr)}{H_n(kr_a)}$$

Usando esta expresión para la región exterior y un método convencional de elementos finitos para la región interior, se puede obtener un conjunto de ecuaciones lineales que resuelven el sistema de propagación de una onda.

Este modelo contempla, por tanto, no sólo la propagación completa de la onda (refracción-difracción), sino además puede introducir el efecto de fricción por fondo y absorción parcial de estructuras en las regiones de estudio.



1.5 GEOMETRIAS CONSIDERADAS.

A partir de lo concluido en el anejo: Definición de alternativas. Se considera en el estudio la geometría denominada como “dique exento nº1”. Constituida por un dique exento de 860 m de longitud situado a 720 m de la línea de atraque perpendicular a este se define un contradique de 360 m de longitud, dando lugar a una zona de paso entre dique y contradique de 360 m, con esta configuración se da abrigo a una zona de 475 m de longitud.



1.6 DISEÑO DE LOS DOMINIOS NUMERICOS.

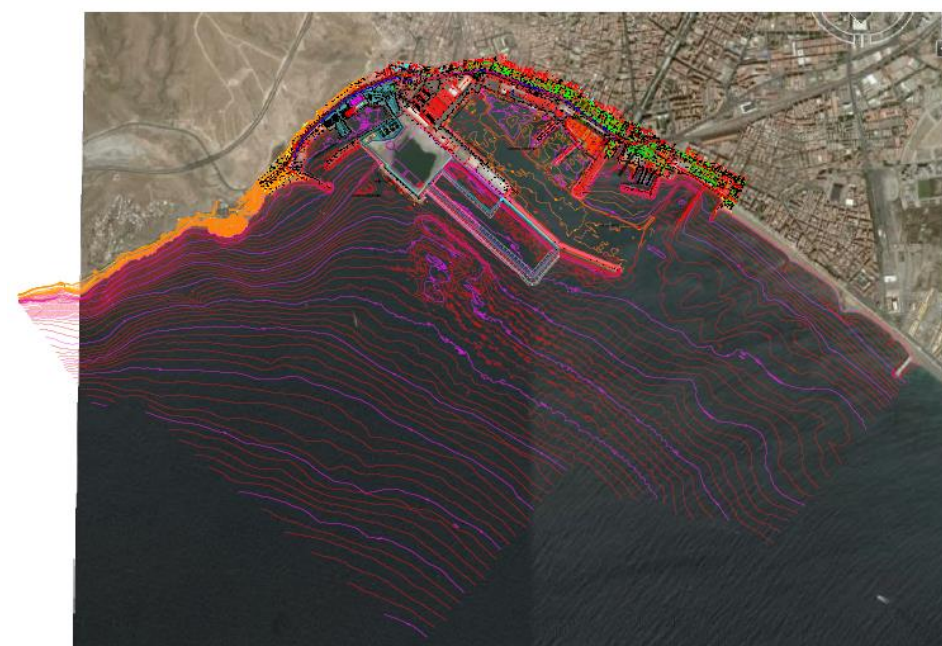
A continuación se detalla el procedimiento llevado a cabo para definir los distintos dominios numéricos utilizados por el software en la propagación del oleaje al entorno portuario.

Para la definición de dichos contornos numéricos es necesario proveer al programa con la batimetría de la zona de estudio, con el contorno del dominio en el que realizar la propagación y con una librería de casos de oleaje, referidos a un punto, que propagar.

Con estos datos el software MSP se encuentra en condiciones de llevar a cabo la propagación del oleaje.

1.6.1 BATIMETRIA.

La batimetría utilizada es la presentada en el correspondiente anejo: “Batimetría y Cartografía” facilitada, como se indica anteriormente, por la Autoridad Portuaria de Almería.





A partir de este archivo .DWG, se obtiene utilizando autocad un fichero de texto .dat que contiene todos los puntos en coordenadas UTM que constituyen dicha batimetría, generándose un archivo de 103378 puntos. De este modo el programa puede ya tomar dicha información.

1.6.2 DATOS DE OLAJE UTILIZADOS.

Es necesario facilitar al software una serie de datos de oleaje sobre los que propagar, dado que no es asumible en cuanto a tiempo de computación propagar la totalidad de los estados de mar de la base de datos, 534000, se debe hacer una selección de los casos más representativos y propagar estos sobre el entorno portuario.

Dicha selección se lleva a cabo con Maxdiss, software específico cedido por el grupo de Ingeniería Oceanográfica de la Universidad de Cantabria. De este modo se pasa de 534000 datos de estado de mar a 300.

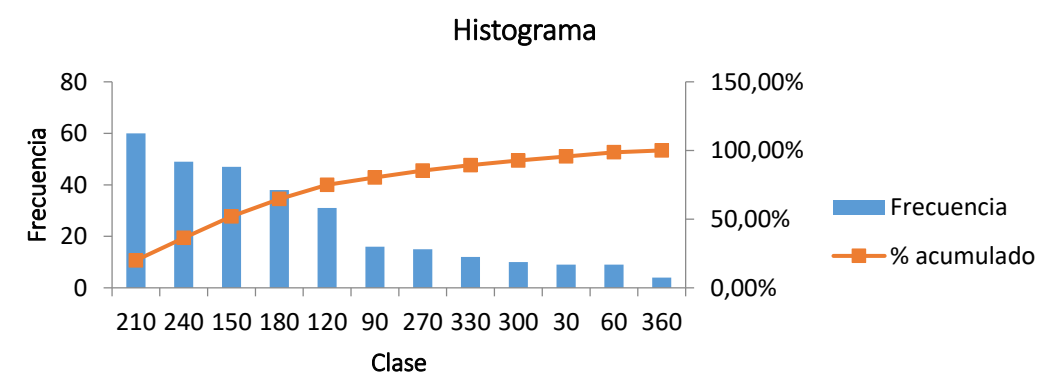
Sobre estos 300 datos se opera clasificándolos en función de su dirección de propagación de acuerdo a la sensibilidad del MSP a fin de obtener una correcta propagación.

Dado que las mallas de MSP pueden calcular oleajes con direcciones de propagación de $\pm 15^\circ$, con respecto al azimut del contorno de propagación definido, se clasifica el oleaje en 12 sectores de 30° .

A fin de conocer la distribución de los datos de oleaje y donde se encuentra la mayor cantidad de información se realiza un histograma, obteniéndose los siguientes resultados:

Clase	Frecuencia	% Frecuencia	% acumulado
210	60	20.00%	20.00%
240	49	16.33%	36.33%
150	47	15.67%	52.00%
180	38	12.67%	64.67%
120	31	10.33%	75.00%
90	16	5.33%	80.33%
270	15	5.00%	85.33%
330	12	4.00%	89.33%
300	10	3.33%	92.67%
30	9	3.00%	95.67%
60	9	3.00%	98.67%
360	4	1.33%	100.00%

Donde pueden observarse las tendencias reflejadas en las rosas de oleaje del clima marítimo en profundidades indefinidas:



En lo que respecta a la referenciación geográfica, también necesaria para llevar a cabo la propagación, destacar que el punto desde el que se propaga es el siguiente:

Localización	Lat	Lon
Almería	36.819	-2.474
	X(UTM)	Y(UTM)
	546912.3	4074922.81



1.6.3 CONTORNO PORTUARIO.

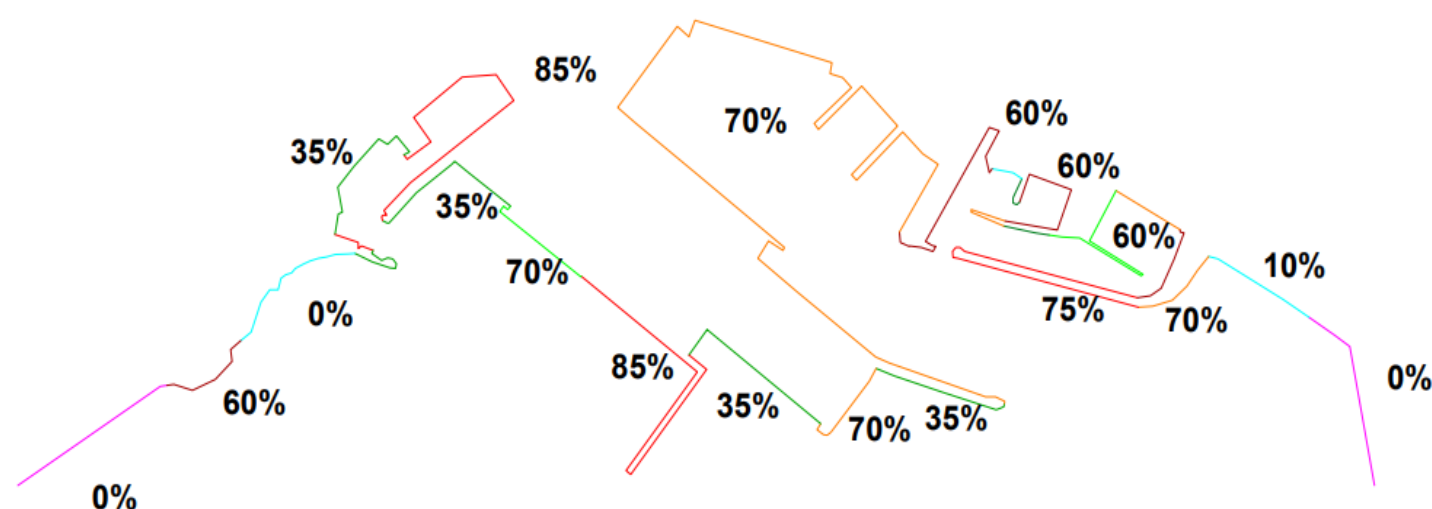
1.6.3.1 COEFICIENTES DE REFLEXION.

Para la definición de los contornos portuarios es clave no solo su definición geométrica si no también su comportamiento en lo que respecta a la interacción con el oleaje incidente.

Los contornos numéricos que definen a los puertos, requieren establecer el coeficiente de reflexión parcial en función de la tipología de cada estructura que representan. Para el caso del puerto de Almería, dichos coeficientes se han tomado directamente del informe “Estudio de agitación del Puerto de Almería” realizado por el GIOC, para la Autoridad Portuaria de Almería (abril 2006).

Los coeficientes del nuevo puerto deportivo de Almería se han determinado siguiendo las recomendaciones del documento: “Metodología de trabajo y recomendaciones prácticas para el estudio de agitación y resonancia en puertos”, redactado por el GIOC (2005).

A continuación se muestran los coeficientes numéricos de reflexión calibrados que representan la geometría considerada para el puerto de Almería.



Indicar también que, para la definición del comportamiento frente a la reflexión del dique exento, se ha considerado un coeficiente de reflexión de 0.85.

Además, para los distintos extremos de los dominios numéricos utilizados para cada caso de propagación del oleaje se ha considerado un coeficiente de reflexión de 0.00 es decir, totalmente absorbentes.

1.6.3.2 MALLAS PARA EL MSP.

EL modelo MSP basado en la ecuación de la pendiente suave es una ecuación 2-D y debe ser resuelta con unas apropiadas condiciones de contorno. El dominio de interés debe ser discretizado y resuelto simultáneamente y el tamaño de los elementos tiene que cumplir una definición de entre 10 y 15 nodos para la mínima longitud de onda a ser simulada. Esto hace que el coste computacional del modelo sea elevado.

El modelo MSP trabaja con una malla adaptativa en elementos finitos triangulares no regulares. La malla permite optimizar los recursos que el modelo MSP requiere (memoria CPU), ya que los nodos y elementos de la malla en elementos finitos a ser generada, se adaptan a los contornos geométricos del puerto y a las cotas batimétricas correspondientes, concentrando de esta forma un mayor número de elementos para las zonas más someras del dominio y relajando la malla para las zonas más profundas.

De acuerdo a lo presentado en el punto anterior con respecto a la capacidad del MSP considerar oleajes de $\pm 15^\circ$ con respecto al azimut del contorno de propagación definido, se plantean 12 mallas para cada uno de los 12 sectores de oleaje.



Así para cada uno de los casos se parte de los siguientes datos:

- Punto de generación del oleaje (Punto DOW)
- Contorno portuario.
- Distribución espacial de los coeficientes de reflexión de dicho contorno portuario.

Debiendo definir únicamente para cada uno de los 12 casos, el contorno de generación de oleaje adecuado a la dirección de propagación considerada.

1.7 CASOS PROPAGADOS.

Para la propagación se han despreciado los datos de oleaje correspondientes a la franja ±30, por ser oleaje generado hacia el exterior del puerto, a partir de viento proveniente de tierra, con fetch insuficiente como para dar un oleaje de entidad, desarrollado. A continuación, se presenta para cada uno de los 10 sectores considerados:

- los datos de oleaje propagados
- la malla generada, donde se muestra tanto el contorno de generación costero como el oleaje que admite la malla.
- algunos resultados de propagación significativos.

La nomenclatura utilizada para referirse a cada uno de los sectores de propagación es la siguiente:

- número de casos a propagar_limite inferior del sector-limite superior_acimut del contorno de generación, esto es, XX_XXX-XXX_XXXN.

1.7.1 CASO I: 60_180-210_195N.

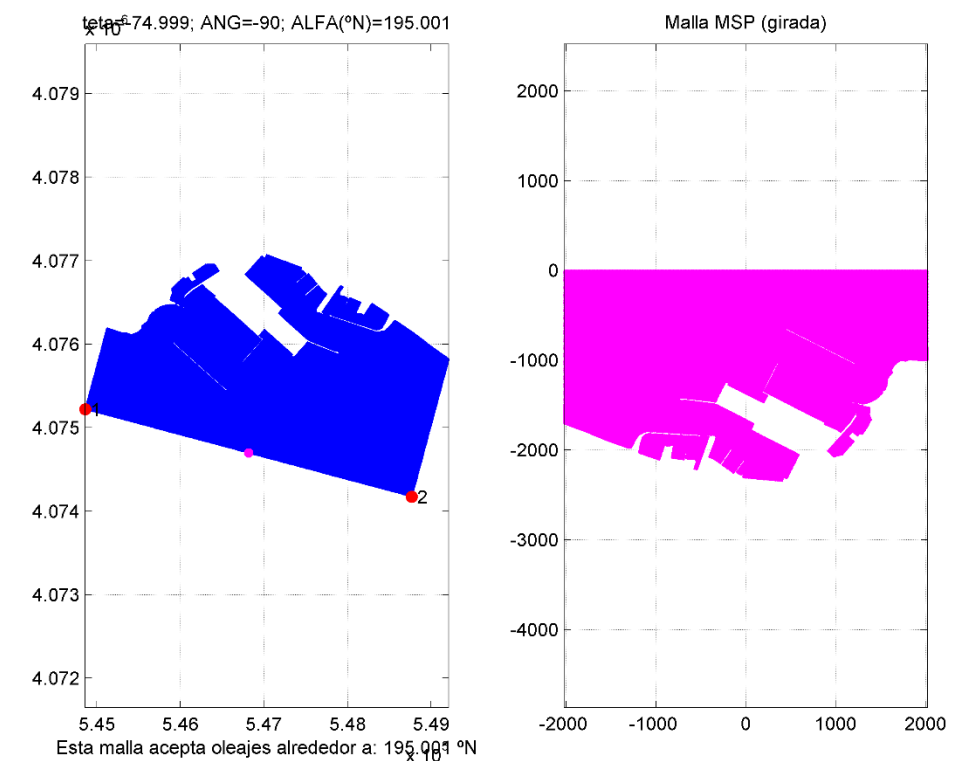
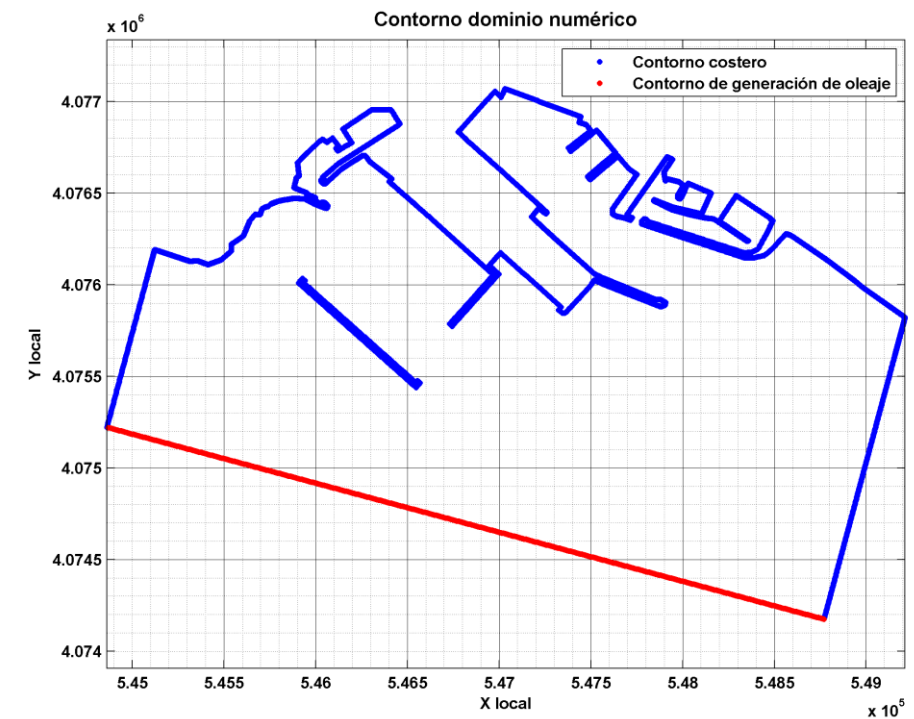
1.7.1.1 OLEAJE PROPAGADO.

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
2006	6	19	1	0.155	3.23	181.113	id_47
1951	11	7	19	0.288	7.269	182.32	id_48
2008	4	10	0	0.468	8.885	182.79	id_49
1981	4	21	15	0.607	6.91	183.048	id_4A
1962	1	2	11	1.375	5.649	183.214	id_4B
2004	2	21	4	1.063	4.665	184.143	id_4C
1987	9	25	20	0.058	5.039	184.57	id_4D
2002	12	18	4	0.519	9.998	184.58	id_4E
1999	2	8	1	0.601	5.647	184.934	id_4F
1983	1	5	4	0.05	8.091	185.722	id_4G
1983	2	27	6	0.245	13.126	186.135	id_4H
1959	3	6	3	0.284	6.149	187.473	id_4I
1992	11	24	5	0.05	9.795	187.548	id_4J
1969	2	18	23	1.643	5.127	188.541	id_4K
1950	12	29	1	0.85	6.258	188.874	id_4L
1956	3	23	18	2.45	6.836	190.308	id_4M
1974	4	10	0	0.721	3.657	190.826	id_4N
2008	11	1	0	2.082	5.712	190.914	id_4O
1952	3	31	17	0.413	10.975	191.025	id_4P
1987	3	2	21	0.401	4.204	191.64	id_4Q
1988	4	5	0	1.157	6.047	192.513	id_4R
1991	3	23	3	0.828	4.824	193.687	id_4S
2002	5	4	14	0.4	3	194.898	id_4T
2002	12	18	6	0.667	10.498	194.982	id_4U
2002	12	18	7	0.706	9.383	195.264	id_4V
1965	1	30	19	0.582	11.882	195.961	id_4W
1962	8	3	13	0.369	5.237	196.124	id_4X
1996	12	14	15	1.389	7.661	196.205	id_4Y
1985	4	4	17	0.278	8.76	196.551	id_4Z
1961	1	15	16	0.404	6.98	197.091	id_50
1993	4	25	1	1.299	4.603	197.182	id_51
1984	1	23	14	1.552	6.505	197.287	id_52
1955	11	15	7	0.057	4.238	197.483	id_53
1985	11	26	12	1.707	7.438	197.495	id_54



YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1951	10	8	22	0.05	3	198.362	id_55
1988	3	20	3	0.071	5.512	199.874	id_56
1962	3	5	6	1.688	8.546	200.378	id_57
2008	4	10	5	0.505	7.915	201.292	id_58
2006	3	27	15	0.33	9.878	201.921	id_59
1981	1	15	22	1.045	7.289	201.998	id_5A
1981	12	31	6	0.544	6.067	202.264	id_5B
1998	3	5	3	0.109	6.798	202.428	id_5C
1959	12	1	11	1.351	8.881	203.242	id_5D
2006	10	2	17	0.144	7.897	203.372	id_5E
1973	4	9	15	0.988	8.833	204.357	id_5F
1951	3	7	22	2.028	7.577	204.848	id_5G
1969	3	18	0	0.87	6.313	205.18	id_5H
1977	2	19	15	1.024	5.297	207.039	id_5I
1974	1	8	12	0.649	4.255	207.305	id_5J
1959	12	1	2	2.297	9.84	207.808	id_5K
1957	12	11	11	1.824	5.874	207.959	id_5L
1990	4	6	18	1.373	5.689	207.981	id_5M
1962	3	9	18	0.688	9.749	208.508	id_5N
1965	3	1	22	2.583	9.041	208.509	id_5O
1996	1	1	10	2.013	8.857	208.839	id_5P
1987	1	27	15	0.433	11.18	208.924	id_5Q
1955	3	22	21	0.279	5.872	209.131	id_5R
2001	3	7	13	0.541	13.126	209.476	id_5S
1959	11	30	20	3.233	7.877	209.71	id_5T
1959	11	30	22	3.838	9.753	209.85	id_5U

1.7.1.2 MALLA GENERADA.

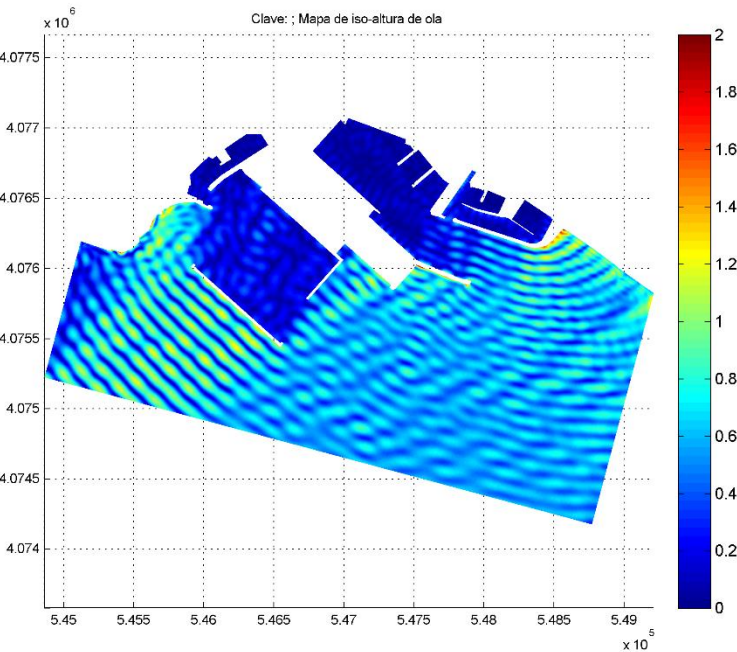




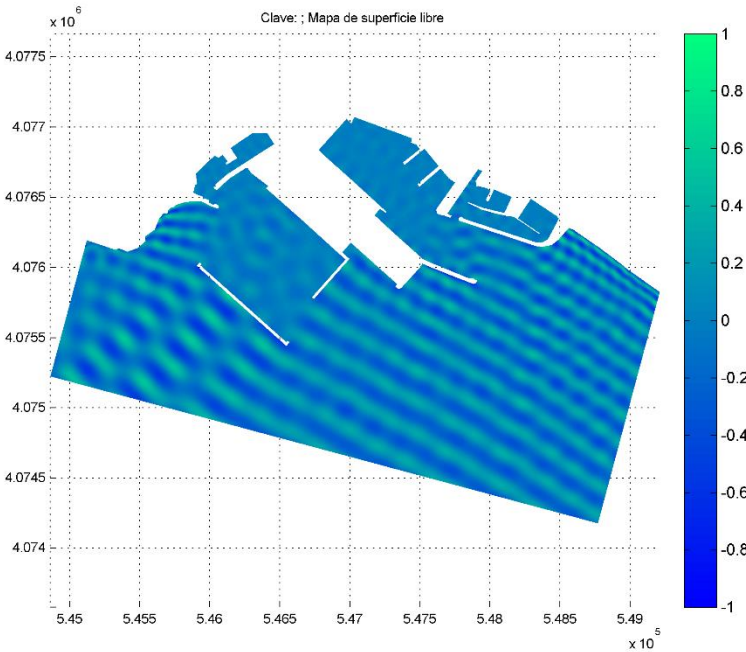
1.7.2 CASO II: 49_210-240_225N.

1.7.1.3 RESULTADOS.

1.7.1.3.1 ALTURA DE OLA.



1.7.1.3.2 SUPERFICIE LIBRE.

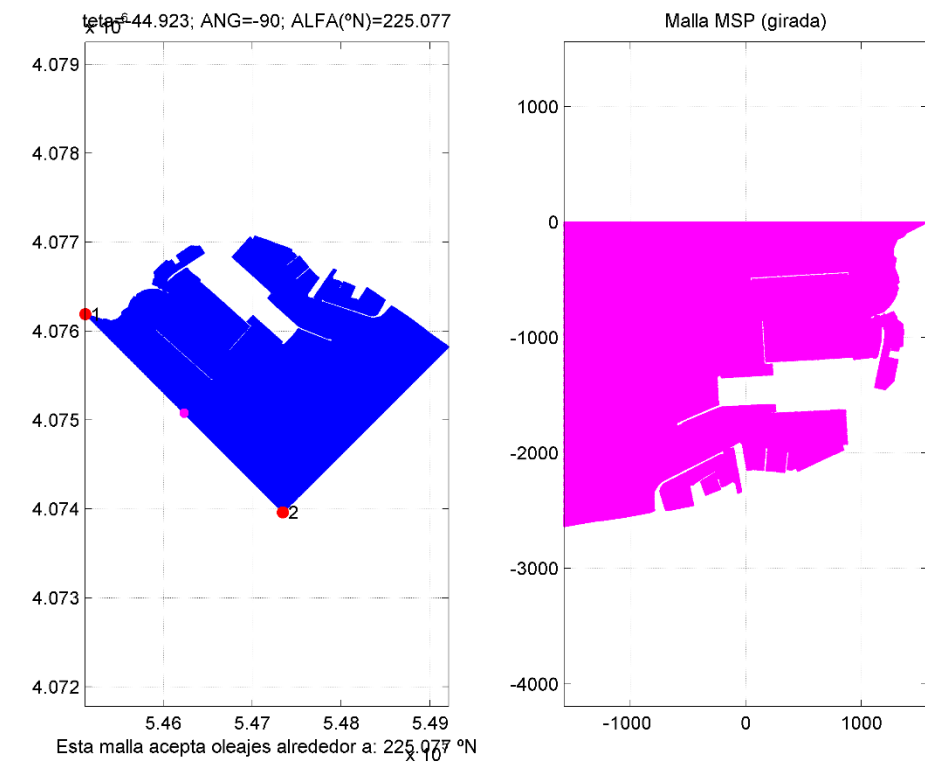


1.7.2.1 OLEAJE PROPAGADO.

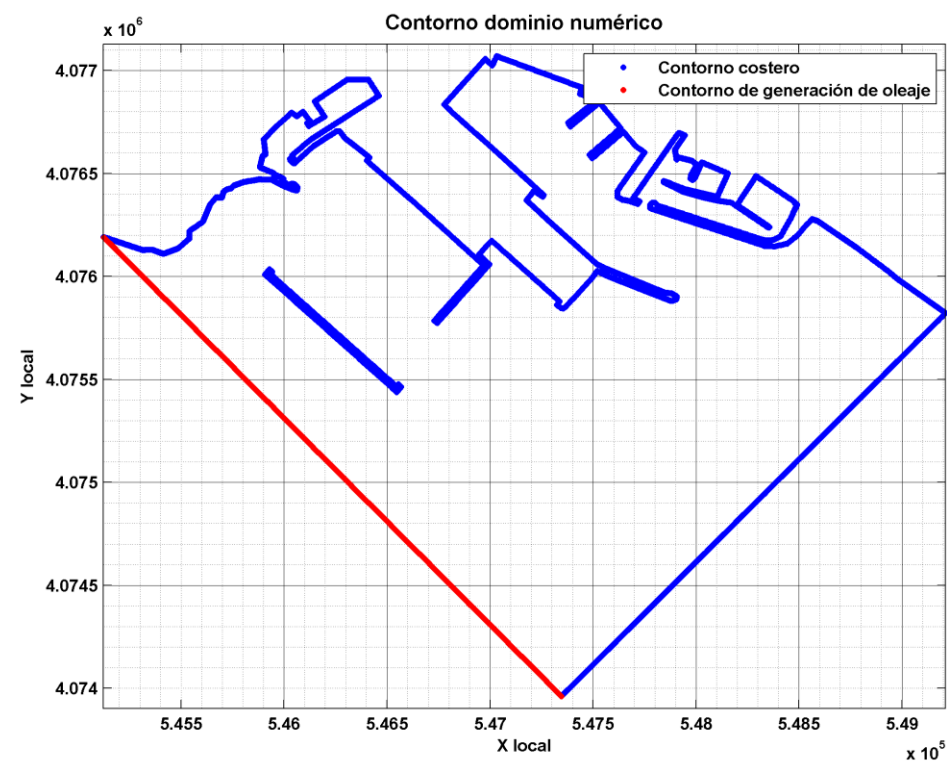
YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1962	6	13	19	0.578	3	210.114	id_5V
1998	2	22	14	0.282	4.814	210.299	id_5W
1968	12	17	23	2.528	8.02	210.884	id_5X
1990	2	8	0	0.05	13.126	211.072	id_5Y
1955	2	19	13	1.694	7.687	212.117	id_5Z
1985	2	16	20	0.229	9.025	212.328	id_60
2004	3	10	4	0.232	3.479	212.349	id_61
1951	2	4	23	2.896	8.678	212.839	id_62
1959	11	30	19	2.765	6.928	212.842	id_63
1959	12	1	0	3.127	10.094	213.540	id_64
1973	1	18	8	0.86	7.906	213.773	id_65
1959	11	30	23	3.521	10.078	214.176	id_66
1955	2	1	12	1.366	7.051	214.353	id_67
1987	1	14	3	1.692	9.028	215.142	id_68
1978	2	27	7	1.852	6.719	215.858	id_69
1983	12	19	5	2.606	9.897	216.005	id_6A
1977	12	5	1	0.282	7.508	216.512	id_6B
1956	1	19	13	1.09	6.283	217.476	id_6C
1966	2	12	22	2.31	8.667	217.672	id_6D
1984	10	4	16	2.146	6.695	217.997	id_6E
1960	12	8	7	1.242	8.445	218.488	id_6F
1975	11	16	13	0.535	3.824	218.933	id_6G
1974	5	30	21	0.739	5.166	219.033	id_6H
1961	12	31	8	0.423	10.315	219.873	id_6I
2006	3	5	11	1.183	9.753	219.933	id_6J
1960	2	17	11	1.239	4.876	219.990	id_6K
1971	1	18	8	0.654	6.947	220.262	id_6L
1996	1	1	7	2.069	7.833	220.569	id_6M
1995	12	5	19	0.474	5.92	220.779	id_6N
1948	4	29	18	0.88	3.945	221.249	id_6O
1997	6	9	20	0.142	6.199	222.101	id_6P
1959	12	1	18	0.932	9.02	222.900	id_6Q
1959	3	4	6	0.187	8.533	224.675	id_6R
1981	12	21	18	1.668	6.038	225.665	id_6S



YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1996	9	7	14	0.415	3	226.407	id_6T
1955	11	5	3	0.539	8.936	227.017	id_6U
1951	4	24	5	0.313	4.15	227.325	id_6V
2002	12	20	5	0.376	6.921	227.813	id_6W
1972	1	17	2	1.067	7.592	228.666	id_6X
1949	10	25	14	0.05	3	228.746	id_6Y
2006	3	5	10	1.558	9.25	230.638	id_6Z
1998	3	8	2	0.105	5.389	232.208	id_70
1958	2	6	18	0.588	4.683	232.660	id_71
2004	3	29	18	0.644	3.636	235.539	id_72
1978	1	12	5	0.7	7.413	236.770	id_73
1958	2	17	22	0.307	7.898	237.156	id_74
1973	2	16	5	0.67	6.205	237.446	id_75
1988	1	21	3	0.383	5.492	238.103	id_76
1960	2	25	10	0.217	6.679	239.588	id_77

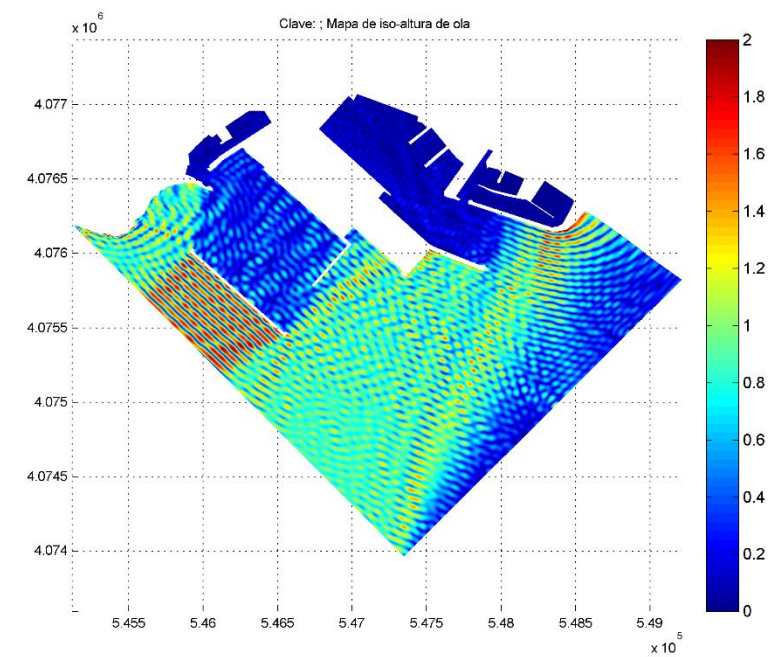


1.7.2.2 MALLA GENERADA.



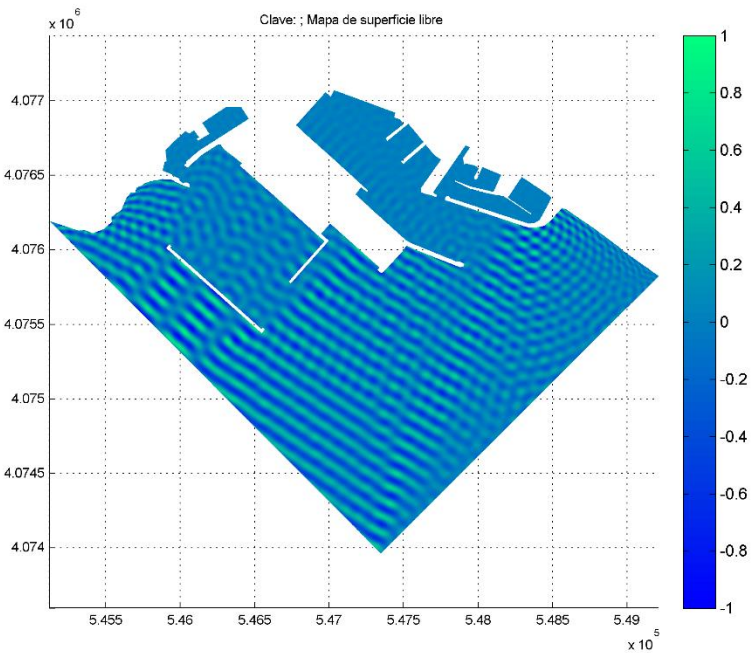
1.7.2.3 RESULTADOS

1.7.2.3.1 ALTURA DE OLA.





1.7.2.3.2 SUPERFICIE LIBRE.



1.7.3 CASO III: 47_120-150_135N

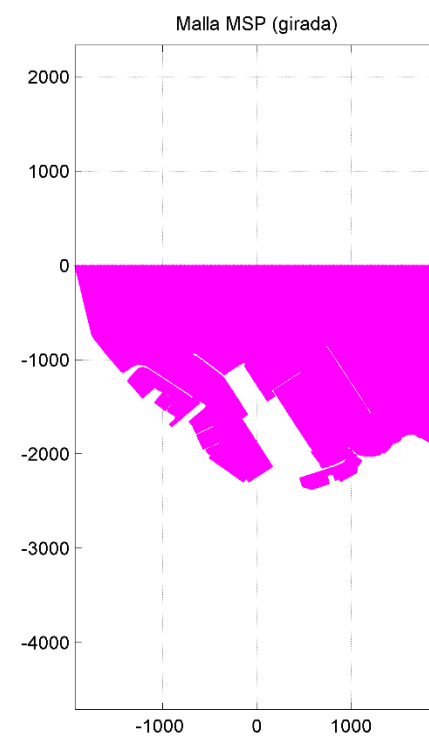
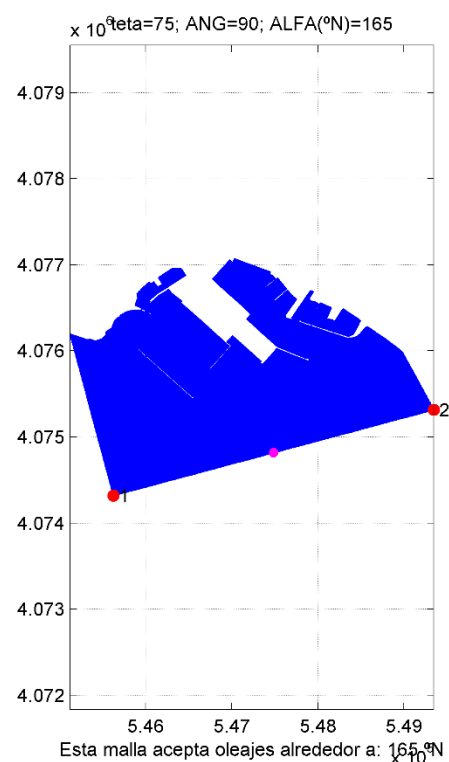
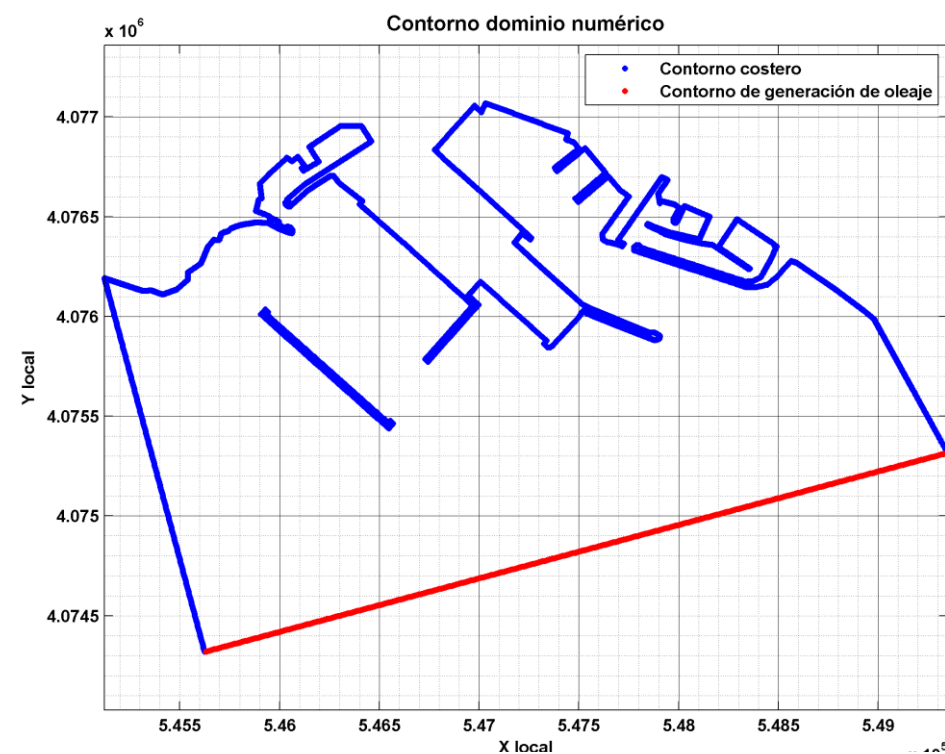
1.7.3.1 OLAJE PROPAGADO.

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1951	10	16	20	0.473	7.005	150.926	id_35
2001	11	11	7	0.368	14.711	150.940	id_36
1975	7	19	4	0.197	3.839	153.766	id_37
1963	5	5	1	0.292	5.965	154.011	id_38
1952	2	18	11	0.144	11.182	154.097	id_39
1989	11	14	17	1.282	5.944	155.017	id_3A
1951	10	26	22	0.055	7.486	156.038	id_3B
2005	4	9	0	0.845	5.775	156.048	id_3C
1971	1	3	13	0.716	4.742	156.610	id_3D
1998	12	13	6	0.062	5.087	156.751	id_3E
1997	10	30	20	0.406	8.906	157.909	id_3F
1975	3	30	9	0.32	13.126	159.186	id_3G
2004	1	31	2	0.115	9.12	160.040	id_3H
1958	12	22	6	1.079	4.288	160.106	id_3I

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
2001	1	13	7	0.325	10.185	160.856	id_3J
1960	2	7	3	0.69	6.747	162.970	id_3K
1963	5	16	14	0.648	3.845	164.041	id_3L
2006	1	8	13	0.383	3.297	164.188	id_3M
1999	8	19	20	0.05	3	164.311	id_3N
1980	12	31	16	0.377	7.895	167.753	id_3O
1965	1	31	11	0.421	6.404	168.529	id_3P
1959	6	7	22	0.603	5.205	168.845	id_3Q
1996	12	22	7	0.896	4.876	169.978	id_3R
1964	12	10	18	0.268	4.2	170.709	id_3S
1996	11	4	5	0.07	13.126	170.744	id_3T
1968	4	18	9	0.147	5.641	170.948	id_3U
1989	12	25	17	0.075	10.148	170.960	id_3V
1967	10	18	20	0.066	6.823	171.503	id_3W
1962	11	7	0	1.284	4.982	172.518	id_3X
1971	11	28	8	0.187	8.65	172.838	id_3Y
1962	1	2	13	1.487	6.563	174.438	id_3Z
2005	4	8	23	0.932	5.929	174.542	id_40
2001	11	11	6	0.36	11.398	174.745	id_41
1983	2	11	22	0.898	3.895	175.680	id_42
1959	2	3	9	0.559	4.212	178.163	id_43
1991	10	11	0	0.525	3.121	178.183	id_44
1968	1	16	4	0.05	11.86	178.420	id_45
1986	12	27	8	0.358	5.055	178.813	id_46

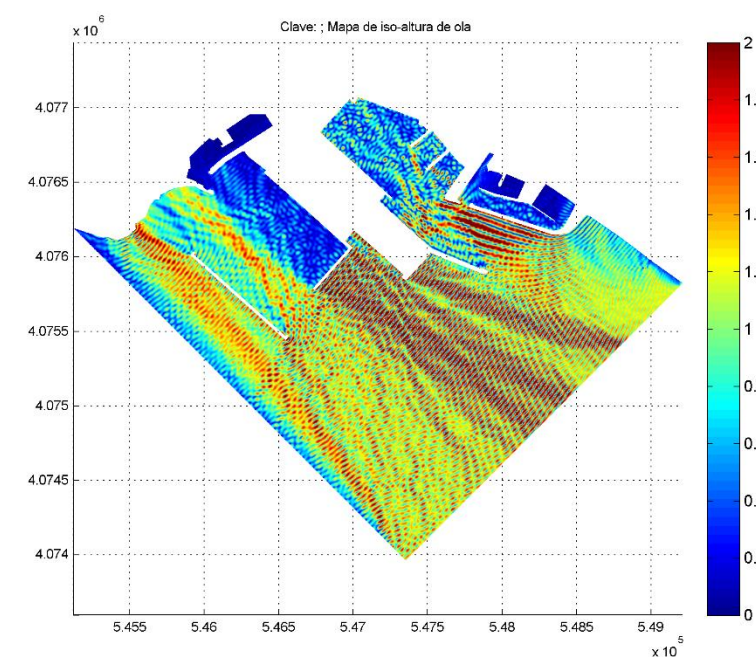


1.7.3.2 MALLA GENERADA.

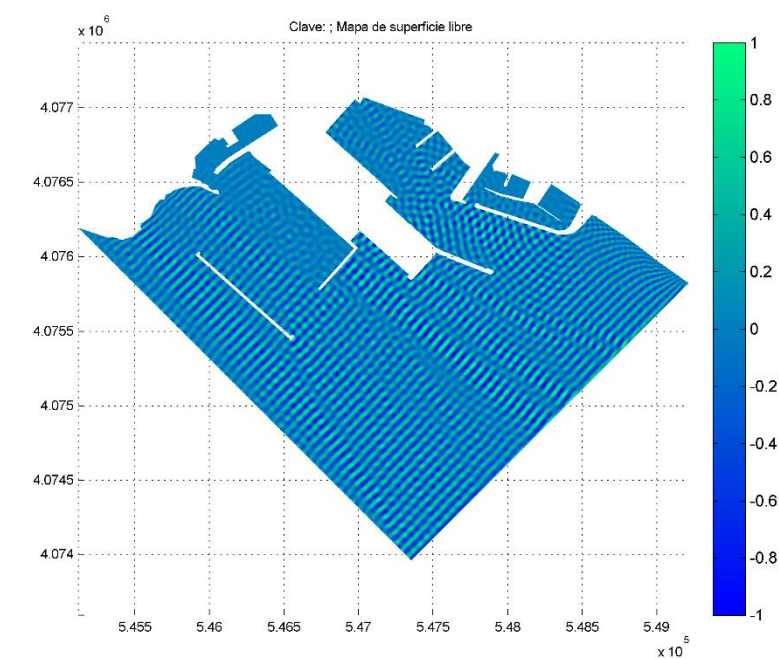


1.7.3.3 RESULTADOS.

1.7.3.3.1 ALTURA DE OLA.



1.7.3.3.2 SUPERFICIE LIBRE.





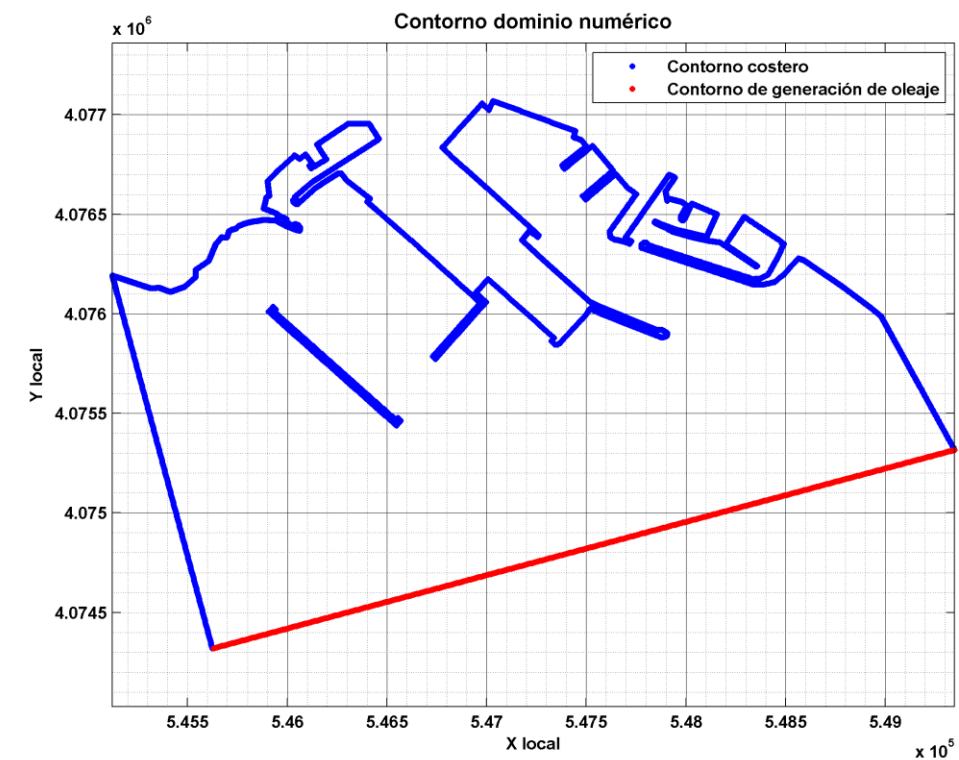
1.7.4 CASO IV:39_150-180_165N

1.7.4.1 OLEAJE PROPAGADO.

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1951	10	16	20	0.473	7.005	150.926	id_35
2001	11	11	7	0.368	14.711	150.940	id_36
1975	7	19	4	0.197	3.839	153.766	id_37
1963	5	5	1	0.292	5.965	154.011	id_38
1952	2	18	11	0.144	11.182	154.097	id_39
1989	11	14	17	1.282	5.944	155.017	id_3A
1951	10	26	22	0.055	7.486	156.038	id_3B
2005	4	9	0	0.845	5.775	156.048	id_3C
1971	1	3	13	0.716	4.742	156.610	id_3D
1998	12	13	6	0.062	5.087	156.751	id_3E
1997	10	30	20	0.406	8.906	157.909	id_3F
1975	3	30	9	0.32	13.126	159.186	id_3G
2004	1	31	2	0.115	9.12	160.040	id_3H
1958	12	22	6	1.079	4.288	160.106	id_3I
2001	1	13	7	0.325	10.185	160.856	id_3J
1960	2	7	3	0.69	6.747	162.970	id_3K
1963	5	16	14	0.648	3.845	164.041	id_3L
2006	1	8	13	0.383	3.297	164.188	id_3M
1999	8	19	20	0.05	3	164.311	id_3N
1980	12	31	16	0.377	7.895	167.753	id_3O
1965	1	31	11	0.421	6.404	168.529	id_3P
1959	6	7	22	0.603	5.205	168.845	id_3Q
1996	12	22	7	0.896	4.876	169.978	id_3R
1964	12	10	18	0.268	4.2	170.709	id_3S
1996	11	4	5	0.07	13.126	170.744	id_3T
1968	4	18	9	0.147	5.641	170.948	id_3U
1989	12	25	17	0.075	10.148	170.960	id_3V
1967	10	18	20	0.066	6.823	171.503	id_3W
1962	11	7	0	1.284	4.982	172.518	id_3X
1971	11	28	8	0.187	8.65	172.838	id_3Y
1962	1	2	13	1.487	6.563	174.438	id_3Z
2005	4	8	23	0.932	5.929	174.542	id_40
2001	11	11	6	0.36	11.398	174.745	id_41
1983	2	11	22	0.898	3.895	175.680	id_42

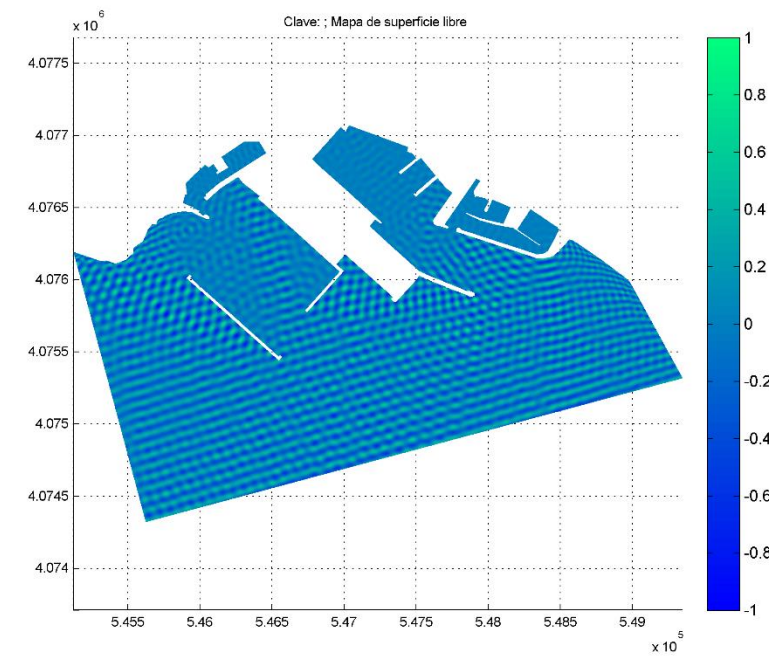
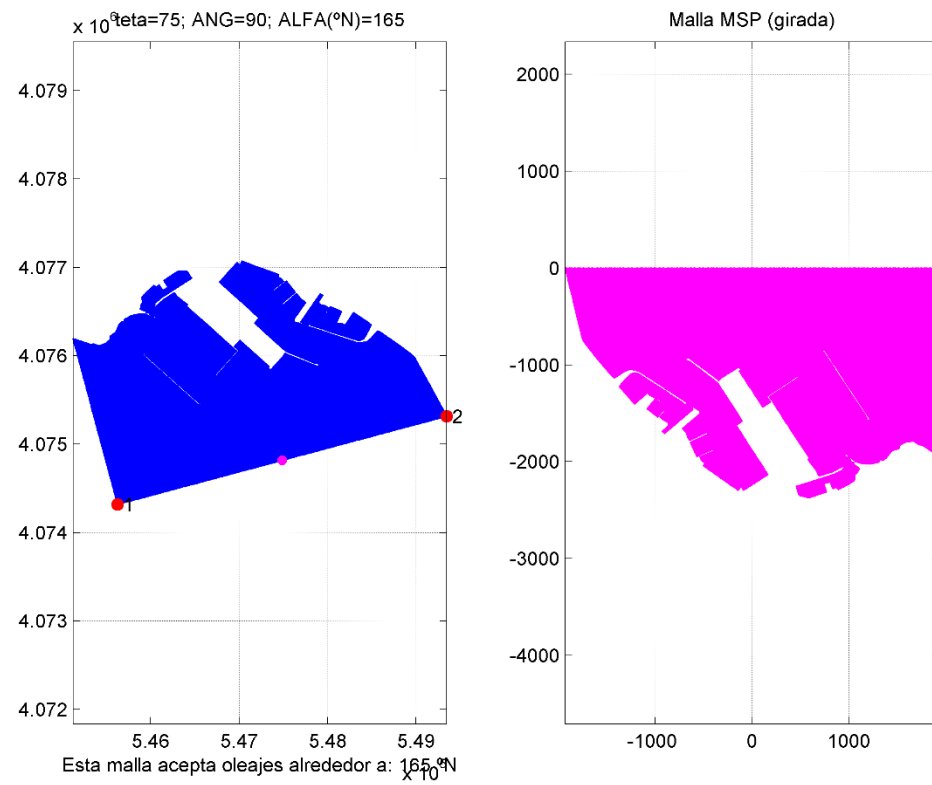
YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1959	2	3	9	0.559	4.212	178.163	id_43
1991	10	11	0	0.525	3.121	178.183	id_44
1968	1	16	4	0.05	11.86	178.420	id_45
1986	12	27	8	0.358	5.055	178.813	id_46

1.7.4.2 MALLA GENERADA.



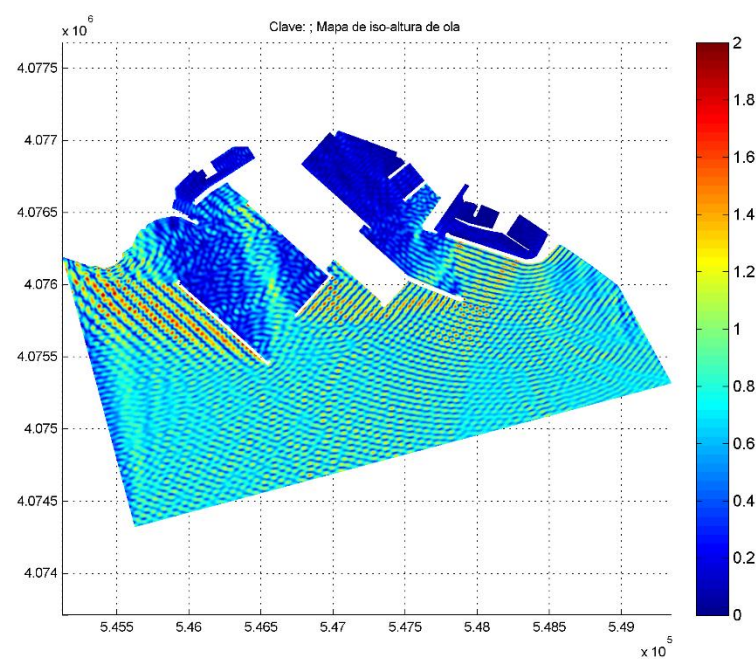


1.7.4.3.2 SUPERFICIE LIBRE.



1.7.4.3 RESULTADOS.

1.7.4.3.1 ALTURA DE OLA.

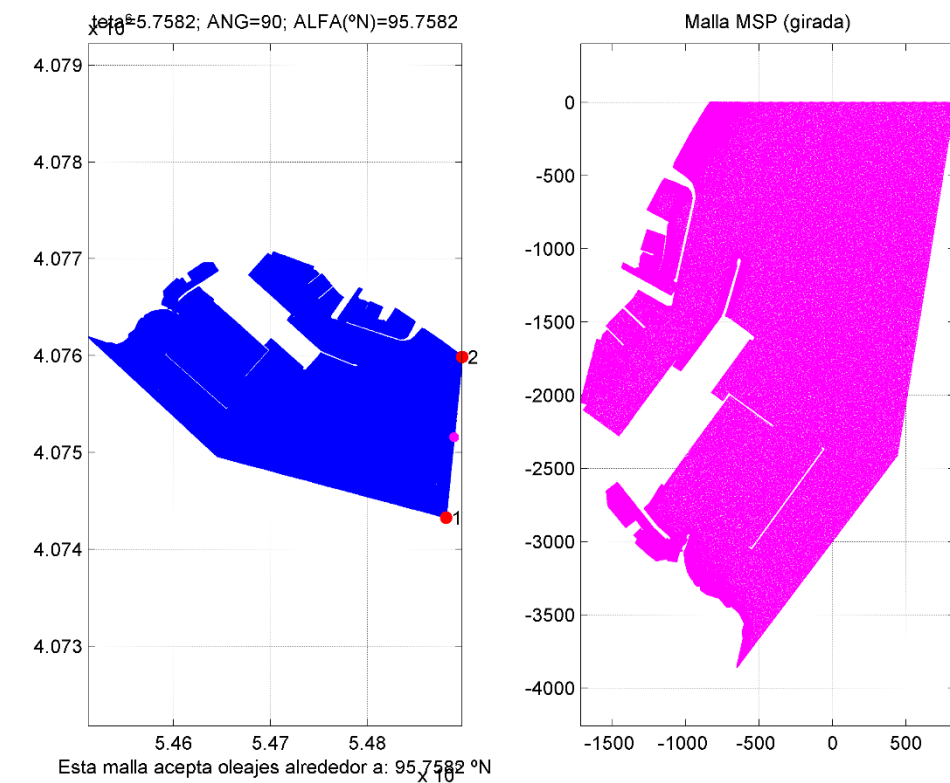


1.7.5 CASO V: 31_90-120_105N

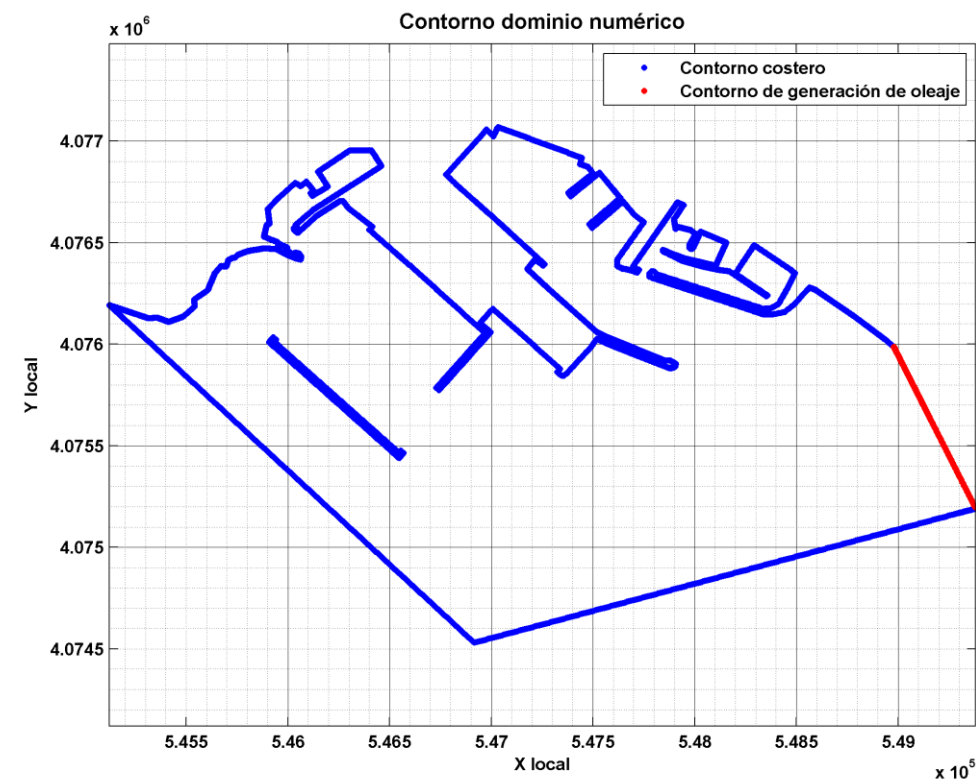
1.7.5.1 OLAJE PROPAGADO.

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
2008	11	27	14	0.409	8	90.918	id_0Z
1997	12	5	5	0.692	4.883	91.541	id_10
2005	1	28	1	0.296	11.19	91.867	id_11
1970	3	13	3	0.567	6.205	93.133	id_12
1990	1	21	3	0.35	5.003	95.005	id_13
1973	1	23	5	0.214	6.149	95.747	id_14
1998	10	31	4	0.107	4.096	95.824	id_15
1952	10	3	4	0.299	3	96.244	id_16
1953	6	25	6	0.484	3.906	99.390	id_17
2005	1	28	2	0.268	9.435	99.895	id_18
1995	2	28	20	0.81	6.715	101.387	id_19
1974	3	23	19	0.791	3.586	104.275	id_1A
1964	10	24	7	0.229	7.218	106.189	id_1B

1999	12	5	22	0.05	5.139	107.486	id_1C
1965	7	13	3	0.555	6.656	109.413	id_1D
1972	10	5	1	0.271	4.309	110.182	id_1E
1972	11	5	21	0.945	4.927	110.221	id_1F
2005	1	27	20	0.13	8.486	110.348	id_1G
1954	5	24	9	0.419	3	111.015	id_1H
1982	4	4	11	0.506	5.33	111.104	id_1I
2000	10	5	7	0.062	3	111.500	id_1J
1968	5	31	3	0.05	11.889	112.445	id_1K
1954	2	3	7	0.092	16.001	113.879	id_1L
2006	7	18	11	0.57	3.985	114.416	id_1M
1973	3	21	19	1.157	6.274	115.225	id_1N
1949	12	13	20	1.197	8.333	116.903	id_1O
1965	8	19	6	0.791	5.722	117.866	id_1P
1973	10	18	18	0.964	3.799	119.214	id_1Q
2004	1	15	18	0.05	3.973	119.512	id_1R
1976	6	8	1	0.505	8.33	119.584	id_1S
1986	8	5	21	0.05	6.148	119.659	id_1T

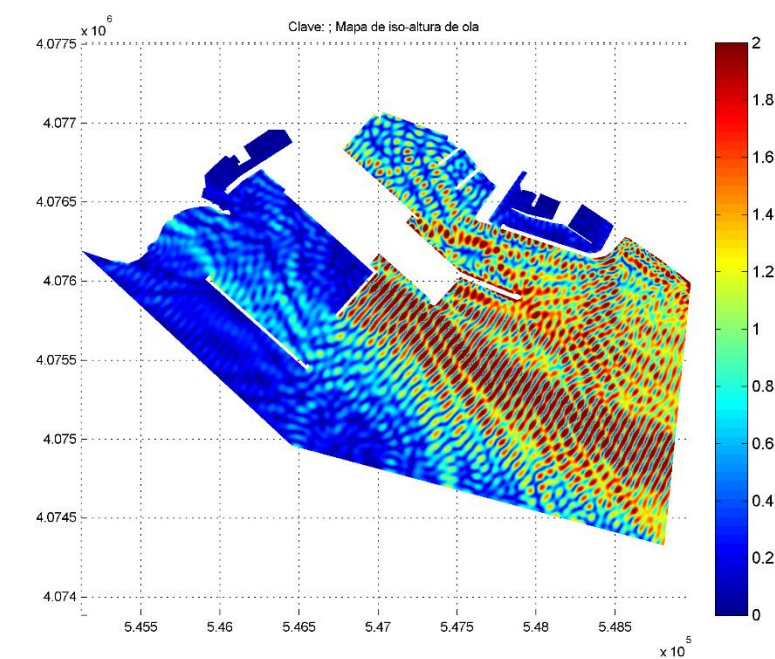


1.7.5.2 MALLA GENERADA.



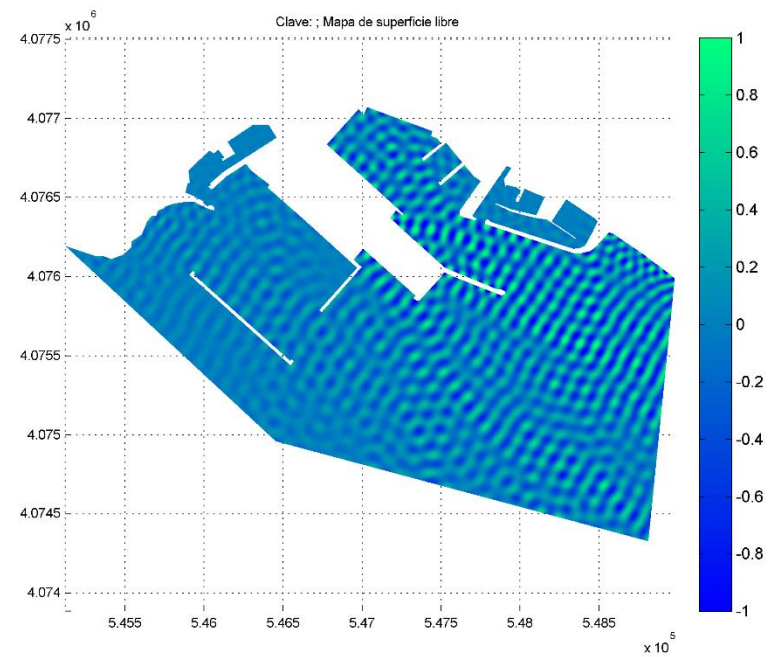
1.7.5.3 RESULTADOS.

1.7.5.3.1 ALTURA DE OLA.



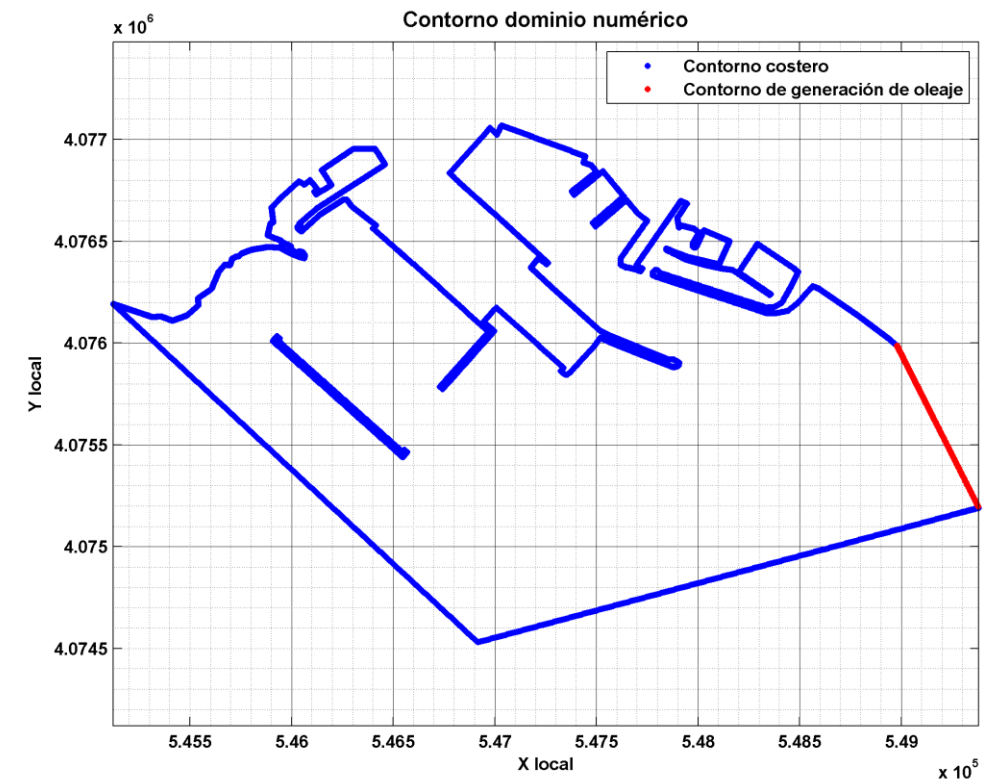


1.7.5.3.2 SUPERFICIE LIBRE.



1986	1	13	4	0.35	3.915	82.793	id_OV
1972	11	4	19	0.635	3.058	85.563	id_OW
1993	9	27	0	0.05	3	85.808	id_OX
2005	1	27	23	0.269	13.126	86.319	id_OY

1.7.6.2 MALLA GENERADA.



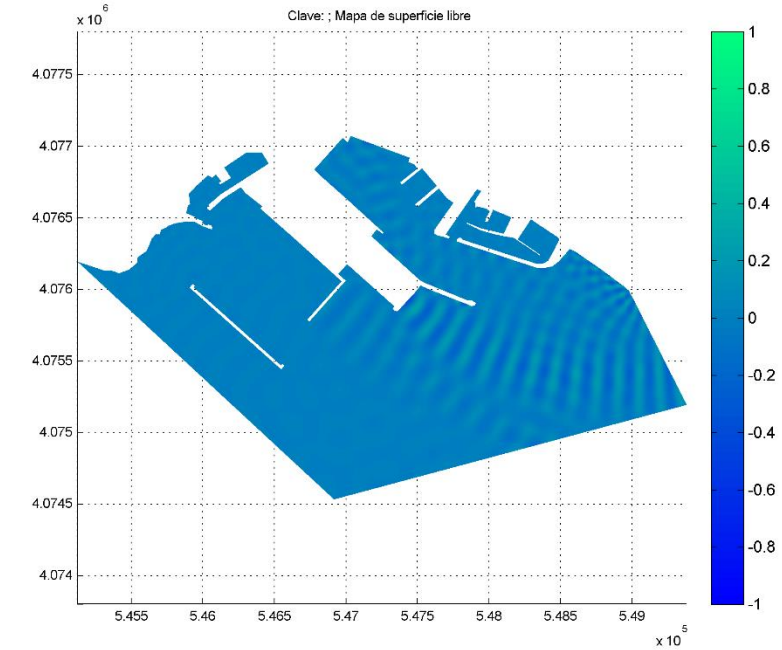
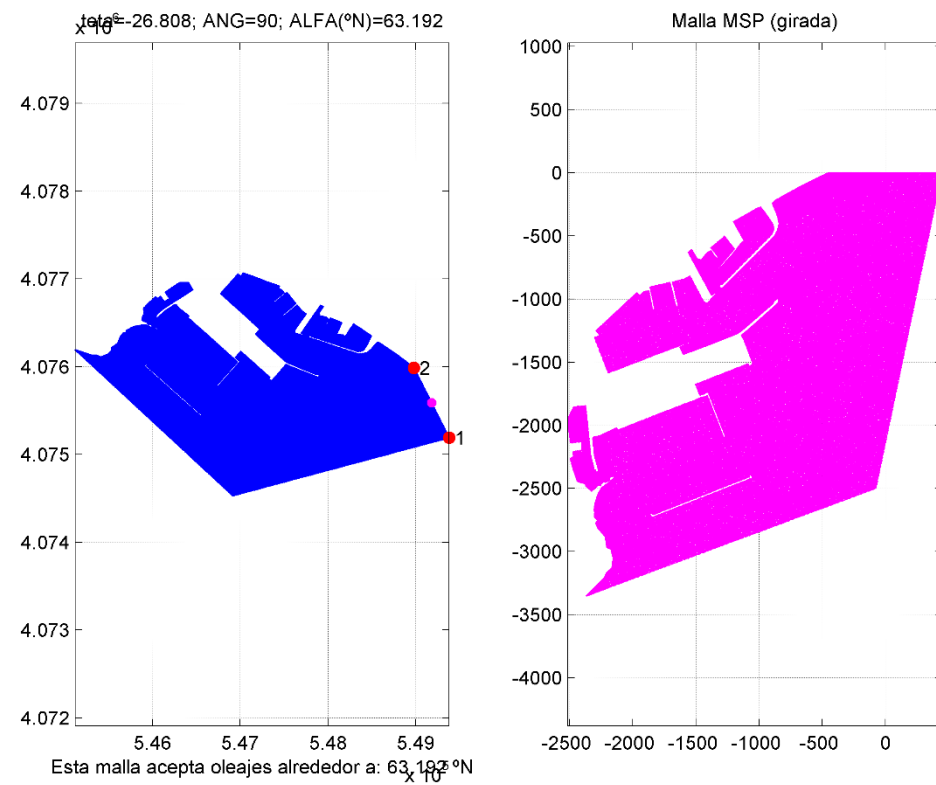
1.7.6 CASO VI:16_60-90_75N

1.7.6.1 OLAJE PROPAGADO.

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
2006	12	14	1	0.399	5.233	61.802	id_OJ
1960	12	23	10	0.061	4.742	66.693	id_OK
2001	11	28	4	0.318	4.025	67.919	id_OL
2001	11	10	20	0.325	6.898	69.932	id_OM
1965	6	1	5	0.372	3	70.235	id_ON
1960	12	22	21	0.05	3	70.323	id_OO
1953	3	22	8	0.224	5.729	72.716	id_OP
1993	2	1	7	0.624	4.431	73.027	id_OQ
1969	12	28	0	0.076	3.937	76.852	id_OR
1950	4	7	2	0.495	5.486	78.342	id_OS
1973	3	27	1	0.197	8.011	80.731	id_OT
1989	11	4	9	0.147	4.962	81.542	id_OU

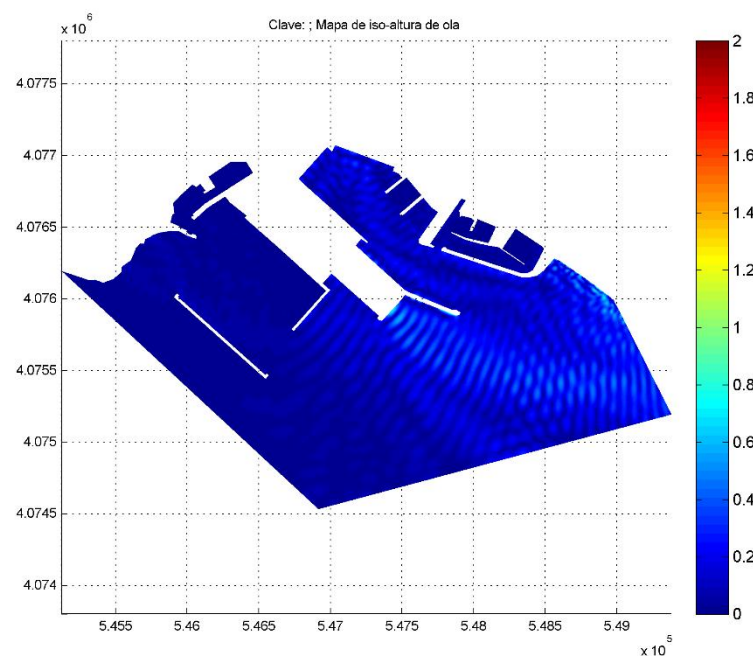


1.7.6.3.2 SUPERFICIE LIBRE.



1.7.6.3 RESULTADOS.

1.7.6.3.1 ALTURA DE OLA



1.7.7 CASO VII:15_240-270_255N

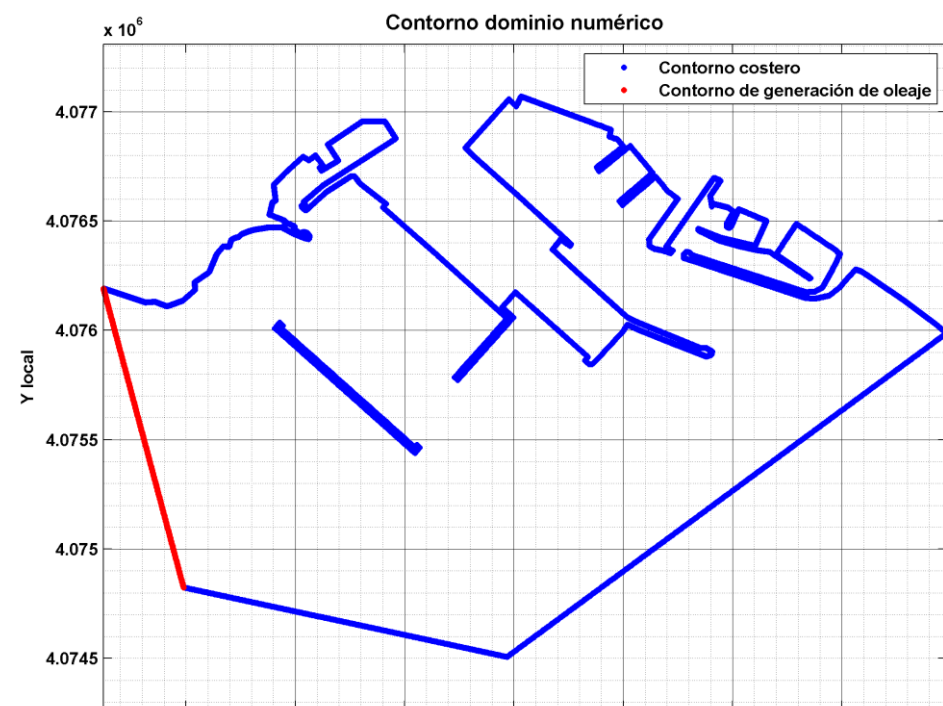
1.7.7.1 OLAJE PROPAGADO.

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
2000	3	12	18	0.335	3	243.411	id_78
1950	12	28	3	0.189	4.055	245.322	id_79
1972	1	17	22	0.968	8.022	248.812	id_7A
2008	12	16	19	0.526	5.883	249.495	id_7B
2008	1	4	21	0.583	6.862	252.685	id_7C
1980	2	10	10	0.136	7.445	252.711	id_7D
1990	12	9	12	0.498	4.708	252.944	id_7E
2005	11	16	9	0.1	6.563	259.469	id_7F
1984	2	4	0	0.171	5.123	260.794	id_7G
2005	3	21	1	0.274	8.46	262.640	id_7H
2008	12	15	6	0.52	5.96	263.756	id_7I

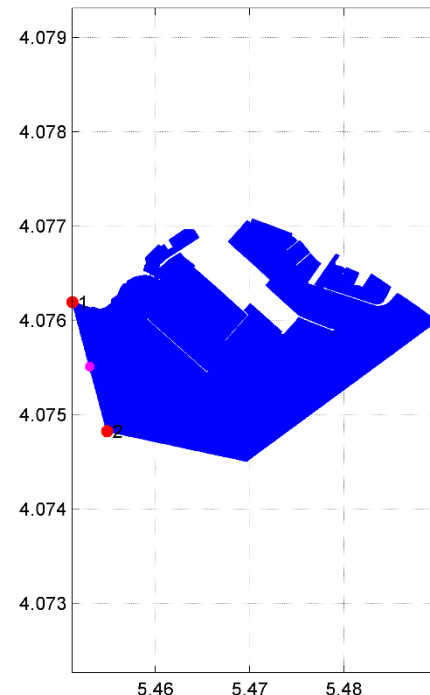


YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1980	2	10	6	0.176	10.922	264.041	id_7J
1971	12	2	5	0.167	3.068	264.816	id_7K
1972	1	18	2	0.825	8.198	264.883	id_7L
1952	2	15	7	0.342	4.089	266.083	id_7M

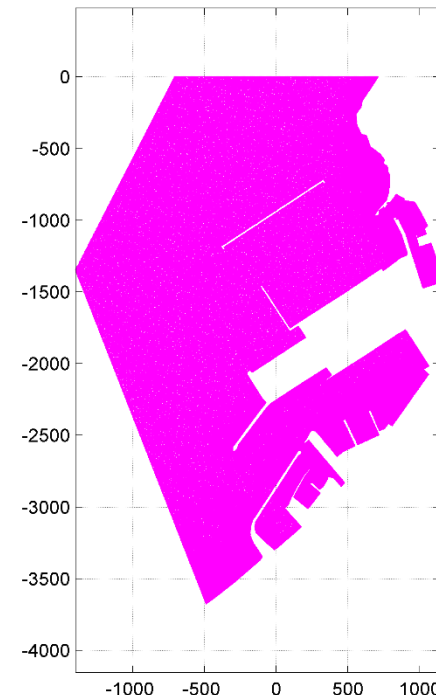
1.7.7.2 MALLA GENERADA.



teja=15.0001; ANG=90; ALFA(°N)=254.9999



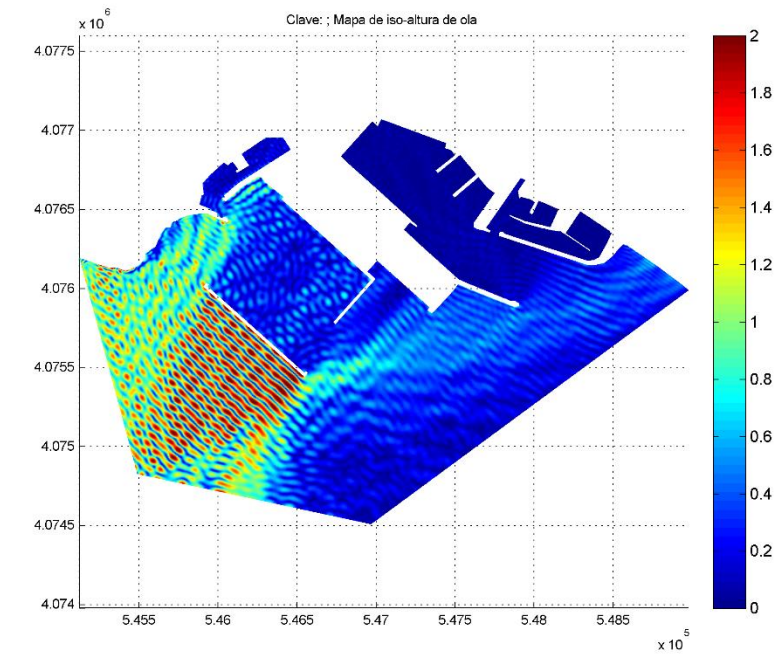
Malla MSP (girada)



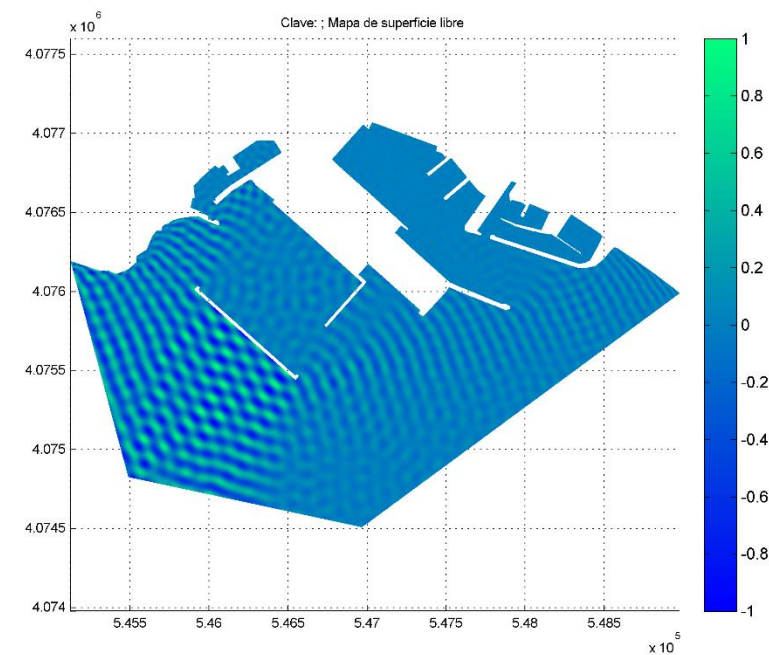
Esta malla acepta oleajes alrededor a: 254.9999 °N

1.7.7.3 RESULTADOS.

1.7.7.3.1 ALTURA DE OLA.



1.7.7.3.2 SUPERFICIE LIBRE.

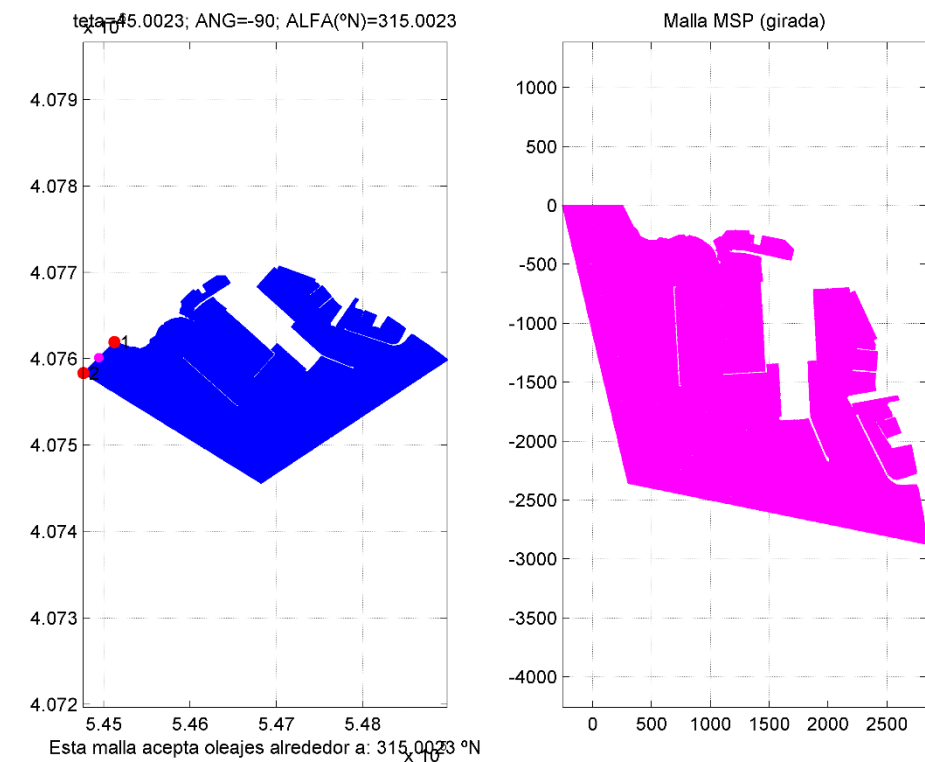




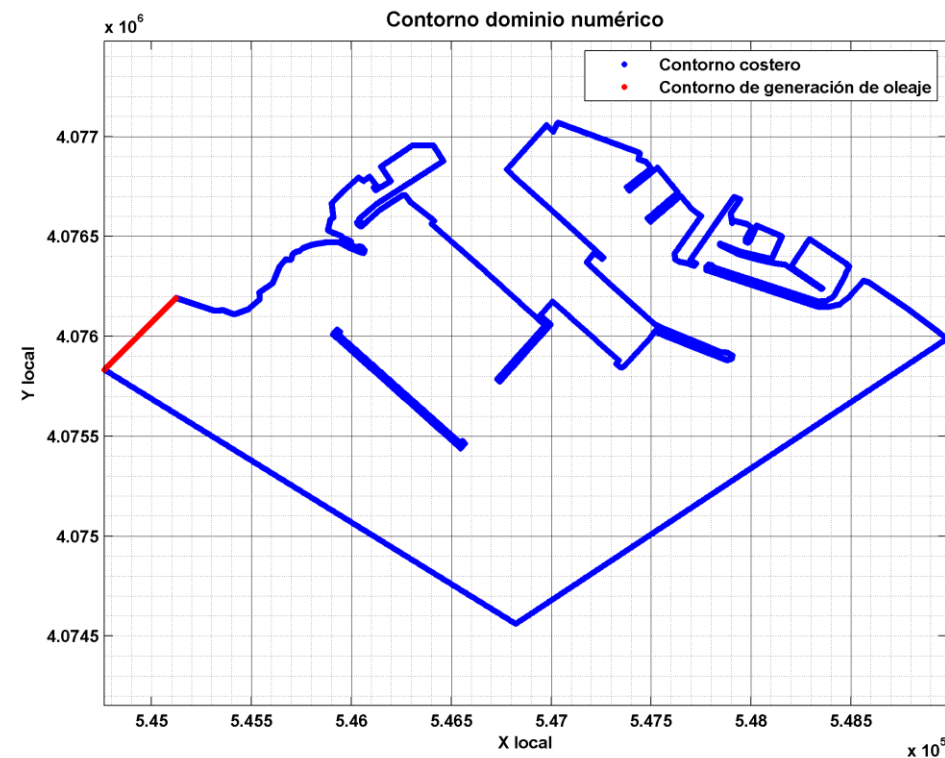
1.7.8 CASO VIII: 12_300-330_315N.

1.7.8.1 OLAJE PROPAGADO.

YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1974	11	6	0	0.084	3.301	300.425	id_7X
1967	12	10	18	0.406	4.457	303.002	id_7Y
2001	11	10	21	0.375	6.083	305.015	id_7Z
1960	1	13	19	0.238	11.97	308.692	id_80
1999	1	18	18	0.176	7.591	312.382	id_81
1994	4	17	6	0.245	5.156	314.469	id_82
1960	1	13	20	0.234	13.126	314.894	id_83
2004	12	29	4	0.173	4.03	316.271	id_84
1960	1	13	21	0.235	10.451	316.739	id_85
2004	12	27	4	0.428	3	319.005	id_86
2003	1	31	17	0.274	3.811	329.396	id_87
1979	2	16	6	0.369	4.933	329.843	id_88

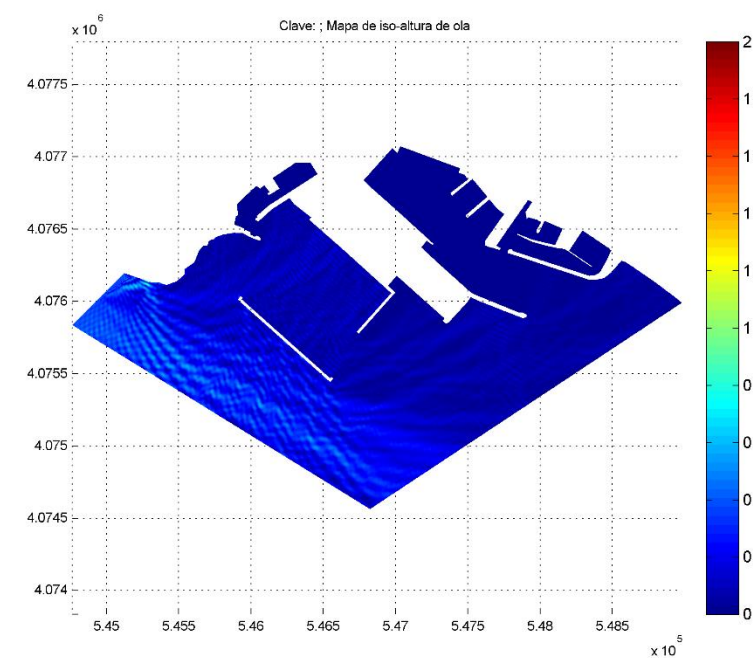


1.7.8.2 MALLA GENERADA.



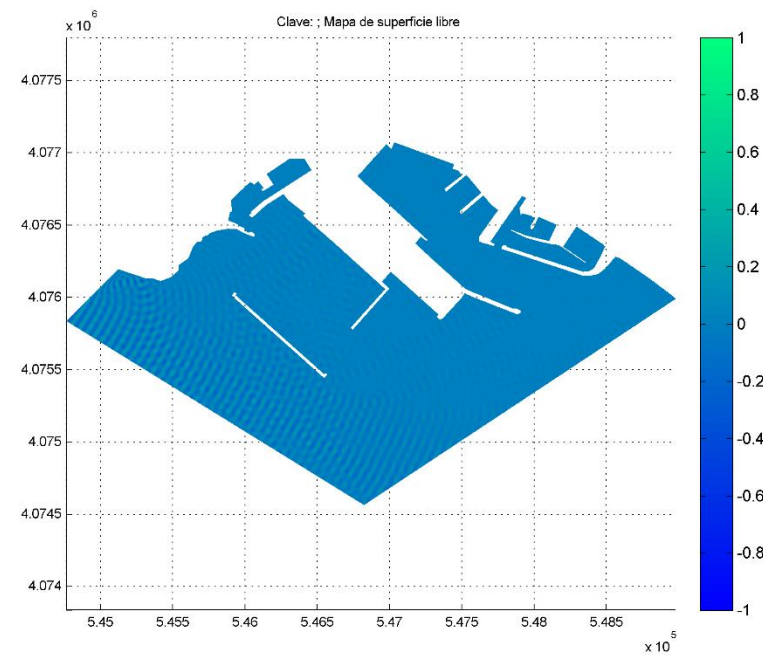
1.7.8.3 RESULTADOS.

1.7.8.3.1 ALTURA DE OLA.

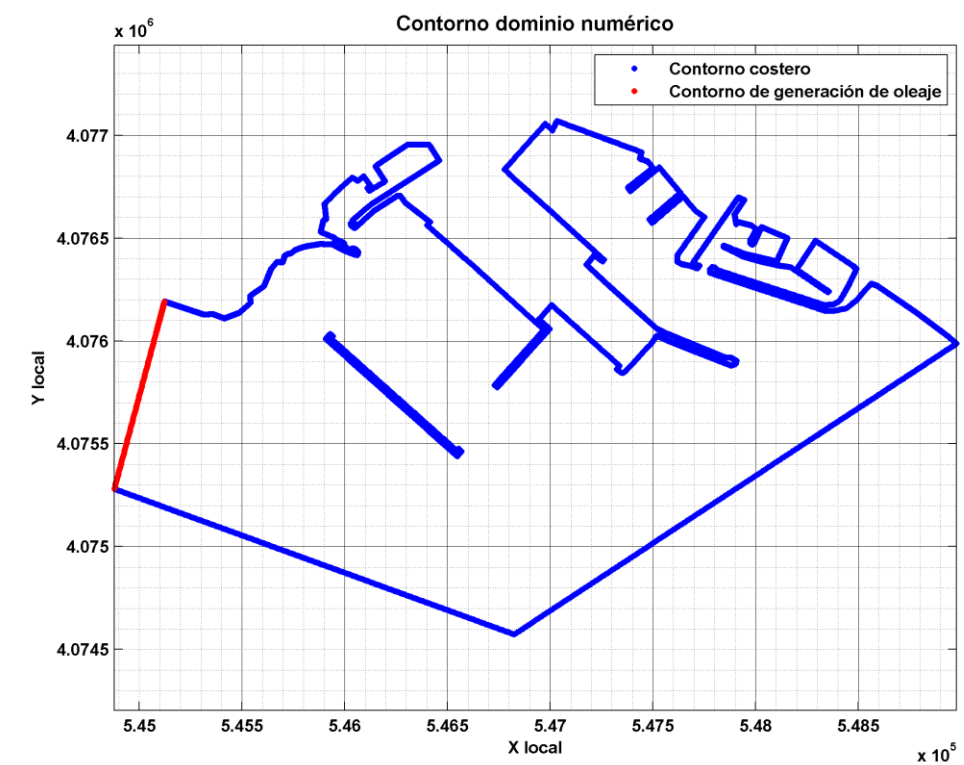




1.7.8.3.2 SUPERFICIE LIBRE.

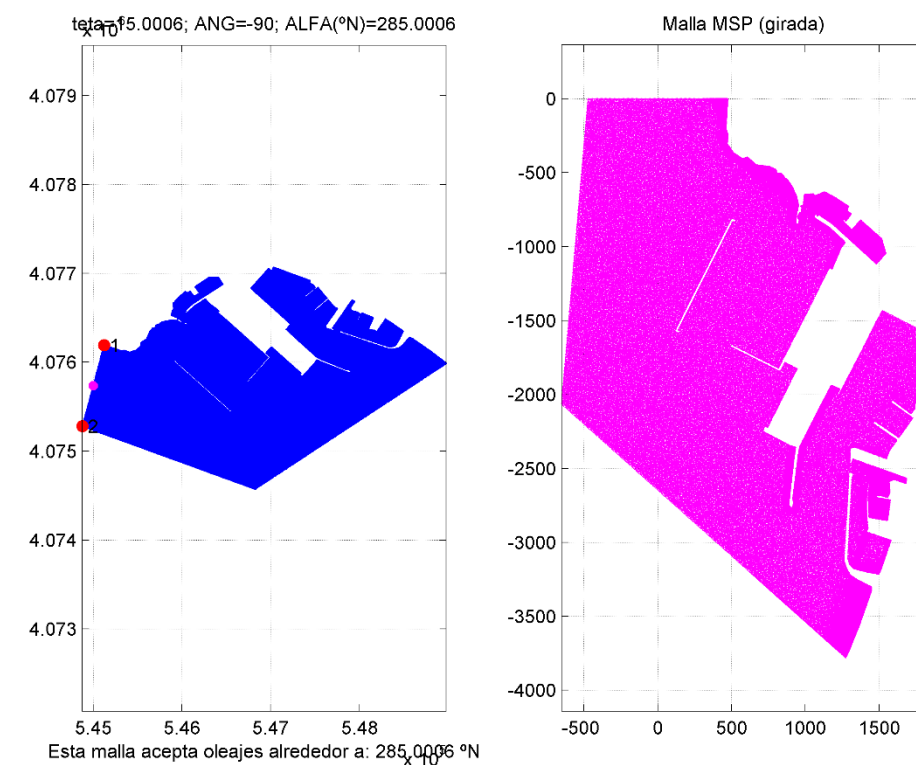


1.7.9.1 MALLA GENERADA.



1.7.9 CASO IX: 10_270-300_285N

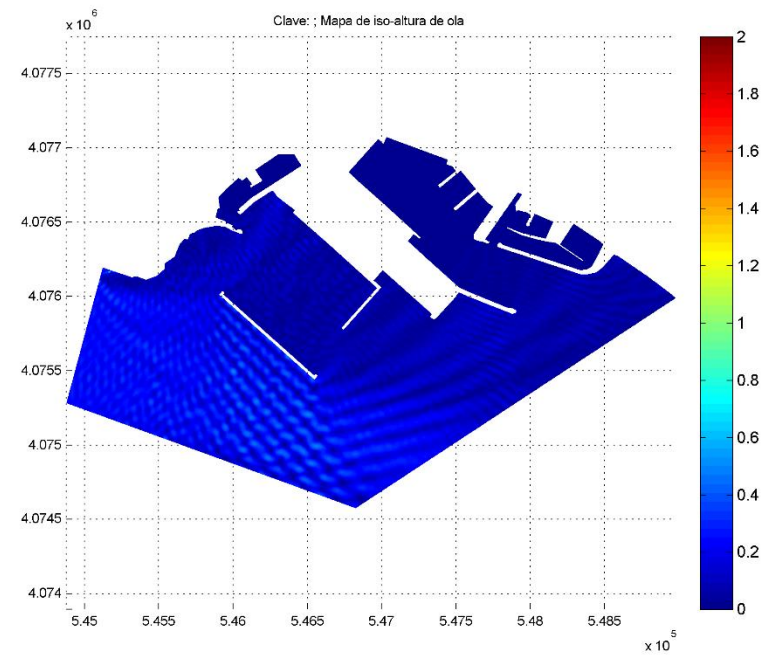
YY	MM	DD	hh	mm	ss	H	T	Dir	ID
1962	10	10	19	0	0	0.483	3	273.188	id_7N
1979	12	21	19	0	0	0.455	5.143	275.818	id_7O
1972	1	18	6	0	0	0.637	7.454	276.810	id_7P
1980	2	10	7	0	0	0.189	13.126	282.207	id_7Q
1952	2	15	6	0	0	0.314	3.575	283.033	id_7R
1980	2	10	8	0	0	0.162	11.082	284.110	id_7S
2001	1	29	15	0	0	0.4	6.456	284.640	id_7T
1960	1	13	18	0	0	0.233	8.256	289.890	id_7U
1952	4	3	7	0	0	0.234	5.287	294.433	id_7V
2001	1	29	13	0	0	0.452	8.833	298.187	id_7W



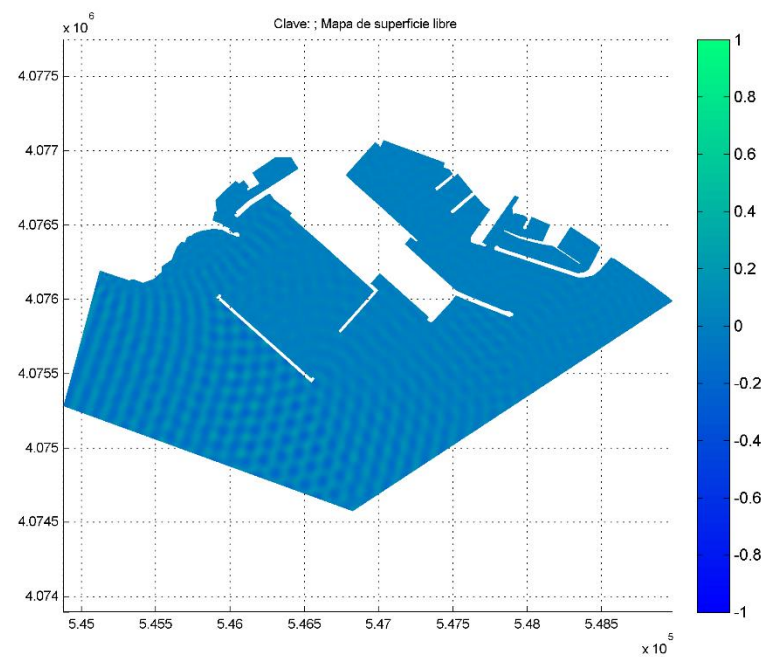


1.7.9.2 RESULTADOS.

1.7.9.2.1 ALTURA DE OLA.



1.7.9.2.2 SUPERFICIE LIBRE.



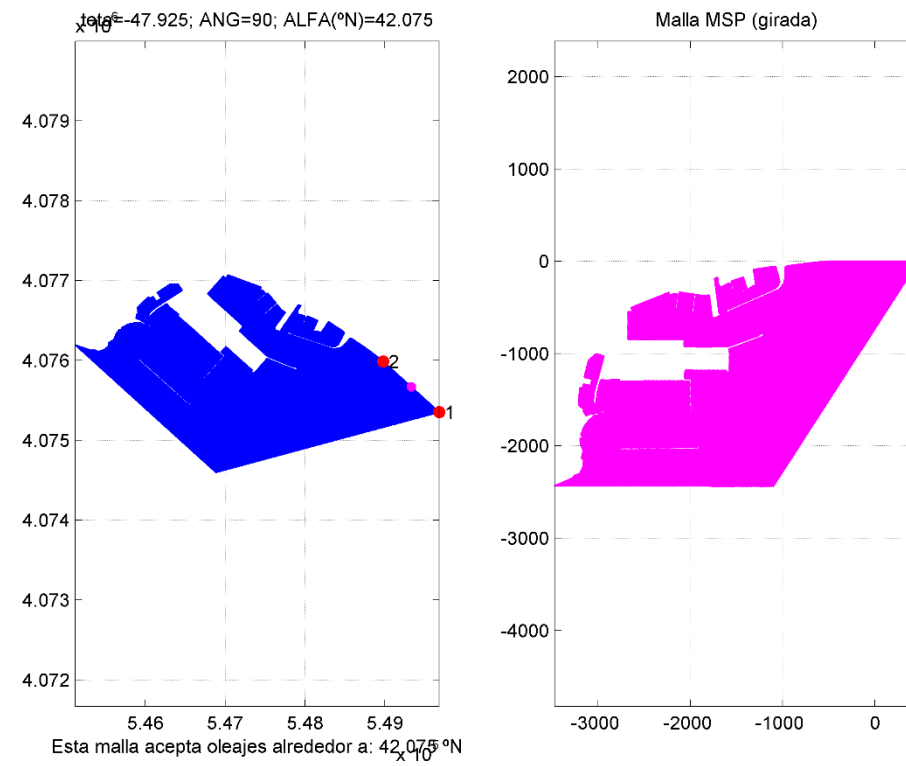
1.7.10 CASO X: 9_30-60_45N

1.7.10.1 OLAJE PROPAGADO.

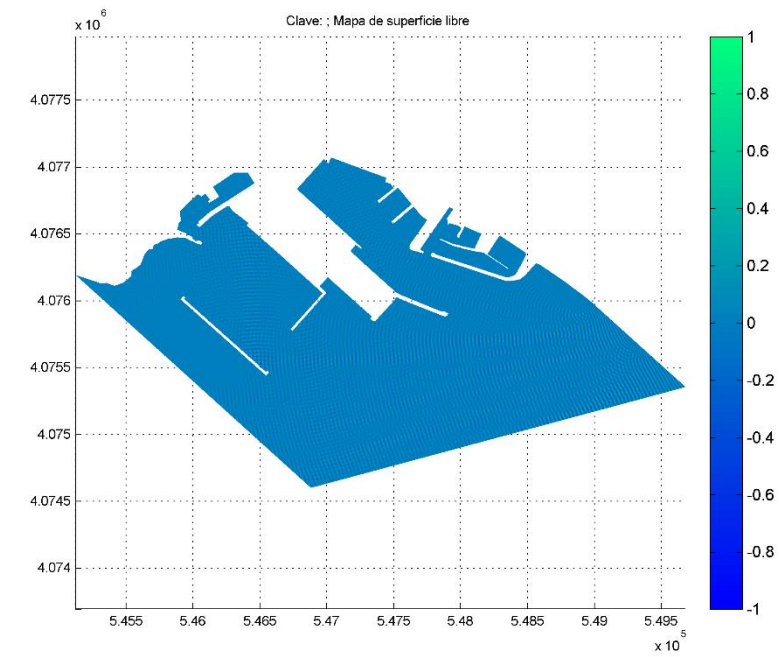
YY	MM	DD	hh	H	T	Dir	ID
1953	1	6	0	0.097	3	30.334	id_0A
1967	12	30	10	0.414	3	32.164	id_0B
1971	1	2	7	0.176	3.993	38.641	id_0C
2001	11	10	4	0.499	4.278	38.818	id_0D
1956	2	28	2	0.394	3	46.904	id_0E
1952	4	3	6	0.234	5.936	47.856	id_0F
1971	8	16	5	0.086	3	49.629	id_0G
1968	2	1	9	0.528	4.101	56.281	id_0H
1966	11	25	6	0.131	3.902	56.751	id_0I

1.7.10.2 MALLA GENERADA.



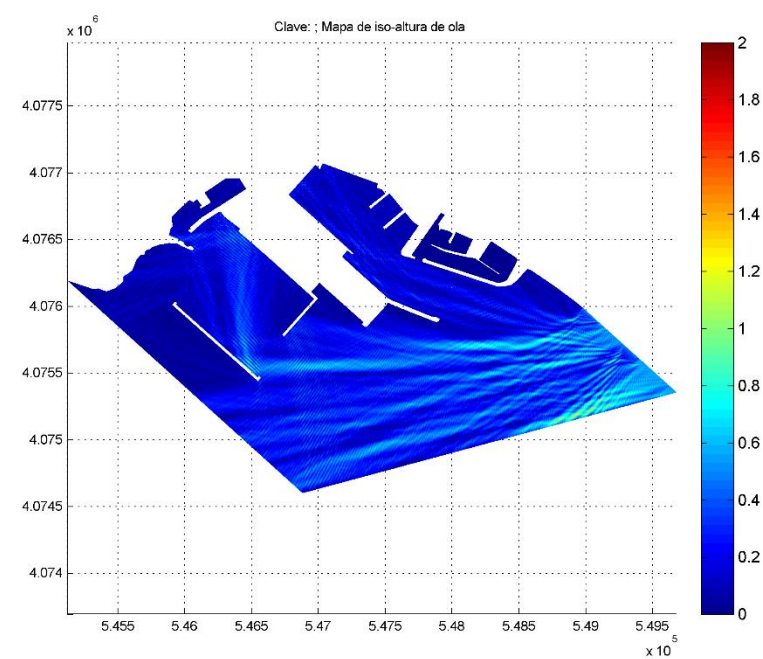


1.7.10.3.2 SUPERFICIE LIBRE.



1.7.10.3 RESULTADOS.

1.7.10.3.1 ALTURA DE OLA.





1. ANEJO Nº13 – ANÁLISIS DE LA AGITACIÓN INTERIOR.



1	. ANEJO Nº13 – ANÁLISIS DE LA AGITACIÓN INTERIOR.....	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	REQUERIMIENTOS EN PLANTA.	2
1.2.1	DARSENAS Y MUELLES.....	2
1.2.1.1	ACCESIBILIDAD NAUTICA A LAS DARSENAS.	2
1.2.1.2	LONGITUD DE MUELLE.	3
1.3	CONDICIONES LIMITE DE OPERACIÓN.....	3
1.4	PUNTOS DE CONTROL.....	4
1.4.1	REGIMENES DE OLEAJE EN LOS PUNTOS DE CONTROL.....	5
1.4.1.1	REGIMEN MEDIO.....	6



1.1 INTRODUCCION.

La función principal de las obras de abrigo de un puerto es la de proveer unas condiciones tales que permitan la operación en dicho puerto ante la acción del clima marítimo, acción climática que será función de la ubicación.

Dichas condiciones de operación vendrán definidas por la capacidad del puerto para dar servicio a distintas tipologías de embarcación.

Así para un clima marítimo dado, ya analizado, una batimetría, que condiciona los fenómenos de transformación del oleaje en su aproximación a la costa, y un diseño portuario, que define la respuesta a la acción climática actuante, se deben definir las tipologías de embarcación a las que dar servicio y comprobar que se dan las condiciones de operación exigidas por estas.

Esto es lo que comprende el análisis de agitación interior, llevado a cabo en el presente anejo.

1.2 REQUERIMIENTOS EN PLANTA.

En este apartado se lleva a cabo la definición en planta, en lo que respecta a su geometría, de la nueva línea de atraque prevista en la ampliación.

La capacidad de este muelle, en cuanto a número, tipología y disposición de buques viene definida por los requerimientos impuestos por los distintos buques, de tal forma que se aseguren óptimas condiciones de navegabilidad.

a tal efecto se recurre a la ROM 3.1-99, Proyecto de la configuración marítima de los puertos; canales de acceso y áreas de flotación.

La cual en se octavo capítulo recoge los requerimientos en planta impuestos por la navegabilidad, los criterios para la definición geométrica en planta de las Áreas de Navegación y Flotación de los puertos y otras instalaciones portuarias, ya sean marítimas, fluviales o lacustres.

La configuración y dimensiones en planta de las diferentes Áreas de Navegación y Flotación podrán ser variables, estableciéndose en cada una de ellas teniendo en cuenta la vida útil de la instalación, las condiciones de operatividad admitidas para las mismas, la disponibilidad de remolcadores, el número y tipos de ayudas a la navegación, las características y distribución del tráfico de buques, los costos de construcción y mantenimiento.

1.2.1 DARSENAS Y MUELLES.

1.2.1.1 ACCESIBILIDAD NAUTICA A LAS DARSENAS.

Dada la configuración geométrica planteada, dique exento y contradique que dan abrigo a una única alineación de atraque, puede considerarse que tiene dimensiones suficientes como para permitir la arribada de los buques navegando por sus propios medios hasta estar en ella, y allí efectuar las maniobras de viro y atraque, con o sin remolcadores.

Se asegura por tanto la accesibilidad náutica a la línea de atraque.



1.2.1.2 LONGITUD DE MUELLE.

La longitud del muelle, para la solución planteada, es de 711,313 m dispuestos en una única alineación continua en toda su longitud.

A fin de conocer las dimensiones máximas de los buques a albergar en la solución planteada se recurre a los establecido en la ROM 3.1-99, figura 8,48.

ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MUELLE	VALORES DE LAS VARIABLES EN FUNCION DE LA ESLORA TOTAL (L en m) DEL BARCO MAYOR QUE AFECTA A LA DETERMINACION DE LA DIMENSION ANALIZADA				
	MAYOR DE 300	300-201	200-151	150-100	MEJOR DE 100 (1)
1.-DISTANCIA "L ₀ " ENTRE BARCOS ATIRACADOS EN LA MISMA ALINEACION (m.) 	30	25	20	15	10
2.-SEPARACION "L ₀ " ENTRE BARCO Y CAMBIO DE ALINEACION O DE TIPOLOGIA ESTRUCTURAL (m.) a) 	30	25	20	10	5
b) 	45/40	30	25	20	15
c) 	30/25	20	15	15	10
d) 	45/60	50	40	30	20
e) 	20	15	15	10	10

(1) PARA BUQUES CON ESLORA TOTAL MENOR DE 12m. SE TOMARA COMO VALOR DE "L₀" EL 20% DE "L", REAJUSTANDOSE LOS RESTANES VALORES PROPORCIONALMENTE
(B) MANGA DEL BARCO MAYOR QUE AFECTE A LA DETERMINACION DE LA DIMENSION ANALIZADA.

FIGURA 8.48. Resguardos en línea de atraque

Planteo ahora el número de buques a albergar, en función de los distintos resguardos considerados para las distintas tipologías, función de la eslora de los distintos buques.

Considerando en los extremos de la alineación de atraque un resguardo igual al considerado entre los distintos buques, asimismo se establece la capacidad máxima en cuanto a número de buques, atendiendo a las condiciones impuestas por su eslora, de tal forma que se de servicio a los buques de mayor tamaño.

- Buque de mayor tamaño será de acuerdo a la tabla presentada de 651 m de eslora.
- Buques mayores de 300 m:

$$n_{\text{buques}} * eslora_{>300} + (n_{\text{buques}} + 1) * 30 = 711$$

- Buques de 300 m: es posible albergar 2.
- Buques de 200 en presencia de uno de 300: es posible albergar 1
- En presencia de dos buques de 300 y 200 m respectivamente es posible albergar otro con eslora máxima de 126 m.

1.3 CONDICIONES LIMITE DE OPERACIÓN.

En lo siguiente se definen los valores límite de las distintas acciones actuantes a fin de asegurar óptimas condiciones de operación. Dichos valores límite se definen en la tabla 8.1 de la ROM 3.1-99.



TABLA 8.1. CONDICIONES LIMITES DE OPERACION DE BUQUES EN MUELLES Y PANTALANES

	Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.1 \text{ min}}$	Altura de ola H_s
1. <i>Atrache de buques</i>			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	17.0 m/s	1.0 m/s	2.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	10.0 m/s	0.1 m/s	1.5 m
2. <i>Paralización operaciones carga y descarga (para equipos convencionales)</i>			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle			
— Petroleros			
< 30.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m
30.000-200.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	2.0 m
> 200.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	2.5 m
— Graneleros			
Cargando	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m
Descargando	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m

TABLA 8.1. (Continuación)

	Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.1 \text{ min}}$	Altura de ola H_s
— Transportadores de Gases Licuados			
< 60.000 m ³	22 m/s	1.5 m/s	1.2 m/s
> 60.000 m ³	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
— Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m
— Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries	22 m/s	1.5 m/s	0.5 m
— Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	1.5 m/s	0.5 m
— Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	1.5 m/s	0.6 m
• Acciones en sentido transversal al muelle			
— Petroleros			
< 30.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.0 m
30.000-200.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.2 m
> 200.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.5 m
— Graneleros			
Cargando	22 m/s	0.7 m/s	1.0 m
Descargando	22 m/s	0.7 m/s	0.8 m
— Transportadores de Gases Licuados			
< 60.000 m ³	16 m/s	0.5 m/s	0.8 m
> 60.000 m ³	16 m/s	0.5 m/s	1.0 m
— Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	0.7 m/s	0.8 m
— Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
— Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
— Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	0.7 m/s	0.4 m

3. Permanencia de buques en muelle			
— Petroleros y Transportadores de Gases Licuados			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	30 m/s	2.0 m/s	3.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	25 m/s	1.0 m/s	2.0 m
— Transatlánticos y Cruceros (2)			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0.7 m/s	0.7 m
— Embarcaciones deportivas (2)	22 m/s	1.5 m/s	0.4 m
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1.5 m/s	0.4 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0.7 m/s	0.2 m
— Otro tipo de buques	Limitaciones impuestas por las cargas de diseño de los muelles		

NOTAS:

$V_{10.1 \text{ min}}$ = Velocidad media del viento, correspondiente a 10 m de altura y ráfaga de 1 minuto.

$V_{c.1 \text{ min}}$ = Velocidad media de la corriente correspondiente a una profundidad del 50% del calado del buque, en un intervalo de 1 minuto.

H_s = Altura de la ola significativa del oleaje (para estudios de mayor precisión se considerará la influencia del periodo).

Longitudinal = Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actúan longitudinalmente, cuando su dirección está comprendida en el sector de $\pm 45^\circ$ con el eje longitudinal del buque.

Transversal = Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actúa longitudinalmente cuando su dirección está comprendida en el sector de $\pm 45^\circ$ con el eje transversal del buque.

(1) = Las condiciones se refieren al embarque y desembarque del pasaje.

(2) = Las condiciones se refieren a los límites para mantener una habitabilidad aceptable con el pasaje a bordo

1.4 PUNTOS DE CONTROL.

En este apartado se lleva a cabo la selección de los puntos de control en los que obtener los regímenes de oleaje a fin de verificar si se satisfacen las condiciones de operación requeridas.

Para ello se considerará una situación de servicio tal que se el máximo aprovechamiento de la línea de atraque, esa situación será aquella en la encuentren atracados buques de 300, 200 y 126 m de forma simultánea.



Dicha situación se refleja en la siguiente imagen:



En base a esta situación se definen 3 puntos de control, situados en los puntos medios de cada buque, medidos sobre la eslora, así considerando las distancias de resguardo entre ellos definidos en el presente anejo, con respecto al inicio del muelle, dichos puntos estarán situados a 175, 450 y 633 m respectivamente.

En lo que respecta a la distancia de dichos puntos con respecto al muelle, se medirán sobre este, dado que los desplazamientos verticales son máximos en el entorno de este al formarse las ondas estacionarias, como suma de la incidente y la reflejada.



1.4.1 REGIMENES DE OLAJE EN LOS PUNTOS DE CONTROL.

Una vez definidos los puntos de control se obtiene a partir del software MSP los datos de oleaje propagados desde profundidades indefinidas a los puntos de control establecidos.

De este modo se obtienen 300 datos de oleaje en cada uno de estos puntos, a fin de conservar información de cara al tratamiento estadístico a realizar para definir los regímenes de oleaje se aplica a este conjunto de datos, a través de software específico, una interpolación en base a funciones RBF (radial basis function), consiguiendo de este modo reconstruir una serie de datos con un volumen equivalente al original 534000 datos de estados de mar en cada uno de los puntos de control.



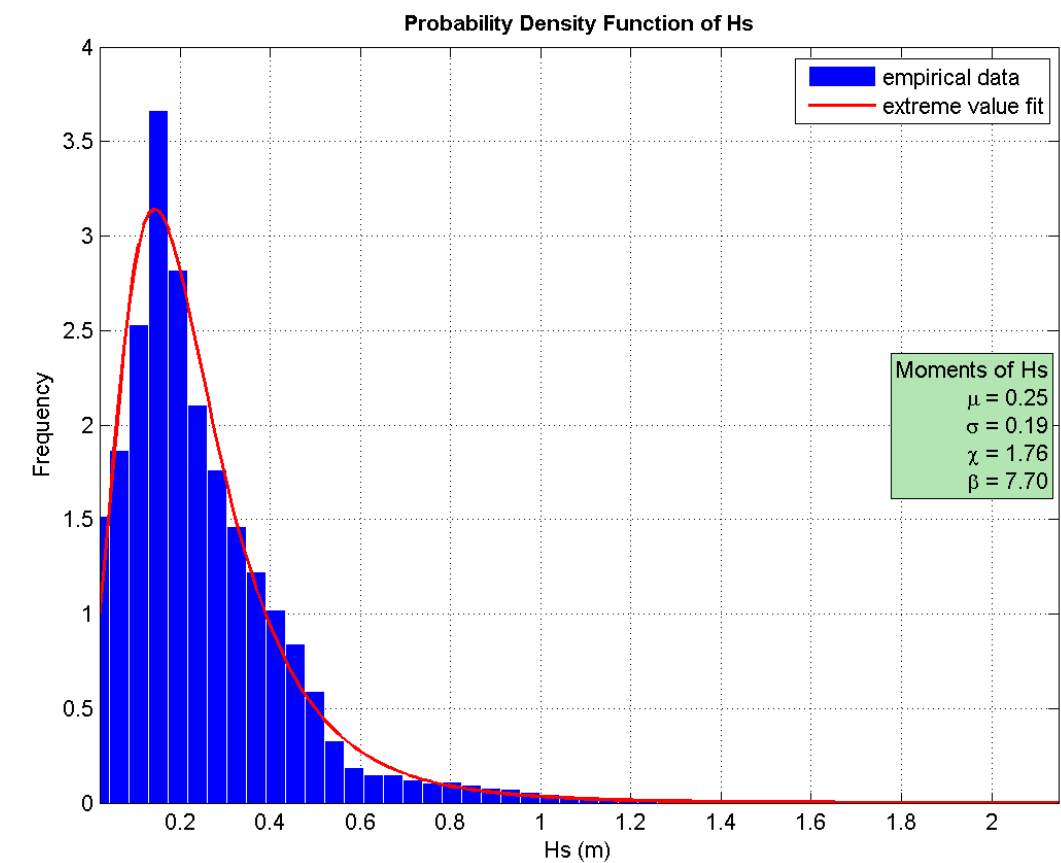
Dada la poca variabilidad del oleaje apreciada a lo largo del muelle se lleva a cabo el análisis estadístico solo sobre uno de los puntos de control considerados en MSP, dicho análisis estadístico se lleva a cabo con la herramienta AMEVA, facilitada por el Grupo de Ingeniería de Costas de la Universidad de Cantabria.

La serie de obtenida a partir de los 300 casos propagados es de 534000 datos de oleaje. A partir de dicha herramienta se obtiene el régimen medio en el interior del contorno portuario.

1.4.1.1 REGIMEN MEDIO.

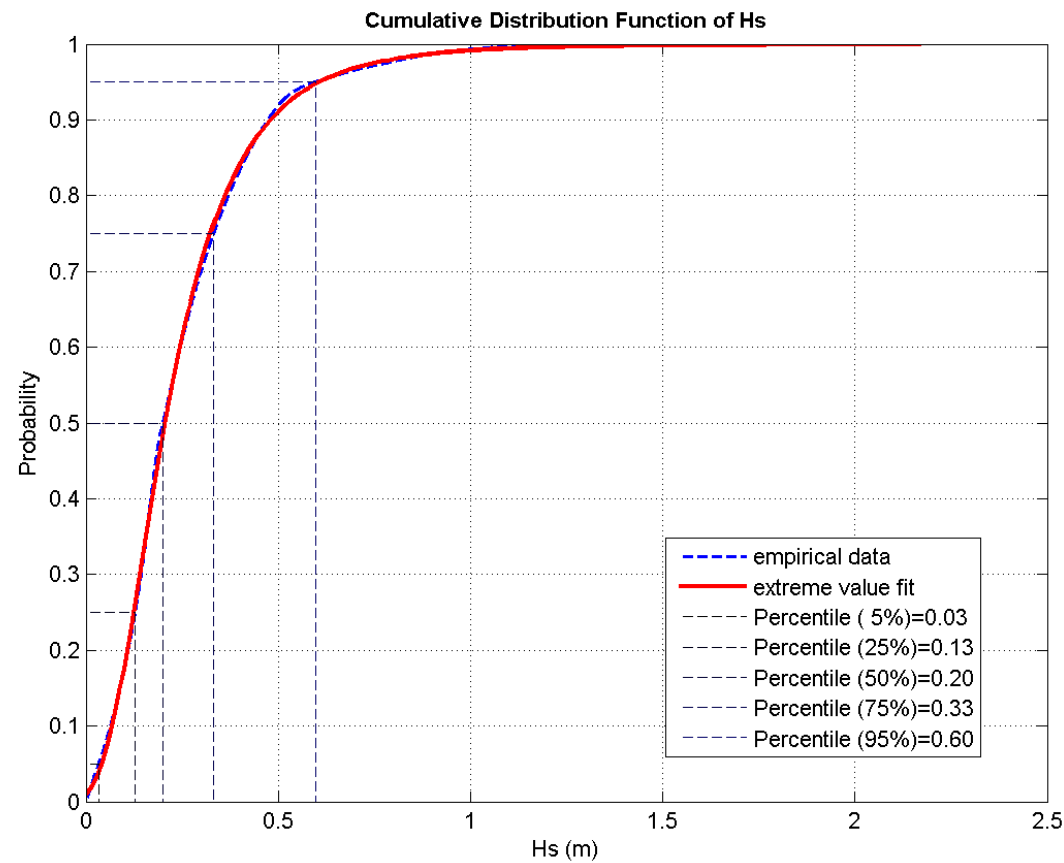
A continuación se presenta el régimen medio obtenido en el punto objetivo por efecto de la difracción del oleaje desde profundidades indefinidas hasta dicho punto, dadas las características de los diques planteados dicho régimen es el más energético y por ende el de mayor relevancia.

Analizando la serie datos completa, se deduce que la función que mejor ajuste presenta a dichos datos es la de valores extremos. A continuación, se presenta la función de densidad de probabilidad de dicha distribución estadística sobre el histograma de alturas de ola.





La función de distribución obtenida es la siguiente:



Los valores de los parámetros obtenidos para la definición de la función de distribución son:

$$\mu = 0.16099 ; \sigma = 0.11847 ; \xi = 0.15604$$

Sustituyendo dichos valores en la función de distribución se tiene:

$$P(Hs < Hs_i) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{Hs_i - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} = \exp \left\{ - \left[1 + 0.15604 \left(\frac{Hs_i - 0.16099}{0.11847} \right) \right]^{-1/0.15604} \right\}$$

De acuerdo al anejo: criterios generales y bases de diseño, en función del índice IREO la operatividad mínima será del 0.95, es decir podemos permitir una pérdida de operatividad durante 438 horas, unos 18 días al año.

Conocidos estos datos se obtiene que la altura de ola significativa asociada a dichas condiciones de operatividad, 0.61 m.

Debe definirse ahora el régimen medio transmitido al interior del contorno portuario a través de los diques, para ello debe definirse un valor del coeficiente de transmisión, definido en el anejo de diseño de la solución adoptada. Se tomará el valor medio los obtenidos para las diferentes secciones, 0.0323

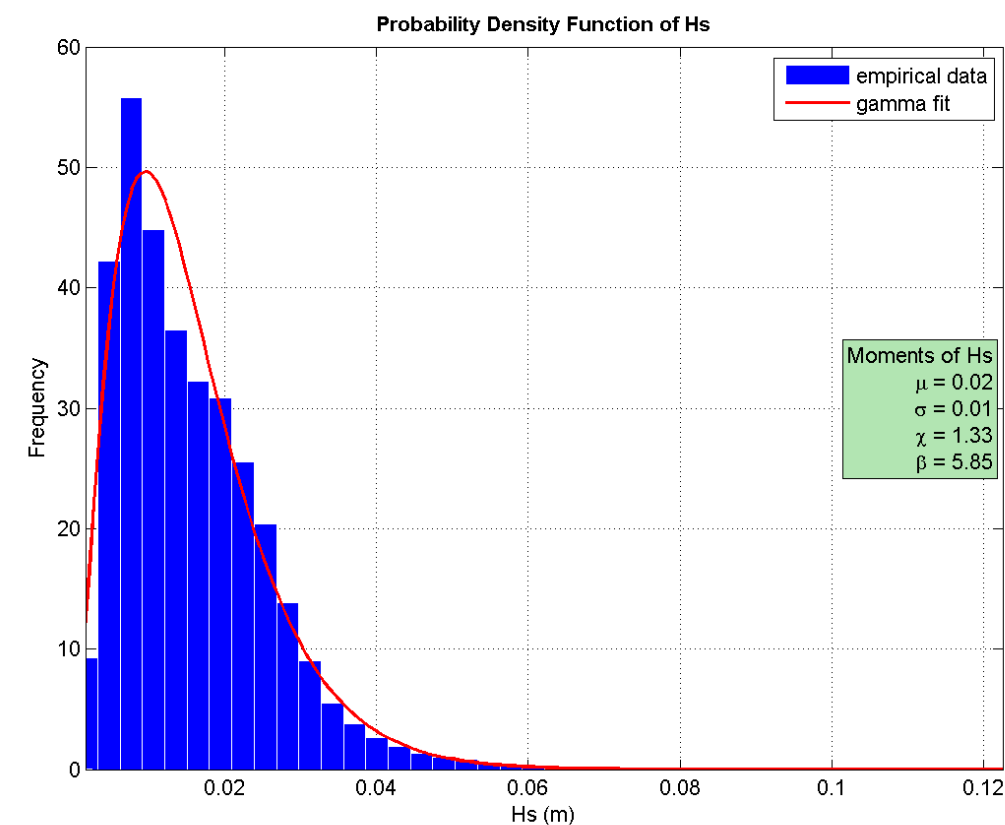
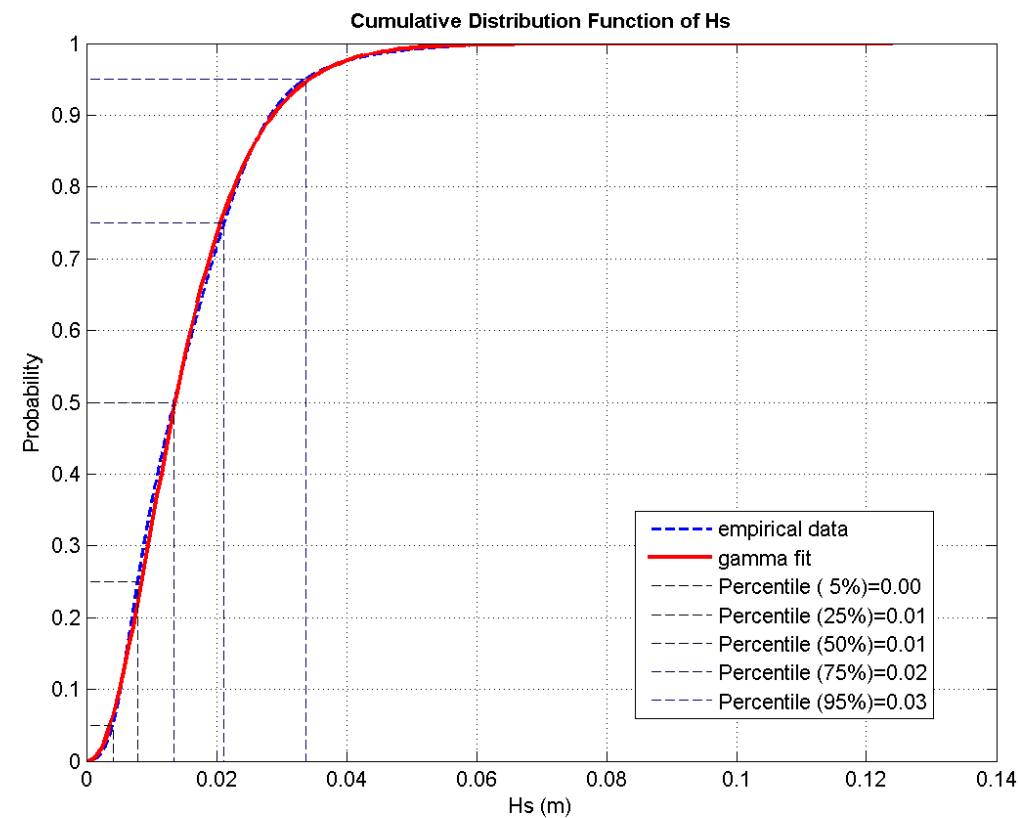
Dicho valor se aplicará a la base de datos de oleaje en indefinidas de 534000 datos, una vez hecho esto se define el régimen medio transmitido por efectos de rebase y transmisión frente al dique.

La función que mejor ajuste presenta a los datos de oleaje transmitido es la distribución Gamma:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\theta^k} * \frac{1}{\Gamma(k)} * Hs_i^{k-1} * e^{-Hs_i/\theta} ;$$

$$\rightarrow \int_0^{Hs_i} \frac{1}{0.0060931^{2.5655}} * \frac{1}{\Gamma(2.5655)} * Hs_i^{2.5655-1} * e^{-\frac{Hs_i}{0.0060931}} dx$$

A continuación, se presentan tanto la función de densidad de probabilidad como la función de distribución:



Sustituyendo se obtiene el valor de la altura de ola significativa que es excedida 438 horas al año, es decir, un 95% del tiempo. Dicho valor resulta 0.034 m, deben sumarse ahora los regímenes medios, debidos a ambos efectos, esto debe hacerse en términos energéticos:

$$H_{m0i} = 4 * \sqrt{m0_i} ; \rightarrow H_{m0total} = \sqrt{H_{m0transmision}^2 + H_{m0difraccion}^2}$$

$$H_{m0total} = 0.6109 \text{ m}$$

Puede comprobarse como la influencia del régimen medio debido a la trasmisión es mínima. Se compara ahora dicho valor con las condiciones límite de permanencia, atraque y paralización de operaciones, cuyos valores se presentan al inicio del presente anejo.

De esto puede extraerse lo siguiente:

- En lo relativo a las maniobras de atraque se asegura el cumplimiento de las condiciones límite de operación.
- En lo relativo a la paralización de operaciones, se aseguran condiciones de operación para grandes buques, conforme se reduce la entidad de las embarcaciones, las condiciones de operación en términos netos se vuelven más estrictas y no puede asegurarse su cumplimiento durante el periodo de tiempo considerado.
- Con respecto a la permanencia pueden asegurarse las condiciones de operación de grandes buques.



1. ANEJO Nº14 – CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.



1	. ANEJO Nº14 – CRITERIOS GENERALES Y BASES DE DISEÑO.....	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO.....	2
1.2.1	INTRODUCCION.	2
1.2.2	DEFINICION DE TRAMOS Y SUBTRAMOS.	2
1.2.3	CARÁCTER DE LA OBRA.	2
1.2.3.1	CARACTER GENERAL.	2
1.2.3.2	CARÁCTER OPERATIVO.....	5
1.2.4	METODO DE VERIFICACION.....	6



1.1 INTRODUCCION.

La función principal de las obras de abrigo de un puerto es la de proveer unas condiciones tales que permitan la operación en dicho puerto ante la acción del clima marítimo, acción climática que será función de la ubicación.

Dichas condiciones de operación vendrán definidas por la capacidad del puerto para dar servicio a distintas tipologías de embarcación.

Así para un clima marítimo dado, ya analizado, una batimetría, que condiciona los fenómenos de transformación del oleaje en su aproximación a la costa, y un diseño portuario, que define la respuesta a la acción climática actuante, se deben definir las tipologías de embarcación a las que dar servicio y comprobar que se dan las condiciones de operación exigidas por estas.

Esto es lo que comprende el análisis de agitación interior, llevado a cabo en el presente anejo.

1.2 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO.

1.2.1 INTRODUCCION.

Se hace necesario establecer unos criterios de proyecto que respondan a los requisitos de seguridad, servicio y explotación del puerto para la actuación que nos ocupa, ampliación del Puerto de Almería.

Estos requisitos se traducen en unos niveles de fiabilidad, funcionalidad y operatividad que la obra en su conjunto (y todos sus tramos o elementos) debe verificar en todas las fases de proyecto: estudios previos y anteproyecto, proyecto de construcción, construcción, servicio, mantenimiento y reparación y, en su caso, desmantelamiento.

Los criterios generales de proyecto se emplean para definir y verificar una situación de proyecto. En el proyecto de las obras marítimas, se consideran los siguientes criterios generales:

- Los tramos de obra y los intervalos de tiempo.
- La temporalidad y vida de proyecto.
- El carácter de la obra.
- Las condiciones de trabajo.
- El procedimiento de verificación y cálculo.
- Probabilidad conjunta de fallo y operatividad.

1.2.2 DEFINICION DE TRAMOS Y SUBTRAMOS.

A este respecto, se entiende por tramo o parte de una obra marítima, al conjunto de secciones de la misma que cumplen, solidariamente, una función específica y relevante de los objetivos de la totalidad de la obra, están sometidos a los mismos niveles de acción de los agentes actuantes y forman parte de la misma tipología formal y estructural.

A efectos del presente proyecto, en lo que respecta a repercusión del mismo, niveles de funcionalidad y operatividad, se considerará como un único conjunto.

1.2.3 CARÁCTER DE LA OBRA.

1.2.3.1 CARACTER GENERAL.

De acuerdo a la ROM 0.0, recomendaciones obras marítimas, definición y caracterización de la situación y los factores de proyecto, procedimientos generales, se determina el carácter general de la obra.

Siendo el carácter general de la obra una medida de la repercusión económica, social y ambiental producida como consecuencia de la pérdida de funcionalidad o destrucción de esta.



Dicho carácter general se determina según dicho documento normativo a partir de los siguientes índices:

- Índice de repercusión económica, IRE.
- Índice de repercusión social y ambiental, ISA.

1.2.3.1.1 INDICE DE REPERCUSION ECONOMICA, IRE.

Según la ROM 0.0: Valora cuantitativamente las repercusiones económicas por reconstrucción de la obra, C_{RD} , y por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con ella, C_{RI} , previsibles, en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la misma.

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0}$$

Según el artículo 2.11 de la ROM 0.0: cálculo de los Índices de Repercusión se procede al cálculo:

- Coste C_{RD} : Coste de inversión de las obras de reconstrucción de la obra marítima a su estado previo, en el año en que se valoren los costes por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra. A falta de estudios de detalle, simplificada, podrá considerarse que este coste es igual a la inversión inicial debidamente actualizada al año citado.

En base a esto y de acuerdo al Anuncio previo de licitación de la Autoridad Portuaria de Almería, sobre la ejecución de la obra de Dique Exterior, Fase Primera, en el Puerto de Almería, se tiene que el coste estimado por la Autoridad Portuaria de Almería para dicho elemento es de 28 M€

- Coste C_{RI} : Repercusiones económicas por cese e influencia de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra, ya sean oferentes de servicios creados tras su puesta en servicio o demandantes y causadas por daños en los bienes defendidos. Se valorará en términos de pérdida de Valor Añadido Bruto (VAB), a precios de mercado durante el periodo que se estime dure la reconstrucción, tras la destrucción o pérdida de operatividad de la obra,

considerando que ésta se produce una vez consolidadas las actividades económicas directamente relacionadas con la obra.

A falta de estudios de detalle se obtendrá en relación al parámetro económico de adimensionalización C_0 .

- Parámetro económico de adimensionalización, C_0 : Su valor depende de la estructura económica y del nivel de desarrollo económico del país donde se vaya a construir la obra, variando, en consecuencia, con el transcurso del tiempo, tomándose, en España, para el año horizonte en los que se valoran los costes C_{RD} y C_{RI} , $C_0 = 3$ M€.

Así puede considerarse C_{RI} del siguiente modo, a través de su relación con C_0 :

$$\frac{C_{RI}}{C_0} = C * (A + B)$$

Siendo:

- Coeficiente del ámbito del sistema, (A): valora el ámbito del sistema económico y productivo al que sirve la obra marítima.
- Coeficiente de la importancia estratégica, (B): se refiere a la importancia estratégica del sistema económico y productivo.
- Coeficiente de la importancia económica, (C): considera la importancia de la obra para el sistema económico y productivo al que sirve.

El sistema económico y productivo al que sirve el puerto de Almería y concretamente la futura ampliación de acuerdo al estudio económico incluido en el presente proyecto, tiene carácter nacional, luego el coeficiente del ámbito del sistema será $A=5$.

En lo que respecta a la importancia estratégica del sistema económico al que sirve y de acuerdo a lo establecido en el estudio económico realizado puede considerarse como relevante, es decir $B=2$.



En lo que respecta a la importancia de la obra para el sistema productivo al que sirve, puede considerarse como esencial, ya que supone la principal obra de abrigo de la nueva línea de atraque, esto es, $C=2$.

Puede ahora calcularse el IRE:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} = \frac{C_{RD}}{C_0} + \frac{C_{RI}}{C_0} = \frac{28}{3} + 2 * (5 + 2) = 23.3$$

Es decir $IRE = 23.3 > 20$ repercusión económica alta.

1.2.3.1.2 ÍNDICE DE REPERCUSIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL, ISA.

Estima de manera cualitativa el impacto social y ambiental esperable en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de, (1) pérdidas de vidas humanas, (2) daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico-artístico y (3) de la alarma social generada, considerando que el fallo se produce una vez consolidadas las actividades económicas directamente relacionadas con la obra.

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i$$

Siendo:

- ISA_1 : subíndice de posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas
- ISA_2 : subíndice de daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico-artístico
- ISA_3 : subíndice de alarma social.

Su cálculo se lleva a cabo del mismo modo que en el caso del IRE se realiza según el artículo 2.11 de la ROM 0.0.

- ISA_1 : bajo (3), la pérdida de vidas humanas es posible pero poco probable (accidental), afectando a pocas personas.
- ISA_2 : en función de la posibilidad, persistencia e irreversibilidad de daños en el medio ambiente o en el patrimonio histórico-artístico, se considerará medio (4), daños importantes pero reversibles (en menos de cinco años) o pérdidas de elementos significativos del patrimonio.
- ISA_3 : en función de la intensidad de la alarma social generada, se considerará bajo (0).

Luego el índice ISA resulta:

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i = 3 + 4 + 0 = 7$$

De acuerdo a lo anterior puede definirse la obra como S_2 , obras con repercusión social y ambiental baja

1.2.3.1.3 VIDA UTIL.

Conocido el IRE, índice de repercusión económica, la ROM 0.0 establece el valor de la vida útil, en la tabla 2.1, estableciendo para aquellas actuaciones con IRE superior a 20, como es nuestro caso, 50 años de vida útil mínima.

IRE	≤ 5	6 - 20	> 20
Vida útil en años	15	25	50



1.2.3.1.4 PROBABILIDAD DE FALLO.

- la probabilidad conjunta de fallo frente a estados límites últimos no podrá exceder los siguientes valores, según la tabla 2.2 de la ROM 0.0

ISA	< 5	5 -19	20 -29	³ 30
P_{fLU}	0.20	0.10	0.01	0.0001
$\frac{P_{fLU}}{P_{fLS}}$	0.84	1.28	2.32	3.71

por lo tanto, para el caso que nos ocupa, ISA =7, la probabilidad de fallo frente a estados límites últimos es de 0.1

- la probabilidad conjunta de fallo frente a estados límites de servicio no podrá exceder los siguientes valores, según la tabla 2.3 de la ROM 0.0

ISA	< 5	5 -19	20 -29	³ 30
P_{fLS}	0.20	0.10	0.07	0.07
$\frac{P_{fLS}}{P_{fLU}}$	0.84	1.28	1.50	1.50

de igual modo que en el caso anterior, con ISA =7, la probabilidad de fallo frente a estados límite de servicio no podrá exceder el 0.1

1.2.3.2 CARÁCTER OPERATIVO.

Las repercusiones económicas y los impactos social y ambiental que se producen cuando una obra marítima deja de operar o reduce su nivel de operatividad se valoran por medio de su carácter operativo. Éste se evaluará seleccionando de entre todos los modos de parada operativa, aquél que proporcione el mínimo de servicio.

El carácter operativo de la obra se determina para cada tramo de obra a partir de los índices de Repercusión Económica Operativo (IREO) y de Repercusión Social y Ambiental Operativo (ISAO).

1.2.3.2.1 ÍNDICE DE REPERCUSIÓN ECONÓMICA OPERATIVO, IREO.

Debido a la dificultad de valorar cuantitativamente los costes ocasionados por la parada operativa de una obra marítima, éstos se estiman cualitativamente a través del índice de repercusión económica operativo, IREO, teniendo en cuenta:

- (D): La simultaneidad del período de la demanda afectado por la obra y del período de severidad del agente que define el nivel de servicio: No simultáneos (0), Simultáneos (5). Se considerará Simultaneidad entre el periodo de demanda y el periodo de severidad del agente, D=5.
- (E): La intensidad de uso de la demanda en el período de tiempo considerado: Poco Intensivo (0), Intensivo (3), Muy Intensivo (5), se considerará poco intensivo, es decir, E=0.
- (F): La adaptabilidad de la demanda y del entorno económico al modo de parada operativa: Alta (0), Media (1), Baja (3), se considerará adaptabilidad baja, esto es, F=3.

El IREO según la ROM 0.0 se calcula según la siguiente expresión:

$$IREO = F * (D + E)$$

Sustituyendo se obtiene un IREO = 15, obra con repercusión económica operativa media.

1.2.3.2.2 ÍNDICE DE REPERCUSIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL OPERATIVO, ISAO.

Estima de manera cualitativa la repercusión social y ambiental esperable, en el caso de producirse un modo de parada operativa de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de: (1) pérdidas de vidas humanas, (2) daños en el medio ambiente y el patrimonio histórico-artístico y (3) la alarma social generada.



La definición del siguiente índice es idéntica a la del ISA, considerando en este caso un modo de parada operativo en lugar de un modo de fallo. Como es de prever, al menos a priori, que dicha parada no tenga ningún tipo de afección del tipo de las consideradas en el ISAO será 0, es decir, obra sin repercusión social y ambiental significativa.

1.2.3.2.3 OPERATIVIDAD MINIMA.

Según la tabla 2.4 de la ROM 0.0 se tiene:

IREO	≤ 5	6 - 20	> 20
Operatividad, $r_{f,ELO}$	0.85	0.95	0.99
$r_{f,ELO}$	1.04	1.65	2.32

Con un índice de repercusión económica operativo, IREO = 15, la operatividad mínima será de 0.95.

1.2.3.2.4 NÚMERO MEDIO DE PARADAS.

En el intervalo de tiempo que se especifique para aquellos casos en los cuales no haya sido especificado a priori, el número medio de ocurrencias será el siguiente:

ISAO	< 5	5 - 19	20 - 29	≥ 30
Número	10	5	2	0

Con un Índice de repercusión social y ambiental operativo, ISAO = 0 el número medio de paradas será de 10.

1.2.3.2.5 DURACION MAXIMA DE UNA PARADA.

La duración máxima probable expresada en horas, una vez producida la parada, no podrá exceder el valor de la tabla 2.6 de la ROM 0.0, que se muestra a continuación:

IREO	ISAO			
	< 5	5 - 19	20 - 29	20
≤ 5	24	12	6	0
6 - 20	12	6	3	0
≥ 20	6	3	1	0

Para los valores de IREO e ISAO considerados, la duración de cada parada no podrá exceder las 12 horas.

1.2.4 METODO DE VERIFICACION.

En la tabla 4.6 de la ROM 0.0, se recomiendan los siguientes métodos para verificar o comprobar los requisitos de seguridad, servicio y explotación de una alternativa de proyecto frente a un modo de fallo o de parada operativa, en función del carácter general del tramo de obra:

IRE	ISA			
	s_1	s_2	s_3	s_4
r_1	[1]	[2]	[2] y [3] o [4]	[2] y [3] o [4]
r_2	[2]	[2]	[2] y [3] o [4]	[2] y [3] o [4]
r_3	[2] y [3] o [4]	[2] y [3] o [4]	[2] y [3] o [4]	[2] y [3] o [4]

Luego de acuerdo a los índices obtenidos en el presente anejo, IRE alto e ISA bajo, los métodos de verificación serán los 2 y 3 ò 4.



1. ANEJO Nº15 – DISEÑO SOLUCION ADOPTADA.



1	. ANEJO Nº15 – DISEÑO SOLUCION ADOPTADA.....	1
1.1	introduccion.....	2
1.2	DIQUE EXTERIOR.....	2
1.2.1	predimensionamiento.....	2
1.2.2	dimensionamiento FUNCIONAL.....	4
1.2.2.1	transmision	5
1.2.2.2	rebase.	7
1.2.2.3	reflexion	10
1.2.3	dimensionamiento ultimo.....	11

1.2.3.1	definicion de la ley de presiones.	12
1.2.3.2	materiales.....	18
1.2.3.3	estabilidad del conjunto cajon-espaldón.....	18
1.2.3.4	diseño de elementos singulares	22
1.3	contradique.....	25
1.3.1	PREDIMENSIONAMIENTO.	25
1.3.2	DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.	26
1.3.2.1	RUN-UP y run down.	26
1.3.2.2	TRANSMISION	29
1.3.2.3	REBASE.	30
1.3.2.4	REFLEXION.....	33
1.3.3	DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.	34
1.3.3.1	TRANSMISION.	34
1.3.3.2	estabilidad de LOS mantoS principalES.	35
1.3.3.3	manto secundario.	42
1.3.3.4	nucleo.....	42
1.3.3.5	RESUMEN DE LOS MANTOS DEFINIDOS.	42
1.3.3.6	berma inferior exterior.	43
1.3.3.7	analisis del espaldon.	46



1.1 INTRODUCCION.

En el presente anejo se lleva a cabo el dimensionamiento de la solución planteada, para la completa definición de esta se plantea el predimensionamiento, dimensionamiento en servicio y dimensionamiento último de los diques planteados, dique exterior y contradique, vertical y en talud respectivamente.

Para la definición de estos se plantea su discretización en varias secciones donde llevar a cabo las distintas comprobaciones.

1.2 DIQUE EXTERIOR.

Para la discretización del dique exterior se consideran tres secciones, en el arranque, punto medio y final, a fin de considerar las distintas profundidades de trabajo que se dan frente al dique.

En la siguiente tabla se muestran los datos relativos a distancia al origen y cota batimétrica de las secciones consideradas:

Distancia al origen (Pk)	Cota batimétrica (m)
0+000	19,589
0+422,34	29,706
0+886,61	31,461

Dadas, no solo las profundidades que se manejan a lo largo de la alineación del dique, sino la longitud de este, en el entorno de los 850 m, se opta por un dique vertical, dado que el volumen de aporte de material en el caso de la ejecución de un dique en talud sería muy elevado.

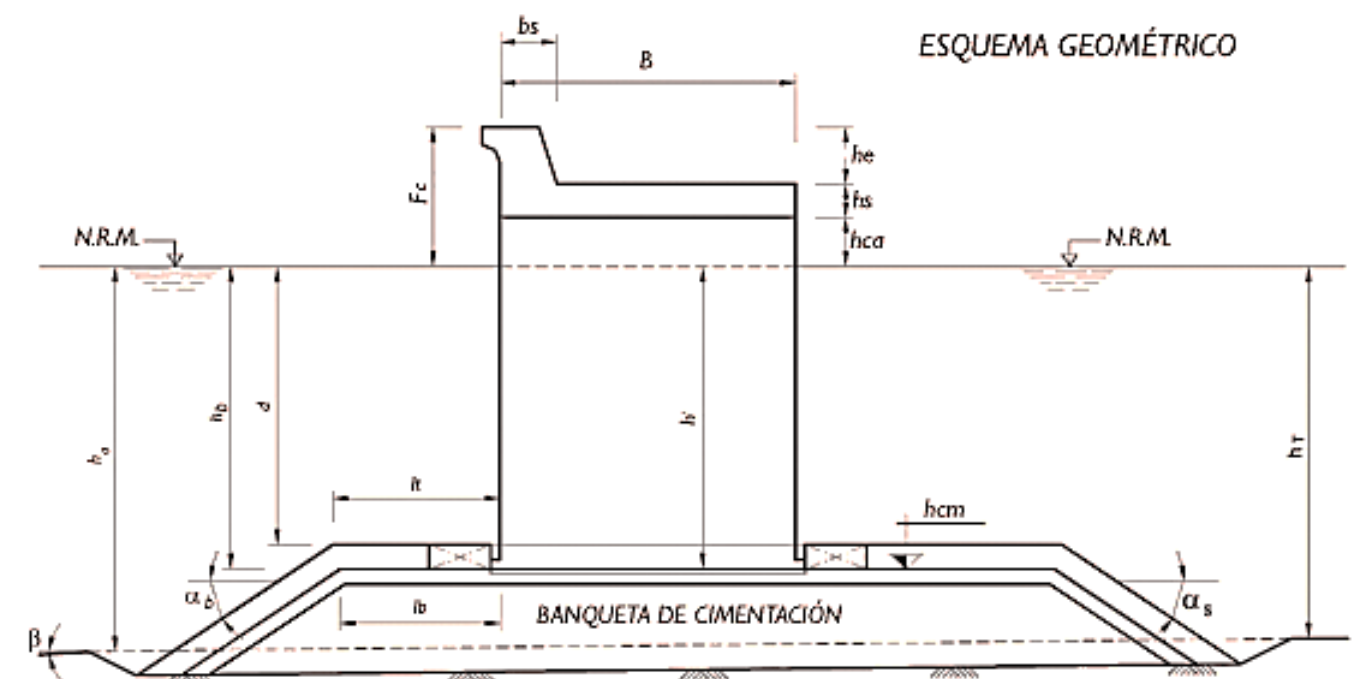
Además, considerando las profundidades de trabajo y las características del oleaje en el emplazamiento analizado, no es esperable la rotura del oleaje frente al dique vertical, efecto este crítico y propio de esta tipología de dique.

Otro fenómeno crítico asociado a esta tipología de dique es el rebase producido, dado que dicho dique se plantea como exento, los efectos del rebase no son tan preponderantes, si bien es cierto que dicho efecto se va a limitar con objeto de disminuir la transmisión energética, por rebase, al interior.

1.2.1 PREDIMENSIONAMIENTO.

Con objeto de definir unas primeras dimensiones, aproximadas, sobre las que iniciar el diseño y comprobación de los distintos condicionantes, funcionales y últimos, se recurre a lo establecido en la ROM 1.09-0.9 en su sección 2.2.3.1 Dique vertical.

La definición geométrica establecida en dicho documento es la siguiente:





asimismo, recomienda el cumplimiento de las siguientes condiciones:

$$\frac{d}{h} \geq 0,85$$
$$\frac{l_t}{L} < \frac{1}{20}$$
$$\frac{H_I}{L} \leq \left(0,11 + 0,03 \frac{1-K_R}{1+K_R}\right) \tanh \frac{2\pi h}{L}$$
$$H_* = (1+K_R) H_I$$

donde H* es una altura de ola a pie de dique, pero en presencia de él, representativa de un estado meteorológico de condiciones de trabajo extremas, h es la profundidad de agua a pie de dique y d es la altura de agua sobre la berma. H_I es la altura de ola del tren incidente y que debe ser representativa de las alturas mayores en el estado.

Así conocida la variación del nivel del mar, la batimetría, y el oleaje incidente sobre el dique se tienen unas primeras dimensiones:

- Altura de dique sumergido, medida sobre la berma: d
- Longitud de la banquetta de cimentación al pie del cajón l_t

Además, y considerando la posibilidad de rotura del oleaje frente al paramento dicho documento establece un primer valor de predimensionamiento del ancho a partir de la siguiente relación:

$$\frac{B}{H_*} \sim 1,5$$

En caso de no producirse rotura del oleaje frente al paramento vertical del dique dicho documento establece la siguiente relación:

$$\frac{B}{H_*} \sim 1,0$$

Así como valores extremos del ancho del dique se obtienen 16.28 y 10.85 m, por lo que para el predimensionamiento se consideraran 15 m, que deberán verificarse ante los distintos estados límite considerados

En lo que respecta al comportamiento frente a rebase de la estructura, destacar que, en el caso del dique exterior, el que nos ocupa, al ser exento no es prioritario en términos de caudal y velocidad de rebase, dado que no ofrece protección directa frente a inundación a elementos situados tras este.

Si bien es cierto que se toma dicho efecto como condicionante en el dimensionamiento a fin de disminuir la transmisión de energía al interior del contorno portuario a través del fenómeno de rebase.

A tal efecto la ROM 1.0-0.9 establece como condición al predimensionamiento para diques irrebasables la siguiente:

$$\frac{F_c}{H_*} > 0,50$$

Aplicando a las distintas secciones mencionadas anteriormente los distintos condicionantes presentados en el presente apartado se obtienen las siguientes dimensiones de predimensionamiento para las distintas secciones.

	distancia al origen	cota batimétrica	mareas (meteorológica+ astronómica)+incremento nivel del mar (cm)	profundidad de cálculo (h)	profundidad de cálculo de la banquetta(d)	altura de la banquetta	relación d/h
sección 1	0+000	19,589	218,216	21,771	19,000	2,771	0,873
sección 2	0+422,34	29,706	218,216	31,888	19,000	12,888	0,596
sección 3	0+886,61	31,461	218,216	33,643	19,000	14,643	0,565



Conviene en este punto destacar, como se deduce de la tabla anterior, un aspecto relacionado con la configuración del dique exterior. Ante el dimensionamiento de toda obra lineal debe plantearse la evolución de la sección transversal respecto al eje longitudinal, en este caso concreto, debe decidirse entre la disposición de cajones de altura variable, a fin de mantener la relación entre altura de berma y altura de cajón, a fin de minimizar volúmenes de material, debiendo resolver la interacción entre las distintas alturas de berma o mantener la altura de cajón constante variando la altura de la berma, solución esta finalmente adoptada.

Destacar que, en el caso de la aplicación de la segunda condición para el predimensionamiento, se ha considerado un régimen extremal, estacionario escalar, de oleaje, asociado a la probabilidad de fallo admisible considerada ,0.1.

Además, en cuanto a la relación periodo altura de ola, a partir de los datos de oleaje se ha utilizado la siguiente relación:

$$T_p = 5.397 * H_s^{0.434}$$

Obteniéndose los siguientes resultados:

	distancia al origen (m)	cota batimétrica (m)	altura significativa Hs (m)	Periodo pico Tp (s)	longitud de onda (m)	longitud de berma (m)	relación lt/L
sección 1	0+000	19,589	5,867	11,632	151,569	8,000	0,053
sección 2	0+422,34	29,706	5,867	11,632	173,212	9,000	0,052
sección 3	0+886,61	31,461	5,867	11,632	176,118	9,000	0,051

Con respecto a la 3ª condición planteada, la desigualdad se cumple para el coeficiente de reflexión considerado Kr=0.85, así para este valor del coeficiente de reflexión la altura de ola frente al paramento del dique vertical, formada por la onda estacionaria, es de 10.854 m.

En base a este dato la ROM 1.0-0.9 plantea el predimensionamiento del ancho del dique, con valores comprendidos entre 10.854 y 16.281 m, 1 y 1.5 veces, respectivamente la altura de ola formada frente al paramento, distinguiendo entre aquellos casos en lo que es esperable o no la rotura del oleaje frente al dique.

Con respecto a la última condición planteada, relativa al francobordo a disponer para conseguir la irrebasabilidad del dique, destacar que a tal efecto el francobordo debe ser mayor de 5.43 m.

1.2.2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

En este apartado se lleva a cabo el análisis funcional del dique sometido a la acción marina, para dicho análisis será necesario definir el régimen de oleaje actuante sobre dicho dique, para el análisis en servicio se definen unas solicitudes propias del régimen medio, cuya probabilidad de excedencia viene definida en función de los índices IRE e ISA.

De acuerdo al anejo: criterios generales y bases de diseño, en función del índice IREO la operatividad mínima será del 0.95, es decir podemos permitir una pérdida de operatividad durante 438 horas, unos 18 días al año.

Para el caso que nos ocupa la operatividad, la funcionalidad debe definirse sobre el punto objetivo de propagación, el considerado para la comprobación de la agitación interior del oleaje, es decir, debe definirse un alzado (dado que el efecto de la planta de considera en la propagación del oleaje al interior del contorno portuario) tal que en el punto objetivo de un régimen de oleaje que junto al obtenido por difracción, permitan obtener unos valores de operatividad para una determinada altura de ola admisibles.



De acuerdo a lo establecido en el anejo de clima marítimo el régimen medio escalar en profundidades indefinidas se ajusta a una distribución de Weibull, cuya expresión es la siguiente:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^{\beta} \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x + 0.03394}{1.145} \right)^{1.473} \right]$$

Conocido el régimen medio debido a la difracción del oleaje hasta el punto objetivo, busco minimizar la transmisión energética debida a la transmisión, para ello consideraré para el dimensionamiento funcional una altura de ola significativa cuya probabilidad de excedencia sea de 1 día al año.

Es decir que considerare sobre el régimen medio en indefinidas, actuante al pie del dique exterior, una probabilidad de excedencia del 0.3%, equivalente a la excedencia durante un día al año, esto es en términos de no excedencia una probabilidad de 0.9970, obteniendo una altura de ola significativa de diseño funcional de 3.902 m

En lo que respecta al nivel del mar, de acuerdo a lo establecido en el anejo correspondiente, se tendrán en cuenta la marea meteorológica, astronómica, y el efecto del aumento del nivel del mar consecuencia del cambio climático al año horizonte, 2050.

Resultando un incremento del nivel del mar sobre la cota batimétrica de 2.1822 m.

1.2.2.1 TRANSMISION

Se considera el fenómeno de transmisión como aquel en el que la onda incidente rebasa el dique cediendo la energía de la onda incidente, exterior, al interior del dique, a la zona protegida, generando agitación interior, es decir, en la zona protegida.

Dicho efecto se expresa suele expresarse en la literatura técnica como cociente de alturas de ola, incidente y transmitida, o bien en términos energéticos como la raíz del cociente de energías, incidente y transmitida.

$$K_T = \frac{H_T}{H_i} = \sqrt{\frac{E_T}{E_i}}$$

Los parámetros que gobiernan dicho efecto son:

- Geometría estructural.
- Altura de coronación medida sobre el nivel del mar en calma, francobordo.
- Anchura de coronación.
- Columna de agua.
- Altura y periodo del oleaje incidente.

Tanimoto et al. (1987) define el coeficiente de transmisión a partir de los fenómenos de transmisión a través del propio dique y de rebase:

$$K_T = \sqrt{K_{TT}^2 + K_{TO}^2}$$

La transmisión de oleaje al interior del contorno portuario debido a este efecto tiene origen en el impacto de la masa de agua que rebasa el dique contra el agua de la zona abrigada por el dique, el factor que gobierna dicho es el francobordo.

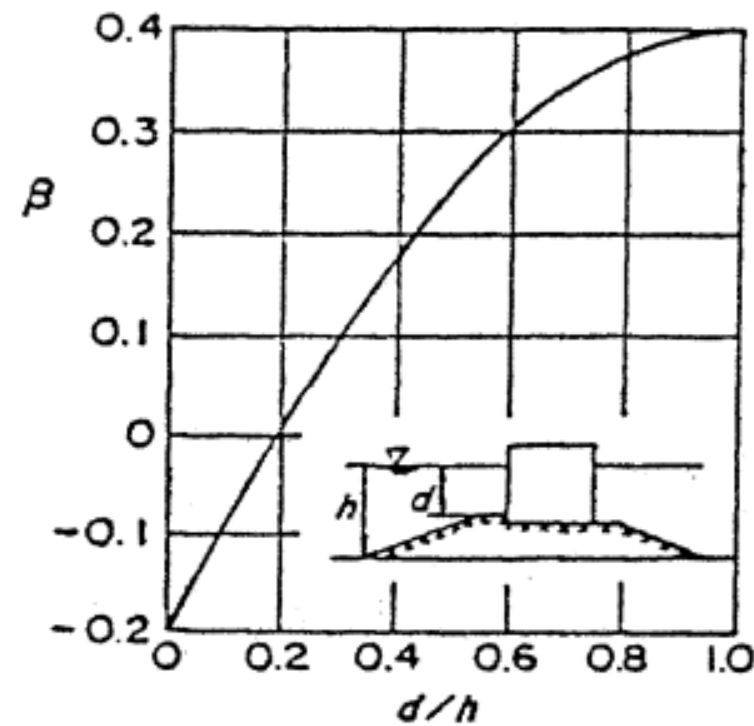
Goda propone la siguiente expresión para la cuantificación del coeficiente de transmisión en el caso de la acción de oleaje regular.



$$K_T = \frac{H_t}{H_i} = \begin{cases} \sqrt{0.25 \left[1 - \sin \frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{R_c}{H_i} + \beta \right) \right]^2 + 0.01 * \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right)^2} & \text{si } \beta - \alpha < \frac{R_c}{H_i} < \alpha - \beta \\ 0.1 * \left(1 - \frac{h'}{h_s} \right) & \text{si } \frac{R_c}{H_i} \geq \alpha - \beta \end{cases}$$

Siendo

- α : constante cuyo valor es 2.2
- β : constante cuyo valor se deduce de la siguiente figura.
- h' : altura de agua de cálculo medida con respecto al pie del cajón.



Para su aplicación a situaciones de oleaje irregular como el que nos ocupa la literatura técnica establece el uso de H_s del estado de mar como valor de oleaje incidente sobre la estructura H_i .

Se procede ahora a la aplicación de lo anterior a las diferentes secciones de cálculo consideradas y bajo la acción de las condiciones de cálculo en servicio, es decir, nivel de mar y altura de ola generada por régimen de oleaje medio

La altura de ola significativa correspondiente a un régimen medio de oleaje escalar asociado a una probabilidad de excedencia del 0.3% es de 3.902 m.

Francobordo	Altura de ola incidente	β		
7	3,90	0,38	PRIMER CASO	
Profundidad de cálculo de la coronación de la berma (d)	Profundidad de cálculo (h)	K_t	Altura de ola transmitida	SECCION 1
19	21,771163	0,013	0,050	
Francobordo	Altura de ola incidente	β		
7	3,901615623	0,38	PRIMER CASO	
Profundidad de cálculo de la coronación de la berma (d)	Profundidad de cálculo (h)	K_t	Altura de ola transmitida	SECCION 2
19	31,888163	0,040	0,158	
Francobordo	Altura de ola incidente	β		
7	3,901615623	0,38	PRIMER CASO	
Profundidad de cálculo de la coronación de la berma (d)	Profundidad de cálculo (h)	K_t	Altura de ola transmitida	SECCION 3
19	33,643163	0,044	0,170	



Con un francobordo de 7 m se consiguen valores de Kt mínimos, tales que, para la situación de cálculo considerada, es decir, el fallo bajo la acción de un régimen medio de oleaje los valores de Kt conseguidos son del orden de 0.01, dando lugar a una altura de ola tras el dique exterior por efecto de la transmisión del orden de 10 cm.

Además, para esta relación de francobordo altura de ola incidente la transmisión por efecto del rebase se disminuye casi al mínimo, produciéndose en mayor medida la transmisión a través de la cimentación del cajón

Debe definirse ahora el régimen medio transmitido al interior del contorno portuario, para ello debe definirse un valor de Kt, se tomará el valor medio los obtenidos para las diferentes secciones, 0.0323

Dicho valor se aplicará a la base de datos de oleaje en indefinidas de 534000 datos, una vez hecho esto se define el régimen medio transmitido por efectos de rebase y transmisión frente al dique, dado que la formulación utilizada refleja ambos efectos.

La función que mejor ajuste presenta a los datos de oleaje transmitido es la distribución Gamma:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\theta^k} * \frac{1}{\Gamma(k)} * x^{k-1} * e^{-x/\theta};$$
$$\rightarrow \int_0^x \frac{1}{0.0060931^{2.5655}} * \frac{1}{\Gamma(2.5655)} * x^{2.5655-1} * e^{-\frac{x}{0.0060931}} dx$$

La media de la distribución obtenida es de 0.016 m, se consigue por tanto el objetivo planteado, reducir al mínimo la altura de ola transmitida por este efecto. La distribución obtenida es tal que para las condiciones de operatividad necesarias es suficiente, validando el diseño planteado, este cálculo se desarrolla con mayor detalle en el anejo: análisis de la agitación interior.

1.2.2.2 REBASE.

Se comprueba ahora el rebase producido en servicio en presencia del francobordo de 7 metros obtenido.

1.2.2.2.1 CAUDAL DE REBASE.

Para la obtención de dicho rebase se aplica lo establecido en el EurOtop, Manual on wave overtopping of sea defences and related structures.

De acuerdo a este manual se considera que existe influencia del fondo frente al dique, dada la relación entre la profundidad de dique sumergido y la altura total de agua, en todos los casos por encima o muy próximos al límite de 0.6 marcado por dicho documento, puede establecerse también que no existe influencia de la berma.

Se comprueba ahora si se dan condiciones impulsivas de rebase a partir de la siguiente expresión:

$$\frac{h^2}{H_{m0} L_{m-1,0}} > 0.23 \text{ no impulsivas}$$

$$\frac{h^2}{H_{m0} L_{m-1,0}} \leq 0.23 \text{ impulsivas}$$

Siendo:

- H_{m0} : altura de ola significativa



- $L_{m-1,0}$: longitud de onda en profundidades indefinidas
- h : nivel del mar de cálculo, medido con respecto al fondo

los valores de longitud de onda en indefinidas se hallan a partir de la siguiente expresión:

$$L_{m-1,0} = \frac{g T^2}{2\pi}$$

El periodo a considerar es el obtenido a partir de la siguiente relación:

$$T_p = 5.397 * H_s^{0.434} = 5.397 * 3.902^{0.434} = 9.74 \text{ s}$$

Conocido el periodo la longitud de onda en indefinidas resulta el siguiente valor:

$$L_{m-1,0} = \frac{g T^2}{2\pi} = \frac{9,81 * 9.74^2}{2\pi} = 148,121 \text{ m}$$

Puede ahora sustituirse en cada caso y comprobar si se dan condiciones impulsivas:

h	H_{m0}	$L_{m-1,0}$	$\frac{h^2}{H_{m0} L_{m-1,0}}$	CONDICIONES	
21,771163	3,90	148,12135	0,8201648	CONDICIONES NO IMPULSIVAS	SECCION 1
31,888163	3,9016156	148,12135	1,7595308	CONDICIONES NO IMPULSIVAS	SECCION 2
33,643163	3,9016156	148,12135	1,9585358	CONDICIONES NO IMPULSIVAS	SECCION 3

Dado el carácter del presente proyecto y de acuerdo al carácter experimental de la deducción de los distintos parámetros intervinientes en la cuantificación de los diferentes efectos del oleaje sobre el

dique exterior se considerará la expresión de rebase incrementada una desviación estándar a fin de asegurar mayores condiciones de seguridad y reducir los efectos de dispersión de datos.

La expresión resulta:

$$\frac{q}{\sqrt{g H_{m0}^3}} = 0.062 \exp\left(-2.61 \frac{R_c}{H_{m0}}\right)$$

Despejando y sustituyendo el caudal unitario resulta:

$$\begin{aligned} q &= 0.062 \exp\left(-2.61 \frac{R_c}{H_{m0}}\right) * \sqrt{g H_{m0}^3} = 0.062 \exp\left(-2.61 \frac{7}{3.902}\right) * \sqrt{g 3.902^3} \\ &= 0.014 \text{ m}^3/\text{s } 1/\text{m} \end{aligned}$$

Debe considerarse que dicho valor es un máximo de la distribución de caudales de rebase obtenidos para las condiciones de francobordo y altura de ola significativa establecidas, en términos de valor medio de dicha distribución el valor obtenido de caudal de rebase es de 8.23 l/s m, dicho valor según el documento utilizado es suficiente, considerando que el dique es exento y será el personal autorizado por la autoridad portuaria quien tendrá acceso a él, en lugar de peatones haciendo un uso de ocio o recreacional de él.

1.2.2.2.2 PORCENTAJE DE OLAS QUE GENERAN REBASE

Comienzo calculando el porcentaje de olas que generan rebase sobre el dique exterior, de acuerdo al artículo 7.4.2 del Eurotop, para condiciones no impulsivas, se tiene:

$$P_{ov} = \frac{N_{ow}}{N_w} = \exp\left[-1.21 \left(\frac{R_c}{H_{m0}}\right)^2\right]$$

Despejando para los valores ya conocidos se tiene:



$$P_{ov} = \frac{N_{ow}}{N_w} = \exp \left[-1.21 \left(\frac{7}{3.092} \right)^2 \right] = 0.02034 \rightarrow 2.034\%$$

Solo un 2% de las olas incidentes generan rebase, tal y como era objetivo en la definición del francobordo, limitar la acción del oleaje incidente en lo que respecta a transmisión de energía al interior de la zona abrigada, además de minimizar la frecuencia con la que se dan situaciones de rebase.

1.2.2.2.3 VOLUMENES INDIVIDUALES DE REBASE.

La distribución probabilista de volúmenes individuales generados por el rebase del oleaje se ajusta a una Weibull de dos parámetros, escala y forma, de acuerdo al Eurotop:

$$P_V = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V}{a} \right)^b \right\}$$

El citado documento establece en su apartado 5.5.2 la definición del parámetro de forma b del siguiente modo:

$$b = 0.73 + 55 \left(\frac{q}{g H_{m0} T_{m-1,0}} \right)^{0.8}$$

Siendo

- q : caudal unitario de rebase
- H_{m0} : altura de ola significante
- $T_{m-1,0}$: periodo medio asociado a la altura de ola incidente.

Cabe destacar en este punto que como relación entre el periodo de pico y el periodo medio se tomara la siguiente, propuesta en este manual como de uso habitual:

$$1.1 < \frac{T_p}{T_{m-1,0}} < 1.25 \rightarrow \frac{T_p}{T_{m-1,0}} = 1.18$$

Sustituyendo se obtiene el siguiente valor del parámetro de forma:

$$b = 0.73 + 55 \left(\frac{0.014}{g * 3.902 * 8.25} \right)^{0.8} = 0.841$$

En el mismo artículo, antes mencionado, se establece el valor del parámetro de escala a, del siguiente modo:

$$a = \left(\frac{1}{\Gamma \left(1 + \frac{1}{b} \right)} \right) \frac{q T_m}{P_{ov}} = 0.9133 * \frac{0.014 * 8.254}{0.0203} = 5.132$$

Conocidos los parámetros de la distribución se tiene perfectamente definido el volumen de rebase, asociado a una determinada probabilidad de no excedencia:

$$P_V = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V}{5.132} \right)^{0.841} \right\}$$

Haciendo $P_V = 0.5$, se obtiene el volumen medio generado por cada una de las olas que rebasan el dique:

$$0.5 = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V_{P_V=0.5}}{5.132} \right)^{0.841} \right\} \rightarrow V_{P_V=0.5} = 3.314 \text{ m}^3/\text{m}$$

Conocido el número de olas del temporal, hallar el máximo volumen a partir del número de olas que generan rebase resulta de la siguiente expresión

$$V_{max} = a (Ln N_{ow})^{1/b} = 5.132 (Ln N_{ow})^{1/0.841}$$



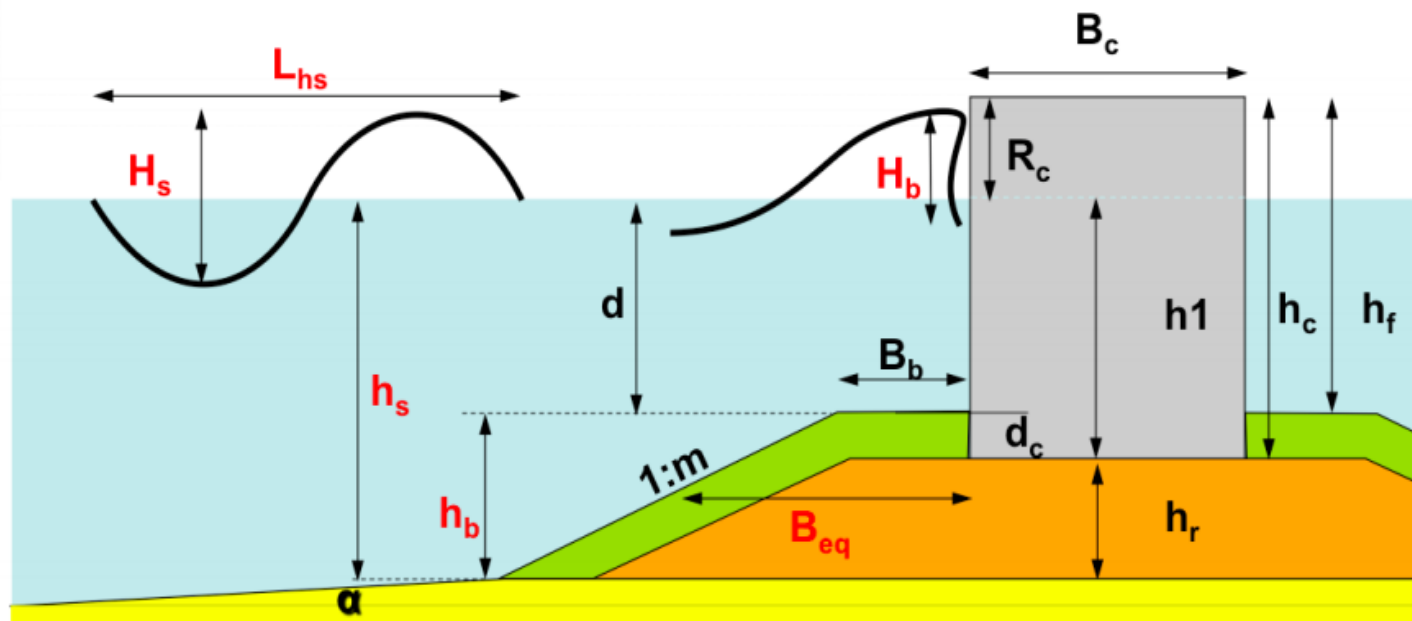
1.2.2.3 REFLEXION

El análisis de la reflexión se lleva a cabo en el anejo de agitación interior, donde se comprueba si se cumplen las restricciones impuestas por la ROM en condiciones de servicio, de tal forma que se asegura la operatividad del contorno portuario al que se da abrigo.

1.2.3 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

En lo relativo al dimensionamiento último se recurre al PROVERBS como referencia en cuanto a aspectos técnicos, formulación...etc.

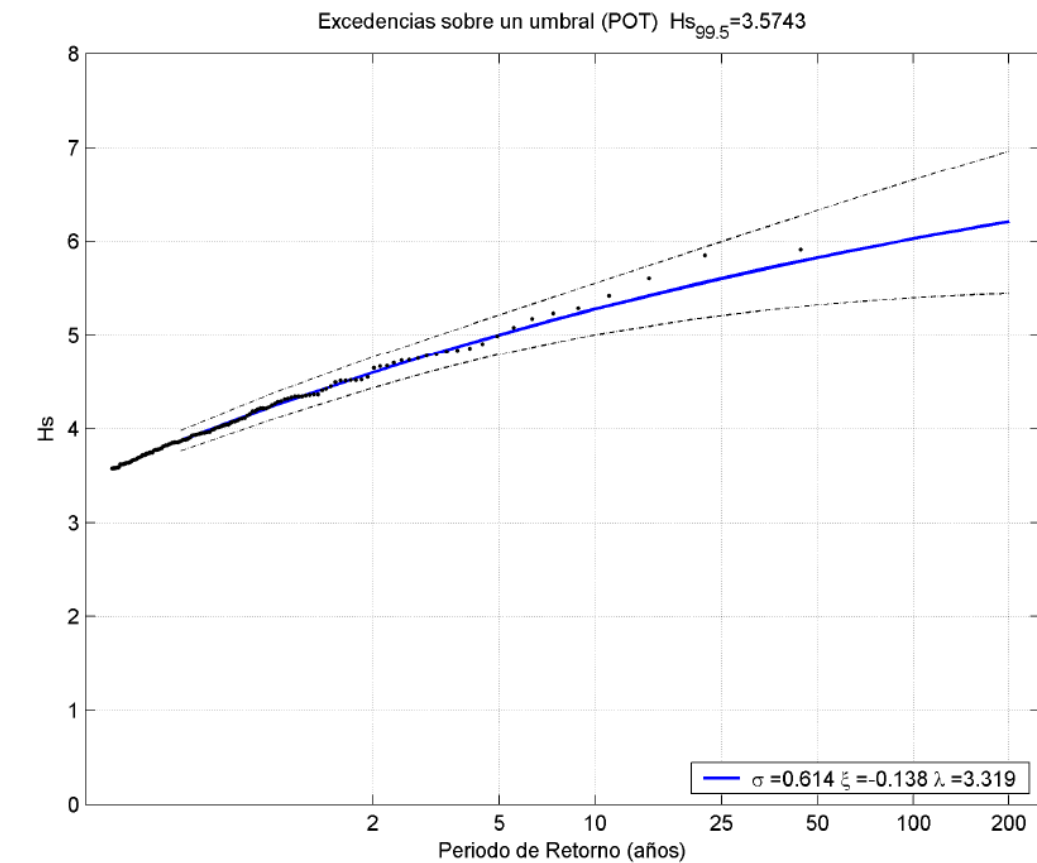
Previo al comienzo del análisis bajo condiciones extremas se debe definir geométricamente el dique objeto de estudio, la figura presentada es un mero esquema cuya finalidad no es otra que la definición de las distintas variables utilizadas por la formulación a usar:



De acuerdo al anejo de clima marítimo, el régimen extremal de Hs se ajusta a una función GEV, con los siguientes parámetros:

$$P(Hs < Hs_i) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{Hs_i - \lambda}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} \rightarrow \exp \left\{ - \left[1 - 0.138 \left(\frac{Hs_i - 3.319}{0.614} \right) \right]^{1/0.138} \right\}$$

Conocida la probabilidad de fallo a asumir, 0,1, y la vida útil, 50 años, la probabilidad de no excedencia resulta 0.9979. con estos datos la altura de ola significativa de diseño ultimo resulta 5.867 m. Se presenta a continuación el régimen extremal mencionado:





1.2.3.1 DEFINICION DE LA LEY DE PRESIONES.

Con objeto de definir la ley de presiones actuante sobre las distintas secciones del dique, de acuerdo al proverbios, deben definirse una serie de parámetros adimensionales que definen la importancia y actuación de unos u otros efectos y que definen las distintas metodologías de cálculo a aplicar.

Dichos parámetros son los siguientes:

$$h_b^* = \frac{h_b}{h_s} ; H_s^* = \frac{H_s}{h_s} ; B^* = \frac{B_{eq}}{L_{h_s}} \rightarrow B_{eq} = B_b + 0.5 m h_b$$

Para el cálculo de estos se define el régimen extremal, estacionario y escalar, del oleaje, se considera asimismo el nivel del mar extremal correspondiente, además se plantea el criterio de rotura de goda co objeto de comprobar si las alturas de ola obtenidas son posibles frente al dique sin que se produzca la rotura de estas.

Se calcula la altura de ola máxima asociada a la altura de ola significativa del estado de mar extremal calculado de acuerdo a la probabilidad de fallo en condiciones de estado limite último, dado que es posible que esta aparezca cuando tenga lugar el temporal de cálculo.

Teniendo que definir una ley de presiones que tenga en cuenta las condiciones impulsivas, las cargas de impacto. El cálculo antes mencionado, se lleva a cabo asumiendo una distribución de Rayleigh entre los distintos valores de altura de ola del estado de mar.

La duración del temporal de cálculo se define a partir del estudio del clima marítimo, para la altura de ola significativa extremal calculada.

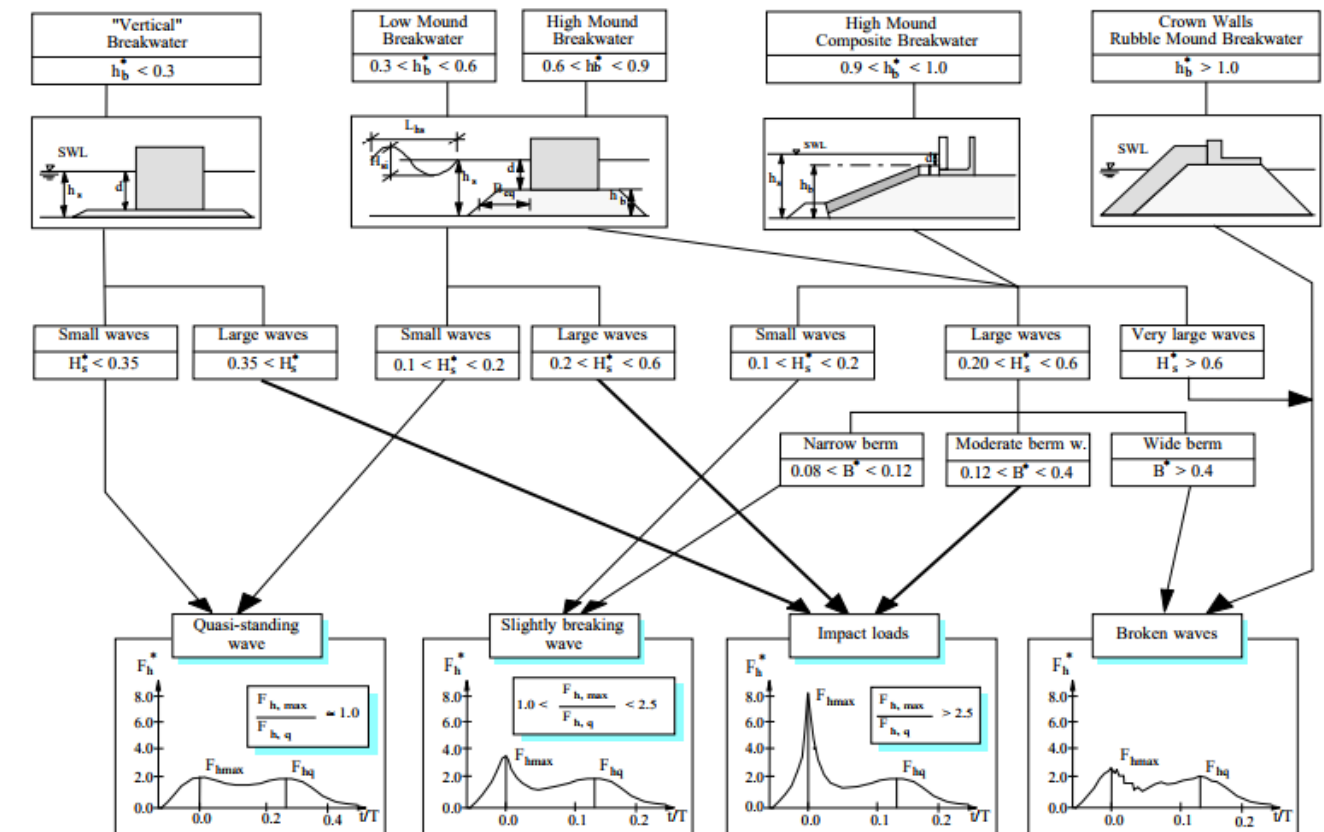
A continuación, se muestran los datos obtenidos en la aplicación de lo anterior a cada una de las secciones de cálculo:

SECCION 1	hb*	Hs*	B*	Profundida d al pie del dique, hs	Profundida d al pie del cajón, d	Altura de la berma, hb	Altura de ola significante régimen extremal, Hs
	0,127	0,270	0,066	21,771	19,000	2,771	5,867
	Beq	Ancho superior de la berma, Bb	Pendient e berma, m	longitud de onda en indefinidas con Tp	β, pendiente del fondo	Altura de ola según Goda (rotura por fondo), HB	Duración del temporal de cálculo
	10,078	8,000	0,667	211,253	0,000	12,407	6,000
	Periodo de pico, Tp	Longitud de onda a profundidad, hs	Periodo medio, Tm	Número de olas del temporal	Altura de ola máxima asociada a Hs		
	11,632	151,574	9,858	2191,184	11,507		

SECCION 2	hb*	Hs*	B*	Profundidad al pie del dique, hs	Profundidad al pie del cajón, d	Altura de la berma, hb	Altura de ola significante régimen extremal, Hs
	0,404	0,184	0,108	31,888	19,000	12,888	5,867
	Beq	Ancho superior de la berma, Bb	Pendiente berma, m	longitud de onda en indefinidas con Tp	BETHAs, pendiente del fondo	Altura de ola según Goda (rotura por fondo), HB	Duración del temporal de cálculo
	18,666	9,000	0,667	211,253	0,000	12,407	6,000
	Periodo de pico, Tp	Longitud de onda a profundidad, hs	Periodo medio, Tm	Número de olas del temporal	Altura de ola máxima asociada a Hs		
	11,632	173,218	9,858	2191,184	11,507		



SECCION 3	h_b^*	H_s^*	B^*	Profundidad al pie del dique, h_s	Profundidad de coronación de la berma. d	Altura de la berma, h_b	Altura de ola significativa régimen extremal, H_s
	0,435	0,174	0,113	33,643	19,000	14,643	5,867
	Beq	Ancho superior de la berma, B_b	Pendiente berma, m	longitud de onda en indefinidas con T_p	BETHAs, pendiente del fondo	Altura de ola según Goda (rotura por fondo), H_B	Duración del temporal de cálculo
	19,982	9,000	0,667	211,253	0,000	12,407	6,000
	Periodo de pico, T_p	Longitud de onda a profundidad, h_s	Periodo medio, T_m	Número de olas del temporal	Altura de ola máxima asociada a H_s		
	11,632	176,125	9,858	2191,184	11,507		



De acuerdo al PROVERB se tiene el siguiente diagrama:

De acuerdo a los resultados obtenidos, del diagrama anterior se deduce que se deben calcular las leyes de presiones generadas por la acción de ondas cuasi-estacionaria y por la acción de cargas impulsivas, como consecuencia de la aparición de la altura de ola máxima del estado de mar.

Dado que las cargas generadas por la acción impulsiva del oleaje son de mayor identidad calculo estas, para ello considerare el método de Goda-Takahashi.

El método de Goda, es el más usado y reconocido por la comunidad científica, define una ley de presiones triangular, tanto en la cara de barlomar como sobre la base del cajón, las fuerzas definidas por Goda corresponden a un nivel de excedencia de 1/250.

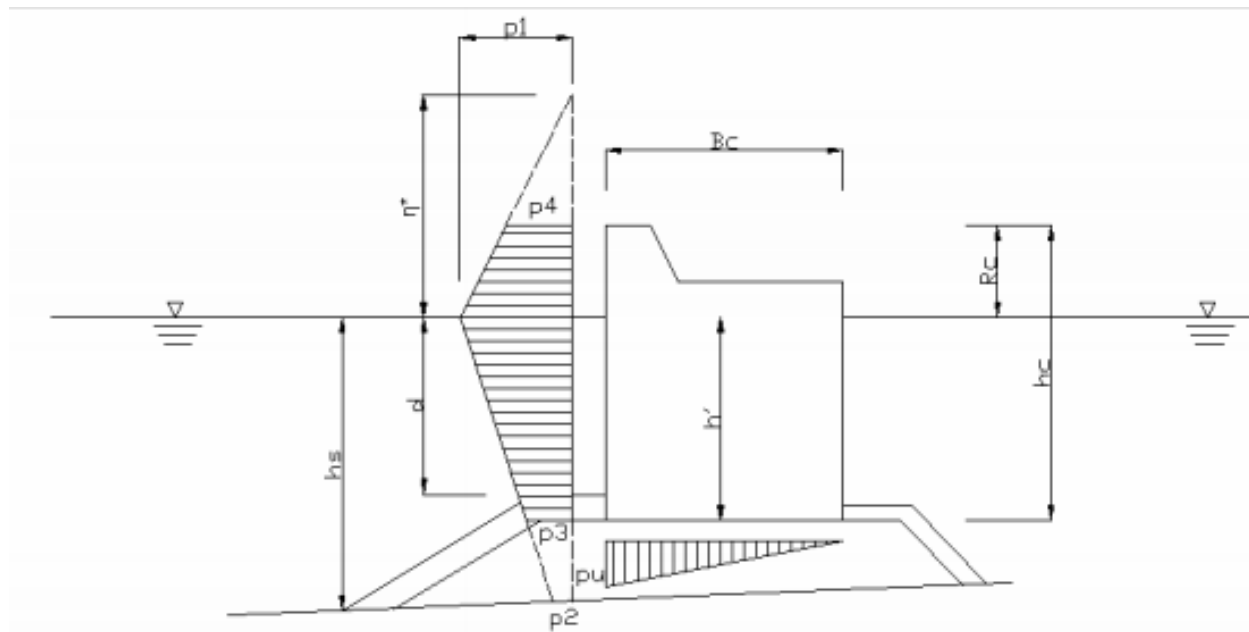


De acuerdo a lo anterior, como ola de cálculo representativa del estado de mar de diseño, el extremal, ya definido anteriormente, se debe usar una altura de ola incidente 1,8 veces la altura de ola significativa. Comprobando en todo momento que dicha ola entra, no rompe en su aproximación al dique, dicha profundidad de comprobación de la rotura está definida por Goda, como una longitud cinco veces la altura de ola significativa.

En lo que respecta al periodo, destacar que se usara como periodo de cálculo el periodo de pico del estado de mar de diseño de acuerdo a lo establecido en el PROVERBS.

La formulación definida por Goda es función en todo momento de β , ángulo de incidencia del oleaje con respecto a la normal al dique, donde los autores recomiendan girarlo 15º hacia el centro a fin de mayorar las cargas, para el caso que nos ocupa consideraremos incidencia normal del oleaje a fin de situarnos del lado de la seguridad.

La definición geométrica del problema de la definición de la ley de presiones es la siguiente:



El parámetro que define la altura alcanzada por la ola de cálculo al incidir sobre el paramento es el run-up máximo y se obtiene del siguiente modo:

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta)H_I$$

Se definen además una serie de parámetros que determinan las leyes de presiones, que son función de las características del oleaje incidente y en algunos casos de la geometría que presenta el cajón.

- α_1 , representa el efecto del periodo del oleaje en la presión ejercida
- α_2 , representa el aumento de la presión por la presencia de la berma de cimentación
- α_3 y α_4 representan la proporción de sus respectivas presiones con respecto a P_1 , son obtenidas como consecuencia de la distribución lineal de presiones

dichos coeficientes son los siguientes:

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left[\frac{\frac{4\pi h}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi h}{L}\right)} \right]^2$$
$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_I}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_I} \right\}$$
$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left[1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)} \right]$$

Con objeto de definir P_4 , como proporción con respecto a P_1 , se define el siguiente coeficiente, α_4 :

$$\alpha_4 = 1 - \frac{R_c^*}{\eta^*}$$



Por último, las presiones, función de los parámetros presentados anteriormente se obtienen como se indica a continuación:

$$p_1 = \frac{1}{2}(1 + \cos \beta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \rho g H_1$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh\left(\frac{2 \pi h}{L}\right)}$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1$$

$$p_4 = \alpha_4 p_1$$

Takahashi presenta una modificación al método de Goda, dado que considera las presiones inducidas por el oleaje roto frente a la estructura, modificando el coeficiente α_2 :

$$\alpha_2 = \max[\alpha_{2_{Goda}}, \alpha_I]; \alpha_I = \alpha_{I0} * \alpha_{I1}$$

donde α_{I0} y α_{I1} se definen del siguiente modo:

$$\alpha_{I0} = \frac{H_1}{d} \quad \text{para } H_1 \leq 2d$$

$$\alpha_{I0} = 2 \quad \text{para } H_1 > 2d$$

para la definición de α_{I1} se puede recurrir a un diagrama, pero en este caso se ha utilizado la siguiente formulación, con objeto de facilitar la identificación de las variables se presenta el siguiente esquema:

The modification of Goda's formula concerns the formula for the pressure p_1 at the still water level (SWL). The coefficient α_* is modified as

$$\alpha_* = \text{largest of } \alpha_2 \text{ and } \alpha_I$$

$$\alpha_2 = \text{the smallest of } \frac{h_b - d}{3 h_b} \left(\frac{H_{design}}{d} \right)^2 \text{ and } \frac{2d}{H_{design}}$$

$$\alpha_I = \alpha_{I0} \cdot \alpha_{I1}$$

$$\alpha_{I0} = \begin{cases} H_{design}/d & \text{for } H_{design}/d \leq 2 \\ 2.0 & \text{for } H_{design}/d > 2 \end{cases}$$

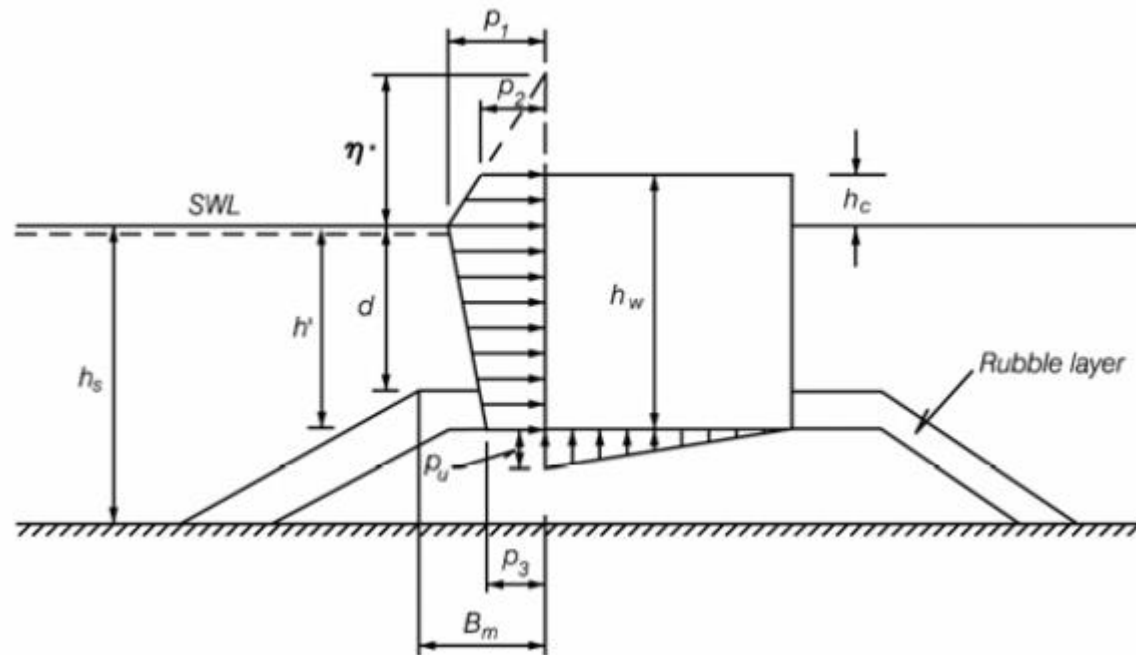
$$\alpha_{I1} = \begin{cases} \frac{\cos \delta_2}{\cosh \delta_1} & \delta_2 \leq 0 \\ \frac{1}{\cosh \delta_1 \cdot (\cosh \delta_2)^{1/2}} & \delta_2 > 0 \end{cases}$$

$$\delta_1 = \begin{cases} 20 \cdot \delta_{11} & \text{for } \delta_{11} \leq 0 \\ 15 \cdot \delta_{11} & \text{for } \delta_{11} > 0 \end{cases}$$

$$\delta_{11} = 0.93 \left(\frac{B_m}{L} - 0.12 \right) + 0.36 \left(\frac{h_s - d}{h_s} - 0.6 \right)$$

$$\delta_2 = \begin{cases} 4.9 \cdot \delta_{22} & \text{for } \delta_{22} \leq 0 \\ 3 \cdot \delta_{22} & \text{for } \delta_{22} > 0 \end{cases}$$

$$\delta_{22} = -0.36 \left(\frac{B_m}{L} - 0.12 \right) + 0.93 \left(\frac{h_s - d}{h_s} - 0.6 \right)$$



Aplicando lo anterior a cada una de las secciones de cálculo consideradas en el dique exterior se tiene:

SECCION 1			
altura de ola significante (m)	distancia 5Hs (m)	Profundidad a una distancia 5Hs (m)	Pendiente del fondo a 5Hs
5,867	29,337	23,119	0,013
Periodo de pico Tp (s)	Longitud de onda en indefinidas (m)	altura de ola GODA (rotura por fondo) (m)	F.objt GODA
11,632	211,253	17,240	-5,32907E- 14
¿Rompe HS?		Altura de ola incidente de cálculo HI (m)	
1.8*Hs incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE		10,56126363	

Profundidad al pie de la berma (m)	Longitud de onda al pie de la berma (m)	F.objt DISPERSION	Profundidad sobre la banquetta d (m)
21,771	151,574	-5,924E-09	19
Profundidad respecto al pie del cajón h` (m)	Run-up máximo (m)	ALPHA1	ALPHA2
20	15,842	0,703	0,018
DELTA22	DELTA 2	DELTA11	DELTA 1
-0,418	-2,047	-0,227	-4,531
ALPHA I1	ALPHA IO	ALPHA I	Anchura de la berma (m)
-0,010	0,556	-0,005	9
ALPHA3	ALPHA4		
0,721	0,558		
PRESIONES ACTUANTES			
Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	Presión 3 (Pa)	Presión 4 (Pa)
76772,249	53476,223	55371,439	42849,178
Supresión, Pu (Pa)			
53963,187			



SECCION 2			
altura de ola significante (m)	distancia 5Hs (m)	Profundidad a una distancia 5Hs (m)	Pendiente del fondo a 5Hs
5,867	29,337	32,403	0,012
Periodo de pico Tp (s)	Longitud de onda en indefinidas (m)	altura de ola GODA (rotura por fondo) (m)	F.objt GODA
11,632	211,253	21,331	-8,0613E-08
¿Rompe HS?		Altura de ola incidente de cálculo HI (m)	
Hs incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE		10,56126363	
Profundidad al pie de la berma (m)	Longitud de onda al pie de la berma (m)	F.objt DISPERSION	Profundidad sobre la banqueta d (m)
31,888	173,218	1,3156E-06	19
Profundidad respecto al pie del cajón h` (m)	Run-up máximo (m)	ALPHA1	ALPHA2
20	15,842	0,646	0,055
DELTA22	DELTA 2	DELTA11	DELTA 1
-0,158	-0,772	-0,134	-2,676
ALPHA I1	ALPHA I0	ALPHA I	Anchura de la berma (m)
0,098	0,556	0,055	9
ALPHA3	ALPHA4		
0,732	0,558		
PRESIONES ACTUANTES			

Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	Presión 3 (Pa)	Presión 4 (Pa)
0,075	0,043	0,055	0,042
Supresión, Pu (Pa)			
0,050			

SECCION 3			
altura de ola significante (m)	distancia 5Hs (m)	Profundidad a una distancia 5Hs (m)	Pendiente del fondo a 5Hs
5,867	29,337	34,387	0,013
Periodo de pico Tp (s)	Longitud de onda en indefinidas (m)	altura de ola GODA (rotura por fondo) (m)	F.objt GODA
11,632	211,253	22,336	-1,08594E-06
¿Rompe HS?		Altura de ola incidente de cálculo HI (m)	
Hs incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE		10,56126363	
Profundidad al pie de la berma (m)	Longitud de onda al pie de la berma (m)	F.objt DISPERSION	Profundidad sobre la banqueta d (m)
33,643	176,125	3,6751E-08	19
Profundidad respecto al pie del cajón h` (m)	Run-up máximo (m)	ALPHA1	ALPHA2
20	15,842	0,640	0,076



DELTA22	DELTA 2	DELTA11	DELTA 1
-0,128	-0,629	-0,123	-2,468
ALPHA I1	ALPHA IO	ALPHA I	Anchura de la berma (m)
0,136	0,556	0,076	9
ALPHA3	ALPHA4		
0,734	0,558		
PRESIONES ACTUANTES			
Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	Presión 3 (Pa)	Presión 4 (Pa)
0,076	0,042	0,056	0,043
Supresión, Pu (Pa)			
0,050			

1.2.3.2 MATERIALES

En el presente apartado se definen las características, en lo que respecta a densidad de los materiales a utilizar a fin de conocer los pesos de los distintos elementos definidos en el diseño.

DENSIDADES (Kg/m3)	
Espaldón	2300
Hormigón en masa tapón cajón	2300
Hormigón armado cajón celular	2400
Hormigón armado zapata	2400
Relleno granular cajón celular	1900

Escolleras	2600
Relación hormigón armado-relleno granular	
25/75 %	

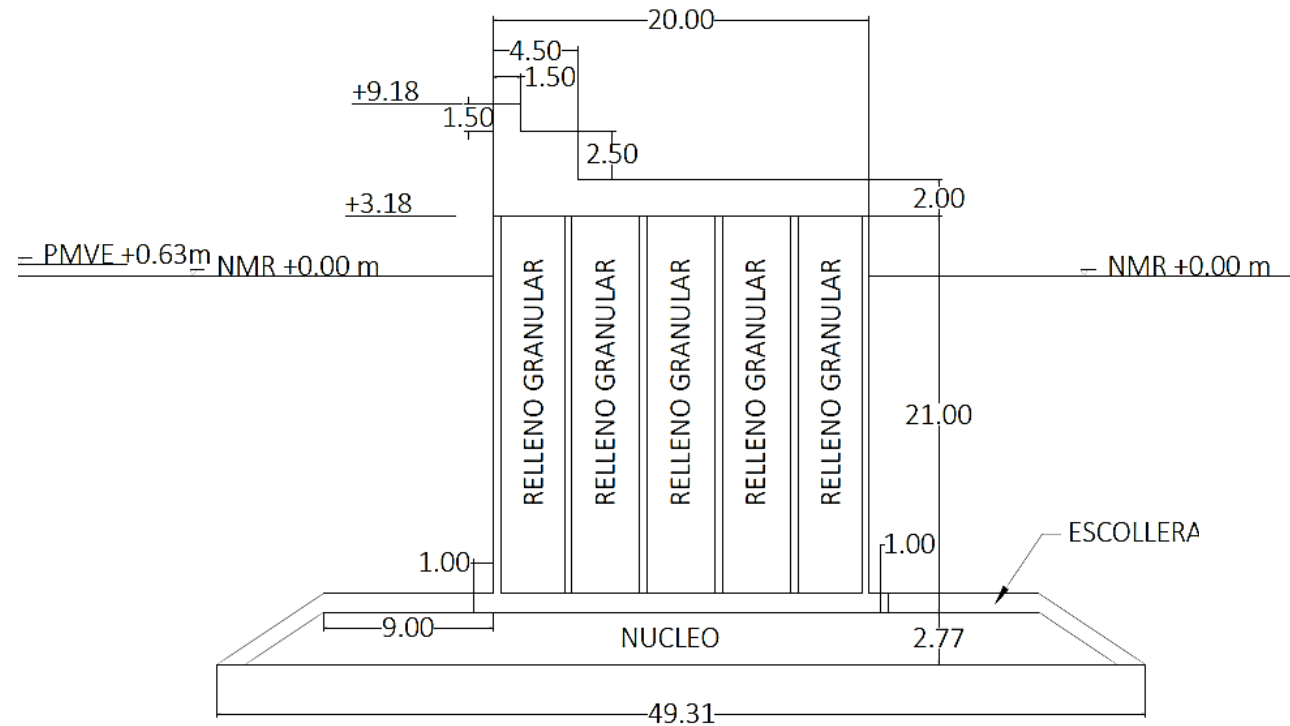
1.2.3.3 ESTABILIDAD DEL CONJUNTO CAJON-ESPALDÓN.

En este apartado se analiza la estabilidad del cajón sometido a la acción marítima, es decir a las presiones presentadas en el apartado anterior, con objeto de definir y/o verificar, si las dimensiones adoptadas son tales que se garantiza la estabilidad de la estructura sometida a dichas acciones de cálculo.

Ante la acción marítima, desestabilizadora, el único mecanismo estabilizador que puede generar el cajón no es otro que su propio peso.



En base al predimensionamiento y al cálculo del dique en servicio, es decir ante aquellas situaciones ante las que tiene que asegurar la funcionalidad, la operatividad del puerto, se ha obtenido la siguiente sección, dicha sección se define en planos con mayor detalle:



La sección presentada corresponde al arranque del dique exterior, ante un nivel de mar correspondiente a una situación de servicio, en presencia de pleamar viva.

Las dimensiones y configuración del espaldón adoptadas son tales que, garantizado el francobordo, se asegure pese a ser exento, dos plataformas diferenciadas, por ejemplo, para peatones y vehículos si por cualquier motivo fuese necesario.

Además, y dadas las dimensiones del espaldón a priori, previo análisis, no van a aparecer problemas de estabilidad del espaldón.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta es que, frente a la situación pésima de cálculo, es decir, la presentada, el contacto entre espaldón y cajón esté en seco, en este caso, 1 m por encima del nivel del mar de cálculo.

Asegurando en lo posible las mejores condiciones de trabajo posibles en la unión de ambos elementos ante la situación más desfavorable.

1.2.3.3.1 COEFICIENTES DE SEGURIDAD.

Los coeficientes de seguridad exigidos en lo que respecta a estabilidad se encuentran recogidos en la ROM, concretamente en el siguiente documento: ROM 0.5-94. Se muestran en la siguiente tabla:

	Coeficientes de seguridad
Situación permanente	1,5
Situación temporal	1,3

1.2.3.3.2 ESTABILIDAD AL VUELCO Y AL DESLIZAMIENTO.

Definidas las presiones actuantes generadas por la incidencia del oleaje sobre el dique según el método de Goda-Takahashi y conocidas las dimensiones de la solución adoptada, basta con integrar las leyes de presión actuante para conocer el valor de las fuerzas, de las acciones desestabilizadoras a las que tiene que hacer frente el dique.

Para definir los coeficientes de estabilidad frente al vuelco y al deslizamiento se considerará el cajón como sólido rígido, del mismo modo que la berma sobre la que apoya, considerando como punto de giro el extremo inferior derecho del cajón, el más próximo a sotamar, pese a que ante una situación de vuelco inminente la concentración de tensiones sea tal que el punto de giro pudiese desplazarse hacia barlomar, reduciéndose así el brazo de la acción estabilizadora, del peso.



Integrando las leyes de presiones sobre el dique se obtiene la siguiente expresión de la acción horizontal desestabilizadora:

$$F_{h,Goda} = \frac{1}{2}(p_1 + p_4)R_c^* + \frac{1}{2}(p_1 + p_3)(d + d_c)$$

La acción vertical desestabilizadora, consecuencia de la supresión generada por la acción del oleaje resulta:

$$F_{u,Goda} = \frac{1}{2} p_u B_c$$

Operando con las expresiones anteriores se obtienen los puntos de aplicación con respecto al extremo inferior izquierdo del cajón, situado junto a barlomar:

$$l_{h,Goda} = d + d_c + \frac{R_c^{*2}(p_1 + 2p_4) - (d + d_c)^2(p_1 + 2p_3)}{3R_c^{*2}(p_1 + p_4) + 3(d + d_c)(p_1 + p_3)}$$
$$l_{u,Goda} = \frac{1}{3} B_c$$

Con respecto a las acciones estabilizadoras se tiene el peso del espaldón y el peso aparente del propio cajón, es decir considerando la acción vertical ascendente del empuje del agua, por encontrarse este parcialmente, casi en su totalidad, sumergido.

Los pesos de cajón y espaldón se calculan de acuerdo a las densidades presentadas en el apartado anterior, en lo que respecta a dimensiones son conocidas, tanto las propias de la estructura como las de nivel del mar, a fin de definir el empuje del agua.

Operando de este modo sobre las distintas secciones de cálculo se tienen los siguientes resultados:

SECCION 1			
Dimensiones			
Alto	Ancho cajón	Ancho cimentación	Prof pie del cajón
21	20	22	20
Prof superior berma	francobordo	rozamiento	
19	7	0,6	
Fuerzas y ptos de aplicación			
Empuje horizontal oleaje	Empuje vertical oleaje	Fuerza de rozamiento	Peso aparente cajón
1,740111817	0,59359503	3,314736	4,29406
distancia al pie del cajón	distancia sotamar	distancia al pie del cajón	distancia sotamar
17,37212142	12,6666667	0	10
Peso espaldón			
1,2305			
distancia a sotamar			
12,01869159			
Coeficientes de seguridad			
Vuelco		Deslizamiento	
1,529329629		1,904898275	



SECCION 2			
Dimensiones			
Alto	Ancho cajón	Ancho cimentación	Prof pie del cajón
21	20	22	20
Prof superior berma	francobordo	rozamiento	
19	7	0,6	
Fuerzas y ptos de aplicación			
Empuje horizontal oleaje	Empuje vertical oleaje	Fuerza de rozamiento	Peso aparente cajón
1,697926662	0,5534905	3,314736	4,29406
distancia al pie del cajón	distancia somatar	distancia al pie del cajón	distancia sotamar
17,35170049	12,666667	0	10
Peso espaldón			
1,2305			
distancia a sotamar			
12,01869159			
Coeficientes de seguridad			
Vuelco		Deslizamiento	
1,582812619		1,952225661	

SECCION 3			
Dimensiones			
Alto	Ancho cajón	Ancho cimentación	Prof pie del cajón
21	20	22	20
Prof superior berma	francobordo	rozamiento	
19	7	0,6	
Fuerzas y pto de aplicación			
Empuje horizontal oleaje	Empuje vertical oleaje	Fuerza de rozamiento	Peso aparente cajón
1,735839192	0,549782084	3,314736	4,29406
distancia al pie del cajón	distancia sotamar	distancia al pie del cajón	distancia sotamar
17,34792576	12,66666667	0	10
Peso espaldón			
1,2305			
distancia a sotamar			
12,01869159			
Coeficientes de seguridad			
Vuelco		Deslizamiento	
1,557014312		1,909587026	

Se puede por tanto concluirse del análisis de estabilidad del conjunto cajón-espaldón que las dimensiones adoptadas son válidas y garantizan el cumplimiento de las exigencias frente a este efecto.



1.2.3.4 DISEÑO DE ELEMENTOS SINGULARES

1.2.3.4.1 MANTO DE PROTECCION DE LA BERMA.

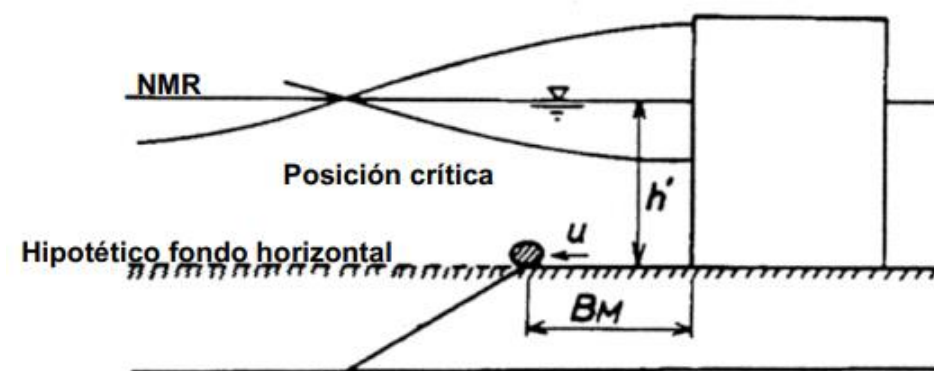
A continuación, se define el manto de protección de la berma, constituido a base de escollera. La finalidad de dicho manto es la protección del material constituyente de la berma de tal modo que la acción desestabilizadora de arrastre del agua es soportada por dicho manto de protección.

Se evita así la disgregación de la berma y con esto que puedan producirse descalces o movimientos inadmisibles del cajón que apoya sobre la misma.

La principal acción desestabilizante que actúa sobre los elementos del manto de protección es la componente horizontal del movimiento del agua frente al paramento vertical, especialmente en los antinodos de la onda estacionaria formada frente al cajón, los cuales de acuerdo a la teoría lineal del oleaje se sitúan a un cuarto de la longitud de onda de la ola incidente.

Para la definición de dicho manto de protección se recurre a la formulación de Tanimoto, la cual considera la acción de una ola de altura igual al doble de la significativa del estado de mar considerado.

La definición geométrica del dique a considerar para la aplicación de dicha formulación es la siguiente:



El peso de las piezas a disponer se obtiene de la siguiente expresión:

$$W = \gamma_w \frac{S_r}{(S_r - 1)^3} \psi H_I^3$$

Donde la función de estabilidad se define del siguiente modo:

$$\psi = \min \left\{ 0.03, \left[4.2 \frac{1-c}{c^{1/3}} \frac{h'}{H_I} + 3.24 \exp \left(-2.7 \frac{(1-c)^2}{c^{1/3}} \frac{h'}{H_I} \right) \right]^{-3} \right\}$$

A su vez el coeficiente c se obtiene de la siguiente expresión:

$$c = \frac{\frac{4\pi h'}{L'}}{\sinh \left(\frac{4\pi h'}{L'} \right)} \sin^2 \left(\frac{2\pi B_m}{L'} \right)$$

Para la definición del nivel de mar de cálculo en este caso se considerará el menor posible, dado que es bajo este para el que se dan las condiciones más desfavorables, es decir conocida la dimensión d a partir del predimensionamiento se le resta la marea meteorológica, astronómica y el incremento de 15 cm del nivel del mar.

En lo que respecta al periodo a considerar, se considerará el periodo de pico medio más una desviación estándar y el periodo de pico medio menos una desviación estándar, siendo estos máximo y mínimo respectivamente

$$Tp_{max} = a_{medio} H_s^{b_{medio}} + a_{desv} H_s^{b_{desv}}$$

$$Tp_{min} = a_{medio} H_s^{b_{medio}} - a_{desv} H_s^{b_{desv}}$$

Siendo dichos coeficientes los siguientes, obtenidos del análisis de los datos de oleaje:



	a	b
medio	5,397	0,434
desviación	0,724	0,274

Además, para cada uno de los casos de periodo a considerar se comprueba que el oleaje incidente es tal que no rompe sobre la berma, el criterio de rotura elegido para dicha comprobación es el de Goda.

Aplicando lo anterior a las secciones de cálculo se tiene

SECCIONES 1,2,3			
densidad del agua (Kg/m3)	densidad del material (Kg/m3)	Periodo de pico máximo (s)	Periodo de pico mínimo (s)
1027	2600	12,90122431	10,53864972
altura de ola significativa (m)	altura de ola incidente (m)	ancho de la banquetta (m)	profundidad sobre la banquetta (m)
5,97	11,94	9	16,6678
altura de ola GODA,Tp min (m)	altura de ola GODA,Tp max (m)	F.objt GODA, Tp min	F.objt GODA, Tp max
10,7378076	11,5235727	0	-9,41469E-14
Rompe HI, Tp min		Rompe HI, Tp max	
ROMPE		ROMPE	
Longitud de onda sobre la banquetta, Tp min (m)	Longitud de onda sobre la banquetta, Tp max (m)	F.objt DISPERSION, Tp min	F.objt DISPERSION, Tp max
10,5386497	12,9012243	1,64607E-05	-6,6336E-06
C, Tp min	C, Tp max	est, Tp min	est, Tp max
0,12832885	0,09645139	0,000958235	0,03
est, cálculo	Sr	peso piezas manto (Kg)	
0,00095823	2,53164557	1180,275248	

Se tomará 1180, 27 Kg como peso para el dimensionamiento del manto de protección de la berma del dique, se optará por un manto de dos capas de escollera comprendidas entre 400 y 1500 Kg, para dar una altura del manto de protección del entorno de 1,5 metros.

Bajo este manto principal se dispondrán dos capas de escollera comprendidas entre 100 y 400 Kg, bajo este secundario se ejecutará el núcleo de la berma en todo uno de cantera con pesos comprendidos entre 1 y 100 Kg, cumpliendo así la condición de filtro.

Además, se llevará a cabo el enrase bajo el cajón con una capa de 0.5 m de grava gruesa.

1.2.3.4.2 BLOQUES DE GUARDA

Se suelen disponer a fin de mitigar en lo posible efectos de la supresión, que actúa como desestabilizadora sobre el dique, además de disminuir la velocidad de las partículas de agua en el entorno del pie del dique, disminuyendo así la posibilidad de socavación.

Su uso en toda la longitud del dique resulta innecesario, deben disponerse a partir de profundidades del entorno de los 25 m de acuerdo a las características del oleaje incidente y a la profundidad medida sobre la banquetta.

Así para el caso más desfavorable, para el que el bloque de guarda es máximo, el caso del morro a una profundidad de 30 metros, el bloque de guarda obtenido del cálculo es de 5.0 x 2.5x 1.4 m, para el resto de secciones se optara por el inferior más próximo, 4.0X2.5X1.2 m.



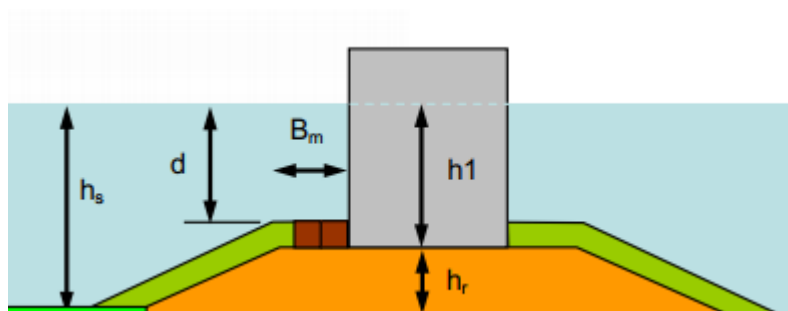
1.2.3.4.3 PROTECCION FRENTE A LA SOCAVACION.

Se plantea la protección del fondo más allá de la extensión de la berma, para evitar la erosión de este, evitando así comprometer la estabilidad de la berma y por ende los modos de fallo asociados a dicho fenómeno de erosión y descalce de la berma.

La formulación para la definición de este efecto no está desarrollada y se plantea, estimar el peso de estas piezas según la formulación de Madrigal y Valdés, como valor orientativo a comprobar con ensayos:

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot D_{50}} = \left(5.8 \cdot \frac{h'}{h_s} - 0.6 \right) \cdot N_{od}^{0.19}$$

La definición geométrica a considerar junto con dicha formulación es la siguiente:



Como dicho efecto erosivo tiene mayor incidencia en las profundidades menores, cálculo para la primera sección. Del mismo modo que en el caso de la definición del manto de protección de la berma tomo como profundidad la medida desde el cero del puerto, no considerando ningún tipo de marea ni incremento del nivel del mar.

Así planteado los resultados serían los siguientes:

Para un parámetro de daño de 0.5, que supone el inicio de la avería, una profundidad al fondo, frente a la banquetta, de 19,4389 m se obtiene un diámetro medio Dn50 de 2,11 m y un peso medio de 20,1 T dispuestos en una anchura de 57 m aproximadamente.

Estos resultados no son coherentes con los obtenidos según la formulación de Tanimoto, para las piezas del manto, luego a falta de ensayos específicos, se optará por ejecutar dicha protección, para una situación pésima con las mismas piezas que la berma, dispuestas una anchura de 57m. Si bien es esperable que de los ensayos específicos requeridos resulte que el tamaño a disponer sea menor, dado que la estabilidad aumenta con la profundidad.



1.3 CONTRADIQUE.

Para la discretización del contradique, del mismo modo que en el caso del dique exterior se consideran tres secciones, en el arranque, punto medio y final, a fin de considerar las distintas profundidades de trabajo que se dan frente al dique.

En la siguiente tabla se muestran los datos relativos a distancia al origen y cota batimétrica de las secciones consideradas:

Distancia al origen (Pk)	Cota batimétrica (m)
0+000	17,318
0+203,08	27,258
0+431,63	29,994

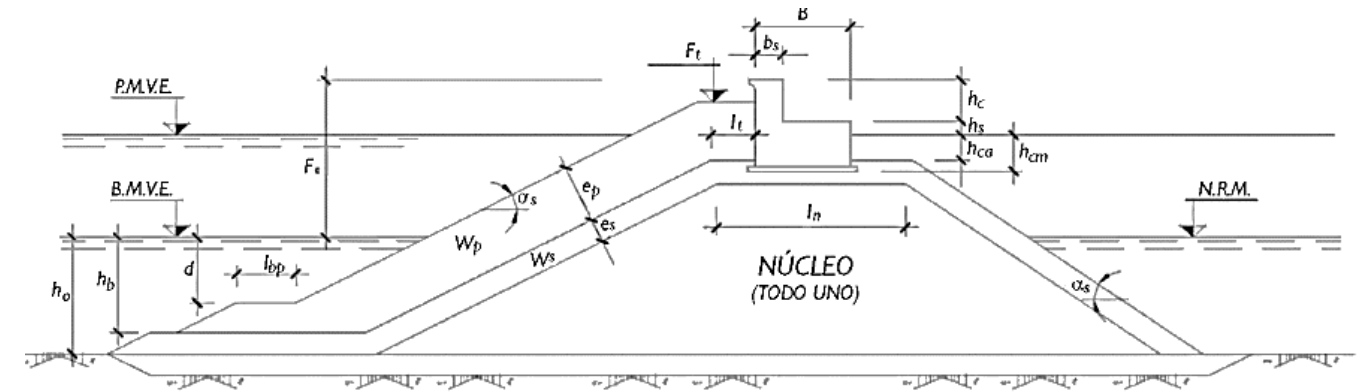
Para la ejecución del contradique se optará por un dique en talud, dado que se busca evitar los efectos reflexivos asociados a un dique vertical por la proximidad del contradique a la línea de atraque.

Con objeto de minimizar el volumen de tierras requerido se deberá disponer el menor ángulo de talud posible, compatible con la estabilidad de las piezas y del propio contradique.

1.3.1 PREDIMENSIONAMIENTO.

Con objeto de definir unas primeras dimensiones, aproximadas, sobre las que iniciar el diseño y comprobación de los distintos condicionantes, funcionales y últimos, se recurre a lo establecido en la ROM 1.09-0.9 en su sección 2.2.3.3 Dique talud.

La definición geométrica establecida en dicho documento es que se indica a continuación:



Se plantea como primera hipótesis el uso de piezas artificiales para el manto exterior, dado que los taludes requeridos por esta tipología de piezas son menores que para el caso de la escollera, esto para una altura dada disminuye los requerimientos de espacio en planta, limita el derrame de tierras del talud generado, efecto especialmente importante en el caso que nos ocupa, la definición de las características del contradique, dada su proximidad a la nueva línea de atraque.

En el caso del uso de este tipo de piezas la ROM recomienda el inicio del tanteo con valores de talud del orden de 1.5 a 2. Con pesos mínimos de las piezas contenidos en el siguiente intervalo:

$$\frac{W}{\gamma_w R_s H_*^3} \geq 0,020$$

$$H_* \approx 1,5 H_I$$

$$cota \approx 1,5$$

$$R_s = \frac{S_s}{(S_s - 1)^3}; S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$



En lo que respecta a las dimensiones del espaldón dicho documento establece las siguientes recomendaciones con respecto al francobordo del manto principal y el espaldón:

$$\frac{F_t}{H_*} \gtrsim 0,60$$

$$\frac{F_c}{H_*} \gtrsim 1,0$$

1.3.2 DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.

En este apartado se lleva a cabo el análisis funcional del contradique sometido a la acción marina, para dicho análisis será necesario definir el régimen de oleaje actuante sobre dicho dique, del mismo modo que sobre el dique exterior, para el análisis en servicio se definen unas sollicitaciones propias del régimen medio, cuya probabilidad de excedencia viene definida en función de los índices IREO e ISAO.

De acuerdo a lo establecido en el anejo de clima marítimo el régimen medio escalar en profundidades indefinidas se ajusta a una distribución de Weibull, cuya expresión es la siguiente:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^\beta \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x + 0.03394}{1.145} \right)^{1.473} \right]$$

Del mismo modo que en el caso del dique exterior considero como umbral de excedencia aquel estado de mar superado 1 día al año, esto supone una altura de ola significativa de diseño de 3.902 m.

En lo que respecta al nivel del mar, de acuerdo a lo establecido en el anejo correspondiente, se tendrán en cuenta la marea meteorológica, astronómica, y el efecto del aumento del nivel del mar consecuencia del cambio climático al año horizonte, 2050.

Resultando un incremento del nivel del mar sobre la cota batimétrica de 2.1822 m.

Considerando la probabilidad de que se presente dicho estado de mar y la probabilidad de que aparezca la ola que genere rebase, puede concluirse que se asegura la operatividad mínima del 95%, definida en el anejo de criterio generales y bases de diseño.

1.3.2.1 RUN-UP Y RUN DOWN.

En este apartado se lleva a cabo la definición de la altura de coronación de la berma superior del manto principal, cuya situación con respecto al nivel de mar de cálculo condiciona directamente la funcionalidad, la operatividad y el nivel de servicio del área abrigada, no solo en lo que respecta al uso y accesibilidad al espaldón, sino también en cuanto a transmisión energética como consecuencia del rebase.

Para la definición de las alturas de run-up y run-down, alturas alcanzadas al producirse la rotura del oleaje sobre el dique, se recurre a la formulación de Losada y Gimenez-Curto, dado que permite definir ambas variables en función de la tipología de pieza elegida para la ejecución del manto principal.

Dicha formulación está desarrollada para oleaje regular, por lo que se recurre a la hipótesis de equivalencia para su aplicación al caso de oleaje irregular.

Dicha hipótesis establece: *“a cada ola (Hi, Ti) del tren irregular se le puede asociar un valor Yi de la variable de flujo sobre el talud, igual al que se obtendría con un tren regular de ondas de altura Hi y período Ti. Esta hipótesis de equivalencia, fue formulada por primera vez por Saville (1962) y probada empíricamente por Van Oorschot and d’Angremond (1968) y por Battjes (1974) en el caso de ser Y el*



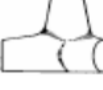
ascenso sobre taludes lisos, mientras que Bruun and Johanesson (1977) y Bruun and Günbak (1978) probaron dicha hipótesis en el caso de ser Y el ascenso en taludes rugosos y permeables.”

Además, se asume que la distribución estadística del oleaje, para un determinado estado de mar, es equivalente a la del run-up, run-down, es decir la altura de ola asociada a una determinada probabilidad de excedencia genera un ascenso-descenso con una misma probabilidad de excedencia.

Las expresiones que definen dicho fenómeno son las siguientes:

$$\frac{R_u}{H} = A_u [1 - \exp(B_u I_{r0})]$$

$$\frac{R_d}{H} = A_d [1 - \exp(B_d I_{r0})]$$

Tipo de pieza	A_u	B_u	A_d	B_d
Escollera sin clasificar	1.80	-0.46	-1.10	+0.30
Escollera clasificada	1.37	-0.60	-0.85	-0.43
Tetrápodos 	0.93	-0.75	-0.80	-0.45
Dolos 	0.70	-0.82	-0.75	-0.49
Cuadrípodos 	0.93	-0.75	-0.80	-0.45
Cubos	1.05	-0.67	-0.72	-0.42

Como condicionante funcional para la definición del francobordo de la berma superior se considerará que, en presencia del estado de mar de diseño en servicio, solo el 1% del oleaje actuante frente al contradique genere rebase.

Esto, de acuerdo a la hipótesis de equivalencia supone definir el run-up asociado a la altura de ola cuya probabilidad de excedencia en ese estado de mar es del 1%.

Comprobando en todo momento que la presencia de dicha ola frente al dique sea físicamente posible, de acuerdo al criterio de rotura de goda.

En lo que respecta al periodo a utilizar en el cálculo, se considerará el periodo de pico máximo esperado para el estado de mar de diseño en servicio, dado que la altura de ola cuya probabilidad de excedencia tendrá un periodo cercano a este valor, además nos situaremos de este modo del lado de la seguridad dado que el oleaje aumenta su estabilidad conforme aumenta el periodo.

Dicho valor al igual que en el caso del dique exterior se calcula del siguiente modo:

$$Tp_{max} = a_{medio} H_s^{b_{medio}} + a_{desv} H_s^{b_{desv}}$$

Siendo los coeficientes los siguientes, obtenidos del análisis de los datos de oleaje:

	a	b
medio	5,397	0,434
desviación	0,724	0,274

Con respecto a la tipología de piezas a disponer destacar que se opta por cubos de hormigón, se opta por piezas artificiales dado que el talud que se va a disponer, cotgα: 1.5, impone valores de la función de estabilidad que darían lugar a unos pesos que no son alcanzables con escollera.

Aplicando la metodología expuesta a cada una de las secciones de cálculo consideradas se obtienen los siguientes resultados:



SECCION 1			
Altura de ola significante (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 1% (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
3,902	5,920	1,00%	-3,65987E-13
Tp, max esperado, ($\mu T + \sigma T$) (s)	L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H (m)	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
10,796	181,965	0,600	0,003
Ir0	Tipo de rotura	F.objt GODA	Altura de ola de goda
3,326	oscilación	0,000	12,826
ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)		
H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	19,500		
Au	Bu	Ad	Bd
1,05	-0,67	-0,72	-0,42
Ru (m)	Rd (m)	Francobordo berma superior (m)	
5,548	-3,200	6,000	

SECCION 2			
Altura de ola significante (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 1% (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
3,902	5,920	1,00%	-3,65987E-13
Tp, max esperado, ($\mu T + \sigma T$) (s)	L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H (m)	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
10,796	181,965	0,600	0,000
Ir0	Tipo de rotura	F.objt GODA	Altura de ola de goda
3,326	oscilación	0,000	16,502
ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)		
H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	29,440		
Au	Bu	Ad	Bd
1,05	-0,67	-0,72	-0,42
Ru (m)	Rd (m)	Francobordo berma superior (m)	
5,548	-3,200	6,000	



SECCION 3			
Altura de ola significante (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 1% (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
3,902	5,920	1,00%	-3,65987E-13
Tp, max esperado, (μT+σT) (s)	L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H (m)	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
10,796	181,965	0,600	0,000
Ir0	Tipo de rotura	F.objt GODA	Altura de ola de goda
3,326	oscilación	0,000	17,489
ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)		
H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	32,176		
Au	Bu	Ad	Bd
1,05	-0,67	-0,72	-0,42
Ru (m)	Rd (m)	Francobordo berma superior (m)	
5,548	-3,200	6,000	

Puede concluirse a la vista de los resultados obtenidos que el francobordo de la berma superior es de 6m sobre el nivel del mar de cálculo, esto es, el manto principal corona a 8,1822 sobre el cero del puerto.

1.3.2.2 TRANSMISION

Para la definición del coeficiente de transmisión se recurre a la formulación de d'Angremond, considerando además núcleo impermeable, dado que se va a ejecutar el núcleo en todo uno de cantera.

La formulación es la siguiente:

$$T = -0.4 \cdot \frac{F}{H_s} + 0.80 \cdot \left(\frac{B}{H_s} \right)^{-0.31} \cdot \left(1 - e^{-0.5 \cdot I_{rp}} \right)$$

Donde pueden apreciarse los dos principales mecanismos de transmisión energética en este tipo de estructuras, rebasables de núcleo impermeable, rebase por coronación y transmisión a través del cuerpo del dique.

El límite inferior de aplicabilidad de esta expresión se alcanza para un valor de T de 0.075, luego se buscará dicho valor con objeto de definir un mínimo del ancho de coronación del dique.

El número de Iribarren que aparece en la expresión es referido a la pendiente del talud del dique, calculado al pie de este, considerando la longitud de onda de la ola al pie, además el periodo a utilizar es el de pico, y de igual forma que en el caso anterior se utilizara el valor máximo de este, media + desviación, a fin de considerar en el diseño el oleaje de mayor estabilidad.

Así el ancho de coronación que hace el coeficiente de transmisión mínimo, es decir 0.075, es 3.725m, si bien es cierto que es de esperar que como consecuencia de cualquier otro condicionante de diseño se supere dicho valor, asegurando por tanto que la acción sobre el talud interior será mínima.



1.3.2.3 REBASE.

Se deben ahora definir los límites de rebase a considerar bajo los distintos escenarios de riesgo a asumir, dichos limites se obtienen de lo establecido en el Eurotop, el cual en su última versión refleja la influencia de la altura de ola incidente en cuanto a las condiciones de rebase a permitir.

En el apartado 3.3 de dicho documento se establecen las distintas limitaciones en lo que respecta a caudal medio de rebase y a volumen máximo de rebase. Dicho documento establece distintas clases de limitación:

- Limitaciones para el diseño estructural
- Limitaciones para la operatividad
- Limitaciones para personas y vehículos.

Dado que el efecto del rebase sobre la estructura es principalmente la altura de ola generada a sotamar y teniendo en cuenta que dicho efecto se considera en el coeficiente de transmisión, a partir del que calcular las propiedades resistentes de los mantos interiores, se consideraran como condicionantes funcionales las limitaciones impuestas a la operatividad y a las personas y vehículos.

las limitaciones a la operatividad y a personas y vehículos son, respectivamente, las siguientes:

Hazard type and reason	Mean discharge q (l/s per m)	Max volume V _{max} (l per m)
Significant damage or sinking of larger yachts; H _{m0} > 5 m	>10	>5,000 – 30,000
Significant damage or sinking of larger yachts; H _{m0} = 3-5 m	>20	>5,000 – 30,000
Sinking small boats set 5-10 m from wall; H _{m0} = 3-5 m Damage to larger yachts	>5	>3,000-5,000
Safe for larger yachts; H _{m0} > 5 m	<5	<5,000
Safe for smaller boats set 5-10 m from wall; H _{m0} = 3-5 m	<1	<2,000
Building structure elements; H _{m0} = 1-3 m	≤1	<1,000
Damage to equipment set back 5-10m	≤1	<1,000

Hazard type and reason	Mean discharge q (l/s per m)	Max volume V _{max} (l per m)
People at structures with possible violent overtopping, mostly vertical structures	No access for any predicted overtopping	No access for any predicted overtopping
People at seawall / dike crest. Clear view of the sea. H _{m0} = 3 m H _{m0} = 2 m H _{m0} = 1 m H _{m0} < 0.5 m	0.3 1 10-20 No limit	600 600 600 No limit
Cars on seawall / dike crest, or railway close behind crest H _{m0} = 3 m H _{m0} = 2 m H _{m0} = 1 m	<5 10-20 <75	2000 2000 2000
Highways and roads, fast traffic	Close before debris in spray becomes dangerous	Close before debris in spray becomes dangerous

1.3.2.3.1 CAUDAL DE REBASE.

Para la comprobación del rebase se recurre a la aproximación de De Waal y van der Meer, que expresa el caudal medio de rebase adimensional como una ley exponencial función del francobordo, el run-up del 2% y la altura de ola significativa del estado de mar de cálculo.

Dada la dispersión de los datos de ajuste los autores proponen una distribución normal del caudal de rebase adimensional para valores fijos de la abscisa con relación $\sigma/\mu = 0.11$, donde el valor medio de caudal de rebase adimensional queda definido por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = 8 \cdot 10^{-5} \cdot \exp [3.1 \cdot (R_{u2\%} - R_c) / H_s]$$



Aplicando la expresión anterior, siendo constantes los valores a considerar en las distintas secciones de cálculo consideradas, se obtienen los siguientes resultados de caudal de rebase:

Altura de ola significativa (m)	Altura de ola con probabilidad de excedencia del 2% (m)	Ru 2% (m)	Francobordo berma superior (m)
3,902	5,457	5,168	6,000
caudal unitario, μ (l/sm)	caudal unitario, σ (l/sm)	caudal unitario adimensional, μ	caudal unitario adimensional, σ
0,997	0,110	0,041	0,005
caudal unitario max, $\mu+\sigma$ (l/sm)		caudal unitario adimensional max, $\mu+\sigma$	
1,107		0,046	

1.3.2.3.2 VOLUMENES INDIVIDUALES DE REBASE

Conocido el valor del caudal unitario de rebase, se debe además conocer el volumen de agua que supera la coronación del dique.

La distribución probabilística de volúmenes individuales generados por el rebase del oleaje se ajusta a una Weibull de dos parámetros, escala y forma, de acuerdo al Eurotop:

$$P_V = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V}{a} \right)^b \right\}$$

El citado documento establece en su apartado 5.5.2 la definición del parámetro de forma b del siguiente modo:

$$b = 0.73 + 55 \left(\frac{q}{g H_{m0} T_{m-1,0}} \right)^{0.8}$$

Siendo

- q : caudal unitario de rebase
- H_{m0} : altura de ola significativa
- $T_{m-1,0}$: periodo medio asociado a la altura de ola incidente.

Cabe destacar en este punto que como relación entre el periodo de pico y el periodo medio se tomara la siguiente, propuesta en este manual como de uso habitual:

$$1.1 < \frac{T_p}{T_{m-1,0}} < 1.25 \rightarrow \frac{T_p}{T_{m-1,0}} = 1.18$$

Sustituyendo se obtiene el siguiente valor del parámetro de forma:

$$b = 0.73 + 55 \left(\frac{0.000997}{g * 3.902 * 8.25} \right)^{0.8} = 0.743$$

En el mismo artículo, antes mencionado, se establece el valor del parámetro de escala a, del siguiente modo:

$$a = \left(\frac{1}{\Gamma \left(1 + \frac{1}{b} \right)} \right) \frac{q T_m}{P_{ov}} = 0.833 * \frac{0.000997 * 8.254}{0.01} = 0.686$$

Conocidos los parámetros de la distribución se tiene perfectamente definido el volumen de rebase, asociado a una determinada probabilidad de no excedencia:

$$P_V = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V}{0.686} \right)^{0.743} \right\}$$

Haciendo $P_V = 0.5$, se obtiene el volumen medio generado por cada una de las olas que rebasan el dique:



$$0.5 = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V_{Pv=0.5}}{0.686} \right)^{0.743} \right\} \rightarrow V_{Pv=0.5} = 0.4189 \text{ m}^3/\text{m}$$

Conocido el número de olas, hallo el máximo volumen a partir del número de olas que generan rebase resulta de la siguiente expresión

$$V_{max} = a(\ln N_{ow})^{1/b} = 0.686 (\ln N_{ow})^{1/0.743}$$

En base a los resultados obtenidos tanto de caudal como de volumen de rebase puede concluirse que el francobordo de la berma superior definido es suficiente si se considera la siguiente cuestión:

- El acceso al contradique planteado será exclusivo del personal perteneciente a la autoridad portuaria, en ningún momento se plantea darle un uso lúdico o recreativo a la coronación del contradique.

Con objeto de verificar el condicionante funcional, fin último del diseño del contradique, la operatividad, analizada en términos de caudal medio de rebase, que debe asegurarse de acuerdo al anejo de criterios generales y bases de diseño, índices IREO e ISAO al menos el 95% del tiempo.

Asumiendo como simplificación que el régimen medio escalar tiene una dirección perpendicular al dique y que todos los estados de mar tienen el mismo periodo, el régimen medio de altura de ola significativa se transforma en el régimen medio de rebases para una cota de coronación dada.

Definido el caudal de rebase adimensional del siguiente modo:

$$Q = \frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = 8 \cdot 10^{-5} \cdot \exp [3.1 \cdot (R_{u2\%} - R_c) / H_s]$$

Conocido el caudal medio de rebase a permitir, según el Eurotop considerando que solo el personal de la autoridad portuaria tiene acceso al dique, como se plantea anteriormente:

	q (l/s/m)
Trained staff, well shod and protected, expecting to get wet, overtopping flows at lower levels only, no falling jet, low danger of fall from walkway	1 – 10

Se pretende ahora definir el Rup del 2%, en función de Hs, haciendo uso para ello de la hipótesis de equivalencia, suponiendo además que las diferentes alturas de ola del estado de mar se distribuyen según Rayleigh.

La relación entre la altura de ola significativa y la altura de ola con probabilidad de excedencia i, asumiendo dicha distribución resulta:

$$i = e^{-2 \cdot \left(\frac{H_i}{H_s} \right)^2}; \rightarrow H_i = H_s \sqrt{-2 \ln(i)}$$

El Run up, según Losada y Gimenez-Curto resulta:

$$\frac{Ru_i}{H_i} = A_u \left[1 - \exp \left(B_u * \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s \sqrt{-2 \ln(i)}}{L_0}}} \right) \right]$$

Con todos los términos en función de Hs, puede definirse ahora el caudal medio de rebase:



$$q = 8 * 10^{-5} * \sqrt{g Hs^3} \exp \left\{ 3.1 \left(A_u \left[1 - \exp \left(B_u * \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{Hs \sqrt{-2 \ln(i)}}{L_0}}} \right) \right] (Hs * \sqrt{-2 \ln(i)}) - Rc \right) / Hs \right\}$$

Con $i = 2/100$, dando valores de los coeficientes de ajuste de Run up relativos a bloques cúbicos de hormigón, conocido el valor del francobordo 6m, la altura de ola significativa cuya excedencia es del 5%, es decir aquella que da una operatividad mínima, del 95%, según el régimen medio, que se muestra a continuación, es de 2.37m:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^\beta \right] \rightarrow F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x + 0.03394}{1.145} \right)^{1.473} \right]$$

Para estos datos el caudal medio de rebase obtenido es de 0.020 l/s/m, menor que el definido por el Eurotop, luego es válida la cota de coronación aceptada

1.3.2.4 REFLEXION

Los efectos de la reflexión se han considerado en el análisis de la propagación del oleaje, de igual modo que en el caso del dique vertical.

El análisis de dicho efecto se lleva a cabo en el anejo de agitación interior, donde se comprueba si se cumplen las restricciones impuestas por la ROM en condiciones de servicio, de tal forma que se asegura la operatividad del contorno portuario al que se da abrigo.



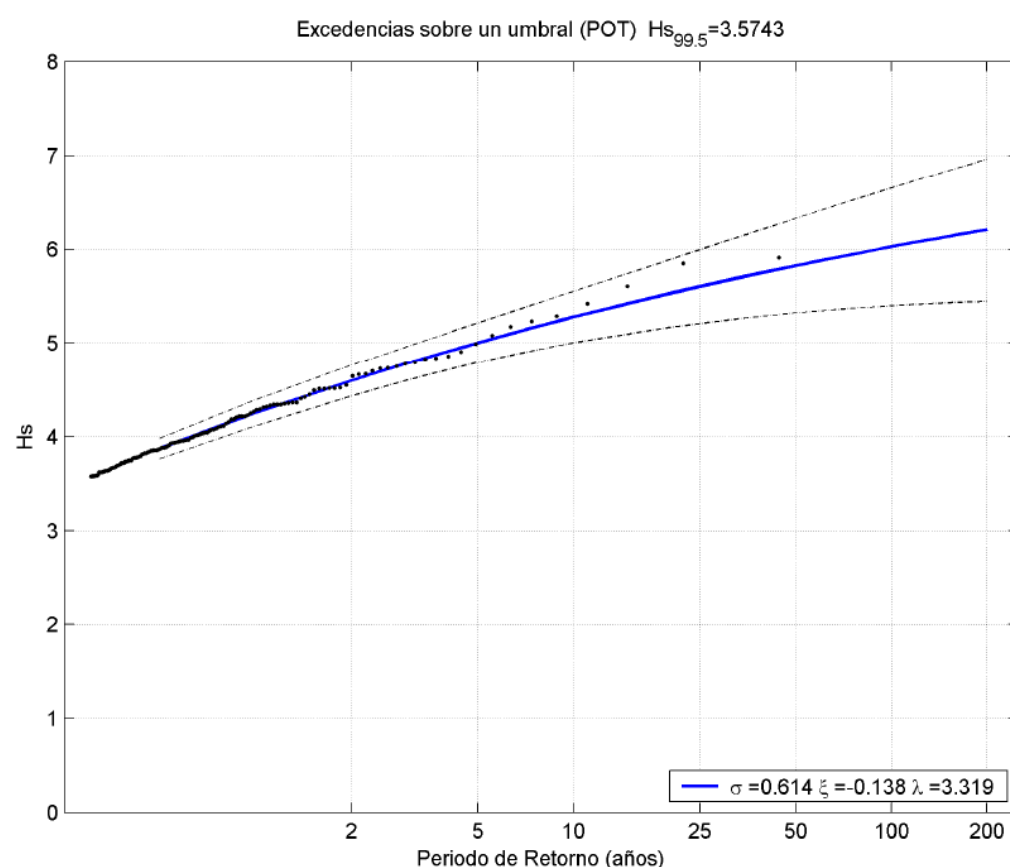
1.3.3 DIMENSIONAMIENTO ULTIMO.

En este apartado se lleva a cabo el análisis último del contradique sometido a la acción marina, para dicho análisis será necesario definir el régimen de oleaje actuante sobre dicho dique, del mismo modo que sobre el dique exterior, para el análisis último se definen unas solicitudes propias del régimen extremal, cuya probabilidad de excedencia viene definida en función de los índices IRE e ISA.

De acuerdo al anejo de clima marítimo, el régimen extremal de H_s se ajusta a una función GEV, con los siguientes parámetros:

$$P(H_s < H_{s_i}) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{H_{s_i} - \lambda}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} \rightarrow \exp \left\{ - \left[1 - 0.138 \left(\frac{H_{s_i} - 3.319}{0.614} \right) \right]^{1/0.138} \right\}$$

Conocida la probabilidad de fallo a asumir, 0,1, y la vida útil, 50 años, la probabilidad de no excedencia resulta 0.9979. con estos datos la altura de ola significativa de diseño último resulta 5.867 m. Se presenta a continuación el régimen extremal definido:



1.3.3.1 TRANSMISION.

Del mismo modo que para el cálculo en servicio busco un ancho de coronación que haga mínimo el coeficiente de transmisión, es decir, igual a 0.075.

Para ello utilizo el periodo de pico máximo esperado, 12.80 s, a fin de hallar la transmisión de las olas con mayor estabilidad.

La contribución del periodo a la estabilidad de la ola es a través de la ecuación de dispersión, es decir, a través de su longitud de onda, como es sabido, para una altura dada, mayores longitudes de onda implican mayor estabilidad del oleaje y mayor capacidad de inundación de este.

Asimismo, a partir de la ecuación de dispersión puede concluirse que mayores profundidades de propagación dan lugar a mayores longitudes de onda, efecto especialmente notable en profundidades reducidas e intermedias, luego se calcula dicho coeficiente de transmisión para la sección de cálculo donde la profundidad es máxima, 32.76m, sobre el pie del dique con respecto al nivel del mar de cálculo, en la sección final considerada.

Considerando los datos anteriores y operando con la siguiente expresión

$$T = -0.4 \cdot \frac{F}{H_s} + 0.80 \cdot \left(\frac{B}{H_s} \right)^{-0.31} \cdot \left(1 - e^{-0.5 \cdot I_{0p}} \right)$$

Se obtiene un valor del ancho de coronación de 15,87 m, es decir unos 16 m. El coeficiente de transmisión es quizás demasiado exigente, y podría plantearse menor anchura de coronación. Ante esta consideración debe destacarse que, considerando un ancho mínimo de la berma superior de tres piezas, necesario en base a criterios de buena práctica, dado el lado equivalente de las piezas del manto principal exterior, se tienen de partida unos 8 m de coronación, luego por mínimos de accesibilidad no resulta ilógico pensar en añadir otros 7 u 8 m.



Finalmente, y en base a criterios de accesibilidad y uso optaré por disponer una coronación de unos 20 metros, de tal forma que se tenga una plataforma de unos 12 metros que permitan disponer un espaldón suficiente y una plataforma que permita el acceso y tránsito del personal y medios de la autoridad portuaria.

1.3.3.2 ESTABILIDAD DE LOS MANTOS PRINCIPALES.

En este apartado se analiza la resistencia del manto principal sometido a la acción del oleaje, es decir, los desplazamientos de las piezas de estos debido a fuerzas hidrodinámicas.

Se definirá su comportamiento ante la acción del régimen extremal de diseño, tanto sobre el manto exterior, como sobre el interior, cuyo oleaje se genera principalmente como consecuencia del rebase sobre la coronación del contradique.

1.3.3.2.1 PESO PIEZAS MANTO PRINCIPAL. EXTERIOR.

La estabilidad de las piezas del manto se asegura a través del peso de cada una de estas, dado que es esta la principal acción estabilizadora ante el oleaje incidente, se supone en un primer instante que las dimensiones de los bloques necesarios son tales, que hacen imposible su obtención en escollera, por eso como se ha comentado previamente se recurre a piezas artificiales, cubicas de hormigón.

Formulación de Losada y Desiré

Conocido esto se recurre a los valores de la función de estabilidad definidos por Losada y Desiré, para distintos tipos de bloques paralelepíedicos de hormigón, en función del umbral de daño definido en diseño y el talud adoptado.

A continuación, se muestran dichos valores:

TIPO BLOQUE	a x a x a	a x a x 1.5a	a x a x 2a
Cotan α	1.5 2.0 2.5	1.5 2.0 2.5	1.5 2.0 2.5
Inicio avería	0.060 0.047 0.043	----- 0.084	0.120 ---- 0.116
Avería Iribarren	0.033 0.028 0.024	----- 0.030	0.042 ---- 0.038
Destrucción	0.027 0.022 0.018	----- 0.021	0.035 ---- 0.027

Con respecto a la dispersión, distribución estadística de los valores presentados cabe destacar lo siguiente:

“Estas curvas son envolventes superiores de los valores de la función de estabilidad y son crecientes hasta que el tipo de rotura pasa de colapso a oscilación. Por encima del nº de Iribarren que provoca la oscilación, el valor de la envolvente es máximo y se mantiene constante con el incremento del número de Iribarren. Este valor máximo se puede hacer equivalente al de la banda superior del 95% de confianza y pueden ser tomado directamente como valor de diseño de la función de estabilidad.”

Considerando bloques de igual lado y talud de 1.5, diseñando a inicio de avería se tiene un valor de diseño de la función de estabilidad de 0.060.

Conocido el valor de diseño de la función de estabilidad puede obtenerse el peso medio de los bloques a disponer a partir de la siguiente expresión:

$$\psi = \frac{W_{50}}{\rho_w g R H_i^3} ; R = \frac{\rho_s / \rho_w}{(\rho_s / \rho_w - 1)^3}$$



Cabe en este punto plantearse la definición de la sollicitación de cálculo a utilizar para la obtención del peso medio de las piezas del manto principal:

“Vidal et al. (2006) demostraron experimentalmente que el valor de “n” que mejor ajusta el daño medido en ensayos de evolución con oleaje regular e irregular es n=50, por lo que propusieron la utilización de H50 como parámetro de altura de ola de cálculo. Asimismo, propusieron la utilización del periodo medio de las 50 olas mayores, T50 para la definición del número de Iribarren en las fórmulas de validación. En el mismo artículo demostraron como las formulaciones de Losada y Giménez – Curto (1979) y van der Meer (1987) podían ser fácilmente modificadas para la utilización de H50. De esta manera las formulaciones citadas dejan de ser de estado de mar y pueden ser utilizadas para la determinación de la evolución del daño y la probabilidad de fallo en la vida útil de la obra.”

Se comprueba por lo tanto para cada uno de los casos que la mayor altura de ola del estado de mar presentado, cuya probabilidad de excedencia se calcula a partir del periodo medio asociado a dicho estado de mar suponiendo que el oleaje de distribuye según Rayleigh, no rompe al pie del dique, considerando para ello el criterio de goda, comprobado esto el valor de H50 puede hallarse del siguiente modo:

$$H_{50} = H_{\frac{50}{Nz}} = H_{\frac{1}{ent(\frac{Nz}{50})}}; \rightarrow \left\| ent\left(\frac{Nz}{50}\right) = n^* \right\|; \rightarrow H_{\frac{1}{ent(\frac{Nz}{50})}} = H_{\frac{1}{n^*}}$$

$$H_{\frac{1}{n^*}} = \left[\frac{n^* * \sqrt{\pi}}{2} * \left(\left(1 - \text{erf}(\sqrt{\ln(n^*)}) \right) + \sqrt{\ln(n^*)} \right) \right] * \frac{H_s}{\sqrt{2}}$$

Obtenido el valor de H50, el valor de T50 se plantea del siguiente modo. Si bien es cierto que el periodo asociado a las 50 mayores olas sería un periodo de pico elevado debe considerarse que conforme disminuye el periodo aumenta el número de olas del temporal, es decir considerando periodos de pico mayores disminuyo la sollicitación de cálculo, es por esto que se ha optado por usar un valor medio de la

distribución de periodos de pico del temporal, a fin de estar del lado de la seguridad. Dicho valor de Tp se obtiene al igual que en otros casos a partir de la siguiente expresión:

$$Tp_{medio} = a_{medio} H_s^{b_{medio}}$$

Siendo los coeficientes los siguientes, obtenidos del análisis de los datos de oleaje:

	a	b
medio	5,397	0,434
desviación	0,724	0,274

Como relación entre el periodo de pico calculado y el periodo medio, T50, se tomará la siguiente:

$$1.1 < \frac{T_p}{T_{m50}} < 1.25 \rightarrow \frac{T_p}{T_{m50}} = 1.18$$

Aplicando la metodología anterior a las distintas secciones de cálculo se obtienen los siguientes resultados de altura de ola de cálculo H50:



SECCION 1			
Altura de ola de cálculo H50 (m)			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola 1/2191 (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
5,867	11,507	0,000456	-0,00000001
Duración del temporal de cálculo (h)	μT_p (s)	σT_p (s)	T_p , min esperado, ($\mu T_p - \sigma T_p$) (s)
6	11,632	1,176	10,456
μT_m (s)	σT_m (s)	T_m , min esperado, ($\mu T_m - \sigma T_m$) (s)	número de olas
9,858	0,996	8,862	2191
Numero de Irribarren al pie del talud, I_r0	Tipo de rotura	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
3,600	oscilación	0,600	0,003
L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H_s (m)			
211,253			
Altura de ola de Goda (m)	F.objt GODA	ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)
13,271	0,000	H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	19,500
Entero $(2191/50) = n^*$	$H50 = H1/43$ (m)		
43	8,278		

SECCION 2			
Altura de ola de cálculo H50 (m)			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola 1/2191 (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
5,867	11,507	0,000456	-0,00000001
Duración del temporal de cálculo (h)	μT_p (s)	σT_p (s)	T_p , min esperado, ($\mu T_p - \sigma T_p$) (s)
6	11,632	1,176	10,456
μT_m (s)	σT_m (s)	T_m , min esperado, ($\mu T_m - \sigma T_m$) (s)	número de olas
9,858	0,996	8,862	2191
Numero de Irribarren al pie del talud, I_r0	Tipo de rotura	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
3,600	oscilación	0,600	0,000
L0, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H_s (m)			
211,253			
Altura de ola de Goda (m)	F.objt GODA	ROMPE?¿	Profundidad de cálculo (m)
17,290	0,000	H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	29,440
Entero $(2191/50) = n^*$	$H50 = H1/43$ (m)		
43	8,278		



SECCION 3			
Altura de ola de cálculo H50 (m)			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola 1/2191 (m)	probabilidad de excedencia	F.objt RAILEIGH
5,867	11,507	0,000456	-0,00000001
Duración del temporal de cálculo (h)	μT_p (s)	σT_p (s)	T_p , min esperado, ($\mu T_p - \sigma T_p$) (s)
6	11,632	1,176	10,456
μT_m (s)	σT_m (s)	T_m , min esperado, ($\mu T_m - \sigma T_m$) (s)	número de olas
9,858	0,996	8,862	2191
Numero de Irribarren al pie del talud, I_r0	Tipo de rotura	Pendiente del talud	Pendiente del fondo
3,600	oscilación	0,600	0,000
$L0$, longitud de onda indef, asociada a la altura de ola H_s (m)			
211,253			
Altura de ola de Goda (m)	F.objt GODA	ROMPE?	Profundidad de cálculo (m)
18,393	0,000	H incidente menor que la calculada con GODA, NO ROMPE	32,176
Entero $(2191/50) = n^*$	$H50 = H1/43$ (m)		
43	8,278		

Conocido H50, 8,278m y $T_m50 = 9,858$ s, constantes para todas las secciones de cálculo del contradique, puede ahora abordarse el cálculo del peso medio de las piezas a disponer con objeto de conformar el manto principal., de acuerdo a la formulación de Losada y Desiré antes planteada.

PESO MEDIO PIEZAS MANTO PPAL			
Losada y Desiré			
Talud	tipo de bloque	nivel de avería	valor de diseño de la función de estabilidad
1,5	cubico	Inicio de avería	0,06
densidad del agua (Kg/m3)	densidad del material (Kg/m3)	Rr	H50 (m)
1027	2300	1,1759355	8,278
peso medioW50 (Kg)	lado equivalente Dn50 (m)		
41110,1507	2,615		

1.3.3.2.1 PESO PIEZAS MANTO PRINCIPAL. INTERIOR.

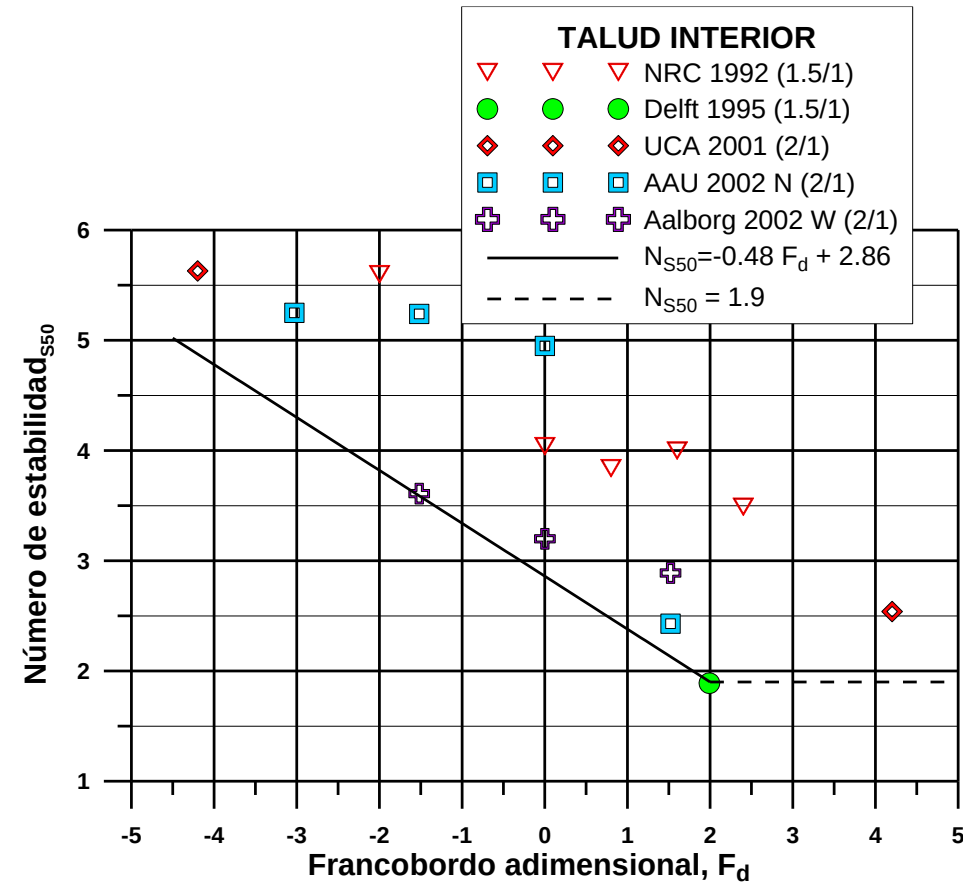
Para definir el peso de las piezas del manto principal interior opto por aplicar la formulación existente para diques rebasables, considerando como francobordo de este supuesto dique rebasable el definido anteriormente, en base a criterios funcionales.

Dicha formulación define el número de estabilidad a obtener para un determinado francobordo adimensional, función a su vez del diámetro nominal medio, del mismo modo que el número de estabilidad.

Se deduce de dicha formulación como conforme se aumenta el francobordo adimensional, esto es, aumenta el francobordo o disminuye el tamaño de piezas, disminuye el número de estabilidad requerido, esto es, aumento el diámetro a disponer.



Para un nivel de diseño correspondiente a inicio de avería se tiene la siguiente relación:



El número de estabilidad en función del francobordo adimensional viene definido del siguiente modo:

$$\begin{cases} N_{S50} = 0.48 F_d + 2.86; si F_d < 2 \\ N_{S50} = 1.9; si F_d \geq 2 \end{cases}; siendo F_d = \frac{Fc}{Dn_{50}}; N_{S50} = \frac{H_{50}}{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) * Dn_{50}}$$

Operando con las expresiones anteriores se obtiene:

$$\frac{H_{50}}{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) * Dn_{50}} = 0.48 \frac{Fc}{Dn_{50}} + 2.86; si F_d < 2$$
$$\frac{H_{50}}{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) * Dn_{50}} = 1.9; si F_d \geq 2$$

Operando se obtienen los siguientes resultados:

PESO MEDIO PIEZAS MANTO PPAL			
Diques rebasables			
Talud	tipo de bloque	nivel de avería	valor de diseño del número de estabilidad
1,5	cúbico	Inicio de avería	2,554
densidad del agua (Kg/m3)	densidad del material (Kg/m3)	Rr	Francobordo (m)
1027	2300	1,240	6,000
H50 (m)	peso medioW50 (Kg)	lado equivalente Dn50 (m)	
8,278	41128,504	2,615	

A la vista de los resultados obtenidos puede concluirse que debe disponerse como manto principal interior las mismas piezas que en el caso del manto principal exterior.



Debe definirse la altura sobre la que incide el oleaje, que es la que se protegerá con dicho manto interior. Se plantea llevar la protección hasta la -8,278 con respecto al nivel del mar de cálculo, valor que se obtiene considerando que el efecto desestabilizador del oleaje sobre el manto interior se prolonga una altura igual a la solicitud de cálculo, dado que dicho efecto se diluye rápidamente una vez que el caudal de rebase alcanza el nivel del mar, un valor próximo a la mitad del francobordo, por lo que el valor propuesto se encuentra del lado de la seguridad.

Luego la zona definida por esta altura es sobre la que debe disponer la protección del manto principal interior.

1.3.3.2.2 PESO PIEZAS MANTO PRINCIPAL EN EL MORRO.

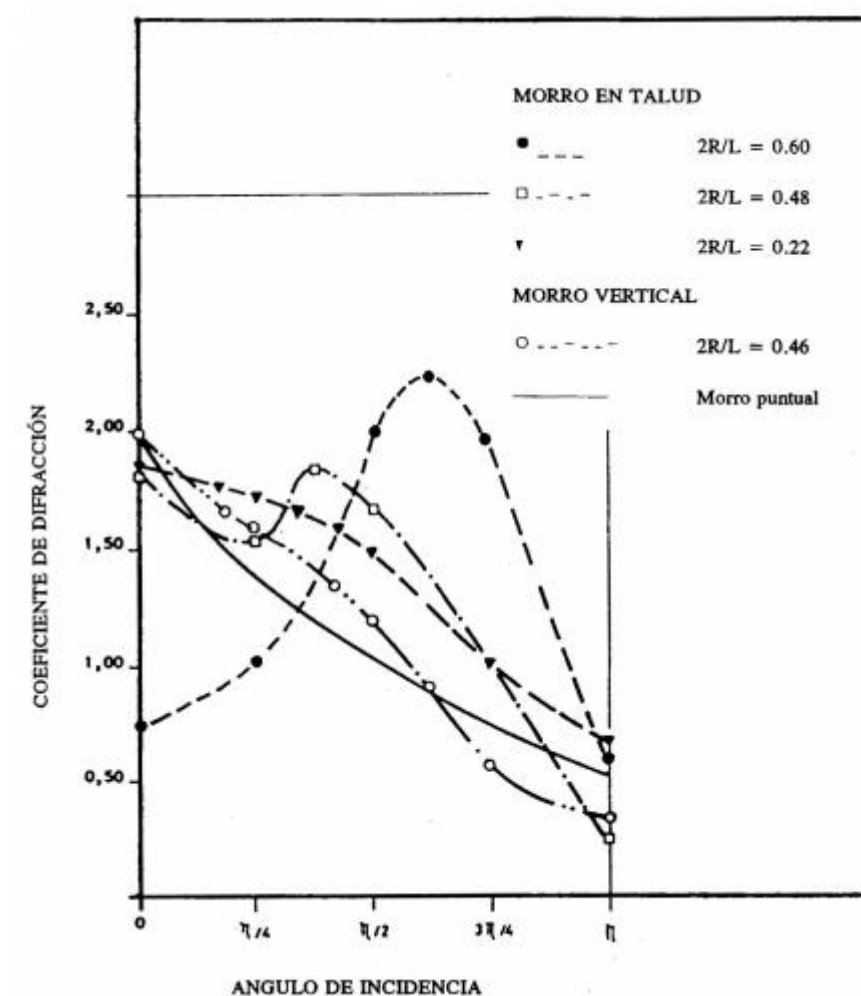
La acción del oleaje sobre los morros de los diques es diferente que, sobre el talud del tronco, debido a que el oleaje ataca los diferentes sectores del morro con ángulos de incidencia diferentes. Por otro lado, la difracción y refracción sobre el morro provocan la concentración del oleaje sobre el morro y la rotura sobre el mismo en voluta.

Se debe además señalar que conforme aumenta el radio relativo a la longitud de onda incidente, aumentan los efectos de la difracción generada por el dique, la variación de altura sufrida por la onda sobre el morro es mayor, y además el máximo de dicho efecto se desplaza hacia sotavento.

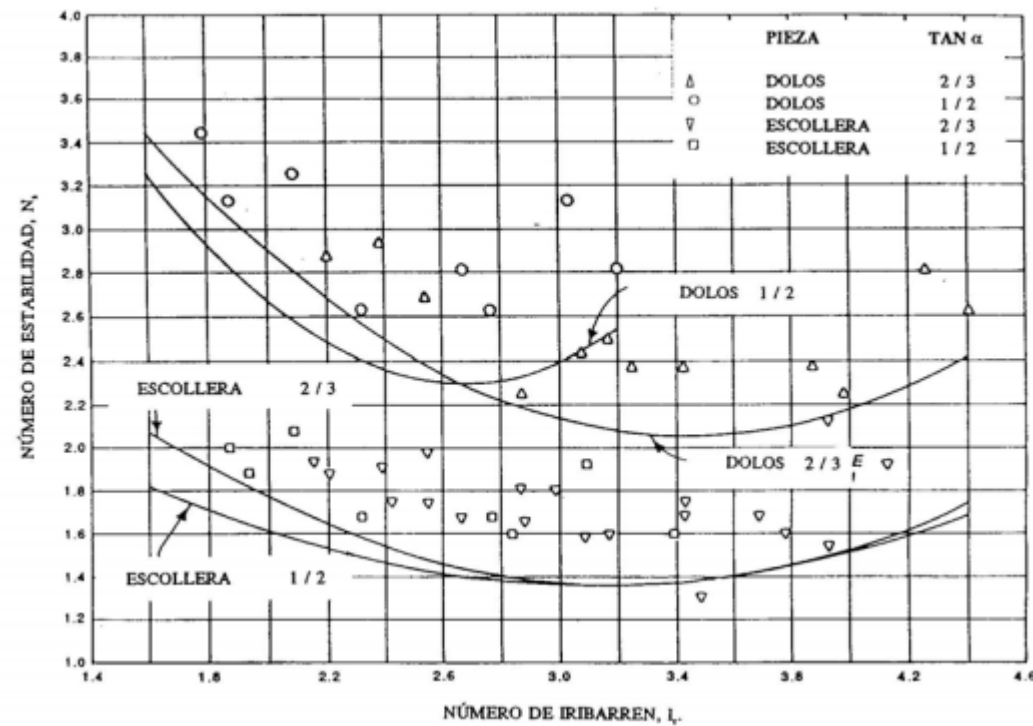
El efecto de incremento de altura de ola consecuencia de la difracción sobre el morro facilita la rotura del oleaje sobre este, dicho efecto tiene dos consecuencias directas:

- La altura de ola que incide sobre las piezas es mayor que en el resto del dique, esto hace necesario un aumento del peso de las piezas.
- El número de olas que rompen sobre este también aumenta por lo que el daño generado por un determinado estado de mar, aumenta sobre el morro.

Dichos efectos se traducen en una reducción de la estabilidad y un aumento de la fragilidad. Estos se reflejan en el siguiente gráfico, según la siguiente figura, Losada et al (1990):



Con respecto a la incidencia del número de Irribarren en la estabilidad de las piezas del morro se debe considerar la siguiente figura, Carver y Heimbaugh (1987):



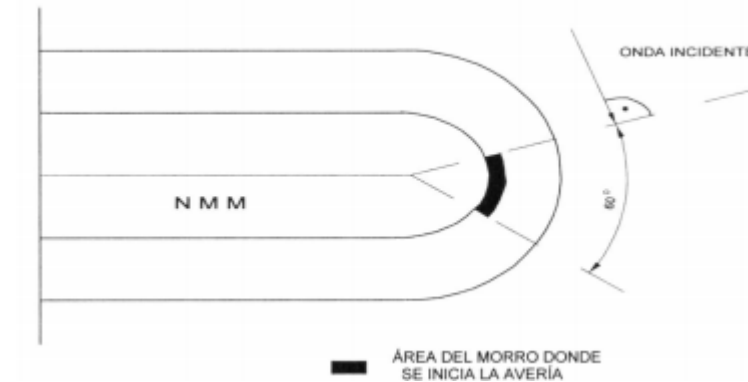
Del mismo modo que con las secciones correspondientes al tronco, según la formulación de Van der Meer, aparece un mínimo del número de estabilidad para números de Iribarren en el entorno de 3.

1.3.3.2.3 RECOMENDACIONES DE DISEÑO.

Según las recomendaciones de diseño establecidas en “Análisis de la estabilidad de diques rompeolas”

“En el caso de producirse la rotura del oleaje sobre el morro, Vidal et al. (1991), encontraron que el daño en el morro de diques no rebasables era causado por el impacto del chorro de la voluta sobre las piezas del manto. El inicio del daño se produce en un sector de unos 60° contados hacia la zona abrigada desde el punto de tangencia de los rayos con la superficie cónica. Una vez iniciado el daño, este progresa en sentido contrario al de propagación del oleaje, al quedar sin soporte las piezas contiguas a las extraídas”

En dicho estudio se establece también que existe una longitud de mínima estabilidad para una dirección de oleaje incidente dado.



Considerando todo lo anterior y en función del nivel de daño considerado en el diseño se tiene la siguiente tabla:

Nivel de avería	Inicio de Avería	Avería de Iribarren	Inicio de Destrucción
Factor	1.50	1.90	2.5

Por lo tanto, como aplicación para el presente proyecto, se considerará dado que se diseña a inicio de avería, un aumento del peso de las piezas de 1.5 sobre el morro, en lo que respecta a la longitud de mínima estabilidad se considerará como tal todo el morro a fin de eliminar la dependencia del diseño de la dirección de propagación oleaje incidente, protegiendo así el morro ante cualquier dirección de propagación.



1.3.3.3 MANTO SECUNDARIO.

1.3.3.3.1 EXTERIOR E INTERIOR

La función de los mantos secundarios en un dique es doble:

- Facilitar la condición de filtro desde los tamaños del manto principal a los del núcleo.
- Asegurar rozamiento entre capas de tal forma que se evite la formación de planos de deslizamiento, dado que conforme disminuye la relación de pesos entre capas contiguas disminuye el rozamiento entre ellas.

Relación entre pesos W/w	ϕ	$\tan \phi$
1	70º	2.75
2	65º	2.10
10	55º	1.40
20	50º	1.20

Como consecuencia de los efectos comentados, como reglas de buena práctica se recomienda lo siguiente:

- Manto principal/ 1er manto secundario: $W_{50}/w_{50} < 10$
- Entre mantos secundarios: $10 < W_{50}/w_{50} < 20$
- Entre manto secundario y núcleo: $10 < W_{50}/w_{50} < 20$

1.3.3.4 NUCLEO.

Para la definición del núcleo se adopta lo dispuesto en la ROM 1.1:

“El núcleo deberá cumplir las funciones de: (1) amortiguación de la energía de las oscilaciones del mar, (2) soporte de mantos y (3) transmisión de esfuerzos al terreno. La anchura y la cota de cimentación del núcleo se determinará siguiendo los mismos criterios que para la banquetta de cimentación. La anchura y altura de su coronación se determinarán en función de la anchura del espaldón y de los procesos constructivos, en particular la circulación de vehículos de obra y las dimensiones de la base de la grúa. A tal efecto, se recomienda construir el núcleo con los taludes de barlomar y sotomar de proyecto, con todo uno de cantera cuya granulometría se encuentre en los intervalos $[1 < W_n(Kg) < 100]$, pudiendo tener como máximo un 10% de material inferior a 1Kg y un 5% de material superior a 100Kg.”

1.3.3.5 RESUMEN DE LOS MANTOS DEFINIDOS.

De acuerdo a la siguiente tabla de tamaños, obtenida de la experiencia de explotación de canteras españolas:

Intervalos de peso (Kg)	W_{50} / W_{ef}
100 - 400	1.15
400 - 1500	1.10
1500 - 4000	1.05
4000 - 7000	1.00



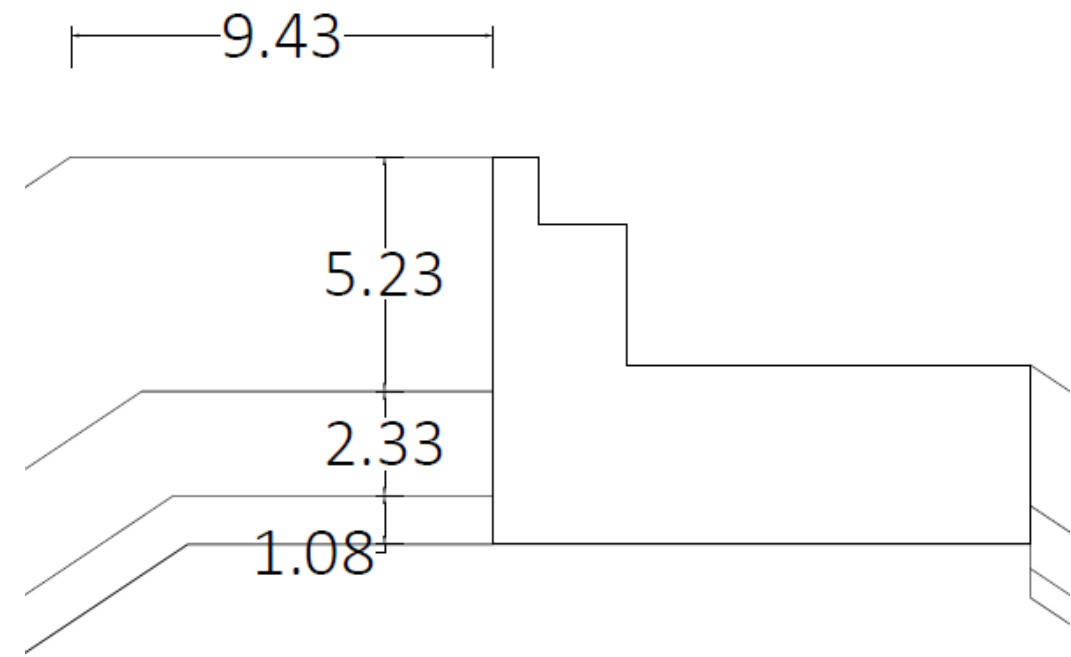
Se ajustan los resultados obtenidos por calculo a los intervalos presentados en la tabla superior, mostrándose en la siguiente los referentes al tronco del contradique:

	Manto	Peso medio (kg)	Lado del cubo equivalente (m)	densidad (kg/m3)	número de capas	espesor(m)
exterior	Principal	41110,151	2,615	2300	2	5,229
	Secundario I	4111,015 [4000-7000]	1,165	2600	2	2,330
	Secundario II	411,102 [400-1500]	0,541	2600	2	1,081
interior	Principal	41110,151]	2,615	2300	1	2,615
	Secundario I	4111,015 [4000-7000]	1,165	2600	1	2,330
	Secundario II	411,102 [400-1500]	0,541	2600	1	1,081
núcleo		1< Wn < 100 Kg	-----	-----	-----	-----

Se muestra en la siguiente tabla los mantos a disponer sobre el morro del contradique:

	Manto	Peso medio (kg)	Lado del cubo equivalente (m)	densidad (kg/m3)	número de capas	espesor(m)
exterior	Principal	61665,226	2,870	2300	2	5,740
	Secundario I	6166,523 [4000-7000]	1,320	2600	2	2,640
	Secundario II	411,101 [400-1500]	0,541	2600	2	1,081
núcleo		1< Wn < 100 Kg	-----	-----	-----	-----

De acuerdo a las dimensiones anteriores el encaje de los mantos y el espaldón es el siguiente:



1.3.3.6 BERMA INFERIOR EXTERIOR.

En este apartado se pretende definir las características geométricas y resistentes de la berma inferior del dique.

La disposición al pie del talud de dicho elemento se justifica en los siguientes puntos:

- La reducción del uso de las piezas del manto principal.
- Mejora del comportamiento resistente, entendiendo el dique como conjunto, como obra de tierra, ante posibles deslizamientos, la disposición de la berma al pie supone un aumento del peso en esa zona, cuyo efecto ante potenciales superficies de deslizamiento es estabilizador.



La definición de los distintos parámetros involucrados en el diseño de la berma inferior exterior se lleva a cabo haciendo uso de la formulación de Gerding (1993).

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot D_{n50}} = \left(0.24 \cdot \frac{h_t}{D_{n50}} + 1.6 \right) \cdot N_d^{0.15}$$

Y la formulación de Van der Meer (1998):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = \left(6.2 \left(\frac{h_t}{h_m} \right)^{2.7} + 2 \right) \cdot N_{od}^{0.15}$$

Puede observarse como las características resistentes de las piezas de la berma son función de la profundidad de coronación de esta con respecto al nivel del mar de cálculo. Para la definición del valor de este parámetro se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se mantendrá el manto principal en toda la longitud de acción del oleaje, es decir en toda la altura de ascenso, descenso definida por el régimen de temporales.
- Conforme se aumenta la altura de la berma con respecto al fondo aumenta la exigencia sobre esta, luego considerando que el principal elemento resistente es el propio dique y que la función de la berma no es otra que la de aumentar la seguridad frente a potenciales deslizamientos del talud se debe buscar una altura que permita evitar un dimensionamiento excesivo.

El planteamiento del diseño de la berma puede abordarse con diferentes criterios, puede plantearse la definición de la altura de coronación de la berma para un determinado tamaño de pieza, pudiendo definir las distintas alturas de coronación para cada una de las piezas de manto dispuestas, asegurando así la estabilidad y condiciones de filtro, no solo sobre el talud, también sobre el apoyo, esta forma de diseño, teóricamente optima induce una notable complejidad de ejecución dado que las alturas de ejecución varían para las distintas secciones, y es la transición entre secciones la que complica notablemente la ejecución.

Se plantea por tanto para el presente proyecto la definición de la altura de coronación desde otra aproximación. Definida una altura de coronación de la berma, constante para toda la longitud del dique, se define el peso de las piezas que aseguran la estabilidad en cada sección, optando finalmente por la pésima.

Este planteamiento pese a suponer el sobredimensionamiento de algunos tramos del dique, supone una notable simplificación del procedimiento constructivo.

Con respecto a la definición del parámetro de daño y el nivel de avería, de igual modo que en el caso del manto principal exterior se considerará un valor de N_d de 0.5, que es equivalente al inicio de avería para el talud dispuesto.

Para la definición de las alturas de ascenso-descenso se recurre a la formulación de Losada y Giménez-curto, considerando el run-up, run-down de la altura de ola máxima del estado de mar, a fin de asegurar que incluso bajo la acción de esta la berma no queda descubierta. A este respecto debe destacarse que se considerará como nivel del mar de cálculo el correspondiente a la cota batimétrica dado que dicha situación es más desfavorable.

Aplicando lo anterior a las secciones de cálculo se obtienen los siguientes resultados:



SECCION 1			
PESO MEDIO PIEZAS BERMA			
Gerding			
Altura de ola significante (m)	Profundidad de al pie del dique (m)	Ru ola máxima (m)	Rd ola máxima (m)
5,867	17,318	10,26874719	-5,761621999
Profundidad de coronación de la berma (m)	nivel de daño	densidad relativa sumergida	densidad del material (Kg/m3)
15,000	0,5	1,239532619	2300
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)		
1,033	2532,463		
Van der Meer			
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)	Profundidad de coronación de la berma (m)	
0,846	1393,997	15,000	

SECCION 2			
PESO MEDIO PIEZAS BERMA			
Gerding			
Altura de ola significante (m)	Profundidad de al pie del dique (m)	Ru ola máxima (m)	Rd ola máxima (m)
5,867	27,258	10,26874719	-5,761621999
Profundidad de coronación de la berma (m)	nivel de daño	densidad relativa sumergida	densidad del material (Kg/m3)
15,000	0,5	1,239532619	2300
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)		
1,033	2532,463		
Van der Meer			
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)	Profundidad de coronación de la berma (m)	
1,623	9834,206	15,000	



SECCION 3			
PESO MEDIO PIEZAS BERMA			
Gerding			
Altura de ola significante (m)	Profundidad de al pie del dique (m)	Ru ola máxima (m)	Rd ola máxima (m)
5,867	29,994	10,26874719	-5,761621999
Profundidad de coronación de la berma (m)	nivel de daño	densidad relativa sumergida	densidad del material (Kg/m3)
15,000	0,5	1,239532619	2300
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)		
1,033	2532,463		
Van der Meer			
lado equivalente Dn50 (m)	peso medioW50 (Kg)	Profundidad de coronación de la berma (m)	
1,778	12918,987	15,000	

De lo anterior se deduce que coronando a 15m de profundidad deben disponerse bloques de hormigón de 13T. Con respecto al ancho superior de dicha berma se optará por un ancho de 3 piezas:

<i>Publication</i>	<i>Width recommendation</i>
Eckert (1983)	Prevent scour within structural slope
SPM (1984)	At least 2 stones
USACE (1987)	At least 3 D _{n50}
CIRIA (1991, 2007)	At least 3 stones
BSI (1991)	At least 4 stones

1.3.3.7 ANALISIS DEL ESPALDON.

1.3.3.7.1 COEFICIENTES DE SEGURIDAD.

Los coeficientes de seguridad exigidos en lo que respecta a estabilidad se encuentran recogidos en la ROM, concretamente en el siguiente documento: ROM 0.5-94. Se muestran en la siguiente tabla:

	Coeficientes de seguridad
Deslizamiento	1,4
Vuelco	1,4

1.3.3.7.2 ESTABILIDAD DEL ESPALDON.

En el siguiente apartado se busca definir y/o comprobar si las dimensiones del espaldón adoptado, son tales que ante la acción del oleaje de cálculo se puede asegura la estabilidad de este frente al deslizamiento y al vuelco.

1.3.3.7.3 DEFINICION DE LA LEY DE PRESIONES.

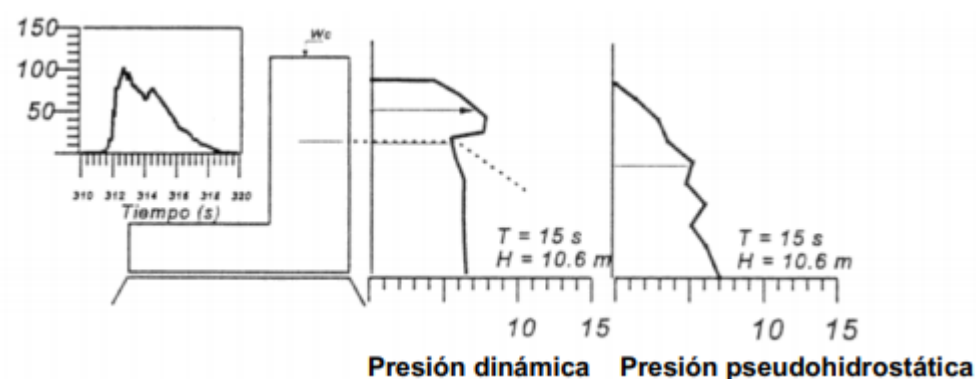
Formulación de Martin.

Para ello se debe comenzar por definir las leyes de presiones generadas por el oleaje incidente, para ello se recurre a la formulación de Martin, considerando que esta es de aplicación por los siguientes motivos:

- Puede darse el caso que el número de Iribarren asociado al talud, para la ola de diseño sea menor de 3, pero dadas la posición del espaldón con respecto al nivel del mar de cálculo y la configuración del conjunto, manto principal exterior y espaldón, se asegura que la rotura del oleaje se produce sobre dicho manto y en ningún caso directamente sobre el espaldón.



Dicho método establece dos estados de carga independientes como consecuencia de la acción del oleaje de diseño:



Considera la generación de dos leyes de presiones:

- una ley de presiones dinámica, consecuencia de la variación de la cantidad de movimiento de la masa de agua incidente, como consecuencia de la presencia del espaldón. Dicha ley es rectangular, discontinua, presentando dicha discontinuidad en la cota de coronación del manto principal exterior, diferenciando la zona expuesta de la zona protegida por la presencia del manto principal exterior.
- Una ley de presiones pseudo-hidrostática, consecuencia de la presencia de la columna de agua frente al dique. Triangular, continua entre la cota del pie del espaldón a barlomar y el punto de ascenso máximo del oleaje, ya roto, por el talud.

Con respecto a las subpresiones dicho método, establece lo siguiente:

- Subpresiones dinámicas: considera ley de presiones triangular entre un valor igual a la presión dinámica sobre el pie del espaldón a barlomar y un valor 0 sobre el pie de sotamar.
- Subpresiones pseudo-hidrostáticas: tienen forma trapezoidal, con valor igual a la presión pseudo-hidrostática sobre el pie de barlomar y un valor función de la porosidad de la

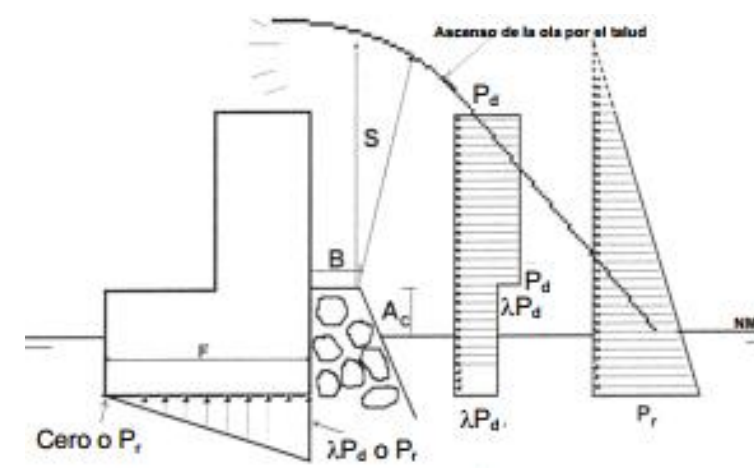
cimentación, la anchura del espaldón y la longitud de onda del oleaje incidente, sobre el pie de sotamar.

Con respecto a la solicitud de cálculo debe especificarse lo siguiente:

- Dado que se considera la acción, digamos puntual, instantánea de un conjunto de presiones sobre el espaldón, en ningún momento se plantea la influencia de la frecuencia de presentación de estas leyes, o cualquier otro tipo de variable temporal, se considerará como acción de cálculo la altura de ola máxima relativa al estado de mar extremal de cálculo, asociado a la probabilidad de fallo considerada.
- Como consecuencia directa de lo anterior el periodo de oleaje a considerar será el de pico máximo esperado, dado que es de suponer que dicha ola máxima aparezca con los mayores periodos del estado de mar considerado.
- Se considerará también la hipótesis de equivalencia, para el cálculo del Run-up que es necesario hacer.

Presiones sobre la cara frontal del espaldón

Para el análisis de la estabilidad del espaldón ante el oleaje incidente se considerará el siguiente esquema geométrico:

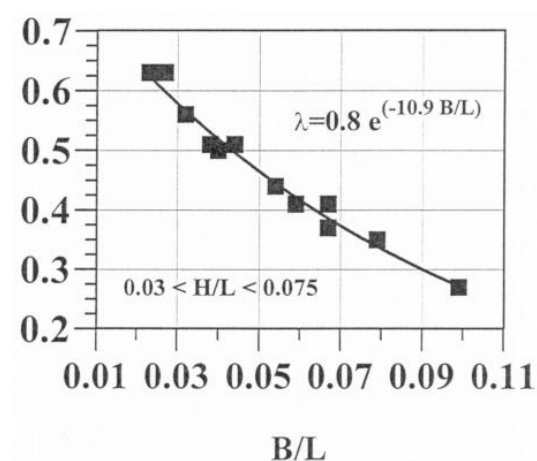


Presiones dinámicas.

La ley de presión dinámica P_d , viene definida por la siguiente expresión:

$$P_d = \alpha \rho g s; \rightarrow s = H_l * \left(1 - \frac{Ac}{Ru}\right); \alpha = 2.9 * \left(\frac{Ru}{H_l} * \cos\beta\right)^2$$

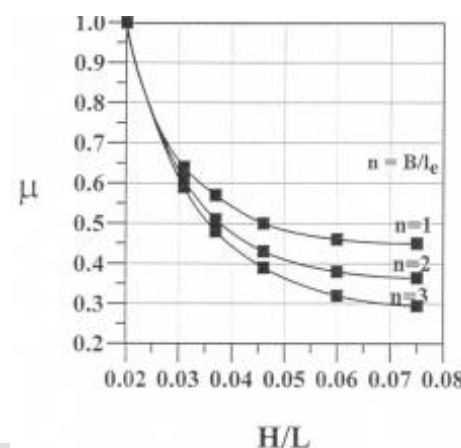
El valor de lambda, que define el valor de la presión actuante sobre la zona protegida se determina de acuerdo a lo siguiente:

Presiones pseudo-

El valor de la presión pseudo
una cota cualquiera z , se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$P_d = \mu \rho g (s + Ac - z)$$

Con μ definida en función del peralte de la ola al pie del talud, y el número de piezas que definen el ancho de la berma superior del manto principal:

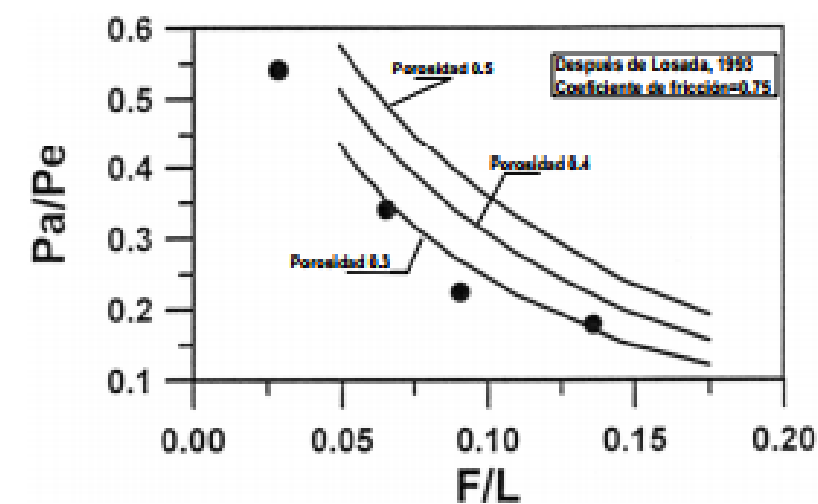
Subpresiones sobre la base del espaldónSubpresiones dinámicas.

Las subpresiones debidas a las presiones dinámicas tendrán forma triangular. La presión en la zona delantera de la base del espaldón será igual a la correspondiente a la zona protegida. La presión en la zona posterior de la base es despreciable.

Subpresiones pseudo-hidrostáticas.

Las subpresiones debidas a las presiones pseudo-hidrostáticas tendrán forma trapezoidal. La presión actuando en la base del espaldón es igual a la que actúa sobre el frente de este a la misma cota. La presión en la parte posterior del espaldón solamente será relevante si la cota de cimentación está en contacto con el agua. Si no está en contacto, subpresión posterior = 0.

P_a , es función de la anchura del espaldón, F , de la porosidad del material sobre el que esté cimentado el espaldón y de la presión en la zona delantera P_e del espaldón, cuyo valor se obtiene del siguiente gráfico:





Dado que el espaldón apoya sobre el ultimo manto secundario, se considerará una porosidad de 0.4 en lo que respecta a la definición de dicho termino de presión.

Aplicando la formulación anterior a la situación de cálculo se obtienen los siguientes resultados, definiendo así las leyes de presiones en ambas situaciones de carga:

METODO DE MARTIN.			
LEYES DE PRESIONES Y SUBPRESIONES			
PRESIONES DINAMICAS			
Altura de ola significativa (m)	Altura de ola máxima (m)	Francobordo berma superior (m)	Ru ola máxima (m)
5,867	11,507	6,000	10,613
altura máxima de ola sobre la berma (m)	alpha	ancho berma superior, 3piezas (m)	Longitud de onda al pie del dique, asociada a la altura de ola máxima (m)
5,002	1,708	7,845	157,613
Peralte del oleaje al pie	lambda	Presion dinámica zona expuesta (MN)	Presion dinámica zona protegida (MN)
0,073	0,465	0,086	0,040
SUBPRESIONES DINAMICAS			
Ley triangular de presiones, con los siguientes valores		Pie barlomar (MN)	Pie sotamar (MN)
		0,040	0,000
PRESIONES PSEUDO HIDROSTATICAS			
densidad del agua (Kg/m3)	MU	Cota coronación berma (m)	cota pie (m)
1027,000	0,288	6,000	-1,559
Presión pseudo-hidrostatica sotamar(MN)	Presión pseudo-hidrostatica pie (MN)		
0,015	0,040		

SUBPRESIONES PSEUDO HIDROSTATICAS		
Ley trapezoidal de presiones, con los siguientes valores	F/L	cociente presiones sotamar/barlomar
	0,076	0,300
Presión sotamar (MN)		
0,012		

Se definen ahora las dimensiones del espaldón, y del tacón dispuesto con objeto de mejorar el comportamiento frente a deslizamiento, critico en el caso que nos ocupa, además de la densidad del hormigón utilizado.

DIMENSIONES DEL ESPALDON			
Alto del espaldón (m)	H' (m)	Ancho del espaldón (m)	B' (m)
8,640	4,000	12,000	3,000
densidad del hormigón (Kg/m3)	espesor inicial talón (m)	Peso espaldón (T)	Peso talón (T)
2300,000	0,000	1,424	0,000

De las leyes de presión, definidas anteriormente, y de las dimensiones presentadas se obtienen las fuerzas actuantes y sus puntos de aplicación, de modo que quedan definidas también las excentricidades de dichas acciones, pudiendo así definir la estabilidad del espaldón, en lo que respecta a deslizamiento y vuelco de este.

FUERZAS DESESTABILIZADORAS Y PUNTOS DE APLICACIÓN			
FUERZAS DINAMICAS			
Fuerza horizontal (MN)	Fuerza vertical (MN)	Momento fuerza horizontal (MNm)	Momento fuerza vertical (MNm)
0,346	0,240	1,494	1,921
Punto aplicación Fh respecto al pie (m)	Punto aplicación Fv, respecto sotamar (m)		
4,320	8,000		
FUERZAS PSEUDO HIDROSTATICAS			



SOLUCIÓN TÉCNICA.AMPLIACIÓN PUERTO DE ALMERIA.

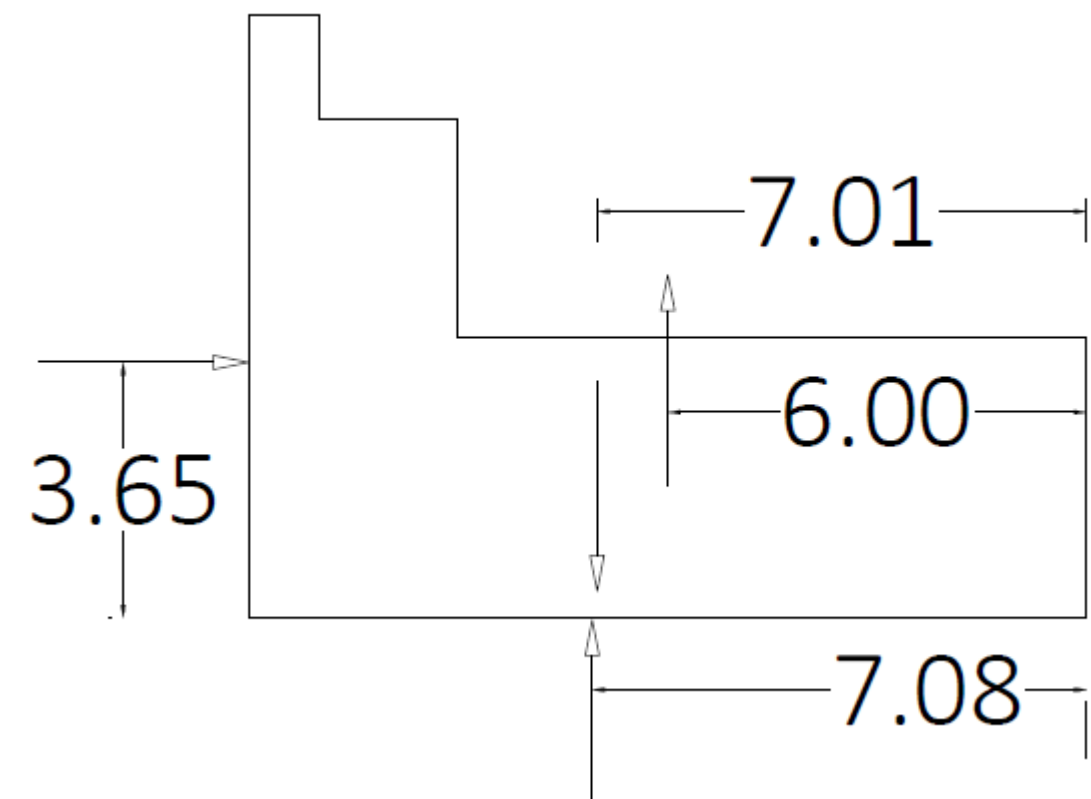
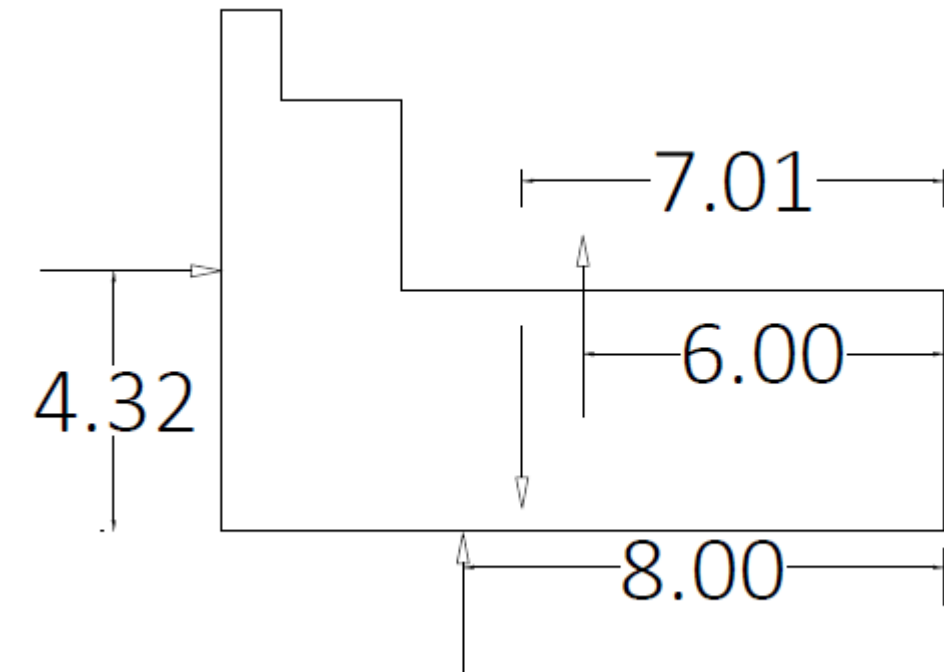
ANEJO N°15- DISEÑO SOLUCIÓN ADOPTADA.

Fuerza horizontal (MN)	Fuerza vertical (MN)	Momento fuerza horizontal (MNm)	Momento fuerza vertical (MNm)
0,234	0,309	0,854	1,401
Punto aplicación Fh (m)	Punto aplicación Fv, respecto sotamar (m)		
3,653	7,080		

EMPUJE AGUA			
Nivel del mar de cálculo respecto 0 (m)	cota B espaldon respecto 0	Empuje (MN)	Momento empuje (MNm)
2,180	0,623	0,192	1,151
Punto aplicación empuje, respecto sotamar (m)			
6,000			

FUERZAS ESTABILIZADORAS Y PUNTOS DE APLICACIÓN			
PESOS			
Peso espaldón (T)	Momento peso (MNm)	Punto aplicación peso, respecto sotamar (m)	Peso talón, sumergido (T)
1,424	9,986	7,012	0,000
Momento talón (MNm)	Punto aplicación peso, respecto sotamar (m)	Angulo talón, plano de deslizamiento	
0,000	8,000	0,000	

A continuación, se muestran las situaciones de cálculo ante la actuación de las cargas dinámicas y las pseudo-hidrostáticas respectivamente.



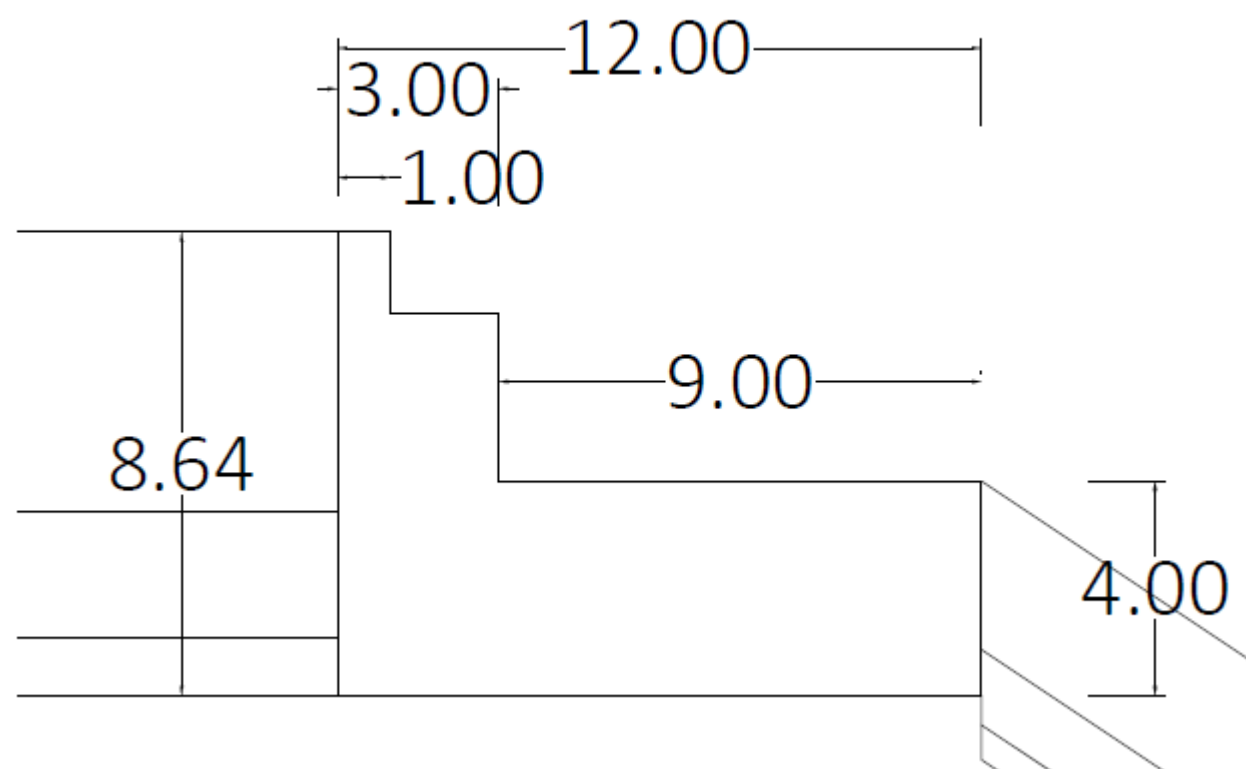


Conocidos estos valores pueden ahora calcularse los valores de los coeficientes de seguridad frente al vuelco y al deslizamiento, frente a ambas situaciones de carga:

COEFICIENTES DE SEGURIDAD			
DINAMICOS			
CSD	1,721	CSV	2,587
PSEUDO HIDROSTATICOS			
CSD	2,371	CSV	2,907

Puede por tanto concluirse en base a los resultados de los coeficientes de seguridad tanto a deslizamiento como al vuelco, que el espaldón definido resulta estable frente a la acción dinámica y pseudo-hidrostática.

Finalmente, el espaldón resulta:





1. ANEJO Nº16 – ANÁLISIS AMBIENTAL.



1	. ANEJO Nº15 – ANÁLISIS AMBIENTAL.....	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	LEGISLACION VIGENTE.	3
1.3	JUSTIFICACION DE LA ACTUACION.	3
1.4	OBJETO DEL INFORME.	4
1.5	METODOLOGIA.	4
1.6	ANALISIS DEL ENTORNO.	4
1.6.1	ZONA DE ESTUDIO.	4
1.6.2	MEDIO FISICO.	4
1.6.2.1	CLIMATOLOGIA.	4
1.6.2.2	GEOLOGIA.	5
1.6.2.3	HIDROLOGIA.....	5



1.6.2.4	dinamica litoral.	5
1.6.2.5	paisaje.	5
1.6.2.6	arqueologia.	5
1.6.2.7	factor agua.	6
1.6.2.8	medio biotico.	6
1.6.3	medio humano.	6
1.6.3.1	POBLACION.	6
1.6.3.1	analisis demografico.	6
1.6.3.2	POR EDAD.	7
1.6.3.3	economia.	7
1.7	identificacion y valoracion de impactos.	8
1.7.1	descripcion de los impactos.	8
1.7.1.1	IMPACTOS SOBRE EL MEDIO ATMOSFERICO.	8
1.7.1.2	impactos sobre el medio marino.	8
1.7.1.3	impactos sobre el medio terrestre.	9
1.7.1.4	impactos sobre el medio preceptivo.	9
1.7.1.5	impacto sobre el medio social.	9
1.7.2	valoracion de los impactos.	9
1.7.2.1	caracterizacion cualitativa.	9

1.7.2.2	matrices de evaluacion cualitativa.	11
1.7.3	CARACTERIZACION CUANTITATIVA.	14
1.7.3.1	impacto neto del proyecto.	14
1.7.3.2	Matrices de evaluacion cuantitativa.	16
1.7.4	RESUMEN DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS.	19
1.7.5	medidas correctoras propuestas.	19
1.7.6	programa de vigilancia ambiental propuesto.	19

1.1 INTRODUCCION.

Actualmente, dado el nivel de estrés impuesto al medio y consecuencia de una creciente y ponderante sensibilidad y responsabilidad ambiental, se hace necesaria la adecuación de la construcción, del mantenimiento, en definitiva, de cualquier actuación sobre el medio natural, a los requerimientos del medio sobre el que se actúa, reconociendo no solo la utilidad de este, sino también su valor en términos económicos. Adaptando nuestras actuaciones al normal desarrollo del medio natural en lugar de contradecirlo.

El presente informe tiene por objeto analizar las repercusiones ambientales asociadas a la solución técnica presentada, definiendo los efectos sobre el medio físico y socioeconómico del entorno portuario de Almería, que se pueden presentar como consecuencia de ampliación presentada, valorando sus impactos y consecuentemente definiendo las medidas protectoras y correctoras a aplicar para minimizar los impactos negativos que se prevean en el mismo.



El litoral es un espacio geográfico donde interactúan los tres medios: terrestre, acuático y aéreo. Su extensión es variable y soporta una compleja variedad de procesos de diversa naturaleza: geomorfológicos, hidrológicos y de actividades e intereses humanos (Ortega 1922).

Concentrándonos en estos últimos, el carácter multiuso del espacio litoral se identifica con las funciones que en él convergen, y que son descritas por Hoozemans (1991) de la siguiente manera:

- Funciones básicas: producción de alimentos, suministro de agua y energía.
- Funciones económicas: transporte, industria y minería.
- Funciones públicas: transporte público, defensa y saneamiento.

Así pues, el litoral es un sistema complejo y muy dinámico, en donde han de integrarse los siguientes subsistemas: natural, de usos y de infraestructuras. Por otra parte, el litoral y el medio terrestre son sistemas independientes. Determinadas actuaciones en el medio terrestre pueden tener incidencias directas o indirectas en la franja litoral (SánchezArcilla y Jiménez, 1994).

1.2 LEGISLACION VIGENTE.

El 27 de Junio de 1985, se publica en el Diario Oficial de Comunidades Europeas una directiva del Consejo relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos sobre el medio ambiente.

En cumplimiento de dicha directiva el Gobierno Español elabora el Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de Junio de Evaluación del Impacto Ambiental. El reglamento de aplicación de este Decreto Legislativo ha sido aprobado mediante Real Decreto 1131/1988 de 30 de Septiembre (B.O.E. de 5 de Octubre de 1988).

En él se establece la obligación de someter a una evaluación del impacto ambiental ciertos proyectos públicos y privados. Con posterioridad la Directiva 97/11/CE del consejo europeo introdujo diversas disposiciones destinadas a clarificar, completar y mejorar las normas relativas al procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental, modificando la Directiva 85/337/CE del 27 de Junio.

Como respuesta a dicha Directiva el Estado Español modificó el Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 30 de Septiembre, mediante el Real Decreto Legislativo 9/2000 de 6 de Octubre.

En él se establece la obligación de someter a una evaluación de impacto ambiental proyectos relativos a puertos deportivos. El 8 de Mayo se aprobó la Ley 6/2001 de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986.

1.3 JUSTIFICACION DE LA ACTUACION.

Con la ampliación del puerto de Almería se pretende conseguir una nueva línea de atraque, que permita ampliar el volumen de trabajo de este, aumentando así la capacidad de este, dándole relevancia con respecto a sus competidores directos en el entorno del estrecho de Gibraltar.



1.4 OBJETO DEL INFORME.

El objeto del presente documento es definir el documento técnico al que se refiere el decreto de Evaluación de Impacto Ambiental para el caso que nos ocupa, sobre los potenciales efectos sobre el entorno portuario almeriense, consecuencia de las actuaciones propuestas.

Se pretende definir las medidas que contribuyan a suprimir las pérdidas de material ocasionadas por los distintos rellenos, así como las potenciales molestias a la fauna, consecuencia del ruido, tráfico pesado, además se pretende definir las medidas que minimicen la afección al patrimonio cultural y a la calidad del agua.

La actuación consistirá en conseguir un adecuado uso del espacio marítimo y terrestre cuyo uso se hace necesario como consecuencia de la ampliación objeto del presente proyecto.

1.5 METODOLOGIA.

La metodología a seguir para la elaboración del presente informe es la siguiente:

- Definición del entorno del proyecto, considerando los elementos del medio susceptibles de ser afectados.
- Análisis de los elementos del medio físico potencialmente alterables.
- Identificación y definición de los impactos.
- Valoración de los impactos identificados.
- Definición de las medidas correctoras.
- Plan de vigilancia ambiental.

1.6 ANALISIS DEL ENTORNO.

1.6.1 ZONA DE ESTUDIO.

Almería es una ciudad costera y portuaria, situada al sureste del país, es capital de su término municipal y de la provincia homónima. Su altitud con respecto al nivel del mar es de 23 m, a nivel climático cabe destacar su aridez, siendo uno de los municipios más áridos de España.

Con respecto a su población, de acuerdo al estudio socioeconómico incluido en el presente proyecto, destacar que es del entorno de los 200.000 habitantes según del INE a fecha de 2016.

La zona a considerar, será por tanto la franja litoral de la capital almeriense afectada por el dique exterior y el contradique.

1.6.2 MEDIO FISICO.

Por medio físico entendemos el territorio y sus recursos, tal y como se encuentra en la actualidad, excluyendo componentes vivos. Algunos autores optan por definirlo como medio inerte, como oposición al medio biótico, compuesto por fauna y vegetación.

Los factores ambientales a considerar serán climatología, geología e hidrología.

1.6.2.1 CLIMATOLOGIA.

De acuerdo a lo incluido en el anejo de climatología se tiene:

“Del mismo modo que todo el sureste español, Almería es una región con un régimen pluviométrico escaso, típicamente mediterráneo, con zonas de marcada aridez, como son en este caso el desierto de tabernas y el cabo de gata, donde la aparición de lluvia se da de forma torrencial.



De acuerdo con la Clasificación climática de Köppen, el clima de Almería es de transición entre el clima árido cálido y el clima semiárido cálido. Con una precipitación anual de 200mm, Almería se posiciona como la ciudad más árida de Europa y una de las más áridas de la Cuenca del Mediterráneo. Las precipitaciones son muy escasas (25 días de media al año), y hay poca amplitud térmica mensual; las temperaturas oscilan entre los 17° y 9° en enero y los 31° y 23° en agosto. Algunas veces en los meses de verano sube la temperatura hasta superar los 40 °C debido a las masas de aire caliente proveniente del Sáhara, aunque es bastante infrecuente superar esta temperatura. Los inviernos son muy suaves y los veranos calurosos. Almería es la única ciudad de Europa Continental que nunca haya registrado heladas, ya que la mínima histórica es de +0,1 °C.

Con una media de 2994 horas de sol y 108 días completamente despejados al año, es una de las ciudades más soleadas de Europa. La temperatura media anual es de 19,1°C. La temperatura de sus aguas en los meses de invierno (unos 17 °C) es más cálida que la del aire (16,5 °C). La humedad media es del 65 %, con un promedio de 26 días de lluvia anuales, siendo noviembre el mes más lluvioso. Esto resulta en una pluviometría media de 200 mm, una de las más bajas de España (la más baja de la Península Ibérica) y la más baja de Europa. En ocasiones se han producido lluvias torrenciales, estando documentadas inundaciones catastróficas en 1879 y 1891.”

1.6.2.2 GEOLOGIA.

En lo que respecta a la morfología litoral de la bahía, de este a oeste, se encuentra en primer lugar una impresionante costa acantilada formada por rocas volcánicas de edad neógena con elevado grado de alteración. Las pendientes y acantilados, característicos del entorno, se diluyen dando lugar conforme se avanza hacia al oeste a formaciones más suaves, denominadas como pie de monte. Las rocas aflorantes son fundamentalmente, andesitas piroxénicas y anfibófilo-micáceas, que se presentan con estructura filoniana o como piroclastos

Esta región constituye la frontera entre un área en fase de hundimiento hacia el este y otra en fase de emersión hacia el oeste, hacia la propia ciudad de Almería.

1.6.2.3 HIDROLOGIA.

La zona de estudio se encuentra en la zona de influencia del río Andarax, el régimen hidrológico de este es netamente estacional, con eventos de caudal máximo consecuencia de fenómenos tormentosos y de “gota fría”, dichos fenómenos dado el corto intervalo de tiempo en el que aparecen suelen dar lugar a inundaciones.

1.6.2.4 DINAMICA LITORAL.

El puerto de Almería se encuentra dentro de la unidad natural limitada por los acantilados del Cañarete y el Cabo de Gata, en esta, el mayor aporte sedimentario proviene del río Andarax, desde su desembocadura los sedimentos se desplazan por efecto de la dinámica litoral hacia ambos límites, donde por efecto de los acantilados se adentran en el mar. El mencionado sistema se mantiene en equilibrio estable.

La construcción del Puerto de Almería actual se realizó justo sobre el extremo occidental, sobre los acantilados de Cañarete, dado este nivel de impacto ya producido, puede considerarse que la relevancia de la ampliación planteada es mínima.

1.6.2.5 PAISAJE.

En lo que respecta a la alteración de las vistas, cabe destacar que no se produce alteración significativa de las vistas, ya que la ejecución de la solución planteada no supondrá la introducción de nuevos elementos visuales artificiales, diferentes a los existentes en la actualidad, previa actuación.

1.6.2.6 ARQUEOLOGIA.

Previa actuación no se tiene constancia de la existencia de ningún tipo de yacimiento arqueológico en la zona.



1.6.2.7 FACTOR AGUA.

Debe destacarse en este punto que en fase de construcción la turbidez del agua será notablemente mayor, si bien es cierto que dicho incremento tendrá carácter temporal.

Durante la explotación la afección en términos de factor agua está limitada a la derivada de la presencia de embarcaciones y al normal desarrollo de la actividad de estas.

1.6.2.8 MEDIO BIOTICO

La influencia es mínima dado que la zona en la que se plantea la actuación, la vegetación es nula, como consecuencia de la carencia de cubierta vegetal la fauna existente se corresponde con especies de paso que buscan alimento en zonas adyacentes.

Por lo que respecta al medio marino se destaca la presencia testimonial, escasa y en regresión de algunas fanerógamas.

1.6.3 MEDIO HUMANO.

1.6.3.1 POBLACION.

Como se desprende del estudio socioeconómico, incluido en el presente proyecto:

1.6.3.1 ANALISIS DEMOGRAFICO.

1.6.3.1.1 POR TAMAÑO DE MUNICIPIO.

Por tamaño de municipio, según el censo poblacional de 2016 se tiene:

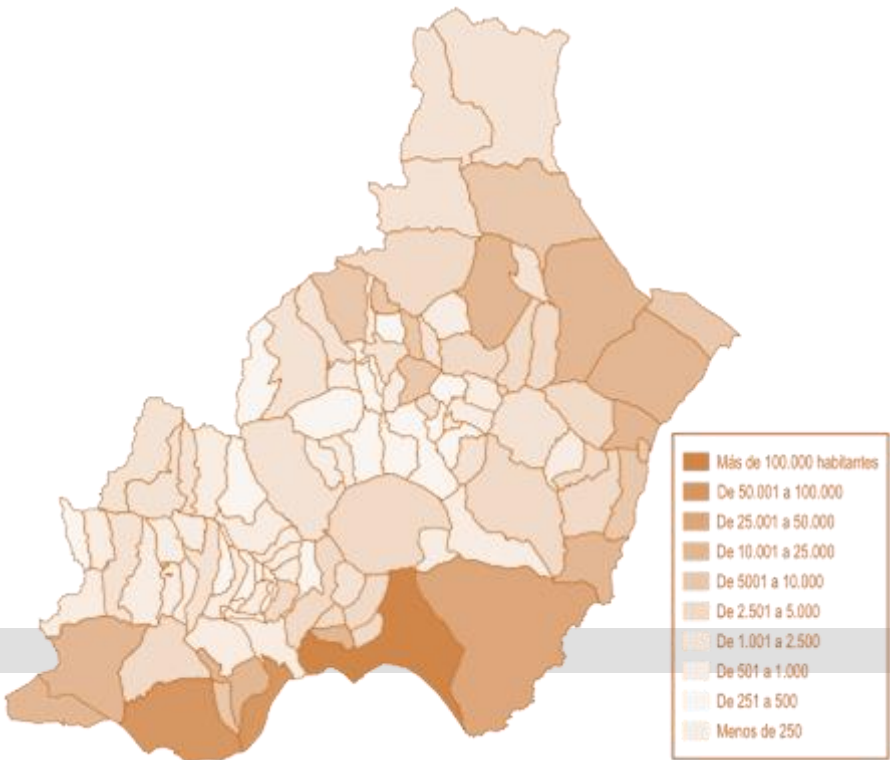
	TOTAL		
	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
Total	704.297	358.223	346.074
Capital	194.515	94.530	99.985
Menos de 101 hab.	69	40	29

De 101 a 500 hab.	10.392	5.428	4.964
De 501 a 1.000 hab.	10.886	5.531	5.355
De 1.001 a 2.000 hab.	16.743	8.553	8.190
De 2.001 a 5.000 hab.	60.168	30.458	29.710
De 5.001 a 10.000 hab.	64.847	33.414	31.433
De 10.001 a 20.000 hab.	87.711	44.499	43.212
De 20.001 a 50.000 hab.	78.249	41.239	37.010
De 50.001 a 100.000 hab.	180.717	94.531	86.186
De 100.001 a 500.000 hab.	0	0	0

De la tabla anterior se desprende que la capital de la provincia concentra al 27% de la población, lo cual es un volumen importante, pero que no parece reflejar una polarización excesiva en lo que respecta a la población de la provincia.

1.6.3.1.2 POR DISTRIBUCION GEOGRAFICA.

El mayor volumen de población como era de esperar se concentra en torno a la costa, que se presenta como polo de desarrollo y actividad económica.

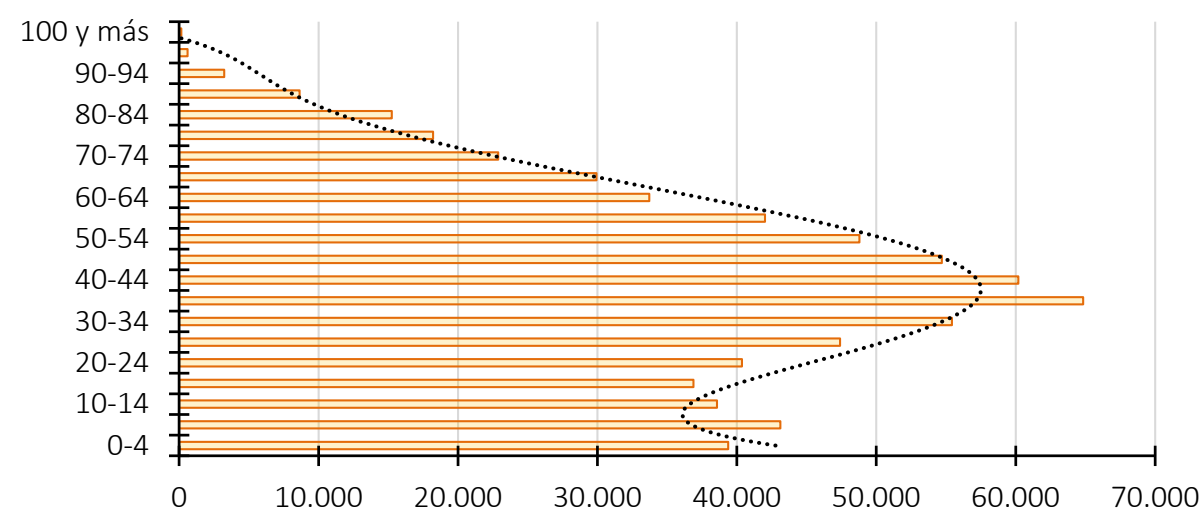




1.6.3.2 POR EDAD.

No aparece ningún efecto singular, similar a la pirámide poblacional media española:

Distribución demográfica



1.6.3.2.1 PROYECCION TEMPORAL.

La proyección temporal a 2031 se establece en 740000 habitantes.

1.6.3.3 ECONOMIA.

1.6.3.3.1 SECTOR AGRARIO.

En los últimos 25 años la provincia de Almería ha experimentado un notable aumento del desarrollo y las condiciones de vida gracias en gran parte al desarrollo del sector agrario, que paso de una agricultura de subsistencia, común a todo el territorio español, a una agricultura altamente especializada y tecnificada.

puede concluirse tanto que la especialización, como el peso específico del sector agrario almeriense es superior a las medias nacionales y autonómicas.

1.6.3.3.2 SECTOR PESQUERO.

La situación de la pesca se ha visto afectada por la reducción de los recursos pesqueros en todo el litoral, siendo la productividad del litoral mediterráneo sea menor que la productividad en el resto de costas españolas. En cuanto a zonificación de la actividad pesquera que esta se concentra en torno al puerto de la capital.



1.6.3.3.3 SECTOR INDUSTRIAL.

El peso del sector industrial sobre el PIB y su aportación al empleo en la Almería actual son poco relevantes y están por debajo de los valores de Andalucía y España en su conjunto.

1.6.3.3.4 SECTOR CONSTRUCCION.

El desarrollo de dicho sector en la provincia de Almería fue mayor que en el resto de Andalucía y España, si bien es cierto que en el caso de Almería el peso específico de este sector ha sido superior a la media autonómica y nacional. Como consecuencia de esto su impacto ante la desaceleración sufrida ha sido mayor.

1.6.3.3.5 SECTOR TURISTICO.

El desarrollo de este sector en Almería comenzó con la apertura del aeropuerto internacional que supuso una importante mejora de las comunicaciones, especialmente de cara a la demanda exterior, que unido a una notable actividad urbanística han hecho que este sector se sitúe como generador de riqueza dentro de la región.

1.7 IDENTIFICACION Y VALORACION DE IMPACTOS.

Una vez descritos los principales aspectos del proyecto, relativos al potencial impacto ambiental de este, se pretende en este punto definir la relación entre ambos, es decir, entre la solución técnica presentada para la ampliación y el medio, el entorno en el que se inscribe. Será esta relación la que define el impacto de dicha solución sobre su entorno.

La identificación de impactos se realizará considerando medio físico, biológico y medio humano. Una vez identificados estos, se valoran de acuerdo a lo establecido en la legislación vigente:

- Compatible: aquel cuya recuperabilidad es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa practicas protectoras correctoras.

- Moderado: aquel cuya recuperabilidad no precisa practicas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo
- Severo: efecto en que la recuperación delas condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa de un período de tiempo dilatado. Solo los impactos recuperables, posibilitan la introducción de medidas correctoras.
- Crítico: efecto cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Produce una pérdida permanente de la calidad ambiental, sin recuperación con adopción de medidas correctoras o protectoras. Se trata de un impacto irrecuperable.

1.7.1 DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS.

1.7.1.1 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO ATMOSFERICO

En la fase de construcción, actuaciones previas, acopios, ejecución propia de las obras puede afectarse a la calidad atmosférica por la emisión de gases, partículas, humos, ruidos y vibraciones.

Esto tiene como consecuencia la afección directa al bienestar de los ciudadanos y al desarrollo de la actividad portuaria, como impacto derivado puede destacarse una cierta pérdida de visibilidad que afecte a la calidad del paisaje.

Durante la fase de explotación, se producirá un aumento del tráfico portuario, esto tendrá como consecuencia el aumento de emisiones y de ruidos en determinados momentos, aunque estos no se percibirán como impacto o perdida de la calidad ambiental actual.

1.7.1.2 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO MARINO.

Las obras de dragado, consecuencia de los requerimientos sobre la batimetría, producirán cambios en el lecho marino.



Las comunidades biológicas, bentónicas fundamentalmente, sufrirán impacto directo por esta actuación e indirectamente por los cambios en las condiciones ambientales: turbidez, potencial redox, penetración de la luz...etc.

Durante la fase de explotación el incremento portuario puede dar lugar a un incremento de la contaminación de las aguas del puerto, si bien es cierto que no se espera un incremento tal como para que se produzca una disminución significativa de la calidad ambiental.

1.7.1.3 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO TERRESTRE.

Serán los derivados de la ocupación del suelo y los de ganancia al medio. El primero de ellos tendrá duración temporal, es decir, asociados al periodo de ejecución. El segundo de estos será permanente, ligado al periodo de explotación.

1.7.1.4 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO PRECEPTIVO.

La definición de nuevas líneas, superficies y volúmenes tendrá como consecuencia directa un aumento de la componente antrópica del paisaje, si bien es cierto que será mínimo dadas las propiedades y características estéticas actuales.

Durante la fase de ejecución la remoción de sedimentos, vertido de escollera, construcción de diques y rellenos, puede ocasionar la pérdida de visibilidad, enturbiamiento y cambio de color del agua, dicho impacto será temporal, recuperándose la calidad a la finalización de las obras.

1.7.1.5 IMPACTO SOBRE EL MEDIO SOCIAL.

Las emisiones de polvo, ruidos, humos y gases causan ligeras molestias, de igual modo que la modificación del tráfico rodado y peatonal. Cabe en este punto destacar que los servicios de prevención actuarán de tal forma que minimicen el riesgo de accidentes durante el periodo de ejecución.

Las obras y ampliación darán lugar a un incremento del volumen de negocio y mejorar de las condiciones socioeconómicas.

1.7.2 VALORACION DE LOS IMPACTOS.

1.7.2.1 CARACTERIZACION CUALITATIVA.

Para valorar de forma cualitativa el impacto ambiental producido como consecuencia de la ejecución de la solución planteada, se definen una serie de criterios de evaluación que darán lugar a las distintas matrices de valoración de impacto cualitativas, para las fases preoperacional, construcción y explotación.

A estos efectos debe considerarse lo siguiente:

- En función de las características del impacto, se le asigna una determinada posibilidad de acción, de acuerdo a distintos aspectos, de acuerdo a la siguiente tabla:



Características	Posibilidad de accion
Carácter genérico del impacto. Hace referencia a su consideración positiva o negativa respecto al estado previo de la acción.	Beneficioso / Adverso
Tipo de acción del impacto.	Directo o Indirecto
Sinergia del impacto. En determinados casos, efectos poco importantes, pueden dar lugar a otros de mayor entidad	Existe o no
Características del impacto en el tiempo	Temporal o permanente
Extensión del impacto	Localizado o Extensivo
Proximidad de la fuente	Entorno inmediato / a distancia
La reversibilidad del impacto tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior de la actuación, por acción de los mecanismos naturales.	Reversible o Irreversible
Cuando las medidas correctoras pueden o no ejecutarse para aminorar o no tal impacto	Recuperables / Irrecuperables

- En función de la posibilidad de aparición de un determinado impacto, la posibilidad de afección a recursos protegidos y de la necesidad de aplicación de medidas correctoras se tiene:

Características	Posibilidad de accion
La "probabilidad de ocurrencia" expresa el riesgo de aparición del efecto	Alto (A) / Medio (M) / Bajo (B)
Medidas correctoras. ¿Se precisan?	Si / No
Recursos protegidos. ¿Se afectan?	Si / No



1.7.2.2 MATRICES DE EVALUACION CUALITATIVA

Fase Preoperacional																													
IMPACTO			ELEMENTOS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LAS ACTUACIONES																										
			ATMÓSFERA			AGUA			SUELO			ECOLOGÍA MARINA			ECO. TERRESTRE			HIDROGeomorfología			PASAJE			SOCIOCULTURA			SOCIOECONOMÍA		
			Ruido	Polo	Calor	Superficial	Subterránea	Marina	Fondo abierta	Costa	Ar. Terrestre	Ecología	Flora	Fauna	Ecología	Flora	Fauna	Humed. Acuática	Humed. Terrestre	Dinámica Marítima	Aviación	Calidad	Frag./Cap. Acuática	Relac. Social	Valores e iglesias	Conducta social	Valor del suelo	Economía local	Gen. Empleo
Definición del Impacto	Carácter genérico	Beneficio																											
		Adverso																											
	Tipo acción	Directo																											
		Indirecto																											
	Energía																												
	Efecto directo	Temporal																											
		Permanente																											
	Extensión	Localizada																											
		Extensa																											
	Proximidad fuente	Inmediata																											
		A distancia																											
	Reversibilidad	Reversible																											
		Irreversible																											
	Ejecución Construcción	Recuperable																											
		Irrecuperable																											
Duración	Duración		A	A	A	II	B	A	A	M	M	II	II	M	M	M	M	II	II	A	M	II	M	A	B	A	M	A	A
	Med. Direct.																												
	Adm. R. Port.																												
Grado Fudo	Compatible																												
	Moderado																												
	Severo																												
	Existente																												
			Duración		A: Alto M: Medio B: Bajo				II Produce Impacto				IV Produce Impacto		II Existencia				IV Existencia										



Fase de Construcción																														
IMPACTO			ELEMENTOS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LAS ACTUACIONES																											
			ATMÓSFERA			AGUA			SUELO			ECOLOGÍA MARINA			ECO. TERRESTRE			HIDROGEOMORFOLOGÍA			PASAJE			SOCIOCULTURA			SOCIOECONOMÍA			
			Ruido	Polvo	Olores	Superficial	Subterránea	Marina	Fondo dársena	Litoral	Ar. Terrestre	Ecología	Floa	Fauna	Exist.	Floa	Fauna	Punta / Avenda	Estabilidad	Dinámica total	Amplitud	Calidad	Pedregal Absorción	Reac. Social	Usos singulares	Conducta social	Valor del suelo	Economía local	Gen. Empleo	
CARACTERÍSTICAS	Carácter genérico	Beneficio																												
		Adverso																												
	Tipo acción	Directo																												
		Indirecto																												
	Energía																													
	En el tiempo	Temporal																												
		Permanente																												
	Extensión	Localizado																												
		Extensivo																												
	Proximidad frente	Inmediata																												
		A distancia																												
	Reversibl.	Reversible																												
		Irreversible																												
	Ejecución consecución	Recuperable																												
		Irrecuperable																												
OCCURRENCIA	Ocurrencia		A	A	B	M	B	A	M	A	A	M	M	M	M	M	B	M	A	B	B	B	B	B	B	M	M	M		
	Med. Conect.																													
	Afect. R. Prot.																													
MAGNITUD	Compatible																													
	Moderado																													
	Severo																													
	Extremo																													
Ocurrencia			A. Alto B. Medio C. Bajo			Si Produce Impacto			NO Produce Impacto			Si Existencia			NO Existencia															



Fase de Explotación-Utilización																													
IMPACTO			ELEMENTOS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LAS ACTUACIONES																										
			ATMÓSFERA			AGUA			SUELO			ECOLOGÍA MARINA			ECO. TERRESTRE			HIDROGEOMORFOLOGÍA			PAISAJE			SOCIOCULTURA			SOCIOECONOMÍA		
			Ruido	Polvo	Gases	Superficial	Subterránea	Marina	Fondo Marino	Litoral	Ar. Terrestre	Ecosistema	Flora	Fauna	Ecosist.	Flora	Fauna	Inund. Arenas	Instabilidad	Dinámica litol.	Arqueol.	Calidad	Frag.Cap. Absorción	Relac. Social	Valores singulares	Conducta social	Valor del suelo	Economía local	Gen. Empleo
CARACTERÍSTICAS	Carácter genérico	Beneficio																											
		Adverso																											
	Tipo acción	Directo																											
		Indirecto																											
	Sinergia																												
	En el tiempo	Temporal																											
		Permanente																											
	Extensión	Localizado																											
		Extensivo																											
	Proximidad fuente	Inmediata																											
		A distancia																											
	Reversib.	Reversible																											
		Irreversible																											
	Ejecución Corrección	Recuperable																											
		Irrecuperable																											
EVALUACIÓN	Ocurrencia		M	B	B	B	B	A	A	M	M	M	M	M	M	M	B	B	A	M	M	M	A	B	A	A	A	A	
	Med. Correc.																												
	Atenc. R. Post.																												
NIVEL DE PROTECCIÓN	Compatible																												
	Moderado																												
	Severo																												
	Estricto																												
			Ocurrencia		A: Alto B: Medio C: Bajo		B Produce Impacto		NO Produce Impacto		B Existencia		NO Existencia																



1.7.3 CARACTERIZACION CUANTITATIVA

En este apartado se establece la valoración cuantitativa del impacto potencialmente generado por la solución planteada a la ampliación del puerto de Almería, a través de una serie de matrices de impacto, elaboradas a partir del Método de Leopold. Para ello deben considerarse los siguientes puntos:

- Identificación de las acciones del Proyecto que intervienen y de las componentes afectadas del medio físico.

Se establecen, en las matrices de valoración cuantitativa, los agentes causantes, además de la totalidad de los procesos ambientales susceptibles de ser afectados por las actuaciones de ampliación.

- Estimación de la magnitud del impacto en una escala de 1 a 10

1.7.3.1 IMPACTO NETO DEL PROYECTO

Deben seguirse los siguientes puntos para la definición del impacto neto del proyecto:

- Obtención de los impactos máximos y mínimos de cada fase, así el impacto máximo se calcula a través del producto del número de causas susceptibles de crear impacto, de los factores ambientales potencialmente afectados y por el máximo impacto posible causado.
Para el cálculo del impacto mínimo el procedimiento es el mismo, pero tomando como último factor del producto el impacto mínimo causado.
De acuerdo a lo anterior se tiene en cada fase:

Fase	Nº Agentes Causantes	Nº Factores ambientales afectados	Valor del impacto Máximo/ Mínimo	Impacto Máximo/ Mínimo
Preoperacional	11	27	10 / 1	2970 / 297
Obra	12	27	10 / 1	3240 / 324
Explotación	14	27	10 / 1	3780 / 378

- Clasificación de las magnitudes de impacto: a partir de los valores anteriores se establece la clasificación de la magnitud de impacto, según la discretización porcentual presentada:

Unidad de impacto	Porcentaje	Magnitud de impacto
297-1167	0% - 25%	Bajo / Compatible
1168-2038	25% - 50%	Medio / Moderado
2038-2909	50% - 75%	Alto / Severo
2910-3780	75% - 100%	Fuerte / Estricto

- Definición de las unidades de impacto a partir de las matrices de valoración cuantitativa, asignando valores de 1 a 10 se obtiene la afección para cada fase de proyecto:

FASE	U.I.	(%)	MAGNITUD
Estado Preoperacional	1402	32,45	Medio / Moderado
Fase de preparación	2273	52,62	Alto / Severo
Fase de explotación	1843	42,66	Medio / Moderado

- Impacto neto del proyecto: definido como el impacto de cada una de las fases que constituyen el proyecto, el impacto neto del proyecto se obtiene como suma de los impactos de cada una de las fases menos la del estado preoperacional.

I.N.P.	(%)	MAGNITUD
2714	62,82	Alto / Severo



Como puede observarse el impacto neto del proyecto resulta ser Alto/Severo, por lo tanto, deberán aplicarse una serie de medidas correctoras sobre los impactos medio-moderado y alto-severo.



1.7.3.2 MATRICES DE EVALUACION CUANTITATIVA.

1.7.3.2.1 FASE PREOPERACIONAL.

IMPACTO	ELEMENTOS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LAS ACTUACIONES																										
	ATMÓSFERA			AGUA			SUELO			ECOLOGÍA MARINA			ECO. TERRESTRE			HIDROGEOMORFOLOGÍA			PAISAJE			SOCIOCULTURA			SOCIOECONOMÍA		
	Ruido	Polvo	Gases	Superficial	Subterránea	Marina	Fondo dársena	Litoral	Ar. Terrestre	Ecosistema	Flora	Fauna	Ecosist.	Flora	Fauna	Inunda./ Avenida	Inestabilidad	Dinámica litoral	Amplitud	Calidad	Frag/Cap Absorción	Relac. Social	Valores singulares	Conducta social	Valor del suelo	Economía local	Gene. Empleo
Accesos al puerto	5	5	5	5	5	5	6	4	5	5	5	5	4	5	5	3	4	6	5	5	4	3	4	2	4	3	4
Estado vegetación	3	3	4	3	2	4	5	3	1	5	5	4	2	1	1	3	4	5	2	2	2	5	5	5	5	5	5
Características paisajísticas	5	5	5	5	4	5	5	6	6	5	5	4	3	2	3	6	3	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Dinámica litoral	5	5	5	6	4	6	6	7	6	7	5	6	4	5	4	5	6	6	4	6	5	5	6	5	6	6	4
Efecto de temporales	5	5	5	5	4	5	6	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	7	5	4	5	5	5	5	5	5	5
Almacenamiento de útiles	4	4	5	6	5	5	7	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	6	3	3
Trabajos de mantenimiento	5	5	4	6	5	6	5	4	4	7	5	6	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	3	3
Seguridad población adyacente	5	5	4	5	5	6	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	6	5	5	6	5	3
Calidad Ambiental de la población	5	6	4	5	5	6	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	4	4	4	3	6	5	5	6	5	3
Transporte de mercancías	4	4	4	6	5	6	7	6	5	5	5	6	6	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	2	3
Movimiento de maquinaria	4	4	4	5	4	6	7	6	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	3	3
PARCIAL	50	51	49	57	48	60	64	53	51	59	55	52	50	48	46	52	52	61	48	50	44	55	55	52	58	45	41
TOTAL:	1.492																										



1.7.3.2.2 FASE CONSTRUCCION.

IMPACTO	ELEMENTOS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LAS ACTUACIONES																										
	ATMÓSFERA			AGUA			SUELO			ECOLOGÍA MARINA			ECO. TERRESTRE			HIDROGEOMORFOLOGÍA			PAISAJE			SOCIOCULTURA			SOCIOECONOMÍA		
	Ruido	Polvo	Gases	Superficial	Subterránea	Marina	Fondo dársena	Litoral	Ar. Terrestre	Ecosistema	Flora	Fauna	Ecosist.	Flora	Fauna	Inunda./ Avenida	Inestabilidad	Dinámica litoral	Amplitud	Calidad	Frag/Cap. Absorción	Relac. Social	Valores singulares	Conducta social	Valor del suelo	Economía local	Gene. Empleo
Mov.terras, explanaciones, rellenos	9	9	9	7	7	7	8	7	8	8	6	7	8	8	8	6	8	8	6	9	6	6	6	6	4	4	4
Acopio Cubierta edáfica	7	8	8	6	7	6	8	8	7	7	7	7	7	6	7	5	7	5	7	9	6	5	6	6	5	5	5
Consolidación - Compactación superficie	9	9	9	7	7	8	8	6	8	6	8	8	7	8	7	5	6	8	7	9	6	6	6	6	6	6	5
Mov. maquinaria interior	9	8	9	7	7	7	8	8	8	7	7	8	6	6	7	6	7	7	7	9	6	7	7	5	5	4	4
Urbanización, accesos, pavimentación	8	7	7	7	7	6	6	7	9	7	8	8	8	9	8	6	6	6	8	9	7	7	6	6	4	3	7
Parque maquinaria	9	8	9	8	7	8	6	6	6	6	8	7	6	7	7	6	7	6	8	9	8	6	6	6	5	5	5
Transporte de material	8	9	9	8	8	8	6	7	7	8	8	7	6	7	7	7	7	7	8	7	7	6	6	6	6	5	6
Trans. Mat. Procedente de cantera	8	8	8	7	7	7	8	8	8	6	6	6	6	6	7	5	5	5	6	6	6	6	6	6	4	4	4
Acopio de materiales	7	7	7	8	7	8	7	7	9	8	8	8	8	7	7	6	8	6	8	9	7	6	6	6	6	6	6
Ampliación muelle	8	7	8	9	9	9	9	9	9	9	7	9	6	6	6	6	8	7	8	8	8	7	6	5	5	5	5
Residuos y vertidos deriv. de la actividad	8	8	8	8	7	8	9	9	9	9	7	9	8	7	7	6	6	6	7	9	8	7	7	7	7	7	5
Vertidos derivados de accidentes	8	8	8	9	7	9	9	9	9	9	7	9	8	7	7	6	6	6	7	9	8	7	6	7	7	6	6
PARCIAL	98	96	99	91	87	91	92	91	97	90	87	93	84	84	85	70	81	77	87	102	83	76	74	72	64	60	62
TOTAL:	2.273																										



1.7.3.2.3 FASE EXPLOTACION.

IMPACTO	ELEMENTOS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LAS ACTUACIONES																										
	ATMÓSFERA			AGUA			SUELO			ECOLOGÍA MARINA			ECO. TERRESTRE			HIDROGEOMORFOLOGÍA			PAISAJE			SOCIOCULTURA			SOCIOECONOMÍA		
	Ruido	Polvo	Gases	Superficial	Subterránea	Marina	Fondo dársena	Litoral	Ar. Terrestre	Ecosistema	Flora	Fauna	Ecosist.	Flora	Fauna	Inunda./ Avenida	Inestabilidad	Dinámica litoral	Amplitud	Calidad	Frag/Cap. Absorción	Relac. Social	Valores singulares	Conducta social	Valor del suelo	Economía local	Gene. Empleo
Transporte de mercancías	5	4	4	4	5	5	4	4	6	5	5	5	5	6	5	4	4	4	5	4	3	4	6	4	4	2	2
Movimiento de vehículos	5	4	4	4	4	4	4	5	7	5	5	5	5	6	5	4	4	4	5	6	5	3	6	5	2	3	3
Tráfico de embarcaciones	5	4	5	7	6	7	5	5	4	7	7	7	4	4	4	4	4	4	5	5	5	3	4	4	2	2	2
Incidencias traf. embarcaciones con otros act.	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	6	5	4	3	3
Manipulación de mercancías	4	4	4	4	5	4	6	6	6	6	6	7	7	5	7	5	5	7	6	6	4	4	5	5	5	3	3
Almacenaje de elementos sucios	5	4	5	7	6	7	7	7	7	6	6	6	7	5	6	5	5	7	5	6	5	5	5	5	6	3	3
Almacenaje de elementos limpios	5	4	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	6	3	3
Residuos y vertidos deriv. de la actividad	6	5	6	7	5	8	7	6	7	7	7	7	7	5	6	5	5	6	6	6	5	6	5	6	3	3	4
Residuos y vertidos deriv. de accidentes	4	4	4	8	4	8	8	6	7	7	7	7	7	5	6	5	4	5	5	6	5	4	5	5	4	4	4
Obstáculo a corrientes existentes	6	6	6	7	7	7	5	7	7	6	7	6	6	6	6	6	7	7	7	6	7	4	6	5	4	4	4
Actividad turística	6	6	6	7	5	6	4	5	6	7	7	7	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	6	5	2	2	2
Infraestructuras ajenas	5	5	5	6	5	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	4	6	5	2	2	2
Incremento de la delincuencia	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	4	6	5	3	3	3
Nuevos accesos	2	2	2	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	3	3	3	4	5	5	3	4	4
PARCIAL	67	60	65	78	69	80	73	74	80	79	79	79	73	67	70	65	65	73	72	73	67	57	76	69	50	41	42
TOTAL:	1.843																										



1.7.4 RESUMEN DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS.

El impacto neto originado por el proyecto, resultada de la suma de cada una de las fases meno el impacto originado por el estado preoperacional, con lo que el impacto neto del proyecto resulta ser Alto/Severo.

1.7.5 MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS.

Las medidas correctoras planteadas serán de aplicación a los impactos negativos generados por la actuación, con objeto de minimizar el potencial impacto generado.

- Medidas correctoras sobre la atmosfera, ruido, vibraciones, partículas de polvo.
- Medidas correctoras sobre el medio geodafológico, dinámica litoral, contaminación del suelo, tanto terrestre como marino.
- Medidas correctoras sobre el factor agua y medio biótico
- Medidas correctoras sobre el paisaje
- Medidas correctoras sobre bienes culturales y arqueológicos

Consecuencia de la aplicación de estas medidas se consigue una modificación de las matrices cuantitativas asociadas a la actuación, de tal modo que el impacto ambiental consideradas las medidas correctoras se reduce a medio-moderado.

1.7.6 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PROPUESTO.

Debe basarse en:

- Calidad paisajística litoral y procesos erosivos.
- Calidad de vida de las poblaciones próximas a la actuación.

El análisis de la evolución de dichos factores se realizará mediante la toma de datos in situ, durante los periodo prefijados por el organismo ambiental.

Asimismo, deberá emitirse un informe especial cuando se presenten circunstancias o sucesos excepcionales que impliquen deterioros ambientales o situaciones de riesgo.

El programa de vigilancia ambiental debe ser un elemento complementario al mantenimiento general de la solución planteada.





1. ANEJO Nº17 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.



1	. ANEJO Nº17 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	TABLA DE JUSTIFICACION DE PRECIOS.	2
1.2.1	DIQUE EXTERIOR.....	2
1.2.2	CONTRADIQUE.....	2



1.1 INTRODUCCION.

En el presente anejo se definen los precios considerados en el proyecto. Para ello se presenta el cuadro de descompuestos utilizado en el cálculo del presupuesto.

1.2 TABLA DE JUSTIFICACION DE PRECIOS.

1.2.1 DIQUE EXTERIOR.

DIQUE EXTERIOR		
UD	DESCRIPCION	PRECIO
M3	FORMACION DE LECHO DE ESCOLLERA	24,39
Formación del manto de protección de escollera con piedra calcárea de 100 a 400 Kg y colocación con gánguil autopropulsado		
M3	RELLENO INTERIOR DE CAJONES	5,78
Material granular en relleno de celdas de cajones, ejecutado según prescripción y medido en planos de proyecto, incluyendo material y colocación		
M	CAJONES HORMIGON	323.000,78
Unidad de cajón vertical de HA, de 18 m de longitud, prefabricado en el área de la obra mediante cajonero o equipo para fabricación de cajones mediante encofrado deslizante, incluso ferralla, hormigonado, vibrado, tte hasta ubicación definitiva y fondeo del mismo, así como todas las unidades que se precisan para para la correcta ejecución de la unidad.		
M3	HA-25/B/IIIA	79,93
Fabricación en planta y puesta en obra del hormigón, vibrado, curado y colocado.		
M2	ENCOFRADO PLANO	28,41
Encofrado plano y posterior desencofrado, incluso limpieza, humectación, aplicación de desencofrante, p.p de elementos complementarios para su estabilidad y adecuada		

ejecución, medida la superficie de encofrado útil.

M3	TODO UNO DE CANTERA	24
Todo uno de cantera colocado en cierre de explanada y núcleo de diques, según perfiles, con vertido marítimo o bandeja.		

1.2.2 CONTRADIQUE.

CONTRADIQUE		
UD	DESCRIPCION	PRECIO
M3	TODO UNO DE CANTERA	24
Todo uno de cantera colocado en cierre de explanada y núcleo de diques, según perfiles, con vertido marítimo o bandeja.		
M3	BLOQUE DE HORMIGON PARA MANTO PRINCIPAL	113,65
Bloque de hormigón HM-30/B/40/ I+Qc para manto principal de dimensiones 3x3x3 m3, totalmente terminado		
M3	COLOCACION DE BLOQUES PARA MANTO PRINCIPAL	67,93
Colocación de bloques para manto principal con grúa autopropulsada de 100 T según posición definida en planos, incluido tte.		
M3	FORMACION MANTOS DE ESCOLLERA	44,58
Formación de mantos de escollera, incluida colocación de escolleras de 4000 y 400 Kg, con vertido marítimo o bandeja, medido según planos de proyecto.		
M3	HA-25/B/IIIA	79,93
Fabricación en planta y puesta en obra del hormigón, vibrado, curado y colocado.		



M2	ENCOFRADO PLANO	28,41
	Encofrado plano y posterior desencofrado, incluso limpieza, humectación, aplicación de desencofrante, p.p de elementos complementarios para su estabilidad y adecuada ejecución, medida la superficie de encofrado útil.	



DOCUMENTO Nº2: PLANOS



PLANOS



INDICE DE PLANOS

0 LOCALIZACION

1 SITUACION INICIAL

3 BATIMETRIA Y EJES

4 SECCIONES TRANSVERSALES DIQUE EXTERIOR

4.1 ARRANQUE DIQUE EXTERIOR

4.2 MEDIO DIQUE EXTERIOR

4.3 FINAL DIQUE EXTERIOR

4.4 CONJUNTO SECCIONES DIQUE EXTERIOR

5 SECCIONES TRANSVERSALES CONTRADIQUE

5.1 ARRANQUE CONTRADIQUE

5.2 MEDIO CONTRADIQUE

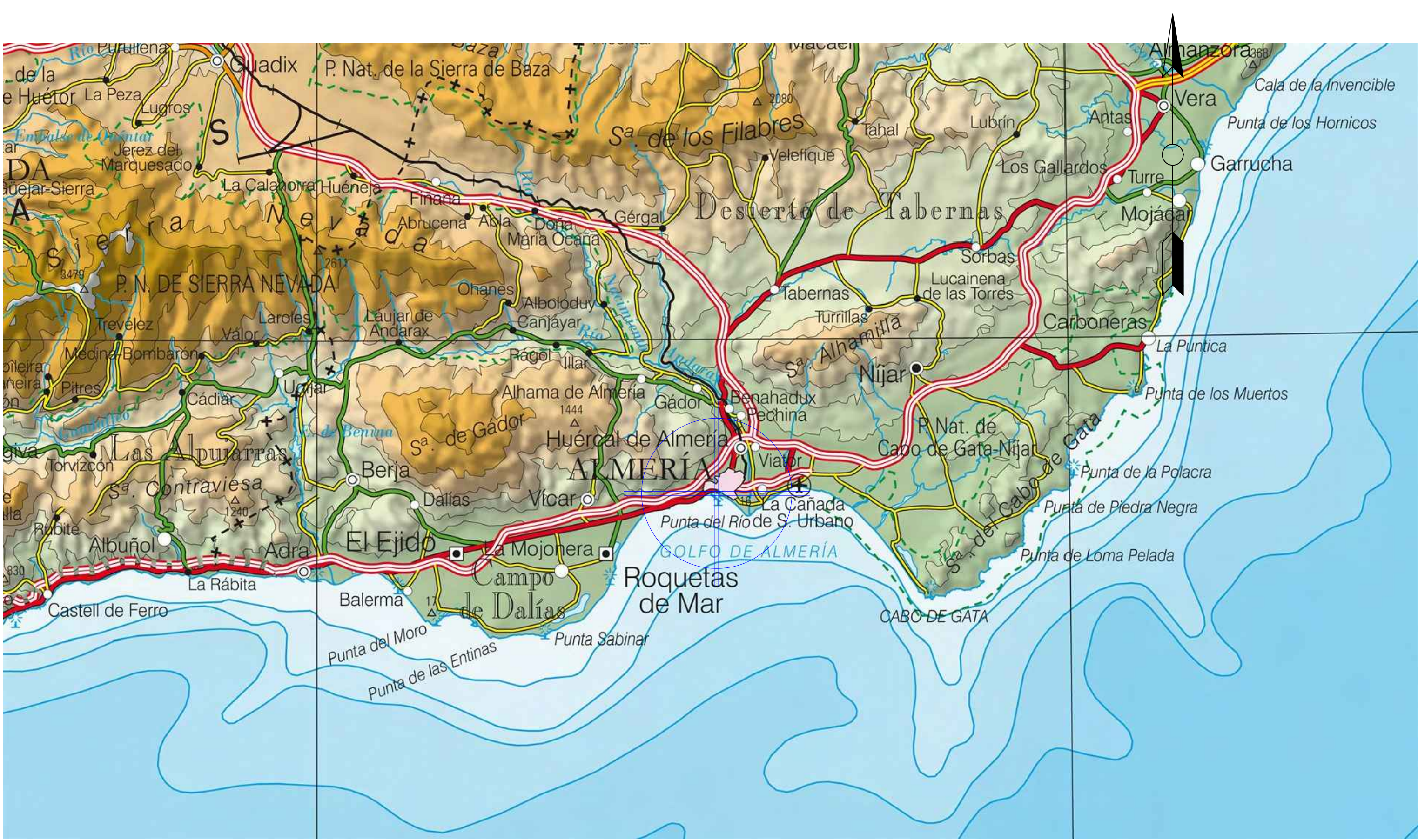
5.3 FINAL CONTRADIQUE

5.4 CONJUNTO SECCIONES CONTRADIQUE

6 SITUACION FINAL.

6 1 SITUACION FINAL DIQUES

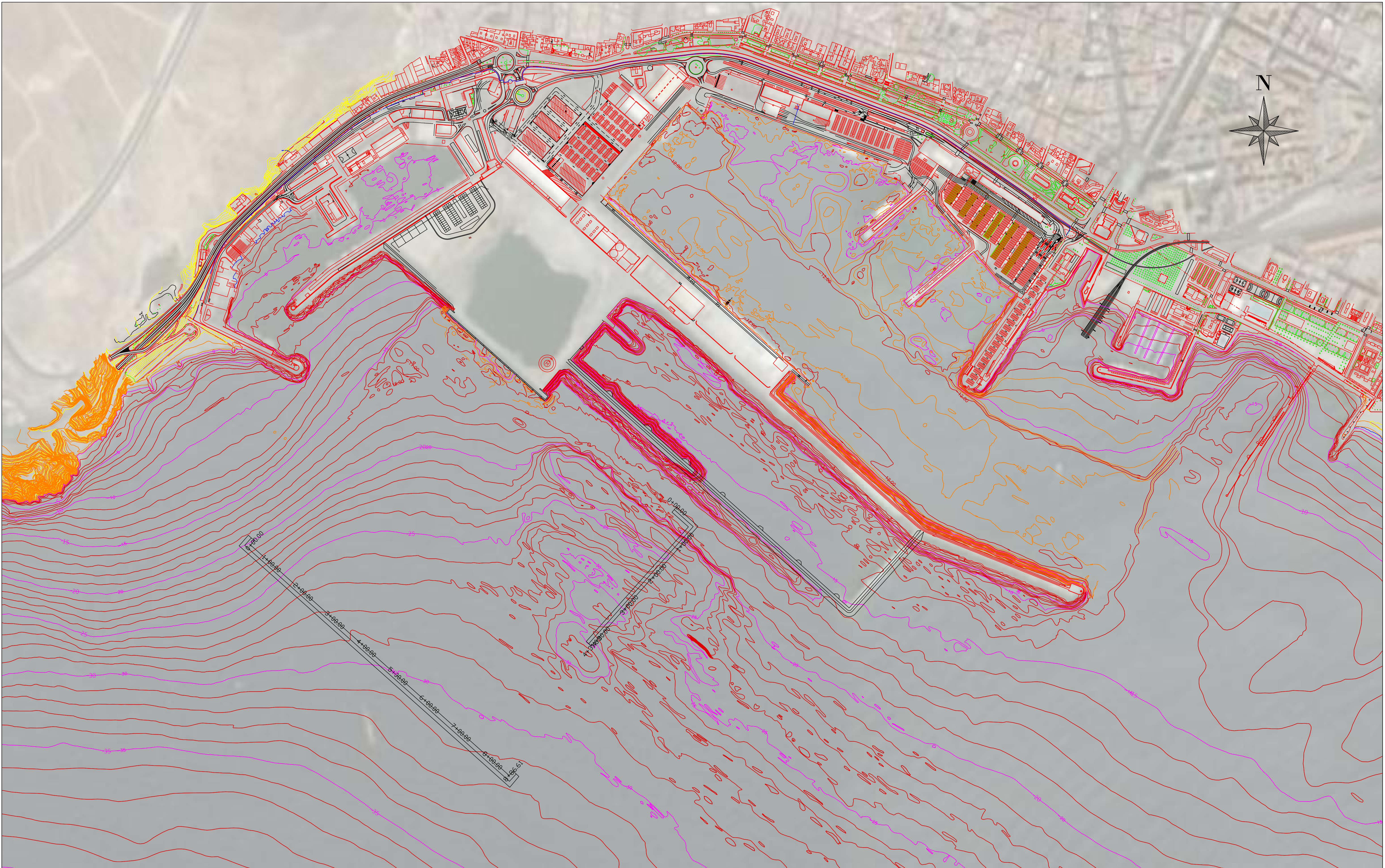
6.2 SITUACION FINAL DETALLE DIQUES



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO SOLUCION TÉCNICA	TITULO SOLUCION TECNICA A LA AMPLIACION DEL PUERTO DE ALMERIA	TERMINO MUNICIPAL ALMERIA	TITULO DEL PLANO	AUTOR ALBERTO CAÑADA PÉREZ 	ESCALA SIN ESCALA	FECHA septiembre 17	PLANO 0
				PROVINCIA ALMERIA	LOCALIZACION				HOJA DE



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO SOLUCION TÉCNICA	TITULO SOLUCION TÉCNICA A LA AMPLIACION DEL PUERTO DE ALMERIA	TERMINO MUNICIPAL ALMERIA	TITULO DEL PLANO SITUACION INICIAL	AUTOR ALBERTO CAÑADA PÉREZ 	ESCALA 1/4000	FECHA septiembre 17	PLANO 1
				PROVINCIA ALMERIA					HOJA DE

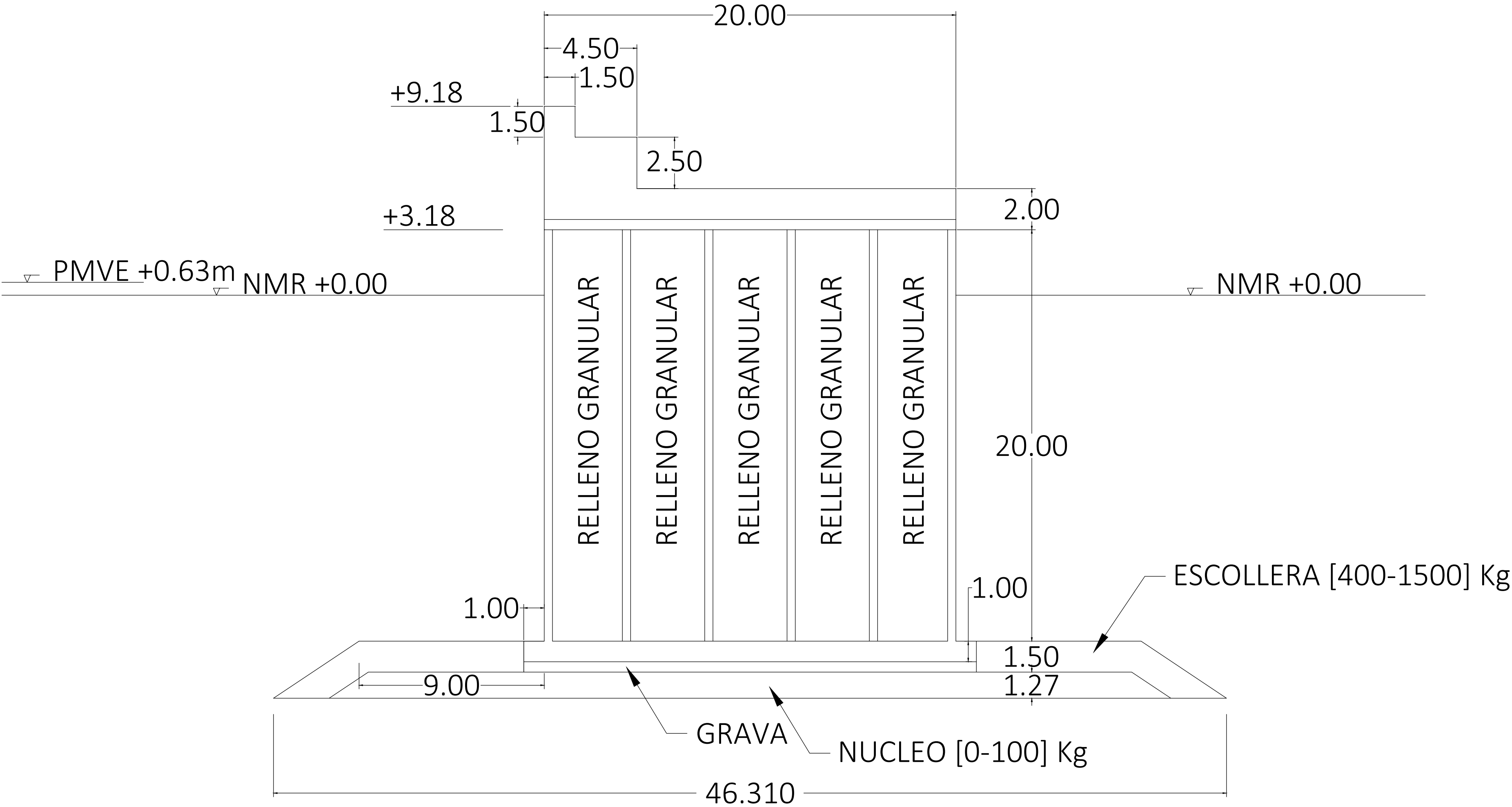


	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO SOLUCION TÉCNICA	TITULO SOLUCION TÉCNICA A LA AMPLIACION DEL PUERTO DE ALMERIA	TERMINO MUNICIPAL ALMERIA	TITULO DEL PLANO BATIMETRIA Y EJES	AUTOR ALBERTO CAÑADA PÉREZ	ESCALA 1/4000	FECHA septiembre 17	PLANO III
				PROVINCIA ALMERIA					HOJA DE

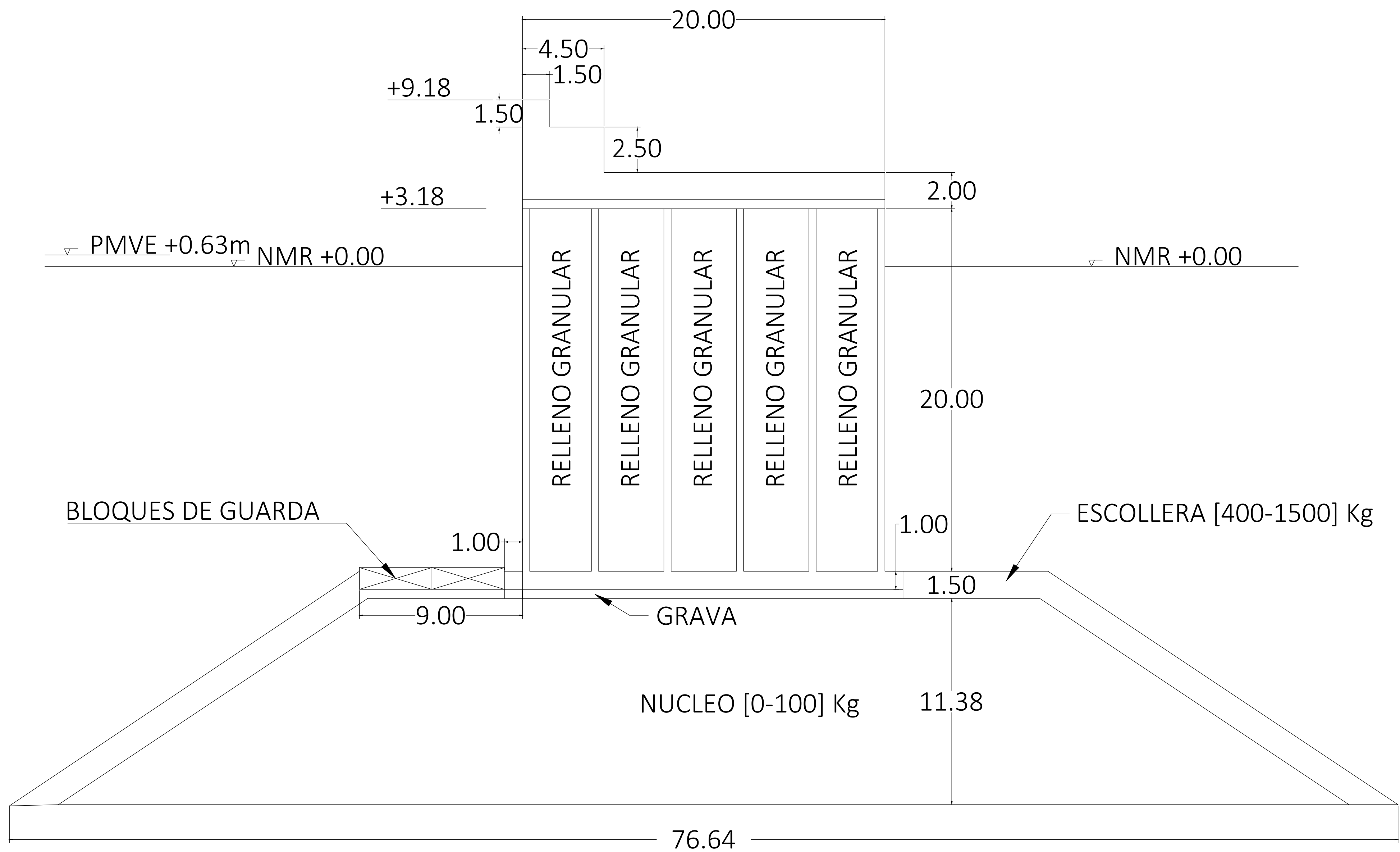


	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO SOLUCION TÉCNICA	TITULO SOLUCION TÉCNICA A LA AMPLIACION DEL PUERTO DE ALMERIA	TERMINO MUNICIPAL ALMERIA	TITULO DEL PLANO SITUACION SECCIONES	AUTOR ALBERTO CAÑADA PÉREZ 	ESCALA 1/2500	FECHA septiembre 17	PLANO 3
				PROVINCIA ALMERIA					HOJA DE

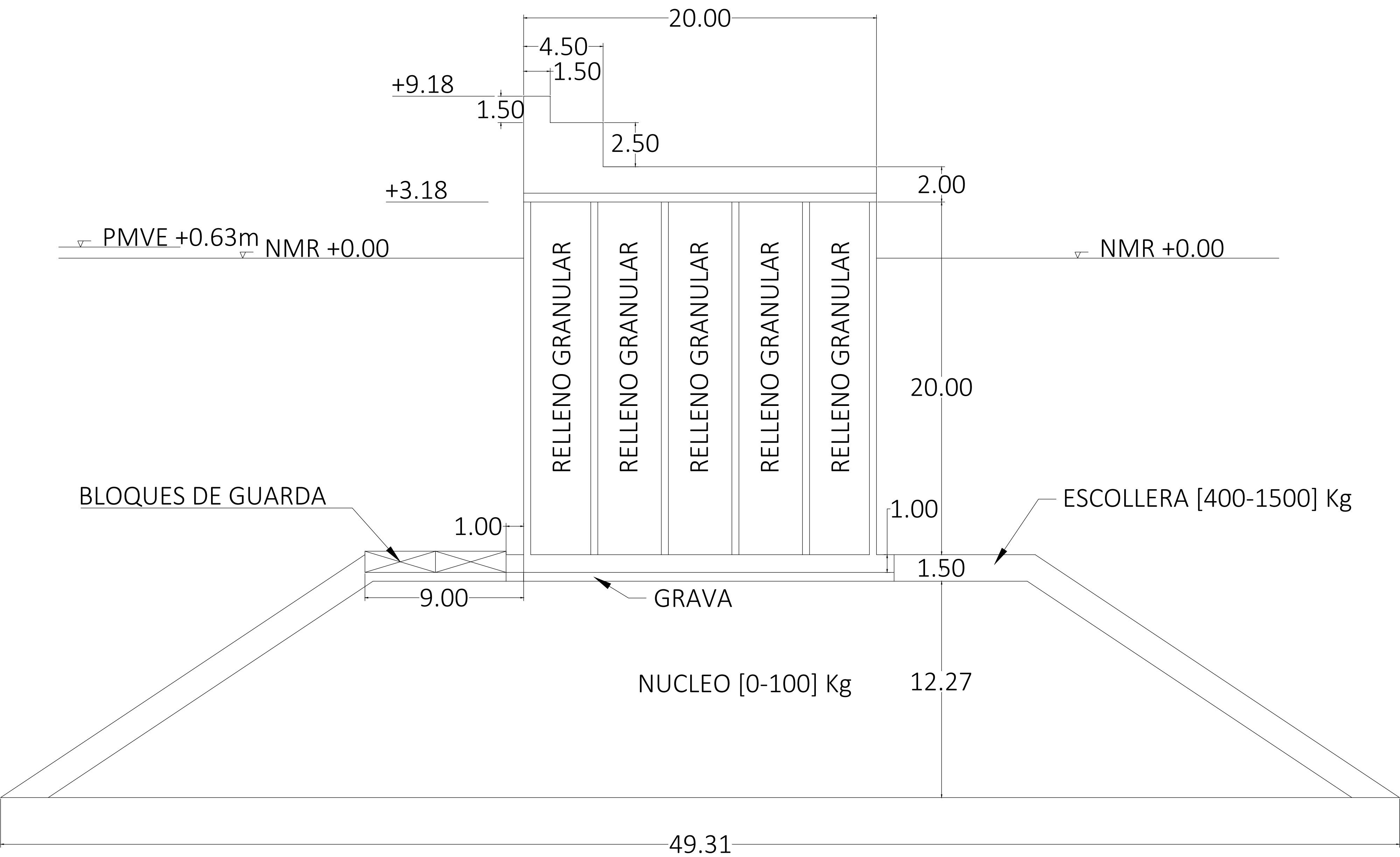
DIQUE EXTERIOR
SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -19,589



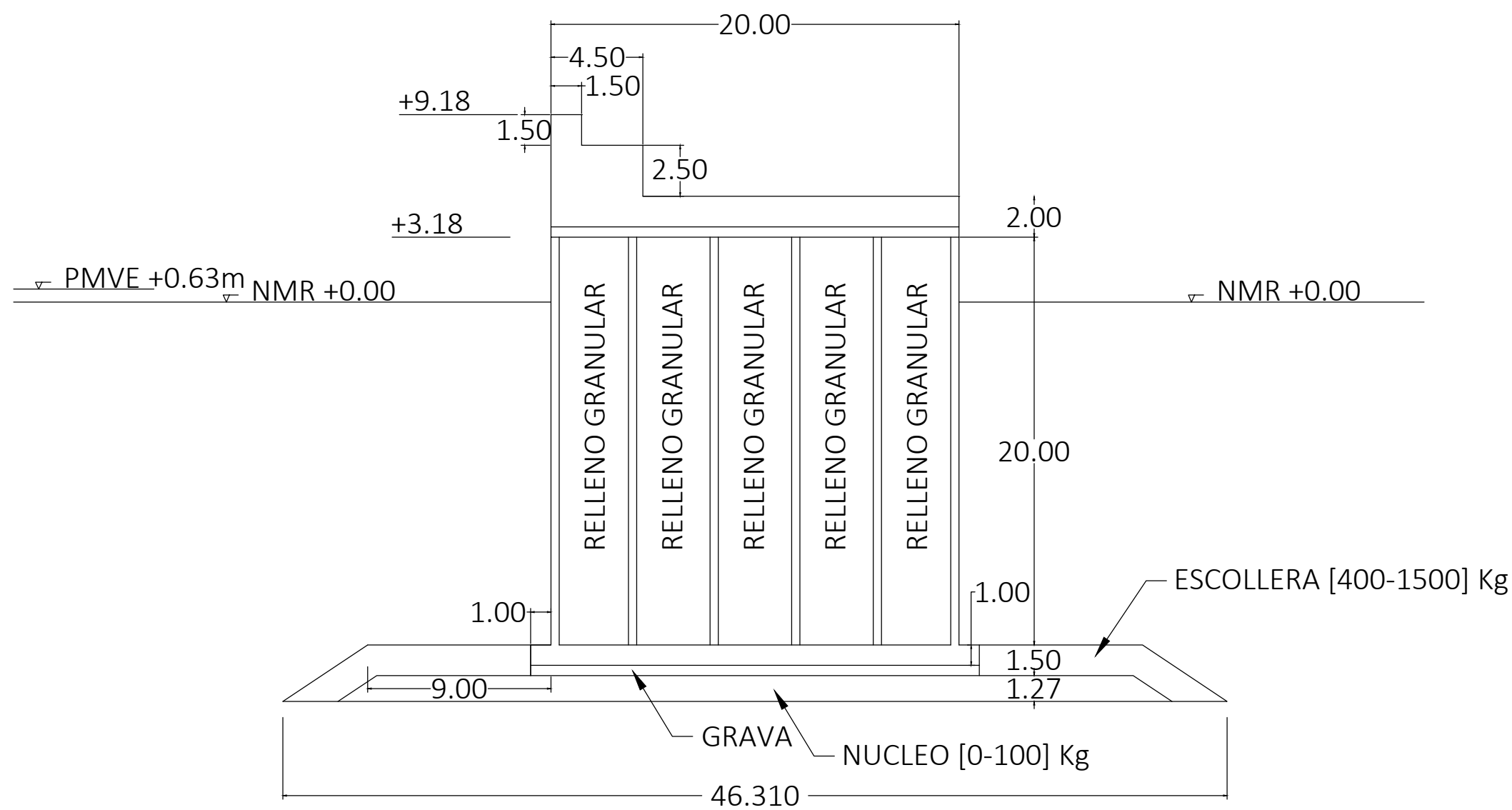
DIQUE EXTERIOR
SECCION MEDIA. 0+422.34, COTA BATIMETRICA: -29,706



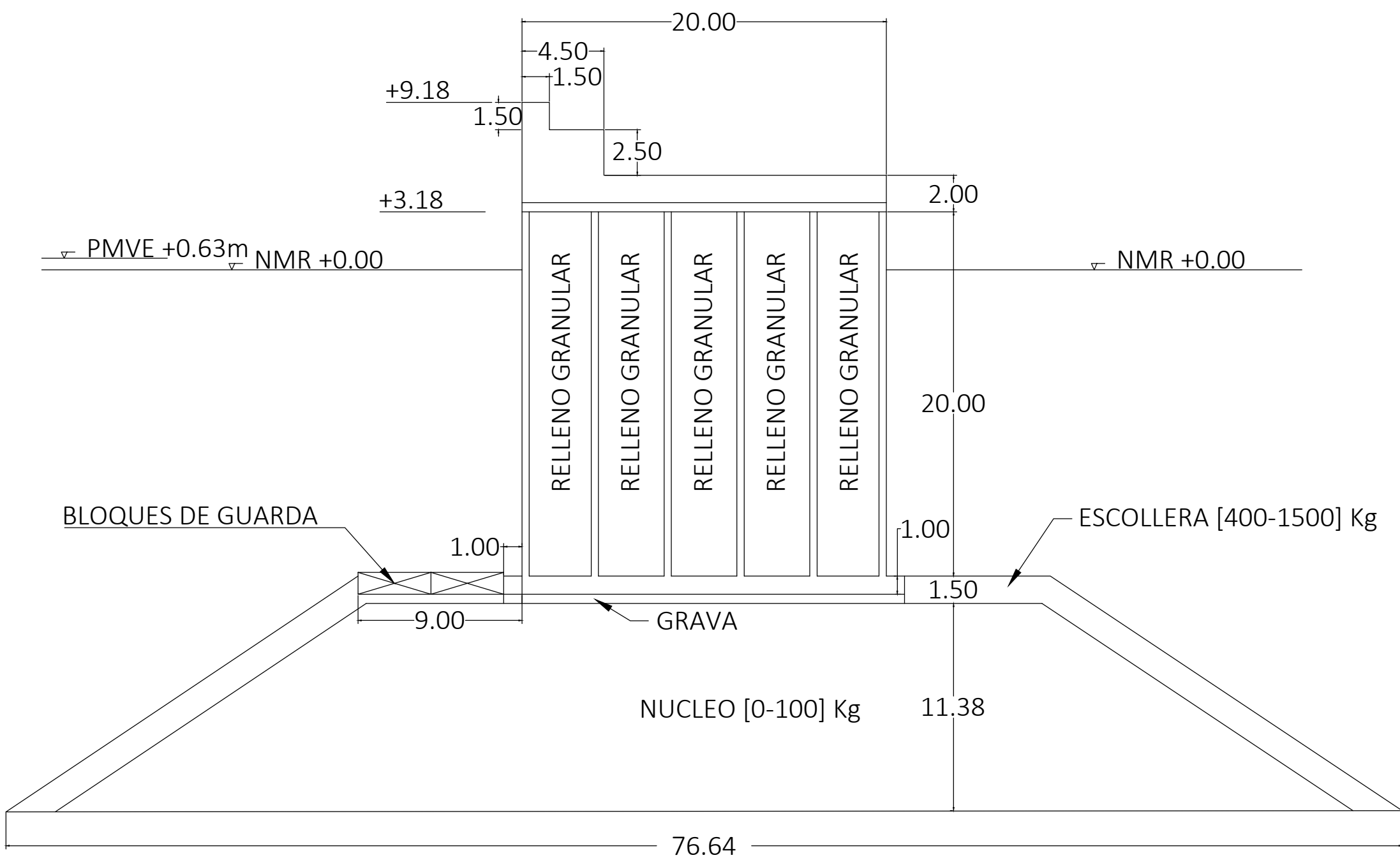
DIQUE EXTERIOR
SECCION FINAL: 0+886.61, COTA BATIMETRICA: -31.461



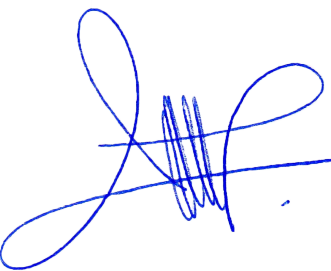
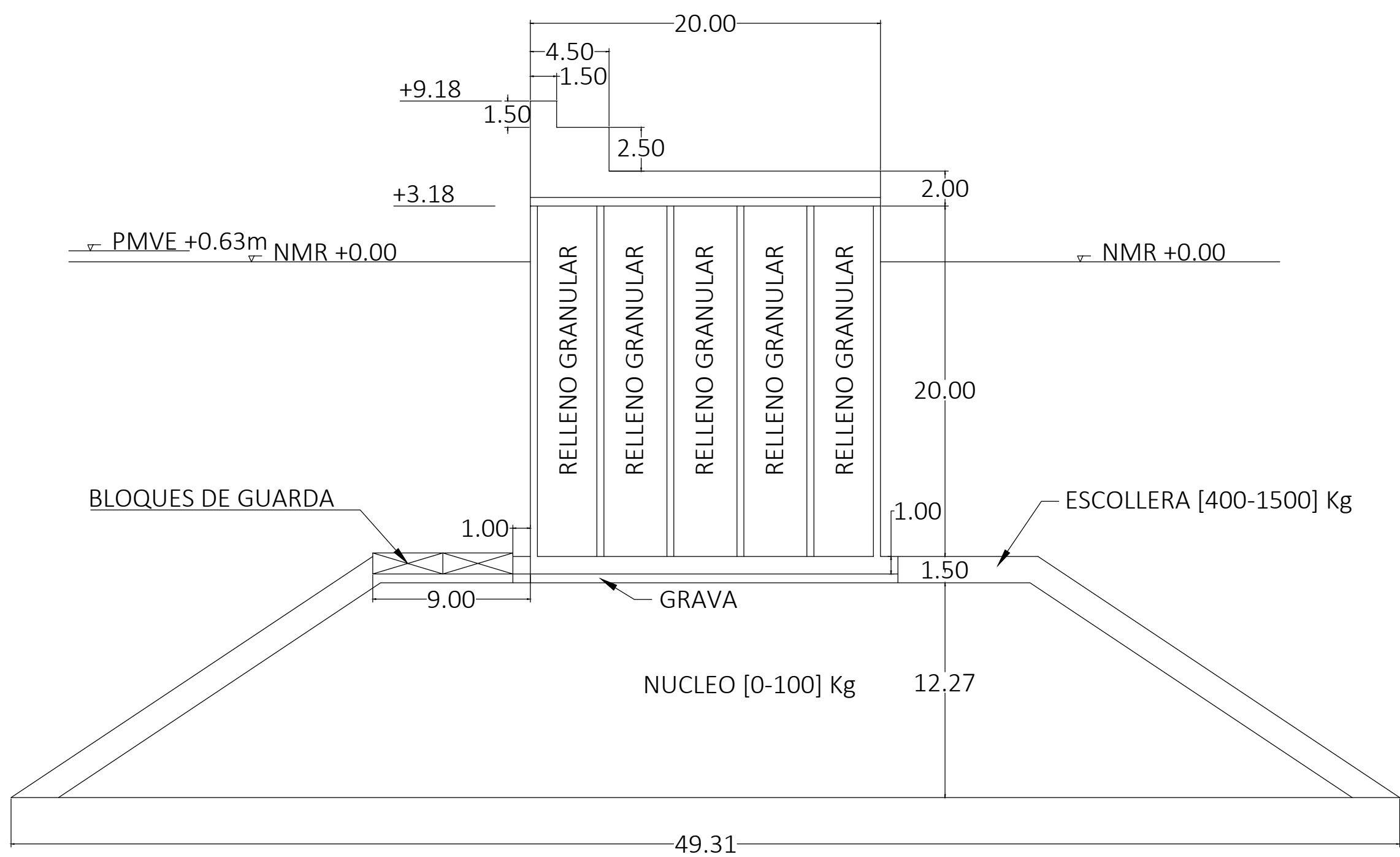
DIQUE EXTERIOR
SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -19,589



DIQUE EXTERIOR
SECCION MEDIA. 0+422.34, COTA BATIMETRICA: -29,706

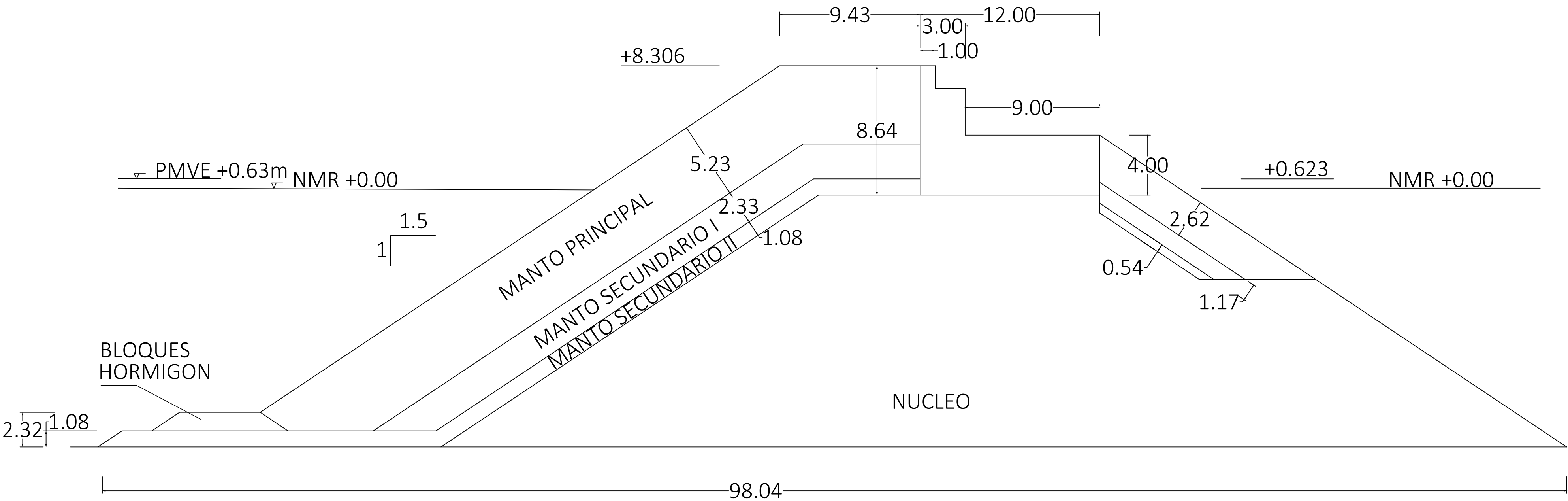


DIQUE EXTERIOR
SECCION FINAL: 0+886.61, COTA BATIMETRICA: -31.461



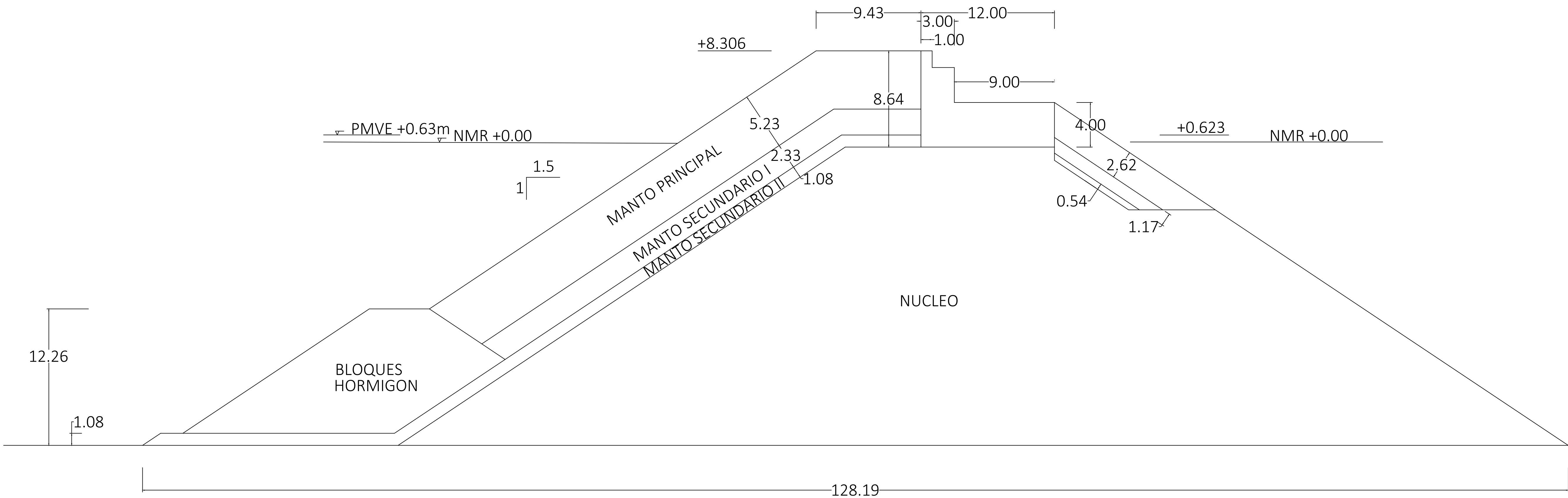
	Manto	Peso medio (kg)	Lado del cubo equivalente (m)	densidad (kg/m3)	número de capas	espesor (m)
exterior	Principal	41110,151	2,615	2300	2	5,229
	Secundario I	4111,015	1,165	2600	2	2,33
		[4000-7000]				
	Secundario II	411,102	0,541	2600	2	1,081
		[400-1500]				
interior	Principal	41110,151	2,615	2300	1	2,615
	Secundario I	4111,015	1,165	2600	1	2,33
		[4000-7000]				
	Secundario II	411,102	0,541	2600	1	1,081
		[400-1500]				
núcleo		1< Wn < 100 Kg	-----	-----	-----	-----

CONTRADIQUE
SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -17,318.



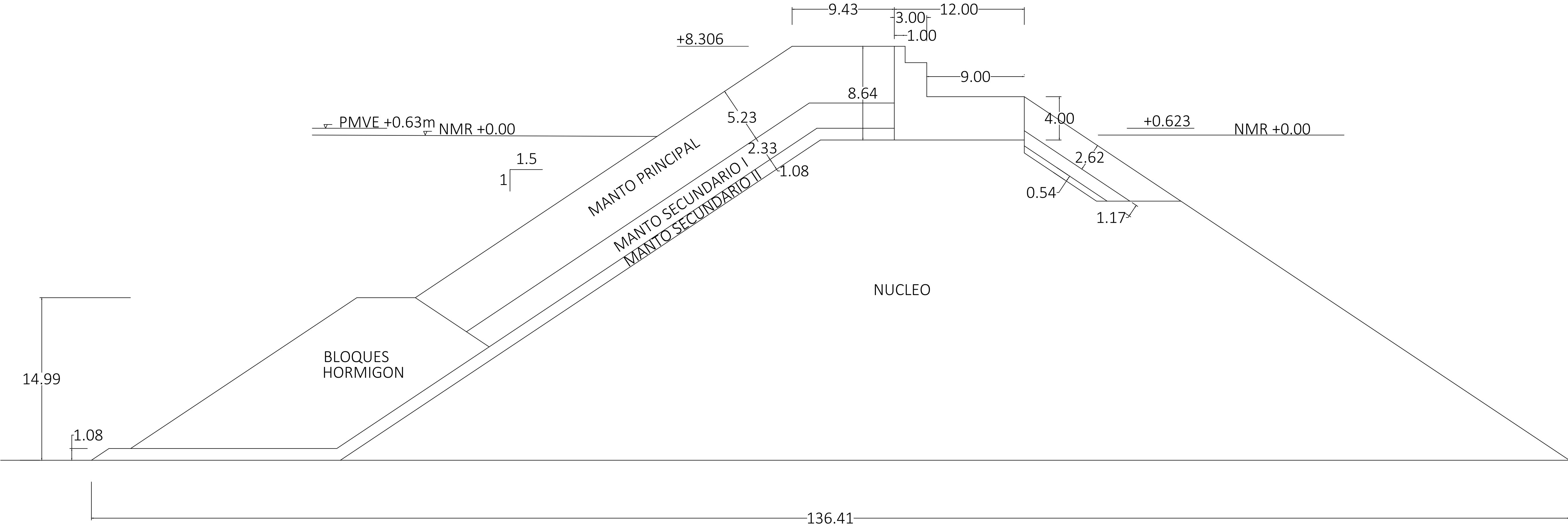
	Manto	Peso medio (kg)	Lado del cubo equivalente (m)	densidad (kg/m3)	número de capas	espesor (m)
exterior	Principal	41110,151	2,615	2300	2	5,229
	Secundario I	4111,015	1,165	2600	2	2,33
		[4000-7000]				
	Secundario II	411,102	0,541	2600	2	1,081
		[400-1500]				
interior	Principal	41110,151]	2,615	2300	1	2,615
	Secundario I	4111,015	1,165	2600	1	2,33
		[4000-7000]				
	Secundario II	411,102	0,541	2600	1	1,081
		[400-1500]				
núcleo		1< Wn < 100 Kg	-----	-----	-----	-----

CONTRADIQUE
SECCION MEDIA:0+203.08, COTA BATIMETRICA: -27.258

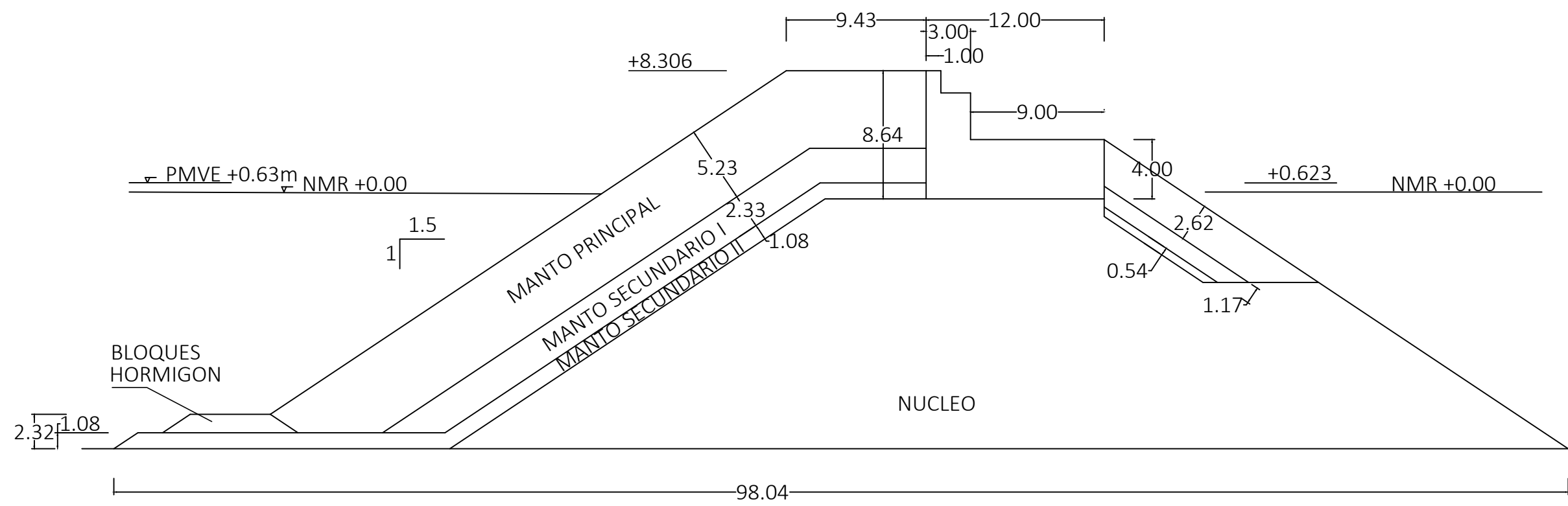


	Manto	Peso medio (kg)	Lado del cubo equivalente (m)	densidad (kg/m3)	número de capas	espesor (m)
exterior	Principal	41110,151	2,615	2300	2	5,229
	Secundario I	4111,015 [4000-7000]	1,165	2600	2	2,33
	Secundario II	411,102 [400-1500]	0,541	2600	2	1,081
interior	Principal	41110,151	2,615	2300	1	2,615
	Secundario I	4111,015 [4000-7000]	1,165	2600	1	2,33
	Secundario II	411,102 [400-1500]	0,541	2600	1	1,081
núcleo		1< Wn < 100 Kg	-----	-----	-----	-----

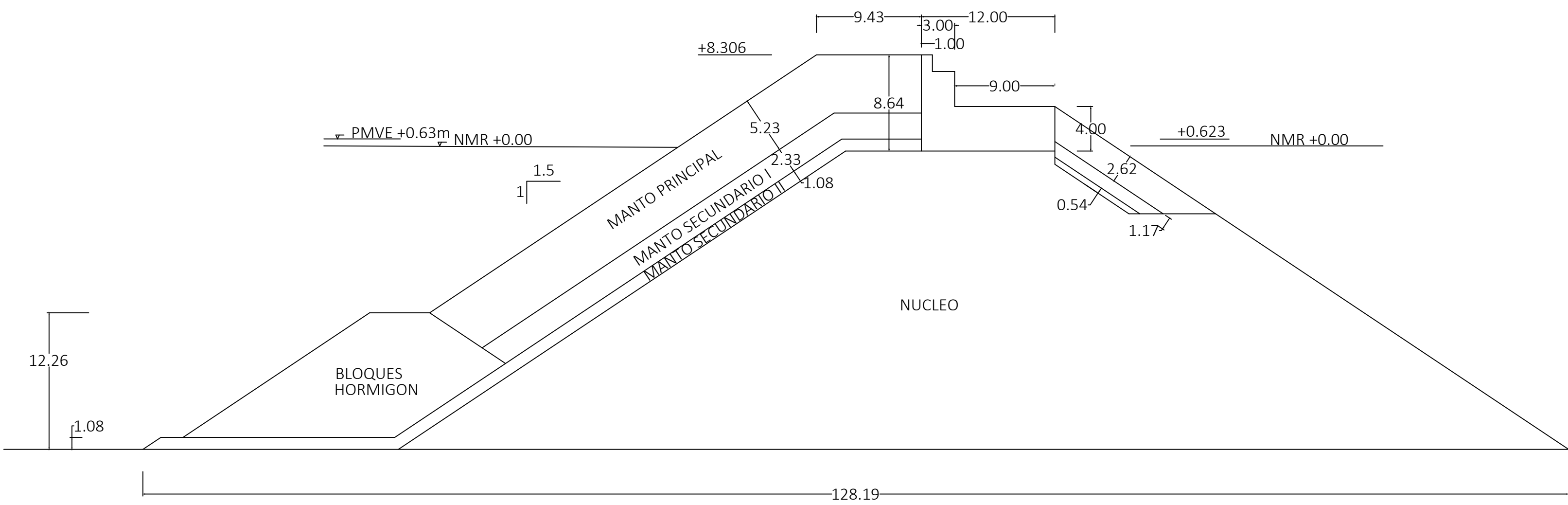
CONTRADIQUE
SECCION FINAL: 0+431,63, COTA BATIMETRICA: -29.994



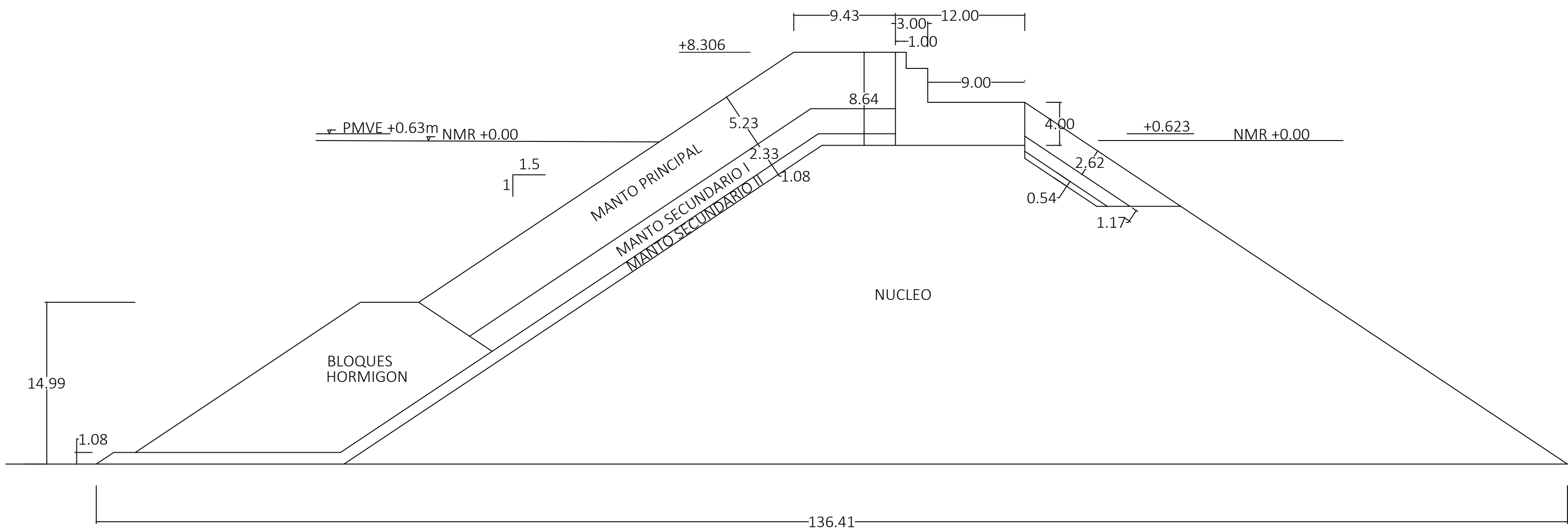
CONTRADIQUE
SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -17,318.



CONTRADIQUE
SECCION MEDIA: 0+203.08, COTA BATIMETRICA: -27.258



CONTRADIQUE
SECCION FINAL: 0+431.63, COTA BATIMETRICA: -29.994



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TIPO
SOLUCION TECNICA

TITULO
SOLUCION TECNICA A LA
AMPLIACION DEL PUERTO DE ALMERIA

TERMINO MUNICIPAL
ALMERIA
PROVINCIA
ALMERIA

TITULO DEL PLANO
SECCIONES
TRANSVERSALES

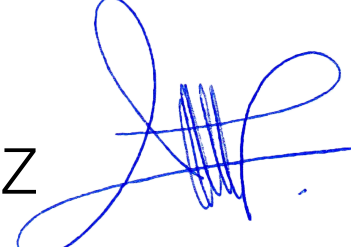
AUTOR
ALBERTO
CAÑADA PÉREZ

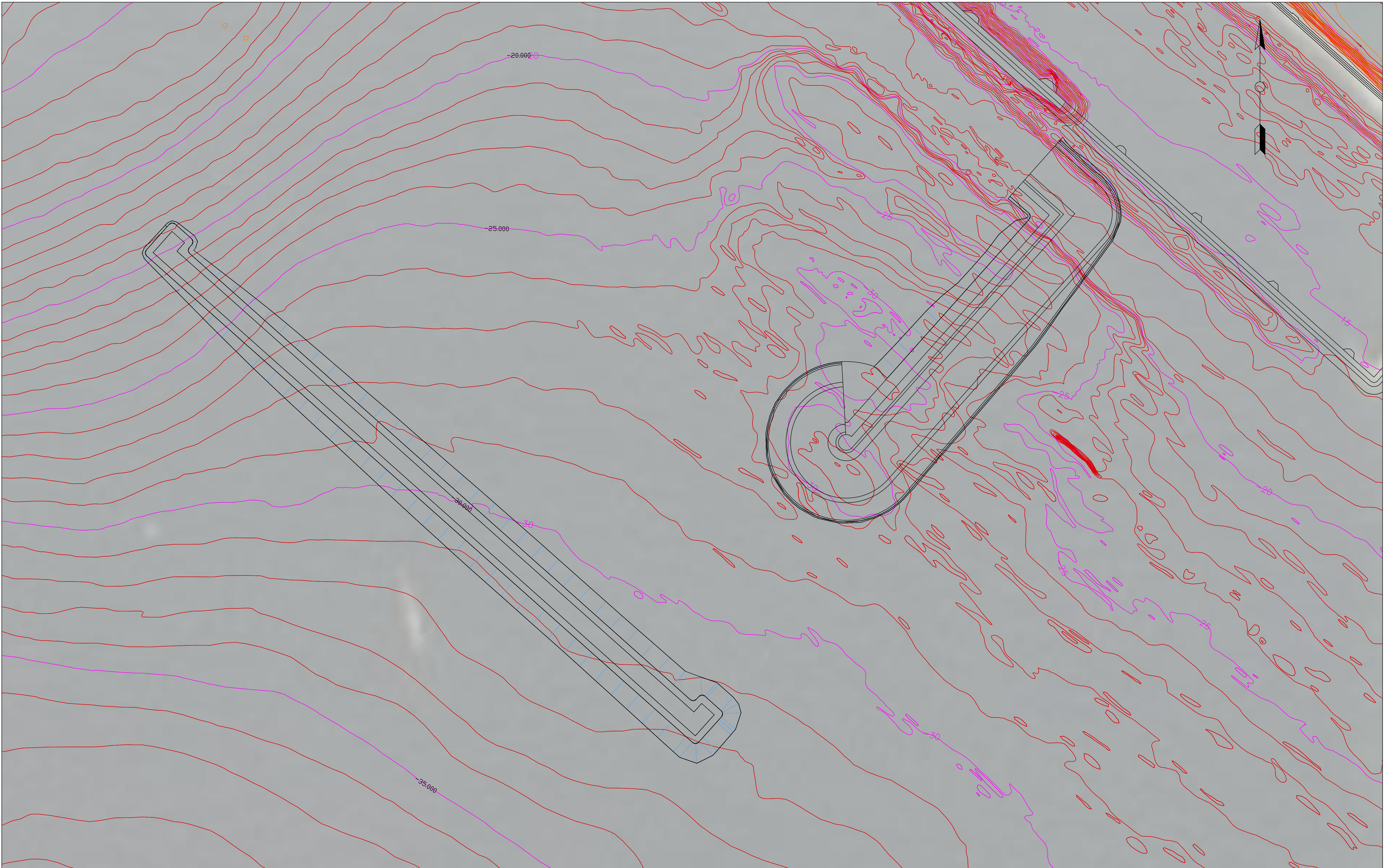
ESCALA
SIN ESCALA

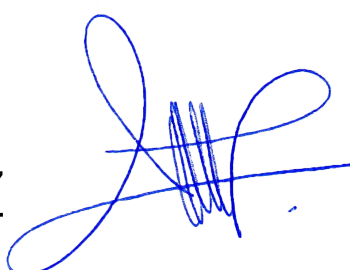
FECHA
septiembre 17

PLANO 5
HOJA 4 DE 4



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO SOLUCION TÉCNICA	TITULO SOLUCION TÉCNICA A LA AMPLIACION DEL PUERTO DE ALMERIA	TERMINO MUNICIPAL ALMERIA	TITULO DEL PLANO SITUACION FINAL	AUTOR ALBERTO CAÑADA PÉREZ 	ESCALA 1/4000	FECHA septiembre 17	PLANO 6
				PROVINCIA ALMERIA					HOJA 1 DE 2



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO SOLUCIÓN TÉCNICA	TITULO SOLUCIÓN TÉCNICA A LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE ALMERÍA	TERMINO MUNICIPAL ALMERÍA	TITULO DEL PLANO PLANTA DIQUES	AUTOR ALBERTO CAÑADA PÉREZ 	ESCALA 1/2000	FECHA SEPTIEMBRE 2017	PLANO 6
				PROVINCIA ALMERÍA					HOJA 2 DE 2



DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO.



1. MEDICIONES.



1	. MEDICIONES.	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	DIQUE EXTERIOR.	2
1.2.1	SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -19,589.	2
1.2.2	SECCION MEDIA:0+422.34, COTA BATIMETRICA: -29.706.	2
1.2.3	SECCION FINAL: 0+886.61, COTA BATIMETRICA: -31.461.	3
1.2.4	VOLUMENES DIQUE EXTERIOR.....	3
1.3	CONTRADIQUE.	4
1.3.1	SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -17,318.	4
1.3.2	SECCION MEDIA:0+203.08, COTA BATIMETRICA: -27.258.	5
1.3.3	SECCION FINAL: 0+431,63, COTA BATIMETRICA: -29.994.	5
1.3.4	VOLUMENES CONTRADIQUE.....	6



A partir de la sección presentada se calculan las áreas unitarias correspondientes:

1.1 INTRODUCCION.

Para el cálculo de los volúmenes de material necesarios para la ejecución de la solución planteada a la ampliación del puerto de Almería se procede del siguiente modo para cada uno de los diques, dique y contradique:

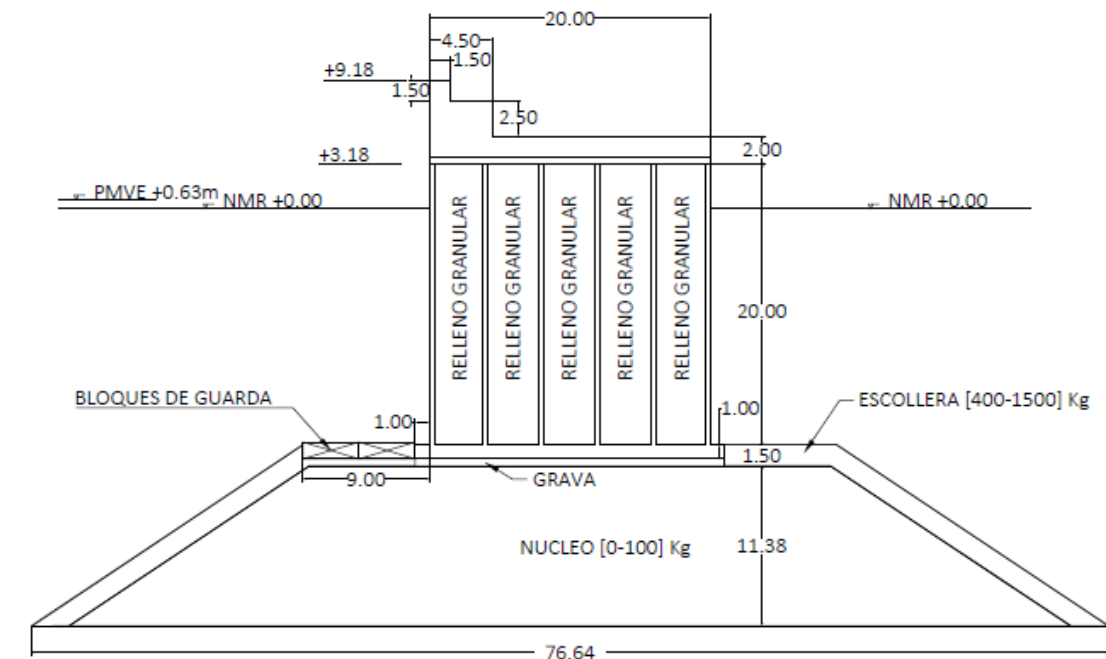
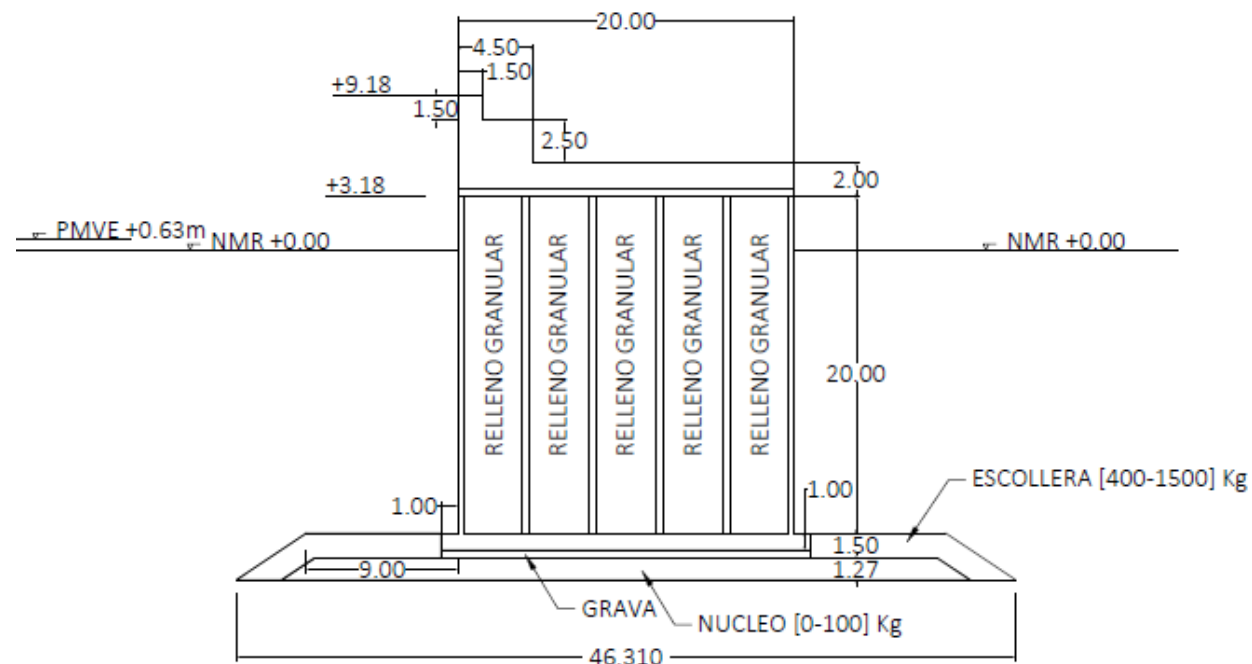
- A partir de cada una de las secciones de cálculo consideradas, 3 en cada uno de los diques, se calcula el volumen requerido de cada uno de los materiales a partir de la siguiente expresión:

$$V_{i,i+1} = \left(\frac{A_i + A_{i+1}}{2} \right) * \Delta x_i^{i+1}$$

De este modo se calcula el área de cada uno de los materiales en cada una de las secciones de cálculo.

1.2 DIQUE EXTERIOR.

1.2.1 SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -19,589.



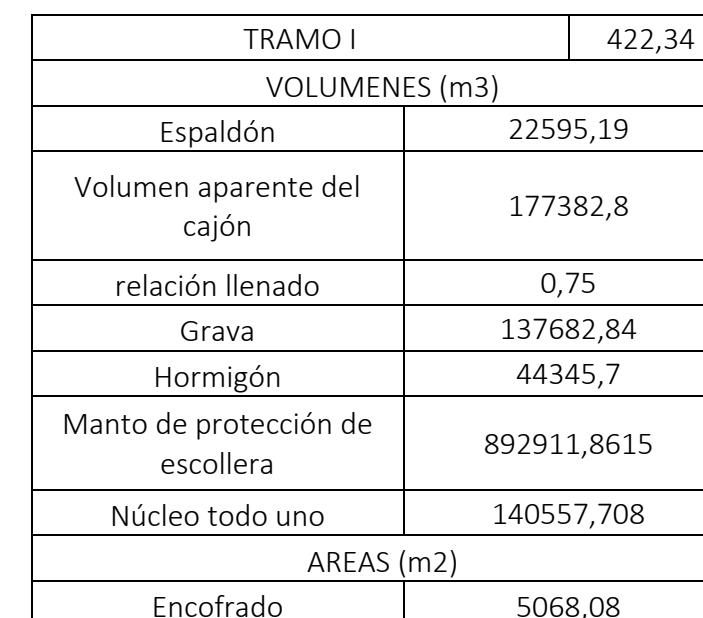


A partir de la sección presentada se calculan las áreas unitarias correspondientes:

SECCION FINAL	
	Área unitaria (m ²)
Espaldón	53,5
Volumen aparente del cajón	420
relación llenado	0,75
Grava	326
Hormigón	105
Manto de protección de escollera	85,736
Núcleo todo uno	680,944

1.2.3 SECCION FINAL: 0+886.61, COTA BATIMETRICA: -31.461.

A partir de las áreas unitarias de cada sección, se hallan los volúmenes relativos al dique exterior:



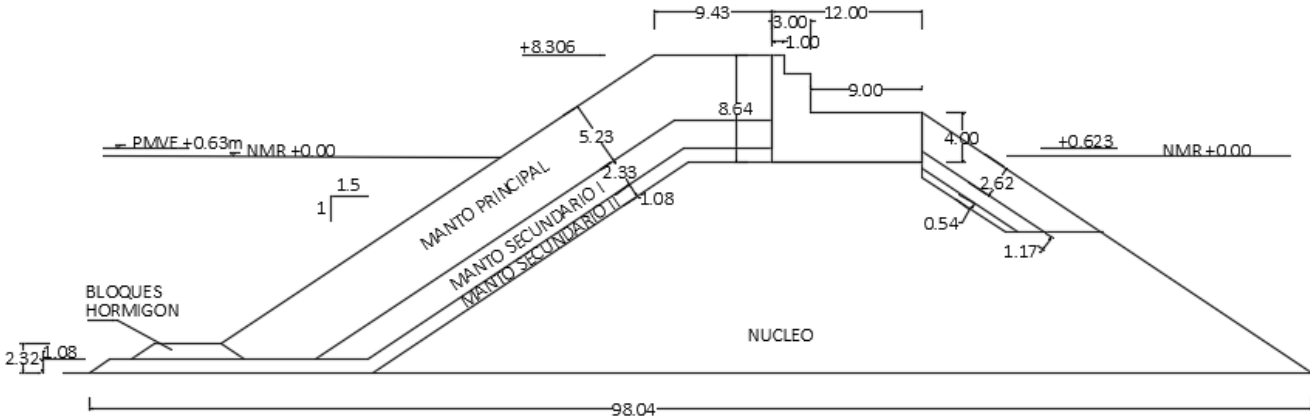


TRAMO II		464,27
VOLUMENES (m3)		
Espaldón		22595,19
Volumen aparente del cajón		177382,8
relación llenado		0,75
Grava		137682,84
Hormigón		44345,7
Manto de protección de escollera		35083,57263
Núcleo todo uno		273951,6857
AREAS (m2)		
Encofrado		5571,24

TOTAL	
VOLUMENES (m3)	
Espaldón	45190,38
Volumen aparente del cajón	354765,6
relación llenado	0,75
Grava	275365,68
Hormigón	88691,4
Manto de protección de escollera	927995,4341
Núcleo todo uno	414509,3941
AREAS (m2)	
Encofrado	10639,32

1.3 CONTRADIQUE.

1.3.1 SECCION DE ARRANQUE. 0+000, COTA BATIMETRICA: -17,318.

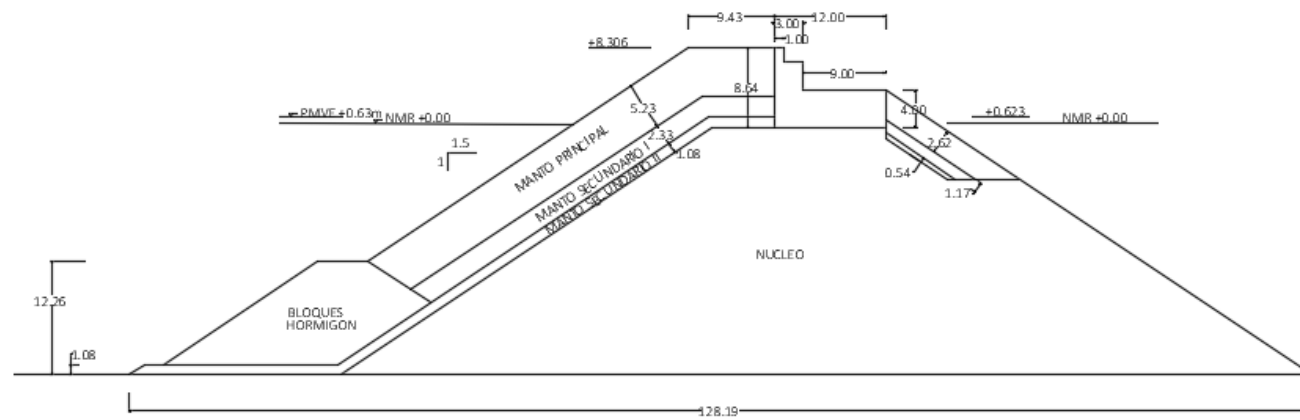


A partir de la sección presentada se calculan las áreas unitarias correspondientes:

SECCION ARRANQUE	
	Área unitaria (m2)
Espaldón	58,92
Manto principal ext	248,412
Manto secundario ext I	93,171
Manto secundario ext II	64,182
Bloques berma inferior	8,975
Manto principal int	38,028
Manto secundario int I	12,171
Manto secundario int II	4,652
Núcleo todo uno	801,888



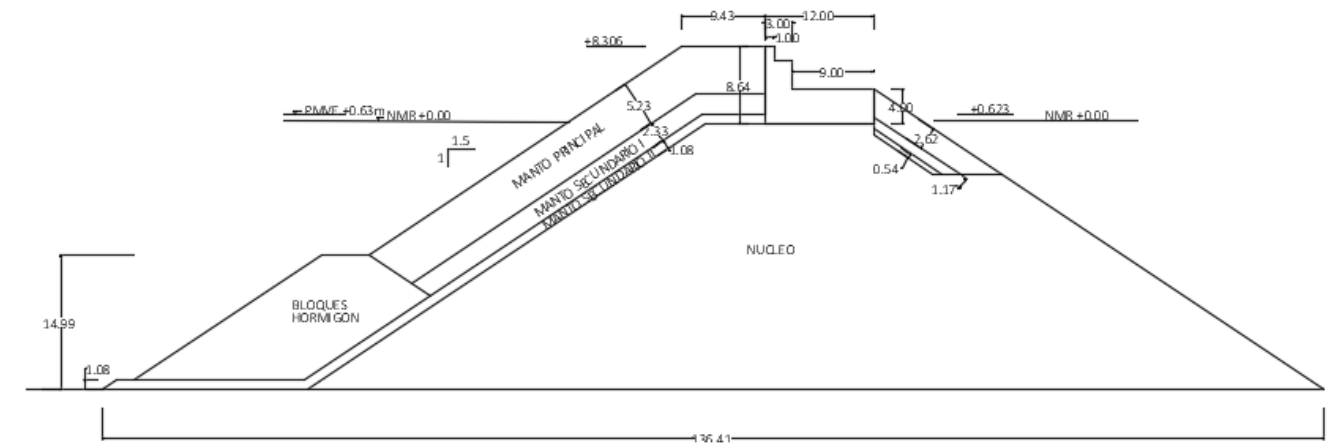
1.3.2 SECCION MEDIA:0+203.08, COTA BATIMETRICA: -27.258.



A partir de la sección presentada se calculan las áreas unitarias correspondientes:

SECCION MEDIA	
	Área unitaria (m2)
Espaldón	58,92
Manto principal ext	253,856
Manto secundario ext I	104,114
Manto secundario ext II	83,553
Bloques berma inferior	181,719
Manto principal int	38,028
Manto secundario int I	12,171
Manto secundario int II	4,652
Núcleo todo uno	1699,498

1.3.3 SECCION FINAL: 0+431,63, COTA BATIMETRICA: -29.994.



A partir de la sección presentada se calculan las áreas unitarias correspondientes:

SECCION FINAL	
	Área unitaria (m2)
Espaldón	58,92
Manto principal ext	253,856
Manto secundario ext I	104,114
Manto secundario ext II	88,891
Bloques berma inferior	233,835
Manto principal int	38,028
Manto secundario int I	12,171
Manto secundario int II	4,652
Núcleo todo uno	1998,934



1.3.4 VOLUMENES CONTRADIQUE.

A partir de las áreas unitarias de cada sección, se hallan los volúmenes relativos al dique exterior:

TRAMO I	203,080
VOLUMENES (m3)	
Espaldón	11965,474
Manto principal ext	51000,293
Manto secundario ext I	20032,319
Manto secundario ext II	15001,012
Bloques berma inferior	19363,069
Manto principal int	7722,726
Manto secundario int I	2471,687
Manto secundario int II	944,728
Núcleo todo uno	253990,734

TRAMO II	228,550
VOLUMENES (m3)	
Espaldón	13466,166
Manto principal ext	58018,789
Manto secundario ext I	23795,255
Manto secundario ext II	19706,038
Bloques berma inferior	47487,433
Manto principal int	8691,299
Manto secundario int I	2781,682
Manto secundario int II	1063,215
Núcleo todo uno	422638,317

TOTAL	
VOLUMENES (m3)	
Espaldón	25431,640
Manto principal ext	109019,082
Manto secundario ext I	43827,574
Manto secundario ext II	34707,050
Bloques berma inferior	66850,502
Manto principal int	16414,026
Manto secundario int I	5253,369
Manto secundario int II	2007,943
Nucleo todo uno	676629,051
AREAS (m2)	
Encofrado	7458,566



1. PRESUPUESTO.



1	PRESUPUESTO.....	1
1.1	INTRODUCCION.....	2
1.2	COSTES MATERIALES.....	2
1.2.1	DIQUE EXTERIOR.....	2
1.2.2	CONTRADIQUE.....	2
1.3	PRESUPUESTO.....	3
1.3.1	DIQUE EXTERIOR.....	3
1.3.2	CONTRADIQUE.....	3
1.4	RESUMEN DE PRESUPUESTO	4



1.1 INTRODUCCION.

En el presente anejo se definen los precios considerados en el proyecto. Para ello se presenta el cuadro de descompuestos utilizado en el cálculo del presupuesto.

1.2 PRECIO UNIDADES DE OBRA.

1.2.1 DIQUE EXTERIOR.

DIQUE EXTERIOR		
UD	DESCRIPCION	PRECIO
M3	FORMACION DE LECHO DE ESCOLLERA	24,39
Formación del manto de protección de escollera con piedra calcárea de 100 a 400 Kg y colocación con gánguil autopropulsado		
M3	RELLENO INTERIOR DE CAJONES	5,78
Material granular en relleno de celdas de cajones, ejecutado según prescripción y medido en planos de proyecto, incluyendo material y colocación		
M	CAJONES HORMIGON	323.000,78
Unidad de cajón vertical de HA, de 18 m de longitud, prefabricado en el área de la obra mediante cajonero o equipo para fabricación de cajones mediante encofrado deslizante, incluso ferralla, hormigonado, vibrado, tte hasta ubicación definitiva y fondeo del mismo, así como todas las unidades que se precisan para para la correcta ejecución de la unidad.		
M3	HA-25/B/IIIA	79,93
Fabricación en planta y puesta en obra del hormigón, vibrado, curado y colocado.		
M2	ENCOFRADO PLANO	28,41
Encofrado plano y posterior desencofrado, incluso limpieza, humectación, aplicación de desencofrante, p.p de elementos complementarios para su estabilidad y adecuada		

ejecución, medida la superficie de encofrado útil.		
M3	TODO UNO DE CANTERA	24
Todo uno de cantera colocado en cierre de explanada y núcleo de diques, según perfiles, con vertido marítimo o bandeja.		

1.2.2 CONTRADIQUE.

CONTRADIQUE		
UD	DESCRIPCION	PRECIO
M3	TODO UNO DE CANTERA	24
Todo uno de cantera colocado en cierre de explanada y núcleo de diques, según perfiles, con vertido marítimo o bandeja.		
M3	BLOQUE DE HORMIGON PARA MANTO PRINCIPAL	113,65
Bloque de hormigón HM-30/B/40/ I+Qc para manto principal de dimensiones 3x3x3 m3, totalmente terminado		
M3	COLOCACION DE BLOQUES PARA MANTO PRINCIPAL	67,93
Colocación de bloques para manto principal con grúa autopropulsada de 100 T según posición definida en planos, incluido tte.		
M3	FORMACION MANTOS DE ESCOLLERA	26,89
Formación de mantos de escollera, incluida colocación de escolleras de 4000 y 400 Kg, con vertido marítimo o bandeja, medido según planos de proyecto.		
M3	HA-25/B/IIIA	79,93
Fabricación en planta y puesta en obra del hormigón, vibrado, curado y colocado.		



M2	ENCOFRADO PLANO	28,41
Encofrado plano y posterior desencofrado, incluso limpieza, humectación, aplicación de desencofrante, p.p de elementos complementarios para su estabilidad y adecuada ejecución, medida la superficie de encofrado útil.		

1.3 PRESUPUESTO.

1.3.1 DIQUE EXTERIOR.

DIQUE EXTERIOR				
UD	DESCRIPCION	PRECIO	MEDICION	TOTAL
M3	FORMACION DE LECHO DE ESCOLLERA	24,39	-	-
	Tramo I	-	892.911,86	21.778.120,30
	Tramo II	-	35.083,57	855.688,34
	Total tramos I + II	-	927.995,43	22.633.808,64
M3	RELLENO INTERIOR DE CAJONES	5,78	-	-
	Tramo I	-	137.682,84	795.806,82
	Tramo II	-	137.682,84	795.806,82
	Total tramos I + II	-	275.365,68	1.591.613,63
M	CAJONES HORMIGON	323.000,78	-	-
	Tramo I	-	422,34	7.578.674,97
	Tramo II	-	464,27	8.331.087,34
	Total tramos I + II	-	886,61	15.909.762,31
M3	HA-25/B/IIIA	79,93	-	-
	Tramo I	-	44.345,70	3.544.551,80
	Tramo II	-	44.345,70	3.544.551,80
	Total tramos I + II	-	88.691,40	7.089.103,60
M2	ENCOFRADO PLANO	28,41	-	-
	Tramo I	-	5068,08	143984,1528
	Tramo II	-	5571,24	158278,9284
	Total tramos I + II	-	10639,32	302.263,08
M3	TODO UNO DE CANTERA	24	-	-
	Tramo I	-	140.557,71	3.373.385,00
	Tramo II	-	273.951,69	6.574.840,46
	Total tramos I + II	-	414.509,39	9.948.225,46

1.3.2 CONTRADIQUE.

CONTRADIQUE				
UD	DESCRIPCION	PRECIO	MEDICION	TOTAL
M3	TODO UNO DE CANTERA	24	-	-
	Tramo I	-	253.990,73	6.095.777,63
	Tramo II	-	422.638,32	10.143.319,60
	Total tramos I + II	-	676.629,05	16.239.097,23
M3	BLOQUE DE HORMIGON PARA MANTO PRINCIPAL	113,65	-	-
	Tramo I	-	78.086,09	8.874.483,87
	Tramo II	-	114.197,52	12.978.548,32
	Total tramos I + II	-	192.283,61	21.853.032,19
M3	COLOCACION DE BLOQUES PARA MANTO PRINCIPAL	67,93	-	-
	Tramo I	-	78.086,09	5.304.387,94
	Tramo II	-	114.197,52	7.757.437,64
	Total tramos I + II	-	192.283,61	13.061.825,58
M3	FORMACION MANTOS DE ESCOLLERA	26,89	-	-
	Tramo I	-	38.449,75	1.033.913,66
	Tramo II	-	47.346,19	1.273.139,03
	Total tramos I + II	-	85.795,94	2.307.052,69
M3	HA-25/B/IIIA	79,93	-	-
	Tramo I	-	11.965,47	956.400,30
	Tramo II	-	13.466,17	1.076.350,65
	Total tramos I + II	-	25.431,64	2.032.750,95
M2	ENCOFRADO PLANO	28,41	-	-
	Tramo I	-	3.509,22	99.697,01
	Tramo II	-	3.949,34	112.200,86
	Total tramos I + II	-	7.458,57	211.897,87



1.4 RESUMEN DE PRESUPUESTO

DIQUE EXTERIOR		
		PRECIO
	Tramo I	37.214.523,04
	Tramo II	20.260.253,68
	Total tramos I + II	57.474.776,72
CONTRADIQUE		
		PRECIO
	Tramo I	22.364.660,41
	Tramo II	33.340.996,11
	Total tramos I + II	55.705.656,52
	Total de ejecución material	113.180.433,24
13%	Gastos generales	14713456,32
6%	Beneficio industrial	882807,3793
IVA: 21%	Total Base imponible	128.776.696,94
	Presupuesto base de licitación	155.819.803,30

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y CINCO MILLONES OCHOCIENTOS DIECINUEVE MIL OCHOCIENTOS TRES euros con TREINTA céntimos

Salamanca, a 8 de Septiembre de 2017.

EL INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO

FDO Alberto Cañada Pérez