



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



EL NUEVO PUERTO DEPORTIVO DE LAREDO. ESTUDIO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS

Trabajo realizado por:

M^a Mercedes Álvarez-Touchard Argüeso

Dirigido:

Gabriel Díaz Hernández

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Santander, junio de 2014

TRABAJO FINAL DE GRADO

ÍNDICE

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

CAPÍTULO 1. CLIMA MARÍTIMO

1.1. INTRODUCCIÓN

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

1.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS EN AGUAS PROFUNDAS

1.3.1. Oleaje

1.3.1.1. Periodo

1.3.1.2. Viento

1.3.2. Carrera de oleaje

1.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS FRENTE AL PUERTO

1.4.1. Consideraciones teóricas

1.4.2. Propagación

1.4.2.1. Metodología

1.4.2.2. Consideración respecto del nivel del mar

1.4.2.3. Comprobación

1.4.3. Resultados

1.4.3.1. Régimen medio y extremal

1.4.3.1.1. Consideraciones teóricas

1.4.3.1.2. Metodología

1.4.3.1.3. Resultados obtenidos

1.4.3.1.4. Tabla resumen

1.4.3.2. Rosas de oleaje e histogramas de altura de ola y dirección

1.4.3.2.1. Metodología

1.4.3.2.2. Para aguas profundas

1.4.3.2.3. Para el punto C

1.4.3.2.4. Para el punto B

1.5. CONCLUSIONES

1.5.1. Consideraciones

1.5.2. Comparación con la ROM

1.5.2.1. Ámbito de aplicación

1.5.2.2. Zonificación

1.5.2.3. Características técnicas de la información analizada

1.5.2.4. Análisis de los datos

1.5.2.4.1. Direcciones significativas

1.5.2.4.2. Rosas de oleaje

- 1.5.2.4.3. Régimen medio
- 1.5.2.4.4. Régimen extremal

CAPÍTULO 2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

2.1. CONSIDERACIONES PARA LA PLANTA

2.1.1. Flota

- 2.1.1.1. *Elección de la flota*
- 2.1.1.2. *Tipo de embarcaciones*
- 2.1.1.3. *Precio amarres*
- 2.1.1.4. *Ingresos al puerto*

2.1.2. Documentos de referencia

2.2. CONSIDERACIONES PARA LA SECCIÓN

2.2.1. Criterios estructurales

- 2.2.1.1. *Vida útil*
- 2.2.1.2. *Periodo de retorno*
- 2.2.1.3. *Altura de ola de diseño*
 - 2.2.1.3.1. Metodología
 - 2.2.1.3.2. H_{50}
 - 2.2.1.3.3. $H_{s_{max}}$
- 2.2.1.4. *Tipo de talud*
- 2.2.1.5. *Densidad de material*

2.2.2. Criterios funcionales

- 2.2.2.1. *Operatividad*
- 2.2.2.2. *Número de paradas y duración*

2.3. CONCLUSIONES

CAPÍTULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO EN PLANTA

3.1. CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO

3.1.1. Emplazamiento del puerto

3.1.2. Criterios generales de disposición

3.1.3. Área de dársena

3.1.4. Área de tierra

3.1.5. Anchura de bocana

- 3.1.5.1. *Buque de proyecto*

3.1.6. Canal principal

3.1.7. Calado

3.1.8. Atraques

- 3.1.8.1. *Pantalanes*
- 3.1.8.2. *Fingers*
- 3.1.8.3. *Distancia entre fingers*
- 3.1.8.4. *Esquema de los atraques*

3.1.9. Canales de acceso

- 3.1.10. Área de reviro
- 3.2. ALTERNATIVAS
 - 3.2.1. Plano Alternativa 1
 - 3.2.2. Plano Alternativa 2
 - 3.2.3. Plano Alternativa 3
- 3.3. AGITACIÓN
 - 3.3.1. Consideraciones teóricas
 - 3.3.2. Metodología
 - 3.3.3. Alternativa 1
 - 3.3.4. Alternativa 2
 - 3.3.5. Alternativa 3
 - 3.3.6. Resumen y elección
- 3.4. ANÁLISIS DETALLADO DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA
 - 3.4.1. Emplazamiento del puerto
 - 3.4.2. Criterios generales de disposición
 - 3.4.3. Área de dársena
 - 3.4.4. Área de tierra
 - 3.4.5. Anchura de bocana
 - 3.4.6. Canal principal
 - 3.4.7. Calado
 - 3.4.8. Atraques
 - 3.4.8.1. *Pantalanes*
 - 3.4.8.2. *Atraques*
 - 3.4.9. Canales de acceso
 - 3.4.10. Área de reviro
 - 3.4.11. Servicios prestados por el puerto
 - 3.4.11.1. *Estación abastecimiento combustible*
 - 3.4.11.2. *Sistemas de comunicación*
 - 3.4.11.3. *Baños y duchas*
 - 3.4.11.4. *Zonas de estacionamiento de vehículos*
- 3.5. CONCLUSIONES

CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL DIQUE

- 4.1. DISEÑO FUNCIONAL SECCIONES DEL DIQUE
 - 4.1.1. Cota de coronación
 - 4.1.1.1. *Criterios*
 - 4.1.1.2. *Metodología*
 - 4.1.1.3. *Resultados*
 - 4.1.1.3.1. Operatividad
 - 4.1.1.3.2. Número de paradas
- 4.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DEL DIQUE
 - 4.2.1.1. **Peso de las piezas**
 - 4.2.1.2. *Manto principal*

- 4.2.1.3. *Mantos secundarios*
- 4.2.1.4. *Núcleo*
- 4.2.1.5. *Muro parte interior*
- 4.2.1.6. *Cuadro resumen*

4.2.2. Diseño del espaldón

4.3. ESQUEMA DEL DIQUE

4.3.1. Plano sección del dique

4.4. COMPARACIÓN CON EL DIQUE ACTUAL

4.5. CONCLUSIONES

CAPÍTULO 5. CONSTRUCCIÓN

5.1. PLAN DE OBRA

5.1.1. Unidades básicas

5.1.2. Rendimientos

5.1.3. Consideraciones

5.1.4. Diagrama de Gantt

5.2. SEGURIDAD Y SALUD

5.2.1. Análisis de los riesgos

- 5.2.1.1. *Construcción del dique*
- 5.2.1.2. *Movimientos de tierras y vertidos*
- 5.2.1.3. *Manejo de maquinaria y herramientas*

5.2.2. Medidas de prevención de riesgos

- 5.2.2.1. *Normas básicas de seguridad*
- 5.2.2.2. *Protecciones individuales*
- 5.2.2.3. *Protecciones colectivas*
- 5.2.2.4. *Medidas de protección general*
- 5.2.2.5. *Prevención de daños a terceros*

5.2.3. Presupuesto

5.3. PRESUPUESTO

5.3.1. Cálculos para la realización

5.3.2. Mediciones por capítulos

5.3.3. Cuadro de precios nº1

5.3.4. Cuadro de precios nº2

5.3.5. Presupuesto por capítulos

5.3.6. Resumen del presupuesto

ANEXO INFORMÁTICO

ANEXO AGITACIÓN 1

ANEXO AGITACIÓN 2

ANEXO AGITACIÓN 3

ANEXO CÁLCULO DEL DIQUE

RESUMEN

RESUMEN

El proyecto es un estudio y diseño de alternativas de la planta y sección de una infraestructura portuaria-deportiva desde un punto de vista funcional y estructural.

Como palabras clave se pueden destacar:

- Clima marítimo
- Propagación del oleaje
- Ingeniería portuaria
- Agitación portuaria
- Diques en talud

El proyecto está dividido en cinco capítulos bien diferenciados y de temática distinta.

En el primer capítulo, clima marítimo, se han analizado los datos obtenidos de la base de datos conocida como GOW (Global Ocean Waves) en aguas profundas, caracterizando sus principales características.

Una vez caracterizado se ha procedido, a partir del programa Matlab a la ejecución de un código que, teniendo en cuenta los fenómenos de refracción, asomeramiento y difracción propague el oleaje desde aguas profundas hasta la zona de emplazamiento del puerto pasando por un punto base necesario para el cálculo de los coeficientes de difracción.

A partir de la serie obtenida, se han obtenido a partir del Matlab y de la herramienta AMEVA proporcionada por el IH de Cantabria (Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria) los regímenes medios y extremos así como sus rosas de oleaje y otras representaciones que caractericen el oleaje propagado.

Para poder hacerse una idea de la veracidad de los resultados obtenidos se ha hecho una comparación de estos con la ROM (Recomendación de Obras Marítimas).

En el segundo capítulo, criterios generales de diseño, se han obtenido todos los parámetros necesarios para el diseño del proyecto tanto en planta como en sección. En él se incluye una referencia de todos los documentos necesarios para el desarrollo de este capítulo, siendo el principal el documento ROM.

Desde el punto de vista de la planta se ha considerado una flota para el puerto, ya que en base a la documentación utilizada, será lo que condicione el diseño de los distintos elementos que conforman la planta del puerto.

Desde el punto de vista de la sección se distinguen por un lado los criterios estructurales, como son la vida útil, el periodo de retorno, las alturas de diseño así como el tipo de talud y el material, y por otro lado los criterios funcionales, siendo el principal la operatividad del puerto.

En el tercer capítulo, criterios de diseño en planta, se han estudiado los elementos que conformarán la planta del puerto, estableciendo en base a la aceptación de unos criterios las dimensiones y geometría de los distintos elementos que lo forman.

Se han diseñado, cumpliendo los criterios establecidos tres alternativas distintas.

Para la elección de una de ellas se ha estudiado la agitación interior del puerto, aceptando como la mejor alternativa la que cumpliera más eficazmente el requisito impuesto por la agitación interior del puerto. Para el estudio de la agitación se utilizó de nuevo el programa Matlab, haciendo un programa distinto para cada alternativa en función de sus características.

En el cuarto capítulo, diseño del dique, se ha realizado el cálculo del dique desde el punto de vista funcional y estructural. Una vez calculado se ha realizado una comparativa con el actual analizando las coincidencias y discrepancias.

En el quinto capítulo se ha realizado de una forma general y simple el presupuesto del proyecto, su plan de obra y un estudio de la seguridad.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El siguiente documento es un estudio y diseño de alternativas de la planta y la sección de una infraestructura portuaria desde un punto de vista funcional y estructural.

Este estudio presenta el trabajo de fin de grado para obtener el título de "Ingeniero Civil, mención en Hidráulica y Medio Ambiente" y abarca temas desde hidráulica, ingeniería costera, ingeniería portuaria, diseño estructural y sistemas de gestión.

Los resultados obtenidos en el presente estudio reúnen las características de un proyecto de alternativas reales para el diseño integral de una instalación portuaria.

OBJETIVOS

OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es el diseño integral de una infraestructura portuaria desde el punto de vista funcional tanto en planta como en sección.

Para cumplir estos objetivos se han planificado los siguientes trabajos:

- Estudio general del entorno de la obra portuaria.
- Cálculo del nivel del mar en la zona a realizar la obra.
- Propagación del oleaje desde aguas profundas hasta la zona de emplazamiento del puerto.
- Reconstrucción de la estadística del clima marítimo frente a la zona portuaria.
- Obtención a partir de la serie de oleaje los parámetros más representativos (Régimen medio y extremal, rosa de oleaje, histograma de altura de ola y periodo).
- Diseño desde cero de varias alternativas en planta para el diseño del nuevo puerto deportivo.
- Estudio de la agitación interior de cada una de las alternativas como criterio de elección de la alternativa final.
- Cálculo de los parámetros funcionales relacionados al oleaje incidente (remonte y rebase sobre la estructura).
- Cálculo general del cálculo estructural del dique en talud y espaldón.
- Redacción general del programa de trabajo constructivo, medidas de seguridad y presupuesto del puerto en general.

CAPÍTULO 1.
CLIMA MARITIMO

CAPITULO 1. CLIMA MARÍTIMO

1.1.INTRODUCCIÓN

Este primer capítulo tiene como objeto analizar los datos de los que se dispone en aguas profundas, propagarles hasta la zona de estudio y obtener los resultados necesarios para la realización del proyecto.

Para ello se utilizan herramientas como el programa matemático Matlab para la programación y la herramienta AMEVA realizada por el IH para la obtención de gráficos.

1.2.DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Los datos con los que se cuenta provienen de la base de datos conocida como GOW (Global Ocean Waves, Reguero et al 2012), esto es un conjunto de datos diseñado para ser actualizado periódicamente y que se basa en la calibración de un modelo de predicción retrospectiva con los datos de altimetría por satélite, después de la verificación respecto a los datos históricos, a partir de 1948.

Los reanálisis de oleaje y viento se han convertido en una valiosa fuente de información para la investigación del clima marítimo y aplicaciones oceánicas y costeras en la última década. Hoy en día, las bases de datos de reanálisis generadas con los modelos de tercera generación proporcionan información detallada sobre el clima marítimo, tanto en el tiempo como en el espacio, de las mediciones instrumentales realizadas (boyas y observaciones altimétricas).

Este nuevo calibrado de las bases de datos representa adecuadamente las características de clima marítimo mundial desde 1948, esto lo hace el más largo y hasta a la fecha, uno de los mejores conjuntos de datos para el análisis de la variabilidad del clima marítimo mundial, así como para muchas aplicaciones de ingeniería costera a nivel mundial.

1.3.ANÁLISIS DE LOS DATOS EN AGUAS PROFUNDAS

En este apartado se han analizado los datos obtenidos del GOW (Aparatado 1.2.) atendiendo al oleaje y al nivel del mar.

Para el análisis se ha utilizado la herramienta Matlab para poder manejar la extensa serie de datos y poder obtener resultados

1.3.1. Oleaje

1.3.1.1. Periodo

Tras el estudio de la serie de datos de los períodos se obtiene:

Periodo mínimo = 1,5452 s
 Periodo máximo = 19,0509 s

Para observar la tendencia que tienen los periodos se ha reproducido su histograma en la *figura 1.1*.

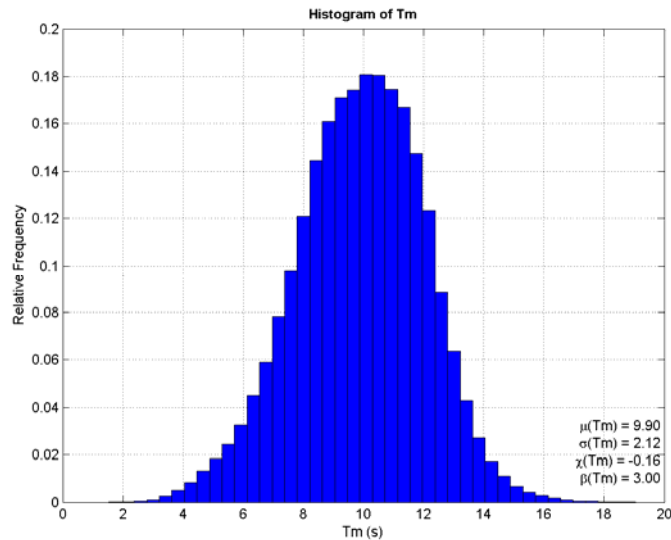


Figura 1.1. Histograma de periodos

Se observa que los periodos predominantes son los que se encuentran en rangos entre 9 y 11 segundos.

En la *figura 1.2*, se muestra la energía de la ola en función de la frecuencia (o período, que es el inverso de la frecuencia). En la primera fila se indica la fuerza generadora principal de este disturbio y en la segunda fila se indica la fuerza restauradora principal que disipa o modifica el movimiento ondulatorio.

Por el rango de periodos obtenido se identifica que la fuerza generadora principal es el viento y la fuerza restauradora es la gravedad.

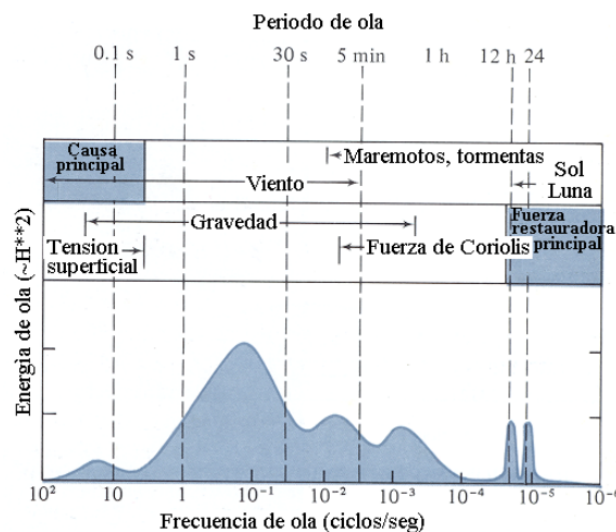


Figura 1.2. Relación frecuencia frente a energía

El pico de máxima energía está entre los 4 y 12 segundos, que corresponden a las olas generadas por el viento. Esto quiere decir que la mayoría de las olas en el océano tienen energía alrededor de esos períodos, son las olas más frecuentes formadas en el océano, como se aprecia en la serie de datos representada mediante el histograma en la figura 1.1.

Para ver más claro esto, se han obtenido las rosas de vientos de la boya más cercana al emplazamiento, estas son proporcionadas por la pagina web www.puertos.es.

Como se he mencionado anteriormente el oleaje es generado por el viento, luego, la rosa de vientos será similar a la rosa de oleaje en aguas profundas, en los dos puntos de estudio no será del todo así, ya que se ha descartado el oleaje entre 90 y 270° grados, ya que este es generado por el viento que viene de la costa y no se puede propagar siguiendo la ley de Snell.

1.3.1.2. Viento

La localización de la boya es la marcada con una flecha en la *figura 1.3*, en una posición bastante alejada de donde estará el puerto para simular aguas profundas. Los datos son de un Punto SIMAR-44 (1066075).

El conjunto de datos SIMAR-44 está formado por series temporales de parámetros atmosféricos y oceanográficos procedentes de modelado numérico. Son, por tanto, datos simulados por ordenador y no proceden de medidas directas de la naturaleza.

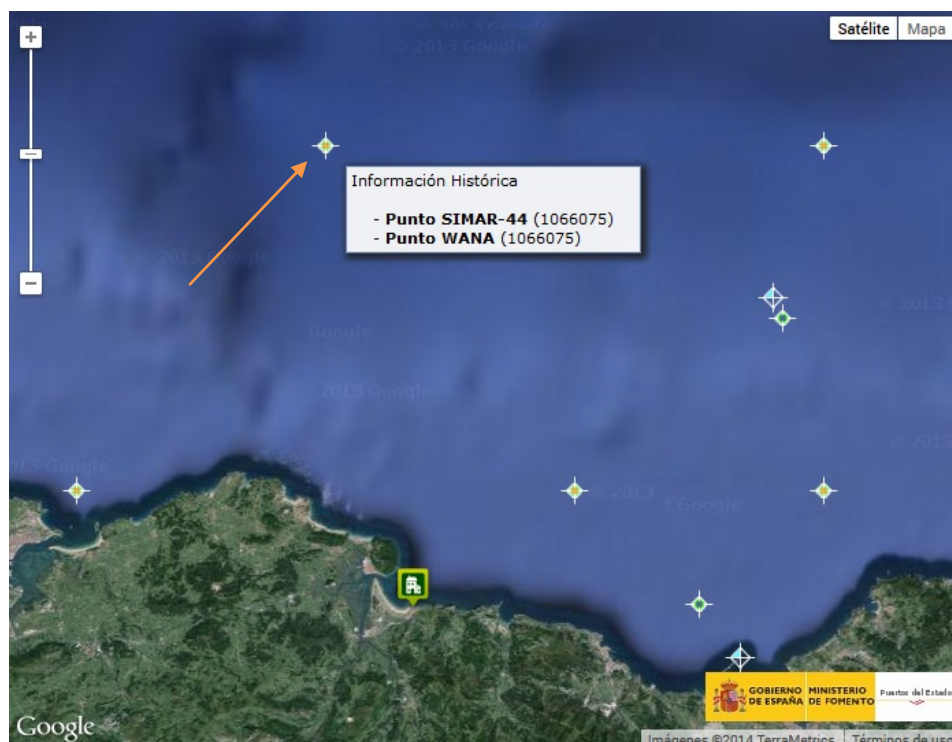


Figura 1.3. Boya Simar

Los datos obtenidos tienen las características y están comprendidos en periodo de tiempo que muestra la tabla adjunta.

Son datos que tienen como parámetro su velocidad media para el periodo de 1958 a 2001.

La rosa de vientos correspondiente a estos datos se muestra en la *figura 1.4.*, que deberá ser similar a la rosa de oleaje en aguas profundas ya que, como se ha comentado en el apartado anterior el oleaje tiene como fuerza generadora principal el viento.

En el apartado "1.4.3.2. Rosas de oleaje e histogramas de alturas y direcciones", en el apartado "1.4.3.2.2. Para aguas profundas" se encuentra la rosa de oleaje en aguas profundas representada por la figura 1.28. que tiene la misma dirección predominante como era de esperar.

Rosas de Viento
Wind Rose Plot

Parámetro /Parameter	Vel. Media / Mean Vel. ▾
Año inicial /From (year)	1958 ▾
Año final /To (year)	2001 ▾
Periodo /Period	Global ▾
Mes /Month	Dic./Dec. ▾
Partición /Partition	1.0 (m/s) ▾
Generar Grafico/Submit	

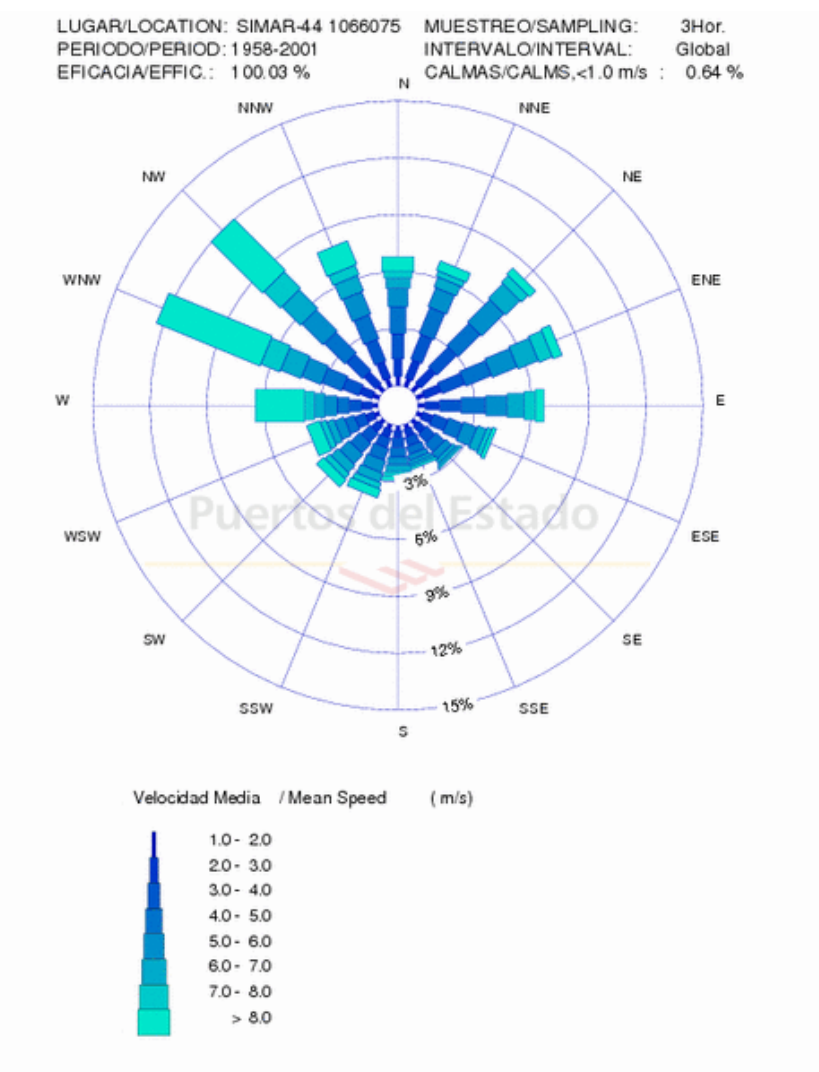


Figura 1.4. Rosa de vientos

1.3.2. Carrera de oleaje

La carrera de oleaje es la máxima diferencia entre la mayor pleamar y la menor bajamar.

Los datos utilizados guardan registros desde el 1 de febrero de 1948 hasta el 31 de diciembre del 2008.

En el capítulo "1.4. Análisis de los datos frente al puerto", en el apartado "1.4.2.2.Consideraciones respecto al nivel del mar" se muestran las gráficas correspondientes a la Marea Astronómica (MA) y la Marea Meteorológica (MM) por separado así como una conjunta, la conjunta se representa en la *figura 1.5*.

El mayor nivel es de 2,5346 metros, ocupa la posición 103709 en la serie de datos y corresponde a la fecha del 1 de diciembre de 1959 a las 4h.

El mínimo nivel de -2,3518 metros, ocupa la posición 430451 en la serie de datos corresponde a la fecha del 10 de marzo de 1997 a las 10h.

La mayor carrera de oleaje será de $2,5346 + 2,3518 = 4,8$ metros.

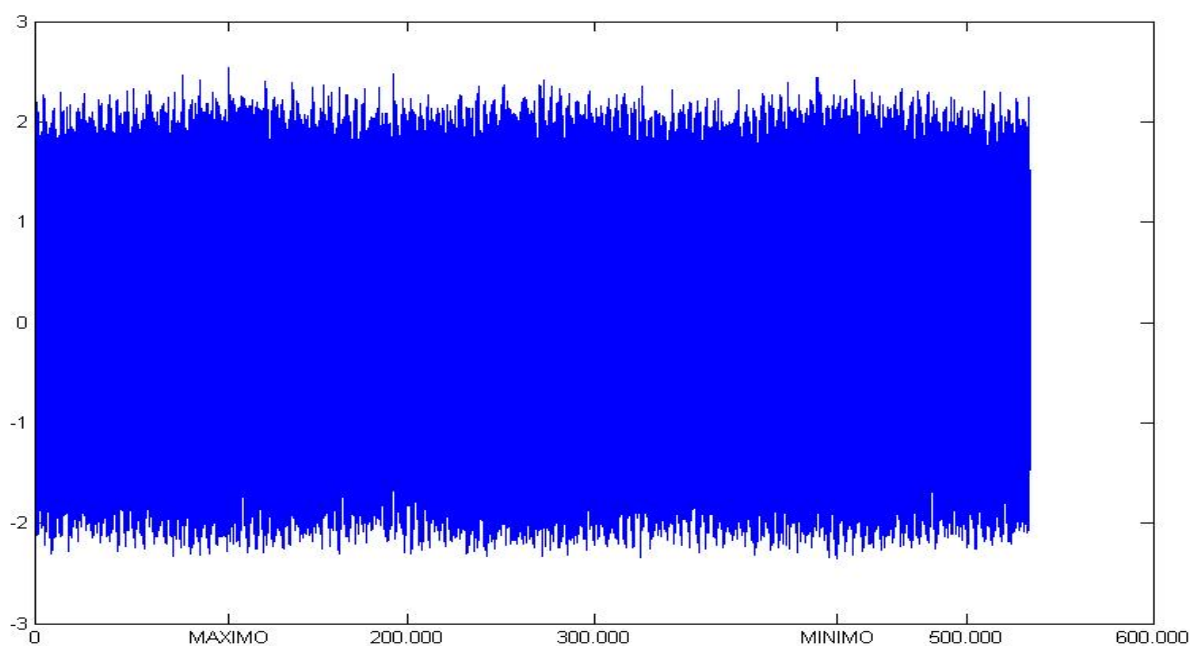


Figura 1.5. Marea Astronómica (MA) y Marea Meteorológica

1.4. PROPAGACIÓN DEL OLEAJE A LA ZONA DE ESTUDIO

En este apartado se ha estudiado la propagación del oleaje desde aguas profundas a la zona de trabajo donde estará el emplazamiento del puerto, ya en aguas someras.

1.4.1. Consideraciones teóricas

La definición de las condiciones de las olas en aguas poco profundas es un aspecto esencial en el diseño y operación de una amplia variedad de instalaciones costeras y de un desempeño seguro de las actividades humanas en las zonas costeras.

A través de una combinación de transformaciones de oleaje de modelado de datos y funciones de transferencia entre las condiciones de las olas en aguas profundas se derivan las que están en la ubicación de interés, donde se establecerá el puerto.

Suponiendo teoría lineal, estas funciones de transferencia tienen en cuenta la dependencia de las características de las olas en aguas profundas y poco profundas en función de parámetros, como son la altura de ola, período, dirección, nivel de agua y las características particulares en las proximidades de la zona de interés, tales como la batimetría, islas, cabos y estructuras.

Los procesos que pueden afectar a una ola cuando se propaga desde aguas profundas hasta poco profundas son entre otros:

- **Refracción.**
- **Asomeramiento.**
- **Difracción.**
- Disipación por fricción.
- Breaking (o rotura).
- Crecimiento adicional debido al viento.

Para el proyecto en concreto se han estudiado los efectos de Refracción y Asomeramiento, además del fenómeno de Difracción en los casos en los en que este afecte.

Estudiando estos fenómenos más en detalle:

- Refracción.
Si la cresta de una ola tiene inicialmente un ángulo de aproximación a la costa (que no sea 0 grados), parte de la ola (punto A) estará en aguas menos profundas que su otra parte (punto B). Debido a que la profundidad en el punto A (H_A), es menor que la profundidad en B (H_B), la velocidad de la onda en A será más lenta que en B, debido a:

$$C_A = \frac{g}{\omega} \tanh k h_A < \frac{g}{\omega} \tanh k h_B = C_B$$

La diferencia de velocidad a lo largo de la cresta de la ola hace que la cresta se vaya tornando cada vez más paralela a la costa.

El problema de la propagación se convierte en uno de trazado de la dirección de aproximación de onda y en el cálculo de la altura de ola según se propaga desde lo más profundo de aguas poco profundas.

El fenómeno de refracción se observa en la *figura 1.6*.

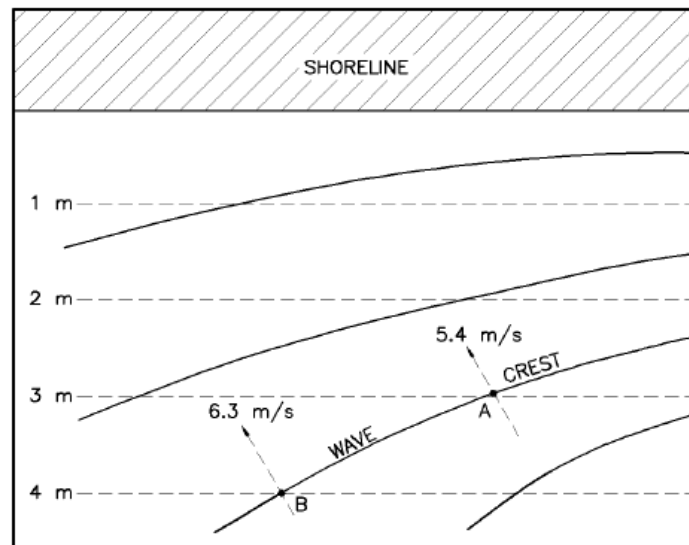


Figura 1.6. Fenómeno de refracción

- Asomeramiento.

El fenómeno de Asomeramiento ocurre cuando las olas entran en aguas menos profundas. La velocidad y la longitud de la ola disminuyen en aguas poco profundas, por lo tanto, la energía por unidad de área de la ola tiene que aumentar, por lo que aumenta su altura manteniendo su periodo.

Cuando la cresta de la ola adopta demasiada pendiente se convierte en inestable, se curva hacia delante y rompe. Esto sucede generalmente cuando la altura de la ola alcanza el mismo tamaño que la profundidad de agua local. Es decir, una ola de 3 metros por lo general se rompe en unos 3 metros de profundidad.

La *figura 1.7*. muestra la progresión de cómo una ola va hacia la orilla.

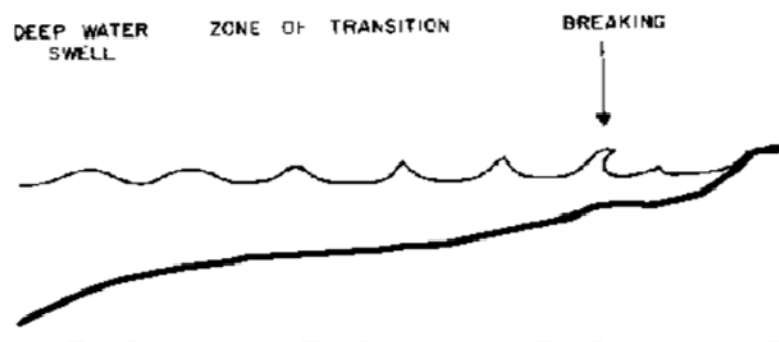


Figura 1.7. Fenómeno de asomeramiento

- Difracción.

Se considera la posibilidad de una onda que tiene una altura variable a lo largo de su cresta. Como esta ola se propaga hacia adelante, habrá una transferencia lateral de energía de las ola a lo largo de su cresta (perpendicular a la dirección de la propagación de ola). La transferencia de energía será a partir de los puntos de mayor altura a los de menor. Este proceso se conoce como la difracción de la onda. *Pero la difracción tiene un efecto especialmente importante en las condiciones de onda dentro de un puerto.* Cuando las ondas se propagan más allá del final de un rompeolas o un dique, la difracción hace que las crestas de las olas se extiendan y dispersen en la zona de sombra en el abrigo de la escollera. Esto provoca que las orientaciones de la cresta de la ola y su altura de las olas en la zona de sombra se vean significativamente alteradas.

El fenómeno de difracción se observa en la *figura 1.8*.

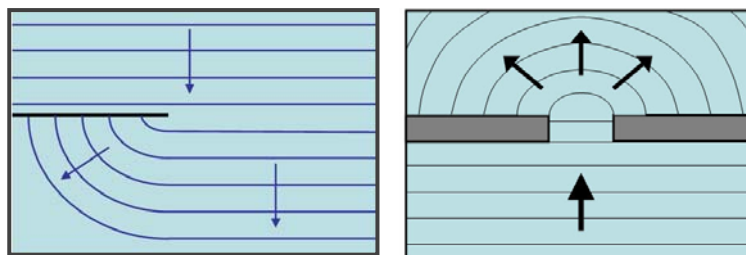


Figura 1.8. Fenómeno de difracción

En el proyecto del puerto, debido a su ubicación, solo se ha encontrado este fenómeno cuando el oleaje se encuentra dentro de un rango de direcciones, esto es debido a que a la hora de propagar el oleaje se encuentra en medio el monte Buciero de Santoña, esto actúa como un obstáculo que produce la aparición del fenómeno de difracción.

Esto se puede observar en la *figura 1.9*.



Figura 1.9. Difracción en el puerto

Más adelante, cuando se profundice en el estudio de la difracción del proyecto, para hacer su estudio más sencillo se realiza una simplificación, suponiendo el monte como un dique.

- Combinación de Difracción y Refracción.

El fenómeno de refracción, que implica variaciones en la dirección de las olas y en la altura debido a la profundidad, y la difracción, causada por discontinuidades resultado de la interacción de las olas con las estructuras, a menudo se producen simultáneamente.

Por ejemplo, en la punta de un dique o rompeolas, la difracción es de suma importancia, sin embargo, si existe un foso allí o si una playa está cerca, la refracción es importante también.

Por lo tanto, es necesario ser capaz de tratar ambos fenómenos simultáneamente.

1.4.2. Propagación

1.4.2.1. Metodología

A continuación, se describe por pasos la metodología que se ha utilizado para realizar la propagación desde aguas profundas.

Para ello se han utilizado los siguientes programas: Matlab, cuyo programa completo se encuentra en el "Anexo Informático" adjunto; Autocad, con la batimetría para elegir la profundidad de estudio y Excel para obtener el coeficiente difracción además de los diagramas correspondientes.

1) Lectura de datos

Los datos de partida es un fichero .dat en el que cuento con:

- Año en el que se hizo la medida.
- Mes
- Día.
- Hora.
- Altura de ola significativa, H_s (en metros).
- Periodo, T_p (en segundos).
- Dirección ($^{\circ}N$).
- Marea Astronómica, MA (en metros).
- Marea Meteorológica, MM (en metros).

YY	MM	DD	hh	$H_s(m)$	$T_p(s)$	Dir($^{\circ}N$)	MA(m)	MM(m)
1948	2	1	0	4.1172816	14.331279	307.98165	-1.0459354	-0.019784592
1948	2	1	1	3.8966038	13.786241	307.23139	-1.4117895	-0.044872664
1948	2	1	2	3.873465	13.572682	306.76575	-1.4011665	-0.039423898
1948	2	1	3	3.7901127	13.736239	304.45161	-1.0312856	-0.040316269
1948	2	1	4	3.6323946	13.883878	303.21365	-0.41575857	-0.042233274

Se ha creado un programa en Matlab que lea el fichero y guarde cada columna en un vector para ser utilizados posteriormente.

2) Establecer puntos de propagación

Se ha partido de una batimetría de la zona en un archivo .dwg con sus isobatimétricas definidas para su situación en bajamar.

A partir de él se han elegido dos puntos característicos, uno en la zona de estudio, en las inmediaciones de donde situaré el puerto, y el otro en las inmediaciones del monte Buciero para poder obtener el coeficiente de difracción (K_s).

Para el primer punto se ha elegido $h_B = 7$ metros, al que se debe sumar las mareas (MM+MA) como se muestra en la *figura 1.10.*

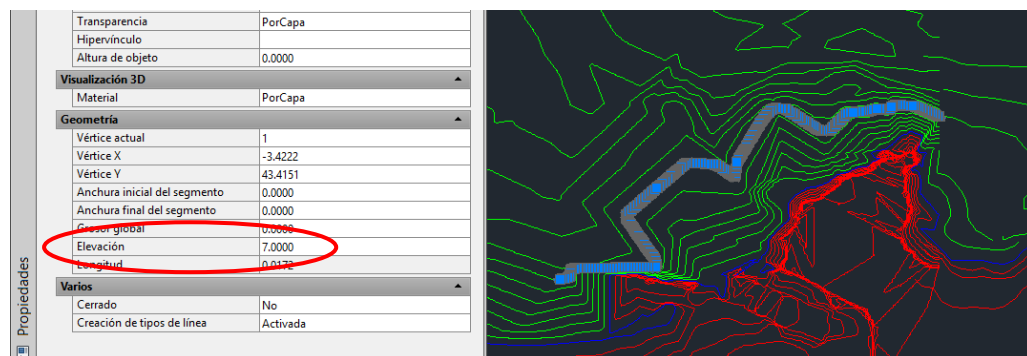


Figura 1.10. Elección isobatimétrica de 7 metros.

Se ha elegido la isobatimétrica correspondiente a 7m debido a que el puerto del que se va a realizar su diseño, pese a tener un diseño distinto tendrá el mismo emplazamiento.

Como se ha elegido la suposición de que solo sea un puerto deportivo sin pesquero se supondrá un puerto algo más pequeño.

Para el segundo punto se ha elegido $h_C = 10$ metros, al que se debe sumar también ambas mareas, como se muestra en la *figura 1.11.*

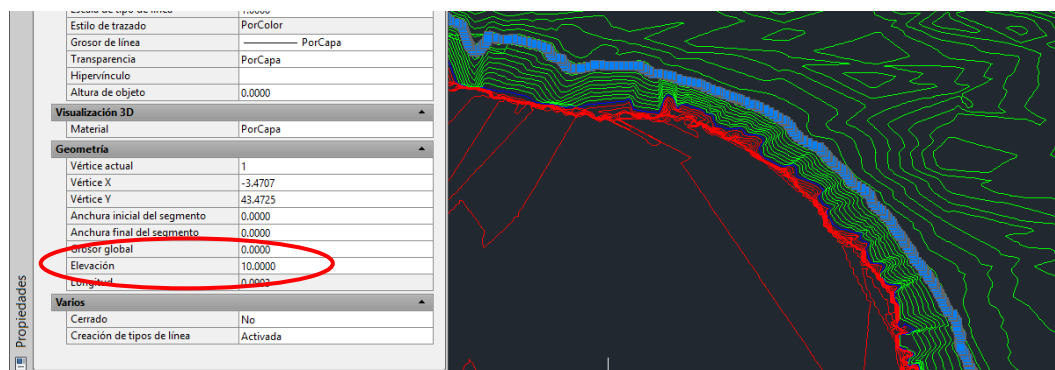


Figura 1.11. Elección isobatimétrica de 10 metros.

No existe una metodología o unas pautas para la elección de un punto previo a un obstáculo que produce difracción, de modo que se ha tomado un punto cercano previo al obstáculo y se considera el adecuado y correcto para realizar la propagación.

Una vista en conjunto para hacer una vista global de la situación de los puntos elegidos se puede observar en la *figura 1.12*.

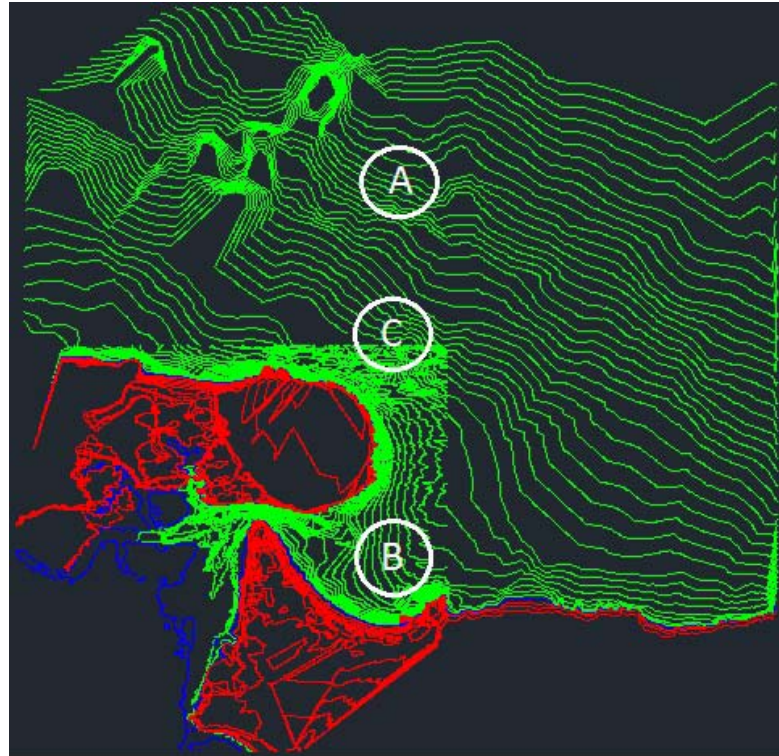


Figura 1.12. Puntos elegidos

3) Obtención del coeficiente de Asomeramiento, K_S .

La expresión para obtener el coeficiente de Asomeramiento es la siguiente:

$$K_S = \sqrt{\frac{c_{g0}}{c_{g1}}}$$

Siendo c_g la celeridad de grupo, cuya expresión para obtenerla es:

$$c_g = c \cdot n = \frac{L}{T} \cdot n$$

Se ha de establecer la relación entre los parámetros en aguas profundas (designados con el subíndice 0) que son nuestros datos (los que se encuentran en el archivo .dat descrito en el apartado 1), con los parámetros en el punto B (punto en el puerto) y el punto C (punto para obtener la difracción).

➤ En primer lugar se ha obtenido L_0 . Su expresión para obtenerla es:

$$L_0 = 1,5613 \cdot T^2$$

Siendo T el vector de periodos T_p .

- Para obtener la celeridad en aguas profundas se utiliza la siguiente expresión:

$$c_0 = \frac{L_0}{T}$$

Siendo:

L_0 : el vector calculado anteriormente.

T : el vector de periodos datos T_P .

- Para obtener la celeridad de grupo en aguas profundas se utiliza una simplificación que consiste en:

$$c_{go} = \frac{c_0}{2}$$

Siendo:

c_0 : La celeridad de grupo obtenida anteriormente.

Al considerar teoría lineal, al propagar el oleaje el periodo se mantiene constante, luego el vector de periodos no es necesario que sufra ninguna modificación).

- Para obtener L en ambos puntos (B y C) se utiliza la siguiente fórmula:

$$L = L_0 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{\sigma^2 \cdot h}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}}$$

Siendo:

L_0 : el vector calculado anteriormente.

$$\sigma = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

h = profundidad en el punto.

- Para el coeficiente n se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot k \cdot h}{\sinh(2 \cdot k \cdot h)} \right)$$

Siendo:

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{L}$$

h = profundidad en el punto.

- Con L y n hallados ya para cada punto se obtiene la celeridad de grupo de los puntos de interés:

$$c_g = c \cdot n = \frac{L}{T} \cdot n$$

Para obtener finalmente el coeficiente de Asomeramiento, K_S , utilizando el programa Matlab se ha utilizado la metodología siguiente explicada por pasos:

- 1º. Obtener el vector L_0 .
- 2º. Obtener el vector c_0 .
- 3º. Obtener el vector c_{g0} .
- 4º. Obtener el vector L en cada uno de los dos puntos B y C.
- 5º. Obtener el vector n .
- 6º. Obtener el vector c_g .
- 7º. Obtener finalmente los dos coeficientes K_S .

4) Obtención del coeficiente de refracción, K_R .

La expresión para obtener el coeficiente de Refracción es la siguiente:

$$K_R = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_1}}$$

Siendo:

θ_0 : dirección del oleaje dato.

θ_1 : dirección del oleaje en el punto de estudio.

- Para obtener θ_1 en los puntos B y C se ha utilizado la siguiente expresión:

$$\frac{c_0}{\sin \theta_0} = \frac{c_1}{\sin \theta_1}$$

Siendo:

c_0 : La celeridad en aguas profundas calculada para en el apartado anterior.

c_1 : La celeridad en el punto en cuestión también calculada anteriormente.

θ_0 : el vector de direcciones dato.

- Una vez obtenido el vector de direcciones en ambos puntos B y C se procede a calcular los coeficientes de refracción K_{RB} y K_{RC} .

$$K_R = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_1}}$$

Para obtener el coeficiente de refracción utilizando Matlab se sigue el siguiente procedimiento por pasos:

- 1º. Obtener los vectores de direcciones de los puntos B y C a partir de los datos ya utilizados para el coeficiente de Asomeramiento.
- 2º. Obtener el coeficiente de refracción K_R .

El programa utilizado se encuentra en el "Anexo informático" incluido en el proyecto.

5) Obtención del coeficiente de difracción, K_D .

Para la obtención del coeficiente de difracción no se han utilizado métodos numéricos.

Se han valorado dos opciones para hallar los coeficientes de difracción, los gráficos o las tablas.

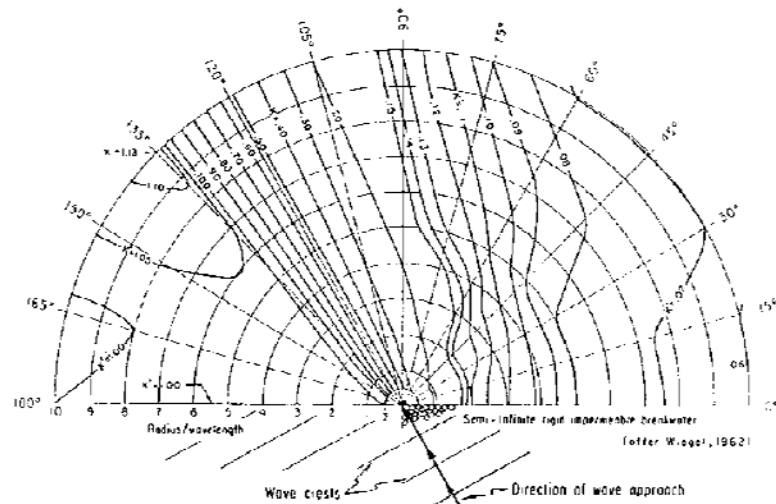
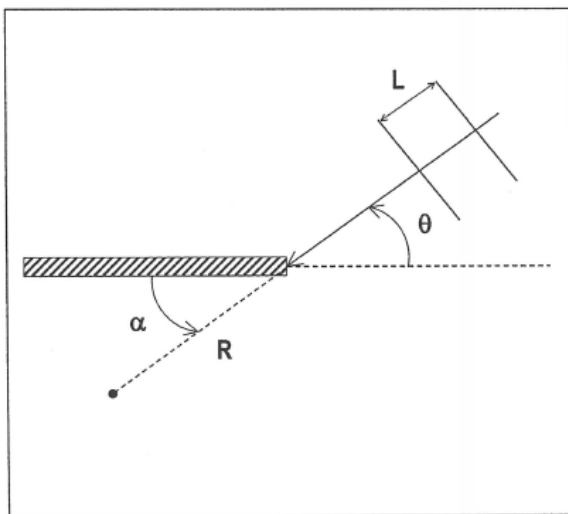


Figure 2.35. Wave diffraction diagram--120° wave angle.



ÁNGULO DE INCIDENCIA, $\theta=160$ GRADOS

RL	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
0.1	0.444	0.446	0.449	0.455	0.464	0.476	0.490	0.508	0.529	0.554	0.583	0.617	0.655	0.699	0.748	0.802	0.863	0.929	1.000
0.2	0.340	0.342	0.345	0.351	0.359	0.370	0.384	0.402	0.423	0.449	0.480	0.517	0.560	0.611	0.670	0.739	0.816	0.904	1.000
0.3	0.285	0.287	0.290	0.295	0.303	0.313	0.326	0.342	0.363	0.388	0.419	0.456	0.501	0.555	0.620	0.695	0.785	0.887	1.000
0.4	0.250	0.251	0.254	0.259	0.266	0.275	0.286	0.303	0.322	0.346	0.376	0.413	0.458	0.514	0.582	0.665	0.762	0.874	1.000
0.5	0.225	0.226	0.229	0.233	0.240	0.249	0.260	0.274	0.293	0.316	0.344	0.381	0.426	0.482	0.553	0.639	0.743	0.865	1.000
0.6	0.207	0.207	0.210	0.214	0.220	0.228	0.239	0.253	0.270	0.292	0.319	0.355	0.399	0.455	0.528	0.618	0.728	0.857	1.000
0.7	0.192	0.192	0.195	0.199	0.204	0.212	0.222	0.235	0.252	0.272	0.299	0.333	0.377	0.434	0.507	0.600	0.715	0.850	1.000
0.8	0.180	0.180	0.182	0.186	0.192	0.199	0.208	0.221	0.236	0.256	0.282	0.315	0.359	0.415	0.489	0.584	0.703	0.845	1.000
0.9	0.170	0.170	0.172	0.176	0.181	0.188	0.197	0.209	0.224	0.243	0.268	0.300	0.343	0.399	0.473	0.570	0.694	0.841	1.000
1.0	0.161	0.161	0.164	0.167	0.172	0.178	0.187	0.198	0.213	0.231	0.255	0.287	0.329	0.384	0.459	0.558	0.685	0.838	1.000
1.5	0.132	0.132	0.134	0.137	0.141	0.146	0.153	0.163	0.175	0.191	0.211	0.239	0.277	0.330	0.405	0.510	0.633	0.828	1.000
2.0	0.114	0.115	0.116	0.118	0.122	0.127	0.133	0.141	0.152	0.166	0.184	0.209	0.244	0.294	0.368	0.477	0.633	0.827	1.000
2.5	0.102	0.103	0.104	0.106	0.109	0.113	0.119	0.126	0.136	0.149	0.165	0.188	0.220	0.268	0.340	0.452	0.618	0.830	1.000
3.0	0.093	0.094	0.095	0.097	0.100	0.104	0.109	0.116	0.124	0.136	0.151	0.172	0.202	0.247	0.317	0.431	0.607	0.836	1.000
3.5	0.086	0.087	0.088	0.089	0.092	0.096	0.101	0.107	0.115	0.126	0.140	0.160	0.188	0.231	0.299	0.414	0.599	0.844	1.000
4.0	0.081	0.081	0.082	0.084	0.086	0.090	0.094	0.100	0.108	0.118	0.131	0.150	0.176	0.217	0.284	0.399	0.592	0.853	1.000
4.5	0.076	0.076	0.077	0.079	0.081	0.085	0.089	0.094	0.102	0.111	0.124	0.141	0.167	0.206	0.270	0.386	0.586	0.863	1.000
5.0	0.072	0.073	0.073	0.075	0.077	0.080	0.084	0.089	0.096	0.105	0.117	0.134	0.158	0.196	0.259	0.374	0.581	0.873	1.000
6.0	0.066	0.066	0.067	0.068	0.070	0.073	0.077	0.082	0.088	0.096	0.107	0.123	0.145	0.180	0.240	0.354	0.574	0.893	1.000
7.0	0.061	0.061	0.062	0.063	0.065	0.068	0.071	0.076	0.081	0.089	0.099	0.114	0.134	0.167	0.224	0.337	0.569	0.914	1.000
8.0	0.057	0.057	0.058	0.059	0.061	0.063	0.067	0.071	0.076	0.083	0.093	0.106	0.126	0.156	0.211	0.323	0.563	0.934	1.000
9.0	0.054	0.054	0.055	0.056	0.058	0.060	0.063	0.067	0.072	0.079	0.088	0.100	0.119	0.148	0.200	0.310	0.559	0.953	1.000
10.0	0.051	0.051	0.052	0.053	0.055	0.057	0.060	0.063	0.068	0.075	0.083	0.095	0.113	0.140	0.191	0.299	0.556	0.972	1.000
12.0	0.047	0.047	0.047	0.048	0.050	0.052	0.054	0.058	0.062	0.068	0.076	0.087	0.103	0.128	0.175	0.280	0.551	1.006	1.000
14.0	0.043	0.043	0.044	0.045	0.046	0.048	0.050	0.054	0.058	0.063	0.070	0.080	0.095	0.119	0.163	0.264	0.547	1.035	1.000
15.0	0.040	0.041	0.041	0.042	0.043	0.045	0.047	0.050	0.054	0.059	0.066	0.075	0.089	0.111	0.153	0.251	0.543	1.059	1.000
18.0	0.038	0.038	0.038	0.040	0.041	0.042	0.044	0.047	0.051	0.056	0.062	0.071	0.084	0.105	0.144	0.240	0.541	1.078	1.000
20.0	0.036	0.036	0.037	0.037	0.038	0.040	0.042	0.045	0.048	0.053	0.059	0.067	0.080	0.100	0.137	0.230	0.539	1.093	1.000
25.0	0.032	0.032	0.033	0.034	0.035	0.036	0.038	0.040	0.043	0.047	0.053	0.060	0.071	0.089	0.123	0.209	0.534	1.109	1.000
30.0	0.030	0.030	0.030	0.031	0.032	0.033	0.034	0.037	0.039	0.043	0.048	0.055	0.065	0.081	0.112	0.193	0.531	1.099	1.000
35.0	0.027	0.027	0.028	0.028	0.029	0.030	0.032	0.034	0.036	0.040	0.044	0.051	0.060	0.075	0.104	0.180	0.529	1.070	1.000
40.0	0.025	0.025	0.026	0.027	0.027	0.028	0.030	0.032	0.034	0.037	0.042	0.048	0.056	0.071	0.097	0.170	0.527	1.029	1.000
50.0	0.023	0.023	0.023	0.024	0.024	0.025	0.027	0.028	0.031	0.033	0.037	0.043	0.050	0.063	0.087	0.153	0.524	0.948	1.000

Para este apartado es donde se han utilizado los parámetros obtenidos en el punto C.

Para su realización se ha adoptado una simplificación.

Se ha transformado el monte de Santoña que provoca la difracción en un dique, pero, al ser un obstáculo de gran volumen no se puede hacer la suposición de colocar el dique en la parte Norte de la montaña ya que al difractar lo que ocurre es lo que se puede observar el figura 1.13.



Figura 1.13. Difracción provocada por monte Buciero

Si se supusiese el dique en la parte Norte, se perderían todos los puntos que van difractando a lo largo de su perímetro, no es como el caso de un dique aislado en el que la anchura del dique es de pequeñas dimensiones y no se considera que haya difracción. Por ello se ha colocado el dique hacia la mitad del monte para disminuir este efecto.

Para hallar el ángulo α , la herramienta de Google Earth proporciona la dirección, es decir la inclinación de la recta, tomando el eje vertical en el primer punto (punto con extremo en el dique) y la inclinación la recta que une los dos puntos, en este caso $167,79^\circ$.

$$\alpha = 90 + (180 - 167,79) = 102,21^\circ$$

Un resumen de todo lo dicho se puede apreciar en la figura 1.14, donde se recoge el ángulo alfa y la simplificación del dique.



Figura 1.14. Resumen difracción

Al propagar por Snell solo se han considerado los ángulos comprendidos entre 280° y 75° ya que el resto de direcciones de incidencia no se han propagado a los puntos B y C. Un esquema de esta consideración viene representado en la *figura 1.15*.

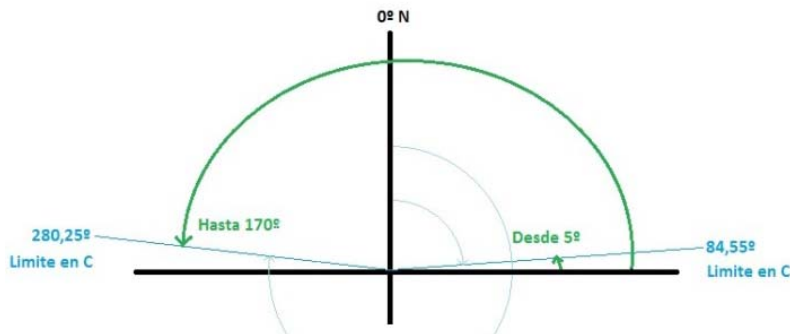


Figura 1.15. Rango de ángulos considerados.

Para obtener los coeficientes de Difracción se ha realizado una tabla Excel con diferentes rangos de R/L_C , para el ángulo alfa constante de $102,21^\circ$, y los diferentes ángulos de incidencia, obteniendo sus distintos K_R manualmente de los diagramas de Difracción o de las tablas.

Como el número de datos es muy extenso se han establecido rangos de R/L para los distintos θ . Para eso se ha hallado el L_C máximo y mínimo que proporcionan el límite superior e inferior limite de R/L . Estas longitudes de onda serán las correspondientes a los periodos máximo y mínimo del conjunto de datos:

L_C máximo:

$T_{\max} = 19,0509s$ (correspondiente al 2/3/1963 a las 20h)

$$L_{Cmax} = L_0 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{\sigma^2 \cdot h_B}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}} = 566,653211 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{(\frac{2 \cdot \pi}{19,0509})^2 \cdot 10,9112}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 238,4221m$$

$$\frac{R}{L_{max}} = \frac{5120}{238,4221} = 14,7218$$

L_C mínimo:

$T_{\min} = 3,7279s$ (correspondiente al 25/8/2000 a las 21h)

$$L_{Cmin} = L_0 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{\sigma^2 \cdot h_B}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}} = 3,7278 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{(\frac{2 \cdot \pi}{1,5452})^2 \cdot 10,9112}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 3,7279m$$

$$\frac{R}{L_{min}} = \frac{5120}{3,7279} = 941,5489$$

Luego los rangos de estudio para R/L serán 14 y 941.

Los gráficos tienen un R/L máximo de 10, luego no podrán usarse, así que se ha realizado con las tablas que tienen rangos desde 0 hasta 50.

Para todos los valores de R/L mayores de 50 se han tomado los valores máximos proporcionados por las tablas, es decir, los correspondientes a R/L igual a 50.

La tabla resultante para los ángulos de incidencia entre 10 y 170°, alfa constante de aproximadamente 100° y R/L variando desde 14 hasta 50 es la siguiente.

Se ha introducido esta tabla en Matlab, y mediante una serie de comandos se ha ido obteniendo los K_D en función de mis distintas longitudes de onda en C (LC).

$\alpha=102,21^\circ \sim 100^\circ$											
$\theta=10^\circ$		$\theta=20^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=40^\circ$		$\theta=50^\circ$		$\theta=60^\circ$	
R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD
14	0,997	14	1,003	14	1,007	14	0,986	14	0,98	14	1,032
16	0,997	16	1,004	16	1,008	16	0,987	16	0,987	16	0,976
18	0,997	18	0,992	18	0,988	18	0,987	18	1,024	18	1,018
20	0,998	20	1,004	20	1,002	20	0,988	20	1,003	20	0,99
25	0,998	25	0,999	25	1,009	25	1,011	25	0,98	25	0,97
30	0,998	30	0,995	30	0,994	30	0,99	30	0,99	30	0,983
35	0,998	35	0,995	35	0,995	35	1,009	35	1,013	35	1,01
40	0,998	40	0,998	40	1,008	40	0,992	40	1,014	40	1,024
50	0,998	50	1,004	50	0,993	50	0,993	50	0,985	50	0,991
$\theta=70^\circ$		$\theta=80^\circ$		$\theta=90^\circ$		$\theta=100^\circ$		$\theta=110^\circ$		$\theta=120^\circ$	
R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD
14	0,94	14	0,906	14	1,071	14	0,516	14	0,237	14	0,143
16	1,005	16	0,918	16	1,101	16	0,515	16	0,225	16	0,134
18	1,053	18	0,975	18	1,123	18	0,514	18	0,215	18	0,127
20	0,986	20	1,038	20	1,14	20	0,513	20	0,206	20	0,12
25	1,045	25	1,055	25	1,154	25	0,512	25	0,188	25	0,108
30	0,974	30	0,939	30	1,137	30	0,511	30	0,174	30	0,099
35	0,986	35	0,993	35	1,094	35	0,51	35	0,162	35	0,092
40	1,036	40	1,059	40	1,037	40	0,509	40	0,153	40	0,086
50	0,987	50	0,966	50	0,926	50	0,508	50	0,138	50	0,077
$\theta=130^\circ$		$\theta=140^\circ$		$\theta=150^\circ$		$\theta=160^\circ$		$\theta=170^\circ$			
R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD	R/L	KD		
14	0,105	14	0,087	14	0,076	14	0,07	14	0,067		
16	0,099	16	0,081	16	0,071	16	0,066	16	0,063		
18	0,093	18	0,076	18	0,067	18	0,062	18	0,059		
20	0,088	20	0,073	20	0,064	20	0,059	20	0,056		
25	0,079	25	0,065	25	0,057	25	0,053	25	0,05		
30	0,072	30	0,059	30	0,052	30	0,048	30	0,046		
35	0,067	35	0,055	35	0,048	35	0,044	35	0,042		
40	0,062	40	0,051	40	0,045	40	0,042	40	0,04		
50	0,056	50	0,046	50	0,04	50	0,037	50	0,036		

Es importante señalar que los coeficientes de difracción obtenidos son aproximados ya que no se ha interpolado sino que se ha buscado el valor más cercano dependiendo con que datos se entra a la tabla, además de tomar para todas las relaciones de R/L mayores de 50 los coeficientes para este último. Esto hará que los resultados que se han obtenido de altura de ola en el punto B sean un poco distintos a si se hubiese hecho interpolando uno a uno los coeficientes.

No obstante los resultados serán del mismo orden de magnitud y al ser tan numerosos los resultados servirán perfectamente para tomarles como referencia para poder realizar el diseño del puerto.

6) Obtención de los parámetros en la zona de estudio

Para obtener finalmente la altura de ola propagada en la zona del puerto pse ha propagado en primer lugar desde aguas profundas hasta el punto C:

$$H_C = H_S \cdot K_{SC} \cdot K_{RC}$$

Para obtener finalmente la altura en B se ha realizado la siguiente operación:

$$H_B = H_C \cdot K_{SB} \cdot K_{RB} \cdot K_D$$

1.4.2.2. Consideración respecto del nivel del mar

Los datos de los que se dispone son los correspondientes a la marea astronómica (MA) y la marea meteorológica (MM), a la hora de trabajar con ellas trabajaremos con su suma, no con ellas independientemente.

Para obtener el nivel en los puntos B y C se suma a la altura ya obtenida del Autocad en bajamar la suma de ambas mareas.

Pero al visualizar los datos de cada marea en Matlab (mediante la función plot()) se ha observado que se tienen cotas negativas y positivas y todas son medidas respecto de un nivel medio, se muestran las graficas obtenidas por Matlab de la Marea Astronómica (MA) (figura 1.16) y la Marea Meteorológica (MM) (figura 1.17) respectivamente:

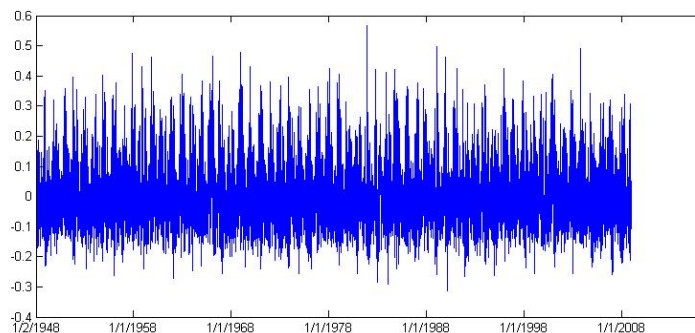


Figura 1.16. Serie de Marea Astronómica (MA).

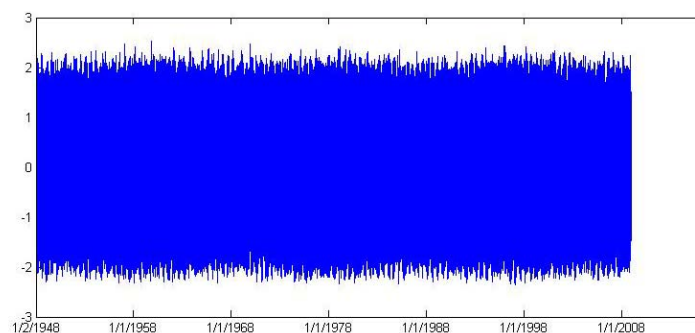


Figura 1.17. Serie de Marea Meteorológica (MM).

En la *figura 1.18* se ha representado conjuntamente como suma y se ha observado lo mismo, que los valores oscilan respecto de un nivel medio:

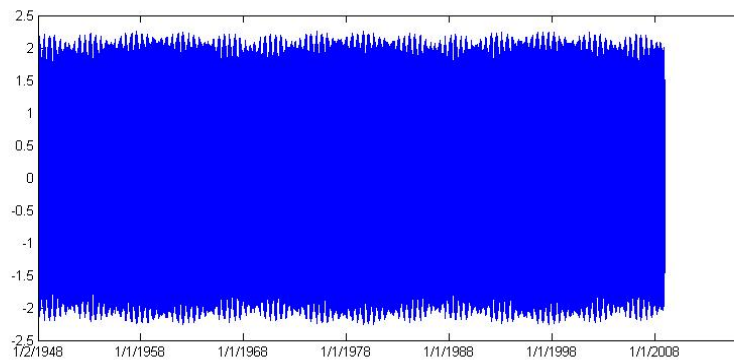


Figura 1.18 Serie de marea conjunta.

Y la situación que se quiere conseguir es la mostrada en la siguiente imagen en la *figura 1.19*

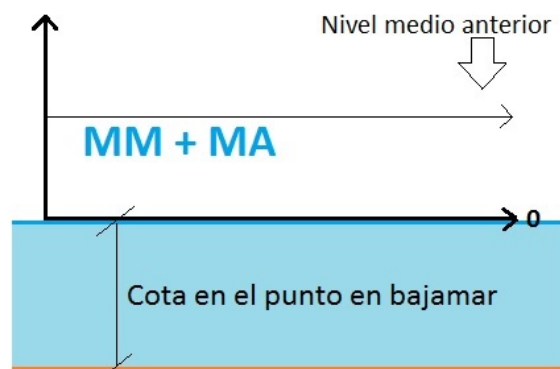


Figura 1.19. Esquema de la situación buscada

En Matlab, solucionando esto sería lo siguiente, siendo $\min(N1) = -2,3546\text{m}$, mediante la creación de una variable llamada $N2$ que será: $N2 = N1 - \min(N1)$.

La representación de la solución del nivel del mar es la mostrada en la *figura 1.20*.

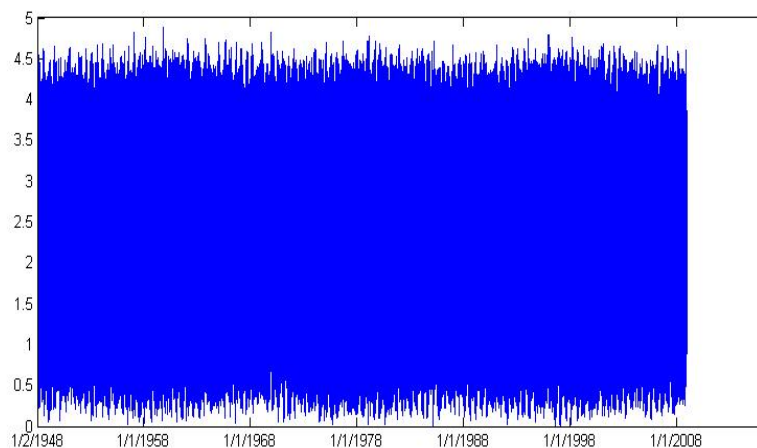


Figura 1.20. Serie conjunta de marea corregida

1.4.2.3. Comprobación

Para comprobar que el programa hace los cálculos correctamente se ha elegido una terna de valores al azar y se ha realizado manualmente para comprobar que proporciona los mismos valores.

Los datos para la tercera fila son:

Año	Mes	Día	Hora	Hs(m)	Tp(s)	Dir(°N)	MA(m)	MM(m)
1948	2	1	2	3,873465	13,572682	306,76575	-1,4011665	-0,039423898

Nivel (MM+MA) (m)	Nivel mínimo de serie(m)	Nivel corregido (Nivel- Nivelmin) (m)	Profundidad en B (7+Nivel Corregido) (m)	Profundidad en C (10+Nivel Corregido) (m)
-1,4406	-2,3518	0,9112	7,9112	10,9112

$$L_0 = 1,5613 \cdot T^2 = 1,5613 \cdot 13,572682^2 = 287,6190898 \text{ m}$$

$$c_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{287,6190898}{13,572682} = 21,19102789 \text{ m/s}$$

$$c_{go} = \frac{c_0}{2} = \frac{21,19102789}{2} = 10,59551394 \text{ m/s}$$

$$L_B = L_0 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{\sigma^2 \cdot h_B}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}} =$$

$$287,6190898 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{\left(\frac{2 \cdot \pi}{13,572682} \right)^2 \cdot 7,9112}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}} = 129,6287178 \text{ m}$$

$$L_C = L_0 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{\sigma^2 \cdot h_C}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 287,6190898 \cdot \left(\tanh \left[\left(\frac{\left(\frac{2 \cdot \pi}{13,572682} \right)^2 \cdot 10,9112}{8} \right)^{\frac{3}{4}} \right] \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 150,318007 \text{ m}$$

Command Window

```
>> L0(3)
```

```
ans =
```

```
287.6191
```

```
>> C0(3)
```

```
ans =
```

```
21.1910
```

```
>> Cg0(3)
```

```
ans =
```

```
10.5955
```

```
>> LB(3)
```

```
ans =
```

```
129.6287
```

```
>> LC(3)
```

```
ans =
```

```
150.3180
```

$$n_B = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot k \cdot h_B}{\sinh(2 \cdot k \cdot h_B)}\right) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \left(\frac{2\pi}{129,6287178}\right) \cdot 7,9112}{\sinh\left(2 \cdot \left(\frac{2\pi}{129,6287178}\right) \cdot 7,9112\right)}\right) = 0,9541525316$$

```
>> nB(3)

ans =

    0.9542
```

$$n_C = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot k \cdot h_C}{\sinh(2 \cdot k \cdot h_C)}\right) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \left(\frac{2\pi}{150,318007}\right) \cdot 10,9112}{\sinh\left(2 \cdot \left(\frac{2\pi}{150,318007}\right) \cdot 10,9112\right)}\right) = 0,9368500363$$

```
>> nC(3)

ans =

    0.9369
```

$$c_{gB} = c_B \cdot n_B = \frac{L_B}{T_B} \cdot n_B = \frac{129,6287178}{13,572682} \cdot 0,9541525316 = 9,112831924 \text{ m/s}$$

```
>> CgB(3)

ans =

    9.1128
```

$$c_{gC} = c_C \cdot n_C = \frac{L_C}{T_C} \cdot n_C = \frac{150,318007}{13,572682} \cdot 0,9368500363 = 10,37565238 \text{ m/s}$$

```
>> CgC(3)

ans =

   10.3757
```

$$K_{SB} = \sqrt{\frac{c_{go}}{c_{gB}}} = \sqrt{\frac{10,59551394}{9,112831924}} = 1,078286911$$

```
>> KsB(3)

ans =

    1.0783
```

$$K_{SC} = \sqrt{\frac{c_{go}}{c_{gC}}} = \sqrt{\frac{10,59551394}{10,37565238}} = 1,010539531$$

```
>> KsC(3)

ans =

    1.0105
```

$$\frac{c_0}{\sin \theta_0} = \frac{c_1}{\sin \theta_1} \rightarrow \theta_B = \arcsin\left(\frac{\sin \theta_0 \cdot c_B}{c_0}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin 306,76575 \cdot 9,550707649}{21,19102789}\right) = -21,16454676 + 360 = 338,8354532^\circ$$

```
>> DirB(3)

ans =

   338.8355
```

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{\sin \theta_0 \cdot c_c}{c_0}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin 306,76575 \cdot 11,07504081}{21,19102789}\right) = -24,7507938 + 360 = 335,2492062^\circ$$

```
>> DirC(3)

ans =

   335.2492
```

$$K_{RB} = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_B}} = \sqrt{\frac{\cos 306,76575}{\cos 338,8354532}} = 0,8011482506$$

```
>> KrB(3)

ans =

    0.8011
```

$$K_{RC} = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_c}} = \sqrt{\frac{\cos 306,76575}{\cos 335,2492062}} = 0,8118439693$$

```
>> KrC(3)
ans =
    0.8118
```

Para difracción se necesitan los siguientes datos:

DirC	LC(m)	R (m)	α
335,2492°	150,318	3510	102,21=100°

Angulo corregido: $360 - 335,2492 + 90 = 114,7508^\circ$

$R/L = 3510 / 150,318 = 23,35 = 25$

```
>> Angi(3)
ans =
    114.7508
```

```
>> RLi(3)
ans =
    23.3505
```

```
>> KDi(3)
```

El programa buscará los valores por aproximación, no interpolará.

```
ans =
```

Para estos datos mediante las tablas tenemos se ha obtenido un KD de 0,1880

```
0.1880
```

Finalmente obtenemos las alturas:

$$H_C = H_s \cdot K_{RC} \cdot K_{SC} = 3,873465 \cdot 1,010539531 \cdot 0,8118439693 = 3,17779 \text{ m}$$

$$H_B = H_C \cdot K_{RB} \cdot K_{SB} \cdot K_R =$$

$$= 3,17779 \cdot 1,078286911 \cdot 0,8011482506 \cdot 0,188 = 0.5161 \text{ m}$$

```
>> HC(3)
ans =
    3.1778
>> HB(3)
ans =
    0.5161
```

De modo que lo que el programa realiza es la propagación desde aguas profundas hasta el punto B donde se encuentra el puerto pasando por el punto C auxiliar. Como se ha mencionado anteriormente se puede observar el problema completo en el Anejo informático.

ÁNGULO DE INCIDENCIA, $\theta=110$ GRADOS

R/L	ÁNGULO α																			
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
0,1	0,502	0,503	0,508	0,516	0,528	0,543	0,562	0,584	0,610	0,639	0,672	0,708	0,747	0,788	0,831	0,874	0,917	0,960	1,000	
0,2	0,395	0,396	0,402	0,411	0,424	0,442	0,464	0,491	0,523	0,561	0,604	0,653	0,705	0,761	0,818	0,873	0,923	0,967	1,000	
0,3	0,335	0,337	0,342	0,352	0,365	0,384	0,407	0,437	0,473	0,516	0,567	0,624	0,688	0,756	0,824	0,889	0,943	0,982	1,000	
0,4	0,296	0,298	0,303	0,312	0,326	0,344	0,368	0,399	0,437	0,484	0,541	0,607	0,681	0,760	0,839	0,910	0,966	0,998	1,000	
0,5	0,268	0,269	0,274	0,283	0,296	0,315	0,339	0,370	0,410	0,460	0,522	0,595	0,678	0,768	0,857	0,934	0,989	1,012	1,000	
0,6	0,246	0,248	0,253	0,261	0,274	0,292	0,316	0,347	0,388	0,441	0,506	0,586	0,678	0,778	0,875	0,958	1,010	1,023	1,000	
0,7	0,229	0,230	0,235	0,243	0,256	0,273	0,297	0,328	0,370	0,424	0,493	0,579	0,679	0,788	0,895	0,981	1,029	1,030	1,000	
0,8	0,215	0,216	0,221	0,229	0,241	0,257	0,281	0,312	0,354	0,410	0,482	0,573	0,682	0,800	0,914	1,002	1,043	1,033	1,000	
0,9	0,203	0,204	0,209	0,216	0,228	0,244	0,267	0,298	0,340	0,397	0,473	0,569	0,685	0,812	0,932	1,021	1,054	1,033	1,000	
1,0	0,193	0,194	0,198	0,206	0,217	0,233	0,255	0,286	0,328	0,386	0,464	0,565	0,688	0,823	0,950	1,037	1,060	1,028	1,000	
1,5	0,158	0,159	0,163	0,169	0,179	0,193	0,213	0,242	0,283	0,344	0,431	0,552	0,708	0,881	1,026	1,086	1,042	0,986	1,000	
2,0	0,137	0,138	0,141	0,147	0,155	0,168	0,186	0,213	0,253	0,314	0,407	0,545	0,729	0,933	1,079	1,080	0,983	0,980	1,000	
2,5	0,123	0,124	0,126	0,132	0,139	0,151	0,168	0,193	0,231	0,291	0,389	0,540	0,751	0,979	1,107	1,036	0,954	1,013	1,000	
3,0	0,112	0,113	0,116	0,120	0,127	0,138	0,153	0,177	0,213	0,273	0,373	0,536	0,771	1,019	1,112	0,980	0,981	1,016	1,000	
3,5	0,104	0,105	0,107	0,111	0,118	0,128	0,142	0,164	0,199	0,258	0,360	0,533	0,791	1,052	1,099	0,942	1,025	0,988	1,000	
4,0	0,097	0,098	0,100	0,104	0,110	0,120	0,133	0,154	0,188	0,245	0,348	0,531	0,810	1,080	1,070	0,939	1,036	0,987	1,000	
4,5	0,092	0,092	0,094	0,098	0,104	0,113	0,126	0,146	0,178	0,234	0,338	0,529	0,829	1,101	1,032	0,969	1,008	1,011	1,000	
5,0	0,087	0,088	0,090	0,093	0,099	0,107	0,120	0,139	0,169	0,224	0,328	0,528	0,846	1,117	0,992	1,011	0,973	1,012	1,000	
6,0	0,079	0,080	0,082	0,085	0,090	0,098	0,109	0,127	0,156	0,208	0,312	0,525	0,880	1,133	0,931	1,052	1,002	0,989	1,000	
7,0	0,073	0,074	0,076	0,079	0,084	0,091	0,101	0,118	0,145	0,195	0,298	0,523	0,911	1,129	0,925	1,001	1,021	1,010	1,000	
8,0	0,069	0,069	0,071	0,074	0,078	0,085	0,095	0,110	0,136	0,183	0,286	0,522	0,939	1,109	0,971	0,955	0,974	0,991	1,000	
9,0	0,065	0,065	0,067	0,069	0,074	0,080	0,089	0,104	0,128	0,174	0,276	0,520	0,966	1,077	1,030	0,993	1,013	1,009	1,000	
10,0	0,061	0,062	0,063	0,066	0,070	0,076	0,085	0,099	0,122	0,166	0,266	0,519	0,990	1,037	1,063	1,039	1,009	0,992	1,000	
12,0	0,056	0,057	0,058	0,060	0,064	0,069	0,077	0,090	0,111	0,152	0,250	0,518	1,034	0,955	1,012	0,967	1,018	0,993	1,000	
14,0	0,052	0,052	0,054	0,056	0,059	0,064	0,072	0,083	0,103	0,142	0,237	0,516	1,070	0,909	0,944	1,027	0,985	0,993	1,000	
16,0	0,049	0,049	0,050	0,052	0,055	0,060	0,067	0,078	0,097	0,133	0,225	0,515	1,099	0,921	1,005	0,979	0,990	0,994	1,000	
18,0	0,046	0,046	0,047	0,049	0,052	0,057	0,063	0,074	0,091	0,126	0,215	0,514	1,122	0,975	1,049	1,015	1,017	0,994	1,000	
20,0	0,043	0,044	0,045	0,047	0,049	0,054	0,060	0,070	0,086	0,120	0,206	0,514	1,138	1,036	0,987	0,992	1,002	0,994	1,000	
25,0	0,035	0,035	0,036	0,037	0,038	0,040	0,044	0,049	0,057	0,077	0,108	0,188	0,512	1,153	1,053	1,041	0,975	0,986	1,005	1,000
30,0	0,035	0,036	0,037	0,038	0,040	0,044	0,049	0,057	0,071	0,098	0,174	0,511	1,136	0,941	0,976	0,985	0,993	0,995	1,000	
35,0	0,033	0,033	0,034	0,035	0,037	0,041	0,045	0,053	0,065	0,091	0,162	0,510	1,094	0,994	0,987	1,008	1,009	1,004	1,000	
40,0	0,031	0,031	0,032	0,033	0,035	0,038	0,042	0,049	0,061	0,085	0,153	0,510	1,037	1,057	1,033	1,020	1,010	0,996	1,000	
50,0	0,027	0,028	0,028	0,029	0,031	0,034	0,038	0,044	0,055	0,076	0,138	0,509	0,927	0,967	0,988	0,992	0,989	0,996	1,000	

El programa genera los vectores de la altura de ola en B y en C, así como sus ángulos de incidencia en ambos puntos limitados entre los ángulos anteriormente descritos, además de todos los vectores necesarios para obtenerlos.

Estos vectores son necesarios para la obtención de los regímenes de oleaje tanto medio como extremal, para las rosas de oleaje y los histogramas de altura de ola y dirección, así como las alturas de diseño.

1.4.3. Resultados

El objetivo de este apartado es obtener los resultados a partir de la propagación realizada en el apartado anterior de la serie de oleaje y obtener sus características más representativas.

- Régimen medio oleaje.
- Régimen extremal oleaje.
- Rosa de oleaje e histogramas de altura y oleaje.

Tanto para aguas profundas como para los datos ya propagados al punto C base para la difracción y al B de la zona de estudio, obtenidos mediante Matlab a partir del procedimiento descrito en el apartado anterior.

1.4.3.1. Régimen medio y régimen extremal

1.4.3.1.1. Consideraciones teóricas

- Régimen medio oleaje

El régimen medio de cualquier magnitud relaciona los diversos niveles de la misma con la probabilidad de que dichos niveles no sean superados en un período de tiempo igual al año medio.

En el caso del oleaje, se denomina régimen medio de oleaje a la distribución estadística que define el porcentaje de tiempo en que, durante el año medio, la altura de ola (o el período) no excede de cada valor.

La elaboración del régimen de oleaje en una zona de la costa puede realizarse a partir de observaciones tomadas por barcos en ruta o bien a partir de registros obtenidos por boyas.

Las funciones de distribución de probabilidad de no excedencia más utilizadas son:

■ *función LogNormal*
$$F(x) = \frac{1}{B\sqrt{2\pi}} \int_0^x \frac{1}{x} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - A}{B}\right)^2\right] dx$$

■ *función Exponencial*
$$F(x) = 1 - \exp[-B(x - A)]$$

■ *función Weibull*
$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - A}{B}\right)^c\right]$$

donde x es el valor de la variable y A, B y C los parámetros de posición, escala y forma de la función.

- Régimen extremal oleaje

En el diseño de estructuras marítimas se utilizan estados del mar extremos con una intensidad tal que sólo exista una pequeña probabilidad de que esa intensidad sea superada en la vida prevista de la estructura.

Como la vida prevista suele exceder con mucho al período de tiempo cubierto por los datos es necesario realizar extrapolaciones en las funciones de distribución estimadas a partir de las frecuencias de ocurrencia.

El régimen extremal requiere de la definición de un suceso extremo, o lo que es lo mismo un estado de oleaje con un cierto contenido energético y por tanto que se caracteriza por un cierto valor de altura de ola, por lo general altura de ola significativa H_s .

Al igual para el régimen medio de oleaje existen una serie de distribuciones para realizar el régimen, se elegirá una u otra según cual se ajuste mejor a los datos:

1.4.3.1.2. Metodología

Para realizar el cálculo del Régimen medio y del Régimen extremal se ha utilizado un programa en Matlab desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria), el programa es el denominado como AMEVA (**A**nálisis **M**atemático y **E**stadístico de **V**ariables **A**mbientales).

El IH Cantabria describe el programa como:

"El software AMEVA es un conjunto de funciones desarrollada en Matlab que integra las diversas metodologías de análisis estadístico implementadas por muchos de los investigadores del Instituto de Hidráulica Ambiental, con el objeto de estudiar y caracterizar variables medioambientales en general.

Esta herramienta se desarrolla con la finalidad de que cada una de sus partes pueda ser utilizada de forma independiente en forma modular. La versión v1.3.2, incluye los módulos principales de Calibración, Estadística descriptiva, Ajuste de distribuciones: Estadística extremal (GEV) y el ajuste POT, Pareto Poisson y los módulos secundarios: Clasificación, Máximos temporales, Persistencias, Tablas de ocurrencias y el Modelo Heterocedástico."

Una vez instalado el programa siguiendo las instrucciones que proporcionan, se ha usado el fichero de datos .dat.

- Régimen medio

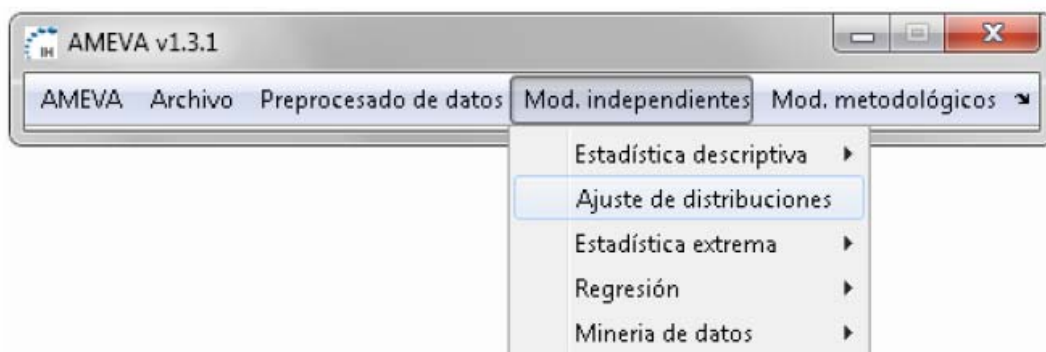
Se han leído las columnas en Matlab (programa y explicación más detallada en el apartado 1.4.2. de Propagación y Anejo Informático) y se transforma el vector columna de Hs en un archivo .m para poder utilizarlo en el programa Ameva.

Se ha contado con datos desde 1948 hasta el 2008, es decir de 60 años como se ha explicado en el apartado 1.2.

Nada mas cargar los datos de Hs en aguas profundas, el programa proporciona la siguiente información:

- min->0.020856
- max->11.6333
- mean->2.0193

A continuación se ha realizado lo representado en la ventana siguiente para entrar en las opciones de distribuciones que ofrece el programa.



Para ajustar los datos se ha elegido de entre todas las opciones disponibles la distribución log-normal y la serie de datos de Hs. La imagen que Ameva proporciona es la siguiente donde muestra la fórmula que utiliza para ajustar los datos así como otra información es la representada en la *figura 1.21*.

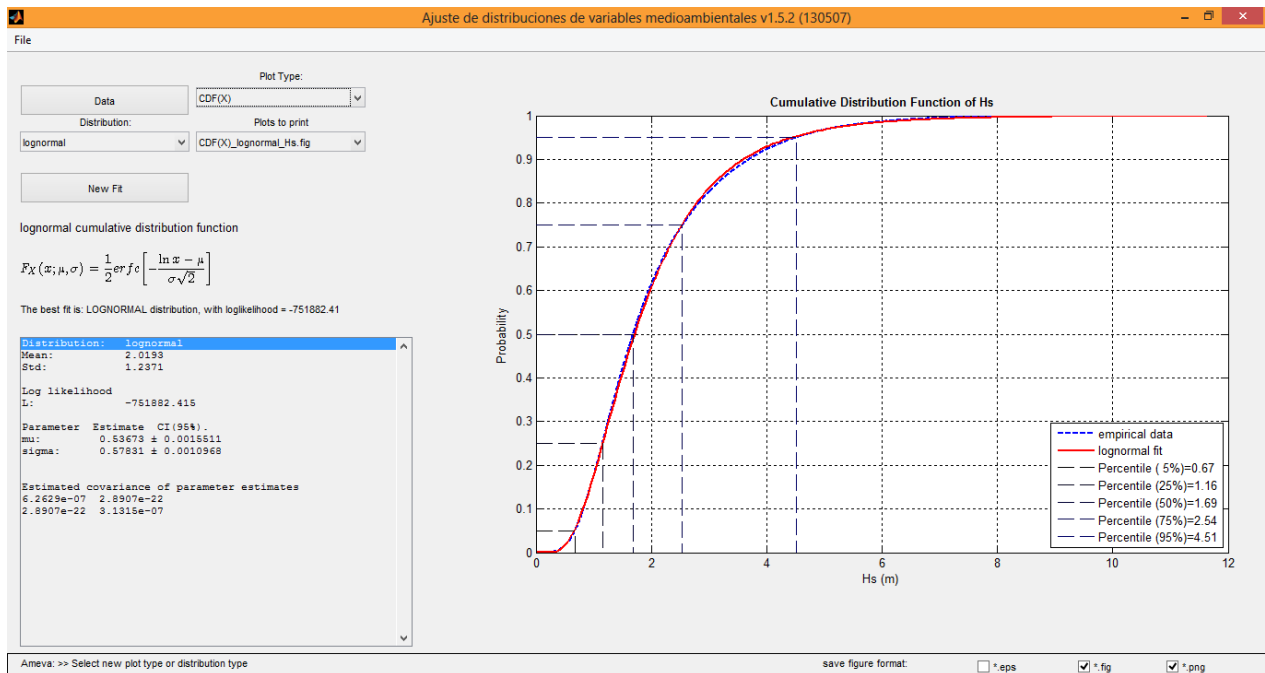


Figura 1.21. Ventana de Ameva Régimen Medio

- Régimen extremal.

Para conseguir el régimen extremal se ha utilizado de nuevo el programa Matlab. Para el cálculo se ha utilizado un código ya programado proporcionado por el director del proyecto.

Para su cálculo únicamente son necesarios el vector de fechas pasadas al formato requerido mediante la función "datetime" y el vector de alturas en el punto donde se quiera realizar el cálculo.

Se ha optado por utilizar la herramienta GEV (función generalizada de valores extremos) en lugar de POT (Pareto-Poisson). El programa AMEVA reproduce una imagen con la forma analítica que usa que es la siguiente:

GEV Model:

$$F(x; \mu, \psi, \xi) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\psi} \right) \right]^{1/\xi} \right\}$$

$$\mu(t) = \beta_o + \sum_{i=1}^n [\beta_{2i} \cos(i\omega t) + \beta_{2i+1} \sin(i\omega t)] \beta_{T1} t + \sum_k \phi_k n_{k,t}$$

$$\psi(t) = \exp \left(\alpha_o + \sum_{i=1}^n [\alpha_{2i} \cos(i\omega t) + \alpha_{2i+1} \sin(i\omega t)] \beta_{T2} t + \sum_k \phi_k n_{k,t} \right)$$

$$\xi(t) = \gamma_o + \sum_{i=1}^n [\gamma_{2i} \cos(i\omega t) + \gamma_{2i+1} \sin(i\omega t)]$$

Model to Fit:

$$\mu(t) = \beta_o$$

$$\psi(t) = \exp(\alpha_o)$$

$$\xi(t) = \gamma_o$$

Model Fitted:

$$\mu(t) = \beta_o$$

$$\psi(t) = \exp(\alpha_o)$$

$$\xi(t) = \gamma_o$$

1.4.3.1.3. Resultados obtenidos

- Régimen medio

Para aguas profundas se ha obtenido la gráfica representada en la *figura 1.22*. En ella se representa Hs frente a la probabilidad de no ser superada.

Se ha observado que, aunque el máximo es un valor alto igual a 11,633m, como indica la leyenda de la gráfica el percentil del 95% es igual a 4,51m, es decir, el 95% del tiempo es probable que te encuentres olas de 4,51m o menos, y es una altura de ola menor de la mitad que la altura máxima de Hs registrada.

Esa acumulación de olas menores de 4 metros se aprecia claramente en la gráfica representada en la *figura 1.23*. que lo representa como diagrama de barras, enfrentando Hs a su frecuencia de ocurrencia y lo aproxima a una curva logarítmica.

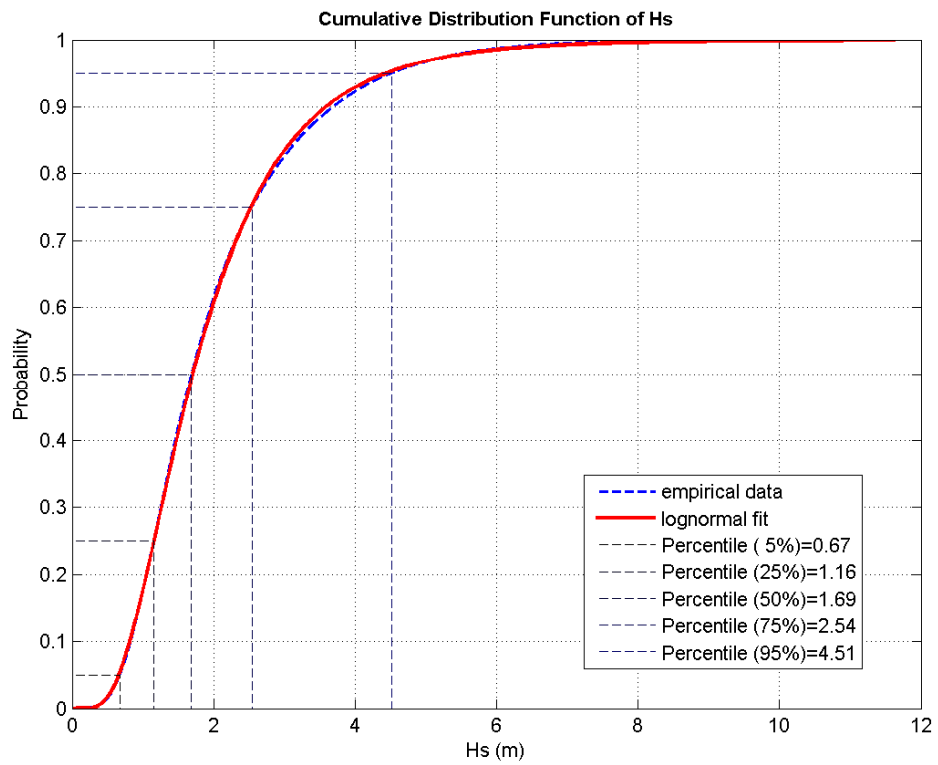


Figura 1.22. Régimen medio aguas profundas

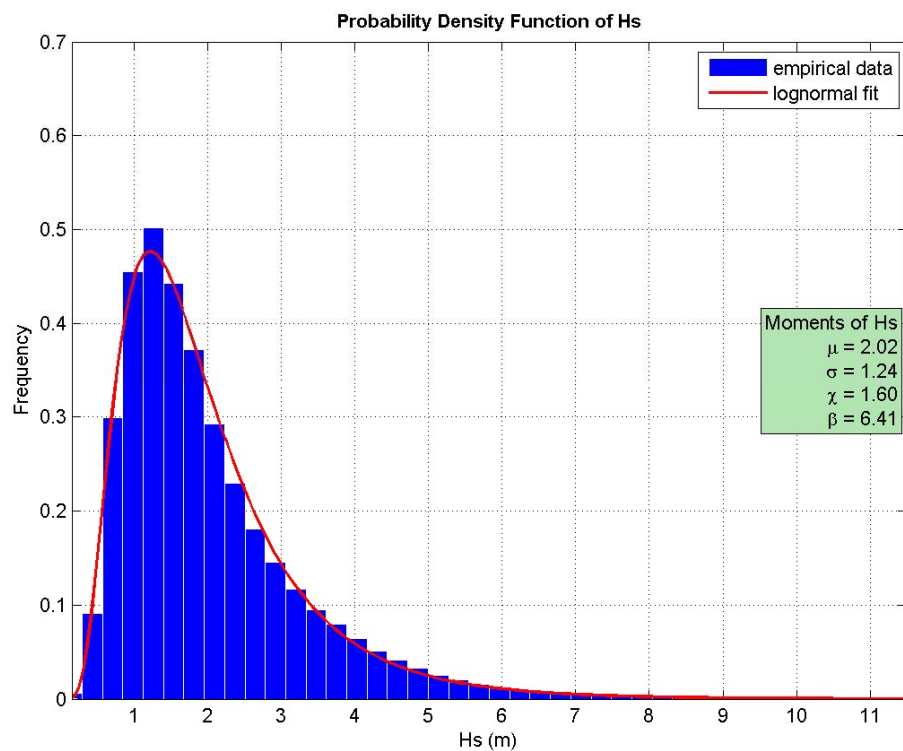


Figura 1.23. Diagrama de barras altura de ola en aguas profundas

Para el punto B donde se encuentra el puerto, tomando como datos la serie de altura de ola en el punto B obtenida en el apartado de propagación se ha obtenido el siguiente régimen medio (figura 1.24.), el siguiente diagrama de barras (figura 1.25) y la siguiente información:

- min->0.0012187
- max->7.0342
- mean->0.31011

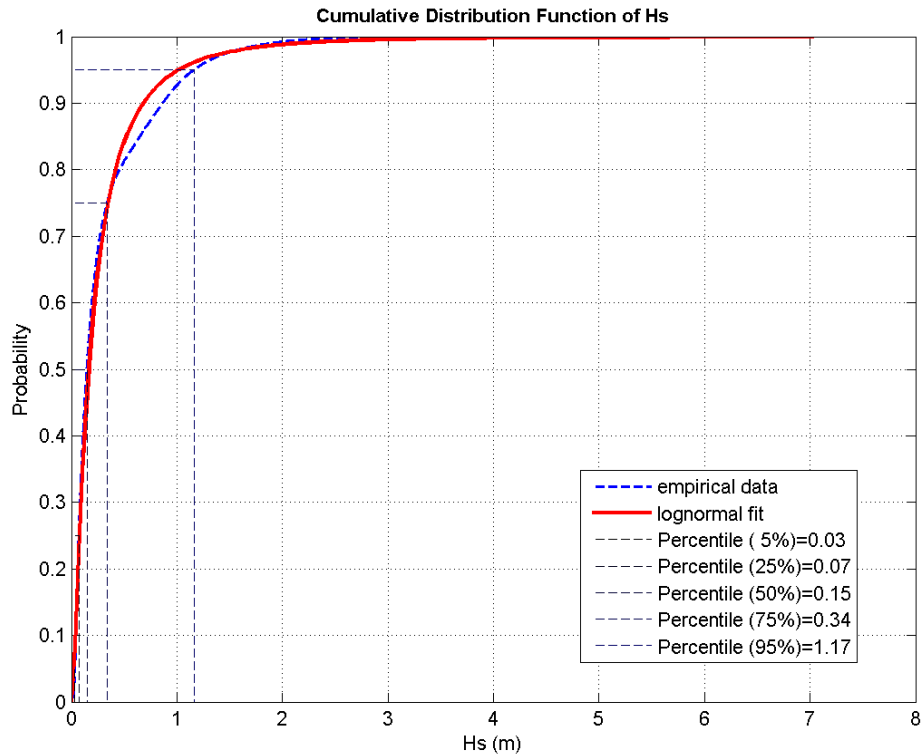


Figura 1.24. Régimen medio en el punto B

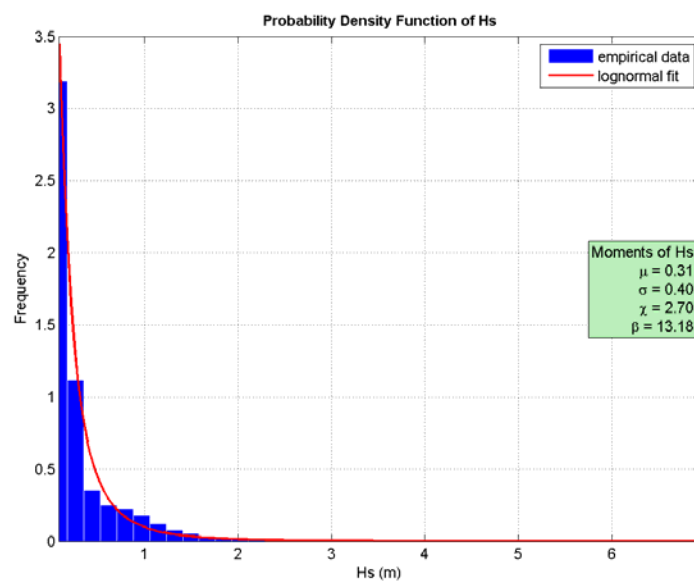


Figura 1.25. Diagrama de barras de altura de ola en el punto B

Debido a la propagación desde aguas profundas hasta el punto B se ha observado que el oleaje ha sufrido una disminución en sus alturas.

Esto es debido principalmente a la difracción y su cálculo. Ya que ha sido calculado de manera analítica mediante las tablas de difracción, esto hace que las alturas obtenidas en el punto B no sean las exactas pero si sean una aproximación buena para realizar los posteriores cálculos.

Así se ha observado como por ejemplo en aguas profundas la altura de ola del 50% sea de 1,69m y en el punto B de 0,15m.

Además de pasar a tener una gran acumulación de olas menores de medio metro.

- Régimen extremal

Para aguas profundas se ha obtenido el régimen extremal mostrado en la *figura 1.27* por la metodología antes expuesta

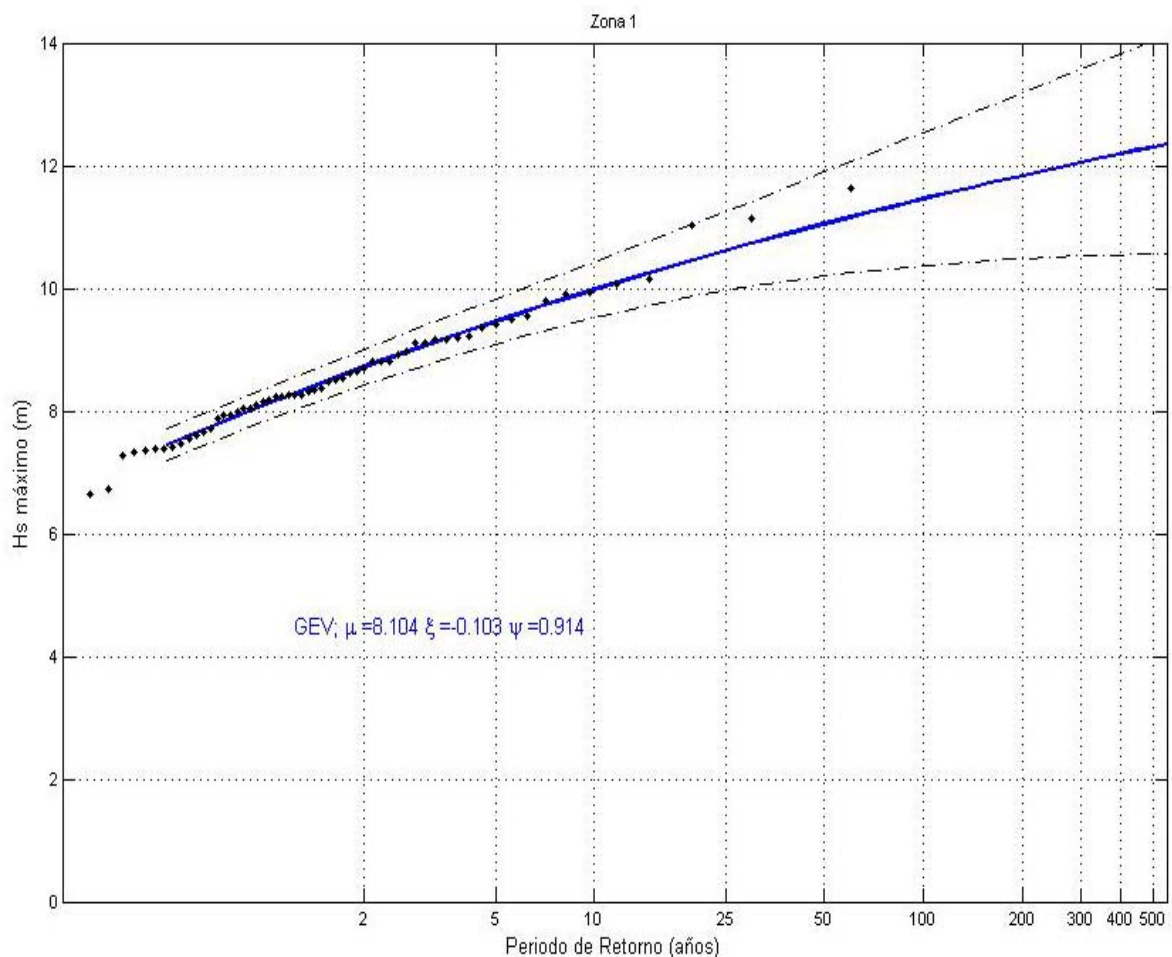


Figura 1.26. Régimen extremal en aguas profundas

Para un periodo de retorno de 500 años, en aguas profundas, se ha obtenido una altura de ola de aproximadamente 12,3m.

Esto quiere decir que cada 500 años se encuentran olas de 12,3m o menos.

Para el punto B se ha obtenido el siguiente régimen extremal mostrado en la *figura 1.27*.

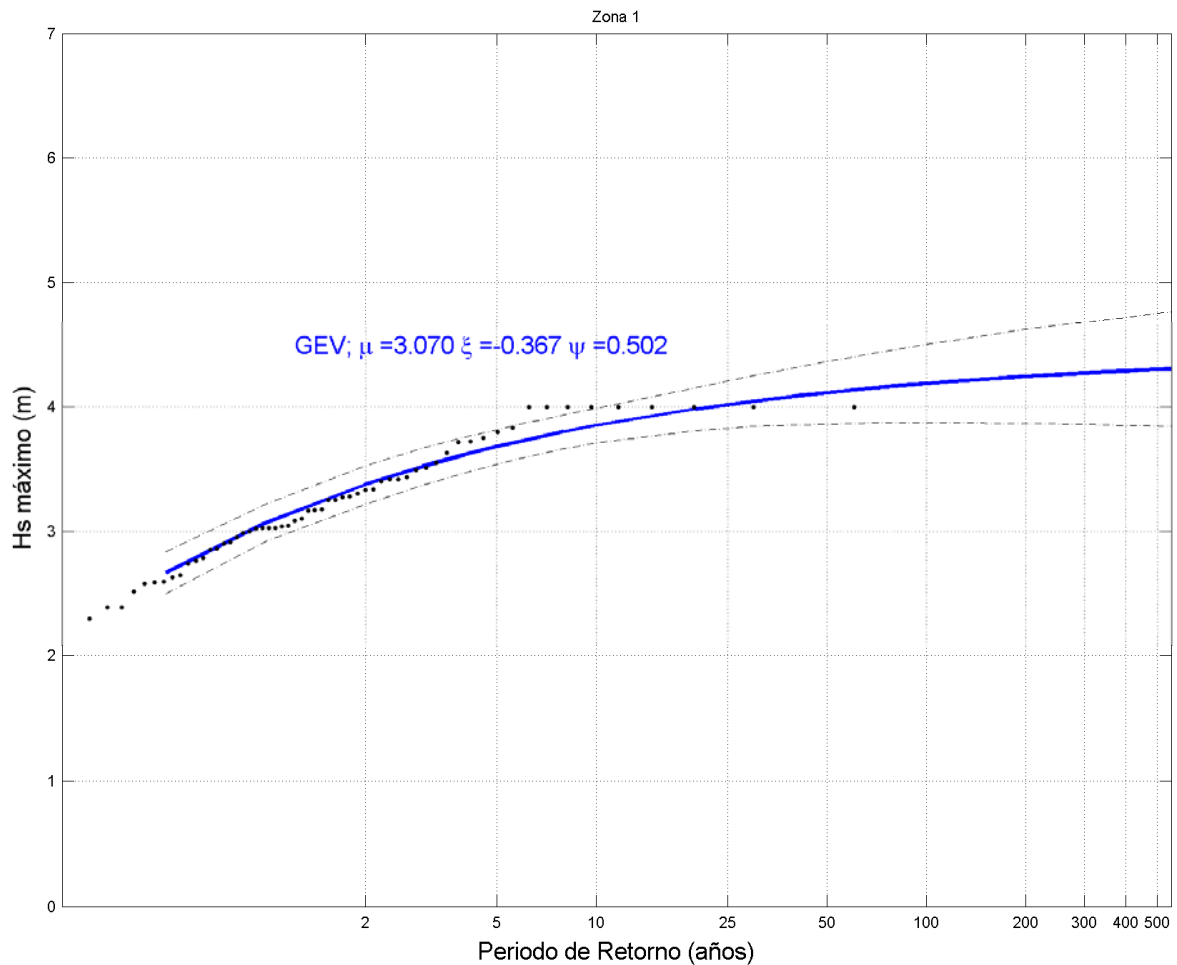


Figura 1.27. Régimen extremal en el punto B

Para el punto B donde se ha situado el puerto, para el periodo de retorno de 500 años la altura de ola correspondiente es de aproximadamente 4,35m.

Se ha observado que, al igual que en el régimen medio, debido a los fenómenos de propagación, especialmente por el fenómeno de difracción la altura de ola ha disminuido notablemente.

1.4.3.1.4. Tabla resumen de los resultados obtenidos

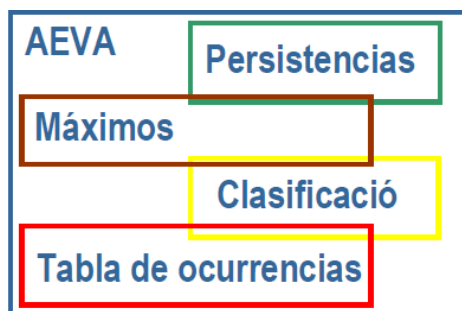
EN METROS	$H_{50\%}$	$H_{90\%}$	H_{200}	H_{500}
Aguas profundas	1,69	3,6	11,8	12,3
Punto B	0,15	0,65	4,25	4,35

1.4.3.2. Rosas de oleaje e histogramas de altura de ola y dirección

1.4.3.2.1. Metodología

Las rosas de oleaje son una manera simple de ver conjuntamente la relación entre la frecuencia, la altura de ola y la dirección.

Existen varios tipos y representaciones. Para las direcciones en aguas profundas se han obtenido mediante el programa anteriormente descrito AMEVA, con la función de estadística descriptiva AEVA (**A**nálisis **E**stadístico de **V**ariables **A**mbientales AEVA). La herramienta de estadística descriptiva es un conjunto de funciones que permiten realizar el análisis estadístico de las variables ambientales que se deseen.



Se cargan los datos que son los vectores de Matlab correspondientes a la altura de ola (H_s , H_C , H_B) y al ángulo de incidencia (Dir , $DirC$, $DirB$). Una vez cargados los datos y ejecutados el programa muestra muchas opciones de representaciones muy útiles para mostrar las relaciones entre ambas variables y su ocurrencia.

1.4.3.2.2. Para aguas profundas

Se muestran las rosas de oleaje que se han obtenido en las *figuras 1.28.*, *1.29.* y *1.30.*

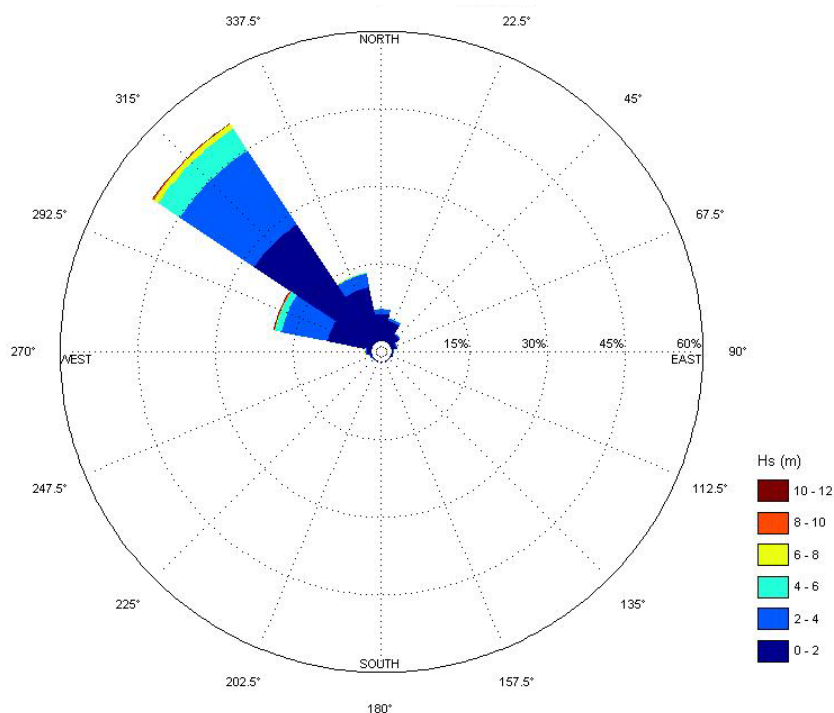


Figura 1.28. Rosa de oleaje I en aguas profundas

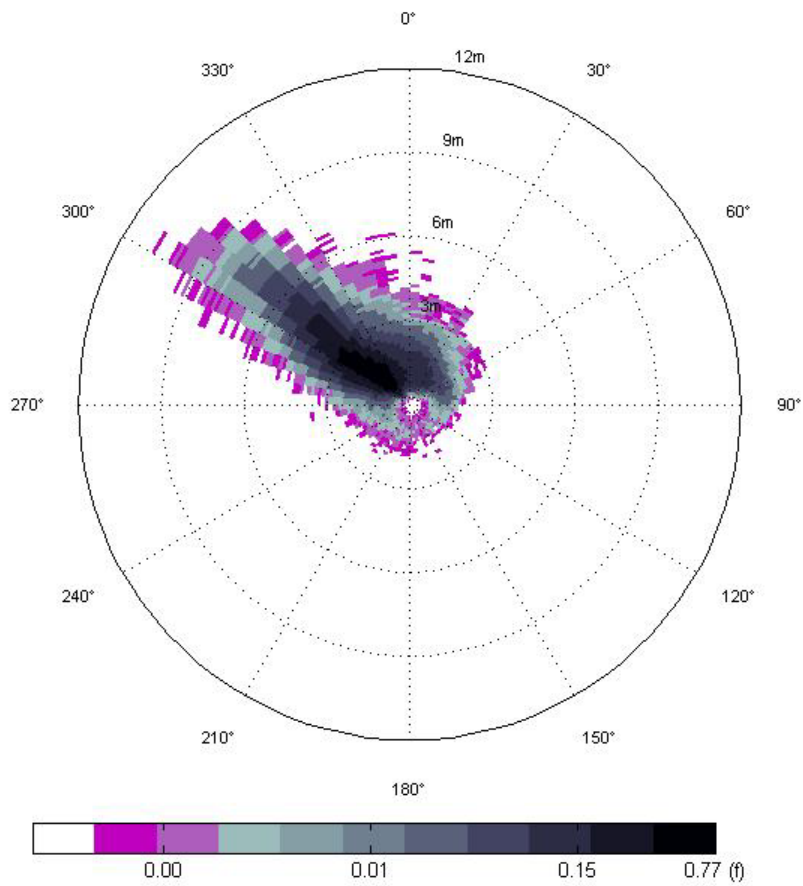


Figura 1.29. Rosa de oleaje II en aguas profundas

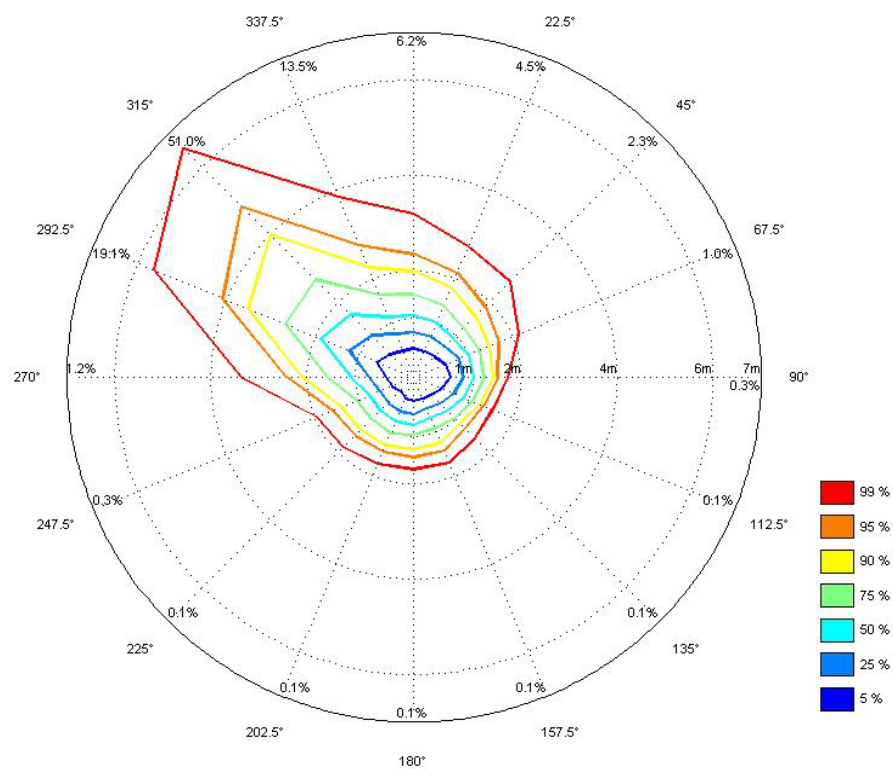


Figura 1.30. Rosa de oleaje III en aguas profundas

El programa proporciona, además de las rosas de oleaje, que es una forma gráfica de representar la relación entre el ángulo de incidencia (Dir) y la altura de ola (Hs), otras formas de observar esta relación. Como son los histogramas de densidades expresados por tonalidades y en 3D representados en las *figuras 1.31 y 1.32*.

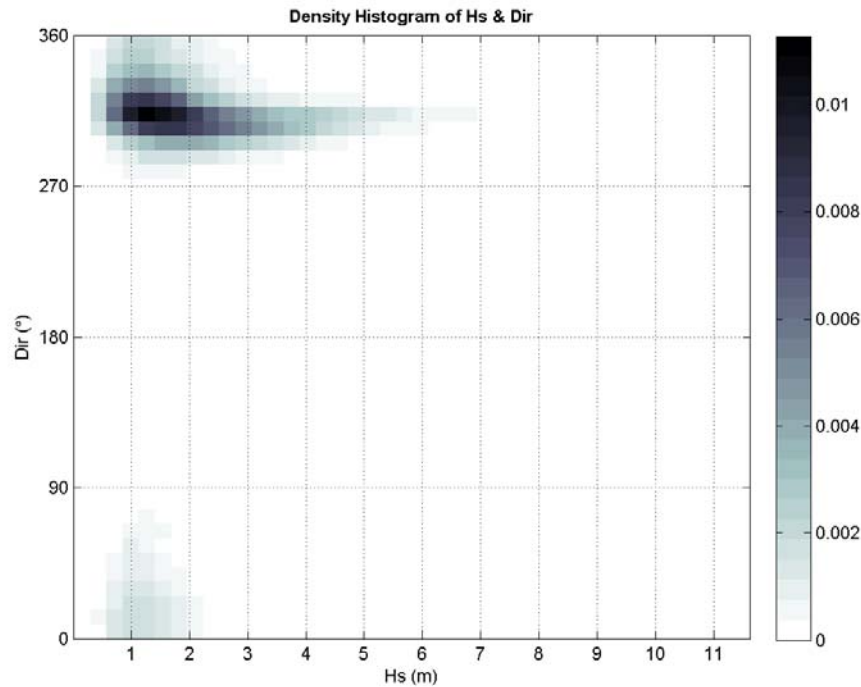


Figura 1.31. Histograma de densidades en tonos en aguas profundas

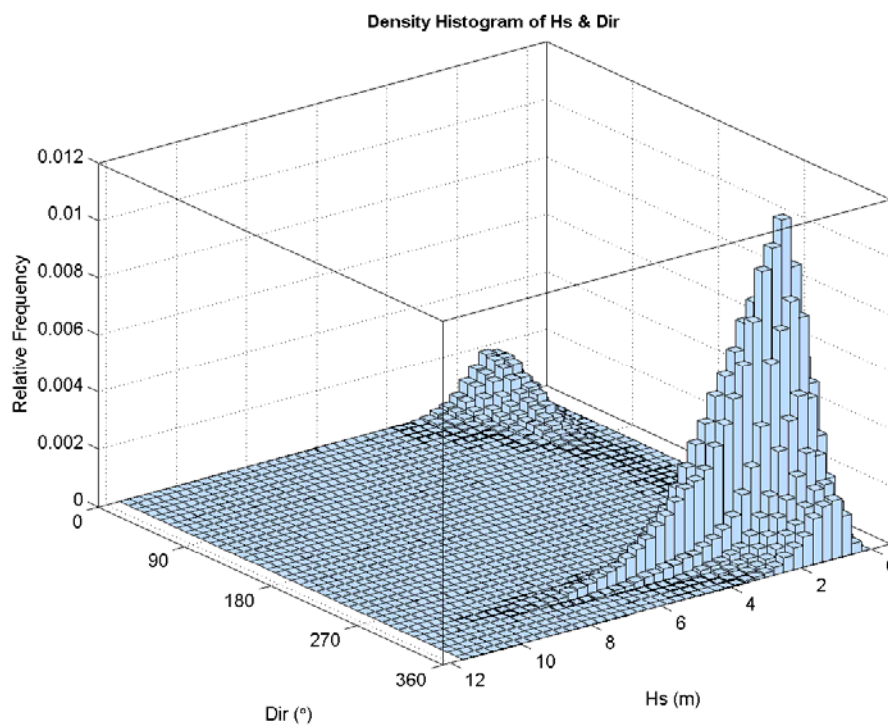


Figura 1.32. Histograma de densidades en 3D en aguas profundas.

Además de proporciona los histogramas para las dos variables, representados en las figuras 1.32 y 1.33.

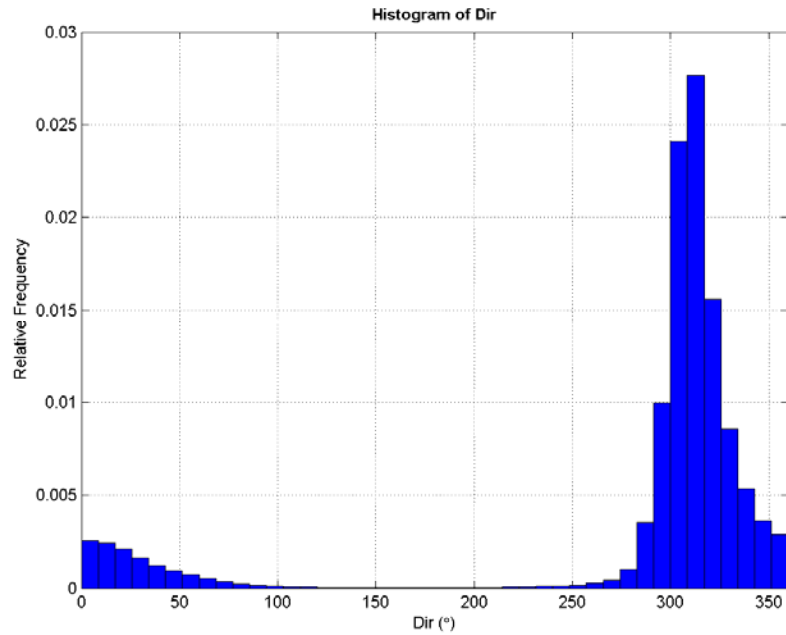


Figura 1.33. Histograma de Direcciones

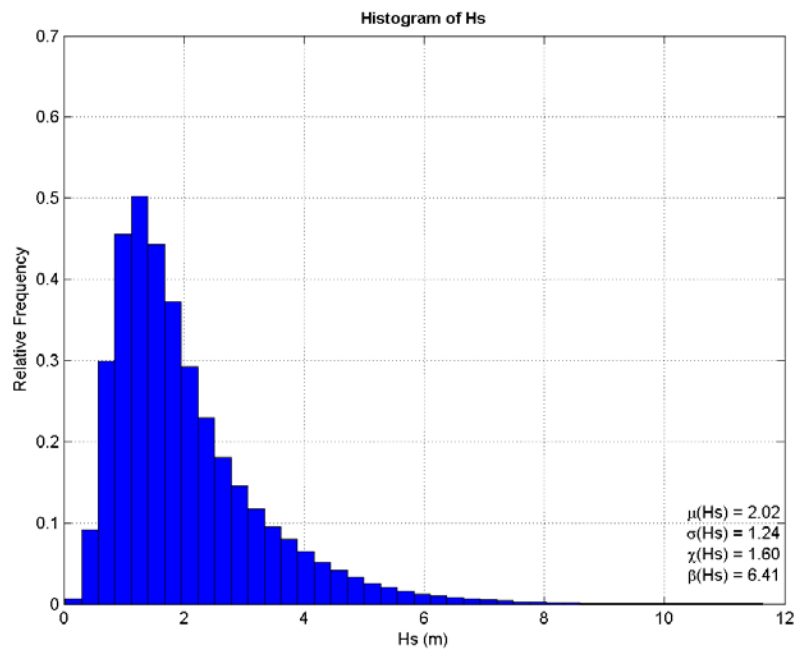


Figura 1.34. Histograma de periodos

Se observa que para aguas profundas, aunque el oleaje predominante es noroeste se recibe oleaje desde todos los ángulos.

Los ángulos que se reciben desde el puerto son los oleajes provocados por el viento que entra desde la costa, estos son muy escasos, como se observa en la tercera rosa de oleaje, ocupan porcentajes entre 0,1-0,3%.

1.4.3.2.3. Para el punto C (Punto base para realizar la difracción con HC y DirC)

A continuación se muestran en las *figuras de la 1.35 a la 1.41*. lo mismo que para aguas profundas para el punto C.

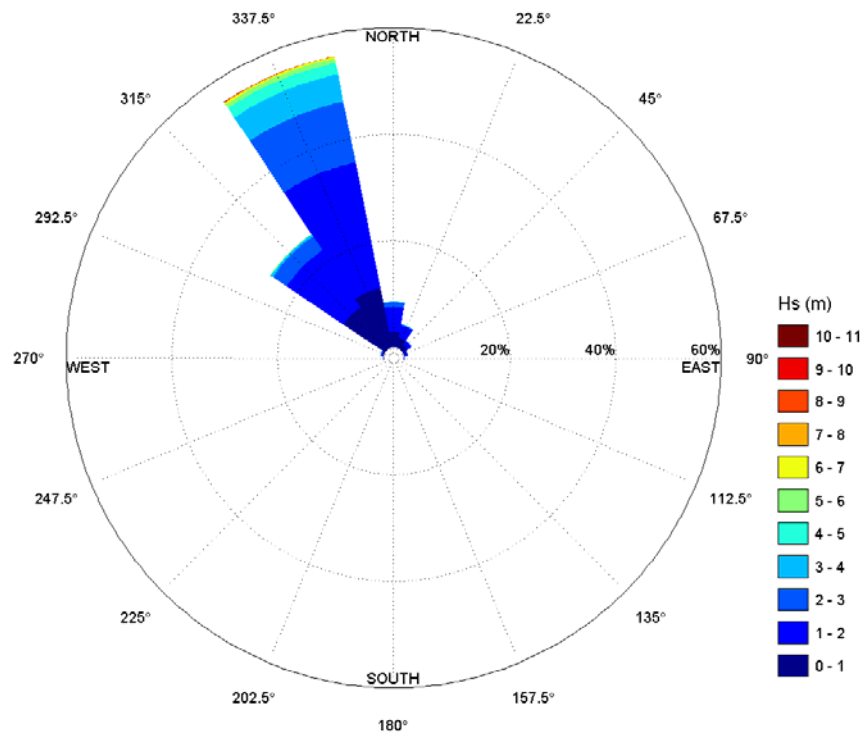


Figura 1.35. Rosa de oleaje I para el punto C

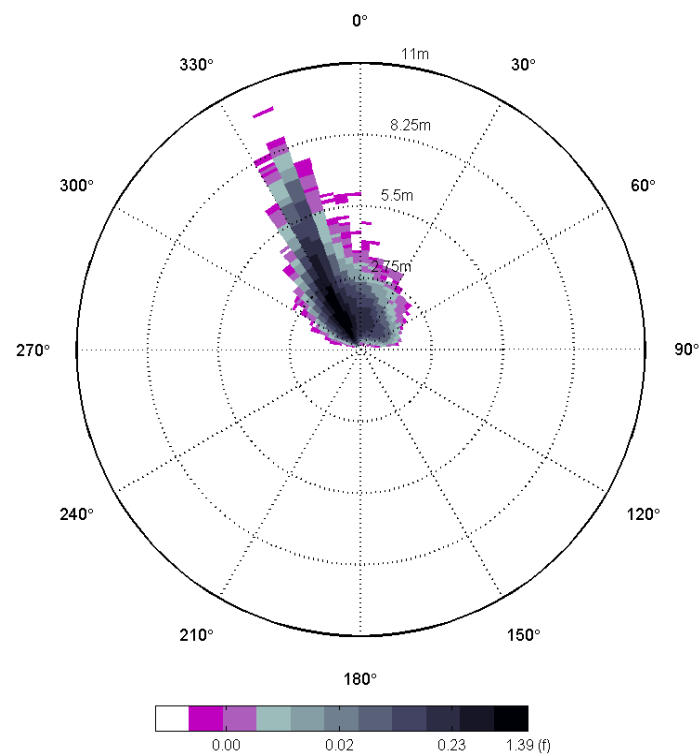


Figura 1.36. Rosa de oleaje II para el punto C

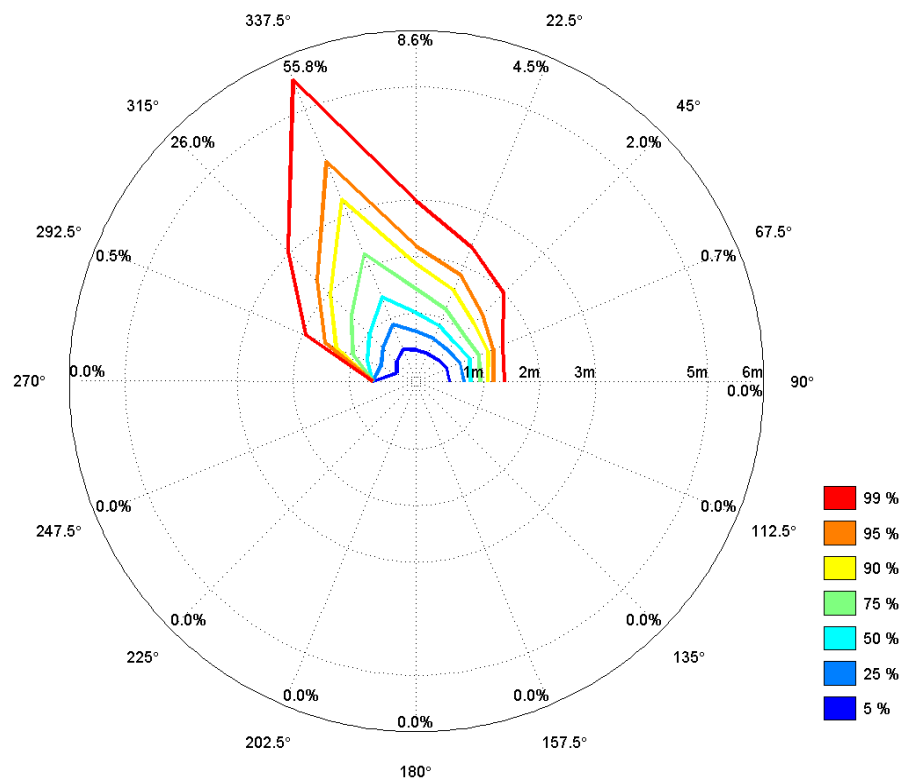


Figura 1.37. Rosa de oleaje III para el punto C

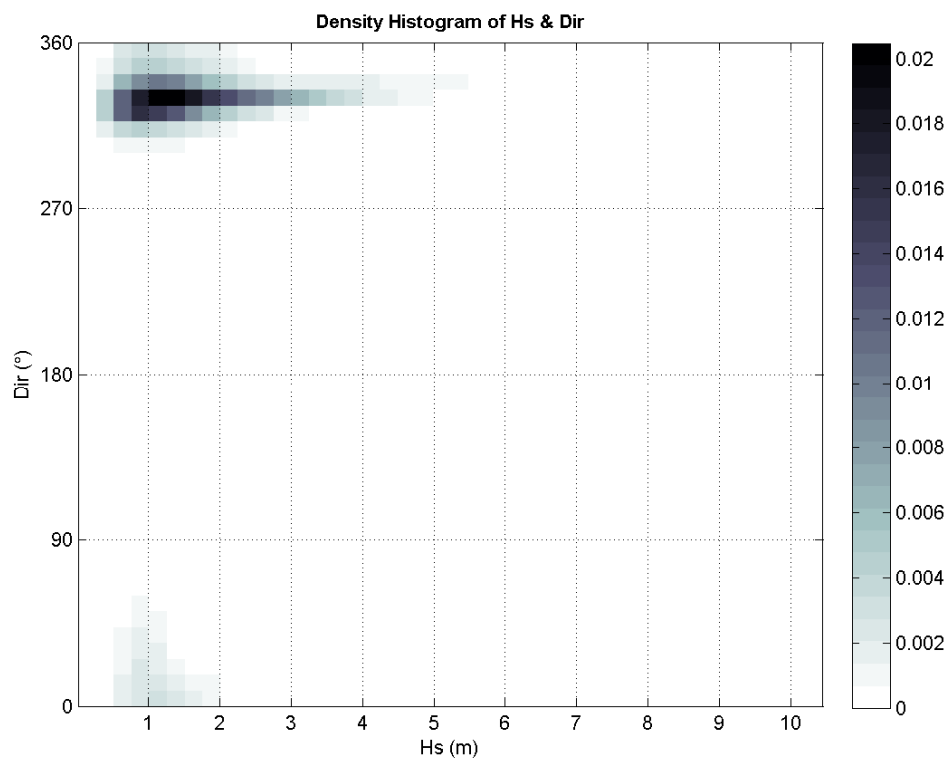


Figura 1.38. Histograma de densidades por tonos para el punto C

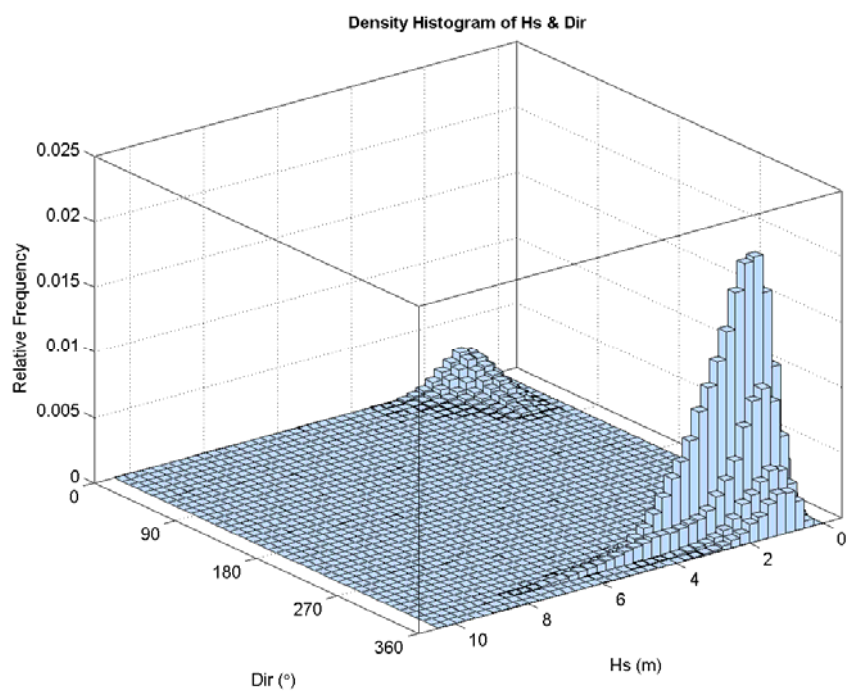


Figura 1.39. Histograma de densidades en 3D para el punto C

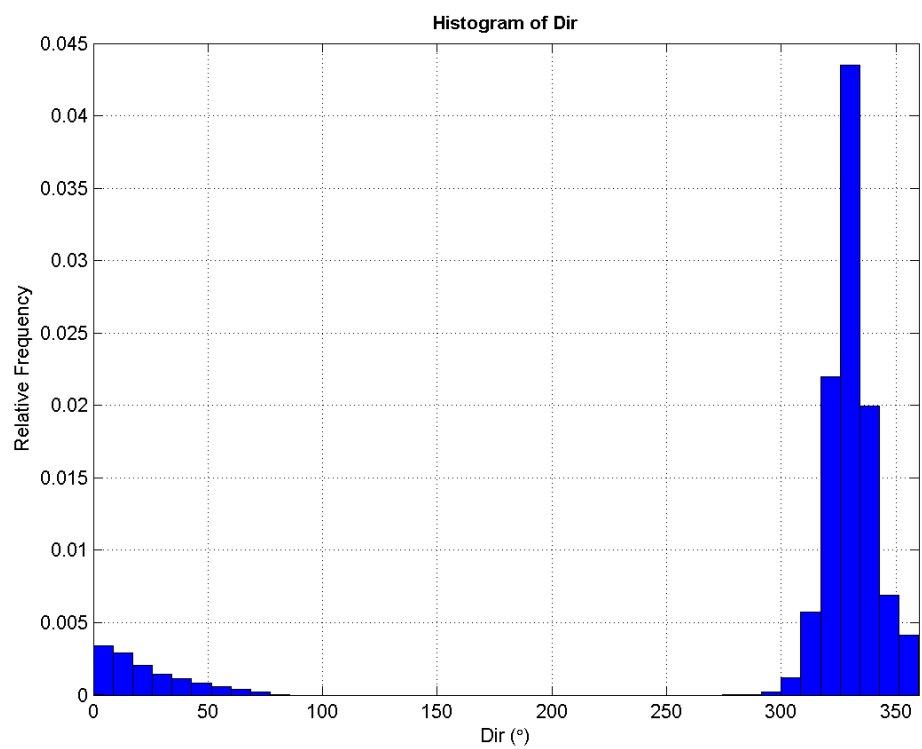


Figura 1.40. Histograma de direcciones para el punto C.

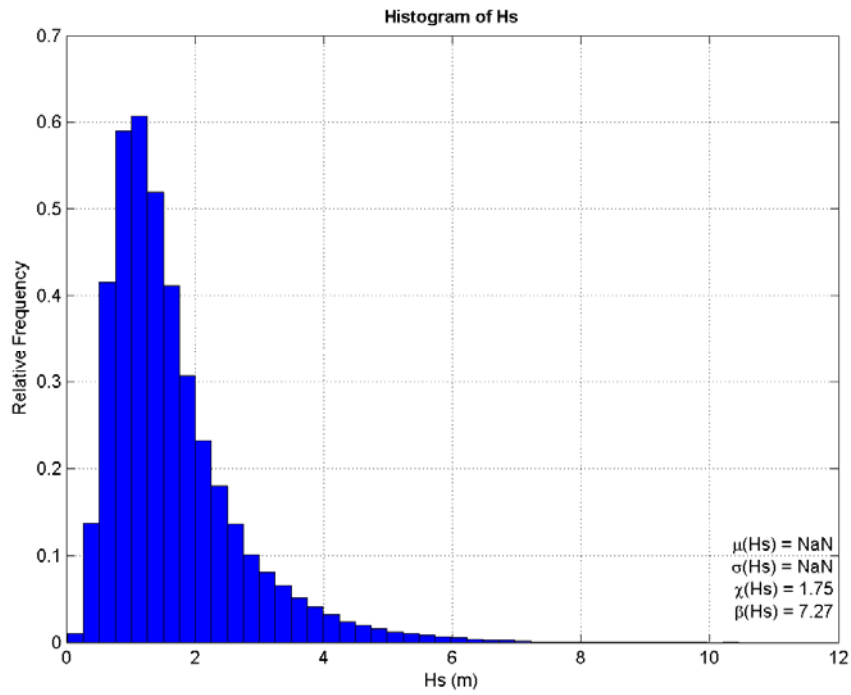


Figura 1.41. Histograma de alturas de ola para el punto C

1.4.3.2.4. Para el punto B (Punto en el emplazamiento del puerto con HB y DirB)

A continuación se muestran en las *figuras de la 1.42 a la 1.48*. lo mismo que para aguas profundas para el punto B.

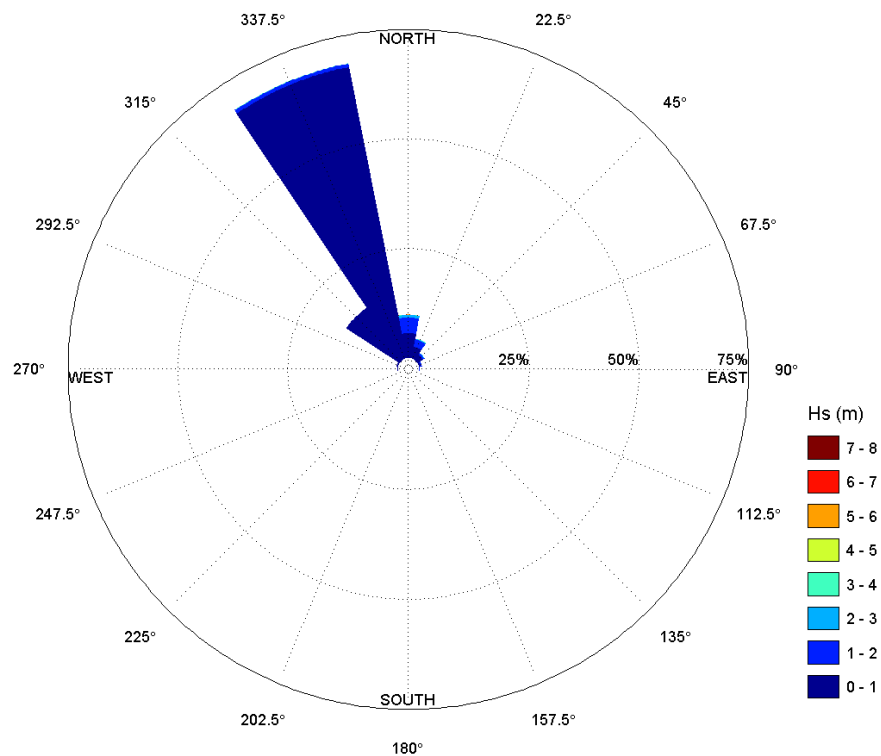


Figura 1.42. Rosa de oleaje I en el punto B

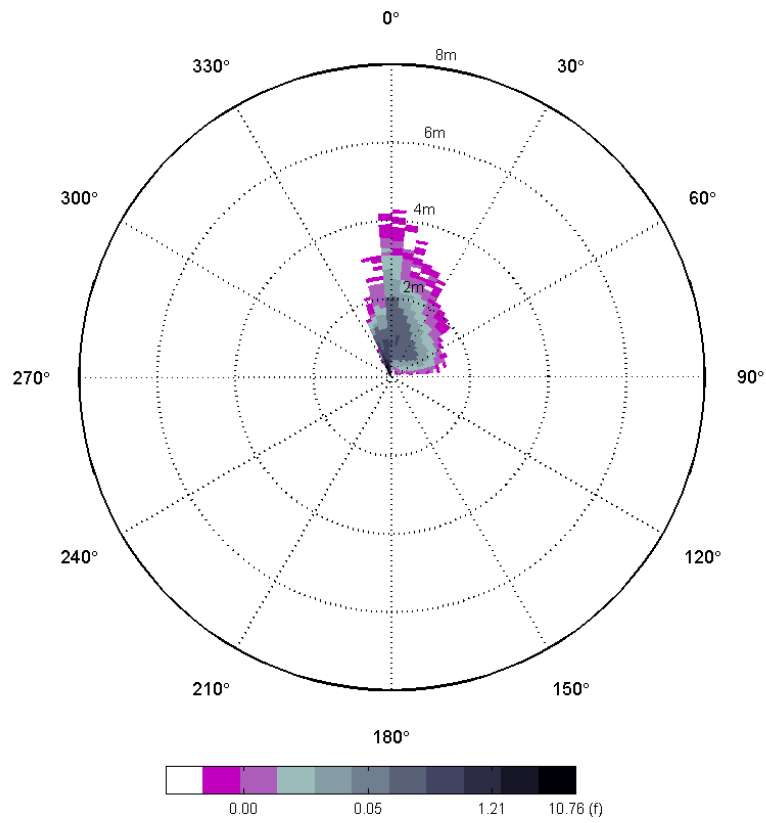


Figura 1.43. Rosa de oleaje II en el punto B

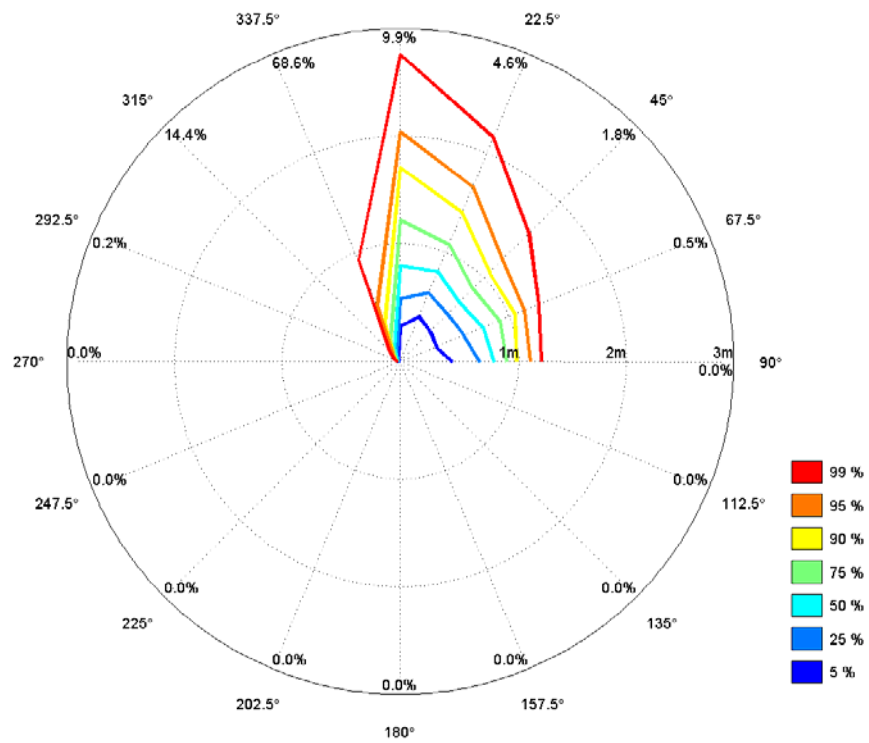


Figura 1.44. Rosa de oleaje III en el punto B

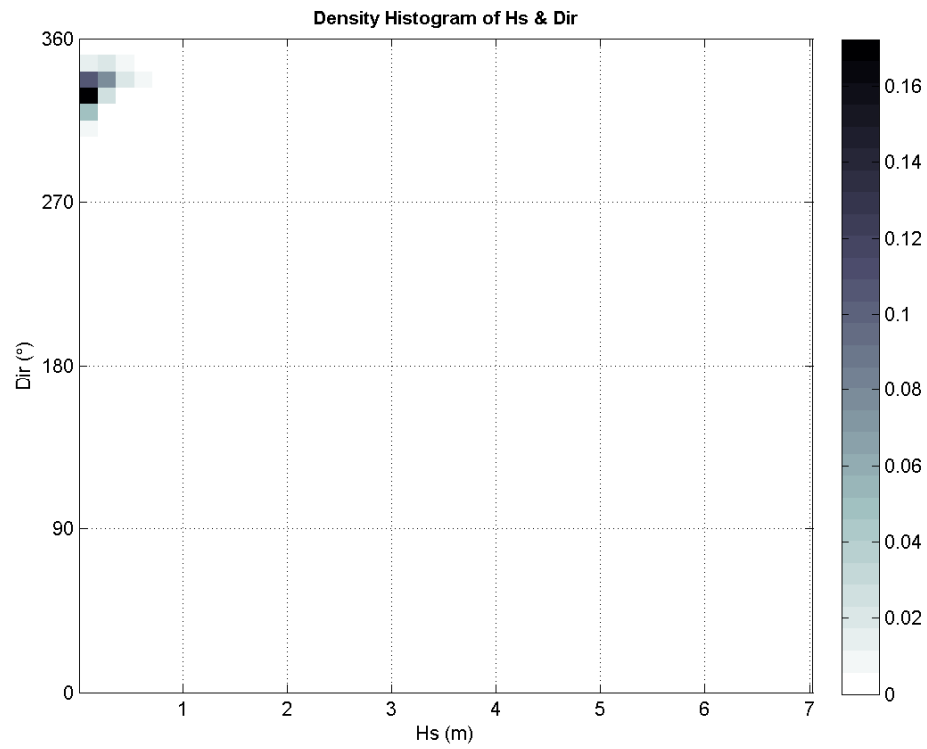


Figura 1.45. Histograma de densidades por tonos para el punto B

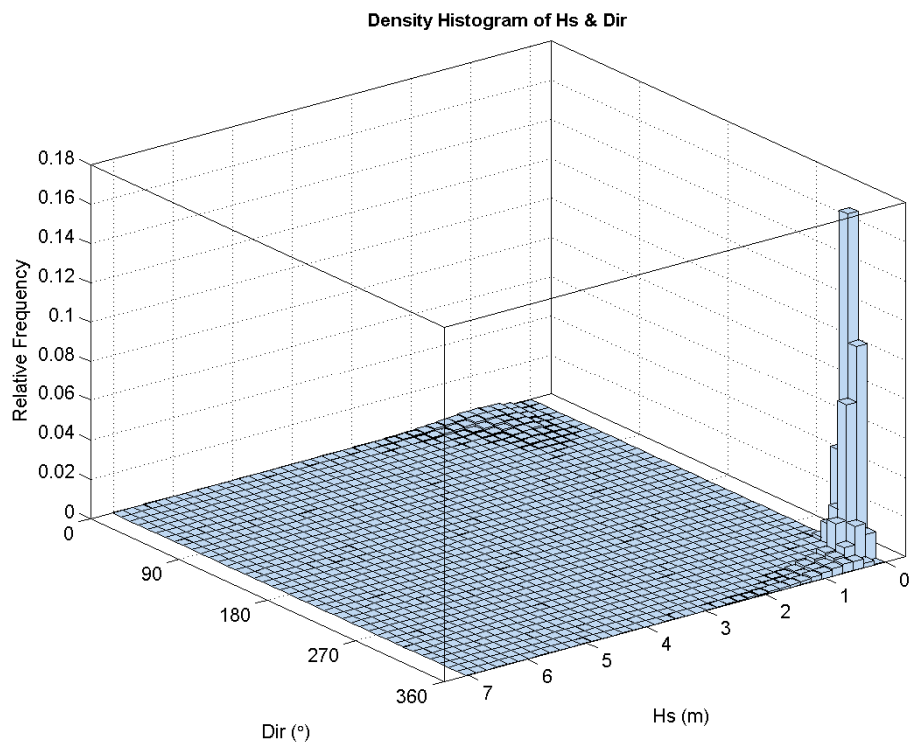


Figura 1.46. Histograma de densidad en 3D para el punto B

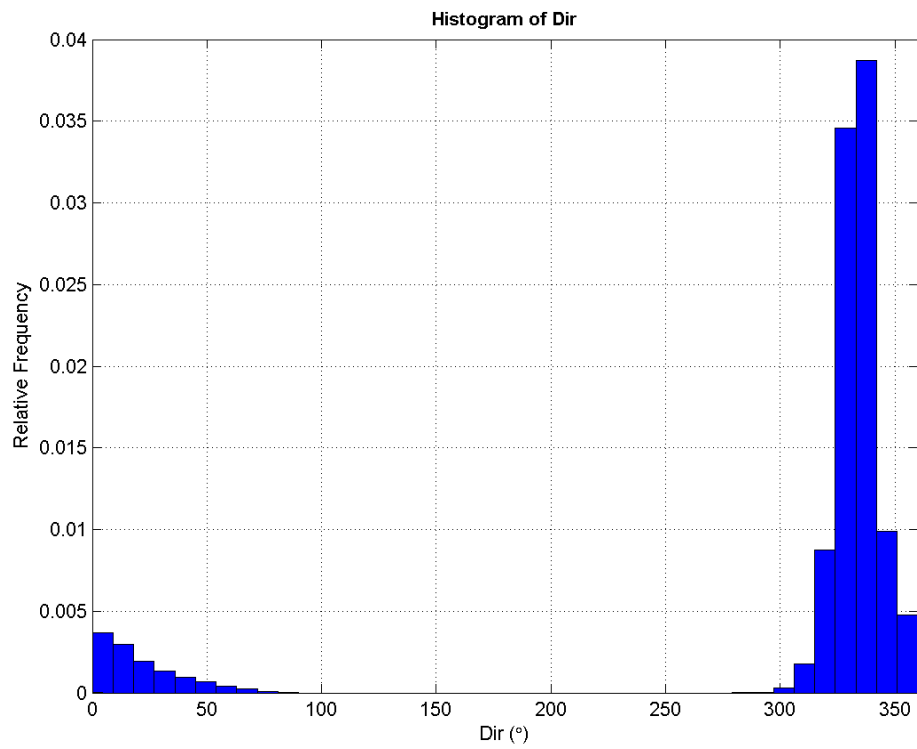


Figura 1.47. Histograma de Direcciones para el punto B

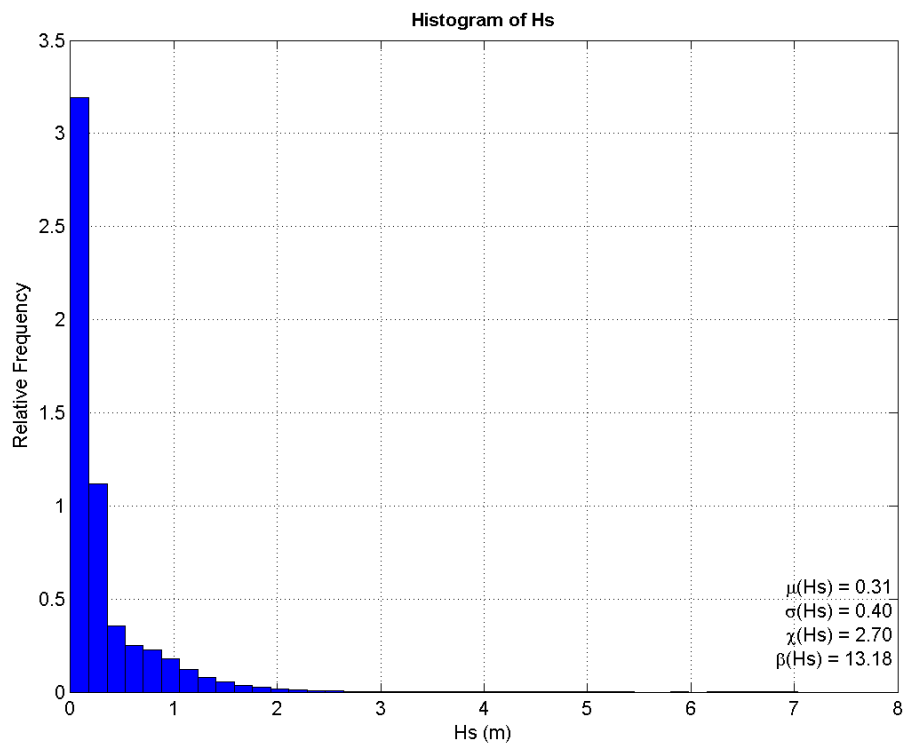


Figura 1.48. Histograma de alturas de ola para el punto B

1.5. CONCLUSIONES

En este apartado se han expuesto por una parte, las consideraciones obtenidas de los resultados del apartado anterior "*1.4.3.2. Rosas de oleaje e histogramas de altura y dirección*", y por otra la comparación de los resultados obtenidos con la ROM con el fin de comprobar su veracidad.

1.5.1. Consideraciones

Comparando las figuras entre aguas profundas (figuras de la 1.28. a la 1.34.) y el punto C (figuras de la 1.35. a la 1.41.), punto base para realizar la difracción, del apartado 1.4.3.2, se ha apreciado lo siguiente:

- Como al realizar Snell se han limitado los ángulos procedentes de aguas profundas de 280° a 85° se observa que no se reciben oleajes de la costa y se tiene todo el oleaje en este rango, debido a esto hay que tener en cuenta que al eliminar los datos procedentes de estas direcciones con el programa Matlab (mediante la función NaN) se pasa de tener 534.000 datos a 523.230 (10770 datos que despreciamos) cantidad importante pero que frente a la gran cantidad de datos con los que se cuenta no afecta visiblemente a los gráficos.
- Al observar las rosas de oleaje (figuras 1.28, 1.29 y 1.30. para aguas profundas y 1.35, 1.36. y 1.37. para el punto C), se ve que la dirección de incidencia predominante pasa de ser 315° (aproximadamente) a $337,5^\circ$, y pasa de ser mas dispersa a concentrarse en esta dirección. Además, en la primera, se observa cómo las alturas de ola son menores predominando los colores azules oscuros correspondientes a alturas de ola de 3 metros o menos. Todo ello debido a la propagación.
- En el histograma 3D de densidades (figura 1.32 para aguas profundas y 1.39 para el punto C) se ve como en aguas profundas se da una frecuencia más o menos predominante entre la altura de ola de 1m y la dirección de 315 (ambos aproximados) , siendo esta no visible en el punto C.
- Debido a los efectos de refracción y Asomeramiento que se producen con la propagación, se observa en los histogramas (figura 1.34. para aguas profundas y 1.41. para el punto C) que la frecuencia de olas que rondan un metro de altura aumentan considerablemente en relación con la frecuencia con la que se daban en aguas profundas.
- Además, en el histograma de direcciones (figura 1.33. para aguas profundas y 1.40. para el punto C) se observa lo que ya se ha visto en las rosas, que hay un incremento y una concentración del oleaje que procede de una dirección en torno a los $337,5^\circ$.

Analizando las figuras obtenidas para los tres puntos (figuras desde la 1.28 a 1.48), en relación a este punto B observamos lo siguiente:

- La rosa de oleaje primera (figura 1.42) pasa a ser completamente azul ya que la mayoría de las olas obtenidas debido a la propagación y especialmente al fenómeno de difracción han disminuido notablemente su altura de ola hasta pasar a ser menores de un metro.

- En la tercera rosa de oleaje (figura 1.44) se ve como prácticamente el 70% (68,6%) de los oleajes tienen la dirección de 337,5°.
- Se sigue observando esta tendencia en los diagrama de densidades (figuras 1.45 y 1.46), en el que se expresa por tonalidades se tiene una única concentración de direcciones y alturas de ola en la dirección antes mencionada en las alturas de ola menores de 1m, y en el 3D se ve la misma coincidencia con una frecuencia relativa de 0,16 cuando en el punto C no llegaba a un 0,02.
- Y otra forma de visualizar esta tendencia es en los histogramas de altura de ola y dirección de oleaje, se aprecia perfectamente la nueva tendencia, de oleaje predominantemente de 325 y 335 grados y altura de olas muy bajas.

Se concluye pues, que la propagación por Snell desde aguas profundas hasta el punto B pasando por un punto C intermedio hace que las olas se concentren en una dirección de oleaje predominante entre 325 y 335 grados y la altura de ola, debido a los fenómenos de propagación y más en concreto a la difracción, se vea muy disminuida pasando a tener alturas de ola muy bajas.

1.5.2. Comparación con la ROM

Una vez analizado el clima marítimo es interesante contrastar los datos obtenidos con los que recoge el programa ROM (Recomendaciones para Obras Marítimas), más concretamente la ROM 0.3-91.

1.5.2.1. Ámbito de aplicación

Para conocer su ámbito de aplicación la ROM se proporciona lo siguiente:

"El Anejo I de la Recomendación 0.3. Oleaje: Clima Marítimo en el Litoral Español, será de aplicación en el proyecto, construcción, y explotación de todas las obras marítimas y portuarias cualquiera que sea su clase o destino, así como los materiales y elementos empleados en su construcción, siempre y cuando se encuentren ubicadas en el litoral español y estén afectadas por los mismos oleajes que el emplazamiento de alguna de las fuentes de información disponibles analizadas."

1.5.2.2. Zonificación

Esta ROM contiene un apartado de zonificación en el que divide el litoral español en 10 zonas definidas en base a características climáticas homogéneas, a la configuración de la costa, y al emplazamiento de las fuentes de información disponible. El mapa que surge de esta zonificación es el mostrado en la *figura 1.49*. que se muestra a continuación:

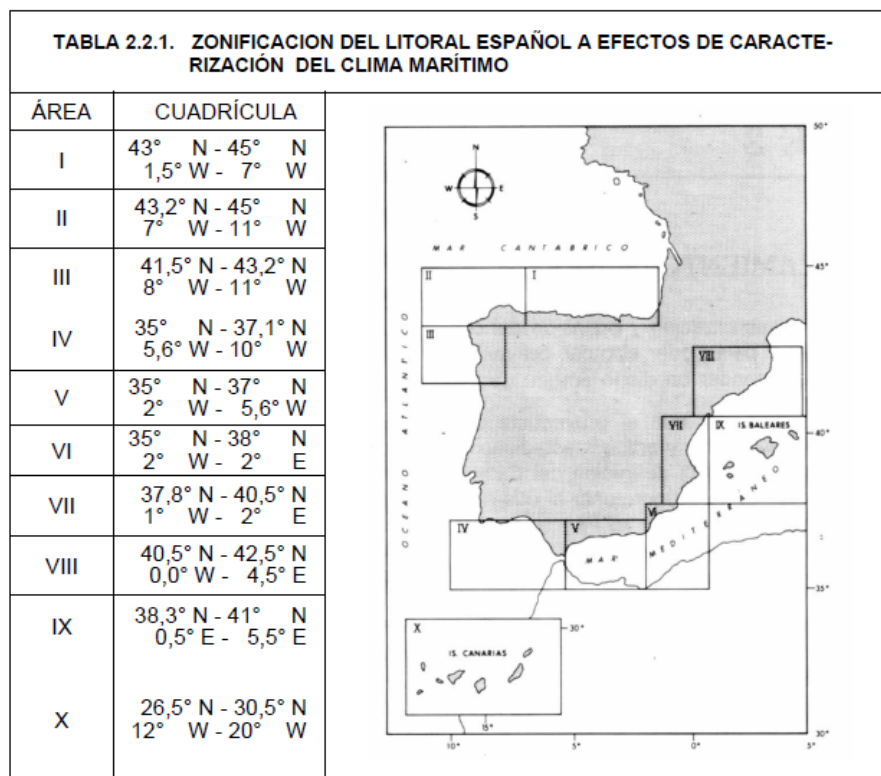


Figura 1.49. Zonificación proporcionada por la ROM

La zona de estudio del puerto corresponde con la ZONA I. Limitada por las coordenadas indicadas arriba en la figura 1.49.

1.5.2.3. Características técnicas de la información analizada por la ROM

El programa ROM contiene una serie de datos para las distintas zonas en las que ha dividido el litoral español, resulta interesante conocer para los puntos de la zona de estudio (zona I) la información que la ROM proporciona.

El programa en el punto 2.4 proporciona la siguiente información sobre esto:

"La información visual analizada procede del Banco de Datos Visuales del CEPYC, suministrada por el National Climatic Data Center de Asheville (Carolina del Norte,USA).

Dicha información cubre todas las áreas definidas para la caracterización del Clima Marítimo del Litoral Español, y abarca todas las observaciones realizadas en el periodo comprendido entre 1950 y 1985.

La información instrumental analizada procede de los datos registrados por las boyas de medida pertenecientes a la REMRO, con información fiable suficiente para la representatividad de algunos de los análisis estadísticos realizados. Se ha analizado información procedente de 17 boyas."

Dichas boyas para la zona I vienen representadas en el esquema representado en la figura 1.50.

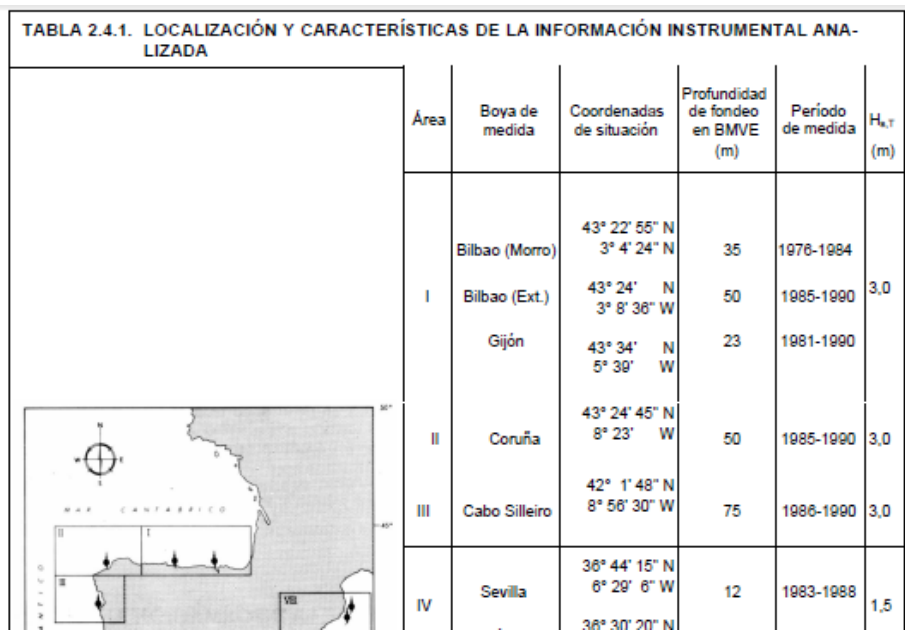


Figura 1.50. Boyas proporcionadas por la ROM

La tabla proporciona además de la ubicación aproximada de la boya por sus coordenadas, la profundidad de fondo, el período de medida de las boyas utilizadas y las alturas de ola significativa establecidas en cada área como umbral para condiciones de temporal.

1.5.2.4. Análisis de los datos

A continuación se han analizado los datos que proporciona la ROM con los de la serie de datos en aguas profundas .dat que se ha utilizado para realizar el proyecto. Cabe señalar que los datos del puerto del proyecto están entre Gijón y Bilbao, siendo más cercano a Bilbao.

1.5.2.4.1. Direcciones significativas

Las direcciones predominantes que proporciona la ROM son las mostradas en la figura 1.51, nos interesan las de la zona I de Bilbao por estar más cerca del emplazamiento del puerto.



Figura 1.51. Direcciones significativas proporcionadas por la ROM para la zona I

Las direcciones que indica la ROM para la zona de Bilbao es entre NW y N. El oleaje de aguas profundas de la serie de datos de Laredo proporciona los resultados mostrados en la *figura 1.52.*:

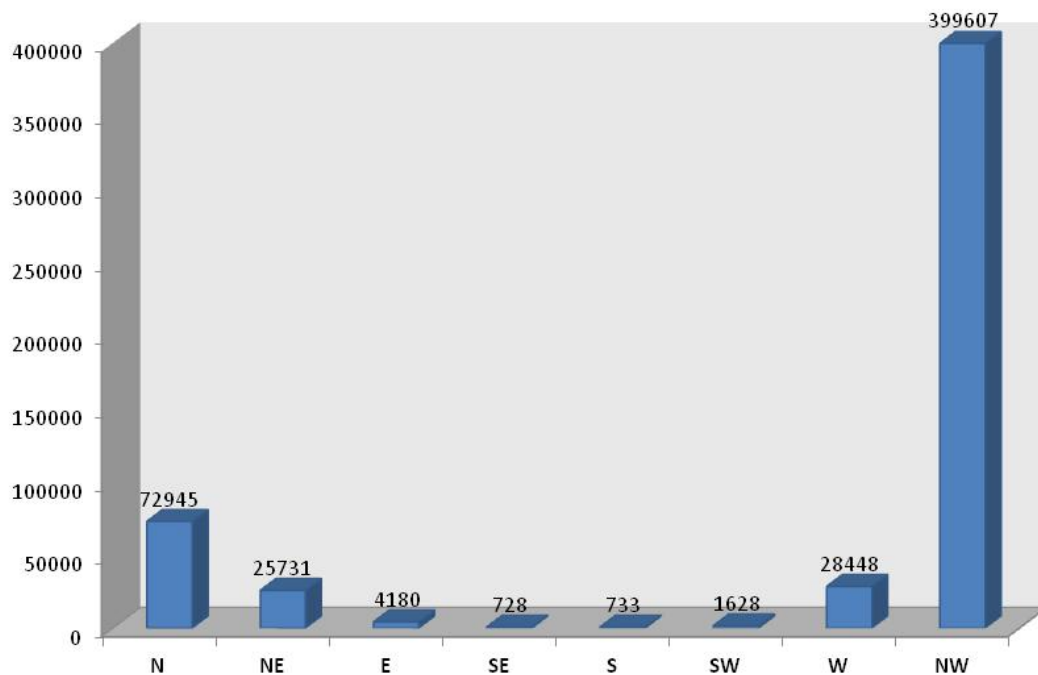


Figura 1.52. Oleaje en aguas profundas en la zona de Laredo

Se comprueba que el oleaje predominante tal y como indica la ROM es la dirección Noroeste (NW) entre 292.5° a 337.5° y Norte (N) entre 337.5° a 22.5° .

Pese a no ser datos concretos de la zona los que proporciona la ROM al ser Bilbao cercano a Laredo se han obtenido resultados concordantes con los proporcionados por la ROM.

1.5.2.4.2. Rosas de oleaje

Las rosas de oleaje que proporciona la ROM están divididas en oleajes tipo SEA y tipo SWELL, las que se han obtenido en el apartado "1.4.3.2. Rosas de oleaje e histogramas de direcciones y altura de ola" son del oleaje conjunto, luego será la suma de ambas rosas expresadas de manera conjunta.

La siguiente *figura 1.53.* muestra las rosas de oleaje que la ROM proporciona para la ZONA I de estudio, que deberán ser similares a las obtenidas en el apartado anterior, teniendo en cuenta la posible variación debido a las consideraciones ya explicadas en apartados anteriores.

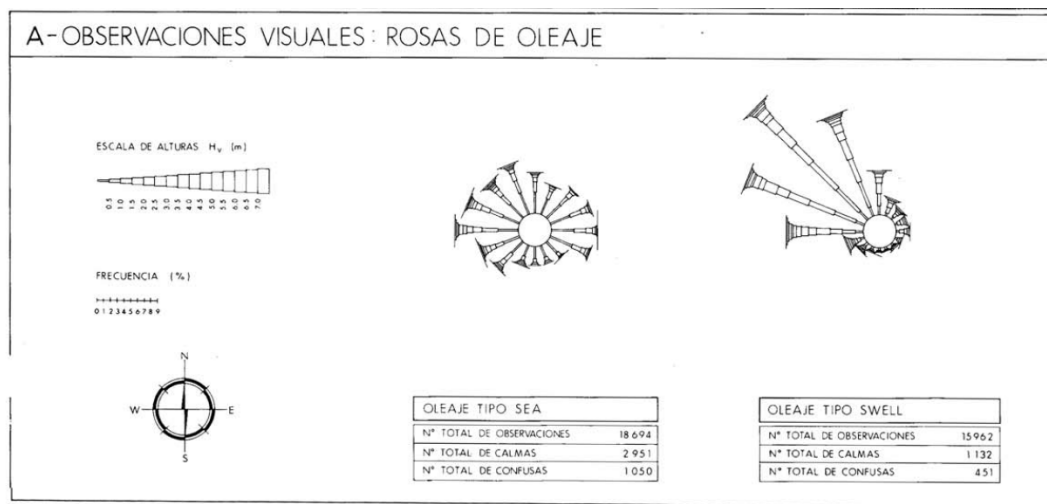


Figura 1.53. Rosas de oleaje proporcionadas por la ROM

La rosa de oleaje correspondiente a aguas profundas sin limitar ninguna dirección es la mostrada a continuación en la figura 1.54.:

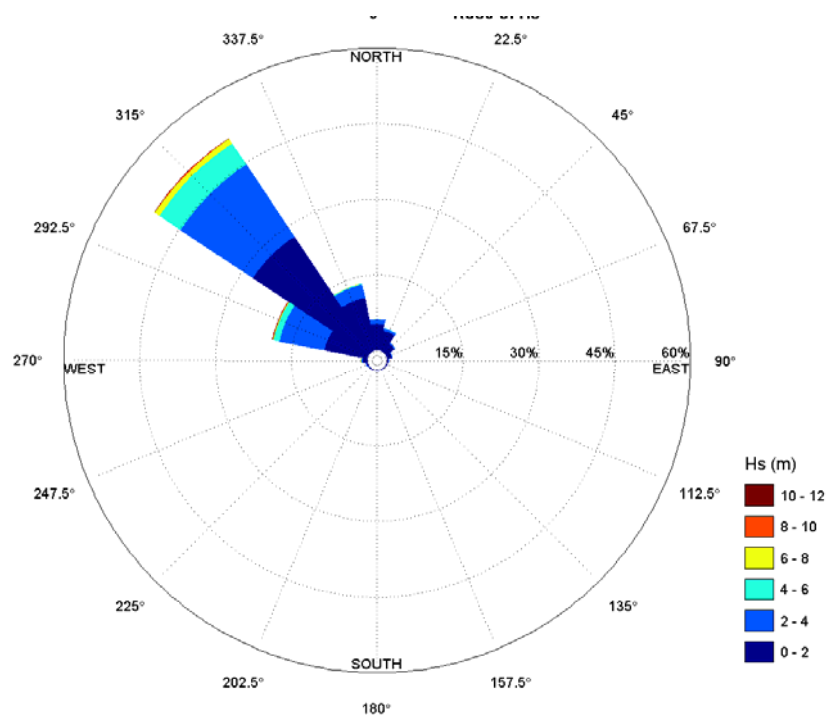


Figura 1.54. Rosa de oleaje en aguas profundas para la zona de Laredo sin limitar las direcciones

Como se observa los resultados concuerdan, siendo la dirección predominante la Noroeste (de unos 315°) así como las olas de mayor altura.

También se observa que en las direcciones entre 90° y 270° apenas se tiene oleaje.

1.5.2.4.3. Régimen medio

El régimen medio que proporciona la ROM para Gijón y Bilbao es el mostrado en la figura 1.55. siguiente:

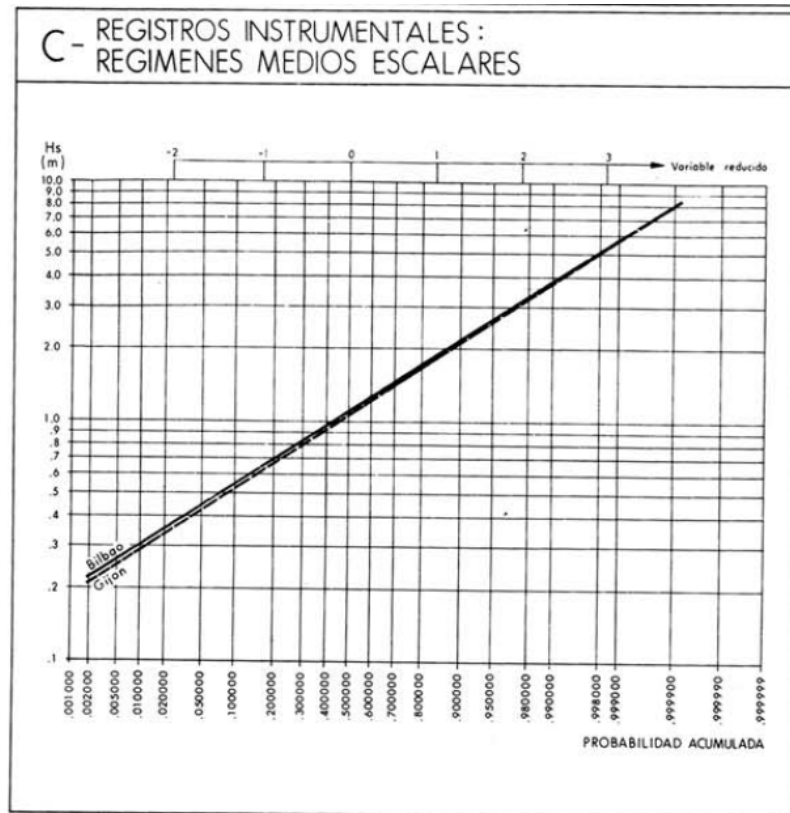


Figura 1.55. Régimen medio proporcionado por la ROM para la Zona I.

Para realizar la comparación con el régimen medio obtenido mediante Matlab se han tomado un par de datos representativos:

- Para una $H_s = 1\text{m}$, se ha obtenido una probabilidad acumulada de aproximadamente 0,4 (40%).
- Para una $H_s = 5\text{m}$, se ha obtenido una probabilidad acumulada de aproximadamente 0.998 (99,8%).

En la página siguiente se muestra en la figura 1.56. el régimen medio para los datos en aguas profundas en Laredo, mirando que probabilidades corresponden a las alturas que se han analizado para el régimen medio de la ROM obtenemos:

- Para un $H_s = 1\text{m}$, una probabilidad acumulada de aproximadamente 0,2 (20%).
- Para un $H_s = 5\text{m}$, una probabilidad acumulada de aproximadamente 0,997 (99,7%).

Se observa que para una altura de 1m se tiene bastante diferencia de probabilidad, sin embargo, para alturas mayores como la de 5m la probabilidad se asemeja más. Esta diferencia se puede deber a que la zona donde se situará el puerto es intermedia a ambas, o, a que la de estos datos se ha realizado a una distancia de la costa significativamente diferente de la de Gijón y Bilbao.

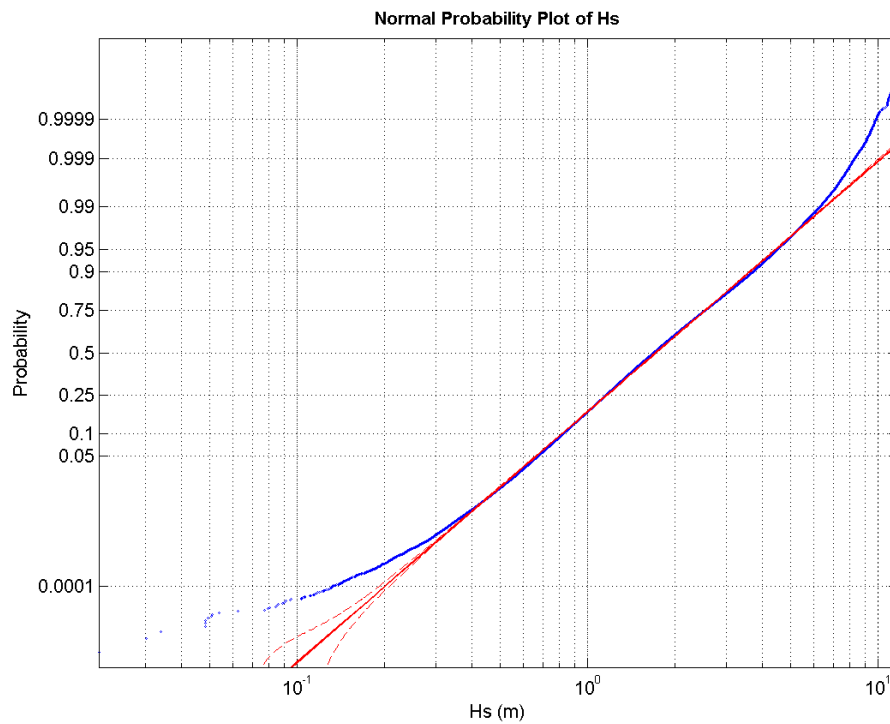


Figura 1.56. Régimen medio en aguas profundas en Laredo

1.5.2.4.4. Régimen extremal

El régimen extremal proporcionado por la ROM es el mostrado en la figura 1.57.

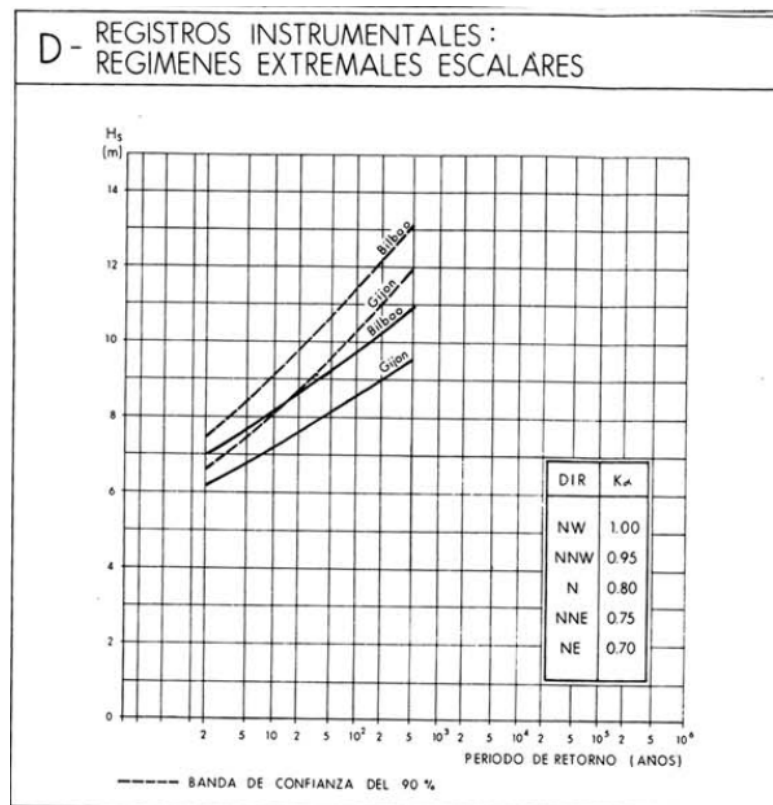


Figura 1.57. Régimen extremal proporcionado por la ROM para la Zona I

Al igual que para analizar el régimen medio se han tomado un par de valores representativos del régimen extremal:

- Para un periodo de retorno de 200 años se ha obtenido una altura en Gijón de unos 9m y en Bilbao de cerca de los 10m.
- Para un periodo de retorno de 500 años se obtiene una altura en Gijón de unos 9,5m y en Bilbao de unos 11m.

El régimen extremal obtenido mediante Matlab a partir de la serie de datos es el que se muestra en la *figura 1.58.*:

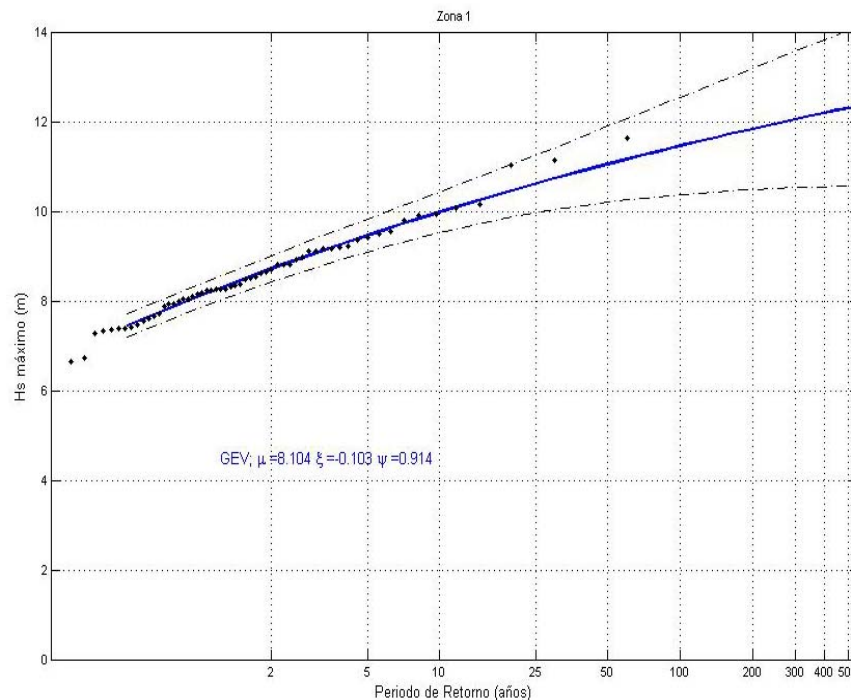


Figura 1.58. Régimen extremal para aguas profundas en Laredo

Se han obtenido los valores para los mismos periodos de retorno que antes:

- Para un periodo de retorno de 200 años, la altura es aproximadamente de 11,8m.
- Para un periodo de retorno de 500 años, la altura es de unos 12,4m.

Analizando los datos se ha observado que los resultados obtenidos se asemejan más a los de Bilbao que a los de Gijón.

Al igual que con el régimen medio se han obtenido unos valores menores a los que la ROM proporciona para Bilbao y Gijón, esto puede ser debido a la misma razón que la ya comentada para el régimen medio.

Además en el caso del régimen extremal se ha utilizado matlab mediante la herramienta GEV (función generalizada de valores extremos) y la ROM mediante la herramienta POT (Pareto-Poisson).

CAPÍTULO 2.
**CRITERIOS
GENERALES DE
DISEÑO**

CAPITULO 2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El objeto de este capítulo es establecer los parámetros, cuestiones y criterios necesarios para poder realizar en los capítulos siguientes el diseño en planta del puerto y el talud.

Para su realización se ha utilizado principalmente la ROM (Recomendación de Obras Marítimas) y otra serie de documentos que se detallarán más adelante.

2.1. CONSIDERACIONES EN PLANTA

En este apartado se ha establecido la flota del puerto así como una serie de cuestiones relacionadas con ella como es el precio del amarre, los ingresos que recibe el puerto, y por otro lado la serie de documentos utilizados para llevar esta tarea a cabo.

2.1.1. Flota

2.1.1.1. Elección de la flota

Para establecer la flota del puerto deportivo se han tenido en cuenta tres factores:

- La flota del puerto actual.
- La flota de los puertos cercanos.
- La tendencia de los puertos deportivos en general.

▪ LA FLOTA DEL PUERTO ACTUAL.

El actual puerto de Laredo consta con 857 amarres, estos están disponibles en su página <http://marinadelaredo.es>, además de más información como son las tarifas, el tiempo, etc.

En la *figura 2.1* se encuentra la tabla proporcionada por la página web anteriormente mencionada en la que se encuentra la información de los atraques del actual puerto de Laredo.

Número de atraques		
ESLORA (m.)	MANGA (m.)	TOTAL
6	2,8	155
8	3,6	202
10	4,2	246
12	4,8	152
15	6	62
18	6,6	30
20	6,6	10

Figura 2.1. Atraques del actual puerto de Laredo

En las siguientes imágenes, las *figuras 2.2. y 2.3.* se pueden observar fotos del actual puerto de Laredo así como su planta en la *figura 2.4.*



Figura 2.2. Foto del actual puerto de Laredo (parte antigua)



Figura 2.3. Foto del actual puerto de Laredo (parte nueva)

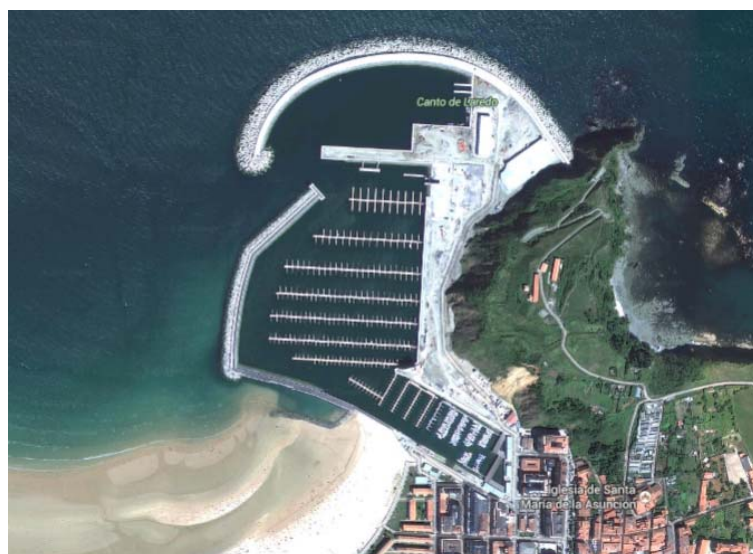


Figura 2.4. Planta del actual puerto de Laredo

- LA FLOTA DE LOS PUERTOS CERCANOS

- Puerto de Santoña.

Santoña es el puerto más cercano al de Laredo hacia el oeste, no hay información del número de atraques ya que no dispone de pagina web pero, si se visualizan fotos del puerto se observa que la mayoría de las embarcaciones que conforman su flota son barcos de pequeño tamaño dispuestos en pantalanés.

En las siguientes imágenes, *figuras 2.5 y 2.6*, se observa un ejemplo de las embarcaciones que se encuentran en el puerto y una planta del mismo respectivamente.



Figura 2.5. Ejemplo de la flota del puerto de Santoña



Figura 2.6. Planta del puerto de Santoña

Puerto de Castro Urdiales.

El puerto de Castro Urdiales es el puerto más cercano al de Laredo por el este. Tiene un puerto de menor tamaño bien abrigado para embarcaciones de pequeño tamaño y luego cuenta con un gran abrigo en el que los barcos están fondeados mediante boyas.

En las siguientes imágenes, *figuras 2.7. y 2.8.*, se observa un ejemplo de la flota del puerto de Castro Urdiales y una planta del mismo.



Figura 2.7. Ejemplo de la flota del puerto de Castro Urdiales

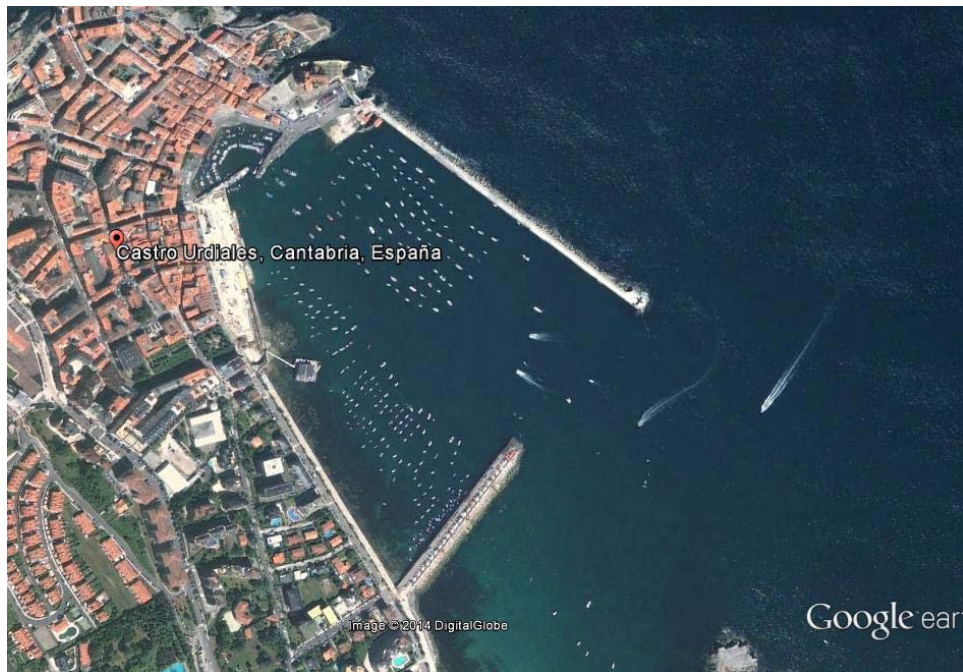


Figura 2.8. Planta del puerto de Castro Urdiales

▪ LA TENDENCIA DE LOS PUERTO DEPORTIVOS EN GENERAL.

Se ha buscado la tendencia de la demanda del tamaño de flota de los amarres y se ha observado lo mostrado en la *figura 2.9.* que relaciona las esloras de las embarcaciones con la demanda.

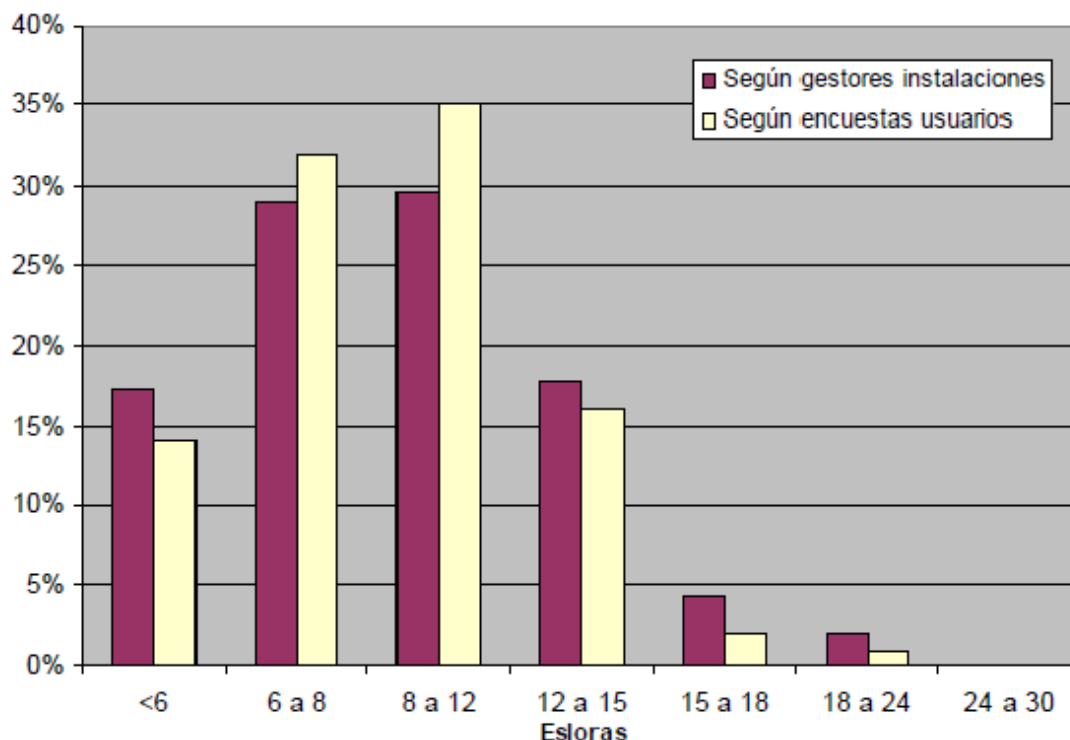


Figura 2.9. Demanda de las distintas esloras de embarcaciones

▪ CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los factores anteriores se ha podido concluir lo siguiente para formar la flota del proyecto:

- El nuevo puerto ya construido dispone de 857 amarres, el puerto del proyecto dispondrá de menos ya que el actual no tiene una gran ocupación y con menos amarres se seguirá cubriendo la demanda de los navegantes que quieran atracar su barco, que al fin y al cabo es el fin del puerto deportivo.
- Ya que los puertos de los alrededores no disponen de amarres con pantalanés para grandes embarcaciones (de 20m) se dispondrá en el puerto de atraques para embarcaciones de este tamaño para así poder satisfacer esta demanda.
- Se ha observado que la mayoría de los atraques del nuevo puerto son para embarcaciones de entre 6 y 12 metros de eslora, que los barcos que se encuentran en los puertos cercanos son de pequeño tamaño y que esto corresponde con la tendencia observada en la tabla, se ha conservado esta tendencia y mantenido la mayoría de los atraques entre estos tamaños, aunque, se han añadido atraques para embarcaciones de mayor tamaño para poder satisfacer ambas demandas.

En base a las conclusiones sacadas se ha estimado una flota mostrada en la *figura 2.10.* Como es una flota a priori para poder hacer un primer diseño del puerto puede ser que el número de atraques de alguna de las dimensiones varíe debido a las exigencias geométricas del diseño.

ESLORA (m)	MANGA (m)	NÚMERO ATRAQUES
6	2,5	90
8	3,5	120
10	3,8	130
12	4	70
15	5	30
18	6	10
20	6	10

Figura 2.10. Flota del puerto del proyecto

2.1.1.2. Tipo de embarcaciones

La flota de un puerto variará de una zona a otra dependiendo de la demanda, de las características de la zona, de la población cercana y de la función prioritaria que se le quiera dar al puerto.

El tipo de embarcaciones condicionará parte del diseño del puerto, debido a sus diferentes tamaños y formas.

Se encontrarán principalmente tres tipos de embarcaciones: pequeños barcos de recreo y pesca, veleros y yates.

Es importante destacar que lo que condiciona principalmente un amarre es la manga del barco, sobre todo cuando son dobles.

▪ PEQUEÑOS BARCOS DE RECREO Y PESCA

Estos ocuparán los amarres de menor tamaño. Serán pequeños barcos para la navegación y la pesca a pequeña escala.

Estos no serán determinantes para la geometría de la bocana o los canales de navegación principales por ser de pequeño tamaño, si para el dimensionamiento de los fingers y los canales de navegación secundarios.

Serán los más comunes en el puerto por ser los de uso más frecuente, en el caso de los de pesca en ocasiones de uso diario, además de los más económicos tanto como el coste y mantenimiento de la embarcación, como el precio del amarre.

Se puede observar un ejemplo de este tipo de embarcaciones en la *figura 2.11*.



Figura 2.11. Ejemplo de pequeños barcos de recreo y pesca

- VELEROS

Los veleros condicionaran principalmente el calado del puerto debido a la orza que poseen estas embarcaciones adosadas a la parte inferior del casco, además, la eslora será mayor la de los yates.

Un ejemplo de las partes que posee un velero se muestra en la figura 2.12.

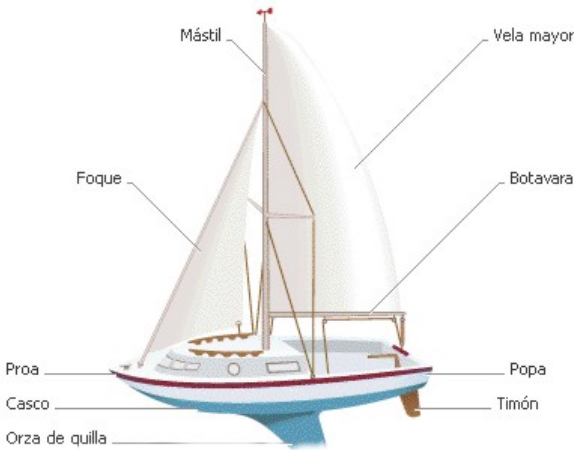


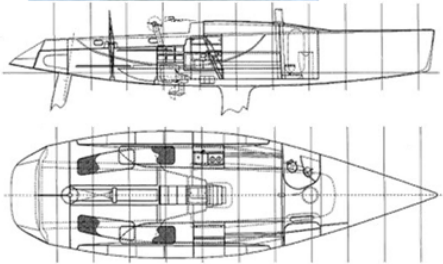
Figura 2.12. Partes de un velero

Como ejemplo de yates de gran eslora y calado se pueden encontrar algunos como los mostrados en la figura 2.13.

1D 48



Hull Type:	Fin w/bulb & spade rudder
LOA:	48.42' / 14.76m
Beam:	14.17' / 4.32m
Draft (max.):	10.08' / 3.07m



ABLE 42



Hull Type:	Fin with rudder on skeg
LOA:	42.00' / 12.80m
Beam:	12.67' / 3.86m
Draft (max.):	5.17' / 1.58m

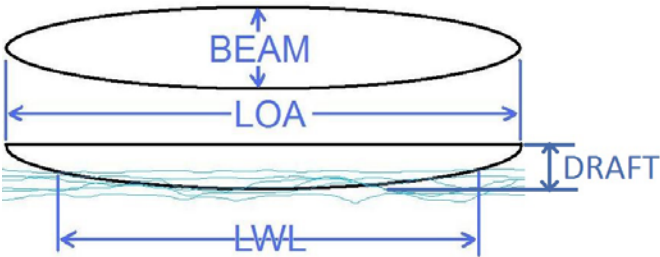


Figura 2.13. Ejemplos de veleros de gran eslora y esquema de dimensiones

- YATES

Los yates serán las embarcaciones de mayor longitud.

Se puede hacer una clasificación aproximada de los yates en función de su eslora, sus prestaciones y comodidades.

- Yates "de fin de semana"

Su tamaño oscila entre los 20-30 pies, *entre los 6 y los 9 metros*.

Estos estarían incluidos en los del apartado 2.5.2.1. de pequeñas embarcaciones de recreo.

Están equipados con un par de quillas y pueden navegar en aguas poco profundas.

Pueden realizarse trayectos cortos de entre 2 y 3 días.

Un ejemplo de este tipo de yate se puede observar en la *figura 2.14*.



Figura 2.14. Ejemplo de yate "de fin de semana"

- Yates "de crucero"

Su tamaño es desde 25 hasta 45 pies, *desde 7,5 hasta 14 metros*.

Son los yates más populares hoy en día, están diseñados para el uso de familias y gran número de gente.

Por lo general tienen un casco de lágrima con una sola quilla.

Un ejemplo de un yate de este tipo se observa en la *figura 2.15*.



Figura 2.15. Ejemplo de yate "de crucero"

- Yates “de crucero” grandes.

El tamaño de estos yates parte de 50 pies, *unos 15 metros*.

Los diseños de estos yates varían mucho, aunque los modelos más comunes tienen paneles de madera.

Tienen la capacidad de viajar miles de kilómetros y su velocidad media es de 6 nudos (11,112 km/h).

Un ejemplo de este tipo de embarcación se muestra en la *figura 2.16*.



Figura 2.16. Yate "de crucero" grande

- Yates de lujo

Parten de 80 pies, *unos 25 metros*.

Los materiales para su construcción son muy variados, siendo los cascos con fibra de vidrio cada vez más comunes.

Las características de estas embarcaciones varían considerablemente, los que son de 100 pies o mas (unos 30 metros) cuentan con televisión, aire acondicionado y otras comodidades.

Un ejemplo de este tipo de yate de lujo es el mostrado en la *figura 2.17*.



Figura 2.17. Ejemplo de yate de lujo

Un ejemplo de yate con el resto de sus medidas, para hacerse una idea de las proporciones entre las distintas dimensiones es el mostrado en la *figura 2.18*.



Figura 2.18. Ejemplo de yate con sus características

Se ha observado que para una eslora de 12 metros se tiene una manga de 3, luego la manga del yate no será un problema para los amarres.

En el puerto de proyecto se tiene una longitud de atraque máxima de 20 metros con 6 de manga, luego se podrá recibir, según la clasificación expuesta, hasta yates "de crucero" grandes de "pequeñas" dimensiones, ya que son a partir de 15 metros.

2.1.1.3. Precio amarres

ESLORA (m)	MANGA (m)	MENSUAL Temp. BAJA (€)	MENSUAL Temp. ALTA (€)	ANUAL (€)
6	2,5	120	260	1420
8	3,5	175	350	2000
10	3,8	240	500	2850
12	4	300	650	3800
15	5	500	1000	5900
18	6	650	1200	7500
20	6	780	1500	9200

Figura 2.19. Tabla de precios por temporadas mensual y anualmente

Temp. Baja: De Octubre a Mayo.

Temp. Alta: De Junio a Septiembre.

Precios obtenidos en base a otros puertos españoles teniendo en cuenta el lugar, la manga ofrecida para cada eslora y el tipo de puerto.

La referencia a dicha información es la siguiente:

<http://marinadelaredo.es/amarres>

<http://www.puertobenalmadena.es/tarifas/>

http://www.marina-islacanela.com/tarifas_amarres.php

2.1.1.4. Ingresos al puerto

Se han establecido las siguientes ocupaciones anualmente (*figura 2.20*), para temporada baja y temporada alta, teniendo en cuenta estas y los precios por amarre establecidos en el apartado anterior se han obtenido los siguientes ingresos para el puerto (*figura 2.21*):

	Nº AMARRES Anual	OCUPACION Anual (%)	NºAMARRES Temp.	OCUPACIÓN Temp. BAJA (%)	OCUPACIÓN Temp. ALTA (%)
6x2,5	90	95	5	50	80
8x3,5	120	95	6	50	80
10x3,8	130	80	26	50	80
12x4	70	80	14	50	80
15x5	30	80	6	50	80
18x6	10	70	3	50	80
20x6	10	70	3	50	80

Figura 2.20. Tabla de ocupaciones mensual y anualmente por temporadas

	Nº AMARRES Anual	INGRESOS Anual	INGRESOS Temp. BAJA	INGRESOS Temp. ALTA	TOTAL
6x2,5	90	121.410,00 €	2.160,00 €	3.744,00 €	127.314,00 €
8x3,5	120	228.000,00 €	4.200,00 €	6.720,00 €	238.920,00 €
10x3,8	130	296.400,00 €	24.960,00 €	41.600,00 €	362.960,00 €
12x4	70	212.800,00 €	16.800,00 €	29.120,00 €	258.720,00 €
15x5	30	141.600,00 €	12.000,00 €	19.200,00 €	172.800,00 €
18x6	10	52.500,00 €	7.800,00 €	11.520,00 €	71.820,00 €
20x6	10	64.400,00 €	9.360,00 €	14.400,00 €	88.160,00 €
					1.320.694,00 €

Figura 2.21. Tabla de ingresos

2.1.2. Documentos de referencia (Bibliografía)

Los documentos utilizados para el diseño, en mayor o menor medida, para la realización de los posteriores capítulos son los siguientes:

- ROM (Recomendación de obras marítimas)
 - ROM 0.2-90.
 - ROM 0.3-91.
 - ROM 1.0-09.
 - ROM 3.1-99.

- PIANC
 - Review of selected standards for floating dock designs.
 - Mooring Systems for Recreational Craft.
 - Dredging of Marinas.
- Final Report of the International Commisision for Sport and Pleasure Navigation.
- Guidelines for Marina Berthing Facilities.
- Guidelines for Planning a Marina Development.
- Summer Program of IH, My first Marina.
- Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la Región de Murcia.
- Apuntes de la asignatura "Obras Marítimas" 4º de Grado de Ingeniería Civil. Universidad de Cantabria.

2.2. CONSIDERACIONES PARA LA SECCIÓN

En el siguiente apartado se han los criterios, valores y consideraciones necesarios para la realización de la sección desde dos puntos de vista estructural y funcional. Para ello se ha utilizado principalmente la ROM que proporciona todas estas consideraciones en sus diferentes capítulos.

2.2.1. Criterios estructurales

2.2.1.1. Vida útil

El cálculo de la vida útil está basado en la ROM 3.1-99.

La elección de la vida útil se realizará para cada proyecto ajustándose al tiempo en que se prevé en servicio el Área de Navegación o Flotación que se considere.

Se adoptarán como mínimo para obras con carácter definitivo y sin justificación específica los valores consignados en la tabla de la *figura 2.22*, en función del tipo de obra y del nivel de seguridad requerido.

TABLA 2.1 . VIDAS UTILES MINIMAS PARA AREAS DE NAVEGACION O FLOTACION DE CARACTER DEFINITIVO (en años)			
TIPO DE OBRA	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
Infraestructura de carácter general	25 (15)	50 (25)	100 (40)
De carácter industrial específico	15 (10)	25 (15)	50 (25)

Figura 2.22. Vida útil

(Las cifras indicadas entre paréntesis podrán utilizarse cuando se mantengan reservas de espacio en planta y alzado que no constituyan limitaciones físicas prácticamente inalterables, entendiéndose por tales las que obliguen a demoler las estructuras que delimiten sus contornos)

Para entender la tabla es necesario entender los conceptos que aparecen en la tabla para obtener la vida útil:

Para diferenciar el tipo de obra no hay problema, ya que el puerto es un puerto deportivo con carácter recreativo, luego el tipo de obra será "*infraestructura de carácter general*", esta es definida como:

"Áreas de Navegación o Flotación de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de una sola terminal concreta."

Para establecer el nivel de seguridad requerido es necesario conocer las definiciones de cada nivel:

- NIVEL 1: Áreas de Navegación o Flotación en instalaciones de interés local o auxiliares. Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de accidente.

(Puertos menores sin tráfico de buques con productos contaminantes, inflamables o peligrosos, puertos deportivos, puertos auxiliares para equipos de construcción de obras o para embarcaciones que no tengan que operar en condiciones más desfavorables que las de diseño del puerto auxiliar, etc.).

- NIVEL 2: Áreas de Navegación o Flotación en instalaciones de interés general. Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de accidente.

(Grandes puertos sin tráfico de productos contaminantes, inflamables o peligrosos o puertos menores que en caso de tener estos tráficos mantengan en todos los accesos y áreas de flotación accesibles a ellos, las distancias de seguridad a núcleos urbanos o espacios de elevado valor medioambiental especificadas por sus reglamentos particulares, etc.).

- NIVEL 3: Áreas de Navegación o Flotación en puertos e instalaciones de carácter supranacional. Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de accidente.

(Grandes puertos con tráfico de productos contaminantes, inflamables o peligrosos debiéndose adoptar los valores mayores de la Vida Útil si las Áreas de Navegación y Flotación están situadas en zonas urbanas o de elevado valor medioambiental, etc.).

Una vez conocidas las definiciones y teniendo en cuenta que el puerto del proyecto es un puerto deportivo su nivel de seguridad requerido es un NIVEL 1.

Vida útil del proyecto: 25 años

2.2.1.2. Periodo de retorno

Se define como el intervalo de tiempo medio (en años) entre dos eventos sucesivos en que se iguala o excede la ola de diseño.

Si el fallo de la estructura marina se relaciona a la superación de un umbral de la variable de diseño (p. Ej. La Hs), es entonces posible relacionar el periodo de retorno con la probabilidad de fallo y el tiempo en que la estructura estará expuesta a dicha variable.

$$T = \frac{1}{1 - (1 - P_{fELU})^{1/V}}$$

Para hallar el período de retorno es necesaria la vida útil calculada en el apartado 2.2.1.1. y la probabilidad de fallo. Esta última se obtiene de la siguiente tabla mostrada en la figura 2.25. que se encuentra en el ROM 1.0-99.

Figura 2.2.34. ISA y probabilidad conjunta de fallo para ELU y P_{ELU}

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE ISA		P _{fELU}	P _{fELS}
ÁREAS PORTUARIAS	COMER-CIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s ₃	Alto	0.01	0.07
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas ¹	s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s ₁	No significativo	0.20	0.20
	PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₁	No signif.	0.20	0.20
	NÁUTICO-DEPORT.	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₁	No signif.	0.20	0.20
	INDUS-TRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s ₃	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s ₂	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s ₁	No significativo	0.20	0.20
MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique ¹		s ₃	Alto	0.01	0.07	
	Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s ₁	No signif.	0.20	0.20	
PROTEC-CIÓN *	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique ¹	Mercancías peligrosas ²	s ₃	Alto	0.01	0.07	
		Mercancías no peligrosas	s ₂	Bajo	0.10	0.10	
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES ³			s ₄	Muy alto	0.0001	0.07
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			s ₂ (s ₃) ⁴	Bajo (alto) ⁴	0.10 0.0001	0.10 0.07
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES			s ₂ (s ₄) ⁵	Bajo (muy alto) ⁵	0.10 0.0001	0.10 0.07
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			s ₁	No signif.	0.20	0.20

Figura 2.24. Probabilidad conjunta de fallo

De la tabla anterior hay que situarse en "ÁREAS PORTUARIAS" y dentro de esta dentro del tipo de área abrigada o protegida en "NAÚTICO-DEPORTIVO" Y "Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique", ya que se colocará una explanada para las diversas operaciones e instalaciones adosada a él.

De esta clasificación se obtienen los siguientes parámetros:

- ÍNDICE ISA : s₁ (No significativo).
- P_{fELU} : 0,10
- P_{fELS} : 0,10

Luego el periodo de retorno resultante es:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - P_{fELU})^{1/V}} = \frac{1}{1 - (1 - 0,1)^{1/25}} = 238 \text{ años}$$

Período de retorno del proyecto: 238 años

2.2.1.3. Altura de ola de diseño

2.2.1.3.1. Metodología

Para obtener las alturas de diseño del proyecto se ha seguido la siguiente metodología:

1º. Del régimen extremal obtenido mediante Matlab, representado en la figura 1.26. del capítulo 1 ,se ha obtenido la Hs para el periodo de retorno de 238 años obtenido en el apartado anterior.

Se obtiene una Hs=4,3m.

2º. Se obtiene el Tm de la siguiente relación de Hs-Tm obtenida con AMEVA y representada en la figura 2.25, siendo Hs=HB.

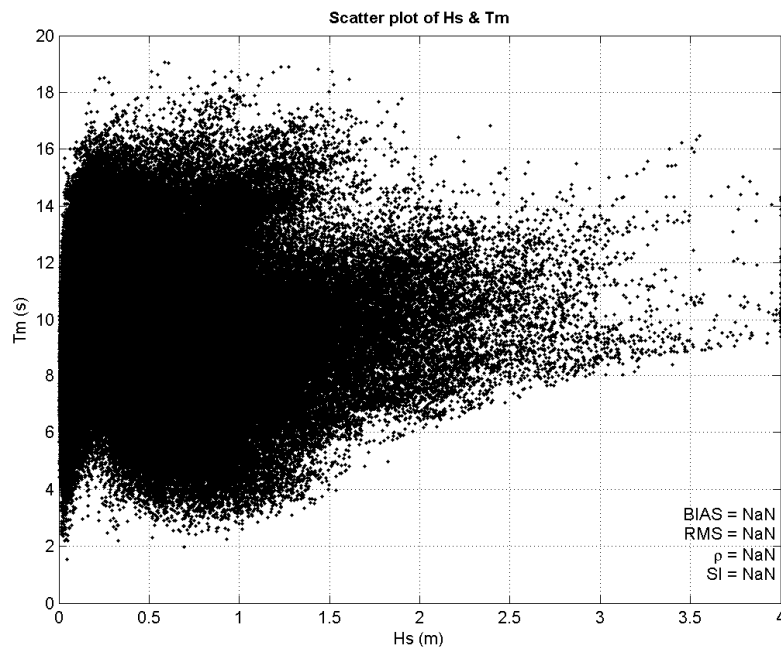


Figura 2.25. Relación de Hs-Tm

Se obtiene un Tm de 10 segundos.

3°. Se establece una duración de temporal de 3 horas.

4°. Se obtiene el número de olas como la relación entre la duración del temporal y T_m .

$$n^{\circ}olas = \frac{3(h) \cdot 3600(s)}{T_m} = \frac{3 \cdot 3600}{10} \approx 1100 \text{ olas}$$

5°. Se obtiene H_{rms} mediante su relación con H_s ($H_{1/3}$) asumiendo que la distribución de alturas de ola es Rayleigh

$$H_s = 1,416 \cdot H_{rms} \rightarrow H_{rms} = \frac{H_s}{1,416} = \frac{4,3}{1,416} = 3,037 \text{ m}$$

2.2.1.3.2. H50

Las 50 mayores olas del estado de mar suponen un $50/1100=1/22$ del total de olas, de modo que para nuestro caso $H_{50} = H_{1/22}$.

$$H_{1/N} = \left[\frac{N \cdot \sqrt{\pi}}{2} \cdot (1 - \text{erf}(\sqrt{\ln N})) + \sqrt{\ln N} \right] \cdot H_{rms}$$

Siendo erf la función de error expresada a continuación y $x=\sqrt{\ln 22}$

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^x e^{-t^2} dt = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^{\sqrt{\ln 22}} e^{-t^2} dt = 0,987$$

De modo que ya se puede obtener la altura:

$$H_{1/N} = \left[\frac{22 \cdot \sqrt{\pi}}{2} \cdot (1 - 0,987) + \sqrt{\ln 22} \right] \cdot 3,037 = 6,1 \text{ m}$$

Esta altura la será utilizada para la estabilidad del manto principal del dique.

Destacar que la H_s en aguas profundas para el régimen extremal en aguas profundas para un periodo de retorno de 238 años es de 7,25 metros aproximadamente.

Se observa que ha habido una disminución de casi el 70%, debido a los efectos de propagación. Esto indica que el emplazamiento del puerto es adecuado ya que es una zona resguardada, hecho beneficioso para el puerto deportivo.

$H_{50} = 6,1 \text{ m}$

2.2.1.3.3. Hmax

La altura de ola máxima más probable de un estado de mar de N olas se determina mediante la expresión:

$$\frac{H_{max,N}}{H_{rms}} = \sqrt{\ln N} = \sqrt{\ln 1100} = 2,65m$$

Luego:

$$H_{max,N} = 2,64 \cdot H_{rms} = 2,65 \cdot 3,037 = 8,037m$$

Esta altura máxima se utilizará para el cálculo de la estabilidad del espaldón.

H_{max} = 8 metros

2.2.1.4. Tipo de talud

Un puerto necesita una estructura de abrigo suficiente para resistir la acción del mar con un mínimo de gastos de mantenimiento. Además, esa protección del mar debe permitir un acceso seguro y fácil a las embarcaciones usuarias.

El dique y contradique de abrigo al puerto se construirá según las recomendaciones técnicas recogidas en la “ROM 1.0-09 Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo”, para una vida útil mínima de 25 años.

La ROM 1.0-09 en su capítulo 2 proporciona a priori un esquema de las partes de la sección de un dique de abrigo, representado en la figura 2.26, estas son:

- *Cimentación*, que determina la forma en que la estructura transmite los esfuerzos al terreno.
- *Cuerpo central*, que controla la transformación del flujo de energía del oleaje incidente y transmite a la cimentación la resultante de las acciones.
- *Superestructura*, que controla el rebase sobre la coronación y, en su caso, ofrece un camino de rodadura.

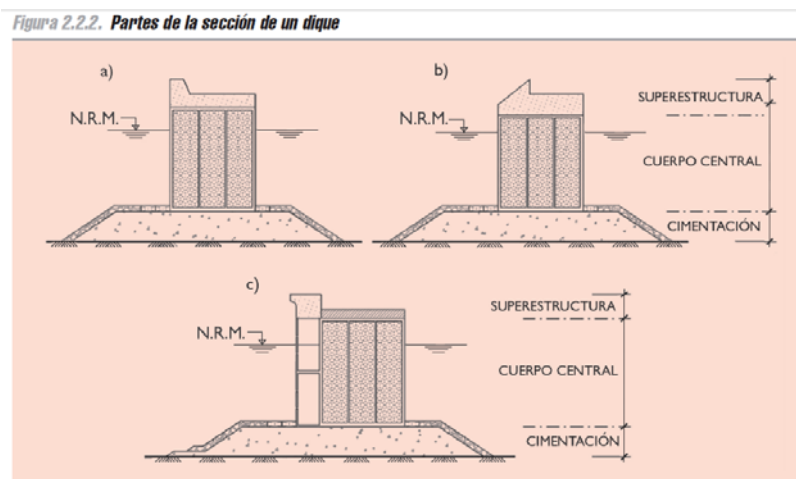


Figura 2.26. Esquema de las partes de la sección de un dique

El esquema a seguir para el proyecto será una forma en talud en la parte frente al oleaje con una pendiente de 2/1.

Por el trasdós se colocará un muro vertical de hormigón.

Un esquema general de lo que será el dique y contradique, sin entrar en sus partes, ya que eso se estudiará más adelante en los capítulos 4 y 5, se puede ver en la *figura 2.27*:

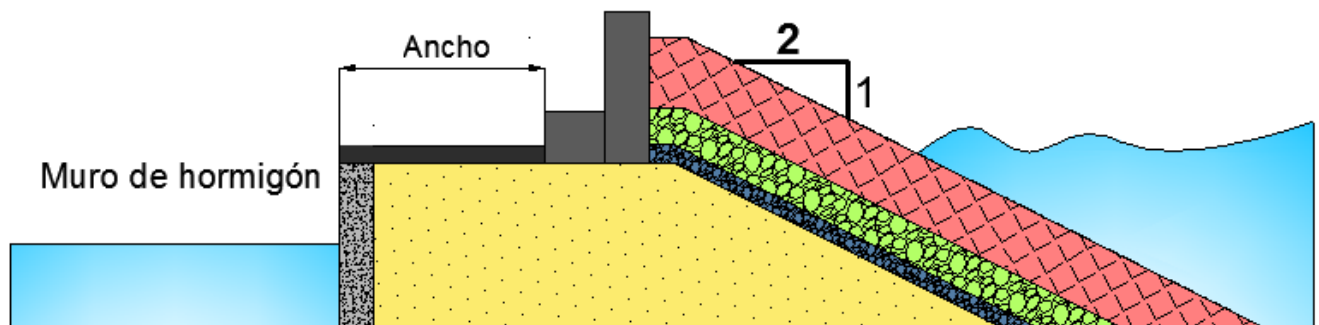


Figura 2.27. Esquema del dique

2.2.1.5. Densidad del material

La elección para el material de construcción del dique y contradique a utilizar será la siguiente:

- **Escollera**

Densidad = 2650 kg/m^3

Peso máximo = 7 toneladas

- escollera 1.5 – 4 t, peso medio 2.75 t
- escollera 100 – 400 Kg, peso medio: 250 Kg

Un ejemplo de escollera es el mostrado en la *figura 2.28*.



Figura 2.28. Escollera

- **Cubos de hormigón**

Densidad = 2300 kg/m^3

Un ejemplo de cubos de hormigón es el mostrado en la *figura 2.29*.



Figura 2.29. Cubos de hormigón

2.2.2. Criterios funcionales

2.2.2.1. Operatividad

La operatividad es el valor complementario de la probabilidad de fallo frente a todos los modos de fallo adscritos a los estados límite de parada.

En la tabla de la *figura 2.30* obtenida de la ROM 1.0-99 le corresponde el apartado de "PUERTO NAÚTICO-DEPORTIVO".

Figura 2.2.35. IREO y operatividad mínima

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE IREO		$r_{f,ELO}$	
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	r_{o3}	Alto	0.99		
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique con adosadas a las que no les afecte el rebase	Con tráfico de graneles	r_{o2}^2	Medio	0.95 ¹	
			Con tráficos de pasajeros y de mercancía general regulares	r_{o3}^2	Alto	0.99 ¹	
			Con tráficos de mercancía general tramp	r_{o2}^2	Medio	0.95 ¹	
	PUERTO PESQUERO			r_{o3}	Alto	0.99 ¹	
	PUERTO NAÚTICO-DEPORTIVO			r_{o3}	Alto	0.99 ¹	
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	r_{o3}	Alto	0.99		
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	r_{o2}	Medio	0.95 ¹		
		MILITAR			r_{o3}	Alto	0.99
		PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES			r_{o3}	Alto	0.99
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES			r_{o3}	Alto	0.99	
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			r_{o3} (r_{o2}) ³	Alto (medio) ³	0.99 (0.95) ³	
	PROTECCION Y DEFENSA DE MÁRGENES			r_{o1} (r_{o3}) ⁴	Bajo (alto) ⁴	0.85 (0.99) ⁴	
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			r_{o1}	Bajo	0.85	

Figura 2.30. Operatividad mínima

Operatividad del proyecto: 0,99

2.2.2.2. Número de paradas y duración de la parada

El número de paradas y su duración también se encuentran en la ROM 1.0-99, sus valores se obtienen de dos tablas representadas en las *figuras 2.31 y 2.32*.

El número máximo de paradas se ha obtenido teniendo en cuenta que el puerto del proyecto es un "PUERTO NAÚTICO DEPORTIVO".

Figura 2.2.36. ISAO y número máximo de paradas anuales

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE ISAO		N _m
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas ¹	s _{o3}	Alto	2
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas	s _{o2}	Bajo	5
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o sólo con las que no les afecte el rebase		s _{o1}	No signif.	10
	PUERTO PESQUERO			s _{o2}	Bajo	5
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO			s _{o2}	Bajo	5
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas ¹	s _{o3}	Alto	2
			Mercancías no peligrosas	s _{o2}	Bajo	5
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o adosadas a las que no les afecte el rebase		s _{o1}	No signif.	10
	MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique a las que afecte el rebase		s _{o3}	Alto	2
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s _{o1}	No signif.	10
	PROTECCIÓN*	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas ¹	r _{o3}	Alto	2
			Mercancías no peligrosas	s _{o2}	Bajo	5

Figura 2.31. Número de paradas

El índice ISAO se obtiene de la tabla de la figura 2. 31 y es Bajo y el índice IREO de la figura 2.30 y es Alto

Figura 2.2.37. Duración máxima probable de una parada operativa

ÍNDICE IREO	ÍNDICE ISAO			
	No significativo	Bajo	Alto	Muy alto
Bajo	24 horas	12 horas	6 horas	0
Medio	12 horas	6 horas	3 horas	0
Alto	6 horas	3 horas	1 horas	0

Figura 2.31. Duración paradas

Número de paradas anuales: 5

Duración de las paradas: 3 horas

Tiempo total por paradas: 15 horas

2.3. CONCLUSIONES

Centrándose en las consideraciones en planta, en la que está incluida la flota, se ha llegado a una flota orientativa representada en la *figura 2.10.*.

ESLORA (m)	MANGA (m)	NÚMERO ATRAQUES
6	2,5	90
8	3,5	120
10	3,8	130
12	4	70
15	5	30
18	6	10
20	6	10

Hacen un total de 460 atraques, se han reducido en 400 atraques los del puerto actual. En base a los precios y a las ocupaciones establecidas en los apartados 2.1.1.3 y 2.1.1.4 se han estimado unos ingresos anuales al puerto de **1.320.694,00 €**.

Mostrando un resumen de los parámetros obtenidos a partir de las ROM 3.1-99, 1.0-09 y las alturas de diseño de las consideraciones en sección, se realizan unas tablas representadas en las *figuras 2.32.* para los criterios estructurales y 2.33. para los criterios funcionales.

CRITERIOS ESTRUCTURALES	
VIDA ÚTIL	25 años
PERIODO DE RETORNO	238 años
H50	6,4 metros
Hmax	8 metros

Figura 2.32. Resumen criterios estructurales

CRITERIOS FUNCIONALES	
OPERATIVIDAD	0,99
Nº DE PARADAS ANUALES	5 paradas
DURACIÓN POR PARADA	3 horas
DURACIÓN TOTAL PARADAS	15 horas

Figura 2.33. Resumen criterios funcionales

CAPÍTULO 3.
CRITERIOS DE DISEÑO
EN PLANTA

CAPÍTULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO EN PLANTA

En este capítulo 3 se ha llevado cabo todo el diseño en planta del puerto, utilizando los criterios sobre la flota realizados en el Capítulo 2, en el apartado "2.1. Consideraciones para la planta" y basándose en los documentos mencionados en el apartado "2.1.2. Documentos de referencia".

En él además se incluyen los planos de las distintas alternativas estudiadas realizados con Autocad 2014.

También se incluye el estudio de la agitación realizado con el programa informático Matlab para cada una de las alternativas. Su programa se adjunta al final del trabajo a continuación del Anexo informático, nombrados como "Anexo Agitación x" para cada una de las tres alternativas.

3.1. CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO

Existen numerosos criterios a la hora de realizar el diseño en planta de un puerto deportivo dependiendo que autores o que bases de datos se utilicen, a menudo contradictorios entre sí o muy distintos. A continuación se han analizado las partes del puerto, algunos de los criterios que se utilizan para su geometría y la elección elegida.

3.1.1. Emplazamiento del puerto

Naturalmente, la elección de la localización del puerto para fines de recreo, si esta no está condicionada por la necesidad de la ampliación de un puerto ya existente, debe tener en cuenta en primer lugar el aspecto marítimo.

Es necesario realizar unas observaciones preliminares y el indispensable estudio para confirmar la viabilidad en condiciones. Por ejemplo la línea natural de costa puede ser alterada por un rompeolas y producir la construcción de obras nuevas y costosas.

Para el proyecto se ha mantenido la localización del puerto actual. No obstante, para la elección de esta localización cuando se llevo a cabo la construcción del actual puerto de Laredo se tuvieron en cuenta una serie de factores necesarios para establecer la ubicación de un puerto, estos son:

1. Estimaciones financieras.
2. Derivas litorales (Transporte de sedimentos).
3. Proximidad a grandes núcleos de población.
4. Calidad del agua/Tratamiento.
5. Servicios disponibles: electricidad, combustible, almacenes, etc.
6. Consecuencia con el urbanismo.
7. Ecología: suelo, algas, fauna.
8. Interacción fluvial.
9. Rango de mareas.
10. Profundidades, dragado.
11. Suelo.
12. Oleaje y viento.

13. Cantera disponible.
14. Paisaje y evaluación visual.
15. Disponibilidad de zonas naturales de abrigo: islas, cabos, penínsulas, estuarios, lagos, etc.

3.1.2. Criterios generales de disposición

Existen una serie de principios generales aplicables para una disposición adecuada de los diversos componentes de las pequeñas instalaciones de atraque de embarcaciones. Estos son:

1. La nave más grande generalmente se atraca cerca de la entrada.
2. Estarán separados generalmente las zonas de atraque de embarcaciones comerciales y de recreo debido a las diferentes necesidades de uso de tierra.
3. Veleros sin energía auxiliar deben ser atracados en los resbalones que se abren a sotavento de los vientos dominantes y que se puede llegar a través de amplias calles y canales o rutas que permitan el yate de viradas con menos interferencias en el arte accionado.
4. Las rampas para el lanzamiento de naves estarán separados de las zonas de atraque en lo posible.

3.1.3. Área de dársena

Para tener una maniobrabilidad y una navegación seguras, se considera una dársena adecuada geométricamente cuando tiene espacios libres para tres clases diferentes y tres posiciones u operaciones de embarcaciones:

- Espacios libres en los atraques además del ancho y la longitud de la embarcación.
- Ancho de los canales de entrada y salida.
- La profundidad y la anchura de la zona de agua para maniobrar hacia y desde los atraques, es decir, la dársena de maniobras.

Para el área de dársena se exponen los siguientes criterios:

- *"Port Engineering", Per Bruun, Ed. Gulf.*

$$Ad = 200 \frac{m^2}{barco} (atraques y canales) + 20 \frac{m^2}{barco} (area de servicio)$$

- *"Puertos Deportivos" apuntes del Prof. D. Pedro Suárez Bores*

$$Ad = 130 \frac{m^2}{barco} (barcos grandes)$$

$$Ad = 80 \frac{m^2}{barco} (barcos pequeños)$$

Puesto que los valores medios rondan los 120 m²/barco, muy inferior a los 220 m²/barco recomendados por P. Bruun y por tener un criterio general para los dos tipos de embarcaciones se ha usado el criterio de 120 m² por barco.

Como se tiene un total de 460 atraques, se ha obtenido una superficie total de 55200 m².

Área de dársena: 55.200 m²

3.1.4. Área de tierra

Se ha encontrado de nuevo numerosos criterios a la hora de obtener el área de tierra del puerto. A groso modo se puede obtener como la mitad de área de dársena, el 60% si es para aparcamientos o incluso encontramos el 80% del área de dársena unos 160m² por barco, más que los criterios vistos antes para el área de dársena. Se observa, como se ha comentado al comienzo del capítulo que los criterios pueden llegar a ser totalmente distintos dependiendo del autor o la recomendación que se use como fuente.

Se han expuesto los siguiente criterios:

- *"Port Engineering", Per Bruun, Ed. Gulf.*
 $At = 160 \text{ m}^2/\text{barco}$
- *"Puertos Deportivos", M. A. Losada, M. Corniero*
 $At = 49 \cdot c \text{ m}^2$, siendo "c" el número de barcos (fijos + estacionales)

Debido a que el criterio de "Port Engineering" es muy elevado se ha tomado el otro criterio. Se ha usado el total de las embarcaciones pese a que no se ha planteado una ocupación completa como es necesaria la colocación un parking, esto que hace que se necesite más área de tierra, luego este exceso está justificado.

Se tiene un total de 460 atraques, que da un área de 22540 m², como no llega a la mitad del área de dársena se ha aumentado el área a 25.000m² para que no sea escasa.

Área de tierra: 25.000 m²

3.1.5. Anchura de bocana

La ROM 3.1-99 en su capítulo 8 dice lo siguiente sobre la anchura de la bocana del puerto:

"Con independencia de la anchura de la bocana del puerto que resulte del análisis de la vía de navegación en el tramo correspondiente, se recomienda que, en el caso de que la bocana esté configurada por los extremos avanzados de dos estructuras artificiales, la anchura nominal de la bocana del puerto medida a la profundidad requerida por el Buque de Proyecto en las condiciones operativas más desfavorables que se admitan, sea igual o superior a la eslora total (L) del citado buque, para prevenir la posibilidad de que el barco quede encallado entre ambas márgenes, con riesgo de partirse al quedar apoyado en ambos extremos en mareas bajas."

Se tendrá esto en cuenta en el caso de que con los criterios que aparecen no sea suficiente para cumplir esta condición.

Para la anchura de bocana es necesario definir el "Buque de proyecto", definido en el apartado siguiente 3.1.3.1..

Algunos de los criterios utilizados para la anchura de la bocana son los siguientes:

- *"Puertos Deportivos", apuntes del Prof. D. Pedro Suárez Bores*

$$B = 45 \text{ metros [mínimo]}$$

$$B = 3 \cdot \text{eslora barco máximo}$$

- *USA3*

$$B = 30 \text{ metros [mínimo]}$$

$$B = 5 \cdot \text{manga barco máximo}$$

- *UK1*

$$B = (L + 2) \text{ metros, siendo } L \text{ eslora máxima} > 20\text{m}$$

- *Criterio general*

$$B = 2 - 2,5 \cdot \text{eslora barco máximo}$$

Dependiendo el criterio usado se tienen anchuras de bocanas de 75m, 30m, 27m, 50-62,5m, valores muy dispares entre sí. De modo que se ha acudido a la tabla mostrada en la *figura 3.1.* en la que aparecen valores de la anchura de bocana según métodos determinanticos (ROM) y códigos de buenas prácticas incluida en las "Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la Región de Murcia".

L (m)	B (m)	B _{boc} ROM	B _{boc} USA3	B _{boc} UK1	B _{boc} (m)
6	2,4	17,4	12,0	20,0	20,0
9	3,3	24,7	16,5	20,0	24,7
12	3,5	28,6	17,5	20,0	28,6
15	4	34,0	20,0	20,0	34,0
18	4,4	38,8	22,0	20,0	38,8
21	5	44,7	25,0	23,0	44,7
24	5,5	50,0	27,5	26,0	50,0

Figura 3.1. Relación entre la eslora y la bocana

Atendiendo a esta tabla, a los valores obtenidos mediante los criterios anteriores y teniendo en cuenta que el buque de proyecto es de 25m (calculado en el apartado siguiente 3.1.3.1.) se ha establecido una bocana de 50m.

Anchura de bocana: 50 metros

3.1.5.1. Buque de proyecto

Para definir el "Buque de proyecto" se ha ido directamente a los yates de mayor eslora ya que serán las mayores embarcaciones que entrarán al puerto.

Ya que los yates de esta eslora son de diseños muy distintos y no es posible saber cual será en concreto el de mayor tamaño que entrará al puerto, se estudiarán las dimensiones de varios modelos. Como por ejemplo:

- Sunseeker Predator 68 Hard Top (figura 3.2.)

Eslora: 20,73 m

Manga: 5,21 m

Calado: 1,45 m

Plazas: 10



Figura 3.2. Sunseeker Predator 68 Hard Top

- Maiora 20 (figura 3.3)

Eslora: 20,8m

Manga: 5,6m

Calado: 1,6m

Plazas: 10



Figura 3.3. Maiora 20

- Dutch Classic Motor Yatch (figura 3.4.)

Eslora: 24 m

Manga: 6 m

Calado: 2,4 m

Plazas: 10



Figura 3.4. Dutch Classic Motor Yatch

Se observa que a los yates de 20m de eslora les corresponden calados de 5m en adelante, para tener margen en los distintos modelos de yate que pueden atracar en el puerto se ha supuesto una manga de diseño de 6 metros.

Respecto al calado, como ya se ha comentado, será el de los veleros el que será determinante.

Como en un atraque lo que realmente interesa es la manga ya que, aunque no es recomendable, no es un problema que el barco sobresalga un poco del atraque y los atraques tienen una manga superior a las de las embarcaciones se ha supuesto una eslora algo mayor, de 25m.

Luego el **buque de proyecto será de 25 metros de eslora y 6 metros de manga.**

3.1.6. Canal principal

Para la anchura del canal principal se exponen los siguientes criterios:

- *"Puertos Deportivos", apuntes del Prof. D. Pedro Suárez Bores*

$C = 45$ metros si el canal es recto

$C = 75$ metros si el canal es tortuoso

- *Criterio general*

$L_i = 1,5 \cdot \text{Longitud del barco más grande}$

- *ROM*

3.1-99. Capítulo 8

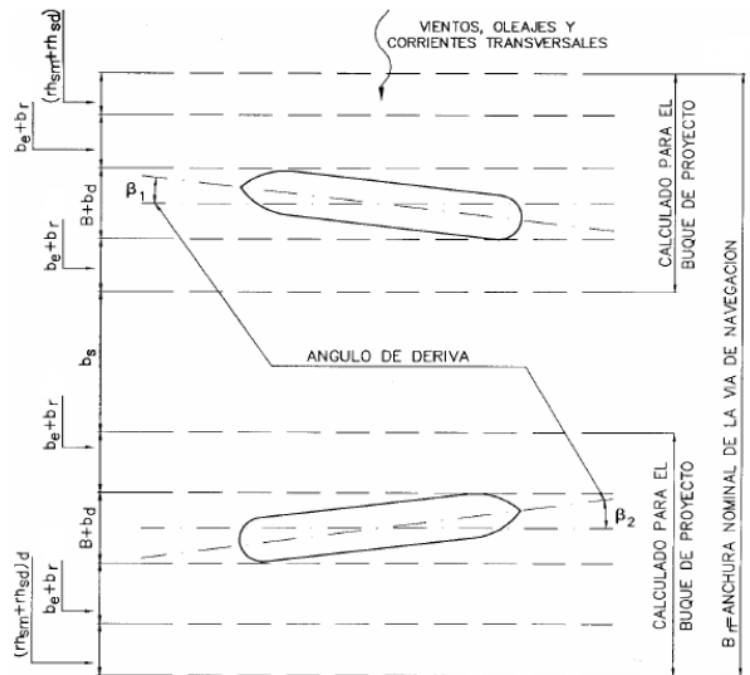
$$Bn = n[B + bd + 2 \cdot (be + br) + (n - 1) \cdot bs + (rhsm + rhsd)i + (rhsm + rhsd)d]$$

Donde:

- n = número de carriles de navegación
- B = manga máxima de embarcaciones que circularán por dicho canal
- bd = sobreancho de la senda del buque. Producido por la navegación con un determinado ángulo de deriva en relación con el eje de la vía navegable, ocasionado por la incidencia de vientos, oleajes, corrientes o remolcadores. El sobreancho bd será calculado como $bd = L \cdot \sin \beta$, con L , eslora máxima del buque de diseño del canal y un valor típico de deriva de $\beta = 10^\circ$.
- be = sobreancho por errores de posicionamiento. Corresponde a la diferencia entre la verdadera posición del buque y la posición estimada por el capitán utilizando los medios de información y ayuda a la navegación disponibles. Se estima $be = B$ siendo B la manga máxima de embarcaciones que circularán por dicho canal.
- br = sobreancho para respuesta. Valora la desviación adicional que puede producirse desde el instante en que se detecta la desviación del buque en relación a su posición teórica y el momento en que la corrección es efectiva. Se estima $br = 0,3 \cdot B$ siendo B la manga máxima de embarcaciones que circularán por dicho canal.
- bs = sobreancho de seguridad entre vías de navegación. Anchura de la banda de

separación entre las vías, calculada como suma de la anchura por velocidad absoluta de buque y densidad de tráfico esperada. Se estima $b_s = B$ siendo B la manga máxima de embarcaciones que circularán por dicho canal

- $(rh_{sm} + rh_{sd})$ = resguardo adicional y margen de seguridad a cada banda (i izquierda y d - derecha). Permitirá la navegación del buque sin que resulte afectada por los efectos de succión y rechazo de las márgenes. Según la ROM y para las velocidades absolutas de buque previstas, se puede estimar $(rh_{sm} + rh_{sd})_i = 0,6 \cdot B$ para cada lado, siendo B la manga máxima de embarcaciones que circularán por dicho canal.



Fuente. ROM 3.1-99

Figura 3.5. Esquema de la ROM

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas se simplifica la fórmula de la anchura del canal en:

$$Bn = n[4,8 \cdot B + L \cdot \sin 10^\circ + (n - 1) \cdot B]$$

Se ha realizado el puerto con un solo carril de navegación, luego queda la siguiente expresión:

$$Bn = 4,8 \cdot B + L \cdot \sin 10^\circ$$

$$Bn = 4,8 \cdot B + L \cdot \sin 10^\circ = 4,8 \cdot 6 + 25 \cdot \sin 10^\circ = 33,14 \text{ m}$$

Se ha utilizado el criterio de la ROM por ser más preciso y tener establecido ya el buque de proyecto. Se han aproximado los 33,14m a 35m.

Anchura del canal principal: 35 metros

Como existen zonas en las que el canal sea de un tamaño excesivo para los barcos que pasarán por él, habrá distintas anchuras en función de la eslora y el calado de la embarcación.

La tabla que se muestra en la figura 3.5. recoge las distintas anchuras del canal principal en función de la eslora del barco mayor que pasará por él para llegar a su atraque.

ESLORAS	MANGAS	ANCHURA
6	2,5	13
8	3,5	18
10	3,8	20
12	4	22
15	5	27
18	6	32
20	6	33
25 (buque de diseño)	6	35

Figura 3.5. Anchuras de canal principal en función de la eslora

3.1.7. Calados

En general, las profundidades de la zona del puerto varían.

Existen algunos criterios generales en cuanto a calados mínimos en zonas específicas como son:

- Calado mínimo en bocana 4,5m.
- Calado mínimo en canal principal 4,5m.

Además existen unos calados mínimos bajo los atraques en función de la eslora de la embarcación como se recogidos en la tabla de la *figura 3.6*.

ESLORA MÁXIMA	CALADO EN EL ATRAQUE
Hasta 6m	2m
Hasta 8m	2m
Hasta 10m	2,5m
Hasta 12m	3m
Hasta 16m	3,2m

Figura 3.6. Calados mínimos en función del atraque

Para atender a estos mínimos se tendrá en cuenta la batimetría de la costa de la zona del proyecto mostrada en la *figura 3.7*.

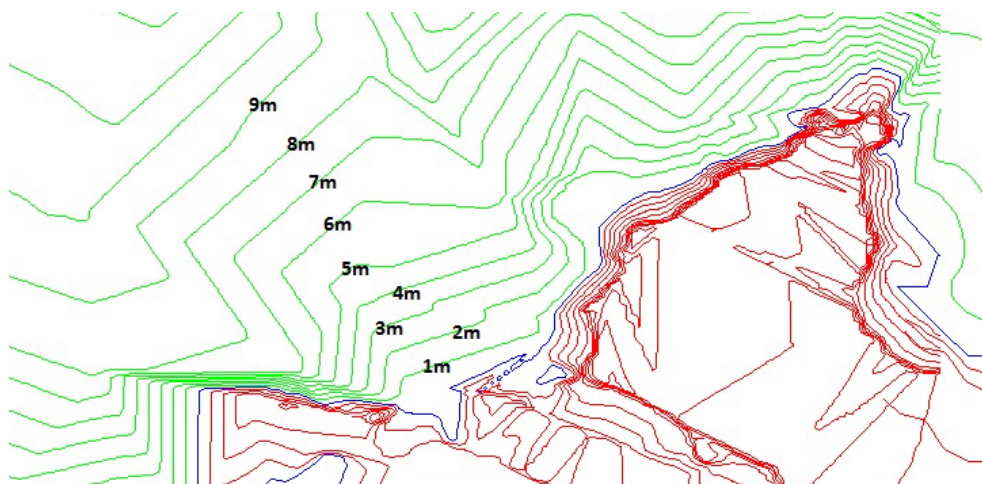


Figura 3.7. Batimetría

La batimetría mostrada en la figura 3.7. represente la situación de bajamar, luego será la situación pésima de calado.

En caso de que aun con una disposición adecuada teniendo en cuenta estos calados mínimos no se llegase a conseguir el mínimo serán necesarias operaciones de dragado.

3.1.8. Atraques

3.1.8.1. Pantalanes

- *ROM 2.0-08. "Recomendaciones sobre Muelles u otras Obras de Atraque y Amarre"*
La anchura recomendada de los pantalanes principales, para el supuesto de que no admitan tráfico de vehículos, *estará comprendida entre 1,20 m. y 2,00 m.* en función del tamaño de los buques y del número de pantalanes de atraque que se dispongan en cada pantalán principal.

Si se prevé algún tipo de tráfico para vehículos ligeros o el pantalán tiene más de *120m de largo*, se adoptará una anchura adaptable a los usos, con un *valor mínimo de 2,50 m.* Siguiendo estas indicaciones, la anchura cumple las recomendaciones de paso para personas de movilidad reducida.

En pantalanes de estructura fija se recomienda *no sobrepasar longitudes de más de 150 metros*. En pantalanes flotantes fijados mediante bloques de hormigón o muertos se recomienda no pasar los 60 metros de longitud, mientras que en pantalanes fijados con pilotes se recomienda una longitud máxima de 120 metros por razones de comodidad.

- *Criterio general*
2 metros si éste tiene menos de 100 metros de longitud
3 si se superan los 100 metros de longitud.

Pantalanes de 2 metros si la longitud es menor de 100 metros.

Pantalanes de 3 metros si la longitud es mayor de 100 metros (llegando como máximo a 120).

3.1.8.2. Fingers

Se tienen distintos tipos de fingers en función del tipo de embarcación. Para el proyecto se han tenido 7 tipos de fingers de distintas dimensiones, uno para cada dimensión de atraque que se ha establecido en el CAPITULO 2, en el apartado 2.1.1.Flota.

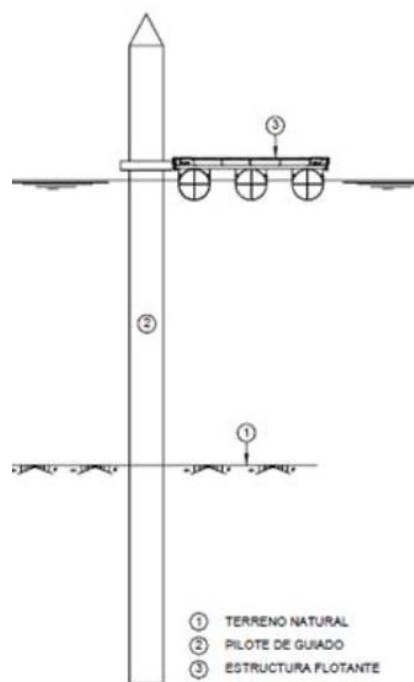


Figura 3.8. Esquema pantalán

- *Anchura*

Como criterio general se suelen tomar 1 metro de anchura.

No obstante en el documento de "Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos de la región de Murcia" se encuentra la tabla mostrada en la *figura 3.9.* que condiciona las anchuras en función de la eslora.

PANTALANES FLOTANTES			
Eslo L (m)	B _f (m) UK1	B _f (m) USA3	B _f (m) diseño
6	0,65	0,9	0,9
9	0,65	0,9	0,9
12	1	1,2	1,2
15	1,4	1,5	1,5
18	2	1,8	2
21	2,5	2,1	2,5
24	2,5	2,4	2,5

Figura 3.9. Anchura del atraque en función de la eslora

Para las 7 esloras ya fijadas se han establecido las siguientes anchuras de finger en base a ambos criterios. Estas se muestra en la *figura 3.10.*

DIMENSIONES	ANCHURA FINGER [m]
6x2,5	1
8x3,5	1
10x3,8	1,1
12x4	1,2
15x5	1,5
18x6	2,5
20x6	2,5

Figura 3.10. Anchura del finger final

Se ha hecho que los atraque de 18 y 20 metros de eslora tengan igual anchura para facilitar después la disposición

- *Longitud*

La longitud del pantalán será igual a la eslora de la embarcación.

En fingers de más de 12 metros de longitud no podrán quedar en ménsula, deberá llevar una pila de apoyo al final.

3.1.8.3. Distancia entre fingers (longitud de la línea de atraque)

Habrán 7 distancias en función de las 7 esloras que ha sido prefijadas. Para las dos embarcaciones de mayor eslora (las de 18 y 20 metros) se han utilizado atraques individuales, para el resto serán dobles.

- *Atraques individuales*

Para embarcaciones de más de 20m de eslora se debe colocar un resguardo de 1m a cada lado de la embarcación. Para los pantalanes de 18 y 20 metros se ha usado la misma longitud para la línea de atraque.

$$La = 1 + manga + 1 = 1 + 6 + 1 = 8 \text{ metros}$$

- *Atraques dobles*

Para el resto de embarcaciones se coloca un resguardo de 0,3 entre la embarcación y el finger, mas una distancia de 0,5 a 1 metro entre embarcaciones. Se ha tomado 1m de anchura, luego:

$$La = 0,3 + manga1 + 1 + manga2 + 0,3$$

3.1.8.4. Esquemas de atraques

- *20 metros de eslora por 6 de manga*

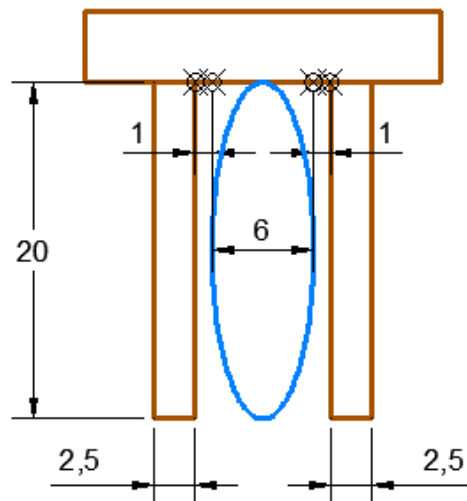


Figura 3.11. Atraque simple L=20metros

- *18 metros de eslora por 6 de manga*

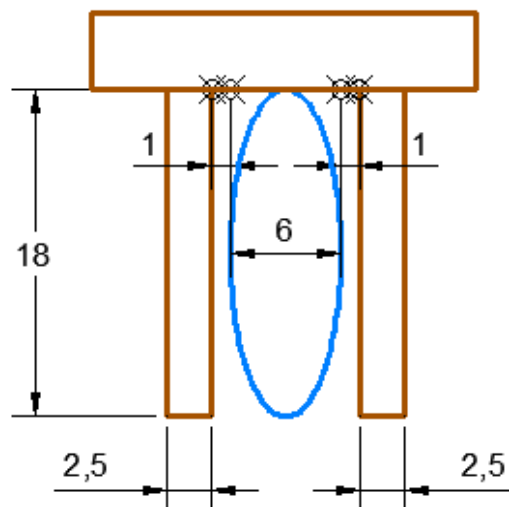


Figura 3.12. Atraque simple L=18metros

- 15 metros de eslora por 5 de manga

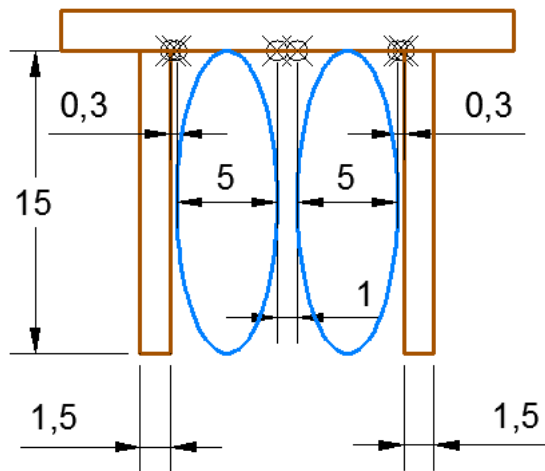


Figura 3.13. Atraque doble $L=15$ metros

- 12 metros de eslora por 4 de manga

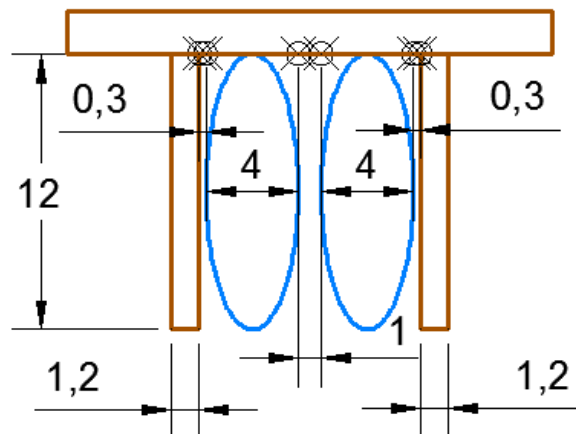


Figura 3.14. Atraque doble $L=12$ metros

- 10 metros de eslora por 3,8 de manga

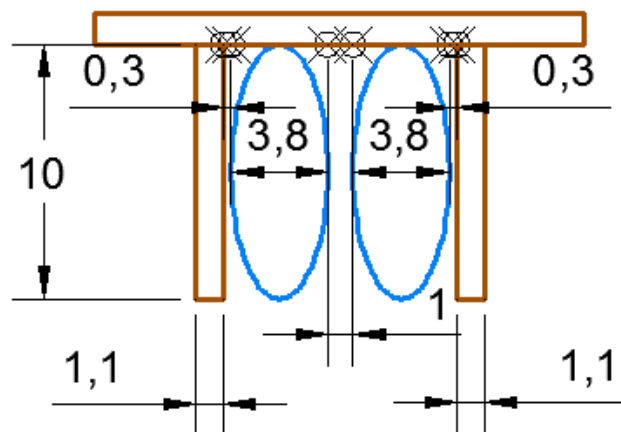


Figura 3.15. Atraque $L=10$ metros

- 8 metros de eslora por 3,5 de manga

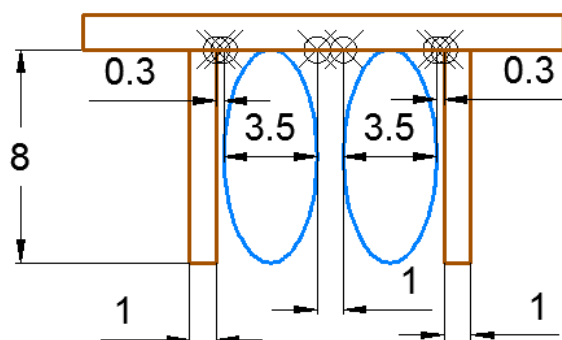


Figura 3.16. Atraque L=8metros

- 6 metros de eslora por 2,5 de manga

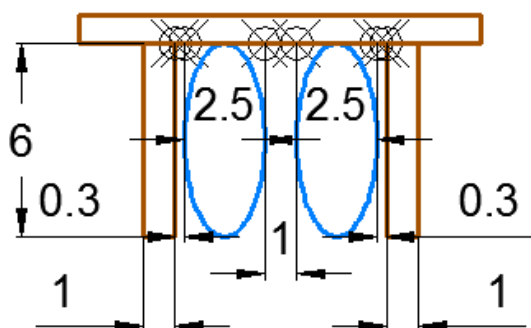


Figura 3.17. Atraque L=6metros

3.1.9. Canales de acceso

- Criterio general

$$Li = 1,5 \cdot \text{Longitud del barco más grande}$$

- Plan Director de Puertos de Euskadi

$$Li = 1,5 \cdot \text{Longitud del barco más grande} + 3\text{metros}$$

Dependerá de cómo se coloquen los atraques habrá unas anchuras u otras. Se ha tomado el primer criterio. Las anchuras en función de las esloras, todo en metros, son las mostradas en la figura 3.18.

ESLORAS	ANCHURA CANAL ACCESO
6	9
8	12
10	15
12	18
15	22.5
18	27
20	30
25 (buque de diseño)	37.5

Figura 3.18. Anchura canal de acceso en función de la eslora

3.1.10. Área de reviro

Dentro del concepto de áreas de maniobra, se engloban las zonas reservadas para parar, revirar o arrancar el buque. A pesar de la gran maniobrabilidad de las embarcaciones deportivas, la gran acumulación de tráfico en temporada estival y los requerimientos de espacio en remolcaje, hacen que sea recomendable disponer de un área de reviro en la boca de la dársena, con su centro situado en el eje longitudinal de la misma y de radio $1,5 \cdot L$ (siendo L la eslora del buque de cálculo).

Un esquema de estas dimensiones se muestra en la figura 3.19.

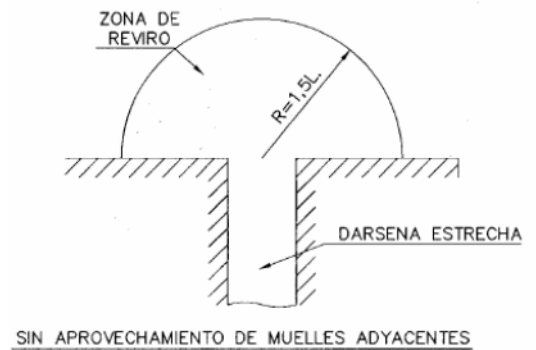


Figura 3.19. Área de reviro

Radio eje de reviro: 37,5 metros

3.2.ALTERNATIVAS

Se han realizado 3 alternativas con un dique y contradique distintos así como una distribución de los atraques diferentes.

Como ya se mencionó cuando se realizó el establecimiento de la flota el número de atraques se ha visto modificado respecto del inicial.

Las nuevas flotas son:

ALTERNATIVA 1

ESLORA (m)	MANGA (m)	NÚMERO ATRAQUES
6	2,5	102 (3x34)
8	3,5	130 (5x26)
10	3,8	112 (4x22+1X24)
12	4	64 (2X32)
15	5	26 (1x26)
18	6	10 (1x10)
20	6	10 (1x10)
TOTAL		454

ALTERNATIVA 2

ESLORA (m)	MANGA (m)	NÚMERO ATRAQUES
6	2,5	102 (3x34)
8	3,5	128 (2x26+2x38)
10	3,8	142 (1x38+1x50+1x54)
12	4	76 (1x54+1x22)
15	5	28 (1x28)
18	6	10 (1x10)
20	6	10 (1x10)
TOTAL		496

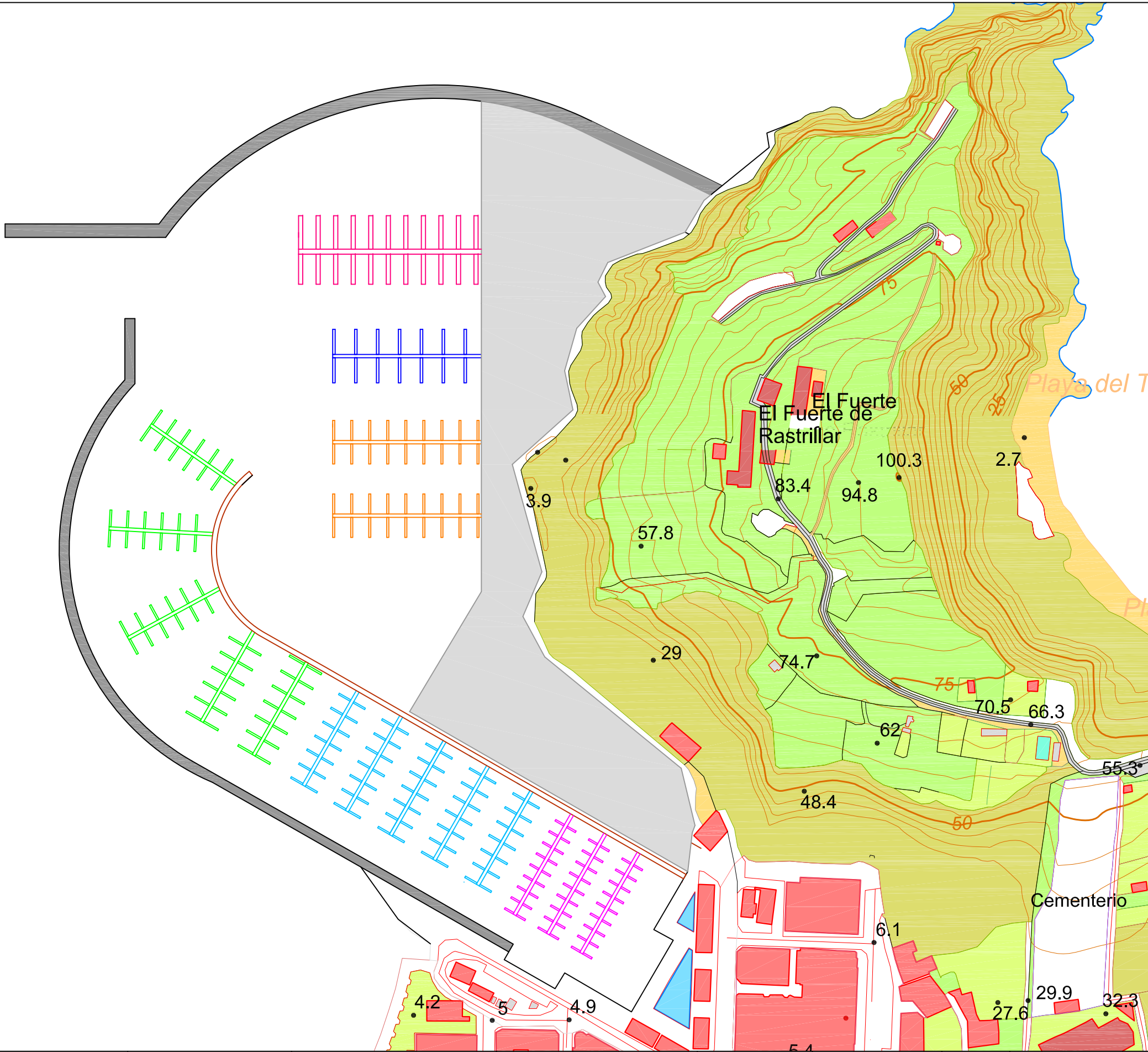
ALTERNATIVA 3

ESLORA (m)	MANGA (m)	NÚMERO ATRAQUES
6	2,5	102 (3x34)
8	3,5	130 (5x26)
10	3,8	120 (4x30)
12	4	66 (3x22)
15	5	28 (1x28)
18	6	11 (1)
20	6	11 (1)
TOTAL		468

En los planos los atraques están agrupados por colores en función de su tamaño. La leyenda de los atraques es la siguiente:

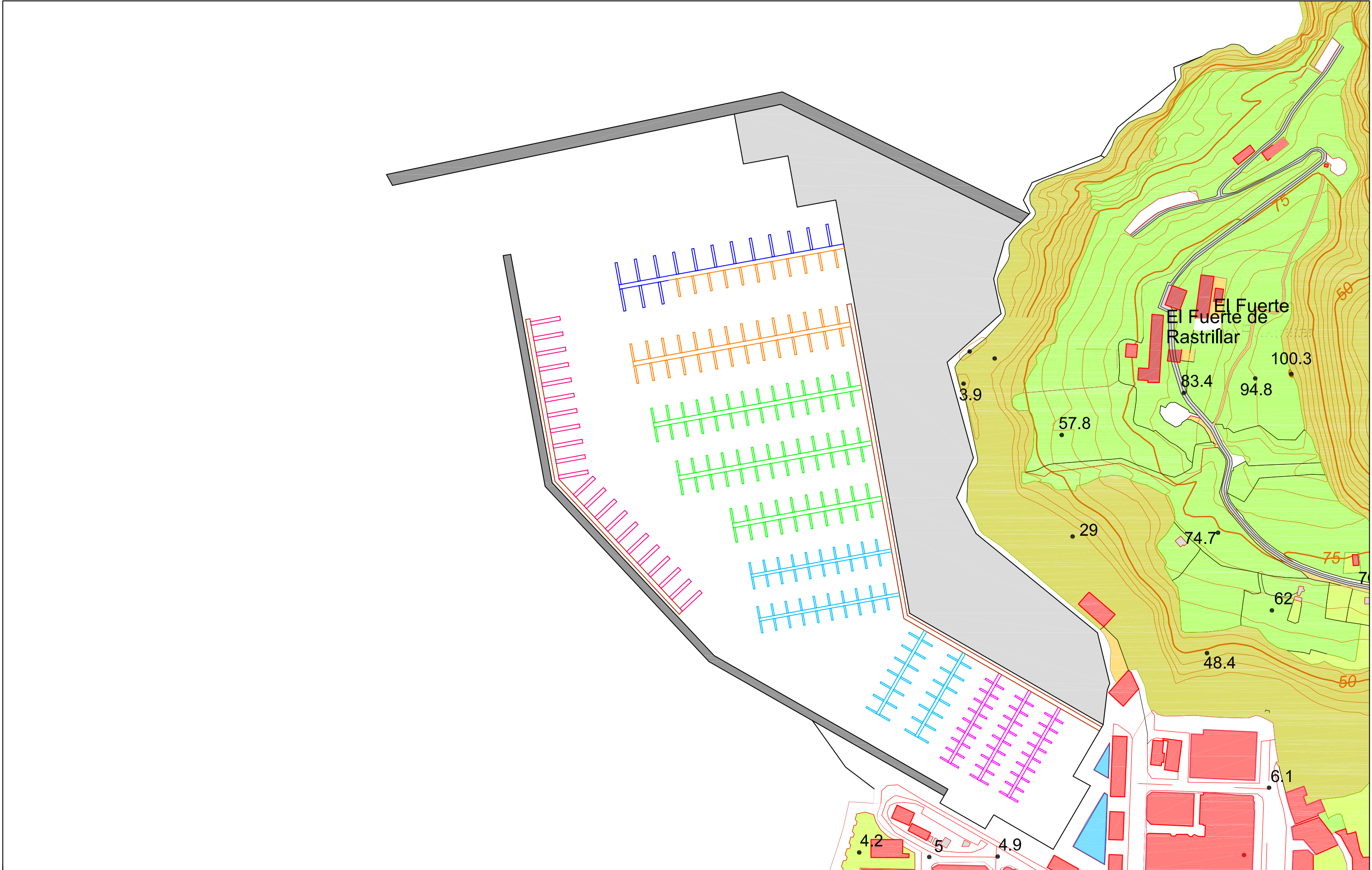


LEYENDA
Atraque de 6 x 2,5
Atraque de 8 x 3,5
Atraque de 10 x 3,8
Atraque de 12 x 4
Atraque de 15 x 5
Atraque de 18 x 6
Atraque de 20 x 6



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PROYECTO FIN DE GRADO	TIPO PROYECTO	TITULO EL NUEVO PUERTO DEPORTIVO DE LAREDO ESTUDIO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS	TERMINO MUNICIPAL LAREDO	TITULO DEL PLANO PLANO PLANTA ALTERNATIVA 3	AUTOR M ^º MERCEDES ALVAREZ-TOUCHARD ARGÜESO	ESCALA 1/2500	FECHA 23/06/2014	NORTE 	PLANO N 1
				PROVINCIA CANTABRIA						

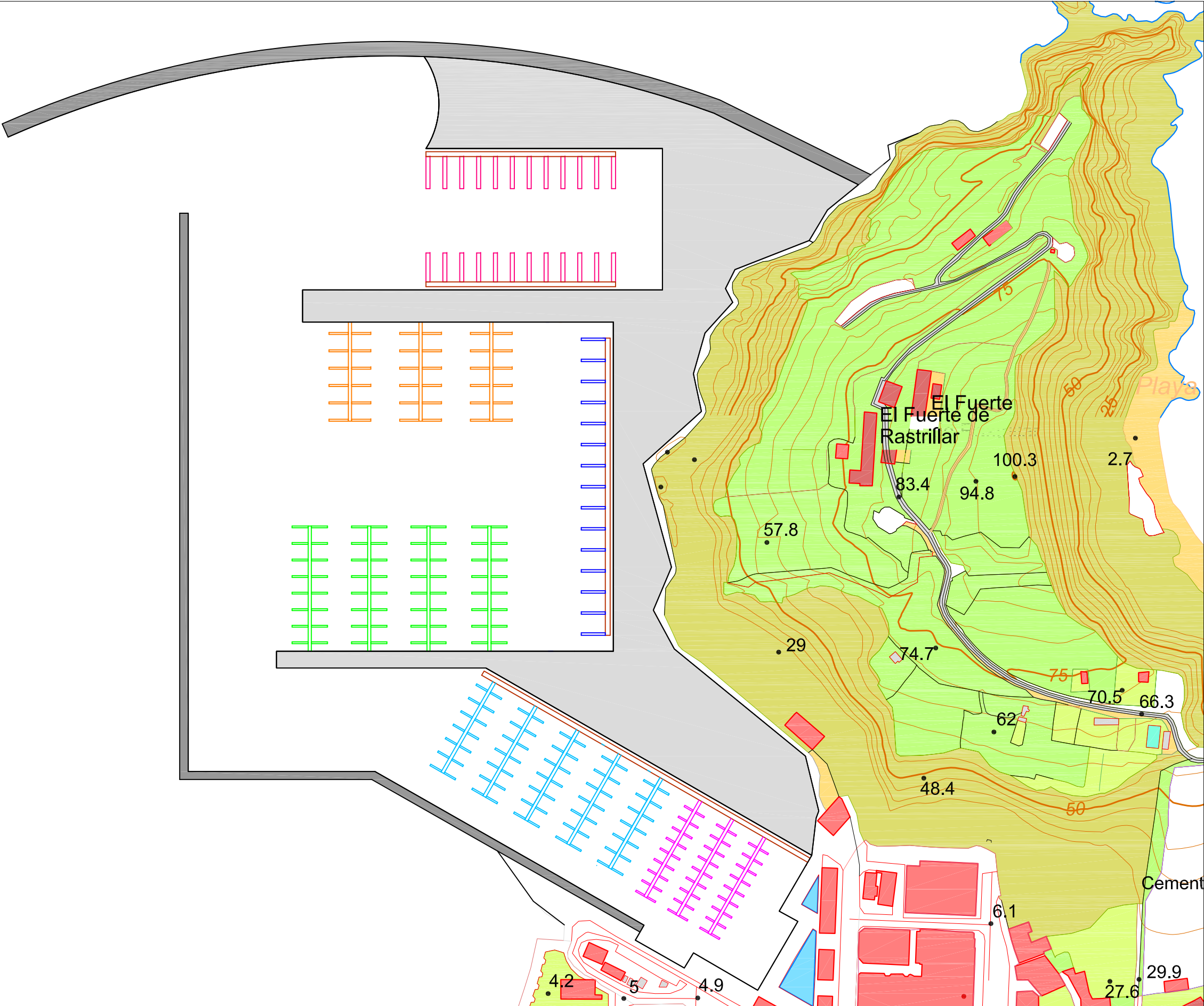
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PROYECTO FIN DE CARRERA	TIPO PROYECTO	TITULO EL NUEVO PUERTO DEPORTIVO DE LAREDO ESTUDIO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS	TERMINO MUNICIPAL LAREDO	TITULO DEL PLANO PLANO PLANTA ALTERNATIVA 3	AUTOR  Mª MERCEDES ÁL VAREZ-TOUCHARD ARGÜESO	ESCALA 1/2500	FECHA 23/06/2014	NORTE 	PLANO N 2
				PROVINCIA CANTABRIA						

LEYENDA
Atraque de 6 x 2,5
Atraque de 8 x 3,5
Atraque de 10 x 3,8
Atraque de 12 x 4
Atraque de 15 x 5
Atraque de 18 x 6
Atraque de 20 x 6



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PROYECTO FIN DE GRADO	TIPO PROYECTO	TITULO EL NUEVO PUERTO DEPORTIVO DE LAREDO ESTUDIO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS	TERMINO MUNICIPAL LAREDO	TITULO DEL PLANO PLANO PLANTA ALTERNATIVA 3	AUTOR M ^{re} MERCEDES ÁLVAREZ-TOUCHARD ARGÜESO	ESCALA 1/2500	FECHA 23/06/2014	NORTE 	PLANO N 3
				PROVINCIA CANTABRIA						

3.3. AGITACIÓN

El objetivo de este apartado es analizar cuál de las alternativas realizadas y expuestas en el apartado anterior está más protegida, y por tanto, es más eficiente en cuanto al objetivo último de un puerto deportivo que es el actuar de refugio y abrigo para las embarcaciones.

Para ello se ha programado mediante Matlab un programa para cada alternativa (adjuntos al final del proyecto) siguiendo la metodología que expuesta en el apartado 3.3.2., para poder facilitar la elección de una de las alternativas para continuar con el diseño del proyecto.

3.3.1. Consideraciones teóricas

"La ROM 3.1-99 en su capítulo 8 dice lo siguiente sobre las "condiciones límites de operación" que serán los límites a tener en cuenta para el estudio de la agitación:

Las condiciones límites de operación que se adoptan habitualmente para la navegación y maniobras (parada, reviro) de buques, cuando se efectúen dentro de las dársenas, son las mismas que las que se establecen para estas maniobras cuando se desarrollan en otras áreas de flotación, con independencia de que la situación más protegida de las dársenas ocasionará normalmente un porcentaje menor de inoperatividad de estas áreas frente a estas condiciones climáticas adversas.

Como condiciones específicas de los muelles, es necesario contemplar tres supuestos:

- *Atraque de los buques.*
- *Paralización de las operaciones de carga y descarga.*
- *Permanencia de los buques en los muelles.*

La ROM en este capítulo incluye una tabla que proporciona los límites de operación de muelles y pantalanes, es la mostrada en la *figura 3.20.*:

TABLA 8.1. CONDICIONES LÍMITES DE OPERACION DE BUQUES EN MUELLES Y PANTALANES

	Velocidad absoluta del	Velocidad absoluta de la	Altura de ola
3. <i>Permanencia de buques en muelle</i>			
— 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)			
• 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		

Figura 3.20 Condiciones límites de operación de buques en muelles y pantalanes

Además proporciona la tabla 8.2. mostrada en la *figura 3.21.* en la que aparecen los tiempos medios aceptables de parada del puerto:

TABLA 8.2. TIEMPOS MEDIOS ACEPTABLES DE CIERRE DE UN AREA POR PRESENTARSE CONDICIONES CLIMATICAS ADVERSAS (SUPERIORES A LAS ESTABLECIDAS COMO LIMITES DE OPERACION PARA LOS BUQUES DE PROYECTO)	
CARACTERISTICAS DEL AREA	Tiempos de inoperatividad en horas, por todos los conceptos ^{(1) (2)}
A. Areas de buques en tránsito (accesos, vías de navegación, canales, bocanas, áreas de maniobras, etc.) 1. Puertos de interés general — Areas abiertas a todo tipo de barcos — Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3) 2. Puertos de refugio — Areas abiertas a todo tipo de barcos — Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3) 3. Otros puertos 4. Terminales especializados — Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares — Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares	200 h. año 20 h. mes 20 h. año 4 h. mes 300 h. año 30 h. mes 20 h. año 4 h. mes 400 h. año 40 h. mes 200 h. año 20 h. mes 600 h. año 60 h. mes
B. Areas de buques en permanencia (Fondeaderos, amarra- deros, dársenas, muelles, atraques, terminales, etc.) 1. Puertos de cualquier tipo 2. Terminales especializados — Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares — Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares	40 h. año 20 h. mes 200 h. año 20 h. mes 500 h. año 50 h. mes

Figura 3.21. Tiempos medios aceptables de parada del puerto

De acuerdo a las tablas se han obtenido los siguiente valores:

Altura limite: 0,4 metros.

Tiempo máximo en zonas de tránsito: 20horas/año y 4horas/mes.

3.3.2. Metodología

El cálculo de la agitación mediante Matlab es similar al cálculo realizado en el apartado 2 para la difracción.

El procedimiento seguido ha sido el siguiente:

- 1º. En primer lugar, sobre los planos se han dividido las zonas de atraques en función de su tamaño, un esquema de esta situación se muestra en la *figura 3.22*.

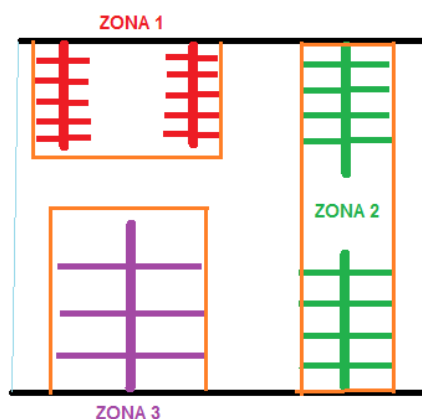


Figura 3.22. Esquema zonificación atraques

- 2º. Debido a la disposición de los planos se estimará un coeficiente constante de difracción entre el morro del dique y el morro del contradique, ya que en ese espacio ocurrirá una propagación y disipación del oleaje que afectará a las zonas de atraques disminuyendo la altura de ola.

Para el cálculo de ese coeficiente se realizará el mismo método que el cálculo de la difracción del capítulo 1.

Es necesario el vector de direcciones que llegan al puerto (DirB), el vector de longitudes de onda (LB), la recta que une ambas estructuras (R) y el ángulo alfa que forma esa recta con el dique, mostrados en la *figura 3.23*.

El procedimiento es el mismo que el explicado en el capítulo 1, en el apartado "1.4.2.1. Metodología", en el punto "5) Obtención del coeficiente de difracción"

Una vez realizado el programa se realizará la media de la matriz de coeficientes y se adopta ese como coeficiente constante (Coef1) entre el dique y el contradique.

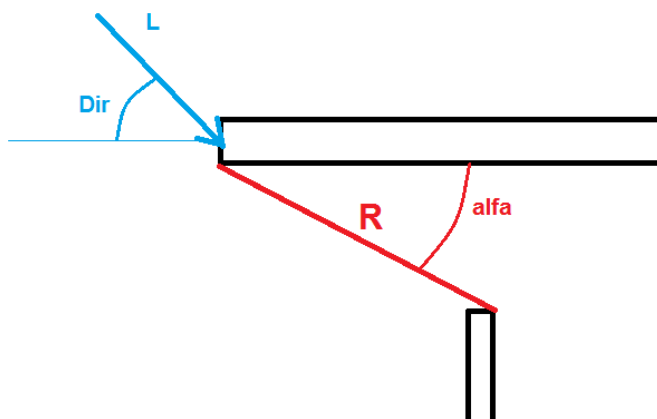


Figura 3.23. Esquema dique y contradique

- 3°. Una vez se ha obtenido el coeficiente constante entre el dique y el contradique se repite el procedimiento entre el contradique y las distintas zonas de amarre realizadas en el paso 1° para obtener el coeficiente entre el contradique y cada una de las zonas.

Un esquema del proceso se puede observar en la *figura 3.24*.

De este modo la altura en cada una de las zonas se calculará de la siguiente manera:

$$H_{ZONA} = H_B \cdot Coef1 \cdot CoefZona$$

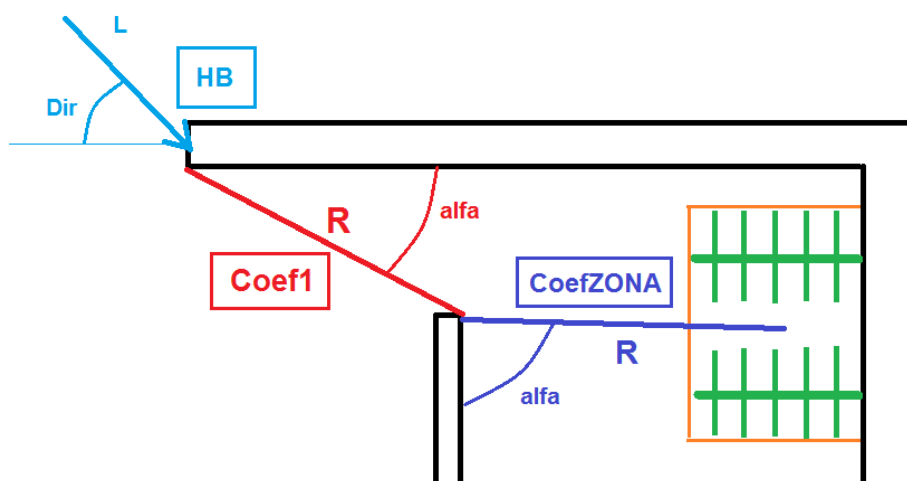


Figura 3.24. Esquema del proceso

- 4°. En el caso de que existan obstáculos previos a los atraques que distorsionen el oleaje y protejan las embarcaciones habrá que suponer otro nuevo coeficiente constante entre el contradique y el obstáculo, obtenido análogamente al del paso 2°, y a continuación repetir el proceso del paso 3° entre ese obstáculo y las distintas zonas.

Un esquema de esto se observa en la *figura 3.25*.

La altura de cada zona se calcula de la siguiente forma:

$$H_{ZONA} = H_B \cdot Coef1 \cdot Coef2 \cdot CoefZona$$

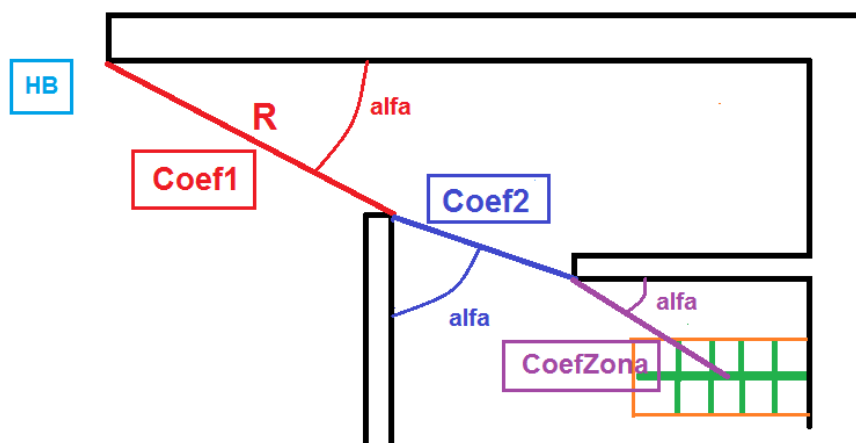


Figura 3.25. Esquema del proceso

- 5°. Una vez obtenidas las series de alturas en cada una de las zonas, se obtienen mediante el programa AMEVA sus regímenes medios.
- 6°. A partir de ellos se comprueba si las distintas zonas cumplen o no los criterios determinados en el apartado 3.3.1..
- Se calcula la probabilidad que se introduce en los regímenes medios de la siguiente manera:

$$\% = \frac{8670(h) - 20(h)}{8670(h >)} = 0,9977$$

Con esta probabilidad se entra a los distintos regímenes medios y se obtiene la altura de ola, que, para que cumpla debe ser menor a 0,4m.

3.3.3. Alternativa 1

A continuación se realizarán los 6 pasos explicados en el apartado 3.3.2. para la alternativa 1 para saber si cumple, y en caso de que no cumpla por cuanto para poder compararla con las otras alternativas y poder elegir una de ellas como definitiva. El programa de Matlab se encuentra en al final del proyecto como "Anexo Agitación 1".

1°. Zonificación

Se observan en la *figura 3.26.* las 6 zonas de atraques, H6, H8, H10, H12, H15 y H1820, que por estar juntos se han estudiado juntos.

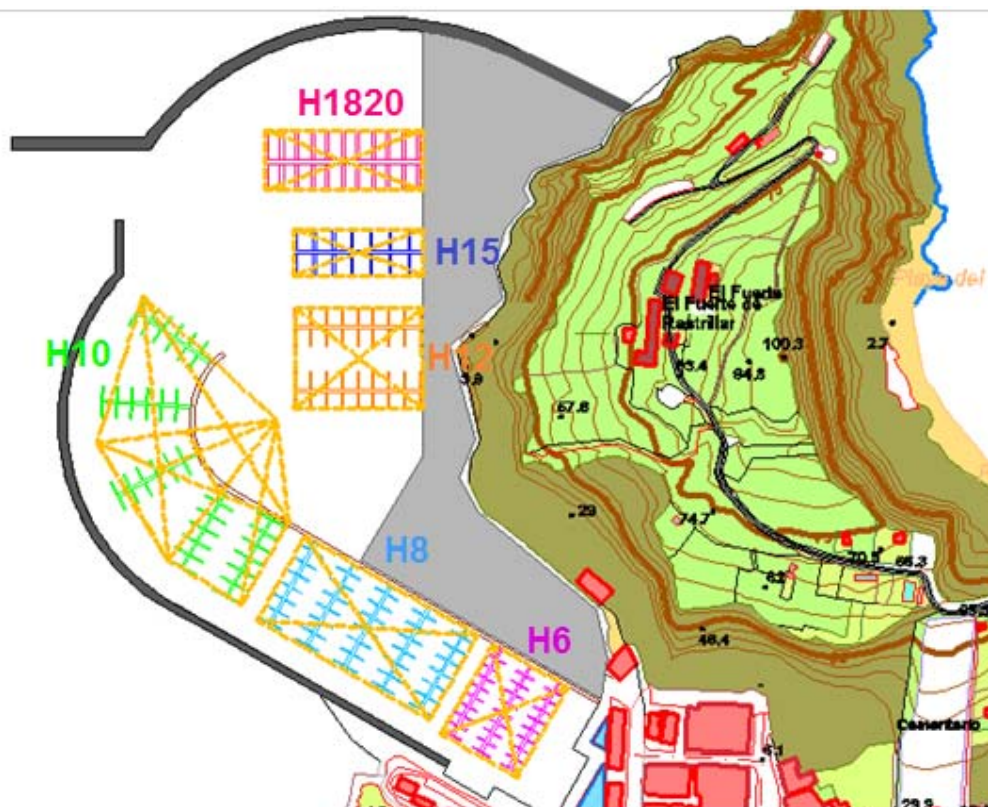


Figura 3.27. Zonificación Alternativa 1

2°. Coeficiente constante entre dique y contradique.

Se ha calculado el coeficiente Coef1 entre el dique y el contradique para un $R=91,67\text{m}$ y un $\alpha=32^\circ$ como se observa en la *figura 3.28*.

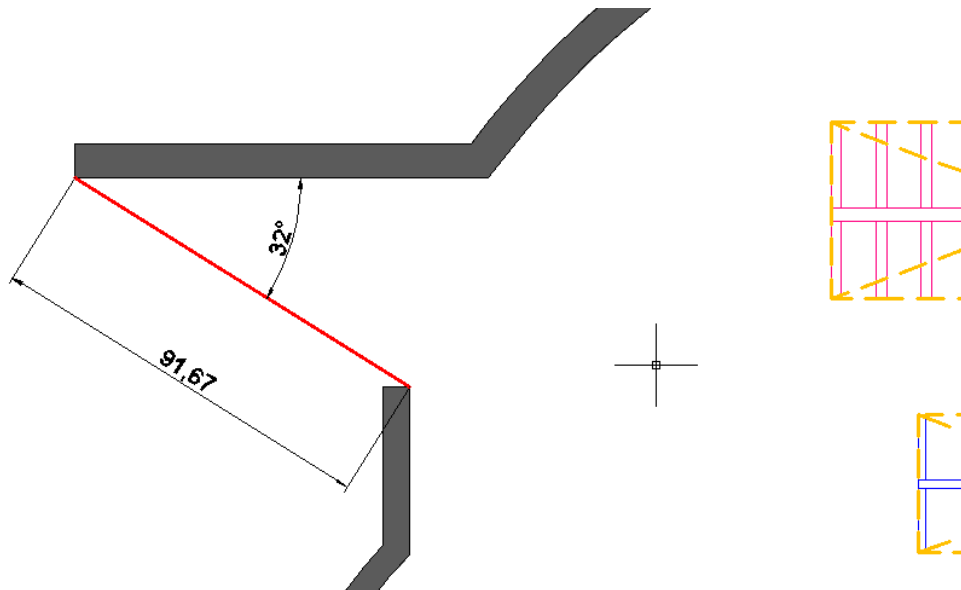


Figura 3.28. Esquema obtención Coef1 Alternativa 2

Se ha obtenido mediante Matlab un **Coef1=0,3022**.

3°. Coeficientes de cada zona

En la *figura 3.29*, se muestran las distintas R para cada una de las 6 zonas utilizadas para el cálculo.

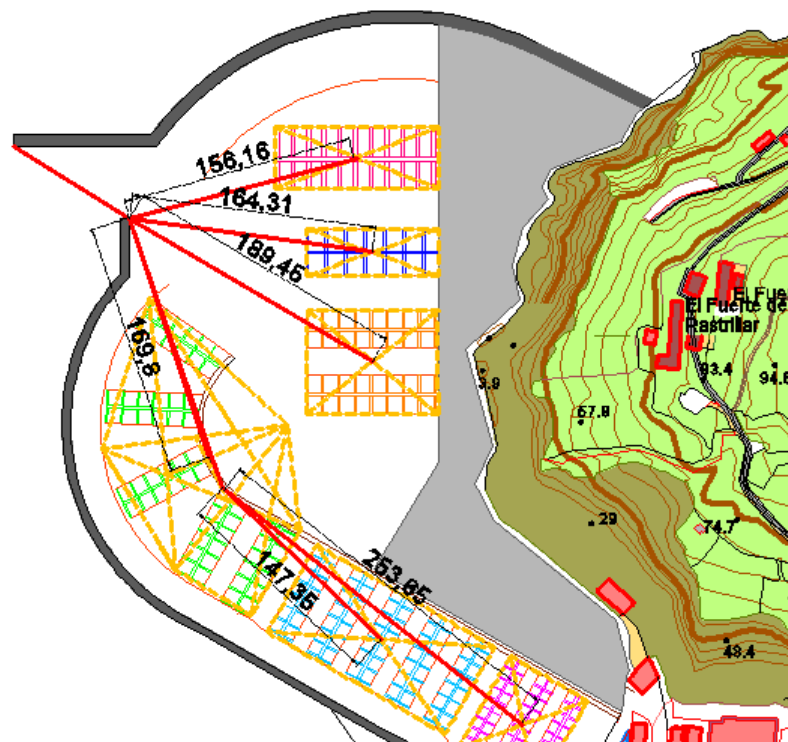


Figura 3.29. Esquema de los distintos "R" para la Alternativa 1

En la *figura 3.30*. se muestran los distintos alfas utilizados para el cálculo de las alturas.

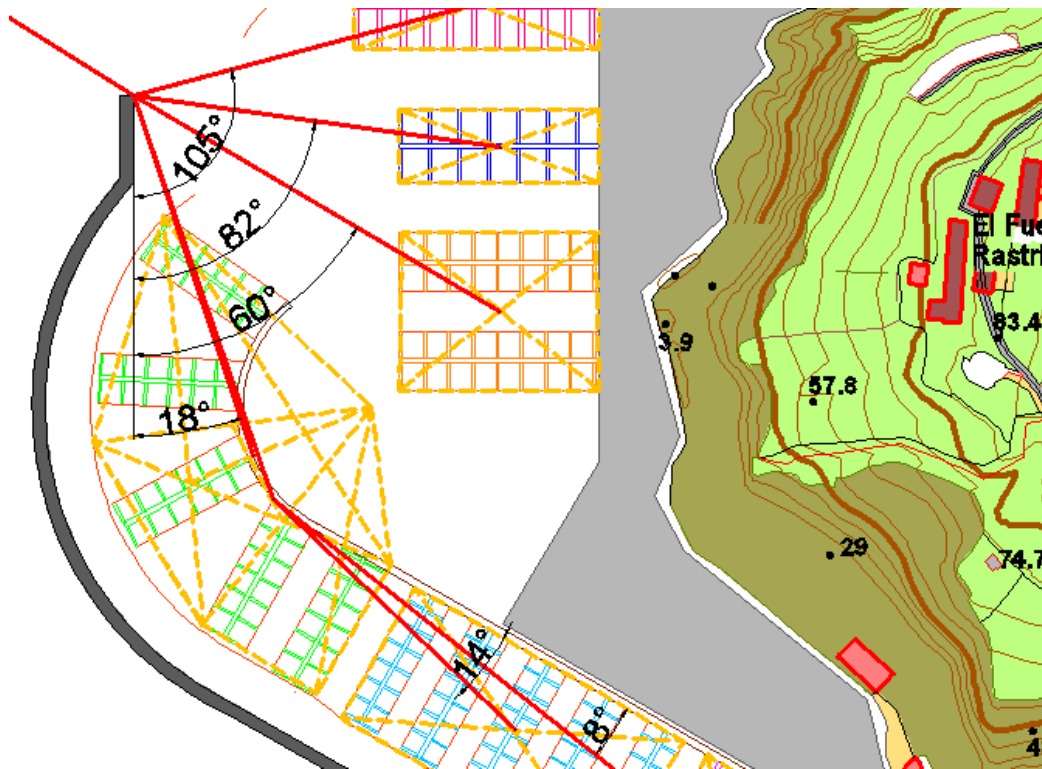


Figura 3.30. Esquema de los distintos alfas para la Alternativa 1

A partir de estos datos, junto con el vector de direcciones "DirB", el vector de longitudes de onda "LB" y las matrices de coeficientes creadas con las tablas de difracción se obtienen los vectores de alturas para cada una de las zonas.

4°. Obstáculos

En esta alternativa 1 los atraques de las zonas H6 y H8 están protegidas por el pantalán curvo, de modo que se estas zonas se ven afectadas por otro coeficiente (Coef2). El valor del coeficiente obtenido mediante Matlab es: **Coef2=0,1962**.

Para calcularle se ha seguido el mismo procedimiento que para el coeficiente constante entre el dique y el contradique.

Un esquema de los datos necesarios se observa en la *figura 3.31*.

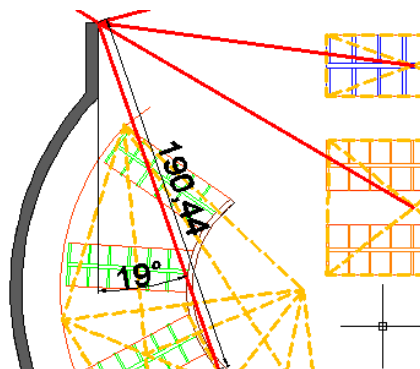


Figura 3.31. Esquema de los parámetros para coeficiente del obstáculo

5° y 6°. Regímenes medios

A continuación se han analizado los regímenes medios para cada una de las zonas:

▪ ZONA H6

En la *figura 3.32.* se muestra el régimen medio obtenido para la altura H6.

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,18m, luego cumple.

Para saber por cuantas horas se realiza la siguiente relación:

A 0,4m le corresponde una probabilidad de 0,9999.

$$8670 \cdot (1 - 0.9999) = 0,675h$$

Esta aproximación servirá para, en caso de que las otras alternativas no cumplan, poder hacer una estimación de que alternativa tendrá peor funcionamiento y realizará de una peor manera su cometido.

El resto de zonas se realizan de la misma manera.

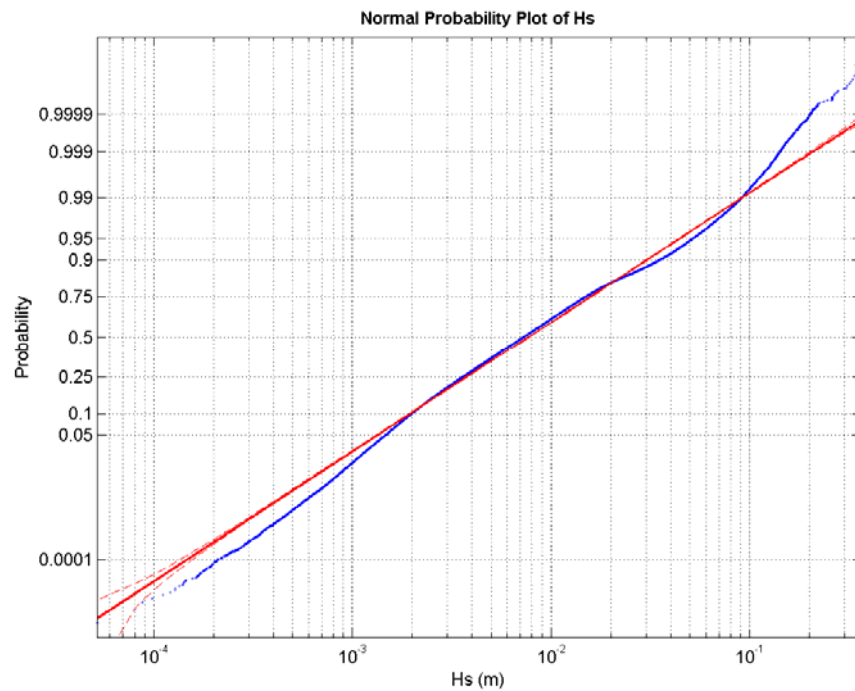


Figura 3.32. Régimen medio para la Zona H6 de la Alternativa 1

- ZONA H8

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,13m, luego cumple.

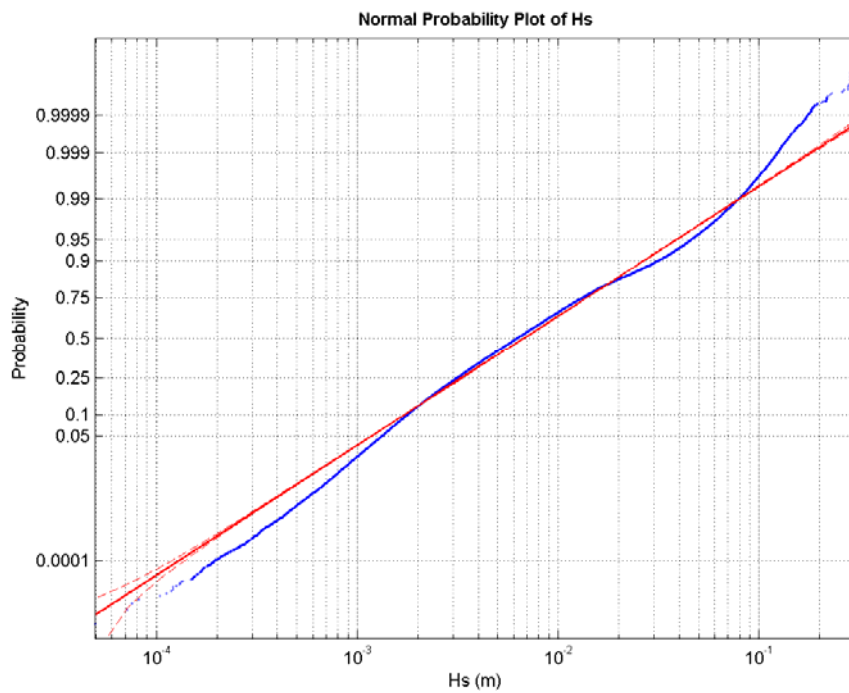


Figura 3.33. Régimen medio para la Zona H8 de la Alternativa 1

- ZONA 10

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,35m, luego si cumple

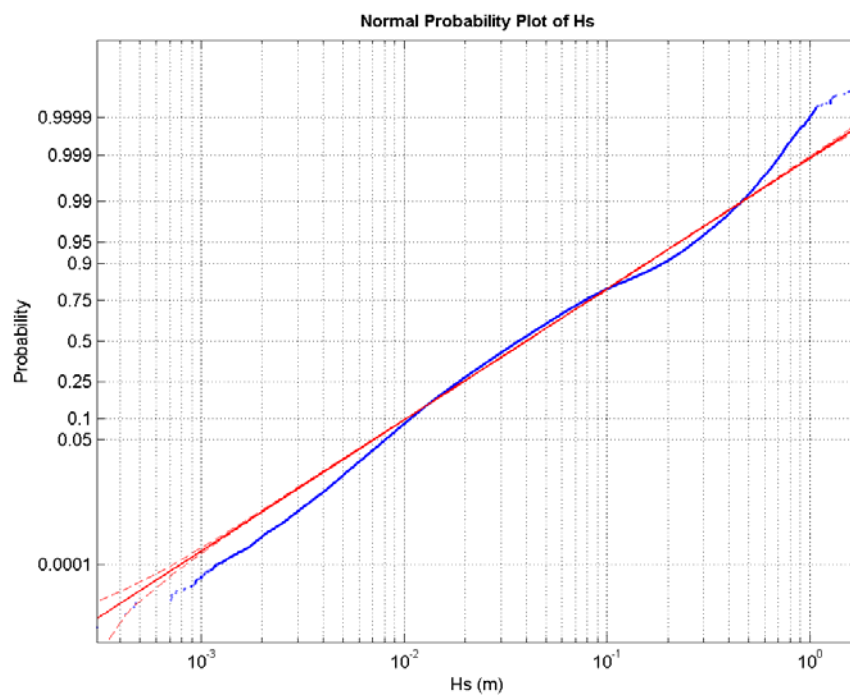


Figura 3.34. Régimen medio para la Zona H10 de la Alternativa 1

- ZONA 12

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 1m, luego no cumple por 300h

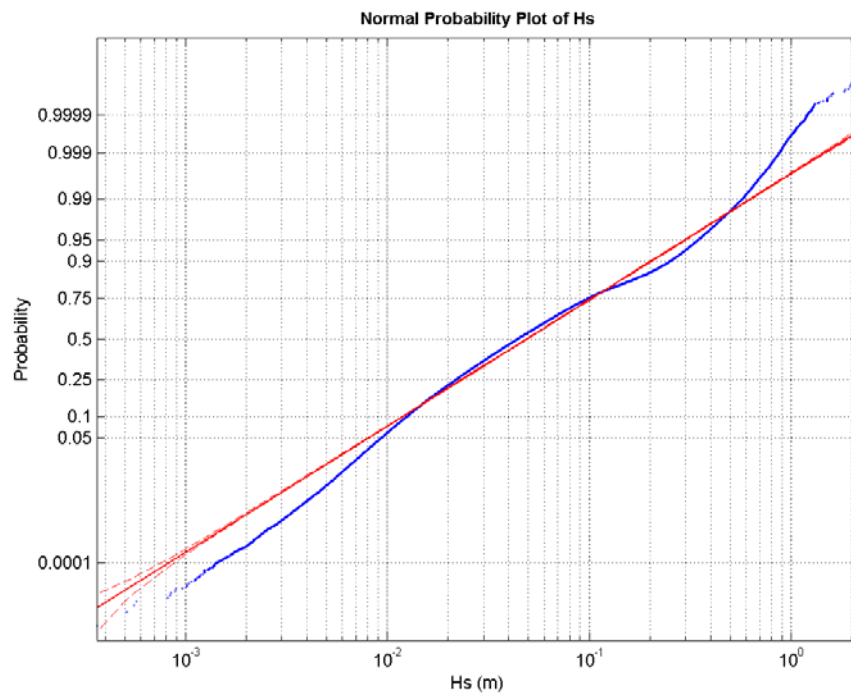


Figura 3.35. Régimen medio para la Zona H12 de la Alternativa 1

- ZONA 15

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 1m, luego no cumple por 300h

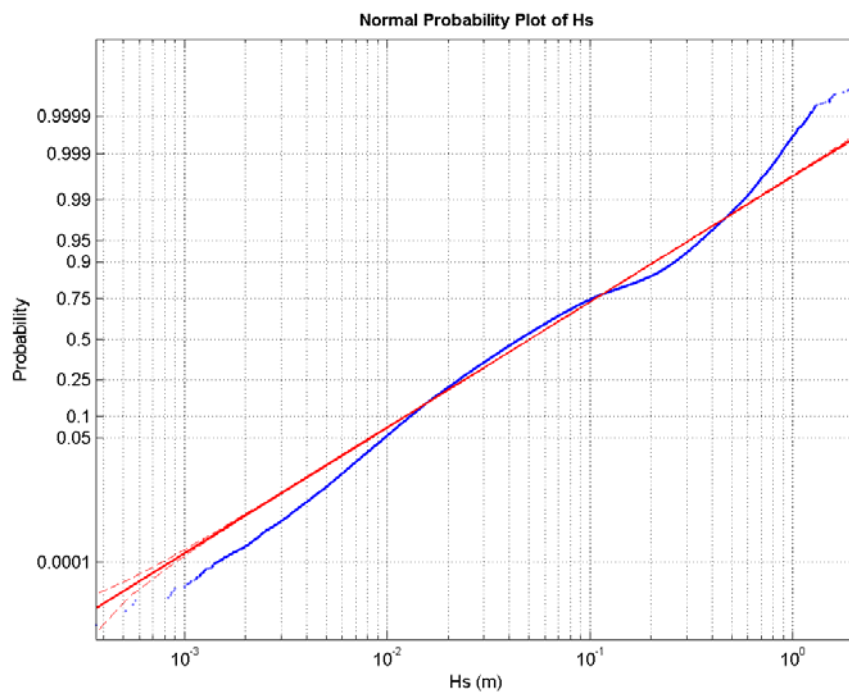


Figura 3.36 Régimen medio para la Zona H15 de la Alternativa 1

- ZONA 1820

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 1m, luego no cumple por 300h

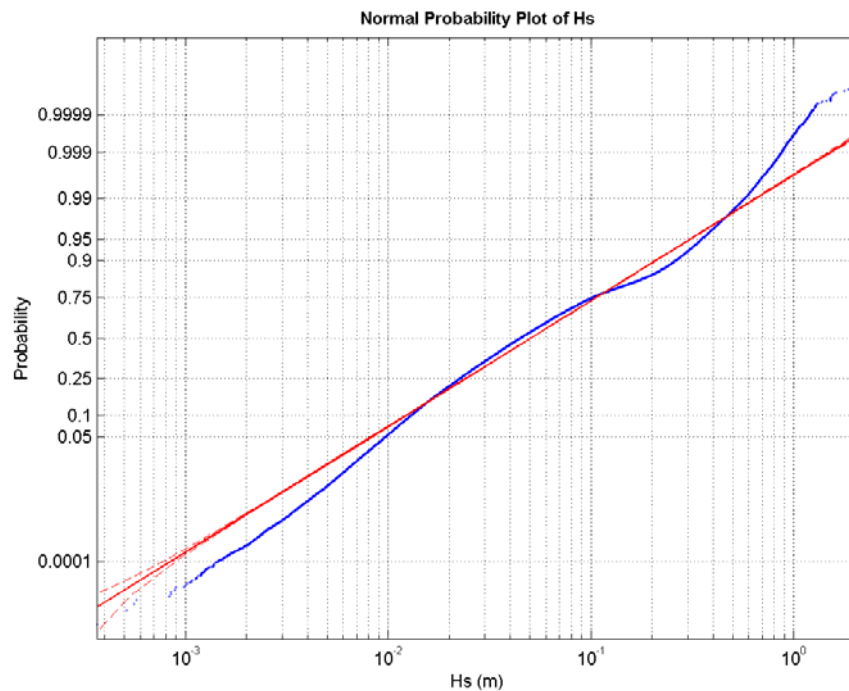


Figura 3.37 Régimen medio para la Zona H1820 de la Alternativa 1

3.3.4. Alternativa 2

Se repetirán los mismo pasos realizados para la Alternativa 1 para la Alternativa 2. El programa realizado con Matlab se encuentra al final del proyecto como "Anexo Agitación 2".

Esta segunda alternativa no tiene obstáculos y todo el oleaje se distribuye de igual manera por sus 7 distintas zonas de atraque, luego ninguna de las zonas se verá reducida por otro coeficiente.

1º. Zonificación

La Alternativa 2 está dividida en 7 zonas, H6, H8, H10, H12, H15, H18 y H20, como se puede observar en la figura 3.38.

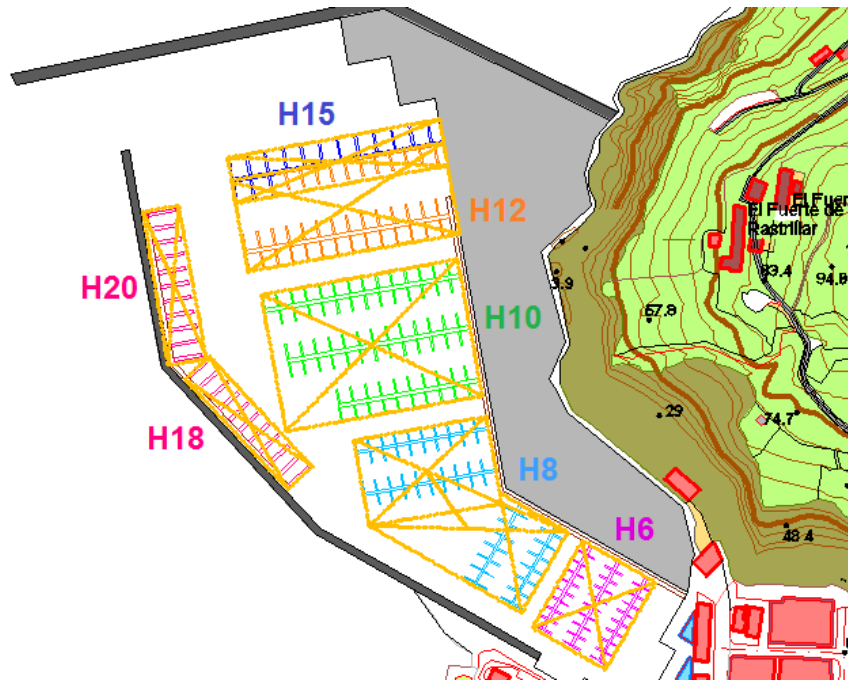


Figura 3.38. Zonificación Alternativa 2

2°. Coeficiente constante entre dique y contradique

Se ha calculado el coeficiente Coef1 entre el dique y el contradique para un $R=92,07\text{m}$ y un $\alpha=42^\circ$ como se observa en la figura 3.39.

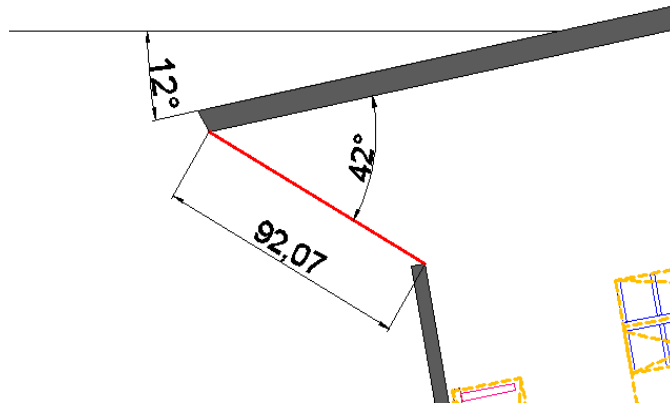


Figura 3.39. Esquema obtención Coef1 Alternativa 2

Se ha obtenido mediante Matlab un coeficiente igual a **0,3485**.

3°. Coeficientes de cada zona

En la figura 3.40. se muestran las distintas R para cada una de las 6 zonas utilizadas para el cálculo.

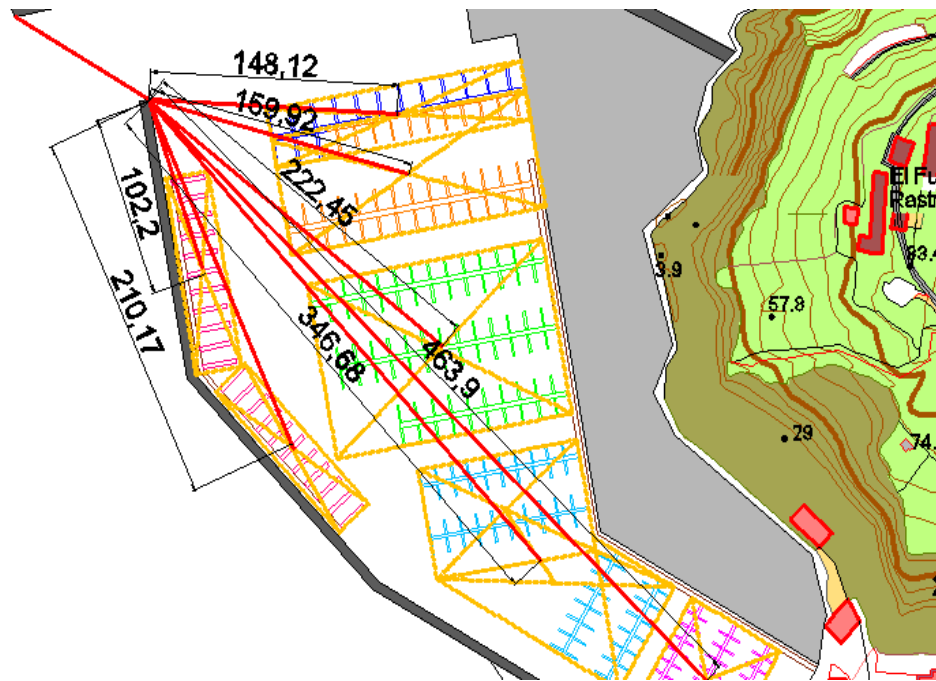


Figura 3.40 Esquema de los distintos "R" para la Alternativa 1

En la figura 3.41. se muestran los distintos alfas utilizados para el cálculo de las alturas.

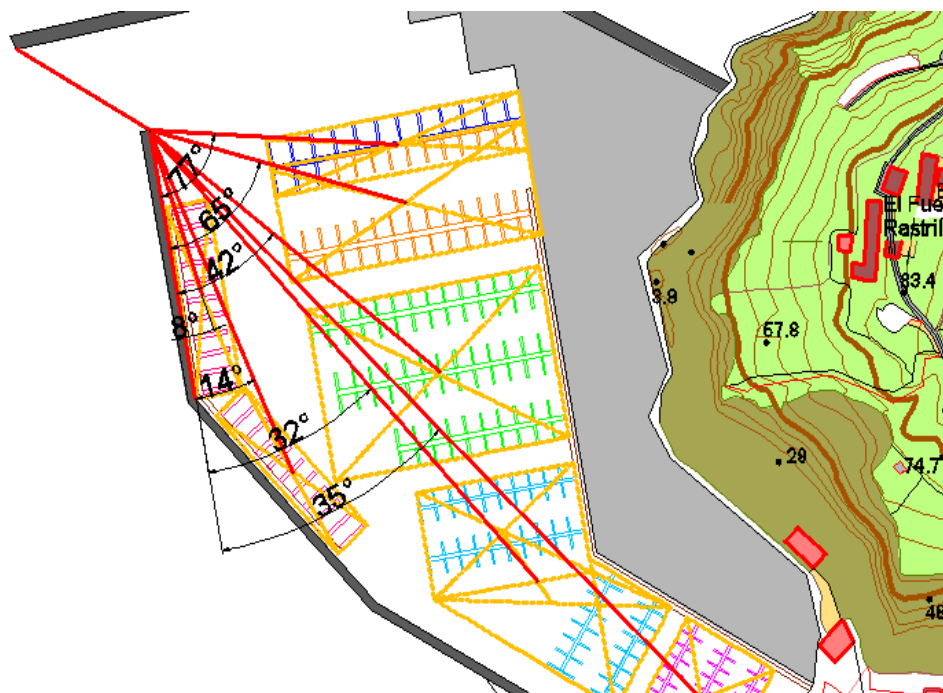


Figura 3.41. Esquema de los distintos alfas para la Alternativa 2

4°. En esta alternativa no existen obstáculos.

5° y 6°. Regímenes medios

A continuación se analizarán los regímenes medios obtenidos para las 7 zonas de la alternativa 2.

Se procederá de la misma manera que en el análisis de la Alternativa 1.

▪ ZONA 6

En la *figura 3.42*. se muestra el régimen medio obtenido para la altura H6.

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,7m, luego no cumple, ya que es mayor que 0,4metros.

Para saber por cuantas horas no cumple se realiza la siguiente relación:

A 0,4m le corresponde una probabilidad de 0,990.

$$8670 \cdot (1 - 0.990) = 86,7h$$

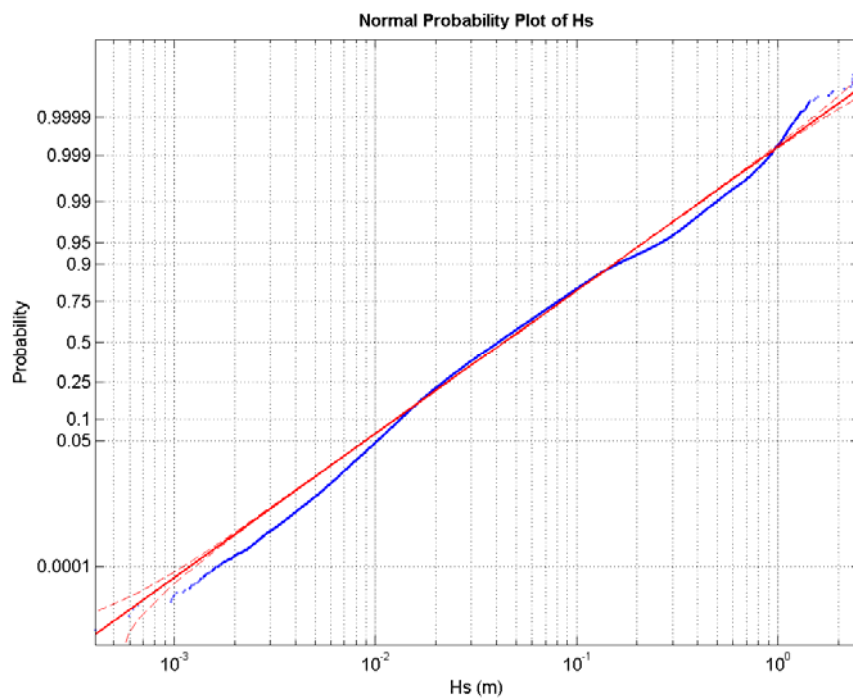


Figura 3.42 Régimen medio para la Zona H6 de la Alternativa 2

- ZONA 8

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,7m, luego no cumple por 86,7h.

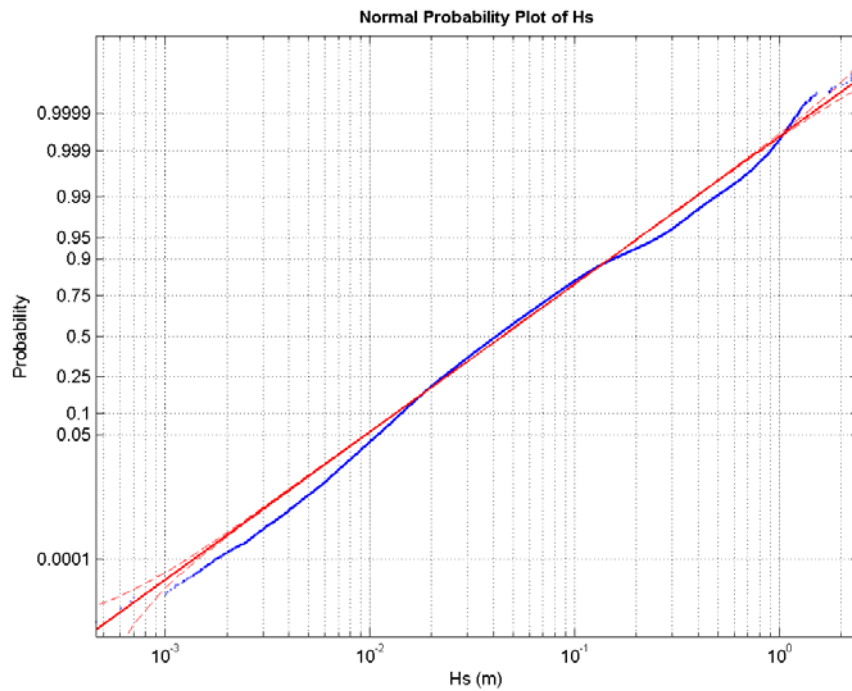


Figura 3.43. Régimen medio para la Zona H8 de la Alternativa 2

- ZONA 10

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,7m, luego no cumple por 86,7h.

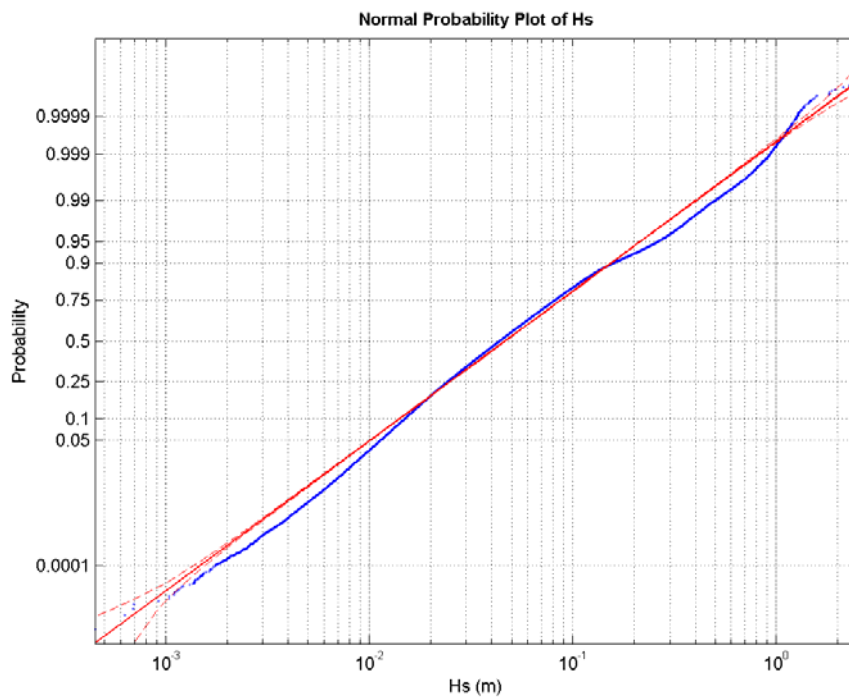


Figura 3.44. Régimen medio para la Zona H10 de la Alternativa 2

- ZONA 12

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,7m, luego no cumple por 86,7h.

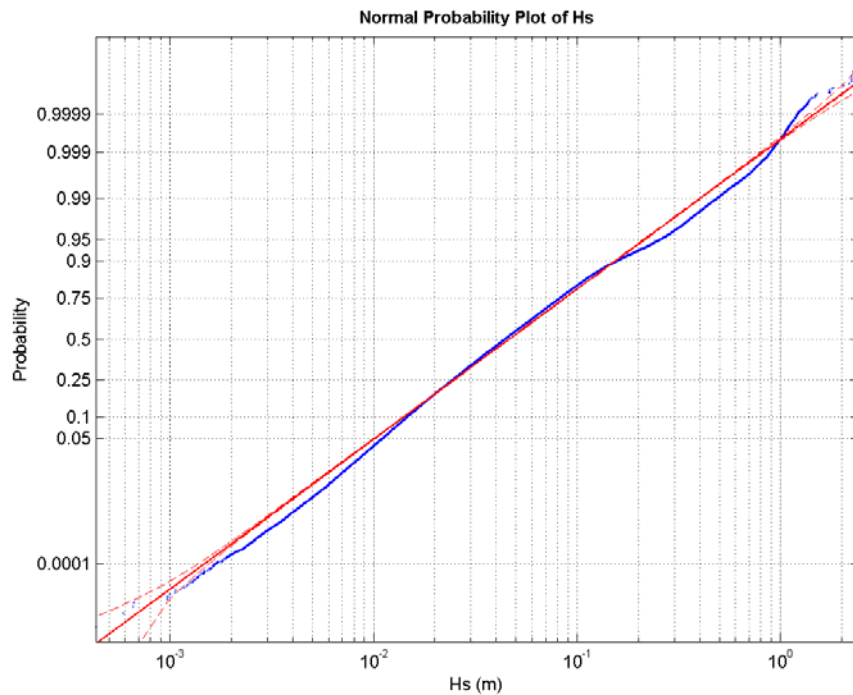


Figura 3.45. Régimen medio para la Zona H12 de la Alternativa 2

- ZONA 15

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,7m, luego no cumple por 86,7h.

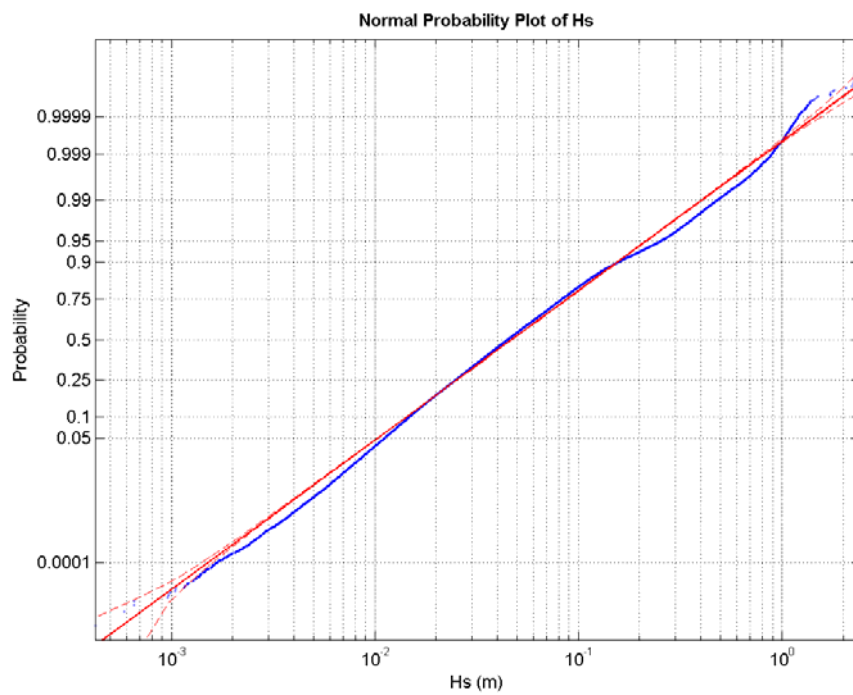


Figura 3.46. Régimen medio para la Zona H15 de la Alternativa 2

- ZONA 18

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,55m, luego no cumple por 60,7h.

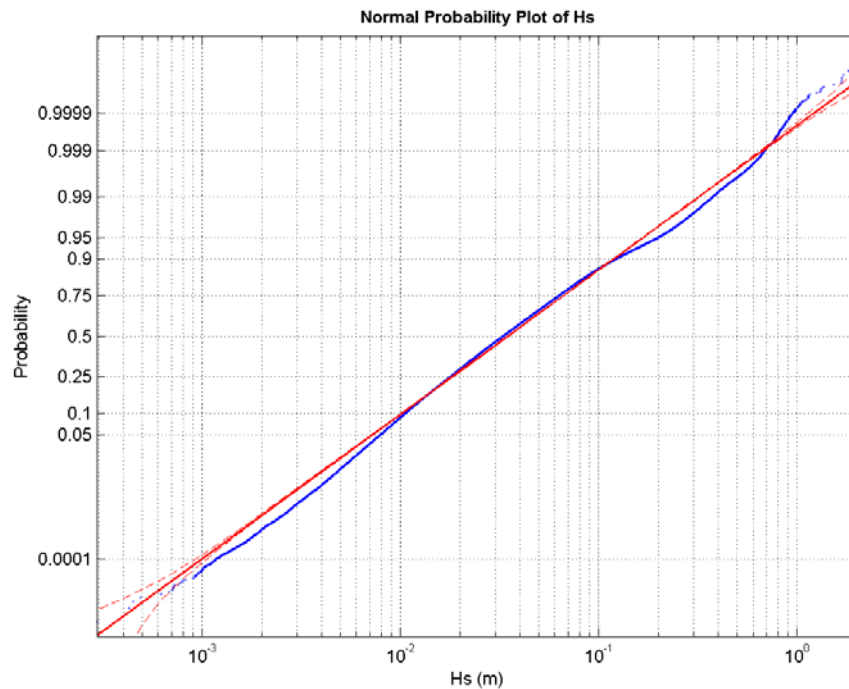


Figura 3.47. Régimen medio para la Zona H18 de la Alternativa 2

- ZONA 20

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,55m, luego no cumple por 86,7h.

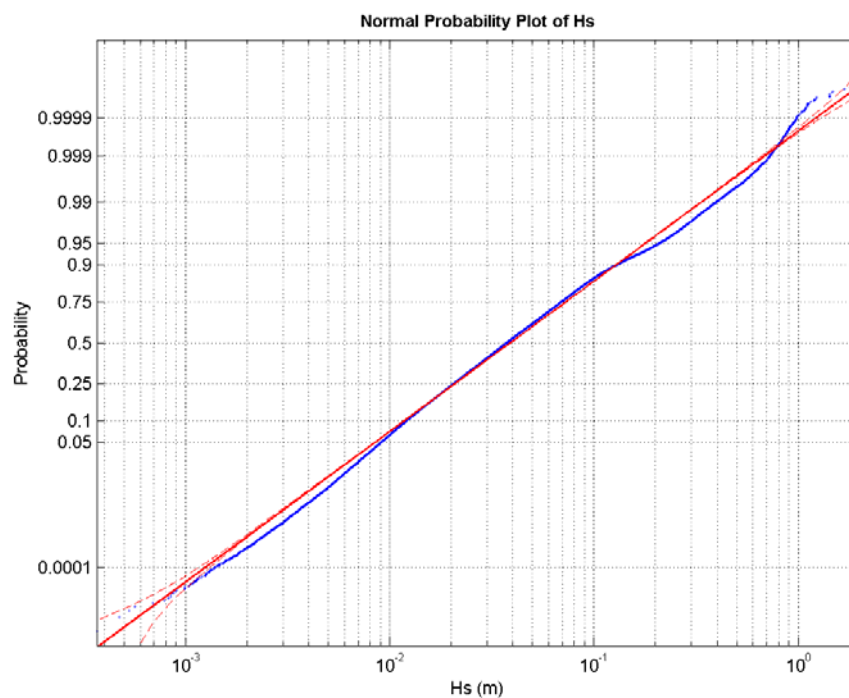


Figura 3.48. Régimen medio para la Zona H20 de la Alternativa 2

3.3.5. Alternativa 3

En este apartado se repetirán los mismo pasos realizados para otras dos alternativas para la Alternativa 3.

El programa realizado con Matlab se encuentra al final del proyecto como "Anexo Agitación 3".

1º. Zonificación

La Alternativa 3 está dividida en 7 zonas, H6, H8, H10, H12, H15, H18 y H20, como se puede observar en la *figura 3.49*.

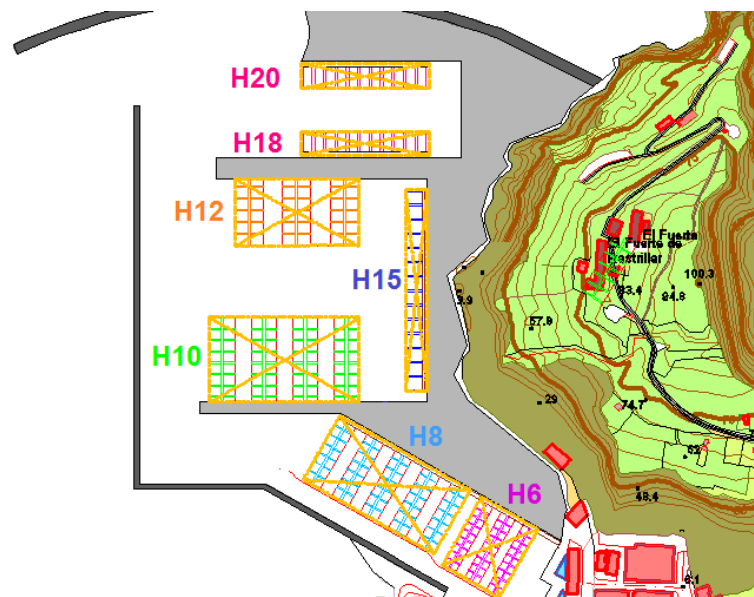


Figura 3.49. Zonificación Alternativa 3

2º. Coeficiente constante entre dique y contradique

Se ha calculado el coeficiente Coef1 entre el dique y el contradique para un $R=121,74m$ y un $\alpha=42^\circ$ como se observa en la *figura 3.50*.

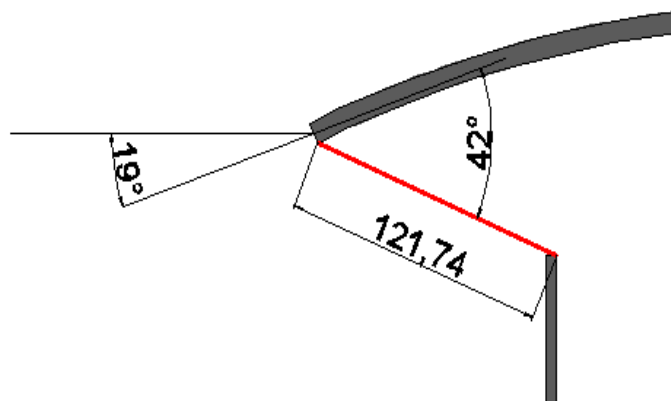


Figura 3.50. Esquema obtención Coef1 Alternativa 3

Se ha obtenido un coeficiente de valor **0,3188**.

3°. Coeficientes de cada zona

En la *figura 3.51*. se muestran las distintas R para cada una de las 7 zonas utilizadas para el cálculo.

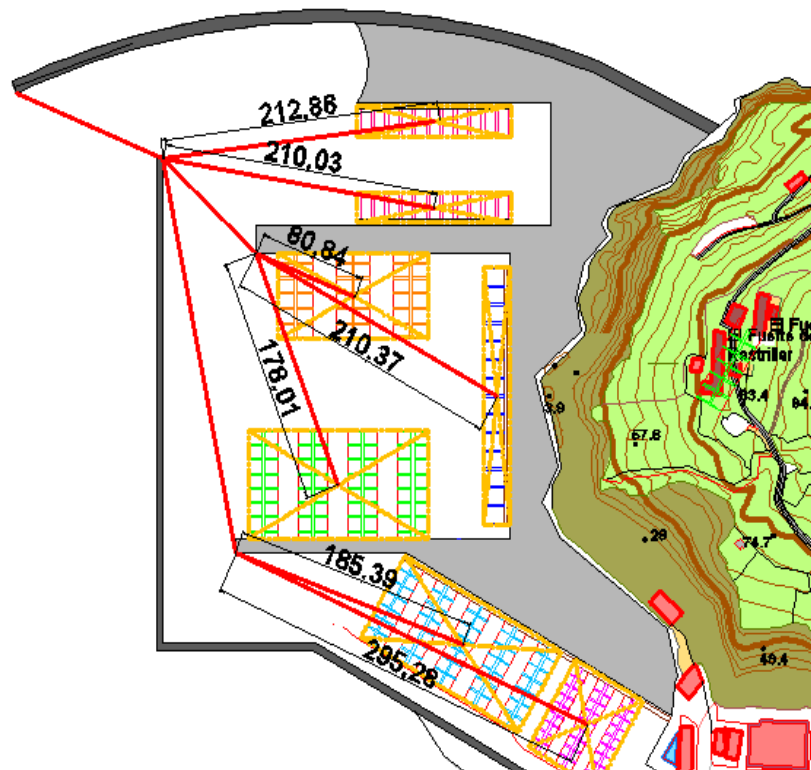


Figura 3.51. Esquema de los distintos "R" para la Alternativa 3

En la *figura 3.52*. se muestran los distintos alfas utilizados para el cálculo de las alturas.

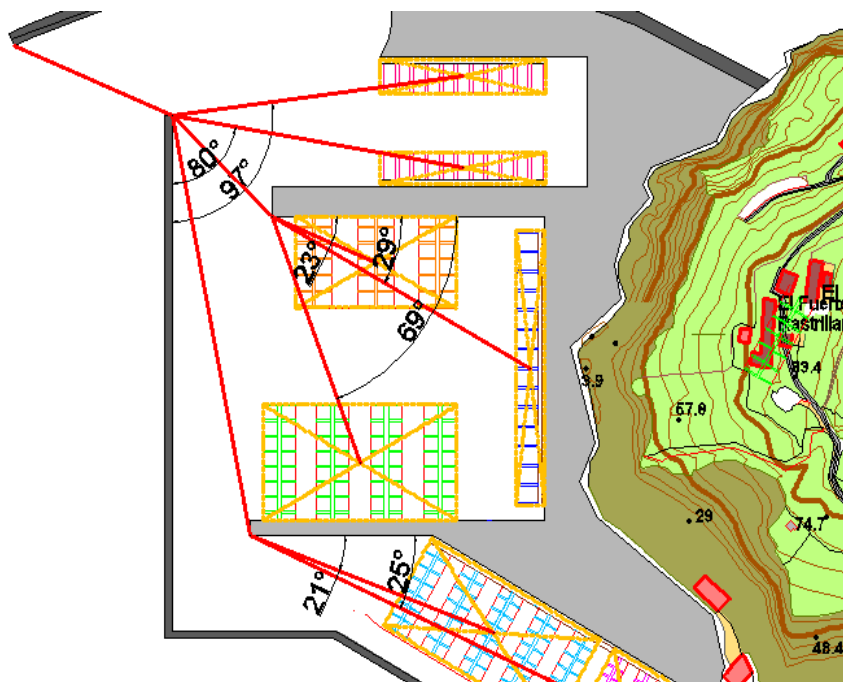


Figura 3.52. Esquema de los distintos alfas para la Alternativa 3

4°. Obstáculos

En la alternativa 3 hay dos obstáculos que provocan la distorsión del oleaje, por lo que se han calculado dos coeficientes constantes más.

El cálculo del coeficiente de los obstáculos se realiza de la misma manera que el del dique y el contradique.

Un esquema del cálculo de estos coeficientes con sus características se muestra en la *figura 3.53*.

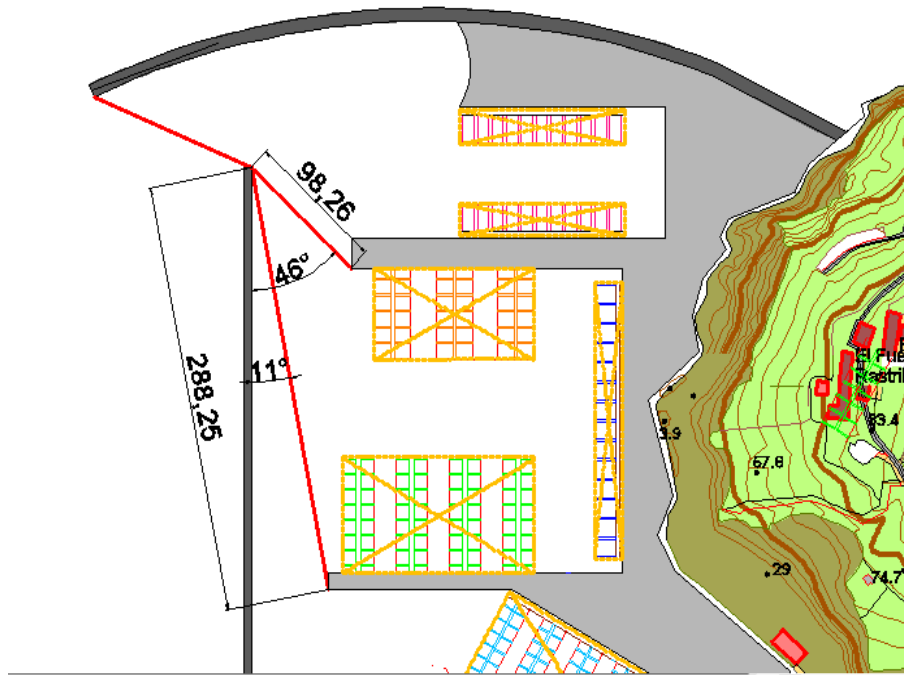


Figura 3.53. Esquema de coeficientes de obstáculos

Los atraques de 18 y 20 solo se verán afectados por el coeficiente de la bocana y el propio de cada zona.

Los atraques del medio de 15, 12 y 10 se verán afectados además de por el coeficiente de la bocana y el propio de cada zona por el generado por el obstáculo 1.

Este tiene un $R=98,26$ m y un $\alpha=46^\circ$

Tiene un valor de **0,3266**.

Los atraques del final de 8 y 6 esta afectados además de por el coeficiente generado por el dique y el contradique y el propio de la zona por el generado por el obstáculo 2.

Este tiene un $R=288,25$ m y un $\alpha=11^\circ$.

Tiene un valor de **0,1603**.

5° y 6°. Regímenes medios

▪ ZONA 6

En la *figura 3.54*. se muestra el régimen medio obtenido para la altura H6.

Esta tercera alternativa por tener algunos de sus atraques más resguardados y estar afectados por un tercer coeficiente es de esperar que se obtengan mejores resultados que para las otras dos alternativas.

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,08m, luego cumple, ya que es menor de 0,4metros.

A 0,4m le corresponde una probabilidad aproximada de 0,9999 ya que sale de los límites de la gráfica. Esto es debido a lo comentado anteriormente de la existencia de obstáculos, en concreto el coeficiente del obstáculo que afecta a los atraques de 6 y 8 tiene un valor muy bajo de 0,1603.

Para saber por cuantas horas no cumple se realiza la siguiente relación:

A 0,4m le corresponde una probabilidad de 0,9999.

$$8670 \cdot (1 - 0.9999) = 0,867h$$

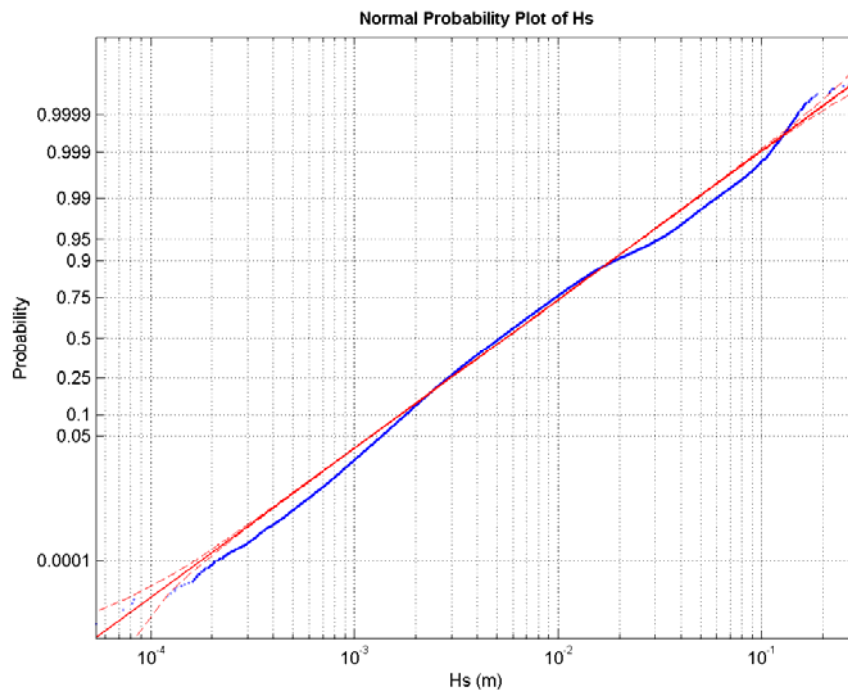


Figura 3.54 Régimen medio para la Zona H6 de la Alternativa 3

- ZONA 8

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,08m, luego cumple.

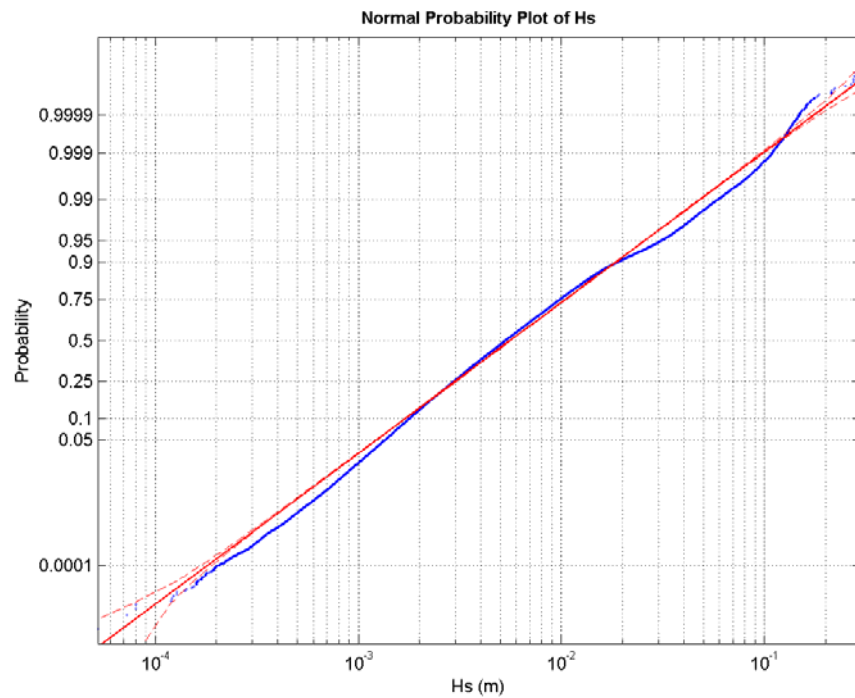


Figura 3.55. Régimen medio para la Zona H8 de la Alternativa 3

- ZONA 10

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,2m, luego cumple.

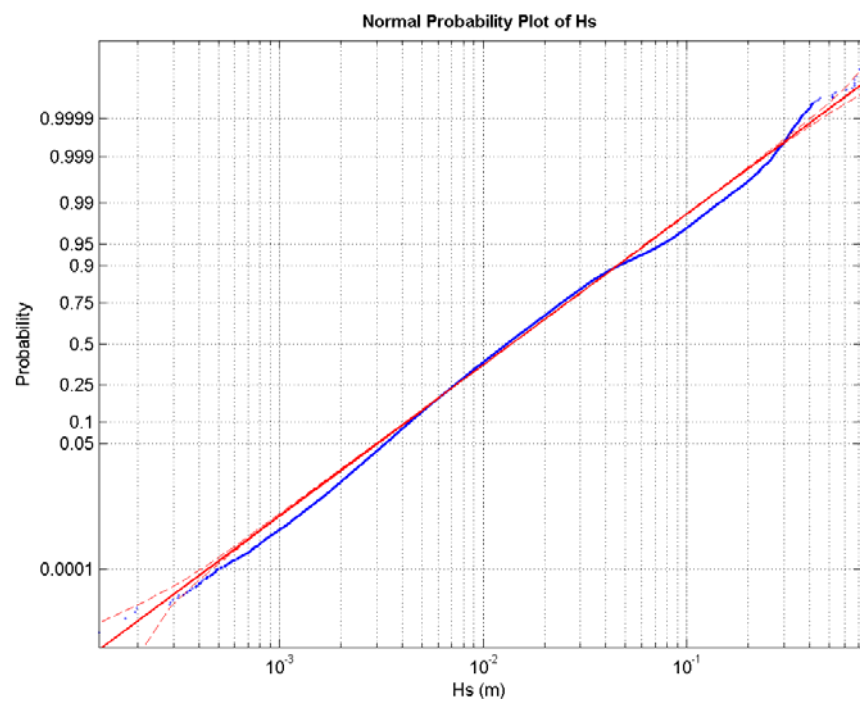


Figura 3.56. Régimen medio para la Zona H10 de la Alternativa 3

- ZONA 12

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,16m, luego cumple.

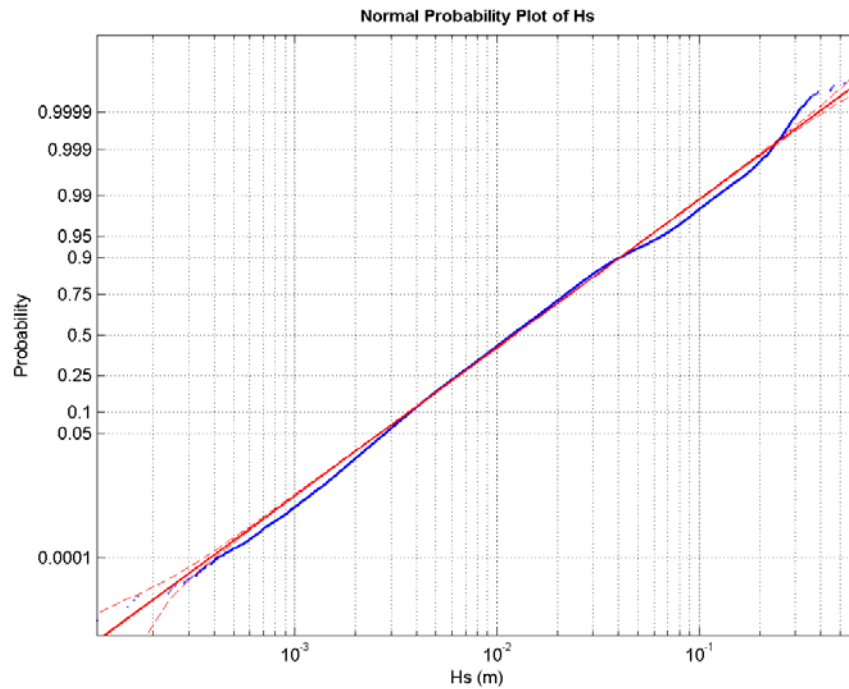


Figura 3.57. Régimen medio para la Zona H12 de la Alternativa 3

- ZONA 15

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,33m, luego cumple.

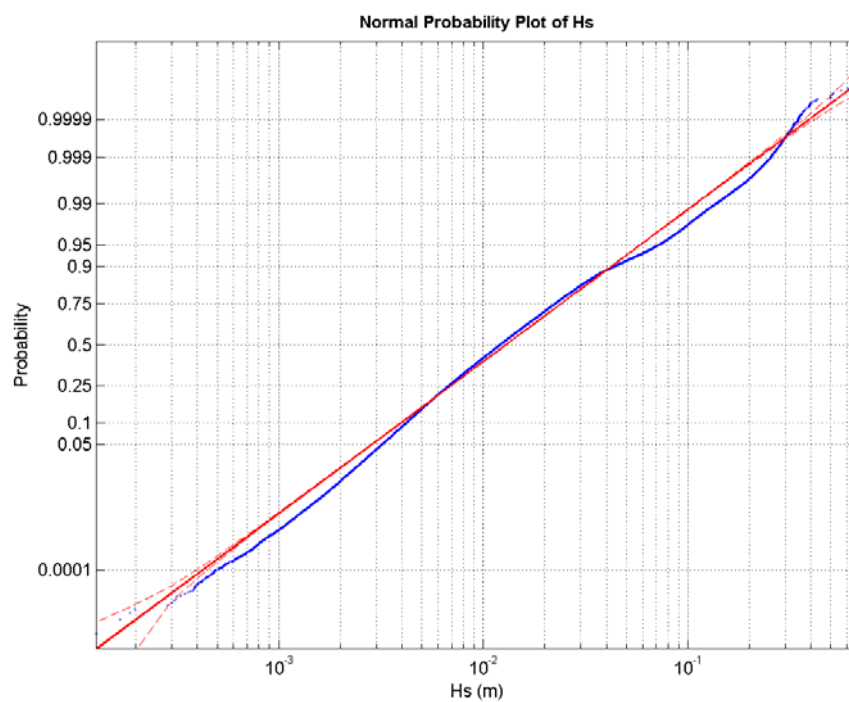


Figura 3.58. Régimen medio para la Zona H15 de la Alternativa 3

- ZONA 18

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,06m, luego cumple.

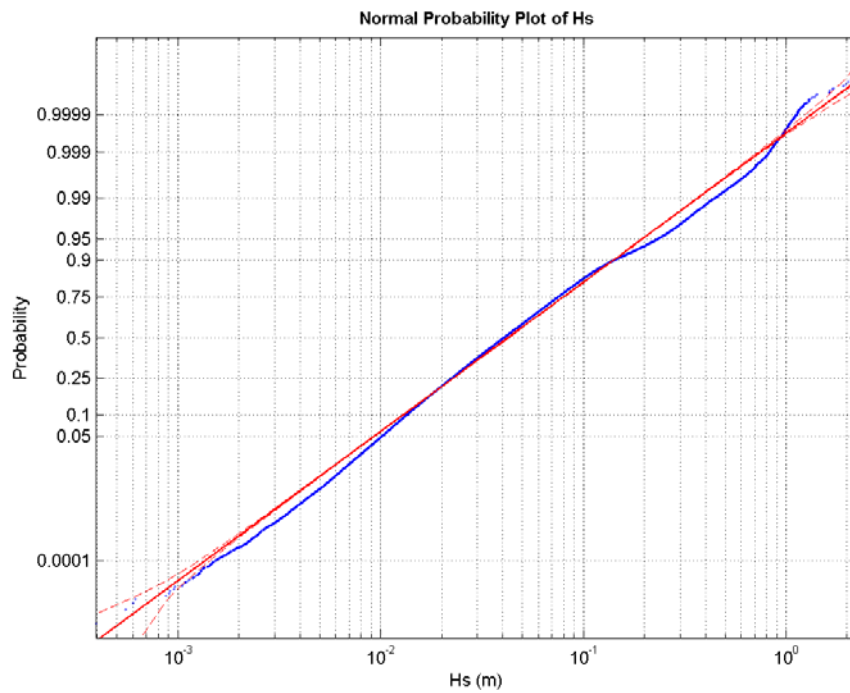


Figura 3.59. Régimen medio para la Zona H18 de la Alternativa 3

- ZONA 20

Para 0,9977 se obtiene una altura aproximada de 0,06m, luego cumple.

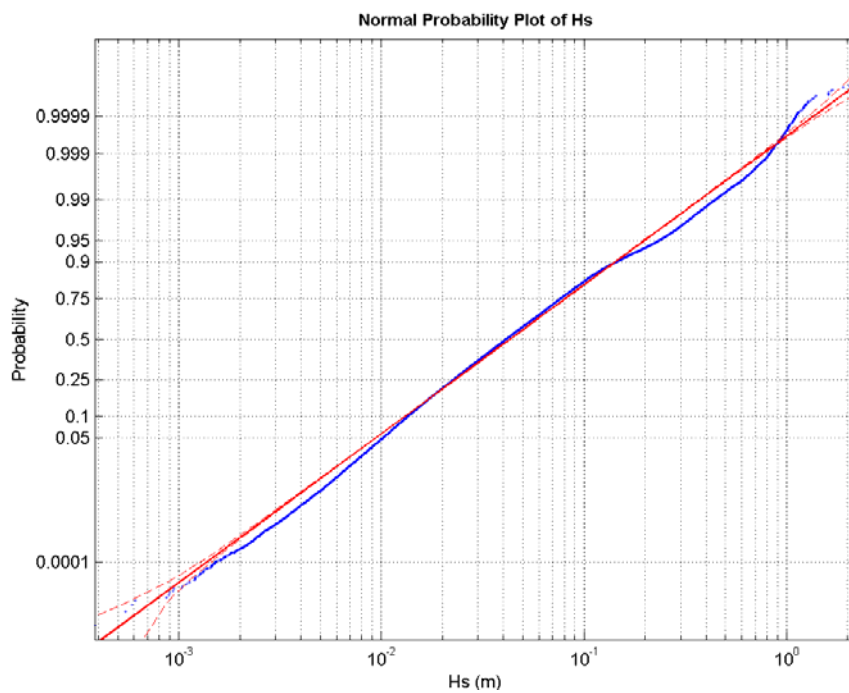


Figura 3.60. Régimen medio para la Zona H20 de la Alternativa 3

3.3.6. Resumen y elección

Una vez terminado el estudio de las tres alternativas se está en condiciones de hacer la elección de una de las alternativas para continuar con el diseño.

Se han realizado unas tablas resumen de cada una de las zonas de cada una de las alternativas mostradas en las figuras 3.61., 3.62. y 3.63.

ALTERNATIVA 1

ZONA	H para 0,9977	¿Cumple?	Probabilidad para H=0,4m	¿Cuántas horas no cumple?
H6	0,18	Si	0,9999	0,675
H8	0,13	Si	0,9999	0,675
H10	0,4	Si	0,9977	20
H12	1	No	0,965	300
H15	1	No	0,965	300
H1820	1	No	0,965	300
				921,35

Figura 3.61. Cuadro resumen Alternativa 1

Tres de las seis zonas cumple.

Las zonas H6 y H8 tienen una altura muy baja debido al doble resguardo que tienen por el pantalán curvo que hace que estén afectados por otro coeficiente.

La zona H10, pese a solo estar afectada por un coeficiente está muy pegada al contradique por lo que esta mas resguardada que el resto de zonas.

El resto de zonas están expuestas de la misma manera a la corriente por lo que presentan resultados similares.

Las zonas que no cumplen exceden las 20h al año por 280h que parece mucho, pero estas horas son 12 días al año que no parece mucho.

ALTERNATIVA 2

ZONA	H para 0,9977	¿Cumple?	Probabilidad para H=0,4m	¿Cuántas horas no cumple?
H6	0,7	No	0,990	86,7
H8	0,7	No	0,990	86,7
H10	0,7	No	0,990	86,7
H12	0,7	No	0,990	86,7
H15	0,7	No	0,990	86,7
H18	0,55	No	0,993	60,7
H20	0,55	No	0,993	60,7
				554,9

Figura 3.62. Cuadro resumen Alternativa 2

Ninguna de las zonas cumple ya que todas se encuentran expuestas de la misma manera.

Se superan las 20h máximas de paradas, menos que la alternativa 1, pero al igual que antes aunque se superen por 66,7h, estas no son ni 3 días.

ALTERNATIVA 3

ZONA	H para 0,9977	¿Cumple?	Probabilidad para H=0,4m	¿Cuántas horas no cumple?
H6	0,08	Si	0,9999	0,867
H8	0,08	Si	0,9999	0,867
H10	0,2	Si	0,9997	2,6
H12	0,16	Si	0,9999	0,867
H15	0,33	Si	0,9998	1,734
H18	0,06	Si	0,9999	0,867
H20	0,06	Si	0,9999	0,867
				8,669

Figura 3.64. Cuadro resumen Alternativa 3

En la alternativa 3 las 7 zonas cumplen por los mencionado anteriormente sobre los obstáculos.

Solo se verá en problemas para cumplir por unas 9horas, menos de la mitad de las 20 permitidas.

De modo que, **la alternativa 3 será la alternativa elegida.**

3.4. ANÁLISIS DETALLADO DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

En este apartado se han analizado detalladamente todos los aspectos estudiados en el apartado "3.1. Criterios utilizados para el diseño" para la alternativa 3 que ha sido finalmente la alternativa elegida.

3.4.1. Emplazamiento del puerto

Como se ha estipulado en el apartado 3.1. se ha mantenido el emplazamiento del actual puerto, ya que se ha admitido que el lugar era el idóneo en base a los factores explicado en el apartado "3.1.1. Emplazamiento del puerto".

3.4.2. Criterios generales de disposición

Dentro de este apartado se han tenido en cuenta estos criterios.

1. Se han colocado los atraques de mayor tamaño en la parte mas cercana a la bocana del puerto como indicaba el primer criterio.
2. Como se ha adoptado que el puerto solo es deportivo no es necesario establecer una parte exclusiva para embarcaciones comerciales.

3. Respecto a los veleros sin energía auxiliar deberán atracarse en las zonas en las que tengan una mayor facilidad, esto se valoraría una vez conocida la demanda de este tipo de embarcaciones.
4. Las rampas están dispuestas una en cada parte extrema del puerto (una al norte, en la zona de tierra al lado de los atraques de 20 y otra al sur ya construida) intentado influir lo menos posible en la zona de atraques pero manteniendo una cercanía con los mismos.

3.4.3. Área de dársena

El área de dársena estimado como mínimo para la comodidad de las embarcaciones y una buena disposición del puerto se ha estimado de 55.200m^2 en base a un criterio medio entre los expuestos.

El puerto tiene un área de dársena de 128.505m^2 , mucho más que lo mínimo, como se muestra en la *figura 3.65*. Hay que destacar que el criterio tomado para este cálculo solo tenía en cuenta el número de embarcaciones y era un criterio que proporcionaba un área baja comparado con el otro expuesto, que daría unos resultados que doblarían los obtenidos.

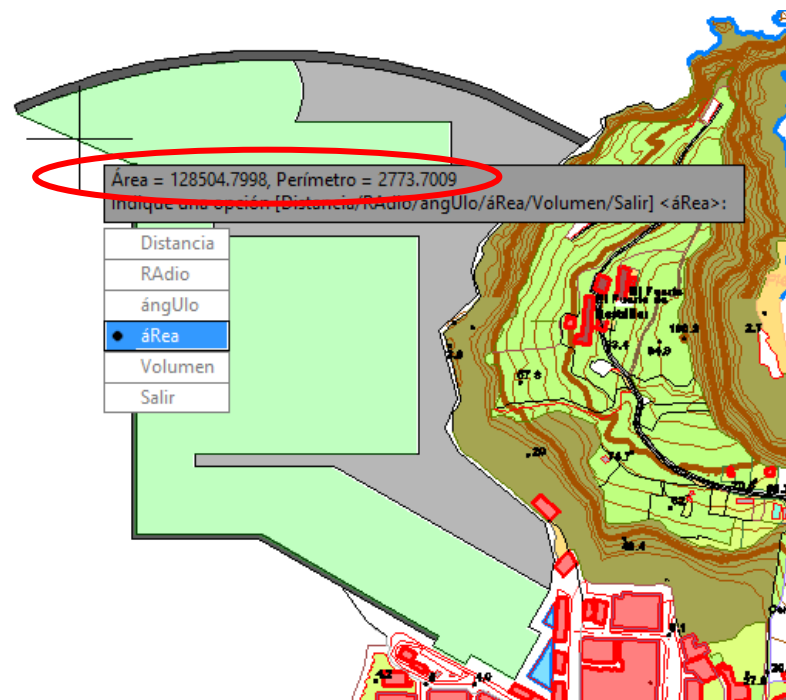


Figura 3.65. Área de dársena

Área de dársena: 128.505 m^2

3.4.4. Área de tierra

El área de tierra estimado como mínimo para las operaciones y mantenimiento de las embarcaciones y el desplazamiento y uso de los usuarios ha sido estimado en 25000m^2 en base al criterio de "Puertos Deportivos", M. A. Losada, M. Corniero.

El área tiene un área de tierra de 41.103 m², superior a los 25.000m² estimados inicialmente como se observa en la *figura 3.66.*, pero de nuevo, se ha adoptado el criterio que proporcionaba un área mucho inferior al otro criterio.

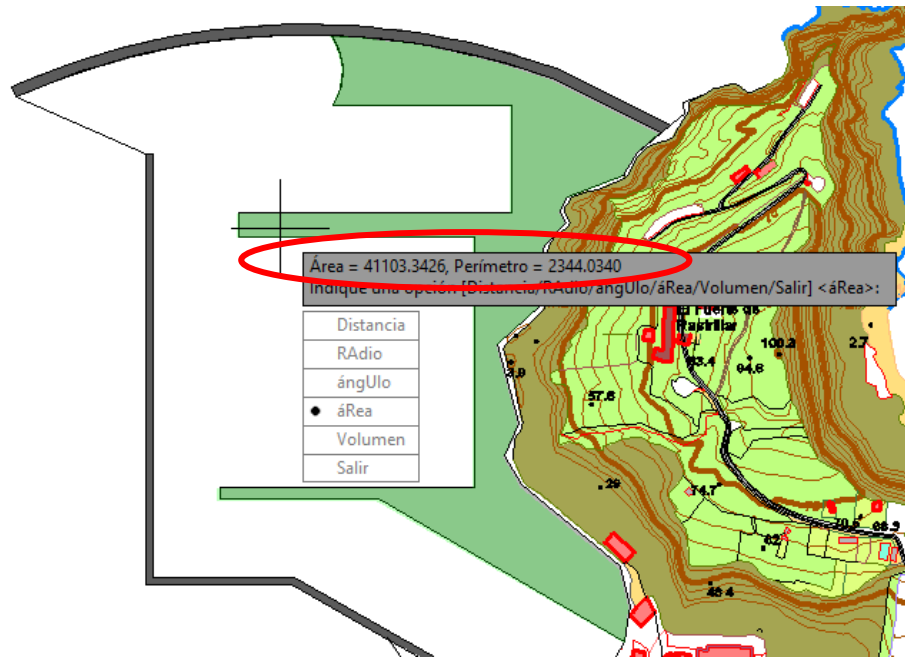


Figura 3.66. Área de tierra

Área de tierra: 41.103 m²

3.4.5. Anchura de bocana

La anchura de la bocana mínima que se ha calculado en el apartado 3.1. ha sido de 50m basada en la tabla incluida en el documento "*Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la Región de Murcia*" debido a la disparidad de criterios.

La anchura de la primera entrada es de 116,88m, pero en su zona más estrecha mide 83,57m, más de 50m, como se observa en la *figura 3.67.*, luego los barcos no tendrán ningún problema en su entrada.

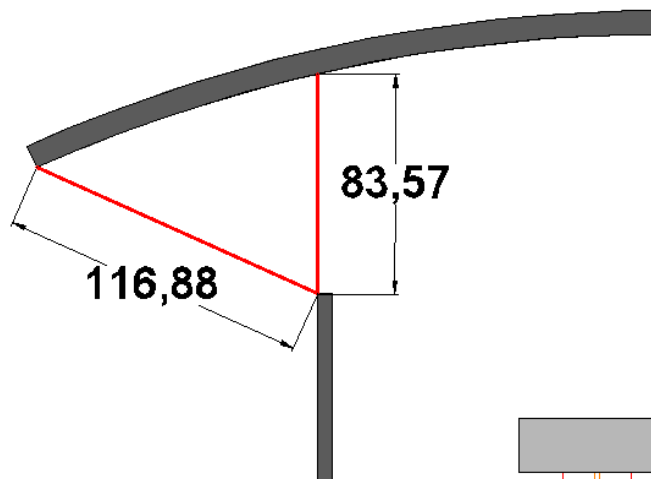


Figura 3.67. Anchura de bocana

3.4.6. Canal principal

Como se comentó el canal principal va variando según los atraques a los que haya que acceder. En el caso del puerto habrá 3 canales principales con 3 anchuras. La anchura de los canales ha sido calculada con la ROM

El primero, para los atraques de esloras de 20 y 18. Serán los de 20 los que marquen la anchura del canal con 35m.

Al estar en la entrada que es de gran anchura no tendrán ningún problema para acceder a los atraques, se llega con una anchura de unos 40m en su parte más estrecha. como se observa en la *figura 3.68.*

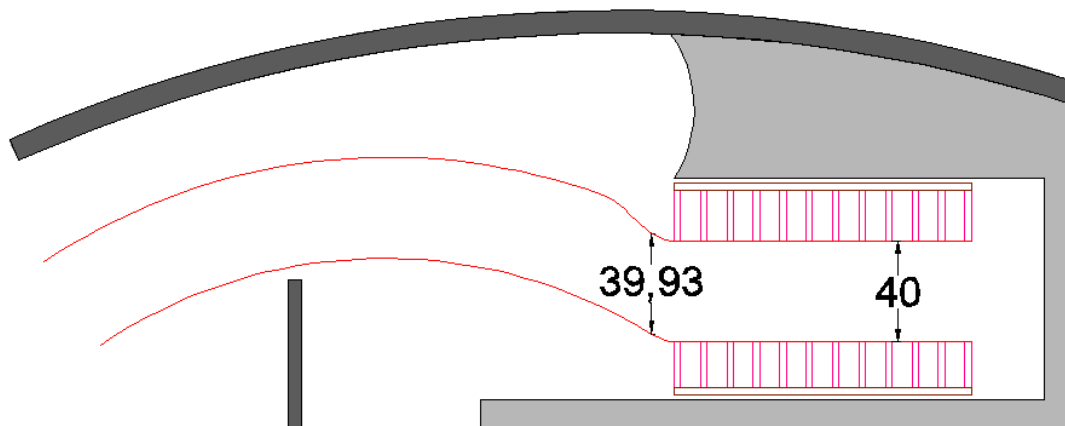


Figura 3.68. Canal principal atraques de 20 y 18.

El segundo lleva a los atraques de 15, 12 y 10, será el de 15 el que establezca el mínimo. Para los atraques de 15 se establece una anchura de 27m.

Se supera por mucho estos 27m luego no habrá problemas para este segundo canal tampoco como se observa en la *figura 3.69.*

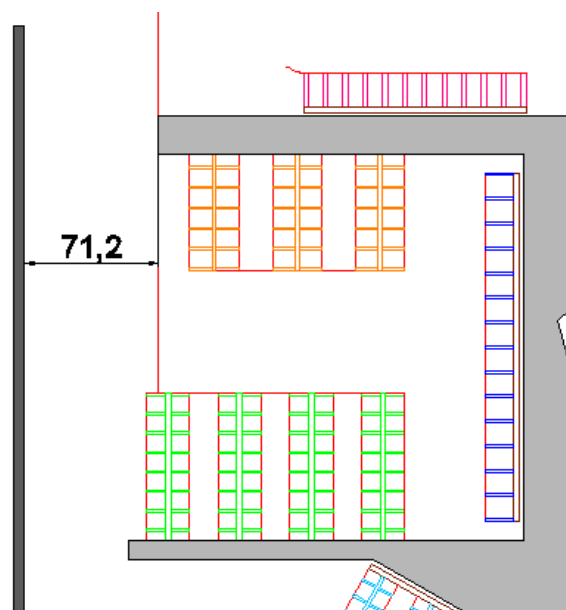


Figura 3.69. Canal principal atraques de 15, 12 y 10.

Para el tercer canal principal únicamente acceden los atraques de 6 y 8, luego será el de 8 el que imponga la anchura, que se ha estimado en 18m.

Se observa, que pese a estar más ajustado que en los otros atraques se superan los 18m mínimos estipulados como se observa en la figura 3.70.

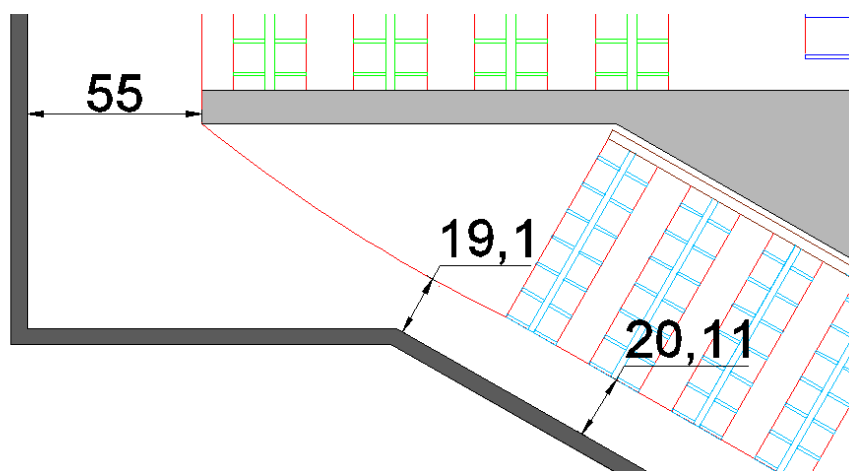


Figura 3.70. Canal principal atraques de 8 y 6

3.4.7. Calado

Para estudiar el calado del puerto se ha acudido a la batimetría en Autocad.

Se necesita para la bocana un calado mínimo de 4,5m igual que en el calado principal.

Para los atraques se sigue la tabla de la figura 3.6.

ESLORA MÁXIMA	CALADO EN EL ATRAQUE
Hasta 6m	2m
Hasta 8m	2m
Hasta 10m	2,5m
Hasta 12m	3m
Hasta 16m	3,2m

Figura 3.6. Calados mínimos en función del atraque

La batimetría de la que se dispone no corresponde a la actualidad, de modo que solo servirá de orientación para poder saber si se necesitarán operaciones de dragado y donde.

En base a lo observado en la figura 3.71. se dispone lo siguiente:

El calado de la bocana es de unos 8-9 metros, mas de 4,5m luego cumple el calado mínimo.

Como se observa se necesitarán operaciones de dragado en todas las zonas de atraque cercanas al área de tierra por tener unos calados insuficientes.

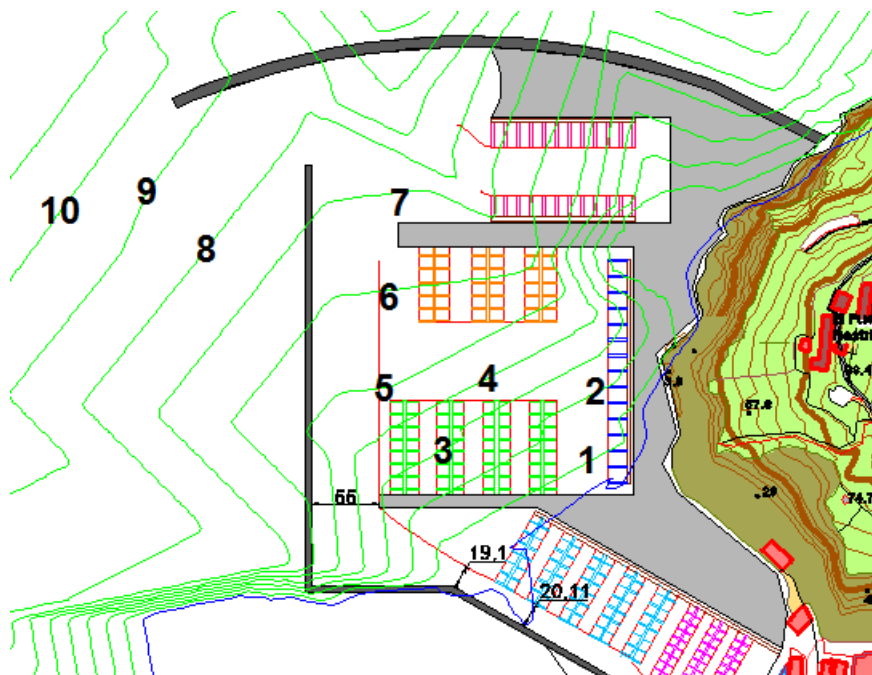


Figura 3.71. Calado del puerto

3.4.8. Atraques

3.4.8.1. Pantalanes

En el apartado 3.1. se ha establecido que los pantalanes de menos de 100 metros tendrán una anchura de 2m, y cuando sea mayor la anchura será de 3 metros.

En la figura 3.72. se observa como los pantalanes de los atraques de 20 y 18 superan los 100 metros y tienen una anchura de 3m

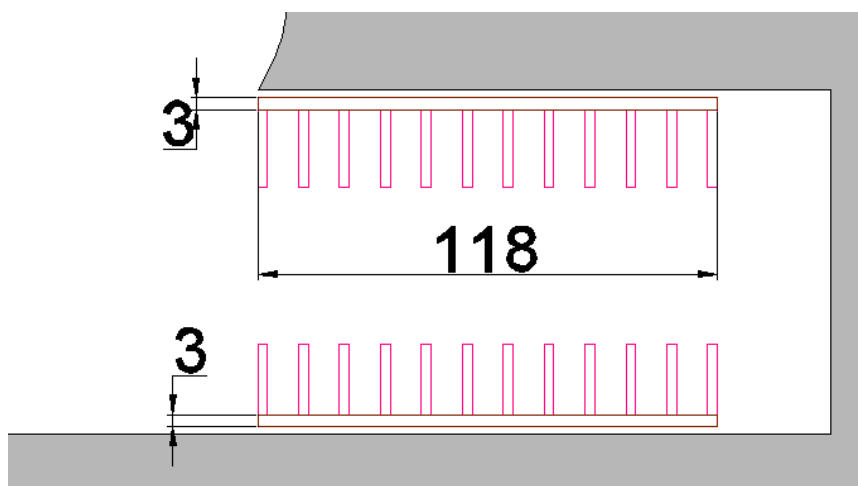


Figura 3.72. Pantalanes de atraques de 20 y 18

En la figura 3.73. se observa que los atraques de 12 y 10 tienen una longitud menor de 100 metros y les corresponde una anchura de 2 metros.

Por otra parte el pantalán del atraque de 15 tiene una longitud superior a 100 metros, luego le corresponde correctamente una anchura de 3 metros.

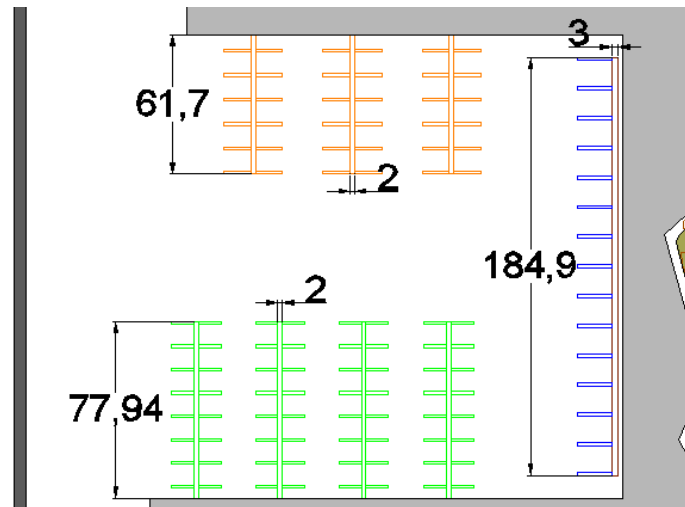


Figura 3.73. Pantalanes de 15, 12 y 10

En la figura 3.74. se pueden observar el pantalán de acceso a los atraques de 8 y 6, superior a 100 con una anchura de 3 metros.

Los pantalanes de cada fila de atraques, con una longitud menor a 100 metros tienen una anchura de 2 metros.

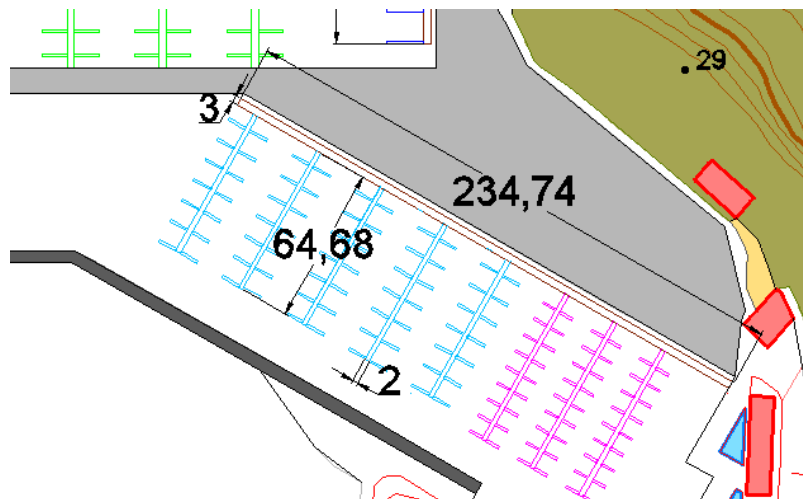


Figura 3.74. Pantalanes de 8 y 6

3.4.8.2. Atraques.

En este apartado se han comparado los atraques expuestos en el apartado 3.1. en las figuras 3.11-17, con los realizados en el plano del puerto. Estos deben ser iguales.

- 20 metros de eslora por 6 de manga

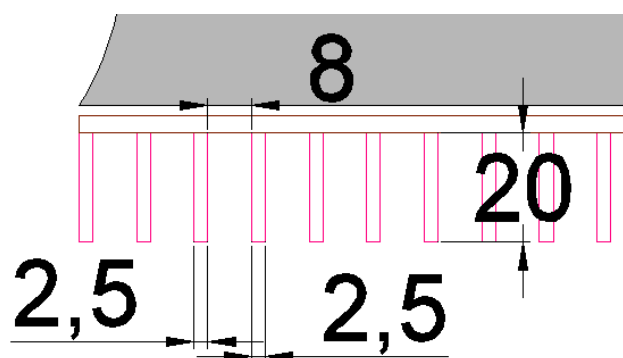
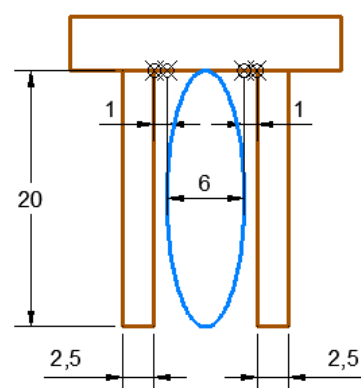


Figura 3.75. Atraque de 20x6



- 18 metros de eslora por 6 de manga

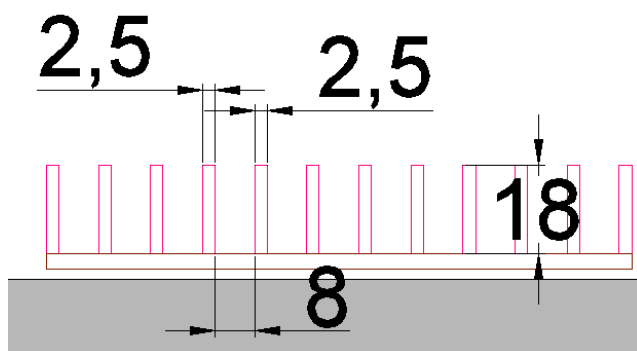
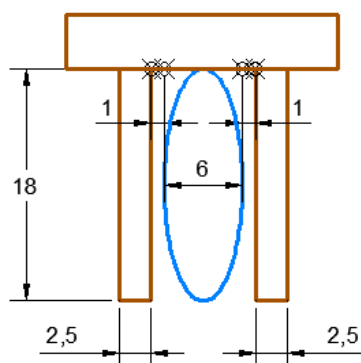


Figura 3.76. Atraque de 18x6



- 15 metros de eslora por 5 de manga

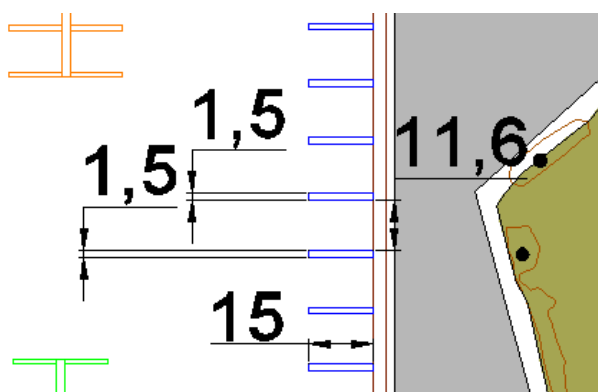
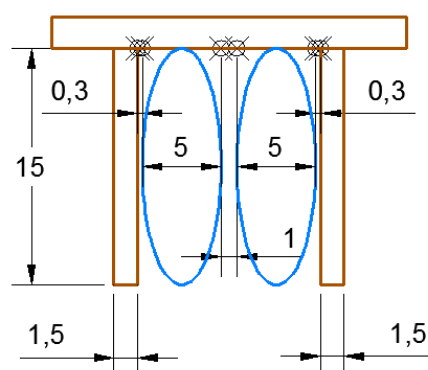


Figura 3.77. Atraque 15x5



- 12 metros de eslora por 4 de manga

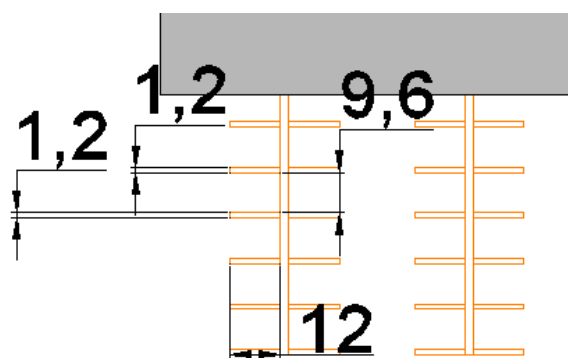
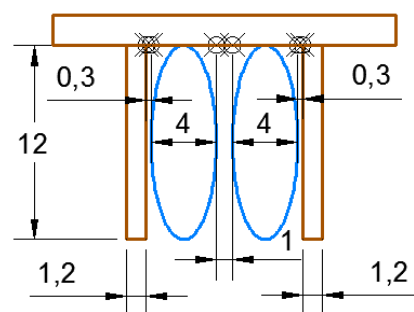


Figura 3.78. Atrake 12x4



- 10 metros de eslora por 3,8 de manga

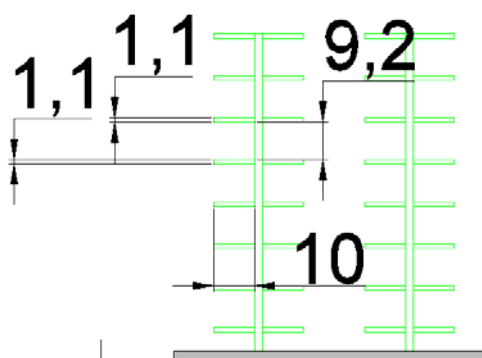
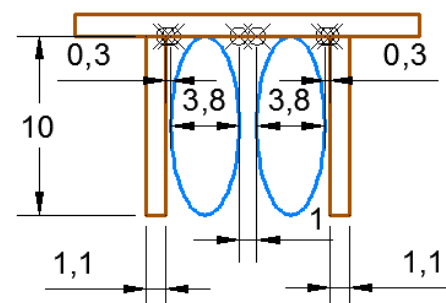


Figura 3.79. Atrake de 10x3,8



- 8 metros de eslora por 3,5 de manga y 6 metros de eslora por 2,5 de manga

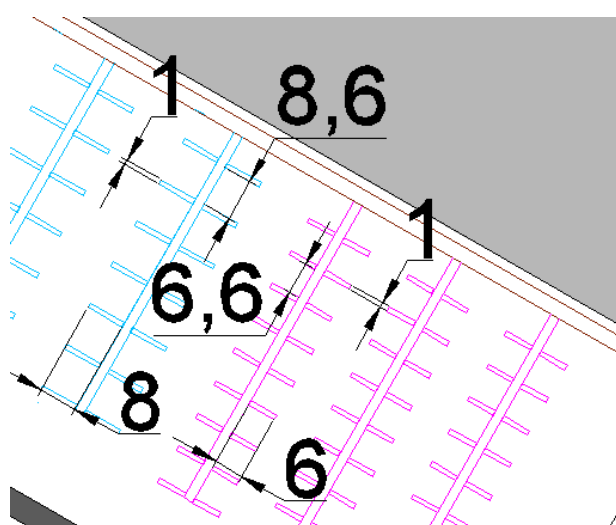
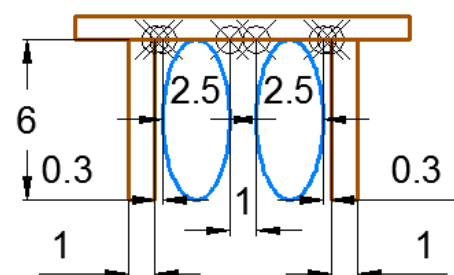
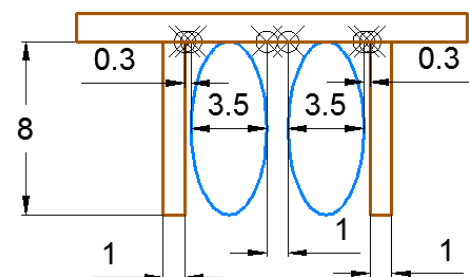


Figura 3.80. Atrakes de 8x3,5 y 6x2,5



3.4.9. Canales de acceso

Para el caso de los canales de acceso ocurre lo mismo que para el canal principal, dependiendo de cómo estén colocados los atraques las anchuras mínimas serán unas u otras.

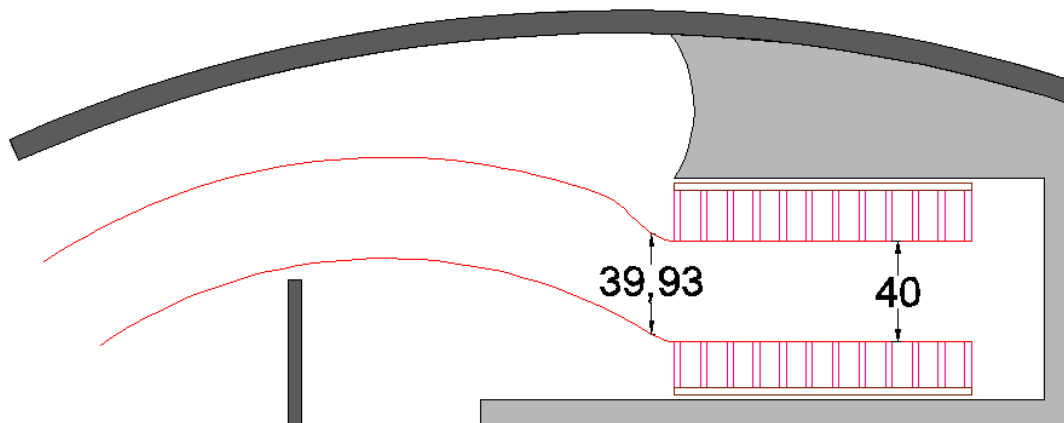
La tabla mostrada en la figura 3.18. proporciona las anchuras del canal de acceso en función de la eslora.

ESLORAS	ANCHURA CANAL ACCESO
6	9
8	12
10	15
12	18
15	22.5
18	27
20	30
25 (buque de diseño)	37.5

"Figura 3.18. Anchura canal de acceso en función de la eslora"

El primero, para los atraques de esloras de 20 y 18. Serán los de 20 los que marquen la anchura del canal de acceso con 37,5m.

Al estar en la entrada que es de gran anchura no tendrán ningún problema para acceder a los atraques, se llega con una anchura de unos 40m en su parte más estrecha. como se observaba en la figura 3.68..



"Figura 3.68. Canal principal atraques de 20 y 18."

Para los atraques de 15 se establece una anchura de 22,5m., se observa que el canal de acceso para este atraque es de 43m, que supera por mucho los 22,5m.

Para los atraques de 12 se ha establecido una anchura de 18m para el canal de acceso y se observa en la figura 3.69. que se cumple, al igual que para los atraques de 10 con una anchura de 15.

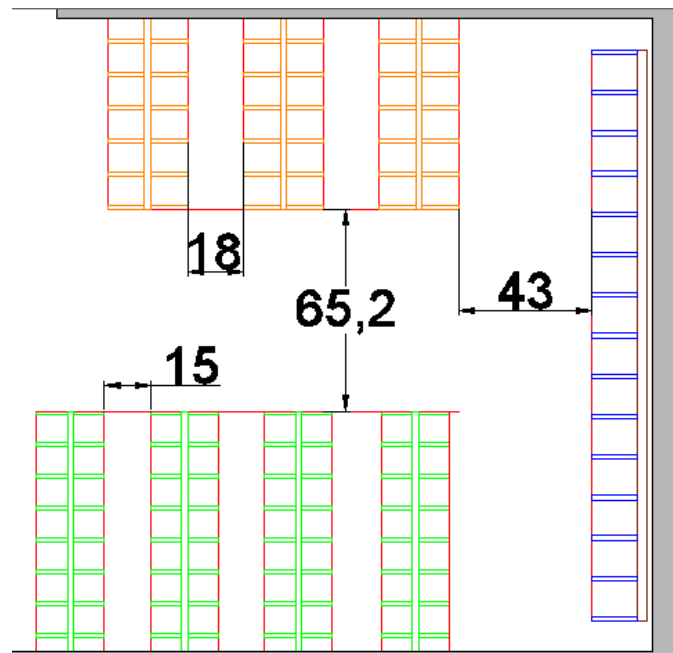


Figura 3.81. Canales de acceso atraques de 15, 12 y 10.

Para los atraques de 6 y 8, se establecen anchuras para los canales de acceso de 9 y 12 metros, como se observa en la figura 3.82.

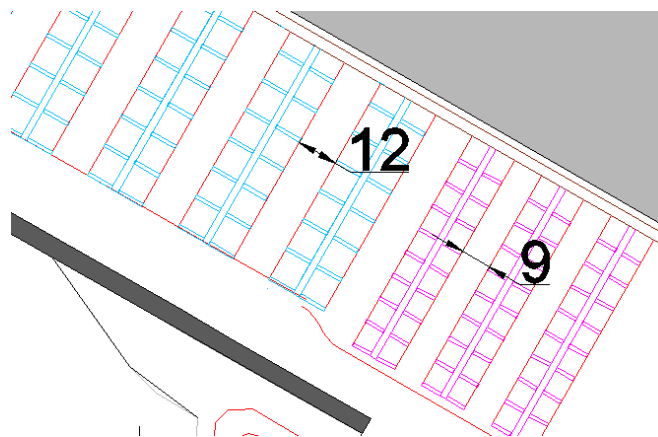


Figura 3.82. Canales de acceso atraques de 8 y 6

3.4.10. Área de reviro

Como se observa en la figura 3.83. se tiene un área de reviro sobrado para el radio de 37,5m establecido.

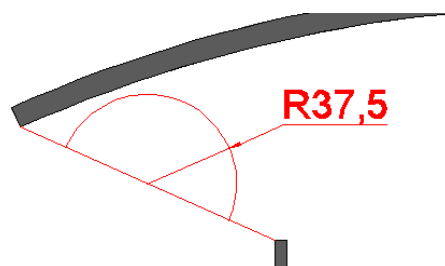


Figura 3.83. Área de reviro

3.4.11. Servicios prestados por el puerto

Siguiendo principalmente el documento "Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la R. Murcia" que proporciona una información clara y resumida de varios servicios, y sin entrar en mucho detalle en ellos se analizan los siguientes servicios prestados por el puerto:

3.4.11.1. Estación abastecimiento combustible

Las instalaciones destinadas a dar suministro de carburantes y combustibles a embarcaciones constan en esencia de un almacenamiento de producto, un equipo de suministro y opcionalmente un sistema de control electrónico del conjunto.

La estación de servicio de combustible deberá ubicarse en el puerto deportivo alejada de muelles e instalaciones de servicios terrestres. Normalmente se situará cerca de la bocana de acceso al puerto, en una zona protegida. El área adyacente debe ser apta para alojar los tanques de almacenamiento de combustible, y contar con acceso terrestre para los vehículos de suministro de combustible y bomberos.

Siguiendo estas recomendaciones se ha dispuesto la estación de servicio de combustible donde se indica en la *figura 3.84*. además se acota el acceso a ella que es de 20m, suficiente para el acceso de vehículos.

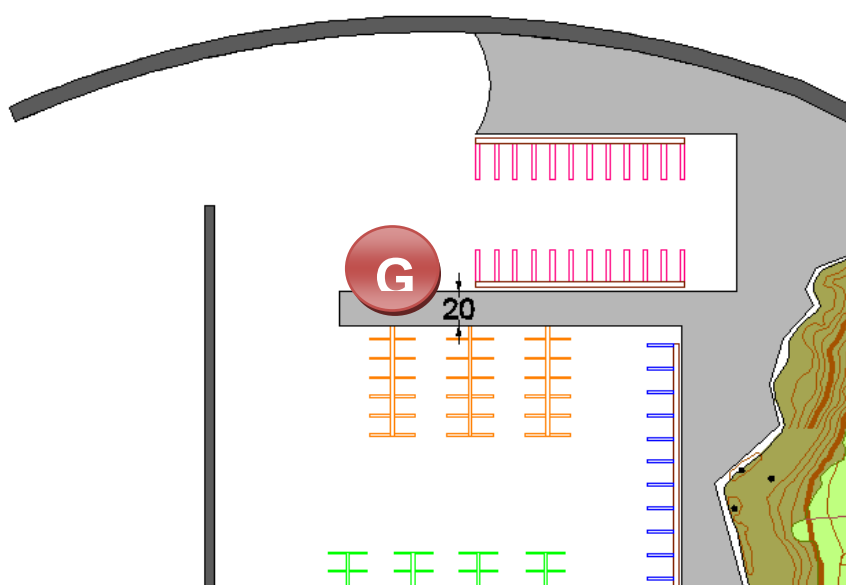


Figura 3.84. Estación de abastecimiento de combustible

3.4.11.2. Sistemas de comunicación

El puerto debe habilitar ciertos sistemas de comunicación. Los servicios habituales que se demandan en las instalaciones portuarias de nueva creación o existentes son los sistemas de voz y datos, wifi y sistemas de megafonía.

3.4.11.3. Baños y duchas

El puerto deportivo debe disponer de instalaciones sanitarias ya sea en tierra o en los pantalanes fijos o flotantes.

El documento "Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la R. Murcia" proporciona una tabla sacada de "Code of Practice for the Construction and Operation of UK Marinas and Yacht Harbours" mostrada en la *figura 3.85*.

Instalación	Hombres	Mujeres
WC	1 cada 50 amarres	1 cada 50 amarres
Urinales	1 cada 75 amarres	-
Lavabos	1 cada 50 amarres	1 cada 50 amarres
Duchas	1 cada 75 amarres	1 cada 75 amarres
Piletas de limpieza	1 por bloque	1 por bloque
WC discapacitados	1 por bloque	

Figura 3.85. Instalaciones sanitarias en puertos deportivos

El puerto cuenta con 468 atraques luego:

- nº de WC: Entre 9 o 10 para hombres y lo mismo para mujeres.
- nº de urinales: Entre 6 o 7.
- nº de lavabos: Entre 9 o 10 para hombres y lo mismo para mujeres
- nº de duchas: Entre 6 o 7 para hombres y lo mismo para mujeres

3.4.11.4. Zonas de estacionamiento de vehículos

El puerto debe contar con una correcta provisión de plazas de aparcamiento, tanto para sus usuarios como para visitantes. La dotación correcta es de 0,75 plazas de aparcamiento (4,80m x 2,40m) por amarre.

De nuevo, "Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la R. Murcia" proporciona una tabla orientativa para el número de amarres y la superficie.

Para nuestro número de atraques se han obtenido los siguientes valores:

375 plazas (8 reservadas para minusválidos)

5.760 de suelo útil (m²)

8.060 de reserva de espacio (m²)

Como la superficie de tierra del puerto es de 41.103 m², y solo se necesitan 8.060 m², los aparcamientos ocuparían el 20% de la superficie de tierra.

Se ha dividido el área de aparcamiento en 2.

La primera parte con una superficie de 4505,44 m² situada al norte del puerto mostrada en la *figura 3.86*..

La segunda parte con una superficie de 3588 m² situada en la parte sur de pueblo mostrada en la *figura 3.87*..

Entre ambas partes se ha conseguido una *superficie de 8093,44 m²* reservada para esta instalación



Figura 3.86. Aparcamientos zona I.

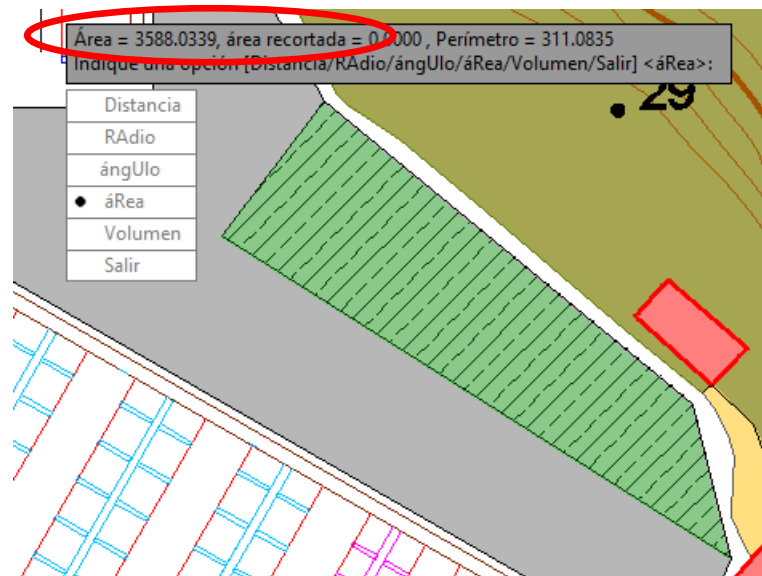


Figura 3.87. Aparcamientos zona II

3.5. CONCLUSIONES

Para concluir el capítulo se presenta una tabla resumen de las magnitudes estimadas para el puerto basándose en los distintos criterios expuestos a lo largo del apartado 3.1. y los realizados finalmente para la alternativa elegida.

	CRITERIOS	ALTERNATIVA
ÁREA DE DÁRSENA	55.200 m ²	128.505 m ²
ÁREA DE TIERRA	25.000 m ²	41.103 m ²
ANCHURA DE BOCANA	50 m	83,57 m
CANAL PRINCIPAL 1	35 m	40 m
CANAL PRINCIPAL 2	27 m	71,2 m
CANAL PRINCIPAL 3	18 m	20,11 m

La variación de los criterios respecto de los estimados se debe a la gran diversidad de criterios que existen y a que no se han seguido siempre los mismos.

El resto de condicionantes se cumplen como se puede comprobar en el apartado 3.3.

Respecto a la agitación portuaria, se puede concluir, que cuantos más obstáculos protejan los atraques más resguardado estará y menos agitación interior tendrá, y por tanto prestará un mejor servicio.

La alternativa ha cumplido no solo la variación de altura de ola permitida en todos los atraques (menor de 0,4), sino el número de horas máximas (menor de 20h/año) que se obtuvo de la ROM pese un número muy reducido, aun así la alternativa solo tendrá 8,7 horas en las que no se cumpla el criterio de la altura de ola máxima en el interior del puerto.

Para hacer las otras dos alternativas más funcionales, una posible solución hubiese sido aumentar el morro del dique, ya que la distancia entre el dique y el contradique hará que la altura de ola disminuya a su entrada en el abrigo del puerto. Una estimación de ese aumento se puede estimar con el porcentaje de horas que supera las permitidas.

Otra posible solución sería variar la zona de tierra para producir obstáculos como los que tiene la alternativa 3.

No se realizará el cálculo del contradique ya que, al realizar el diseño se ha optado por continuar el contradique que abrigaba el puerto antiguo, luego por cuestiones de diseño se mantendrá la forma y anchura del mismo, pero, se hace constar que para el cálculo del contradique, para obtener sus características significativas, habría que conseguir la altura de ola en el morro del contradique, esto se consigue multiplicando la serie de oleaje en el punto B, por el coeficiente ya obtenido para el estudio de la agitación interior. Esta serie de alturas obtenida en el morro del contradique sería la que se utilizaría

CAPÍTULO 4.

DISEÑO DEL DIQUE

CAPITULO 4. DISEÑO DEL DIQUE

En el presente capítulo se ha llevado a cabo el diseño del dique, desde el punto de vista funcional y estructural.

Se aplican las formulaciones semi-empíricas para el diseño de un dique en talud de materiales sueltos con base en los parámetros de oleaje propagados a pie de estructura.

El diseño se basa en los criterios funcionales y estructurales recogidos en las Recomendaciones de Obras Marítimas (programa ROM) y presentados en el capítulo 3 del presente documento.

4.1. DISEÑO FUNCIONAL SECCIONES DEL DIQUE

A partir del diseño funcional se pretende establecer la cota de coronación del dique en base a los criterios que recoge la ROM: la operatividad y el número de paradas.

Para ello se ha utilizado el programa Matlab, el programa realizado para su cálculo se encuentra al final del proyecto como "ANEXO CÁLCULO DEL DIQUE".

4.1.1. Cota de coronación

4.1.1.1. Criterios

En primer lugar es importante definir los distintos niveles que se encuentran a pie de dique y las distintas cotas más representativas para el cálculo de la cota de coronación. Para observar esto se ha realizado el esquema mostrado en la *figura 4.1*.



Figura 4.1. Esquema dique talud

El cero del puerto normalmente corresponde con la bajamar, en este caso con la bajamar viva de la serie de mareas (Suma de la marea astronómica y la meteorológica), esta fue calculada en el apartado 1.4.2.2. "Consideración respecto del nivel del mar", y tiene un valor de -2,3546m, este será el valor tomado como 0.

El Nivel de cálculo (o nivel medio de cálculo) es la cota sobre la marea desde la que se mide el Run-up de la fórmula de Run-up de Losada y Gimenez Curto (1981), para conseguir el Run-up total, habrá que sumar a la serie de Run-up calculada la serie de mareas modificada como se indica en el apartado antes mencionado. (Todo ello está recogido en el Anexo cálculo del dique del final del proyecto).

El francobordo (R_c) se obtendrá de la fórmula para el cálculo del caudal de rebase de Waal y van der Meer (1991), siguiendo la metodología expuesta en el apartado siguiente. El francobordo se mide desde el cero del puerto hasta la parte superior del espaldón.

De modo que se utilizarán dos criterios para la obtención de la cota de coronación:

- 1^{er} criterio: Run-up. Losada y Gimenez Curto (1981)

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{s2\%}} = A_u \cdot [1 - \exp(B_u \cdot I_{r0})]$$

El Run-up es el remonte del oleaje sobre la estructura, se puede definir como el ascenso máximo del agua sobre el talud de una estructura (en este caso el dique), medido por la distancia vertical del nivel medio del mar al punto máximo de desplazamiento sobre el talud.

El límite lo impondrá la operatividad, calculada en el capítulo 2, criterios generales de diseño, resultando de 0,99 (99%), como se ha explica en el apartado siguiente.

- 2º criterio: Rebase. Waal y van der Meer (1991)

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_s^3}} = 8 \cdot 10^{-5} \cdot \exp[3,1 \cdot (R_{u2\%} - R_c)/H_s]$$

El rebase del oleaje (overtopping) se utiliza para describir el efecto de transmisión del oleaje por encima del coronamiento de una estructura, en este caso del dique.

El límite lo impondrá el número de paradas (eventos) permitidos, también calculados en el capítulo 2, resultando de 5 paradas anuales.

El límite de caudal máximo de rebase se tomará de la tabla de la *figura 4.2.* que indica los caudales máximos para vehículos, peatones y edificios.

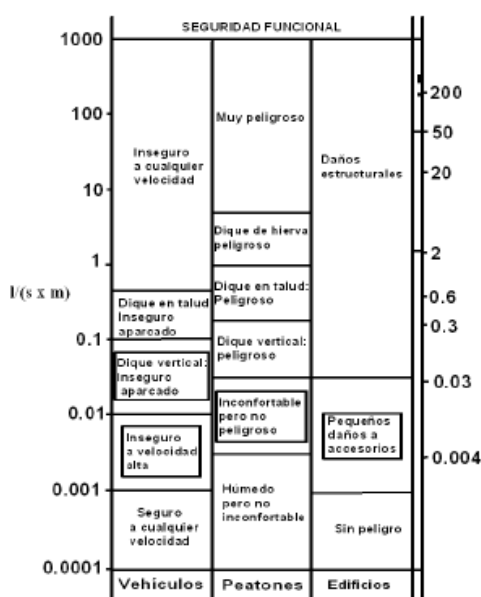


Figura 4.2. Caudal máximo

El límite para el proyecto lo impondrán los peatones, que serán los que paseen por la estructura, para el dique y fijándose en la *figura 4.2.* se obtiene un caudal máximo de rebase de 0,03 l/s/m.

4.1.1.2. Metodología

Para la ejecución de este apartado se ha hecho uso del programa Matlab, utilizando algunos de los resultados obtenidos en los anteriores capítulos.

La metodología a seguir ha sido la siguiente:

1) Datos

En primer lugar se obtienen los vectores necesarios, ya calculados para la propagación del capítulo 1 estos son:

- L_0 : Vector de longitudes de onda en aguas profundas.
- HB : Vector de alturas de ola en la zona del puerto.
- N2 : Vector de mareas cambiadas a cota 0.

2) Cálculo del Run-up

Primero se ha realizado el criterio del Run-up:

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{s2\%}} = A_u \cdot [1 - \exp(B_u \cdot I_{r0})]$$

Dentro de ésta fórmula aparece el número de Iribarren que tiene la siguiente expresión:

$$I_{r0} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_0}}}$$

De modo que se necesitan los siguiente datos para realizar el cálculo del Run-up:

- $\tan \alpha$: como es un dique con talud 2:1, tiene un valor de 0,5.
- H_s : el vector de alturas de ola en el puerto HB.
- L_0 : el vector de longitudes de onda en aguas profundas.
- $H_{s2\%}$: tiene un valor de $1,399 \cdot HB$.
- A_u y B_u coeficientes constantes que depende de la geometría de las piezas:

Como estará formato de cubos de hormigón,
tipo de pieza: Cubes.

$A_u=1,05$

$B_u=-0,67$

Tipo de pieza	A_u	B_u
Unclassified quarry	1.80	-0.46
Classified quarry	1.37	-0.60
Tetrápodes	0.93	-0.75
Dolos	0.70	-0.82
Cuadripodes	0.93	-0.75
Cubes	1.05	-0.67

Cuando en la serie de Run-up coincidan Run-up altos con pleamares se tendrán los valores más altos de Run-up.

3) Cálculo del rebase

El cálculo del rebase se realiza siguiendo la siguiente expresión:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot Hs^3}} = 8 \cdot 10^{-5} \cdot \exp [3,1 \cdot (R_{u2\%} - R_c)/Hs]$$

Las diferentes variables que intervienen son:

- g : aceleración de la gravedad igual a 9,8 m/s².
- q : caudal unitario de rebase en (m³/s/m)
- Hs: el vector de alturas de ola en el puerto HB.
- R_{u2%} : serie de run-up total obtenida anteriormente.
- R_c : francobordo, lo que se quiere hallar en metros.

Para su obtención se utilizará un método iterativo, dando valores a "q" hasta que se cumpla la condición requerida.

4) Aplicación de los criterios

Como se ha comentado se aplicarán dos condiciones, la operatividad y el número de paradas.

Para la operatividad se deben representar los distintos "q" calculados, en el programa se han realizado dando valores a Rc desde 9 hasta 14 m., por ser el máximo Run-up total de 9,4m, frente a la probabilidad.

Como la operatividad del proyecto es del 99%, habrá que ir a la probabilidad de 0,99 y comprobar que el caudal obtenido sea menor del impuesto, que es 0,03 l/s/m.

Para el número de paradas se han contado el número de veces que se supera el caudal admitido que es de 0,03, en un año no puede ser superior a 5 veces (por ser 5 paradas anuales), para la serie de datos que es de 60 años, el número de eventos (paradas) no podrá ser superior a 300.

5) Resultado final

Se obtendrá un Rc lo más aproximado posible que cumpla ambos criterios.

4.1.1.3. Resultados

Hay que tener en cuenta que el criterio de la operatividad es menos restrictivo que el de las paradas, luego será el segundo criterio el que proporcione la altura definitiva.

4.1.1.3.1. Operatividad

Como la cota máxima de Run-up es de 9,4349 se ha comenzado a estudiar de forma iterativa el francobordo (Rc) desde 9.

Aunque cumpla uno de los Rc, el criterio de número de paradas aumentará la altura del francobordo.

Para $R_c=9m$

En la *figura 4.3.* se observa la distribución de la altura frente a la probabilidad.

Para la probabilidad de 0,99 se ha obtenido un caudal de rebase aproximado de 0,034 l/s/m, luego no cumple.

Habrá que probar con una altura mayor, pero al estar cercano probablemente para este criterio con un $R_c=10m$ se cumpla.

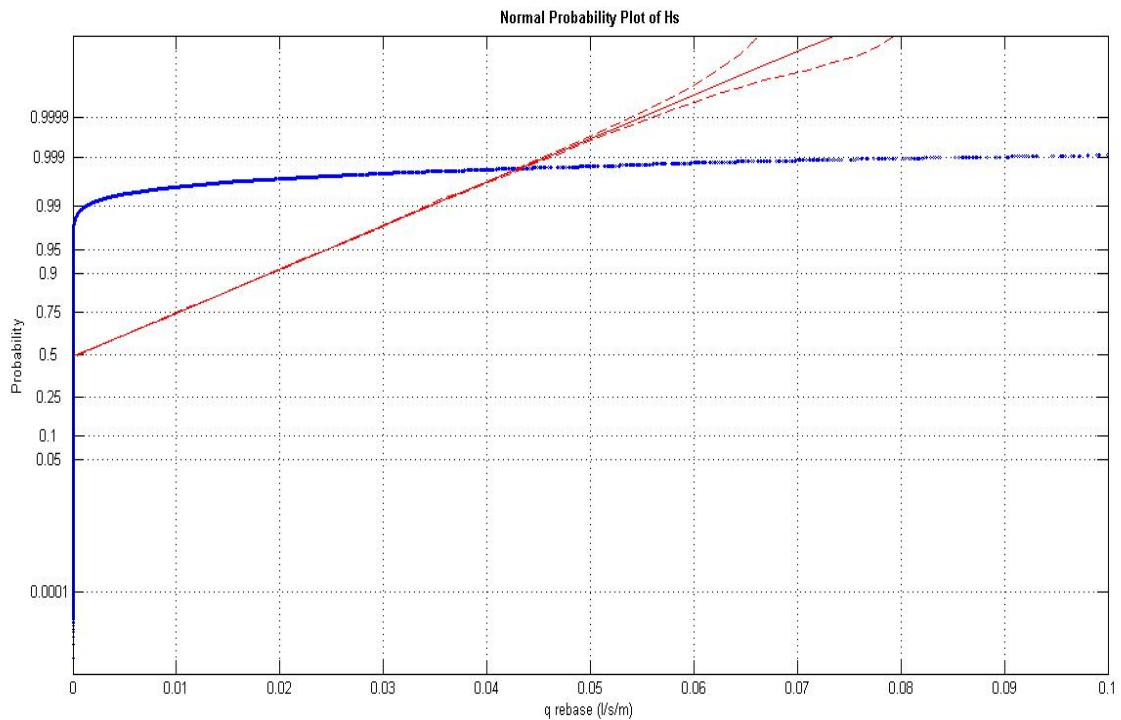


Figura 4.3. Probabilidad del caudal de rebase para un $R_c=9m$

Para $R_c=10m$

En la *figura 4.4.* se representa la probabilidad del caudal obtenido para $R_c=10m$.

Para la probabilidad de 0,99 se ha obtenido un caudal de 0,015 l/s/m, menor de 0,03, luego cumple.

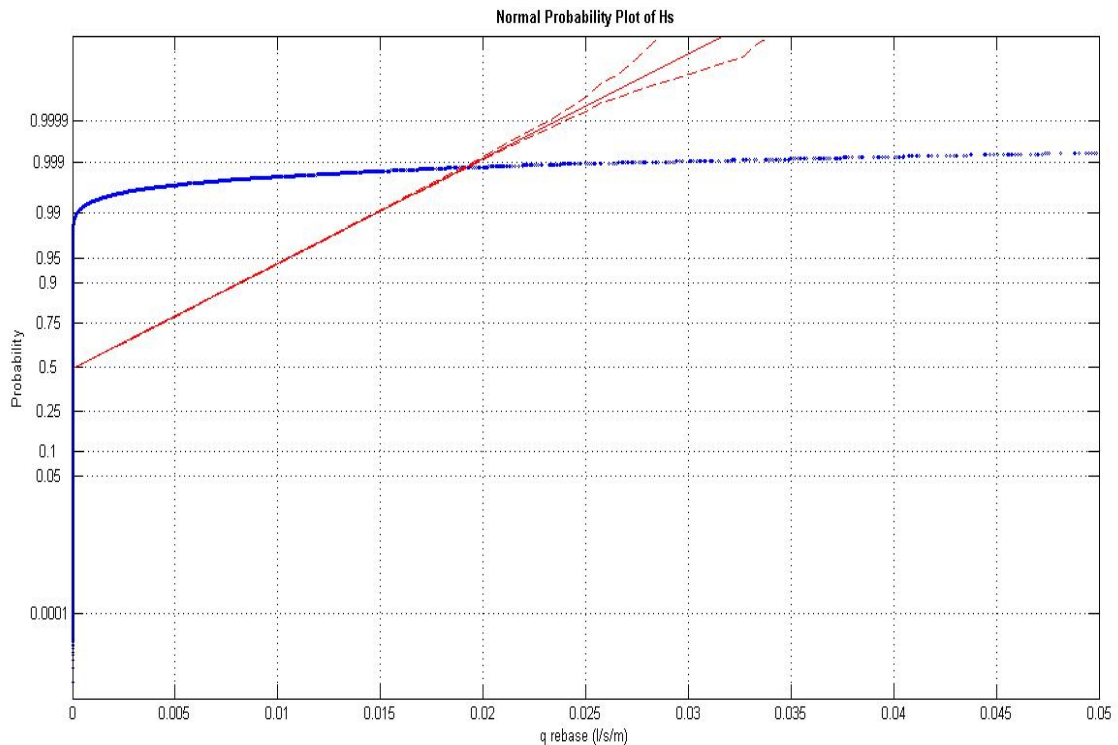


Figura 4.4. Probabilidad del caudal de rebase para un $R_c=9m$

Luego con el criterio de la operatividad con una altura de 10m ya cumple, como con el criterio de las paradas se necesitará más altura no se ha precisado más la altura.

4.1.1.3.2. Número de paradas

Para obtener el número de eventos se ha programado en Matlab para obtener el número de veces que el caudal de rebase supera los 0,03 l/s/m establecidos.

Se ha realizado una primera aproximación con los caudales de 9 a 14 m³/s/m. Como se ha mencionado antes, se permiten como mucho 5 paradas anuales, que en la serie total de 60 años, se permiten 300 paradas totales.

Se considera como parada, cuando el agua rebase la estructura y quede inutilizada para su uso.

Un resumen de los resultados obtenidos en la primera aproximación se muestra en la figura 4.5.

FRANCOBORDO (Rc)	NºPARADAS TOTALES	NºPARADAS ANUALES
9 m	1177	20
10 m	498	9
11 m	213	4
12 m	88	2
13 m	38	1
14 m	7	1

Figura 4.5. Cuadro resumen número de paradas 1ª aproximación

Se observa que la altura correcta se encuentra entre 10 y 11 metros.

Se ha aproximado más la altura mediante el programa Matlab realizando una segunda aproximación, como parece estar más cercana a 11 que a 10 se empezará a aproximar desde 10,5m, se observan los resultados obtenidos en la figura 4.6..

FRANCOBORDO (Rc)	NºPARADAS TOTALES	NºPARADAS ANUALES
10,5 m	318	5,3
10,6 m	294	4,9
10,7 m	271	4,5

Figura 4.6. Cuadro resumen número de paradas 2ª aproximación

Se obtiene una altura de coronación de 10,6m

4.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DEL DIQUE

4.2.1. Peso de las piezas

Para calcular el peso de los elementos del manto principal del rompeolas en talud se ha utilizado la formulación de Losada Giménez-Curto, para un rompeolas no rebasable y que estiman el peso del elemento de protección en el cuerpo del rompeolas.

La ecuación para el cálculo de las piezas del manto principal de Losada Giménez-Curto se representa bajo la siguiente formulación:

$$W_p = \rho_w \cdot R \cdot \varphi \cdot H_c^3$$

Siendo:

ρ_w = densidad del agua

$$R = \frac{\rho_h / \rho_w}{\rho_h / \rho_w - 1^3}$$

$\varphi = 0,047$ (inicio de avería por ser lo mas restrictivo)

$H_c = H_{50}$

TIPO BLOQUE	a x a x a
Cotan α	1.5 2.0 2.5
Inicio avería	0.000 0.047 0.043
Avería Inbarren	0.033 0.028 0.024
Destrucción	0.027 0.022 0.018

El criterio para obtener el número de mantos secundarios consiste en ir dividiendo el peso del manto entre 10, y cuando este sea inferior a 100kg considerar el anterior el último.

4.2.1.1. Manto principal

Para el cálculo del peso de las piezas del manto principal exterior se necesitan los siguiente parámetros.

$$\rho_w = \text{densidad del agua} = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$R = \frac{\rho_h / \rho_w}{\rho_h / \rho_w - 1^3} = \frac{2300 / 1025}{2300 / 1025 - 1} = 1,8$$

$$\varphi = 0,047 \text{ (inicio de avería por ser lo mas restrictivo)}$$

$$H_c = H_{50} = 6,1 \text{ m}$$

Luego:

$$W_p = \rho_w \cdot R \cdot \varphi \cdot H_c^3 = 1025 \cdot 1,8 \cdot 0,047 \cdot 6,1^3 = 19.682,65 \text{ kgf} = 19,7t$$

Para calcular el espesor del manto principal se utiliza la siguiente expresión:

$$D_{np} = \sqrt[3]{\frac{W_p}{\rho_h}} = \sqrt[3]{\frac{19683}{2300}} = 2m$$

Esto coincide con el lado del cubo de hormigón, luego los cubos serán de 2m de lado.

Espesor de dos capas: 2 x 2 = 4m

4.2.1.2. Mantos secundarios

- **1^{er} manto secundario:**

$$W_{s1} = \frac{19,7}{10} = 1,97t$$

La escollera utilizada para este manto tiene un peso de 1,5-4 t (peso medio 2,75t)

$$D_{ns1} = \sqrt[3]{\frac{W_p}{\rho_h}} = \sqrt[3]{\frac{2750}{2650}} = 1,012m$$

Espesor de 2 capas: 2 x 1,012 = **2,024m**

- **2^o mando secundario:**

$$W_{s2} = \frac{1,97}{10} = 197kg$$

La escollera utilizada para este manto tiene un peso de 100-400kg (peso medio 250kg)

$$D_{ns1} = \sqrt[3]{\frac{W_p}{\rho_h}} = \sqrt[3]{\frac{250}{2650}} = 0,45m$$

Espesor de 2 capas: $2 \times 0,45 = 0,9m$

El siguiente manto sería de $97kg < 100kg$, de modo que no se considerará un tercer manto secundario.

4.2.1.3. Núcleo

El núcleo será todo uno de cantera.

4.2.1.4. Muro parte interior

Como se ha indicado en el apartado "2.2.1.4. Tipo de talud" del capítulo 2, en la parte interior del talud, para proteger el manto interior se ha colocado un muro vertical para más funcional el interior del puerto.

Se realizará de hormigón.

4.2.1.5. Cuadro resumen

PARTE DEL MANTO	TIPO	PESO [kg]	ESPESOR [m, 2 capas]
Manto Principal	BLOQUES DE HORMIGÓN	19700	4
1 ^{er} Manto Secundario	ESCOLLERA	1500-4000	2,024
2 ^o Manto Secundario	ESCOLLERA	100-400	0,9

4.2.2. Diseño del espaldón

Para el diseño del espaldón se propondrá un espaldón prismático, coronado a la cota de la berma superior de los cubos de hormigón, 10,6 metros y 4m y suponiendo su base a la altura de la máxima pleamar a 5m

Como se ha adoptado la teoría de que el espaldón queda completamente protegido por la berma superior, no se considerarán las presiones dinámicas para el cálculo, lo que simplificará los cálculos.

Un esquema de las cargas pseudohidrostáticas que afectan al espaldón es el mostrado en la *figura 4.7.* que se muestra a continuación:

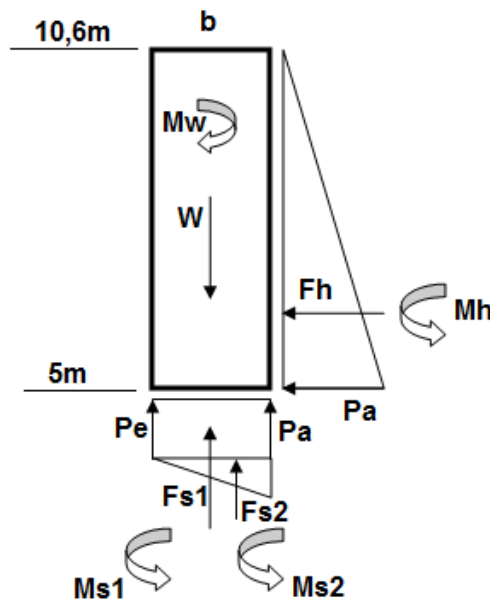


Figura 4.7. Esquema cargas pseudohidrostáticas en el espaldón

Para el cálculo las fuerzas se ha realizado un Excel que, en función de la anchura "b" calcule la anchura mínima que cumpla las condiciones mínimas de seguridad.

Los dos métodos de fallo analizados han sido deslizamiento y vuelco. Deben analizarse independientemente ambas hipótesis de carga.

Las expresiones de cada una son:

$$CSD = \frac{\mu \cdot (W - F_s)}{F_H} \geq 1,4$$

Siendo para el *Coefficiente de Seguridad al Deslizamiento*:

μ : Coeficiente función de H, L y n.

W: Peso del espaldón (N/m)

Fs: Fuerzas en contra del deslizamiento (N/m)

Fh: Fuerzas a favor del deslizamiento (N/m)

$$CSV = \frac{M_W}{M_H + M_S} \geq 1,4$$

Siendo para el *Coefficiente de Seguridad al Vuelco*:

Mw: Momentos en contra del vuelco referido al peso del espaldón (N*m/m)

Mh: Momento a favor del vuelco referido al empuje horizontal (N*m/m)

Ms: Momentos a favor del vuelco referidos a la subpresión (N*m/m)

Para calcular el ancho del espaldón se ha realizado el siguiente Excel, para su realización se necesitaban algunos datos previos que son:

H: altura máxima calculada en capítulo 2 = 8m

L: longitud de onda para $T_m=10s$ = 106m

n: número de piezas por anchura de berma = 3

pw: densidad del agua = 1025 kg/m³

g: aceleración de la gravedad = 9,8 m/s²

Rc: altura de coronación = 10,6m

hc: altura sobre el fondo de la cimentación = 5m

ph: densidad del hormigón = 2300 kg/m³

NC: nivel de cálculo = 4m

b: ancho del espaldón

PARÁMETROS	FÓRMULA	OPERACIÓN	VALOR	
B			2	m
μ	$f(H/L, n)$	$f(8/106, 3)$	0,29	
Pa	$\mu \cdot p \cdot g \cdot (Rc - hc)$	$0,29 \cdot 1025 \cdot 9,81 \cdot (10,6 - 5)$	16329,726	N/m ²
Fh	$Pa \cdot (Rc - hc) / 2$	$16330 \cdot (10,6 - 5) / 2$	45723,2328	N/m
Mh	$Fh \cdot (Rc - hc) / 3$	$45723 \cdot (10,6 - 5) / 3$	85350,0346	N*m/m
Pe/Pa	$f(F/L)$	$f(3/106)$	0,52	
Pe	$coef. \cdot Pa$	$0,52 \cdot 16330$	8491,45752	N/m ²
Fs1	$Pe \cdot b$	$8491 \cdot b$	16982,915	N/m
Ms1	$Fs1 \cdot (b/2)$	$16983 \cdot (b/2)$	16982,915	N*m/m
Fs2	$(Pa - Pe) \cdot b / 2$	$(16330 - 8491) \cdot (b/2)$	7838,26848	N/m
Ms2	$Fs2 \cdot b \cdot 2/3$	$7838 \cdot b \cdot 2/3$	10451,0246	N*m/m
W	$g \cdot b \cdot ph \cdot (Rc - NC)$	$9,81 \cdot b \cdot 2300 \cdot (10,6 - 5)$	252705,6	N/m
Mw	$W \cdot b / 2$	$252705,6 \cdot b / 2$	252705,6	N*m/m
CSD	$(\mu \cdot (W - Fs1 - Fs2)) / Fh$	$(0,37 \cdot (252705 - 16983 - 7838)) / 45723$	3,48879731	>1,4
CSV	$(Mw - Ms1 - Ms2) / Mh$	$(252705 - 16982 - 10451) / 85350$	2,6393857	>1,4

Se obtiene un ancho de espaldón igual a 2 metros

Se podría haber reducido aun más el espaldón, pero no es recomendable por quedar muy esbelto.

En algunos casos, se puede reducir el área del espaldón para reducir el material, dejando de tener una forma cuadrada o rectangular

4.3. ESQUEMA DEL DIQUE

Para el espaldón se supone la anchura calculada en el apartado anterior de 2 metros, se coloca la base del espaldón coincidiendo con el nivel de máxima pleamar a 5m sobre el cero del puerto.

Esto se hace así para evitar que el espaldón quede sumergido, ya que el empuje del agua que afecta al espaldón con parte sumergido favorece el vuelco, hecho afecta de forma negativa a su estabilidad, por ello se evita que el espaldón quede sumergido colocándole por encima de la máxima pleamar.

Como se explicó al comienzo del apartado 4.2.2. se ha coronado a la cota de la berma superior, luego a partir de la coronación del espaldón se comienzan a colocar el manto principal y los dos secundarios, con las anchuras calculadas de 4, 2,024 y 0,9 metros, calculadas en apartados anteriores y de los materiales también indicados.

Se utiliza la pendiente más habitual para diques en talud, que es 2:1 (2 en horizontal 1 en vertical).

Para la anchura de la berma superior, se ha supuesto para el cálculo del coeficiente " μ " que se colocarán 3 piezas por anchura de berma, como se ha calculado que el lado del cubo es de 2 metros, se obtiene una anchura de berma de 6 metros.

Para la anchura de la banqueta donde pasarán los peatones se ha supuesto de 7 metros por considerarse suficiente para su propósito.

La berma de pie es orientativa, no se ha calculado, pero se supone suficiente para sus funciones que son aportar estabilidad extra a los mantos, actuar de filtro y evitar que los bloques de mayor tamaño descansen directamente sobre el fondo para evitar la erosión de estos o su hundimiento.

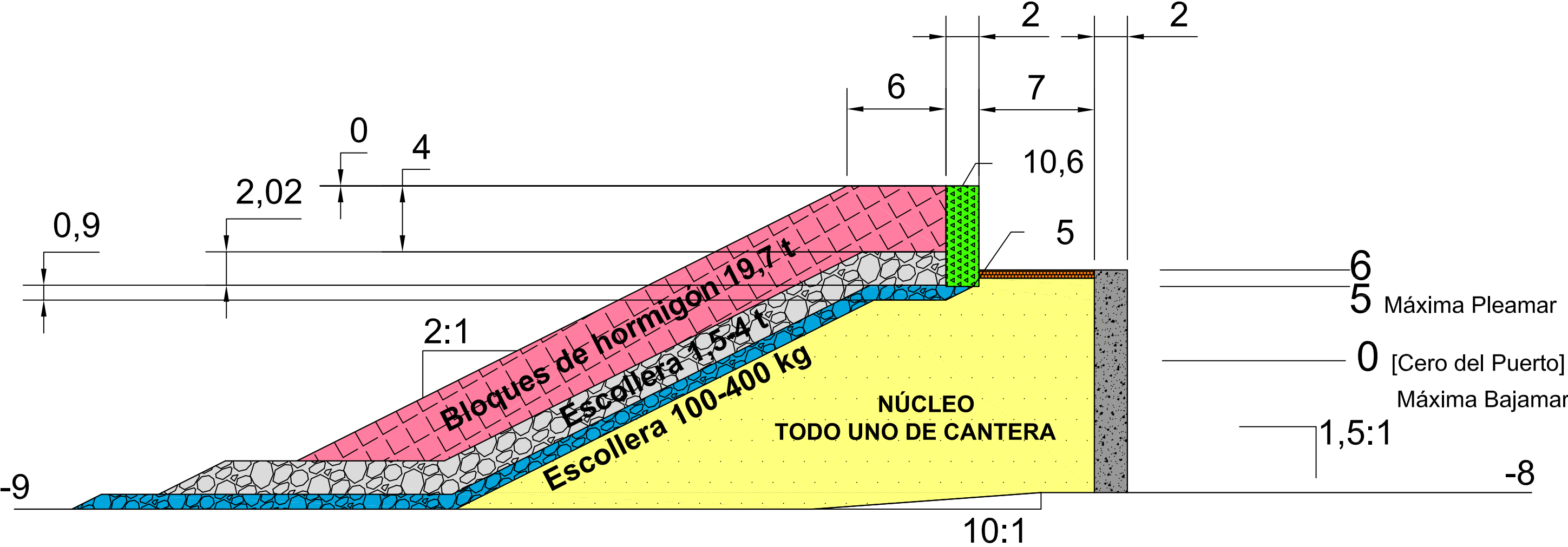
En la parte interior del puerto se coloca el muro vertical antes indicado. Se coloca de modo de que su parte superior quede a 2 metros sobre el Nivel Medio Cálculo, con la intención de que en su marea más alta, el nivel de agua este 2 metros por debajo. Tiene una anchura de 2 metros y termina en el fondo. No se han llevado a cabo los cálculos para el dique vertical.

Para el fondo, debido a que la batimetría es irregular, se realizarán operaciones de dragado, como se ha mencionado en capítulos anteriores. Se pretende conseguir un fondo más o menos regular, luego se estima una pendiente en el fondo de 10:1.

En el plano expuesto a continuación se ha realizado con Autocad la sección acotada del dique siguiendo las indicaciones expuestas.

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
PROYECTO FIN DE CARRERA

TIPO
PROYECTO

TITULO
EL NUEVO PUERTO DEPORTIVO DE LAREDO
ESTUDIO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS

TERMINO MUNICIPAL
LAREDO
PROVINCIA
CANTABRIA

TITULO DEL PLANO
PLAN SECCIÓN
DIQUE

AUTOR
M^a MERCEDES
ÁLVAREZ-TOUCHARD ARGÜESO

ESCALA
1/250

FECHA
23/06/2014

NORTE
▲

PLANO N
4

4.4. COMPARACIÓN CON EL DIQUE ACTUAL

Si se realiza la comparación con el dique del actual puerto se observan diferencias y similitudes.

Si se observan ambas plantas se observa como el dique principal, pese a tener ambos una forma curva el dique del puerto del proyecto tiene mucho menos curvatura que el dique del puerto actual. Debido a esto y a que su inicio está más cercano a la costa que el actual, el oleaje que llega a él está más propagado y llega con menor altura, hecho que es beneficioso y que ha hecho que las dimensiones del dique y sus piezas varíen respecto del dique actual.

El contradique tampoco tiene la misma geometría que el del dique actual, igual que en el otro se producirá una acumulación de sedimentos en la parte inferior debido a las corrientes y al oleaje.

En las *figuras 4.7 y 4.8* se observan las plantas del dique actual y del plano realizado para el proyecto.



Figura 4.7. Planta puerto actual

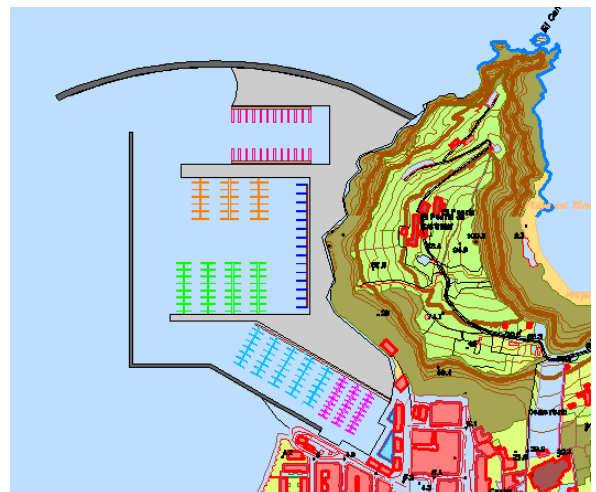


Figura 4.8. Planta puerto proyecto

Entre las diferencias debido a lo mencionado anteriormente se observa el lado de los bloques, el obtenido para el proyecto es de 2 metros, mientras que los bloques del dique principal del puerto actual son de 3 metros de lado.

También en la altura de coronación, la calculada con Matlab ha sido de 10,6 metros, mientras que la del puerto actual va desde 14 a 17 metros, esta diferencia se debe a que el dique del puerto actual está unos metros mar adentro lo que provoca que haya más profundidad.

Otro hecho que provoca las diferencias entre ambos es la metodología de cálculo empleada y las diferencias sobre todo en el cálculo de la difracción, como se ha mencionado anteriormente.

En las *figuras 4.9 y 4.10* se observan los bloques del actual puerto así como una imagen del actual dique para hacerse una idea de su tamaño.



Figura 4.9. Bloques del dique del actual puerto

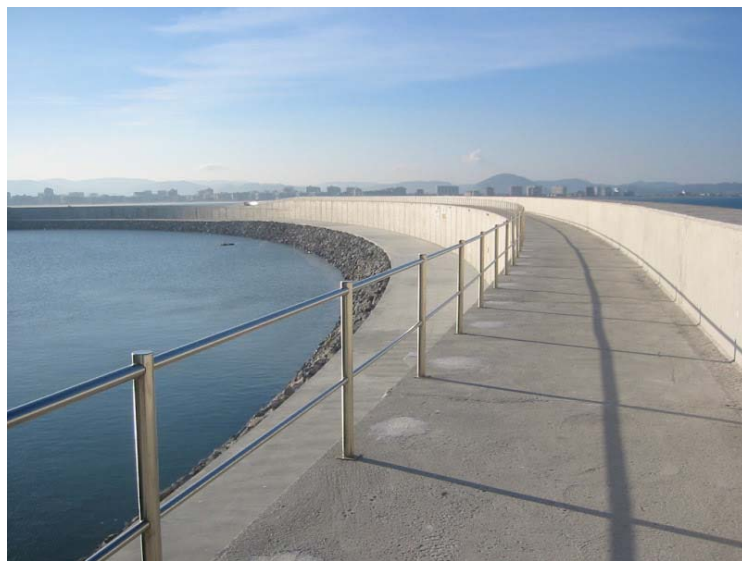


Figura 4.10. Dique del actual puerto

4.5. CONCLUSIONES

Pese a que las condiciones de operatividad y número de paradas eran muy restrictivas se ha conseguido una cota de coronación que responde a lo habitual en los puertos del Cantábrico, esto es indicativo de que el cálculo está bien realizado.

Siguiendo el criterio para el número de mantos secundarios, que consiste en ir dividiendo el peso del manto entre 10, y cuando este sea inferior a 100 kg considerar el anterior el último, se han obtenido un manto principal más dos secundarios, situación habitual en los diques en talud.

El muro vertical colocado en la parte abrigada del dique tendrá como función evitar hacer más funcional el interior del puerto para ganar área de dársena.

CAPÍTULO 5. **CONSTRUCCIÓN**

CAPÍTULO 5. CONSTRUCCIÓN

En este último capítulo se ha pretendido realizar de una manera resumida tres de las funciones más importantes en un proyecto de construcción, el plan de obra, la seguridad y el presupuesto.

Se realiza de manera general para justificar la mención a la que pertenece el proyecto, que es Hidráulica y Medio Ambiente, y el tipo de proyecto.

5.1. PLAN DE OBRA

En este apartado se presenta un programa de trabajos que da una idea del desarrollo secuencial de las principales actividades de la obra con un enfoque genérico.

El plan de obra responde a un planteamiento de desarrollo ideal de la obra, que en la práctica es probable que varíe ya que depende de múltiples factores no todos controlables, por ejemplo, el clima marítimo en la zona de estudio condicionará la planificación de la gestión de la obra anual, como se comentará más adelante.

Se estudian por un lado las unidades básicas de obra y por otro los rendimientos.

5.1.1. Unidades básicas

Se considerarán unidades básicas:

- Dragados
- Fabricación bloques
- Colocación de bloques
- Espaldón

5.1.2. Rendimientos

Tanto el volumen de dragado, como el número de bloques, como el volumen del espaldón se han calculado en apartado 5.3.1. Cálculos para la realización del presupuesto.

- Dragados

Se considera un equipo compuesto por:

- una draga de rosario.
- un gánguil con un *rendimiento de 1900 m³/día*.
 - Se tiene un total de 120.090 m³ que dragar, luego serán necesario 63 días.

- Fabricación bloques

Se consideran tres equipos compuestos por:

- una retroexcavadora con garra prensora.
- camiones con bomba de hormigón.
- personal necesario con un *rendimiento de 90 bloques/día*.
 - Son necesarios 34.456 bloques, luego se necesitan 414 días.

- **Colocación bloques**

Se considera un equipo compuesto por:

- una grúa autopropulsada.
- un fuera borda.
- un submarinista.
- personal necesario con *un rendimiento de 180 bloques/día*.
 - Son necesarios 34.456 bloques, luego se necesitan 191 días.

- **Espaldón**

Se considera un equipo compuesto por:

- una grúa autopropulsada.
- camiones con bomba de hormigón.
- personal necesario con *un rendimiento de 10 m³/día*.
 - Para su realización se necesitan 6.869 m³ luego se necesitarán 69 días.
A esto hay que sumarle la realización del espaldón del contradique, luego se incrementan los días a 120 días.

5.1.3. Consideraciones

Se considera que cualquier tipo de trabajo puede realizarse a cualquier hora, cualquier día del año.

Como se comentó anteriormente, la ejecución es totalmente dependiente del clima marítimo a pie de obra.

Específicamente la eficiencia, calidad y seguridad del trabajo constructivo sobre el dique, ésta dependerá en gran medida de la interacción que tenga el oleaje sobre la estructura, ya sea parcial o completamente construida.

Por este motivo es necesario tener en cuenta diferentes umbrales de trabajo seguro con base en la frecuencia de ocurrencia y duración de los eventos individuales del rebase del oleaje sobre el talud del dique.

Por lo tanto el cronograma presentado en el apartado siguiente deberá ser cruzado con la información del rebase obtenida en el "CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL DIQUE" y con umbrales de seguridad que la obra establezca en función del tipo de trabajos/máquina/personal.

De modo que, en el capítulo 4 se calculó el francobordo de 10,6 metros cumpliendo el criterio de menos de 5 paradas anuales, obteniendo 4,5 paradas.

En el "CAPÍTULO 2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO" se obtuvo que la duración de cada para cada para es de 3 horas, como son 4,5 paradas, habrá 13,5 horas al año en las que el dique no será seguro.

Como se ha estimado una duración de proyecto de 25 meses, unos dos años, se suponen unas 28 horas en las que el dique no será seguro. Como no se puede conocer en que momentos ocurrirán los rebases no se pueden estimar el número de días en los que los trabajos de la obra deberán ser suspendidos por las condiciones de peligrosidad.

En fase de construcción, por no alcanzar aun la cota de 10,6 metros que es la altura obtenida para esa condición de 4,5 paradas, el número de horas en las que el dique no será seguro por el rebase del oleaje se verá incrementado.

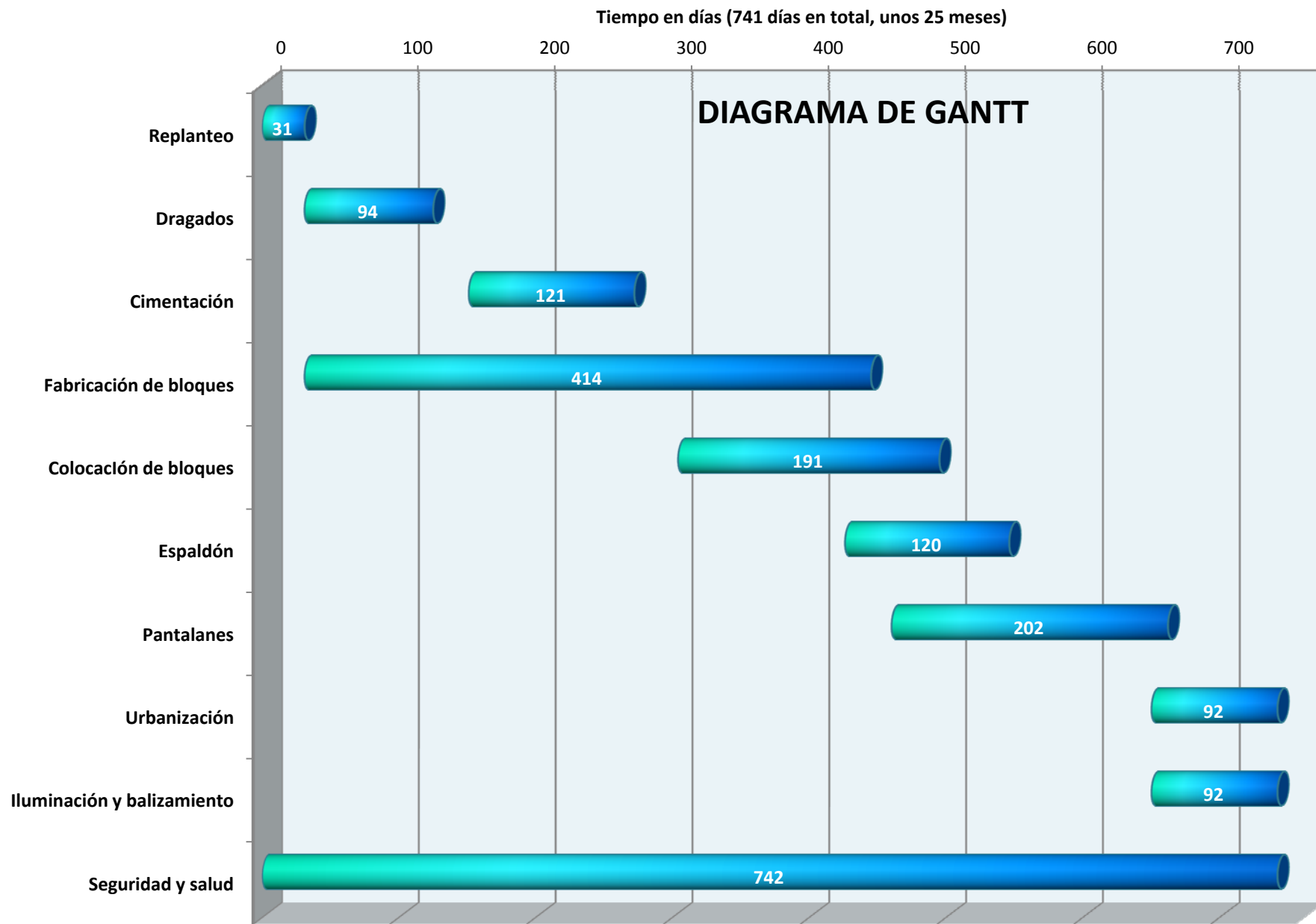
5.1.4. Diagrama de Gantt

A continuación se describe un diagrama del desarrollo de los trabajos con un plazo total de 25 meses.

Para su representación se ha realizado con Excel un diagrama de Gantt orientativo de lo que se espera que fuese el plan de obra.

Un diagrama de Gantt es una representación a escala de la duración de las actividades en un gráfico en el que se colocan los tiempos en abscisas y las actividades en las ordenadas.

A continuación se presenta el diagrama de Gantt del proyecto.



5.2. SEGURIDAD Y SALUD

El objeto de este apartado es detectar los posibles riesgos específicos derivados de la realización del Proyecto y de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento necesarios.

5.2.1. Análisis de los riesgos

En la realización de la obra se efectuarán trabajos de excavación a fin de remover rocas, gravas, arena y zona cementada, para lo que se emplearán: *retroexcavadora*, *martillo rompedor* y *pala cargadora*.

Las operaciones de transporte y vertido constituyen una parte fundamental de la obra, dado el volumen de material a mover. El transporte se realizará mediante *camiones basculantes* y para el vertido y colocación del material *retroexcavadora*, *gánguil automóvil*, *grúa automóvil* y *excavadora de cuchara de empuje*.

Los riesgos más frecuentes durante la etapa constructiva se muestran en los apartados siguientes.

5.2.1.1. Construcción del dique

- Caídas de personal por ausencia de protecciones: caídas de altura desde la plataforma de trabajo, caídas al mar.
- Desplazamientos no deseados de maquinaria por falta de aseguramiento.

5.2.1.2. Movimientos de tierras y vertidos

- Atropellos y aplastamiento del personal por:
 - Inicio brusco de las maniobras.
 - Falta de señalización en las zonas de trabajo.
 - Ausencia de resguardo de los elementos móviles en máquinas.
 - Permanencia indebida en la zona de acción de las máquinas.
- Inestabilidad de acopios, deslizamientos.
- Contaminación por exceso de polvo.

5.2.1.3. Manejo de maquinaria y herramientas

- Vuelcos de la maquinaria.
- Caídas de material desde la cuchara.
- Salpicaduras y proyecciones.
- Atropellos y colisiones en maniobras marcha atrás o giros con elementos fijos u otros vehículos.

- Atropellos y colisiones de maniobras de marcha atrás o giros con elementos fijos u otros vehículos.
- Desprendimientos de materiales por fallos mecánicos (rotura de cables o enganches, etc.)
- Descargas eléctricas, quemaduras, cortes en extremidades superiores, afecciones oculares.

5.2.2. Medidas de prevención de riesgos

5.2.2.1. Normas básicas de seguridad

- Señalización tanto acústica como luminosa en la maquinaria.
- Revisión periódica de la maquinaria. incluyendo cables, sistemas hidráulicos, mandos, etc.
- Las maniobras realizadas dentro del recinto de la obra se efectuarán sin brusquedades, anunciándolas con antelación, auxiliándose del personal de obra si fuera preciso.
- La velocidad de circulación debe estar en consonancia con la carga transportada, las condiciones del terreno y la visibilidad.
- Se respetará en todo momento la señalización de la obra.
- Conducción y manejo de la maquinaria únicamente por personal cualificado y autorizado.
- No se realizarán nunca trabajos de mantenimiento con la máquina funcionando.
- Asegurar la estabilidad y correcto funcionamiento de máquinas y herramientas antes de iniciar el trabajo.

5.2.2.2. Protecciones individuales

- Protección de la cabeza
 - Casco de seguridad homologado obligatorio tanto para el personal de la obra como para visitantes.
 - Gafas homologadas de protección contra impactos y antipolvo.
 - Mascarillas antipolvo.
 - Protectores acústicos homologados y tapones reductores de ruido.
 - Pantallas protectoras que cubran frente, cara y cuello, provistas de doble vidrio de protección ocular con marco abatible.
- Protección del cuerpo
 - Cinturones de seguridad, cuya clase se adaptará a los riesgos específicos de cada trabajo.
 - Calzado de seguridad: antideslizante y con puntera reforzada.
 - Botas de agua.
 - Monos de trabajo.
 - Trajes impermeables.
 - Chalecos salvavidas.

- Guantes o manoplas de uso general.
- Guantes de cuero y anticorte.
- Guantes dieléctricos. Chalecos reflectantes.

En la *figura 5.1.* se observan algunas de las protecciones individuales para cabeza y cuerpo, como son el caso, las gafas, monos, calzado varios tipos de guantes.



Figura 5.1. Protecciones individuales para cabeza y cuerpo

- Equipos de buceo
 - No exceder el número de horas de inmersión recomendadas.
 - Traje de buceo con manoplas y escaupines.
 - Tanques de respiración autónomos.
 - Cuerda-guía, código de señales y sistemas de comunicación entre el buzo y los operarios en tierra o barca.

5.2.2.3. Protecciones colectivas

- Movimiento de tierras, transportes y vertidos.
 - Avisador acústico y luminoso de marcha atrás de las máquinas.
 - Señalización acústica previa en maniobras bruscas.
 - Vallas de contención en bordes de vaciado.
 - Cintas de balizamiento reflectantes para cortar zonas de trabajo.
 - Escaleras fijas para el acceso de personal.
 - Operaciones con maquinaria dirigidas por una persona capacitada previo establecimiento de un plan de acción y de un código de señales entre conductores y operario director.
- Construcción del dique
 - No autorizada (prohibición terminante) la presencia de personas en la zona donde existan cargas suspendidas.
 - Señalización adecuada del área de trabajo.
 - Instalación de redes y vallas de limitación y protección.

- Maquinaria y herramientas
 - Toda la maquinaria debe ir provista de extintor contra incendios.
 - Todas las herramientas eléctricas deben ir dotadas de doble aislamiento de seguridad.
 - Las herramientas deben revisarse periódicamente con el fin de asegurar las instrucciones de conservación del fabricante.

5.2.2.4. Medidas de protección general

- Señalización

Los criterios a seguir en la señalización de los distintos tajos y viales es la siguiente:

 1. La señalización es complementaria de las protecciones personales y colectivas, por lo que no exime de la utilización y colocación de los mismos.
 2. Las señales deben colocarse de tal forma que deben dejar claramente avisado el riesgo, de forma que dé tiempo a tomar las precauciones oportunas.
 3. La colocación de señales requiere una continuada actuación, de forma que la señalización debe colocarse o retirarse según aparezcan o desaparezcan los riesgos.
 - Señalización vial
 - Señales de STOP en las zonas de salida de vehículos
 - Obligatorio el uso de casco, cinturón de seguridad, gafas o pantalla protectora, protectores auditivos, botas y guantes
 - Riesgo eléctrico, caída de objetos, maquinaria pesada en movimiento, cargas suspendidas, incendio y explosiones
 - Señales informativas de localización de botiquín y extintores. Cinta de balizamiento, vallas de desvío de tráfico
- Algunas de las señalizaciones se muestran en la *figura 5.2*.



Figura 5.2. Ejemplos de señalizaciones

➤ Señalización marítima

La señalización marítima consistirá principalmente en:

- Balizas luminosas intermitentes en puntos de corte de tráfico marítimo.
- Boyas flotantes de señalización con luz, orinque y muerto.
- Boyas de plástico con cabo muerto con luz.

5.2.2.5. Prevención de daños a terceros

Al estar la obra localizada en un medio urbano, no se prevén casi riesgos. No obstante, resulta aconsejable la realización del Proyecto fuera de la temporada estival. En cualquier caso, la existencia de viviendas y casas en las inmediaciones de la obra y en sus accesos, lleva a contemplar lo siguiente:

- Durante el desarrollo de la obra se preverá la instalación de vallas de contención de peatones, ancladas entre sí, así como elementos de balizamiento para desvío del tráfico, señalizándose convenientemente la presencia de la obra de día y de noche.
- De igual forma se colocarán señales de peligro, de riesgo por obras, y de prohibición de acceso a toda persona ajena a la obra, colocándose además los cerramientos necesarios. Además se instalará un Servicio de vigilancia en horas nocturnas.

5.2.3. Presupuesto

A continuación se ha realizado un presupuesto de seguridad y salud, en base al número de trabajadores que intervendrán en la realización de la obra y las condiciones en las que se realiza la misma, apoyándose además en otros presupuesto de obras portuarias similares.

PROTECCIÓN	COSTE
Total Protecciones Individuales	18.563,45 €
Total Protecciones Colectivas	12.589,54 €
Total Protecciones Eléctricas	7.523,20 €
Total Extinción de Incendios	6.289,50 €
Total Señalización y Balizamiento	875,45 €
Total Mano de Obra Prevención	15.876,00 €
Total Instalaciones	2.897,25 €
Total Vigilancia de la Salud	541,12 €
Total Formación y Reuniones	7.012,12 €
Total Varios	15.000,00 €
Total	87.167,63 €

5.3. PRESUPUESTO

En este apartado se realizará el presupuesto general del proyecto diferenciando las partes más importantes de él, utilizando el programa PRESTO.

En los apartados de los que se conocen datos se ha realizado el presupuesto con la mayor precisión posible, para los apartados de los que no se tienen datos ni se pueden realizar los cálculos se ha estimado el precio en base a proyectos de otros puertos semejantes.

5.3.1. Cálculos para la realización

▪ Movimiento de tierras

En este apartado se calcula la cantidad de suelo a dragar.

Para el cálculo de todos los dragados se realizará de la siguiente manera aproximada, suponiendo el fondo como se expresa en la *figura 5.3*.

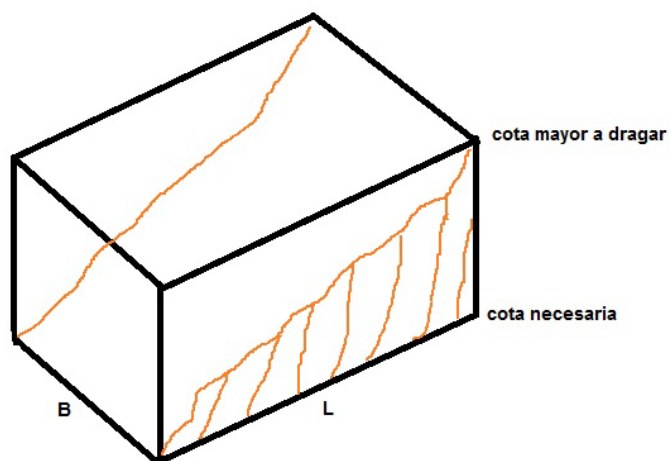


Figura 5.3. Esquema método de dragado

El volumen de dragado será:

$$\frac{1}{2} \cdot L \cdot B \cdot \Delta cotas \cdot 0,8 \text{ (factor de incertidumbre)}$$

En primer lugar se ha calculado el terreno a dragar en los atraques para las condiciones expuestas en el apartado "3.1.7. Calados" del capítulo 3.

Para los atraques de 18 y 20 metros se necesita un calado mínimo de 3,2 metros.

Hay parte de los atraques con calados menores que habrá que dragar, midiendo este área con Autocad se obtiene un área de 4.400 m^2 (BxL), como es una altura de 3 m, se obtiene un volumen de dragado de **5.280 m^3** .

Para los atraques de 10, 12 y 15 metros se necesitan calados entre 2,5 y 3 metros, en algunas zonas estos calados son menores, calculando esta zona con Autocad se obtiene un área de 16.000 m^2 (BxL) aproximadamente, como es una altura de 3 m, se obtiene un volumen de dragado de **19.200 m^3** .

Para el calado en el canal principal se necesita un calado mínimo de 4,5, se obtiene un área de dragar de 8.450 m^2 (BxL), siguiendo el método, para una altura de 4,5, se obtiene un volumen de dragado de **15.210 m^3** .

Para el dique, según se acerca a tierra se va disminuyendo la profundidad, la batimetría esta realizada en bajamar, luego corresponde al 0 del puerto, según el esquema del dique incluido en el capítulo 4 se necesita una profundidad de 9 a 8 metros.

Hay unos 228m de dique principal en los que la batimetría va oscilando entre 8 y 10 metros luego no se necesitará dragado en esa zona.

El resto del dique va más o menos perpendicular a las líneas batimétricas desde 10 hasta 1 metros. Tiene una longitud de 335m y la base se supone el largo del dique que se mide en la sección realizada en Autocad incluida en el capítulo 3, se obtiene una anchura de 60 metros. Siguiendo la metodología anterior se supone un prisma triangular, se obtiene para una altura de 10 metros, y una base de 335x60 un volumen de dragado para el dique de **80.400 m^3** .

El contradique no se han realizado cálculos, pero se estima una profundidad de 7m por ser menor que el dique principal. La anchura del contradique viene determinada por la parte ya construida, con la herramienta Google Earth se pueden estimar unos 30 metros. Fijándose en la batimetría no serán necesarias operaciones de dragado por aprovechar parte del ya construido y estar la parte necesaria de construcción en zonas de calado mayores de 7m.

Sumando todos los dragados calculados se obtiene un volumen de dragado de 120.090 m^3 .

▪ Dique

El dique tiene una longitud de 563 metros de forma curva.

Para el número de bloques es necesario realizar una serie de cálculos:

A1: Área del manto principal. (medida con Autocad en la sección) = 153 m^2

A2: Área de la cara de un bloque = 2 m

0,8: Factor a aplicar que tiene en cuenta los huecos entre piezas.

Realizando la siguiente operación se obtiene el número de bloques por metro lineal, que habrá que multiplicar por la longitud del dique (563m) para obtener el total.

$$n^{\circ} \text{ bloques} = 0,8 \cdot \frac{A1}{A2} \cdot L = 0,8 \cdot \frac{153}{2} \cdot 563 = \mathbf{34.456 \text{ bloques}}$$

Para la cantidad de escollera del primer manto secundario realizado en escollera de 1,5 a 4 toneladas, se realiza un cálculo similar al anterior, en el programa Presto lo pide en m³, luego al número de piezas se le calculará su volumen como el volumen de 1 esfera $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$..

$$n^{\circ} \text{ piezas} = 0,8 \cdot \frac{A1}{A2} \cdot L = 0,8 \cdot \frac{99}{1,012} \cdot 563 = 44.000 \text{ p } X \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0,506^3 = \mathbf{23.877,7 m^3}$$

Para la cantidad de escollera del segundo manto secundario se realiza la misma operación, en este caso el material es escollera entre 100 y 400 kg, el programa lo pide en m³, luego al número de piezas se le calculará su volumen como el volumen de 1 esfera $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$.

$$n^{\circ} \text{ piezas} = 0,8 \cdot \frac{A1}{A2} \cdot L = 0,8 \cdot \frac{50}{0,45} \cdot 563 = 50.000 \text{ p } X \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0,225^3 = \mathbf{2.385,65 m^3}$$

Para el cálculo del núcleo simplemente se multiplicará el área obtenido en Autocad por la longitud del dique:

$$\text{Volumen Núcleo} = A \cdot L = 330 \cdot 563 = \mathbf{185.790 m^3}$$

Para el espaldón se calcula el área del prisma del espaldón multiplicado por la longitud, realizando solo el cálculo del hormigón.

$$\text{Volumen Espaldón} = A \cdot L = 12,2 \cdot 563 = \mathbf{6.869 m^3}$$

▪ Pantalanes

Para el presupuesto de los pantalanes hay que realizar varios cálculos:

El numero de pilotes depende de la eslora del barco que atraque, de esta forma se tiene:

- Atraques de 6, 8, 10 y 12 metros de eslora: cada 20 metros.
La longitud de cada pantalán de 6 y 8 metros es de 70 metros, luego serán necesarios 3 pilotes por pantalán, por 8 pantalanes, se necesitan **24 pilotes**.
La longitud del pantalán de los atraques de 10 metros es de 78 metros, luego se colocarán 4 por pantalán, por 4 pantalanes, se necesitan **16 pilotes**.
La longitud de 12 metros de 62, luego se colocarán 3 pilotes por pantalán, hay 3 pantalanes, luego se necesitarán **9 pilotes**.

- Los atraques de 15, 18 y 20 metros de eslora están dispuestos de distinta manera, se acorta la distancia entre pilotes a 15 metros.
La longitud del pantalán del atraque de 15 metros es de 185 metros, luego se colocarán **12 pilotes**.
Los atraques de 18 y 20 son iguales, ambos miden 118 metros de longitud, se colocarán 7 pilotes en cada uno, luego **14 pilotes**.

En total se necesitan 75 pilotes

Las cornamusas para el amarre de los barcos se dispondrán 3 por atraque, como se tienen 468 atraques, se precisan **1404 cornamusas**.

Las pasarelas se disponen de la siguiente manera:

- Atraques de 6 y 8 metros: 1 por cada pantalán, luego **8 pasarelas**.
- Atraques de 10 metros: 1 por cada pantalán, luego **4 pasarelas**.
- Atraques de 12 metros: 1 por cada pantalán, luego **3 pasarelas**.
- Atraques de 15 metros: 3 por cada pantalán por ser uno solo, luego **3 pasarelas**.
- Atraques de 18 y 20 metros: 2 por cada pantalán, luego **4 pasarelas**.

En total se necesitan 22 pasarelas.

Los pantalanes, los tiene el presto en piezas de 10m, la suma de los pantalanes es de 1490 metros, entre 10, se necesitarán **149 piezas de pantalán**.

Para el cálculo de los fingers se contarán de la planta de Autocad los fingers necesarios para cada una de las diferentes esloras:

Fingers de 6 metros: 54

Fingers de 8 metros: 70

Fingers de 10 metros: 64

Fingers de 12 metros: 36

Fingers de 15 metros: 15

Fingers de 18 metros: 12

Fingers de 20 metros: 12

▪ **Urbanización, iluminación y balizamiento**

Para la parte de urbanización, iluminación y balizamiento, al no disponer de datos, se estimará un precio en base a otras obras similares.

Se estima un presupuesto de **5.000.000 euros**.

A continuación se adjuntan las **mediciones por capítulos, el cuadro de precios nº1, cuadro de precios nº2, el presupuesto por capítulos y el resumen del presupuesto** obtenidos mediante el programa Presto.

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
CP1	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1.1.	M3 DRAGADO GENERAL DEL FONDO MARINO Dragado general de fondo marino, en zona de algas y bolos, con draga de rosario de 300 l y carga del material sobre gánguil.					
						120.090,00
1.2.	M3 TRANSPORTE MATERIAL A VERTEDERO CON GANGUIL Transporte de material de dragado a vertedero marítimo con gánguil autopulsado de 150 m3.					
						120.090,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
CP2	DIQUE					
2.1.	BLOQUES					
2.1.1.	UD COLOCACION BLOQUES Colocación de bloques de 5 t con retroexcavadora grande con garra prensora en posición delimitada en planos, incluso comprobación con submarinista.					34.456,00
2.1.2.	UD BLOQUE DE HORMIGON PARA MANTO PRINCIPAL Bloque de hormigón HM-30/B/40/I+Qc para manto principal de dimensiones 3x3x3 m³ totalmente terminado, incluso encofrado y desencofrado y colocado en zona de acopio					34.456,00
2.2.	ESPALDON					
2.2.1	M3 HA-25/B/20/IIIA Fabricación en planta y puesta en obra del hormigón HA-25/B/20/IIIA, vibrado, curado y colocado.					6.869,00
2.3.	NUCLEO					
2.3.1.	M3 TODO UNO DE CANTERA EN NÚCLEO DE DIQUE Y CONTRADIQUE Colocación de relleno todo uno seleccionado en los núcleos del dique y el contradique					185.790,00
2.4.	ESCOLLERA					
2.4.1	M3 Escollera 100 a 400 kg Escollera natural de entre 100 y 400 Kg de peso.					2.385,65
2.4.2.	m3 Escollera de peso 2t Metro cúbico de escollera clasificada de cantera, de 2 t de peso, colocada con medios terrestres, grúa o retroexcavadora, medida según secciones tipo, de acuerdo con el pliego de prescripciones técnicas, incluido suministro y medios auxiliares de extracción, transporte, vertido y reperfilado.					23.877,70

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
CP3	PANTALANES					
3.1.	UD PILOTES SOLDADOS HELICOIDALES Pilote soldado helicoidalmente para formacion de pilotes de 19 m de longitud, pintado con una capa de imprimación de una resina epoxy poliamida de 50 micras tipo "sigmarite sealer" o similar y otra capa de 350 micras de una epoxy poliamida pigmentada con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro, previo granallado de superficie, incluso parte proporcional de empalme mediante soldadura. Incluye hinca de pilote en terreno natural formado por rocas, garantizando un empotramiento mínimo de 10 metros en terrenos sueltos					
						75,00
3.2.	UD CORNAMUSAS Suministro y colocación de Cornamusa de fundición de aluminio incluso parte proporcional de anclajes y tornillería.					
						1.404,00
3.3.	UD PASARELA Pasarela de acceso a pantalán, prefabricada con estructura de aluminio y pavimento de madera tropical de 6 m de longitud y 1,1 m de ancho, con barandilla de aluminio de 100 cm de altura, colocada					
						22,00
3.4.	UD PANTALÁN DE 10X2 M2 Pantalán flotante prefabricado de aluminio, pavimento de madera tropical y flotadores de poliestireno expandido y hormigón polimérico, de 2 m de anchura y 10 m de longitud con conectores					
						149,00
3.5.	UD FINGER DE 6M Finger de 6,00 x 0,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.					
						54,00
3.6.	UD FINGER DE 8M Finger de 8,00 x 0,60 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.					
						70,00
3.7.	FINGER DE 10M					64,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
3.8.	UD FINGER DE 12M Finger de 12,00 x 1,00 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.					36,00
3.9.	FINGER DE 15M					15,00
3.10.	UD FINGER DE 18M Finger de 18,00 x 1,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.					12,00
3.11.	FINGER DE 20M					12,00

CUADRO DE PRECIOS 1

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
0001	1.1.	M3	Dragado general de fondo marino, en zona de algas y bolos, con draga de rosario de 300 l y carga del material sobre gánguil.		5,33
				CINCO EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS	
0002	1.2.	M3	Transporte de material de dragado a vertedero marítimo con gánguil autopropulsado de 150 m3.		4,55
				CUATRO EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS	
0003	2.1.1.	UD	Colocación de bloques de 5 t con retroexcavadora grande con garra prensora en posición delimitada en planos, incluso comprobación con submarinista.		46,98
				CUARENTA Y SEIS EUROS con NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
0004	2.1.2.	UD	Bloque de hormigón HM-30/B/40/I+Qc para manto principal de dimensiones 3x3x3 m³ totalmente terminado, incluso encofrado y desencofrado y colocado en zona de acopio		182,79
				CIENTO OCHENTA Y DOS EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	
0005	2.2.1	M3	Fabricación en planta y puesta en obra del hormigón HA-25/B/20/IIIa, vibrado, curado y colocado.		79,93
				SETENTA Y NUEVE EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS	
0006	2.3.1.	M3	Colocación de relleno todo uno seleccionado en los núcleos del dique y el contradique		24,00
				VEINTICUATRO EUROS	
0007	3.1.	UD	Pilote soldado helicoidalmente para formación de pilotes de 19 m de longitud, pintado con una capa de imprimación de una resina epoxy poliamida de 50 micras tipo "sigmarite sealer" o similar y otra capa de 350 micras de una epoxy poliamida pigmentada con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro, previo granallado de superficie, incluso parte proporcional de empalme mediante soldadura. Incluye hincas de pilote en terreno natural formado por rocas, garantizando un empotramiento mínimo de 10 metros en terrenos sueltos		186,92

CUADRO DE PRECIOS 1

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
				CIENTO OCHENTA Y SEIS EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS	
0008	3.10.	UD	Finger de 18,00 x 1,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliéster reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.		1.068,38
				MIL SESENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS	
0009	3.11.				1.316,23
				MIL TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS	
0010	3.2.	UD	Suministro y colocación de Cornamusa de fundición de aluminio incluso parte proporcional de anclajes y tornillería.		32,37
				TREINTA Y DOS EUROS con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS	
0011	3.3.	UD	Pasarela de acceso a pantalán, prefabricada con estructura de aluminio y pavimento de madera tropical de 6 m de longitud y 1,1 m de ancho, con barandilla de aluminio de 100 cm de altura, colocada		372,64
				TRESCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	
0012	3.4.	UD	Pantalán flotante prefabricado de aluminio, pavimento de madera tropical y flotadores de poliestireno expandido y hormigón polimérico, de 2 m de anchura y 10 m de longitud con conectores		554,12
				QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con DOCE CÉNTIMOS	
0013	3.5.	UD	Finger de 6,00 x 0,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliéster reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.		692,54
				SEISCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	

CUADRO DE PRECIOS 1

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	PRECIO EN LETRA	IMPORTE
0014	3.6.	UD	Finger de 8,00 x 0,60 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	MIL TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS	1.316,23
0015	3.7.			MIL TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS	1.316,23
0016	3.8.	UD	Finger de 12,00 x 1,00 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	OCHOCIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS	893,38
0017	3.9.			MIL TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS	1.316,23

CUADRO DE PRECIOS 2

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	IMPORTE
0001	1.1.	M3	Dragado general de fondo marino, en zona de algas y bolos, con draga de rosario de 300 l y carga del material sobre gánguil.	
			Maquinaria	4,94
			Resto de obra y materiales	0,39
			TOTAL PARTIDA	5,33
0002	1.2.	M3	Transporte de material de dragado a vertedero marítimo con gánguil autopropulsado de 150 m3.	
			Maquinaria	4,21
			Resto de obra y materiales	0,34
			TOTAL PARTIDA	4,55
0003	2.1.1.	UD	Colocación de bloques de 5 t con retroexcavadora grande con garra prensora en posición delimitada en planos, incluso comprobación con submarinista.	
			Mano de obra	33,86
			Maquinaria	9,64
			Resto de obra y materiales	3,48
			TOTAL PARTIDA	46,98
0004	2.1.2.	UD	Bloque de hormigón HM-30/B/40/I+Qc para manto principal de dimensiones 3x3x3 m³ totalmente terminado, incluso encofrado y desencofrado y colocado en zona de acopio	
			Mano de obra	6,52
			Maquinaria	31,66
			Resto de obra y materiales	144,61
			TOTAL PARTIDA	182,79
0005	2.2.1	M3	Fabricación en planta y puesta en obra del hormigón HA-25/B/20/IIIa, vibrado, curado y colocado.	
			Mano de obra	8,43
			Maquinaria	4,93
			Resto de obra y materiales	66,57
			TOTAL PARTIDA	79,93
0006	2.3.1.	M3	Colocación de relleno todo uno seleccionado en los núcleos del dique y el contradique	
			Mano de obra	4,81
			Maquinaria	14,20
			Resto de obra y materiales	4,99
			TOTAL PARTIDA	24,00

CUADRO DE PRECIOS 2

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	IMPORTE
0007	3.1.	UD	Pilote soldado helicoidalmente para formacion de pilotes de 19 m de longitud, pintado con una capa de imprimación de una resina epoxy poliamida de 50 micras tipo "sig-marite sealer" o similar y otra capa de 350 micras de una epoxy poliamida pigmentada con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro, previo granallado de superficie, incluso parte proporcional de empalme mediante soldadura. Incluye hincas de pilote en terreno natural formado por rocas, garantizando un empotramiento mínimo de 10 metros en terrenos sueltos	
			Mano de obra.....	4,46
			Maquinaria	5,28
			Resto de obra y materiales.....	177,18
			TOTAL PARTIDA	186,92
0008	3.10.	UD	Finger de 18,00 x 1,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	
			Mano de obra.....	10,46
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	1.054,14
			TOTAL PARTIDA	1.068,38
0009	3.11.			
			Mano de obra.....	15,63
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	1.296,82
			TOTAL PARTIDA	1.316,23
0010	3.2.	UD	Suministro y colocación de Cornamusa de fundición de aluminio incluso parte proporcional de anclajes y tornillería.	
			Mano de obra.....	2,23
			Resto de obra y materiales.....	30,14
			TOTAL PARTIDA	32,37
0011	3.3.	UD	Pasarela de acceso a pantalán, prefabricada con estructura de aluminio y pavimento de madera tropical de 6 m de longitud y 1,1 m de ancho, con barandilla de aluminio de 100 cm de altura, colocada	
			Mano de obra.....	228,03
			Maquinaria	113,88
			Resto de obra y materiales.....	30,73
			TOTAL PARTIDA	372,64

CUADRO DE PRECIOS 2

Nº	CÓDIGO	UD.	RESUMEN	IMPORTE
0012	3.4.	UD	Pantalán flotante prefabricado de aluminio, pavimento de madera tropical y flotadores de poliestireno expandido y hormigón polimérico, de 2 m de anchura y 10 m de longitud con conectores	
			Mano de obra.....	1,07
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	549,27
			TOTAL PARTIDA	554,12
0013	3.5.	UD	Finger de 6,00 x 0,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliéster reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	
			Mano de obra.....	10,46
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	678,30
			TOTAL PARTIDA	692,54
0014	3.6.	UD	Finger de 8,00 x 0,60 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliéster reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	
			Mano de obra.....	15,63
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	1.296,82
			TOTAL PARTIDA	1.316,23
0015	3.7.			
			Mano de obra.....	15,63
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	1.296,82
			TOTAL PARTIDA	1.316,23
0016	3.8.	UD	Finger de 12,00 x 1,00 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliéster reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	
			Mano de obra.....	10,46
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	879,14
			TOTAL PARTIDA	893,38
0017	3.9.			
			Mano de obra.....	15,63
			Maquinaria	3,78
			Resto de obra y materiales.....	1.296,82
			TOTAL PARTIDA	1.316,23

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CP1	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
1.1.	M3 DRAGADO GENERAL DEL FONDO MARINO Dragado general de fondo marino, en zona de algas y bolos, con draga de rosario de 300 l y carga del material sobre gánguil.	120090,00	5,33	640.079,70
1.2.	M3 TRANSPORTE MATERIAL A VERTEDERO CON GANGUIL Transporte de material de dragado a vertedero marítimo con gánguil autopropulsado de 150 m3.	120090,00	4,55	546.409,50

TOTAL CP1.....	1.186.489,20
----------------	--------------

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CP2	DIQUE			
2.1.	BLOQUES			
2.1.1.	UD COLOCACION BLOQUES Colocación de bloques de 5 t con retroexcavadora grande con garra prensora en posición delimitada en planos, incluso comprobación con submarinista.	34456,00	46,98	1.618.742,88
2.1.2.	UD BLOQUE DE HORMIGON PARA MANTO PRINCIPAL Bloque de hormigón HM-30/B/40/I+Qc para manto principal de dimensiones 3x3x3 m³ totalmente terminado, incluso encofrado y desencofrado y colocado en zona de acopio	34456,00	182,79	6.298.212,24
TOTAL 2.1.....				7.916.955,12
2.2.	ESPALDON			
2.2.1	M3 HA-25/B/20/IIIA Fabricacion en planta y puesta en obra del hormigón HA-25/B/20/IIIA, vibrado, curado y colocado.	6869,00	79,93	549.039,17
TOTAL 2.2.....				549.039,17
2.3.	NUCLEO			
2.3.1.	M3 TODO UNO DE CANTERA EN NÚCLEO DE DIQUE Y CONTRADIQUE Colocación de relleno todo uno seleccionado en los núcleos del dique y el contradique	185790,00	24,00	4.458.960,00
TOTAL 2.3.....				4.458.960,00
2.4.	ESCOLLERA			
2.4.1	M3 Escollera 100 a 400 kg Escollera natural de entre 100 y 400 Kg de peso.	2385,65	24,12	57.541,88
2.4.2.	m3 Escollera de peso 2t Metro cúbico de escollera clasificada de cantera, de 2 t de peso, colocada con medios terrestres, grúa o retroexcavadora, medida según secciones tipo, de acuerdo con el pliego de prescripciones técnicas, incluido suministro y medios auxiliares de extracción, transporte, vertido y reperfilado.	23877,70	167,85	4.007.871,95
TOTAL 2.4.....				4.065.413,83
TOTAL CP2.....				16.990.368,12

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CP3	PANTALANES			
3.1.	UD PILOTES SOLDADOS HELICOIDALES Pilote soldado helicoidalmente para formacion de pilotes de 19 m de longitud, pintado con una capa de imprimación de una resina epoxy poliamida de 50 micras tipo "sigmarite sealer" o similar y otra capa de 350 micras de una epoxy poliamida pigmentada con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro, previo granallado de superficie, incluso parte proporcional de empalme mediante soldadura. Incluye hinca de pilote en terreno natural formado por rocas, garantizando un empotramiento mínimo de 10 metros en terrenos sueltos	75,00	186,92	14.019,00
3.2.	UD CORNAMUSAS Suministro y colocación de Cornamusa de fundición de aluminio incluso parte proporcional de anclajes y tornillería.	1404,00	32,37	45.447,48
3.3.	UD PASARELA Pasarela de acceso a pantalán, prefabricada con estructura de aluminio y pavimento de madera tropical de 6 m de longitud y 1,1 m de ancho, con barandilla de aluminio de 100 cm de altura, colocada	22,00	372,64	8.198,08
3.4.	UD PANTALÁN DE 10X2 M2 Pantalán flotante prefabricado de aluminio, pavimento de madera tropical y flotadores de poliestireno expandido y hormigón polimérico, de 2 m de anchura y 10 m de longitud con conectores	149,00	554,12	82.563,88
3.5.	UD FINGER DE 6M Finger de 6,00 x 0,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	54,00	692,54	37.397,16
3.6.	UD FINGER DE 8M Finger de 8,00 x 0,60 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	70,00	1.316,23	92.136,10
3.7.	FINGER DE 10M	64,00	1.316,23	84.238,72
3.8.	UD FINGER DE 12M Finger de 12,00 x 1,00 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliester reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	36,00	893,38	32.161,68

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.9.	FINGER DE 15M	15,00	1.316,23	19.743,45
3.10.	UD FINGER DE 18M Finger de 18,00 x 1,50 m2. formado por piso de plástico reciclado en tablón de 200x70 en tono roble, estructura de aluminio, pintado con una epoxi poliamida con escamas de fibra de vidrio y libre de breas en color negro y flotadores de poliéster reforzado con fibra de vidrio, rellenos de poliestireno, completamente colocado.	12,00	1.068,38	12.820,56
3.11.	FINGER DE 20M	12,00	1.316,23	15.794,76
TOTAL CP3.....				444.520,87

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CP4	URBANIZACIÓN, ILUMINACIÓN Y BALIZAMIENTO			
	TOTAL CP4.....			5.000.000,00

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SS	SEGURIDAD Y SALUD			
	TOTAL SS.....			87.167,63
	TOTAL.....			23.708.545,82

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
CP1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	1.186.489,20	5,00
CP2	DIQUE	16.990.368,12	71,66
CP3	PANTALANES	444.520,87	1,87
CP4	URBANIZACIÓN, ILUMINACIÓN Y BALIZAMIENTO	5.000.000,00	21,09
SS	SEGURIDAD Y SALUD	87.167,63	0,37
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		23.708.545,82	
10% IVA		2.370.854,58	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		26.079.400,40	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de VEINTISEIS MILLONES SETENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

, 30 de junio 2014.

ANEXO INFORMÁTICO

```
clear all
close all
clc
```

```
%%
load laredo.dat
```

```
%%Lectura del archivo laredo.dat
```

```
years = laredo(:,1);
```

```
mes = laredo(:,2);
```

```
dia = laredo(:,3);
```

```
hora = laredo(:,4);
```

```
Hs = laredo(:,5);
```

```
Tp = laredo(:,6);
```

```
Dir = laredo(:,7);
```

```
MA = laredo(:,8);
```

```
MM = laredo(:,9);
```

```
N1 = MA + MM;
```

```
%% Corrección de la marea para que tenga un punto de referencia de 0
```

```
N2 = N1 - min(N1);
```

```
MinN1 = min(N1)
```

```
plot (N2)
```

```
%% Profundidad del agua corregida
```

```
hB = 7 + N2;
```

```
hC = 10 + N2;
```

```
%% Consideraciones
```

```
AuxDir=Dir;
```

```
H=Hs;
```

```
s = find((AuxDir>=85) & (AuxDir<=280));
```

```
H(s)=NaN;
```

```
%% Parametros Aguas Profundas
```

```
L0 = 1.5613 * (Tp.^2);
```

```
C0 = L0 ./ Tp;
```

```
Cg0 = C0 ./ 2;
```

```
%% Parametros en el punto C
```

```
LC = L0 .* (tanh (((2*pi./Tp).^2).*hC)./8).^3/4).^2/3;
```

```
nC = 0.5 .* (1 + (2.*((2*pi)./LC).*hC)./(sinh((2.*((2*pi)./LC).*hC))));
```

```
CC= LC ./ Tp;
```

```
CgC = CC.* nC;
```

```
DirCRad = asin(sin(((2*pi)/360).*AuxDir).*CC./C0);
```

```
DirC = ((360/(2*pi)).*DirCRad);
```

% Parametros en el punto B

```
LB = L0 .* (tanh (((((2*pi./Tp).^2).*hB)./8).^3/4)).^(2/3);  
nB = 0.5 .* (1 + (2.*((2*pi)./LB).*hB)./(sinh((2.*((2*pi)./LB).*hB))));  
CB = LB ./ Tp;  
CgB = CB .* nB;  
DirBRad = asin(sin(((2*pi)/360).*AuxDir).*CB./C0);  
DirB = ((360/(2*pi)).*DirBRad);
```

%% Corregir ángulos para que sean positivos

```
for i=1:length(DirB)  
    i  
    if DirB(i)<0  
        DirB(i)=360+DirB(i);  
    end  
end  
for i=1:length(DirC)  
    i  
    if DirC(i)<0  
        DirC(i)=360+DirC(i);  
    end  
end
```

%% Coeficientes refracción y asomeramiento

```
KsC = sqrt (Cg0 ./ CgC);  
KsB = sqrt (Cg0 ./ CgB);  
Krc = sqrt (cos(((2*pi)/360).*AuxDir) ./ cos(((2*pi)/360).*DirC));
```

```
KrB = sqrt (cos(((2*pi)/360).*AuxDir) ./ cos(((2*pi)/360).*DirB));
```

```
%% Coeficiente difracción
```

```
RL = [14,16,18,20,25,30,35,40,50];
```

```
Ang = [10:10:170];
```

```
%Introduzco los datos
```

```
RLi=3510./LC;
```

```
Angi=DirC;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(RLi>50);
```

```
RLi(n)=50;
```

```
%Cambio los angulos a la nueva referencia
```

```
for(i=1:length(Angi))
```

```
    i
```

```
    if(Angi(i)>0 && Angi(i)<85)
```

```
        Angi(i)=90-Angi(i);
```

```
    else if (Angi(i)>280 && Angi(i)<360)
```

```
        Angi(i)=360-(Angi(i))+90;
```

```
    end
```

```
end
```

```
end
```

```
%Hago el programa
```

```
CoefKD = [0.997,1.003,1.007,0.986,0.980,1.032,0.940,0.906,1.071,0.516,0.237,0.143,0.105,0.087,0.076,0.070,0.067;  
          0.997,1.004,1.008,0.987,0.987,0.976,1.005,0.918,1.101,0.515,0.225,0.134,0.099,0.081,0.071,0.066,0.063;  
          0.997,0.992,0.988,0.987,1.024,1.018,1.053,0.975,1.123,0.514,0.215,0.127,0.093,0.076,0.067,0.062,0.059;  
          0.998,1.004,1.002,0.988,1.003,0.990,0.986,1.038,1.140,0.513,0.206,0.120,0.088,0.073,0.064,0.059,0.056;  
          0.998,0.999,1.009,1.011,0.980,0.970,1.045,1.055,1.154,0.512,0.188,0.108,0.079,0.065,0.057,0.053,0.050;  
          0.998,0.995,0.994,0.990,0.990,0.983,0.974,0.939,1.137,0.511,0.174,0.099,0.072,0.059,0.052,0.048,0.046;  
          0.998,0.995,0.995,1.009,1.013,1.010,0.986,0.993,1.094,0.510,0.162,0.092,0.067,0.055,0.048,0.044,0.042;  
          0.998,0.998,1.008,0.992,1.014,1.024,1.036,1.059,1.037,0.509,0.153,0.086,0.062,0.051,0.045,0.042,0.040;  
          0.998,1.004,0.993,0.993,0.985,0.991,0.987,0.966,0.926,0.508,0.138,0.077,0.056,0.046,0.040,0.037,0.036]
```

```
[Anga,RLa] = meshgrid(Ang,RL)
```

```
KDi=griddata(Anga,RLa,CoefKD,Angi,RLi, 'nearest')
```

```
%% Altura de ola
```

```
HC = H .* KrC .* KsC;
```

```
HB = HC .* KrB .* KsB .* KDi;
```

```
%% Limitar ángulos
```

```
AuxDir(s)=NaN;
```

```
DirC(s)=NaN;
```

```
DirB(s)=NaN;
```

ANEXO AGITACIÓN 1

```
%% AGITACIÓN ALTERNATIVA 1
```

```
%% Previamente se han cargado los vectores guardados previamente
```

```
%% Agitación Auxiliar 1
```

```
%Introduzco los datos
```

```
RL1=[0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25];
```

```
R1LB=92./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R1LB>50);
```

```
R1LB(n)=50;
```

```
%Cambio los ángulos a la nueva referencia
```

```
for(i=1:length(Angi))
```

```
    i
```

```
    if(Angi(i)>0 && Angi(i)<85)
```

```
        Angi(i)=90+Angi(i);
```

```
    else if (Angi(i)>280 && Angi(i)<360)
```

```
        Angi(i)=90-(360-(Angi(i)));
```

```
    end
```

```
end
```

```
end
```

```
%Hallo el coeficiente auxiliar 1
```

```
CoefKD1=[0.902,0.808,0.722,0.645,0.579,0.522,0.474,0.434,0.401,0.374,0.352,0.334,0.32,0.309,0.301,0.295,0.292;
```

```
0.895,0.793,0.698,0.614,0.542,0.482,0.433,0.393,0.36,0.333,0.312,0.295,0.282,0.272,0.264,0.259,0.256;
```

```
0.892,0.782,0.68,0.59,0.514,0.452,0.402,0.361,0.329,0.304,0.283,0.267,0.255,0.245,0.238,0.233,0.23;
```

```
0.89,0.774,0.665,0.57,0.491,0.427,0.377,0.337,0.305,0.281,0.261,0.246,0.234,0.225,0.218,0.214,0.211;
```

```
0.89,0.769,0.653,0.554,0.472,0.407,0.356,0.316,0.286,0.262,0.243,0.22,0.218,0.209,0.203,0.199,0.196;  
0.892,0.765,0.644,0.539,0.455,0.389,0.338,0.299,0.269,0.246,0.229,0.215,0.204,0.196,0.19,0.186,0.184;  
0.894,0.762,0.635,0.527,0.44,0.374,0.323,0.285,0.256,0.233,0.216,0.203,0.193,0.185,0.18,0.176,0.174;  
0.897,0.761,0.628,0.516,0.427,0.36,0.31,0.272,0.244,0.222,0.206,0.193,0.183,0.176,0.171,0.167,0.165;  
0.917,0.762,0.604,0.474,0.378,0.31,0.261,0.227,0.202,0.183,0.169,0.158,0.15,0.144,0.14,0.137,0.135;  
0.943,0.771,0.589,0.445,0.344,0.276,0.23,0.198,0.176,0.159,0.147,0.137,0.13,0.125,0.121,0.118,0.117;  
0.969,0.783,0.578,0.422,0.318,0.251,0.208,0.178,0.158,0.143,0.132,0.123,0.117,0.112,0.108,0.106,0.105;  
0.993,0.796,0.571,0.404,0.297,0.232,0.191,0.163,0.144,0.13,0.12,0.112,0.107,0.102,0.099,0.097,0.095;  
1.015,0.811,0.565,0.388,0.281,0.217,0.177,0.152,0.134,0.121,0.111,0.104,0.099,0.095,0.092,0.09,0.088;  
1.034,0.825,0.561,0.375,0.266,0.204,0.166,0.142,0.125,0.113,0.104,0.097,0.092,0.088,0.086,0.084,0.083;  
1.05,0.84,0.557,0.363,0.254,0.193,0.157,0.134,0.118,0.107,0.098,0.092,0.087,0.083,0.081,0.079,0.078;  
1.062,0.854,0.554,0.352,0.243,0.184,0.149,0.127,0.112,0.10,0.093,0.087,0.083,0.079,0.077,0.075,0.074;  
1.077,0.882,0.549,0.334,0.225,0.169,0.137,0.116,0.102,0.092,0.085,0.08,0.075,0.072,0.07,0.068,0.068;  
1.078,0.909,0.545,0.319,0.211,0.157,0.127,0.108,0.095,0.086,0.079,0.074,0.07,0.067,0.065,0.063,0.063;  
1.068,0.934,0.542,0.306,0.199,0.147,0.119,0.101,0.089,0.08,0.074,0.069,0.065,0.063,0.061,0.059,0.059;  
1.049,0.958,0.539,0.294,0.188,0.139,0.112,0.095,0.084,0.075,0.069,0.065,0.062,0.059,0.057,0.056,0.055;  
1.025,0.98,0.537,0.284,0.179,0.132,0.106,0.09,0.079,0.072,0.066,0.062,0.058,0.056,0.054,0.053,0.052;  
0.975,1.02,0.534,0.266,0.165,0.121,0.097,0.082,0.072,0.065,0.06,0.056,0.053,0.051,0.049,0.048,0.048;  
0.945,1.053,0.531,0.251,0.153,0.112,0.09,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.046,0.045,0.044;  
0.95,1.08,0.529,0.239,0.144,0.105,0.084,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.042,0.041;  
0.982,1.101,0.527,0.228,0.136,0.099,0.079,0.067,0.059,0.053,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.04,0.03;  
1.02,1.117,0.526,0.219,0.129,0.094,0.075,0.064,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.04,0.038,0.037,0.037;  
1.033,1.133,0.523,0.199,0.116,0.084,0.067,0.057,0.05,0.045,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.034,0.033]
```

```
CoefAux1=sum(sum(CoefKD1))/(17*26);
```

```
%% Agitación Auxiliar 2
```

```
%Introduzco los datos
```

```
RL2=[0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
```

```
R2LB=191./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R2LB>50);
```

```
R2LB(n)=50;
```

```
%Hallo el coeficiente auxiliar 1
```

```
CoefKD2=[0.845,0.703,0.584,0.489,0.415,0.359,0.315,0.282,0.256,0.236,0.221,0.208,0.199,0.192,0.186,0.182,0.18;  
0.841,0.694,0.57,0.473,0.399,0.343,0.3,0.268,0.243,0.224,0.209,0.197,0.188,0.181,0.176,0.172,0.17;  
0.838,0.685,0.558,0.459,0.384,0.329,0.287,0.255,0.231,0.213,0.198,0.187,0.178,0.172,0.167,0.164,0.162;  
0.828,0.653,0.51,0.405,0.33,0.277,0.239,0.211,0.11,0.175,0.163,0.153,0.146,0.141,0.137,0.134,0.132;  
0.827,0.633,0.477,0.368,0.294,0.244,0.209,0.184,0.166,0.152,0.141,0.133,0.127,0.122,0.118,0.116,0.115;  
0.83,0.618,0.452,0.34,0.268,0.22,0.188,0.165,0.149,0.136,0.126,0.119,0.113,0.109,0.106,0.104,0.103;  
0.836,0.607,0.431,0.317,0.247,0.202,0.172,0.151,0.136,0.124,0.116,0.109,0.104,0.1,0.097,0.095,0.094;  
0.844,0.599,0.414,0.299,0.231,0.188,0.16,0.14,0.126,0.115,0.107,0.101,0.096,0.092,0.09,0.088,0.087;  
0.853,0.592,0.399,0.284,0.217,0.176,0.15,0.131,0.118,0.108,0.1,0.094,0.09,0.086,0.084,0.082,0.081;  
0.863,0.586,0.386,0.27,0.206,0.167,0.141,0.124,0.111,0.102,0.094,0.089,0.085,0.081,0.079,0.077,0.076;  
0.873,0.581,0.374,0.259,0.196,0.158,0.134,0.117,0.105,0.096,0.09,0.084,0.08,0.077,0.075,0.073,0.073;  
0.893,0.574,0.354,0.24,0.18,0.145,0.123,0.107,0.096,0.088,0.082,0.077,0.073,0.07,0.068,0.067,0.066;  
0.914,0.568,0.337,0.224,0.167,0.134,0.114,0.099,0.089,0.081,0.076,0.071,0.068,0.065,0.063,0.062,0.061;  
0.934,0.563,0.323,0.211,0.156,0.126,0.106,0.093,0.083,0.076,0.071,0.067,0.063,0.061,0.059,0.058,0.057;  
0.953,0.559,0.31,0.2,0.148,0.119,0.1,0.088,0.079,0.072,0.067,0.063,0.06,0.058,0.056,0.055,0.054;  
0.972,0.556,0.299,0.191,0.14,0.113,0.095,0.083,0.075,0.068,0.063,0.06,0.057,0.055,0.053,0.052,0.051;  
1.006,0.551,0.28,0.175,0.128,0.103,0.087,0.076,0.068,0.062,0.058,0.054,0.052,0.05,0.048,0.047,0.047;  
1.035,0.547,0.264,0.163,0.119,0.095,0.08,0.07,0.063,0.058,0.054,0.05,0.048,0.046,0.045,0.044,0.043;  
1.059,0.543,0.251,0.153,0.111,0.089,0.075,0.066,0.059,0.054,0.05,0.047,0.045,0.043,0.042,0.041,0.041;  
1.078,0.541,0.24,0.144,0.105,0.084,0.071,0.062,0.056,0.051,0.047,0.044,0.042,0.041,0.04,0.039,0.038;  
1.093,0.539,0.23,0.137,0.1,0.08,0.067,0.059,0.053,0.048,0.045,0.042,0.04,0.03,0.037,0.037,0.036;  
1.109,0.534,0.209,0.123,0.089,0.071,0.06,0.053,0.047,0.043,0.04,0.038,0.036,0.035,0.034,0.033,0.032;  
1.099,0.531,0.193,0.112,0.081,0.065,0.055,0.048,0.043,0.039,0.037,0.034,0.033,0.032,0.031,0.03,0.03;  
1.07,0.529,0.18,0.104,0.075,0.06,0.051,0.044,0.04,0.036,0.034,0.032,0.03,0.029,0.028,0.028,0.027;  
1.029,0.527,0.17,0.097,0.071,0.056,0.048,0.042,0.037,0.034,0.032,0.03,0.028,0.027,0.027,0.026,0.026;  
0.948,0.524,0.153,0.087,0.063,0.05,0.043,0.037,0.033,0.031,0.029,0.027,0.025,0.024,0.024,0.023,0.023]
```

```
CoefAux2=sum(sum(CoefKD2))/(17*27);
```

```
%% Hago el programa para la Agitación
```

```
RL6 = [0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL8 = [1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL10 = [0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL12 = [0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL15 = [0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL1820 = [0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
```

```
Ang = [10:10:170];
```

```
    %Introduzco los datos
```

```
R6LB=148./LBAux;  
R8LB=258./LBAux;  
R10LB=169./LBAux;  
R12LB=190./LBAux;  
R15LB=164./LBAux;  
R1820LB=158./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
    %Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R6LB>50);  
R6LB(n)=50;  
n=find(R8LB>50);  
R8LB(n)=50;  
n=find(R10LB>50);  
R10LB(n)=50;  
n=find(R12LB>50);  
R12LB(n)=50;  
n=find(R15LB>50);  
R15LB(n)=50;  
n=find(R1820LB>50);  
R1820LB(n)=50;
```

% Introduzco las matrices correspondientes

```
CoefKD6 = [0.835,0.698,0.589,0.503,0.436,0.383,0.342,0.31,0.284,0.264,0.248,0.235,0.225,0.217,0.211,0.207,0.205;  
           0.824,0.68,0.567,0.48,0.412,0.361,0.321,0.289,0.265,0.246,0.23,0.218,0.209,0.201,0.196,0.192,0.19;  
           0.814,0.664,0.548,0.46,0.393,0.342,0.303,0.273,0.249,0.231,0.216,0.205,0.196,0.189,0.184,0.18,0.178;  
           0.805,0.65,0.531,0.442,0.375,0.325,0.287,0.258,0.236,0.218,0.204,0.193,0.185,0.178,0.174,0.17,0.168;  
           0.797,0.637,0.516,0.426,0.36,0.311,0.274,0.246,0.224,0.207,0.194,0.184,0.176,0.169,0.165,0.162,0.16;  
           0.865,0.585,0.456,0.367,0.304,0.26,0.227,0.203,0.185,0.17,0.159,0.151,0.144,0.139,0.135,0.132,0.131;  
           0.741,0.547,0.415,0.327,0.268,0.227,0.198,0.177,0.16,0.148,0.138,0.131,0.125,0.12,0.117,0.115,0.113;  
           0.722,0.517,0.383,0.298,0.242,0.204,0.178,0.158,0.144,0.132,0.124,0.117,0.112,0.108,0.105,0.103,0.101;  
           0.706,0.492,0.358,0.275,0.222,0.187,0.163,0.145,0.131,0.121,0.113,0.107,0.102,0.08,0.095,0.094,0.093;  
           0.693,0.472,0.337,0.257,0.207,0.174,0.151,0.134,0.122,0.112,0.105,0.099,0.094,0.091,0.088,0.087,0.086;  
           0.683,0.454,0.319,0.241,0.194,0.163,0.141,0.125,0.114,0.105,0.098,0.092,0.088,0.085,0.083,0.081,0.08;  
           0.673,0.438,0.304,0.229,0.183,0.154,0.133,0.118,0.107,0.099,0.092,0.087,0.083,0.08,0.078,0.076,0.076;  
           0.665,0.424,0.291,0.218,0.174,0.146,0.126,0.112,0.102,0.094,0.088,0.08,0.079,0.076,0.074,0.073,0.072;  
           0.651,0.40,0.269,0.2,0.159,0.133,0.115,0.103,0.093,0.086,0.08,0.075,0.072,0.069,0.068,0.066,0.065;  
           0.64,0.381,0.251,0.185,0.148,0.123,0.107,0.095,0.086,0.079,0.074,0.07,0.067,0.064,0.063,0.061,0.061;  
           0.631,0.364,0.237,0.174,0.138,0.115,0.1,0.089,0.08,0.074,0.069,0.065,0.062,0.06,0.059,0.057,0.057;  
           0.623,0.349,0.224,0.164,0.13,0.109,0.094,0.084,0.076,0.07,0.065,0.062,0.059,0.057,0.055,0.054,0.053;  
           0.616,0.336,0.214,0.156,0.24,0.103,0.089,0.079,0.072,0.066,0.062,0.058,0.056,0.054,0.052,0.051,0.051;  
           0.606,0.314,0.196,0.143,0.113,0.094,0.082,0.073,0.066,0.061,0.057,0.053,0.051,0.049,0.048,0.047,0.046;  
           0.597,0.296,0.182,0.132,0.105,0.087,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.045,0.044,0.043,0.043;  
           0.59,0.28,0.171,0.124,0.098,0.082,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.041,0.041,0.04;  
           0.585,0.267,0.162,0.117,0.09,0.077,0.067,0.059,0.054,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.039,0.038,0.038;  
           0.58,0.256,0.153,0.111,0.088,0.073,0.063,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.039,0.038,0.037,0.036,0.036;  
           0.571,0.233,0.138,0.09,0.078,0.065,0.057,0.05,0.046,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.033,0.032,0.032;  
           0.564,0.215,0.126,0.09,0.072,0.06,0.052,0.046,0.042,0.038,0.036,0.034,0.032,0.031,0.03,0.03,0.029;  
           0.559,0.2,0.117,0.084,0.066,0.055,0.048,0.042,0.038,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027;  
           0.555,0.188,0.109,0.078,0.062,0.052,0.045,0.04,0.036,0.033,0.031,0.029,0.028,0.027,0.026,0.026,0.025;  
           0.549,0.17,0.098,0.07,0.055,0.046,0.04,0.036,0.032,0.03,0.028,0.026,0.025,0.024,0.023,0.023,0.023]
```

```
CoefKD8 = [0.797,0.637,0.516,0.426,0.36,0.311,0.274,0.246,0.224,0.207,0.194,0.184,0.176,0.169,0.165,0.162,0.16;  
           0.865,0.585,0.456,0.367,0.304,0.26,0.227,0.203,0.185,0.17,0.159,0.151,0.144,0.139,0.135,0.132,0.131;  
           0.741,0.547,0.415,0.327,0.268,0.227,0.198,0.177,0.16,0.148,0.138,0.131,0.125,0.12,0.117,0.115,0.113;
```

```
0.722,0.517,0.383,0.298,0.242,0.204,0.178,0.158,0.144,0.132,0.124,0.117,0.112,0.108,0.105,0.103,0.101;  
0.706,0.492,0.358,0.275,0.222,0.187,0.163,0.145,0.131,0.121,0.113,0.107,0.102,0.08,0.095,0.094,0.093;  
0.693,0.472,0.337,0.257,0.207,0.174,0.151,0.134,0.122,0.112,0.105,0.099,0.094,0.091,0.088,0.087,0.086;  
0.683,0.454,0.319,0.241,0.194,0.163,0.141,0.125,0.114,0.105,0.098,0.092,0.088,0.085,0.083,0.081,0.08;  
0.673,0.438,0.304,0.229,0.183,0.154,0.133,0.118,0.107,0.099,0.092,0.087,0.083,0.08,0.078,0.076,0.076;  
0.665,0.424,0.291,0.218,0.174,0.146,0.126,0.112,0.102,0.094,0.088,0.08,0.079,0.076,0.074,0.073,0.072;  
0.651,0.40,0.269,0.2,0.159,0.133,0.115,0.103,0.093,0.086,0.08,0.075,0.072,0.069,0.068,0.066,0.065;  
0.64,0.381,0.251,0.185,0.148,0.123,0.107,0.095,0.086,0.079,0.074,0.07,0.067,0.064,0.063,0.061,0.061;  
0.631,0.364,0.237,0.174,0.138,0.115,0.1,0.089,0.08,0.074,0.069,0.065,0.062,0.06,0.059,0.057,0.057;  
0.623,0.349,0.224,0.164,0.13,0.109,0.094,0.084,0.076,0.07,0.065,0.062,0.059,0.057,0.055,0.054,0.053;  
0.616,0.336,0.214,0.156,0.24,0.103,0.089,0.079,0.072,0.066,0.062,0.058,0.056,0.054,0.052,0.051,0.051;  
0.606,0.314,0.196,0.143,0.113,0.094,0.082,0.073,0.066,0.061,0.057,0.053,0.051,0.049,0.048,0.047,0.046;  
0.597,0.296,0.182,0.132,0.105,0.087,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.045,0.044,0.043,0.043;  
0.59,0.28,0.171,0.124,0.098,0.082,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.041,0.041,0.04;  
0.585,0.267,0.162,0.117,0.09,0.077,0.067,0.059,0.054,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.039,0.038,0.038;  
0.58,0.256,0.153,0.111,0.088,0.073,0.063,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.039,0.038,0.037,0.036,0.036;  
0.571,0.233,0.138,0.09,0.078,0.065,0.057,0.05,0.046,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.033,0.032,0.032;  
0.564,0.215,0.126,0.09,0.072,0.06,0.052,0.046,0.042,0.038,0.036,0.034,0.032,0.031,0.03,0.03,0.029;  
0.559,0.2,0.117,0.084,0.066,0.055,0.048,0.042,0.038,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027;  
0.555,0.188,0.109,0.078,0.062,0.052,0.045,0.04,0.036,0.033,0.031,0.029,0.028,0.027,0.026,0.026,0.025;  
0.549,0.17,0.098,0.07,0.055,0.046,0.04,0.036,0.032,0.03,0.028,0.026,0.025,0.024,0.023,0.023,0.023]
```

```
CoefKD10 = [0.85,0.715,0.6,0.507,0.434,0.377,0.333,0.299,0.272,0.252,0.235,0.222,0.212,0.201,0.199,0.195,0.192;  
0.845,0.703,0.584,0.489,0.415,0.359,0.315,0.282,0.256,0.236,0.221,0.208,0.199,0.192,0.186,0.182,0.18;  
0.841,0.694,0.57,0.473,0.399,0.343,0.3,0.268,0.243,0.224,0.209,0.197,0.188,0.181,0.176,0.172,0.17;  
0.838,0.685,0.558,0.459,0.384,0.329,0.287,0.255,0.231,0.213,0.198,0.187,0.178,0.172,0.167,0.164,0.162;  
0.828,0.653,0.51,0.405,0.33,0.277,0.239,0.211,0.11,0.175,0.163,0.153,0.146,0.141,0.137,0.134,0.132;  
0.827,0.633,0.477,0.368,0.294,0.244,0.209,0.184,0.166,0.152,0.141,0.133,0.127,0.122,0.118,0.116,0.115;  
0.83,0.618,0.452,0.34,0.268,0.22,0.188,0.165,0.149,0.136,0.126,0.119,0.113,0.109,0.106,0.104,0.103;  
0.836,0.607,0.431,0.317,0.247,0.202,0.172,0.151,0.136,0.124,0.116,0.109,0.104,0.1,0.097,0.095,0.094;  
0.844,0.599,0.414,0.299,0.231,0.188,0.16,0.14,0.126,0.115,0.107,0.101,0.096,0.092,0.09,0.088,0.087;  
0.853,0.592,0.399,0.284,0.217,0.176,0.15,0.131,0.118,0.108,0.1,0.094,0.09,0.086,0.084,0.082,0.081;  
0.863,0.586,0.386,0.27,0.206,0.167,0.141,0.124,0.111,0.102,0.094,0.089,0.085,0.081,0.079,0.077,0.076;  
0.873,0.581,0.374,0.259,0.196,0.158,0.134,0.117,0.105,0.096,0.09,0.084,0.08,0.077,0.075,0.073,0.073;  
0.893,0.574,0.354,0.24,0.18,0.145,0.123,0.107,0.096,0.088,0.082,0.077,0.073,0.07,0.068,0.067,0.066;  
0.914,0.568,0.337,0.224,0.167,0.134,0.114,0.099,0.089,0.081,0.076,0.071,0.068,0.065,0.063,0.062,0.061;
```

```
0.934,0.563,0.323,0.211,0.156,0.126,0.106,0.093,0.083,0.076,0.071,0.067,0.063,0.061,0.059,0.058,0.057;  
0.953,0.559,0.31,0.2,0.148,0.119,0.1,0.088,0.079,0.072,0.067,0.063,0.06,0.058,0.056,0.055,0.054;  
0.972,0.556,0.299,0.191,0.14,0.113,0.095,0.083,0.075,0.068,0.063,0.06,0.057,0.055,0.053,0.052,0.051;  
1.006,0.551,0.28,0.175,0.128,0.103,0.087,0.076,0.068,0.062,0.058,0.054,0.052,0.05,0.048,0.047,0.047;  
1.035,0.547,0.264,0.163,0.119,0.095,0.08,0.07,0.063,0.058,0.054,0.05,0.048,0.046,0.045,0.044,0.043;  
1.059,0.543,0.251,0.153,0.111,0.089,0.075,0.066,0.059,0.054,0.05,0.047,0.045,0.043,0.042,0.041,0.041;  
1.078,0.541,0.24,0.144,0.105,0.084,0.071,0.062,0.056,0.051,0.047,0.044,0.042,0.041,0.04,0.039,0.038;  
1.093,0.539,0.23,0.137,0.1,0.08,0.067,0.059,0.053,0.048,0.045,0.042,0.04,0.03,0.037,0.037,0.036;  
1.109,0.534,0.209,0.123,0.089,0.071,0.06,0.053,0.047,0.043,0.04,0.038,0.036,0.035,0.034,0.033,0.032;  
1.099,0.531,0.193,0.112,0.081,0.065,0.055,0.048,0.043,0.039,0.037,0.034,0.033,0.032,0.031,0.03,0.03;  
1.07,0.529,0.18,0.104,0.075,0.06,0.051,0.044,0.04,0.036,0.034,0.032,0.03,0.029,0.028,0.028,0.027;  
1.029,0.527,0.17,0.097,0.071,0.056,0.048,0.042,0.037,0.034,0.032,0.03,0.028,0.027,0.027,0.026,0.026;  
0.948,0.524,0.153,0.087,0.063,0.05,0.043,0.037,0.033,0.031,0.029,0.027,0.025,0.024,0.024,0.023,0.023]
```

```
CoefKD12 = [1.025,0.997,0.917,0.807,0.689,0.58,0.488,0.414,0.357,0.313,0.281,0.256,0.238,0.224,0.215,0.208,0.205;  
1.033,1.013,0.934,0.817,0.691,0.575,0.478,0.401,0.343,0.299,0.267,0.243,0.225,0.212,0.203,0.197,0.193;  
1.037,1.027,0.95,0.828,0.694,0.571,0.469,0.39,0.331,0.287,0.255,0.232,0.214,0.202,0.193,0.187,0.184;  
1.028,1.071,1.021,0.882,0.712,0.557,0.435,0.347,0.285,0.243,0.213,0.192,0.177,0.166,0.158,0.153,0.151;  
0.99,1.067,0.107,0.932,0.733,0.549,0.411,0.317,0.255,0.214,0.186,0.167,0.154,0.144,0.137,0.133,0.131;  
0.97,0.031,1.097,0.977,0.753,0.543,0.392,0.294,0.232,0.193,0.168,0.150,0.138,0.129,0.123,0.119,0.117;  
0.987,0.984,1.104,1.015,0.773,0.539,0.376,0.275,0.215,0.178,0.153,0.137,0.126,0.118,0.112,0.109,0.107;  
1.016,0.951,1.091,1.048,0.792,0.536,0.362,0.26,0.201,0.165,0.142,0.127,0.117,0.109,0.104,0.101,0.099;  
1.024,0.949,1.065,1.075,0.811,0.534,0.351,0.247,0.189,0.155,0.133,0.119,0.109,0.102,0.097,0.094,0.092;  
1.005,0.973,1.031,1.096,0.829,0.532,0.34,0.236,0.179,0.146,0.126,0.112,0.102,0.096,0.092,0.089,0.087;  
0.983,1.009,0.993,1.112,0.847,0.53,0.331,0.226,0.171,0.139,0.12,0.107,0.098,0.091,0.087,0.084,0.083;  
1.001,1.044,0.936,1.128,0.88,0.527,0.314,0.209,0.157,0.127,0.109,0.097,0.089,0.083,0.08,0.077,0.075;  
1.014,1.001,0.931,1.125,0.91,0.525,0.3,0.196,0.146,0.118,0.101,0.09,0.083,0.077,0.074,0.071,0.07;  
0.983,0.962,0.973,1.106,0.939,0.524,0.288,0.185,0.136,0.11,0.095,0.084,0.077,0.072,0.069,0.067,0.065;  
1.008,0.994,1.027,1.075,0.965,0.522,0.277,0.175,0.129,0.104,0.089,0.08,0.073,0.068,0.065,0.063,0.062;  
1.006,1.033,1.058,1.036,0.989,0.521,0.268,0.167,0.122,0.099,0.085,0.075,0.069,0.065,0.062,0.06,0.058;  
1.012,.972,1.012,0.957,1.032,0.519,0.252,0.154,0.112,0.09,0.07,0.069,0.063,0.059,0.056,0.054,0.052;  
0.99,1.023,0.948,0.912,1.068,0.518,0.238,0.143,0.104,0.084,0.072,0.064,0.058,0.055,0.052,0.065,0.049;  
0.994,0.983,1.004,0.923,1.097,0.517,0.226,0.134,0.097,0.078,0.067,0.06,0.055,0.051,0.049,0.047,0.046;  
1.011,1.013,1.045,0.976,1.12,0.516,0.216,0.127,0.092,0.074,0.063,0.056,0.052,0.048,0.046,0.044,0.044;  
1.001,0.993,0.988,1.035,1.136,0.515,0.207,0.12,0.087,0.07,0.06,0.053,0.049,0.046,0.044,0.042,0.041;  
0.991,0.979,1.038,1.052,1.151,0.513,0.189,0.108,0.078,0.063,0.054,0.08,0.044,0.041,0.039,0.038,0.037;
```

```
0.995,0.987,0.978,0.943,1.134,0.512,0.175,0.099,0.071,0.057,0.049,0.044,0.04,0.037,0.036,0.034,0.034;  
1.006,1.007,0.988,0.994,1.093,0.511,0.163,0.092,0.066,0.053,0.045,0.04,0.037,0.035,0.033,0.032,0.031;  
1.007,1.017,1.031,1.055,1.036,0.51,0.154,0.086,0.062,0.05,0.042,0.038,0.035,0.032,0.031,0.03,0.029;  
0.993,0.993,0.988,0.968,0.928,0.509,0.139,0.077,0.055,0.044,0.038,0.034,0.031,0.029,0.028,0.027,0.026]
```

```
CoefKD15 = [0.989,0.994,1.023,1.06,1.075,1.051,0.985,0.89,0.782,0.675,0.579,0.499,0.437,0.39,0.356,0.333,0.3211;  
0.987,0.98,1.001,1.045,1.079,1.07,1.01,0.911,0.794,0.677,0.573,0.488,0.422,0.373,0.338,0.315,0.303;  
0.993,0.975,0.98,1.025,1.074,1.083,1.032,0.932,0.807,0.681,0.569,0.478,0.409,0.358,0.323,0.3,0.287;  
1.002,0.981,0.967,1.002,1.063,1.091,1.051,0.951,0.819,0.684,0.565,0.469,0.397,0.345,0.31,0.287,0.274;  
0.994,1.016,1.018,0.962,0.966,1.06,1.105,1.033,0.88,0.705,0.552,0.435,0.353,0.297,0.261,0.239,0.227;  
1.008,0.987,0.998,1.035,0.958,0.974,1.095,1.088,0.934,0.728,0.545,0.411,0.322,0.265,0.23,0.209,0.198;  
0.993,1.012,0.99,0.999,1.031,0.933,1.042,1.117,0.981,0.749,0.54,0.392,0.298,0.242,0.208,0.188,0.178;  
1.005,0.989,1.019,0.973,1.035,0.975,0.975,1.122,1.021,0.77,0.536,0.376,0.279,0.223,0.191,0.172,0.163;  
0.999,1.01,0.979,1.026,0.974,1.037,0.93,1.107,1.056,0.79,0.533,0.362,0.264,0.209,0.177,0.16,0.151;  
0.998,0.991,1.017,1.001,0.971,1.052,0.928,1.075,1.084,0.81,0.531,0.351,0.251,0.196,0.166,0.15,0.141;  
1.005,1.009,0.991,0.977,1.025,1.011,0.964,1.035,1.106,0.828,0.529,0.34,0.239,0.186,0.157,0.141,0.133;  
0.995,0.992,1,1.021,1.026,0.961,1.015,0.991,1.122,0.846,0.528,0.331,0.229,0.177,0.149,0.134,0.126;  
0.997,0.993,0.986,0.979,0.977,1.003,1.062,0.925,1.137,0.88,0.525,0.314,0.212,0.163,0.137,0.123,0.115;  
1.002,0.993,0.988,1.003,1.022,1.031,1.001,0.919,1.133,0.911,0.523,0.3,0.199,0.151,0.127,0.114,0.107;  
1.004,0.994,1.002,1.015,0.98,0.962,0.946,0.97,1.113,0.94,0.522,0.288,0.187,0.142,0.119,0.106,0.1;  
1.002,0.994,1.012,0.982,1.019,1.019,0.992,1.033,1.079,0.966,0.52,0.277,0.178,0.134,0.112,0.1,0.094;  
0.998,0.994,1.009,1.006,0.982,1.013,1.047,1.068,1.038,0.991,0.519,0.268,0.169,0.127,0.106,0.095,0.089;  
0.999,0.995,0.989,0.984,0.984,1.026,0.961,1.013,0.954,1.035,0.518,0.252,0.156,0.116,0.097,0.087,0.082;  
1.003,0.995,1.004,1.008,0.985,0.979,1.033,0.94,0.906,1.071,0.516,0.238,0.145,0.108,0.09,0.08,0.076;  
0.998,0.996,1.006,1.008,0.986,0.986,0.975,1.005,0.918,1.1,0.515,0.226,0.136,0.101,0.084,0.075,0.071;  
1,0.996,0.991,0.987,0.987,1.024,1.018,1.053,0.975,1.123,0.514,0.216,0.128,0.095,0.079,0.071,0.067;  
1.002,0.996,1.005,1.003,0.988,1.003,0.99,0.986,1.038,1.139,0.514,0.207,0.122,0.09,0.075,0.067,0.063;  
1.002,0.996,0.998,1.01,1.011,0.98,0.97,1.045,1.055,1.154,0.512,0.189,0.109,0.081,0.067,0.06,0.057;  
1.001,0.997,0.994,0.993,0.99,0.99,0.983,0.974,0.939,1.136,0.511,0.175,0.1,0.074,0.061,0.055,0.052;  
0.999,0.997,0.994,0.995,1.009,1.013,1.01,0.986,0.993,1.094,0.51,0.163,0.093,0.068,0.057,0.051,0.048;  
0.998,0.997,0.997,1.008,0.991,1.015,1.024,1.036,1.058,1.037,0.51,0.154,0.087,0.064,0.053,0.048,0.045;  
0.999,0.998,1.005,0.992,0.992,0.985,0.991,0.987,0.966,0.926,0.509,0.139,0.078,0.057,0.048,0.043,0.04]
```

```
CoefKD1820 = [0.989,0.994,1.023,1.06,1.075,1.051,0.985,0.89,0.782,0.675,0.579,0.499,0.437,0.39,0.356,0.333,0.3211;  
0.987,0.98,1.001,1.045,1.079,1.07,1.01,0.911,0.794,0.677,0.573,0.488,0.422,0.373,0.338,0.315,0.303;  
0.993,0.975,0.98,1.025,1.074,1.083,1.032,0.932,0.807,0.681,0.569,0.478,0.409,0.358,0.323,0.3,0.287;
```

```
1.002,0.981,0.967,1.002,1.063,1.091,1.051,0.951,0.819,0.684,0.565,0.469,0.397,0.345,0.31,0.287,0.274;  
0.994,1.016,1.018,0.962,0.966,1.06,1.105,1.033,0.88,0.705,0.552,0.435,0.353,0.297,0.261,0.239,0.227;  
1.008,0.987,0.998,1.035,0.958,0.974,1.095,1.088,0.934,0.728,0.545,0.411,0.322,0.265,0.23,0.209,0.198;  
0.993,1.012,0.99,0.999,1.031,0.933,1.042,1.117,0.981,0.749,0.54,0.392,0.298,0.242,0.208,0.188,0.178;  
1.005,0.989,1.019,0.973,1.035,0.975,0.975,1.122,1.021,0.77,0.536,0.376,0.279,0.223,0.191,0.172,0.163;  
0.999,1.01,0.979,1.026,0.974,1.037,0.93,1.107,1.056,0.79,0.533,0.362,0.264,0.209,0.177,0.16,0.151;  
0.998,0.991,1.017,1.001,0.971,1.052,0.928,1.075,1.084,0.81,0.531,0.351,0.251,0.196,0.166,0.15,0.141;  
1.005,1.009,0.991,0.977,1.025,1.011,0.964,1.035,1.106,0.828,0.529,0.34,0.239,0.186,0.157,0.141,0.133;  
0.995,0.992,1,1.021,1.026,0.961,1.015,0.991,1.122,0.846,0.528,0.331,0.229,0.177,0.149,0.134,0.126;  
0.997,0.993,0.986,0.979,0.977,1.003,1.062,0.925,1.137,0.88,0.525,0.314,0.212,0.163,0.137,0.123,0.115;  
1.002,0.993,0.988,1.003,1.022,1.031,1.001,0.919,1.133,0.911,0.523,0.3,0.199,0.151,0.127,0.114,0.107;  
1.004,0.994,1.002,1.015,0.98,0.962,0.946,0.97,1.113,0.94,0.522,0.288,0.187,0.142,0.119,0.106,0.1;  
1.002,0.994,1.012,0.982,1.019,1.019,0.992,1.033,1.079,0.966,0.52,0.277,0.178,0.134,0.112,0.1,0.094;  
0.998,0.994,1.009,1.006,0.982,1.013,1.047,1.068,1.038,0.991,0.519,0.268,0.169,0.127,0.106,0.095,0.089;  
0.999,0.995,0.989,0.984,0.984,1.026,0.961,1.013,0.954,1.035,0.518,0.252,0.156,0.116,0.097,0.087,0.082;  
1.003,0.995,1.004,1.008,0.985,0.979,1.033,0.94,0.906,1.071,0.516,0.238,0.145,0.108,0.09,0.08,0.076;  
0.998,0.996,1.006,1.008,0.986,0.986,0.975,1.005,0.918,1.1,0.515,0.226,0.136,0.101,0.084,0.075,0.071;  
1,0.996,0.991,0.987,0.987,1.024,1.018,1.053,0.975,1.123,0.514,0.216,0.128,0.095,0.079,0.071,0.067;  
1.002,0.996,1.005,1.003,0.988,1.003,0.99,0.986,1.038,1.139,0.514,0.207,0.122,0.09,0.075,0.067,0.063;  
1.002,0.996,0.998,1.01,1.011,0.98,0.97,1.045,1.055,1.154,0.512,0.189,0.109,0.081,0.067,0.06,0.057;  
1.001,0.997,0.994,0.993,0.99,0.99,0.983,0.974,0.939,1.136,0.511,0.175,0.1,0.074,0.061,0.055,0.052;  
0.999,0.997,0.994,0.995,1.009,1.013,1.01,0.986,0.993,1.094,0.51,0.163,0.093,0.068,0.057,0.051,0.048;  
0.998,0.997,0.997,1.008,0.991,1.015,1.024,1.036,1.058,1.037,0.51,0.154,0.087,0.064,0.053,0.048,0.045;  
0.999,0.998,1.005,0.992,0.992,0.985,0.991,0.987,0.966,0.926,0.509,0.139,0.078,0.057,0.048,0.043,0.04]
```

```
[Anga6,RLa6] = meshgrid(Ang,RL6)  
[Anga8,RLa8] = meshgrid(Ang,RL8)  
[Anga10,RLa10] = meshgrid(Ang,RL10)  
[Anga12,RLa12] = meshgrid(Ang,RL12)  
[Anga15,RLa15] = meshgrid(Ang,RL15)  
[Anga1820,RLa1820] = meshgrid(Ang,RL1820)
```

```
KDi6=griddata(Anga6,RLa6,CoefKD6,Angi,R6LB,'nearest');  
KDi8=griddata(Anga8,RLa8,CoefKD8,Angi,R8LB,'nearest');  
KDi10=griddata(Anga10,RLa10,CoefKD10,Angi,R10LB,'nearest');
```

```
KDi12=griddata(Anga12,RLa12,CoefKD12,Angi,R12LB,'nearest');  
KDi15=griddata(Anga15,RLa15,CoefKD15,Angi,R15LB,'nearest');  
KDi1820=griddata(Anga1820,RLa1820,CoefKD1820,Angi,R1820LB,'nearest');
```

```
%% Calculo las alturas
```

```
H6=HBAux.*CoefAux1.*CoefAux2.*KDi6;  
H8=HBAux.*CoefAux1.*CoefAux2.*KDi8;  
H10=HBAux.*CoefAux1.*KDi10;  
H12=HBAux.*CoefAux1.*KDi12;  
H15=HBAux.*CoefAux1.*KDi15;  
H1820=HBAux.*CoefAux1.*KDi1820;
```

ANEXO AGITACIÓN 2

```
%% AGITACIÓN ALTERNATIVA 2
```

```
%% Previamente cargo los vectores guardados previamente
```

```
%% Agitación Auxiliar 1
```

```
%Introduzco los datos
```

```
RL1=[0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25];
```

```
R1LB=92./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R1LB>50);
```

```
R1LB(n)=50;
```

```
%Cambio los ángulos a la nueva referencia
```

```
for(i=1:length(Angi))
```

```
    i
```

```
    if(Angi(i)>0 && Angi(i)<85)
```

```
        Angi(i)=12+90+Angi(i);
```

```
    else if (Angi(i)>280 && Angi(i)<360)
```

```
        Angi(i)=12+90-(360-(Angi(i)));
```

```
    end
```

```
end
```

```
end
```

```
%Hallo el coeficiente auxiliar 1
```

```
CoefKD1=[0.921,0.838,0.756,0.68,0.612,0.551,0.5,0.456,0.42,0.39,0.365,0.346,0.33,0.318,0.309,0.303,0.299;
```

```
0.921,0.832,0.742,0.658,0.582,0.517,0.462,0.416,0.38,0.35,0.326,0.307,0.292,0.28,0.272,0.266,0.262;
```

```
0.925,0.831,0.734,0.641,0.559,0.49,0.433,0.386,0.349,0.32,0.296,0.278,0.264,0.253,0.245,0.24,0.237;
```

```
0.93,0.833,0.72,0.629,0.541,0.468,0.409,0.362,0.325,0.296,0.274,0.256,0.243,0.233,0.225,0.22,0.217;
```

```

0.937,0.837,0.725,0.619,0.526,0.45,0.39,0.342,0.306,0.277,0.256,0.239,0.226,0.216,0.209,0.204,0.201;
0.945,0.842,0.724,0.611,0.513,0.434,0.373,0.325,0.289,0.262,0.241,0.224,0.212,0.203,0.196,0.192,0.189;
0.953,0.848,0.724,0.604,0.502,0.421,0.358,0.311,0.275,0.248,0.228,0.212,0.2,0.192,0.185,0.181,0.178;
0.961,0.855,0.724,0.598,0.492,0.408,0.345,0.298,0.263,0.237,0.217,0.202,0.191,0.182,0.176,0.172,0.169;
1.002,0.893,0.734,0.579,0.454,0.362,0.297,0.252,0.219,0.196,0.179,0.166,0.156,0.149,0.144,0.141,0.139;
1.034,0.933,0.49,0.567,0.427,0.33,0.265,0.222,0.192,0.171,0.155,0.144,0.136,0.129,0.125,0.122,0.12;
1.054,0.97,0.765,0.56,0.406,0.306,0.242,0.2,0.173,0.153,0.139,0.129,0.121,0.116,0.112,0.109,0.108;
1.061,1.003,0.783,0.554,0.389,0.286,0.223,0.184,0.158,0.14,0.127,0.118,0.111,0.106,0.102,0.1,0.098;
1.055,1.032,0.8,0.55,0.375,0.27,0.209,0.171,0.147,0.13,0.118,0.109,0.103,0.098,0.095,0.092,0.091;
1.041,1.056,0.817,0.546,0.362,0.256,0.196,0.16,0.137,0.122,0.11,0.102,0.096,0.092,0.088,0.086,0.085;
1.02,1.075,0.833,0.544,0.351,0.245,0.186,0.152,0.13,0.115,0.104,0.096,0.091,0.086,0.083,0.081,0.08;
0.998,1.09,0.849,0.541,0.341,0.234,0.177,0.144,0.123,0.109,0.099,0.091,0.086,0.082,0.079,0.077,0.076;
0.963,1.106,0.88,0.537,0.324,0.217,0.163,0.132,0.112,0.099,0.09,0.083,0.079,0.075,0.072,0.07,0.069;
0.958,1.105,0.909,0.535,0.309,0.203,0.151,0.122,0.104,0.092,0.084,0.077,0.073,0.069,0.067,0.065,0.064;
0.982,1.09,0.936,0.532,0.297,0.192,0.142,0.114,0.097,0.086,0.078,0.072,0.068,0.065,0.063,0.061,0.06;
1.015,1.064,0.961,0.53,0.285,0.182,0.134,0.108,0.092,0.081,0.074,0.068,0.064,0.061,0.059,0.058,0.057;
1.035,1.031,0.985,0.529,0.276,0.173,0.127,0.102,0.087,0.077,0.07,0.065,0.061,0.058,0.056,0.055,0.054;
1.007,0.965,1.026,0.526,0.259,0.159,0.116,0.094,0.08,0.07,0.064,0.059,0.056,0.053,0.051,0.05,0.049;
0.969,0.926,1.061,0.524,0.244,0.148,0.108,0.087,0.074,0.065,0.059,0.055,0.051,0.049,0.047,0.046,0.045;
1.002,0.935,1.089,0.522,0.232,0.139,0.101,0.01,0.069,0.061,0.055,0.051,0.048,0.046,0.044,0.043,0.043;
1.028,0.978,1.111,0.521,0.222,0.131,0.095,0.076,0.065,0.057,0.052,0.048,0.045,0.043,0.042,0.041,0.04;
0.993,1.028,1.127,0.52,0.213,0.125,0.09,0.073,0.062,0.055,0.049,0.046,0.043,0.041,0.035,0.039,0.038;
1.023,1.044,1.143,0.518,0.194,0.11,0.081,0.065,0.055,0.049,0.044,0.041,0.038,0.037,0.035,0.035,0.034]

```

```
CoefAux1=sum(sum(CoefKD1))/(17*26);
```

```
%% Hago el programa para la Agitación
```

```

RL6 = [2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
RL8 = [1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
RL10 = [1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
RL12 = [0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
RL15 = [0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
RL18 = [0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
RL20 = [0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];

```

```
Ang = [10:10:170];

%Introduzco los datos
R6LB=462./LBAux;
R8LB=347./LBAux;
R10LB=222./LBAux;
R12LB=159./LBAux;
R15LB=148./LBAux;
R18LB=212./LBAux;
R20LB=99./LBAux;

Angi=DirBAux;

%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
n=find(R6LB>50);
R6LB(n)=50;
n=find(R8LB>50);
R8LB(n)=50;
n=find(R10LB>50);
R10LB(n)=50;
n=find(R12LB>50);
R12LB(n)=50;
n=find(R15LB>50);
R15LB(n)=50;
n=find(R18LB>50);
R18LB(n)=50;
n=find(R20LB>50);
R20LB(n)=50;

%Cambio los agulos a la nueva referencia
for(i=1:length(Angi))
    i
    if(Angi(i)>0 && Angi(i)<85)
        Angi(i)=90+46+Angi(i);
    else if (Angi(i)>280 && Angi(i)<360)
```

```
    Angi(i)=Angi(i)-270+46;  
end  
end  
end
```

```
CoefKD6 = [1.034,0.933,0.49,0.567,0.427,0.33,0.265,0.222,0.192,0.171,0.155,0.144,0.136,0.129,0.125,0.122,0.12;  
1.054,0.97,0.765,0.56,0.406,0.306,0.242,0.2,0.173,0.153,0.139,0.129,0.121,0.116,0.112,0.109,0.108;  
1.061,1.003,0.783,0.554,0.389,0.286,0.223,0.184,0.158,0.14,0.127,0.118,0.111,0.106,0.102,0.1,0.098;  
1.055,1.032,0.8,0.55,0.375,0.27,0.209,0.171,0.147,0.13,0.118,0.109,0.103,0.098,0.095,0.092,0.091;  
1.041,1.056,0.817,0.546,0.362,0.256,0.196,0.16,0.137,0.122,0.11,0.102,0.096,0.092,0.088,0.086,0.085;  
1.02,1.075,0.833,0.544,0.351,0.245,0.186,0.152,0.13,0.115,0.104,0.096,0.091,0.086,0.083,0.081,0.08;  
0.998,1.09,0.849,0.541,0.341,0.234,0.177,0.144,0.123,0.109,0.099,0.091,0.086,0.082,0.079,0.077,0.076;  
0.963,1.106,0.88,0.537,0.324,0.217,0.163,0.132,0.112,0.099,0.09,0.083,0.079,0.075,0.072,0.07,0.069;  
0.958,1.105,0.909,0.535,0.309,0.203,0.151,0.122,0.104,0.092,0.084,0.077,0.073,0.069,0.067,0.065,0.064;  
0.982,1.09,0.936,0.532,0.297,0.192,0.142,0.114,0.097,0.086,0.078,0.072,0.068,0.065,0.063,0.061,0.06;  
1.015,1.064,0.961,0.53,0.285,0.182,0.134,0.108,0.092,0.081,0.074,0.068,0.064,0.061,0.059,0.058,0.057;  
1.035,1.031,0.985,0.529,0.276,0.173,0.127,0.102,0.087,0.077,0.07,0.065,0.061,0.058,0.056,0.055,0.054;  
1.007,0.965,1.026,0.526,0.259,0.159,0.116,0.094,0.08,0.07,0.064,0.059,0.056,0.053,0.051,0.05,0.049;  
0.969,0.926,1.061,0.524,0.244,0.148,0.108,0.087,0.074,0.065,0.059,0.055,0.051,0.049,0.047,0.046,0.045;  
1.002,0.935,1.089,0.522,0.232,0.139,0.101,0.01,0.069,0.061,0.055,0.051,0.048,0.046,0.044,0.043,0.043;  
1.028,0.978,1.111,0.521,0.222,0.131,0.095,0.076,0.065,0.057,0.052,0.048,0.045,0.043,0.042,0.041,0.04;  
0.993,1.028,1.127,0.52,0.213,0.125,0.09,0.073,0.062,0.055,0.049,0.046,0.043,0.041,0.035,0.039,0.038;  
1.023,1.044,1.143,0.518,0.194,0.11,0.081,0.065,0.055,0.049,0.044,0.041,0.038,0.037,0.035,0.035,0.034;  
0.986,0.952,1.127,0.516,0.179,0.102,0.074,0.059,0.05,0.045,0.04,0.037,0.035,0.033,0.032,0.032,0.031;  
0.993,0.994,1.088,0.515,0.167,0.095,0.068,0.055,0.047,0.041,0.037,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.029;  
1.019,1.046,1.035,0.514,0.158,0.089,0.064,0.051,0.044,0.039,0.035,0.032,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027;  
0.993,0.972,0.932,0.513,0.142,0.079,0.057,0.046,0.039,0.034,0.031,0.029,0.027,0.026,0.025,0.024,0.024]
```

```
CoefKD8 = [0.917,0.762,0.604,0.474,0.378,0.31,0.261,0.227,0.202,0.183,0.169,0.158,0.15,0.144,0.14,0.137,0.135;  
0.943,0.771,0.589,0.445,0.344,0.276,0.23,0.198,0.176,0.159,0.147,0.137,0.13,0.125,0.121,0.118,0.117;  
0.969,0.783,0.578,0.422,0.318,0.251,0.208,0.178,0.158,0.143,0.132,0.123,0.117,0.112,0.108,0.106,0.105;  
0.993,0.796,0.571,0.404,0.297,0.232,0.191,0.163,0.144,0.13,0.12,0.112,0.107,0.102,0.099,0.097,0.095;  
1.015,0.811,0.565,0.388,0.281,0.217,0.177,0.152,0.134,0.121,0.111,0.104,0.099,0.095,0.092,0.09,0.088;  
1.034,0.825,0.561,0.375,0.266,0.204,0.166,0.142,0.125,0.113,0.104,0.097,0.092,0.088,0.086,0.084,0.083;  
1.05,0.84,0.557,0.363,0.254,0.193,0.157,0.134,0.118,0.107,0.098,0.092,0.087,0.083,0.081,0.079,0.078]
```

```
1.062,0.854,0.554,0.352,0.243,0.184,0.149,0.127,0.112,0.10,0.093,0.087,0.083,0.079,0.077,0.075,0.074;  
1.077,0.882,0.549,0.334,0.225,0.169,0.137,0.116,0.102,0.092,0.085,0.08,0.075,0.072,0.07,0.068,0.068;  
1.078,0.909,0.545,0.319,0.211,0.157,0.127,0.108,0.095,0.086,0.079,0.074,0.07,0.067,0.065,0.063,0.063;  
1.068,0.934,0.542,0.306,0.199,0.147,0.119,0.101,0.089,0.08,0.074,0.069,0.065,0.063,0.061,0.059,0.059;  
1.049,0.958,0.539,0.294,0.188,0.139,0.112,0.095,0.084,0.075,0.069,0.065,0.062,0.059,0.057,0.056,0.055;  
1.025,0.98,0.537,0.284,0.179,0.132,0.106,0.09,0.079,0.072,0.066,0.062,0.058,0.056,0.054,0.053,0.052;  
0.975,1.02,0.534,0.266,0.165,0.121,0.097,0.082,0.072,0.065,0.06,0.056,0.053,0.051,0.049,0.048,0.048;  
0.945,1.053,0.531,0.251,0.153,0.112,0.09,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.046,0.045,0.044;  
0.95,1.08,0.529,0.239,0.144,0.105,0.084,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.042,0.041;  
0.982,1.101,0.527,0.228,0.136,0.099,0.079,0.067,0.059,0.053,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.04,0.03;  
1.02,1.117,0.526,0.219,0.129,0.094,0.075,0.064,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.04,0.038,0.037,0.037;  
1.033,1.133,0.523,0.199,0.116,0.084,0.067,0.057,0.05,0.045,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.034,0.033;  
0.964,0.119,0.521,0.184,0.106,0.077,0.061,0.052,0.046,0.041,0.038,0.036,0.034,0.032,0.031,0.031,0.03;  
0.995,1.083,0.519,0.172,0.098,0.071,0.057,0.048,0.042,0.038,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.028,0.028;  
1.035,1.033,0.518,0.162,0.092,0.066,0.053,0.045,0.04,0.036,0.033,0.031,0.029,0.028,0.027,0.027,0.026;  
0.979,0.934,0.516,0.146,0.082,0.059,0.048,0.04,0.036,0.032,0.029,0.028,0.026,0.025,0.024,0.024,0.023]
```

```
CoefKD10 = [0.961,0.855,0.724,0.598,0.492,0.408,0.345,0.298,0.263,0.237,0.217,0.202,0.191,0.182,0.176,0.172,0.169;  
1.002,0.893,0.734,0.579,0.454,0.362,0.297,0.252,0.219,0.196,0.179,0.166,0.156,0.149,0.144,0.141,0.139;  
1.034,0.933,0.49,0.567,0.427,0.33,0.265,0.222,0.192,0.171,0.155,0.144,0.136,0.129,0.125,0.122,0.12;  
1.054,0.97,0.765,0.56,0.406,0.306,0.242,0.2,0.173,0.153,0.139,0.129,0.121,0.116,0.112,0.109,0.108;  
1.061,1.003,0.783,0.554,0.389,0.286,0.223,0.184,0.158,0.14,0.127,0.118,0.111,0.106,0.102,0.1,0.098;  
1.055,1.032,0.8,0.55,0.375,0.27,0.209,0.171,0.147,0.13,0.118,0.109,0.103,0.098,0.095,0.092,0.091;  
1.041,1.056,0.817,0.546,0.362,0.256,0.196,0.16,0.137,0.122,0.11,0.102,0.096,0.092,0.088,0.086,0.085;  
1.02,1.075,0.833,0.544,0.351,0.245,0.186,0.152,0.13,0.115,0.104,0.096,0.091,0.086,0.083,0.081,0.08;  
0.998,1.09,0.849,0.541,0.341,0.234,0.177,0.144,0.123,0.109,0.099,0.091,0.086,0.082,0.079,0.077,0.076;  
0.963,1.106,0.88,0.537,0.324,0.217,0.163,0.132,0.112,0.099,0.09,0.083,0.079,0.075,0.072,0.07,0.069;  
0.958,1.105,0.909,0.535,0.309,0.203,0.151,0.122,0.104,0.092,0.084,0.077,0.073,0.069,0.067,0.065,0.064;  
0.982,1.09,0.936,0.532,0.297,0.192,0.142,0.114,0.097,0.086,0.078,0.072,0.068,0.065,0.063,0.061,0.06;  
1.015,1.064,0.961,0.53,0.285,0.182,0.134,0.108,0.092,0.081,0.074,0.068,0.064,0.061,0.059,0.058,0.057;  
1.035,1.031,0.985,0.529,0.276,0.173,0.127,0.102,0.087,0.077,0.07,0.065,0.061,0.058,0.056,0.055,0.054;  
1.007,0.965,1.026,0.526,0.259,0.159,0.116,0.094,0.08,0.07,0.064,0.059,0.056,0.053,0.051,0.05,0.049;  
0.969,0.926,1.061,0.524,0.244,0.148,0.108,0.087,0.074,0.065,0.059,0.055,0.051,0.049,0.047,0.046,0.045;  
1.002,0.935,1.089,0.522,0.232,0.139,0.101,0.01,0.069,0.061,0.055,0.051,0.048,0.046,0.044,0.043,0.043;  
1.028,0.978,1.111,0.521,0.222,0.131,0.095,0.076,0.065,0.057,0.052,0.048,0.045,0.043,0.042,0.041,0.04;  
0.993,1.028,1.127,0.52,0.213,0.125,0.09,0.073,0.062,0.055,0.049,0.046,0.043,0.041,0.035,0.039,0.038;
```

```
1.023,1.044,1.143,0.518,0.194,0.11,0.081,0.065,0.055,0.049,0.044,0.041,0.038,0.037,0.035,0.035,0.034;  
0.986,0.952,1.127,0.516,0.179,0.102,0.074,0.059,0.05,0.045,0.04,0.037,0.035,0.033,0.032,0.032,0.031;  
0.993,0.994,1.088,0.515,0.167,0.095,0.068,0.055,0.047,0.041,0.037,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.029;  
1.019,1.046,1.035,0.514,0.158,0.089,0.064,0.051,0.044,0.039,0.035,0.032,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027;  
0.993,0.972,0.932,0.513,0.142,0.079,0.057,0.046,0.039,0.034,0.031,0.029,0.027,0.026,0.025,0.024,0.024]
```

```
CoefKD12 = [1.03,1.029,0.981,0.895,0.788,0.679,0.579,0.493,0.424,0.37,0.328,0.27,0.273,0.256,0.243,0.235,0.23;  
1.033,1.043,1.002,0.914,0.8,0.682,0.573,0.482,0.41,0.354,0.312,0.281,0.257,0.241,0.229,0.221,0.216;  
1.033,1.054,1.021,0.932,0.812,0.685,0.569,0.473,0.397,0.34,0.298,0.267,0.244,0.228,0.216,0.209,0.204;  
1.028,1.06,1.037,0.9,0.823,0.688,0.565,0.464,0.386,0.328,0.286,0.255,0.233,0.217,0.206,0.198,0.194;  
0.986,1.042,1.086,1.026,0.881,0.708,0.552,0.431,0.344,0.283,0.242,0.213,0.193,0.179,0.169,0.163,0.159;  
0.98,0.983,1.08,1.079,0.933,0.729,0.545,0.407,0.314,0.253,0.213,0.186,0.168,0.155,0.147,0.141,0.138;  
1.013,0.954,1.036,1.107,0.979,0.751,0.54,0.389,0.291,0.231,0.193,0.168,0.151,0.139,0.132,0.126,0.124;  
1.016,0.981,0.98,1.112,1.019,0.771,0.536,0.373,0.273,0.213,0.177,0.153,0.138,0.127,0.12,0.116,0.113;  
0.988,1.025,0.942,1.099,1.052,0.791,0.533,0.36,0.258,0.199,0.164,0.142,0.128,0.118,0.111,0.107,0.105;  
0.987,1.036,0.939,1.07,1.08,0.81,0.531,0.348,0.245,0.188,0.154,0.133,0.12,0.11,0.104,0.1,0.098;  
1.011,1.008,0.969,1.032,1.101,0.829,0.529,0.338,0.234,0.178,0.146,0.126,0.113,0.104,0.098,0.094,0.092;  
1.012,0.973,1.011,0.992,1.117,0.846,0.528,0.328,0.224,0.169,0.139,0.12,0.107,0.099,0.093,0.09,0.088;  
0.989,1.002,1.052,0.931,1.133,0.8,0.525,0.312,0.208,0.156,0.127,0.109,0.098,0.09,0.085,0.082,0.08;  
1.01,1.021,1.001,0.925,1.129,0.911,0.523,0.298,0.195,0.145,0.118,0.101,0.091,0.084,0.079,0.076,0.074;  
0.991,0.974,0.955,0.971,1.109,0.939,0.522,0.286,0.183,0.136,0.11,0.095,0.085,0.078,0.074,0.071,0.069;  
1.009,1.013,0.993,1.03,1.077,0.966,0.52,0.276,0.174,0.128,0.104,0.089,0.08,0.074,0.069,0.067,0.065;  
0.992,1.009,1.039,1.063,1.037,0.99,0.519,0.266,0.166,0.122,0.099,0.085,0.076,0.07,0.066,0.063,0.062;  
0.993,1.018,0.967,1.012,0.955,1.034,0.518,0.25,0.152,0.111,0.09,0.077,0.069,0.064,0.06,0.058,0.057;  
0.993,0.985,1.027,0.944,0.909,1.07,0.516,0.237,0.142,0.103,0.083,0.072,0.064,0.059,0.056,0.054,0.052;  
0.994,0.99,0.979,1.005,0.921,1.099,0.515,0.225,0.133,0.097,0.078,0.067,0.06,0.055,0.052,0.05,0.049;  
0.994,1.017,1.015,1.049,0.975,1.122,0.514,0.215,0.126,0.091,0.074,0.063,0.057,0.052,0.049,0.047,0.046;  
0.994,1.002,0.992,0.987,1.036,1.138,0.514,0.206,0.12,0.086,0.07,0.06,0.054,0.049,0.047,0.045,0.044;  
1.005,0.986,0.975,1.041,1.053,1.153,0.512,0.188,0.107,0.077,0.062,0.054,0.048,0.044,0.042,0.04,0.039;  
0.995,0.993,0.985,0.976,0.41,1.136,0.511,0.174,0.098,0.071,0.057,0.049,0.044,0.04,0.038,0.037,0.036;  
1.004,1.009,1.008,0.987,0.994,1.094,0.51,0.162,0.091,0.065,0.053,0.045,0.041,0.037,0.035,0.034,0.033;  
0.996,1.01,1.02,1.033,1.057,1.037,0.51,0.153,0.085,0.061,0.049,0.042,0.038,0.035,0.033,0.032,0.031;  
0.996,0.989,0.992,0.988,0.967,0.927,0.509,0.138,0.076,0.055,0.044,0.038,0.034,0.031,0.032,0.028,0.028]
```

```
CoefKD15 = [1.027,1.05,1.038,0.982,0.892,0.784,0.675,0.575,0.491,0.423,0.37,0.33,0.299,0.277,0.262,0.252,0.246;  
1.021,1.054,1.055,1.005,0.912,0.796,0.677,0.57,0.48,0.409,0.354,0.313,0.283,0.262,0.246,0.236,0.231;
```

```
1.012,1.052,1.067,1.026,0.932,0.808,0.681,0.565,0.47,0.396,0.34,0.299,0.27,0.248,0.233,0.224,0.218;  
1.002,1.044,1.075,1.044,0.951,0.821,0.684,0.562,0.462,0.385,0.328,0.287,0.258,0.237,0.222,0.213,0.207;  
0.982,0.977,1.051,1.095,1.03,0.88,0.705,0.55,0.429,0.343,0.283,0.243,0.215,0.196,0.183,0.175,0.17;  
1.016,0.97,0.979,1.087,1.084,0.933,0.728,0.543,0.406,0.313,0.253,0.214,0.188,0.171,0.159,0.152,0.148;  
1,1.021,0.944,1.039,1.112,0.98,0.749,0.538,0.987,0.291,0.231,0.193,0.169,0.153,0.143,0.136,0.132;  
0.987,1.025,0.978,0.978,1.118,1.02,0.77,0.534,0.372,0.272,0.213,0.178,0.155,0.14,0.13,0.124,0.121;  
1.012,0.982,0.031,0.936,1.103,1.054,0.79,0.532,0.658,0.257,0.199,0.165,0.144,0.13,0.121,0.115,0.112;  
1,0.949,1.044,0.934,1.073,1.082,0.81,0.53,0.347,0.244,0.188,0.155,0.135,0.122,0.113,0.108,0.105;  
0.989,1.017,1.009,0.967,1.034,1.104,0.828,0.528,0.337,0.233,0.178,0.146,0.127,0.115,0.107,0.102,0.099;  
1.01,1.019,0.986,1.013,0.992,1.12,0.846,0.526,0.327,0.224,0.169,0.139,0.121,0.109,0.101,0.096,0.094;  
0.99,0.983,1.003,1.057,0.928,1.136,0.88,0.524,0.311,0.207,0.156,0.127,0.11,0.099,0.092,0.088,0.086;  
1.002,1.016,1.026,1.001,0.922,1.132,0.911,0.522,0.297,0.19,0.145,0.118,0.102,0.092,0.086,0.081,0.079;  
1.007,0.986,0.968,0.951,0.971,1.111,0.94,0.521,0.285,0.183,0.136,0.11,0.096,0.086,0.08,0.076,0.074;  
0.992,1.014,1.015,0.993,1.032,1.078,0.966,0.519,0.275,0.174,0.128,0.104,0.09,0.081,0.075,0.072,0.07;  
1.003,0.987,1.011,1.043,1.066,1.037,0.991,0.518,0.266,0.165,0.122,0.099,0.086,0.077,0.072,0.068,0.066;  
0.992,0.988,1.022,0.964,1.013,0.954,1.035,0.517,0.249,0.152,0.111,0.09,0.078,0.07,0.065,0.062,0.061;  
1.004,0.989,0.983,1.03,0.942,0.907,1.071,0.516,0.236,0.141,0.103,0.084,0.072,0.065,0.061,0.058,0.056;  
1.004,0.99,0.988,0.977,1.005,0.919,1.1,0.515,0.224,0.133,0.097,0.078,0.068,0.061,0.057,0.054,0.052;  
0.994,0.991,1.02,1.017,1.051,0.975,1.123,0.514,0.214,0.125,0.091,0.074,0.064,0.057,0.053,0.051,0.049;  
1.001,0.991,1.002,0.991,0.987,1.037,1.139,0.513,0.206,0.119,0.086,0.07,0.061,0.055,0.051,0.048,0.047;  
1.005,1.008,0.983,0.972,1.043,1.054,1.154,0.512,0.187,0.107,0.077,0.063,0.054,0.049,0.045,0.043,0.042;  
0.997,0.993,0.991,0.984,0.975,0.94,1.136,0.511,0.173,0.098,0.071,0.057,0.049,0.045,0.041,0.039,0.038;  
0.997,1.007,0.011,1.009,0.987,0.994,1.094,0.51,0.162,0.091,0.065,0.053,0.046,0.041,0.038,0.036,0.035;  
1.004,0.994,1.012,1.022,1.034,1.058,1.037,0.509,0.153,0.085,0.061,0.05,0.043,0.039,0.036,0.034,0.033;  
0.996,0.994,0.987,0.992,0.987,0.966,0.926,0.508,0.138,0.076,0.055,0.044,0.038,0.034,0.032,0.31,0.03]
```

```
CoefKD18 = [0.805,0.65,0.531,0.442,0.375,0.325,0.287,0.258,0.236,0.218,0.204,0.193,0.185,0.178,0.174,0.17,0.168;  
0.797,0.637,0.516,0.426,0.36,0.311,0.274,0.246,0.224,0.207,0.194,0.184,0.176,0.169,0.165,0.162,0.16;  
0.865,0.585,0.456,0.367,0.304,0.26,0.227,0.203,0.185,0.17,0.159,0.151,0.144,0.139,0.135,0.132,0.131;  
0.741,0.547,0.415,0.327,0.268,0.227,0.198,0.177,0.16,0.148,0.138,0.131,0.125,0.12,0.117,0.115,0.113;  
0.722,0.517,0.383,0.298,0.242,0.204,0.178,0.158,0.144,0.132,0.124,0.117,0.112,0.108,0.105,0.103,0.101;  
0.706,0.492,0.358,0.275,0.222,0.187,0.163,0.145,0.131,0.121,0.113,0.107,0.102,0.08,0.095,0.094,0.093;  
0.693,0.472,0.337,0.257,0.207,0.174,0.151,0.134,0.122,0.112,0.105,0.099,0.094,0.091,0.088,0.087,0.086;  
0.683,0.454,0.319,0.241,0.194,0.163,0.141,0.125,0.114,0.105,0.098,0.092,0.088,0.085,0.083,0.081,0.08;  
0.673,0.438,0.304,0.229,0.183,0.154,0.133,0.118,0.107,0.099,0.092,0.087,0.083,0.08,0.078,0.076,0.076;  
0.665,0.424,0.291,0.218,0.174,0.146,0.126,0.112,0.102,0.094,0.088,0.08,0.079,0.076,0.074,0.073,0.072;
```

```
0.651,0.40,0.269,0.2,0.159,0.133,0.115,0.103,0.093,0.086,0.08,0.075,0.072,0.069,0.068,0.066,0.065;  
0.64,0.381,0.251,0.185,0.148,0.123,0.107,0.095,0.086,0.079,0.074,0.07,0.067,0.064,0.063,0.061,0.061;  
0.631,0.364,0.237,0.174,0.138,0.115,0.1,0.089,0.08,0.074,0.069,0.065,0.062,0.06,0.059,0.057,0.057;  
0.623,0.349,0.224,0.164,0.13,0.109,0.094,0.084,0.076,0.07,0.065,0.062,0.059,0.057,0.055,0.054,0.053;  
0.616,0.336,0.214,0.156,0.24,0.103,0.089,0.079,0.072,0.066,0.062,0.058,0.056,0.054,0.052,0.051,0.051;  
0.606,0.314,0.196,0.143,0.113,0.094,0.082,0.073,0.066,0.061,0.057,0.053,0.051,0.049,0.048,0.047,0.046;  
0.597,0.296,0.182,0.132,0.105,0.087,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.045,0.044,0.043,0.043;  
0.59,0.28,0.171,0.124,0.098,0.082,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.041,0.041,0.04;  
0.585,0.267,0.162,0.117,0.09,0.077,0.067,0.059,0.054,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.039,0.038,0.038;  
0.58,0.256,0.153,0.111,0.088,0.073,0.063,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.039,0.038,0.037,0.036,0.036;  
0.571,0.233,0.138,0.09,0.078,0.065,0.057,0.05,0.046,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.033,0.032,0.032;  
0.564,0.215,0.126,0.09,0.072,0.06,0.052,0.046,0.042,0.038,0.036,0.034,0.032,0.031,0.03,0.03,0.029;  
0.559,0.2,0.117,0.084,0.066,0.055,0.048,0.042,0.038,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027;  
0.555,0.188,0.109,0.078,0.062,0.052,0.045,0.04,0.036,0.033,0.031,0.029,0.028,0.027,0.026,0.026,0.025;  
0.549,0.17,0.098,0.07,0.055,0.046,0.04,0.036,0.032,0.03,0.028,0.026,0.025,0.024,0.023,0.023,0.023]
```

```
CoefKD20 = [0.861,0.742,0.644,0.563,0.497,0.444,0.401,0.367,0.339,0.316,0.298,0.283,0.271,0.262,0.256,0.251,0.248;  
0.847,0.719,0.614,0.53,0.463,0.41,0.368,0.335,0.308,0.286,0.269,0.256,0.245,0.237,0.23,0.226,0.224;  
0.835,0.698,0.589,0.503,0.436,0.383,0.342,0.31,0.284,0.264,0.248,0.235,0.225,0.217,0.211,0.207,0.205;  
0.824,0.68,0.567,0.48,0.412,0.361,0.321,0.289,0.265,0.246,0.23,0.218,0.209,0.201,0.196,0.192,0.19;  
0.814,0.664,0.548,0.46,0.393,0.342,0.303,0.273,0.249,0.231,0.216,0.205,0.196,0.189,0.184,0.18,0.178;  
0.805,0.65,0.531,0.442,0.375,0.325,0.287,0.258,0.236,0.218,0.204,0.193,0.185,0.178,0.174,0.17,0.168;  
0.797,0.637,0.516,0.426,0.36,0.311,0.274,0.246,0.224,0.207,0.194,0.184,0.176,0.169,0.165,0.162,0.16;  
0.785,0.625,0.505,0.415,0.348,0.3,0.26,0.227,0.203,0.185,0.17,0.159,0.151,0.144,0.139,0.135,0.132,0.131;  
0.771,0.611,0.491,0.401,0.334,0.28,0.24,0.207,0.183,0.165,0.148,0.133,0.125,0.12,0.117,0.115,0.113;  
0.757,0.597,0.477,0.387,0.32,0.27,0.23,0.197,0.173,0.155,0.138,0.123,0.115,0.11,0.108,0.105,0.103,0.101;  
0.743,0.583,0.463,0.373,0.306,0.25,0.21,0.177,0.153,0.135,0.118,0.103,0.095,0.09,0.088,0.087,0.086;  
0.729,0.569,0.449,0.359,0.292,0.24,0.2,0.167,0.143,0.125,0.108,0.093,0.085,0.08,0.078,0.076,0.076;  
0.715,0.555,0.435,0.345,0.278,0.22,0.18,0.147,0.123,0.105,0.09,0.082,0.077,0.075,0.073,0.072;  
0.701,0.541,0.421,0.331,0.264,0.21,0.17,0.137,0.113,0.095,0.08,0.072,0.067,0.065,0.064,0.063,0.061;  
0.687,0.527,0.407,0.317,0.25,0.2,0.16,0.127,0.103,0.085,0.07,0.062,0.057,0.055,0.054,0.053;  
0.673,0.513,0.393,0.303,0.236,0.18,0.14,0.107,0.083,0.068,0.06,0.055,0.053,0.052,0.051,0.051;  
0.659,0.5,0.38,0.29,0.22,0.17,0.13,0.097,0.073,0.058,0.05,0.045,0.043,0.042,0.041,0.04;  
0.645,0.486,0.366,0.276,0.20,0.15,0.11,0.077,0.053,0.038,0.03,0.025,0.023,0.023,0.023,0.023]
```

```
0.606,0.314,0.196,0.143,0.113,0.094,0.082,0.073,0.066,0.061,0.057,0.053,0.051,0.049,0.048,0.047,0.046;  
0.597,0.296,0.182,0.132,0.105,0.087,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.045,0.044,0.043,0.043;  
0.59,0.28,0.171,0.124,0.098,0.082,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.041,0.041,0.04;  
0.585,0.267,0.162,0.117,0.09,0.077,0.067,0.059,0.054,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.039,0.038,0.038;  
0.58,0.256,0.153,0.111,0.088,0.073,0.063,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.039,0.038,0.037,0.036,0.036;  
0.571,0.233,0.138,0.09,0.078,0.065,0.057,0.05,0.046,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.033,0.032,0.032;  
0.564,0.215,0.126,0.09,0.072,0.06,0.052,0.046,0.042,0.038,0.036,0.034,0.032,0.031,0.03,0.03,0.029;  
0.559,0.2,0.117,0.084,0.066,0.055,0.048,0.042,0.038,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027;  
0.555,0.188,0.109,0.078,0.062,0.052,0.045,0.04,0.036,0.033,0.031,0.029,0.028,0.027,0.026,0.026,0.025;  
0.549,0.17,0.098,0.07,0.055,0.046,0.04,0.036,0.032,0.03,0.028,0.026,0.025,0.024,0.023,0.023,0.023]
```

```
[Anga6,RLa6] = meshgrid(Ang,RL6)  
[Anga8,RLa8] = meshgrid(Ang,RL8)  
[Anga10,RLa10] = meshgrid(Ang,RL10)  
[Anga12,RLa12] = meshgrid(Ang,RL12)  
[Anga15,RLa15] = meshgrid(Ang,RL15)  
[Anga18,RLa18] = meshgrid(Ang,RL18)  
[Anga20,RLa20] = meshgrid(Ang,RL20)
```

```
KDi6=griddata(Anga6,RLa6,CoefKD6,Angi,R6LB,'nearest');  
KDi8=griddata(Anga8,RLa8,CoefKD8,Angi,R8LB,'nearest');  
KDi10=griddata(Anga10,RLa10,CoefKD10,Angi,R10LB,'nearest');  
KDi12=griddata(Anga12,RLa12,CoefKD12,Angi,R12LB,'nearest');  
KDi15=griddata(Anga15,RLa15,CoefKD15,Angi,R15LB,'nearest');  
KDi18=griddata(Anga18,RLa18,CoefKD18,Angi,R18LB,'nearest');  
KDi20=griddata(Anga20,RLa20,CoefKD20,Angi,R20LB,'nearest');
```

```
%% Calculo las alturas
```

```
H6=HBAux.*CoefAux1.*KDi6;  
H8=HBAux.*CoefAux1.*KDi8;  
H10=HBAux.*CoefAux1.*KDi10;  
H12=HBAux.*CoefAux1.*KDi12;  
H15=HBAux.*CoefAux1.*KDi15;  
H18=HBAux.*CoefAux1.*KDi18;
```

```
H20=HBAux.*CoefAux1.*KDi20;
```

ANEXO AGITACIÓN 3

```
%% AGITACIÓN ALTERNATIVA 3
```

```
%% Previamente se han cargado los vectores guardados previamente
```

```
%% Agitación Auxiliar 1
```

```
%Introduzco los datos
```

```
RL1=[0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,40];
```

```
R1LB=122./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R1LB>50);
```

```
R1LB(n)=50;
```

```
%Cambio los ángulos a la nueva referencia
```

```
for(i=1:length(Angi))
```

```
    i
```

```
        if(Angi(i)>0 && Angi(i)<85)
```

```
            Angi(i)=19+90+Angi(i);
```

```
        else if (Angi(i)>280 && Angi(i)<360)
```

```
            Angi(i)=19+90-(360-(Angi(i)));
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
%Hallo el coeficiente auxiliar 1
```

```
CoefKD1=[0.925,0.831,0.734,0.641,0.559,0.49,0.433,0.386,0.349,0.32,0.296,0.278,0.264,0.253,0.245,0.24,0.237;
```

```
0.93,0.833,0.72,0.629,0.541,0.468,0.409,0.362,0.325,0.296,0.274,0.256,0.243,0.233,0.225,0.22,0.217;
```

```
0.937,0.837,0.725,0.619,0.526,0.45,0.39,0.342,0.306,0.277,0.256,0.239,0.226,0.216,0.209,0.204,0.201;
```

```
0.945,0.842,0.724,0.611,0.513,0.434,0.373,0.325,0.289,0.262,0.241,0.224,0.212,0.203,0.196,0.192,0.189;
```

```
0.953,0.848,0.724,0.604,0.502,0.421,0.358,0.311,0.275,0.248,0.228,0.212,0.2,0.192,0.185,0.181,0.178;  
0.961,0.855,0.724,0.598,0.492,0.408,0.345,0.298,0.263,0.237,0.217,0.202,0.191,0.182,0.176,0.172,0.169;  
1.002,0.893,0.734,0.579,0.454,0.362,0.297,0.252,0.219,0.196,0.179,0.166,0.156,0.149,0.144,0.141,0.139;  
1.034,0.933,0.49,0.567,0.427,0.33,0.265,0.222,0.192,0.171,0.155,0.144,0.136,0.129,0.125,0.122,0.12;  
1.054,0.97,0.765,0.56,0.406,0.306,0.242,0.2,0.173,0.153,0.139,0.129,0.121,0.116,0.112,0.109,0.108;  
1.061,1.003,0.783,0.554,0.389,0.286,0.223,0.184,0.158,0.14,0.127,0.118,0.111,0.106,0.102,0.1,0.098;  
1.055,1.032,0.8,0.55,0.375,0.27,0.209,0.171,0.147,0.13,0.118,0.109,0.103,0.098,0.095,0.092,0.091;  
1.041,1.056,0.817,0.546,0.362,0.256,0.196,0.16,0.137,0.122,0.11,0.102,0.096,0.092,0.088,0.086,0.085;  
1.02,1.075,0.833,0.544,0.351,0.245,0.186,0.152,0.13,0.115,0.104,0.096,0.091,0.086,0.083,0.081,0.08;  
0.998,1.09,0.849,0.541,0.341,0.234,0.177,0.144,0.123,0.109,0.099,0.091,0.086,0.082,0.079,0.077,0.076;  
0.963,1.106,0.88,0.537,0.324,0.217,0.163,0.132,0.112,0.099,0.09,0.083,0.079,0.075,0.072,0.07,0.069;  
0.958,1.105,0.909,0.535,0.309,0.203,0.151,0.122,0.104,0.092,0.084,0.077,0.073,0.069,0.067,0.065,0.064;  
0.982,1.09,0.936,0.532,0.297,0.192,0.142,0.114,0.097,0.086,0.078,0.072,0.068,0.065,0.063,0.061,0.06;  
1.015,1.064,0.961,0.53,0.285,0.182,0.134,0.108,0.092,0.081,0.074,0.068,0.064,0.061,0.059,0.058,0.057;  
1.035,1.031,0.985,0.529,0.276,0.173,0.127,0.102,0.087,0.077,0.07,0.065,0.061,0.058,0.056,0.055,0.054;  
1.007,0.965,1.026,0.526,0.259,0.159,0.116,0.094,0.08,0.07,0.064,0.059,0.056,0.053,0.051,0.05,0.049;  
0.969,0.926,1.061,0.524,0.244,0.148,0.108,0.087,0.074,0.065,0.059,0.055,0.051,0.049,0.047,0.046,0.045;  
1.002,0.935,1.089,0.522,0.232,0.139,0.101,0.01,0.069,0.061,0.055,0.051,0.048,0.046,0.044,0.043,0.043;  
1.028,0.978,1.111,0.521,0.222,0.131,0.095,0.076,0.065,0.057,0.052,0.048,0.045,0.043,0.042,0.041,0.04;  
0.993,1.028,1.127,0.52,0.213,0.125,0.09,0.073,0.062,0.055,0.049,0.046,0.043,0.041,0.035,0.039,0.038;  
1.023,1.044,1.143,0.518,0.194,0.11,0.081,0.065,0.055,0.049,0.044,0.041,0.038,0.037,0.035,0.035,0.034;  
0.993,0.994,1.088,0.515,0.167,0.095,0.068,0.055,0.047,0.041,0.037,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.029;  
1.019,1.046,1.035,0.514,0.158,0.089,0.064,0.051,0.044,0.039,0.035,0.032,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027]
```

```
CoefAux1=sum(sum(CoefKD1))/(17*27);
```

```
%% Agitación Auxiliar 2
```

```
%Introduzco los datos
```

```
RL2=[0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30];
```

```
R2LB=98./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R2LB>50);
```

```
R2LB(n)=50;
```

```
%Hallo el coeficiente auxiliar 1
```

```
CoefKD2=[0.921,0.832,0.742,0.658,0.582,0.517,0.462,0.416,0.38,0.35,0.326,0.307,0.292,0.28,0.272,0.266,0.262;  
0.925,0.831,0.734,0.641,0.559,0.49,0.433,0.386,0.349,0.32,0.296,0.278,0.264,0.253,0.245,0.24,0.237;  
0.93,0.833,0.72,0.629,0.541,0.468,0.409,0.362,0.325,0.296,0.274,0.256,0.243,0.233,0.225,0.22,0.217;  
0.937,0.837,0.725,0.619,0.526,0.45,0.39,0.342,0.306,0.277,0.256,0.239,0.226,0.216,0.209,0.204,0.201;  
0.945,0.842,0.724,0.611,0.513,0.434,0.373,0.325,0.289,0.262,0.241,0.224,0.212,0.203,0.196,0.192,0.189;  
0.953,0.848,0.724,0.604,0.502,0.421,0.358,0.311,0.275,0.248,0.228,0.212,0.2,0.192,0.185,0.181,0.178;  
0.961,0.855,0.724,0.598,0.492,0.408,0.345,0.298,0.263,0.237,0.217,0.202,0.191,0.182,0.176,0.172,0.169;  
1.002,0.893,0.734,0.579,0.454,0.362,0.297,0.252,0.219,0.196,0.179,0.166,0.156,0.149,0.144,0.141,0.139;  
1.034,0.933,0.49,0.567,0.427,0.33,0.265,0.222,0.192,0.171,0.155,0.144,0.136,0.129,0.125,0.122,0.12;  
1.054,0.97,0.765,0.56,0.406,0.306,0.242,0.2,0.173,0.153,0.139,0.129,0.121,0.116,0.112,0.109,0.108;  
1.061,1.003,0.783,0.554,0.389,0.286,0.223,0.184,0.158,0.14,0.127,0.118,0.111,0.106,0.102,0.1,0.098;  
1.055,1.032,0.8,0.55,0.375,0.27,0.209,0.171,0.147,0.13,0.118,0.109,0.103,0.098,0.095,0.092,0.091;  
1.041,1.056,0.817,0.546,0.362,0.256,0.196,0.16,0.137,0.122,0.11,0.102,0.096,0.092,0.088,0.086,0.085;  
1.02,1.075,0.833,0.544,0.351,0.245,0.186,0.152,0.13,0.115,0.104,0.096,0.091,0.086,0.083,0.081,0.08;  
0.998,1.09,0.849,0.541,0.341,0.234,0.177,0.144,0.123,0.109,0.099,0.091,0.086,0.082,0.079,0.077,0.076;  
0.963,1.106,0.88,0.537,0.324,0.217,0.163,0.132,0.112,0.099,0.09,0.083,0.079,0.075,0.072,0.07,0.069;  
0.958,1.105,0.909,0.535,0.309,0.203,0.151,0.122,0.104,0.092,0.084,0.077,0.073,0.069,0.067,0.065,0.064;  
0.982,1.09,0.936,0.532,0.297,0.192,0.142,0.114,0.097,0.086,0.078,0.072,0.068,0.065,0.063,0.061,0.06;  
1.015,1.064,0.961,0.53,0.285,0.182,0.134,0.108,0.092,0.081,0.074,0.068,0.064,0.061,0.059,0.058,0.057;  
1.035,1.031,0.985,0.529,0.276,0.173,0.127,0.102,0.087,0.077,0.07,0.065,0.061,0.058,0.056,0.055,0.054;  
1.007,0.965,1.026,0.526,0.259,0.159,0.116,0.094,0.08,0.07,0.064,0.059,0.056,0.053,0.051,0.05,0.049;  
0.969,0.926,1.061,0.524,0.244,0.148,0.108,0.087,0.074,0.065,0.059,0.055,0.051,0.049,0.047,0.046,0.045;  
1.002,0.935,1.089,0.522,0.232,0.139,0.101,0.01,0.069,0.061,0.055,0.051,0.048,0.046,0.044,0.043,0.043;  
1.028,0.978,1.111,0.521,0.222,0.131,0.095,0.076,0.065,0.057,0.052,0.048,0.045,0.043,0.042,0.041,0.04;  
0.993,1.028,1.127,0.52,0.213,0.125,0.09,0.073,0.062,0.055,0.049,0.046,0.043,0.041,0.035,0.039,0.038;  
1.023,1.044,1.143,0.518,0.194,0.11,0.081,0.065,0.055,0.049,0.044,0.041,0.038,0.037,0.035,0.035,0.034;  
0.993,0.994,1.088,0.515,0.167,0.095,0.068,0.055,0.047,0.041,0.037,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.029;]
```

```
CoefAux2=sum(sum(CoefKD2))/(17*27);
```

```
%% Agitación Auxiliar 3
```

```
%Introduzco los datos
```

```
RL3=[1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
```

```
R3LB=288./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R3LB>50);
```

```
R3LB(n)=50;
```

```
%Hallo el coeficiente auxiliar 1
```

```
CoefKD3=[0.797,0.637,0.516,0.426,0.36,0.311,0.274,0.246,0.224,0.207,0.194,0.184,0.176,0.169,0.165,0.162,0.16;  
0.865,0.585,0.456,0.367,0.304,0.26,0.227,0.203,0.185,0.17,0.159,0.151,0.144,0.139,0.135,0.132,0.131;  
0.741,0.547,0.415,0.327,0.268,0.227,0.198,0.177,0.16,0.148,0.138,0.131,0.125,0.12,0.117,0.115,0.113;  
0.722,0.517,0.383,0.298,0.242,0.204,0.178,0.158,0.144,0.132,0.124,0.117,0.112,0.108,0.105,0.103,0.101;  
0.706,0.492,0.358,0.275,0.222,0.187,0.163,0.145,0.131,0.121,0.113,0.107,0.102,0.08,0.095,0.094,0.093;  
0.693,0.472,0.337,0.257,0.207,0.174,0.151,0.134,0.122,0.112,0.105,0.099,0.094,0.091,0.088,0.087,0.086;  
0.683,0.454,0.319,0.241,0.194,0.163,0.141,0.125,0.114,0.105,0.098,0.092,0.088,0.085,0.083,0.081,0.08;  
0.673,0.438,0.304,0.229,0.183,0.154,0.133,0.118,0.107,0.099,0.092,0.087,0.083,0.08,0.078,0.076,0.076;  
0.665,0.424,0.291,0.218,0.174,0.146,0.126,0.112,0.102,0.094,0.088,0.08,0.079,0.076,0.074,0.073,0.072;  
0.651,0.40,0.269,0.2,0.159,0.133,0.115,0.103,0.093,0.086,0.08,0.075,0.072,0.069,0.068,0.066,0.065;  
0.64,0.381,0.251,0.185,0.148,0.123,0.107,0.095,0.086,0.079,0.074,0.07,0.067,0.064,0.063,0.061,0.061;  
0.631,0.364,0.237,0.174,0.138,0.115,0.1,0.089,0.08,0.074,0.069,0.065,0.062,0.06,0.059,0.057,0.057;  
0.623,0.349,0.224,0.164,0.13,0.109,0.094,0.084,0.076,0.07,0.065,0.062,0.059,0.057,0.055,0.054,0.053;  
0.616,0.336,0.214,0.156,0.24,0.103,0.089,0.079,0.072,0.066,0.062,0.058,0.056,0.054,0.052,0.051,0.051;  
0.606,0.314,0.196,0.143,0.113,0.094,0.082,0.073,0.066,0.061,0.057,0.053,0.051,0.049,0.048,0.047,0.046;  
0.597,0.296,0.182,0.132,0.105,0.087,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.045,0.044,0.043,0.043;  
0.59,0.28,0.171,0.124,0.098,0.082,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.041,0.041,0.04;  
0.585,0.267,0.162,0.117,0.09,0.077,0.067,0.059,0.054,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.039,0.038,0.038;  
0.58,0.256,0.153,0.111,0.088,0.073,0.063,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.039,0.038,0.037,0.036,0.036;  
0.571,0.233,0.138,0.09,0.078,0.065,0.057,0.05,0.046,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.033,0.032,0.032];
```

```
0.564,0.215,0.126,0.09,0.072,0.06,0.052,0.046,0.042,0.038,0.036,0.034,0.032,0.031,0.03,0.03,0.029;  
0.559,0.2,0.117,0.084,0.066,0.055,0.048,0.042,0.038,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.028,0.027,0.027;  
0.555,0.188,0.109,0.078,0.062,0.052,0.045,0.04,0.036,0.033,0.031,0.029,0.028,0.027,0.026,0.026,0.025;  
0.549,0.17,0.098,0.07,0.055,0.046,0.04,0.036,0.032,0.03,0.028,0.026,0.025,0.024,0.023,0.023,0.023]
```

```
CoefAux3=sum(sum(CoefKD3))/(17*23);
```

```
%% Hago el programa para la Agitación
```

```
RL6 = [1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL8 = [0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL10 = [0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL12 = [0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL15 = [0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL18 = [0.9,1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];  
RL20 = [1,1.5,2,2.5,3,3.5,4,4.5,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20,25,30,35,40,50];
```

```
Ang = [10:10:170];
```

```
%Introduzco los datos
```

```
R6LB=293./LBAux;  
R8LB=187./LBAux;  
R10LB=177./LBAux;  
R12LB=80./LBAux;  
R15LB=209./LBAux;  
R18LB=210./LBAux;  
R20LB=209./LBAux;
```

```
Angi=DirBAux;
```

```
%Limito los RL a las tablas con maximos = 50;
```

```
n=find(R6LB>50);  
R6LB(n)=50;  
n=find(R8LB>50);  
R8LB(n)=50;
```

```
n=find(R10LB>50);
R10LB(n)=50
n=find(R12LB>50);
R12LB(n)=50;
n=find(R15LB>50);
R15LB(n)=50;
n=find(R18LB>50);
R18LB(n)=50;
n=find(R20LB>50);
R20LB(n)=50;
```

```
%Cambio los agujos a la nueva referencia
for(i=1:length(Angi))
    i
    if(Angi(i)>0 && Angi(i)<85)
        Angi(i)=90+46+Angi(i);
    else if (Angi(i)>280 && Angi(i)<360)
        Angi(i)=Angi(i)-270+46;
    end
end
end
```

```
%Introduzco las matrices correspondientes
```

```
CoeffKD6 = [0.838,0.685,0.558,0.459,0.384,0.329,0.287,0.255,0.231,0.213,0.198,0.187,0.178,0.172,0.167,0.164,0.162;
            0.828,0.653,0.51,0.405,0.33,0.277,0.239,0.211,0.11,0.175,0.163,0.153,0.146,0.141,0.137,0.134,0.132;
            0.827,0.633,0.477,0.368,0.294,0.244,0.209,0.184,0.166,0.152,0.141,0.133,0.127,0.122,0.118,0.116,0.115;
            0.83,0.618,0.452,0.34,0.268,0.22,0.188,0.165,0.149,0.136,0.126,0.119,0.113,0.109,0.106,0.104,0.103;
            0.836,0.607,0.431,0.317,0.247,0.202,0.172,0.151,0.136,0.124,0.116,0.109,0.104,0.1,0.097,0.095,0.094;
            0.844,0.599,0.414,0.299,0.231,0.188,0.16,0.14,0.126,0.115,0.107,0.101,0.096,0.092,0.09,0.088,0.087;
            0.853,0.592,0.399,0.284,0.217,0.176,0.15,0.131,0.118,0.108,0.1,0.094,0.09,0.086,0.084,0.082,0.081;
            0.863,0.586,0.386,0.27,0.206,0.167,0.141,0.124,0.111,0.102,0.094,0.089,0.085,0.081,0.079,0.077,0.076;
            0.873,0.581,0.374,0.259,0.196,0.158,0.134,0.117,0.105,0.096,0.09,0.084,0.08,0.077,0.075,0.073,0.073;
            0.893,0.574,0.354,0.24,0.18,0.145,0.123,0.107,0.096,0.088,0.082,0.077,0.073,0.07,0.068,0.067,0.066;
            0.914,0.568,0.337,0.224,0.167,0.134,0.114,0.099,0.089,0.081,0.076,0.071,0.068,0.065,0.063,0.062,0.061;
```

```
0.934,0.563,0.323,0.211,0.156,0.126,0.106,0.093,0.083,0.076,0.071,0.067,0.063,0.061,0.059,0.058,0.057;  
0.953,0.559,0.31,0.2,0.148,0.119,0.1,0.088,0.079,0.072,0.067,0.063,0.06,0.058,0.056,0.055,0.054;  
0.972,0.556,0.299,0.191,0.14,0.113,0.095,0.083,0.075,0.068,0.063,0.06,0.057,0.055,0.053,0.052,0.051;  
1.006,0.551,0.28,0.175,0.128,0.103,0.087,0.076,0.068,0.062,0.058,0.054,0.052,0.05,0.048,0.047,0.047;  
1.035,0.547,0.264,0.163,0.119,0.095,0.08,0.07,0.063,0.058,0.054,0.05,0.048,0.046,0.045,0.044,0.043;  
1.059,0.543,0.251,0.153,0.111,0.089,0.075,0.066,0.059,0.054,0.05,0.047,0.045,0.043,0.042,0.041,0.041;  
1.078,0.541,0.24,0.144,0.105,0.084,0.071,0.062,0.056,0.051,0.047,0.044,0.042,0.041,0.04,0.039,0.038;  
1.093,0.539,0.23,0.137,0.1,0.08,0.067,0.059,0.053,0.048,0.045,0.042,0.04,0.03,0.037,0.037,0.036;  
1.109,0.534,0.209,0.123,0.089,0.071,0.06,0.053,0.047,0.043,0.04,0.038,0.036,0.035,0.034,0.033,0.032;  
1.099,0.531,0.193,0.112,0.081,0.065,0.055,0.048,0.043,0.039,0.037,0.034,0.033,0.032,0.031,0.03,0.03;  
1.07,0.529,0.18,0.104,0.075,0.06,0.051,0.044,0.04,0.036,0.034,0.032,0.03,0.029,0.028,0.028,0.027;  
1.029,0.527,0.17,0.097,0.071,0.056,0.048,0.042,0.037,0.034,0.032,0.03,0.028,0.027,0.027,0.026,0.026;  
0.948,0.524,0.153,0.087,0.063,0.05,0.043,0.037,0.033,0.031,0.029,0.027,0.025,0.024,0.024,0.023,0.023]
```

```
CoefKD8 = [0.845,0.703,0.584,0.489,0.415,0.359,0.315,0.282,0.256,0.236,0.221,0.208,0.199,0.192,0.186,0.182,0.18;  
0.841,0.694,0.57,0.473,0.399,0.343,0.3,0.268,0.243,0.224,0.209,0.197,0.188,0.181,0.176,0.172,0.17;  
0.838,0.685,0.558,0.459,0.384,0.329,0.287,0.255,0.231,0.213,0.198,0.187,0.178,0.172,0.167,0.164,0.162;  
0.828,0.653,0.51,0.405,0.33,0.277,0.239,0.211,0.11,0.175,0.163,0.153,0.146,0.141,0.137,0.134,0.132;  
0.827,0.633,0.477,0.368,0.294,0.244,0.209,0.184,0.166,0.152,0.141,0.133,0.127,0.122,0.118,0.116,0.115;  
0.83,0.618,0.452,0.34,0.268,0.22,0.188,0.165,0.149,0.136,0.126,0.119,0.113,0.109,0.106,0.104,0.103;  
0.836,0.607,0.431,0.317,0.247,0.202,0.172,0.151,0.136,0.124,0.116,0.109,0.104,0.1,0.097,0.095,0.094;  
0.844,0.599,0.414,0.299,0.231,0.188,0.16,0.14,0.126,0.115,0.107,0.101,0.096,0.092,0.09,0.088,0.087;  
0.853,0.592,0.399,0.284,0.217,0.176,0.15,0.131,0.118,0.108,0.1,0.094,0.09,0.086,0.084,0.082,0.081;  
0.863,0.586,0.386,0.27,0.206,0.167,0.141,0.124,0.111,0.102,0.094,0.089,0.085,0.081,0.079,0.077,0.076;  
0.873,0.581,0.374,0.259,0.196,0.158,0.134,0.117,0.105,0.096,0.09,0.084,0.08,0.077,0.075,0.073,0.073;  
0.893,0.574,0.354,0.24,0.18,0.145,0.123,0.107,0.096,0.088,0.082,0.077,0.073,0.07,0.068,0.067,0.066;  
0.914,0.568,0.337,0.224,0.167,0.134,0.114,0.099,0.089,0.081,0.076,0.071,0.068,0.065,0.063,0.062,0.061;  
0.934,0.563,0.323,0.211,0.156,0.126,0.106,0.093,0.083,0.076,0.071,0.067,0.063,0.061,0.059,0.058,0.057;  
0.953,0.559,0.31,0.2,0.148,0.119,0.1,0.088,0.079,0.072,0.067,0.063,0.06,0.058,0.056,0.055,0.054;  
0.972,0.556,0.299,0.191,0.14,0.113,0.095,0.083,0.075,0.068,0.063,0.06,0.057,0.055,0.053,0.052,0.051;  
1.006,0.551,0.28,0.175,0.128,0.103,0.087,0.076,0.068,0.062,0.058,0.054,0.052,0.05,0.048,0.047,0.047;  
1.035,0.547,0.264,0.163,0.119,0.095,0.08,0.07,0.063,0.058,0.054,0.05,0.048,0.046,0.045,0.044,0.043;  
1.059,0.543,0.251,0.153,0.111,0.089,0.075,0.066,0.059,0.054,0.05,0.047,0.045,0.043,0.042,0.041,0.041;  
1.078,0.541,0.24,0.144,0.105,0.084,0.071,0.062,0.056,0.051,0.047,0.044,0.042,0.041,0.04,0.039,0.038;  
1.093,0.539,0.23,0.137,0.1,0.08,0.067,0.059,0.053,0.048,0.045,0.042,0.04,0.03,0.037,0.037,0.036;  
1.109,0.534,0.209,0.123,0.089,0.071,0.06,0.053,0.047,0.043,0.04,0.038,0.036,0.035,0.034,0.033,0.032;
```

```
1.099,0.531,0.193,0.112,0.081,0.065,0.055,0.048,0.043,0.039,0.037,0.034,0.033,0.032,0.031,0.03,0.03;  
1.07,0.529,0.18,0.104,0.075,0.06,0.051,0.044,0.04,0.036,0.034,0.032,0.03,0.029,0.028,0.028,0.027;  
1.029,0.527,0.17,0.097,0.071,0.056,0.048,0.042,0.037,0.034,0.032,0.03,0.028,0.027,0.027,0.026,0.026;  
0.948,0.524,0.153,0.087,0.063,0.05,0.043,0.037,0.033,0.031,0.029,0.027,0.025,0.024,0.024,0.023,0.023]
```

```
CoefKD10 = [1.033,1.043,1.002,0.914,0.8,0.682,0.573,0.482,0.41,0.354,0.312,0.281,0.257,0.241,0.229,0.221,0.216;  
1.033,1.054,1.021,0.932,0.812,0.685,0.569,0.473,0.397,0.34,0.298,0.267,0.244,0.228,0.216,0.209,0.204;  
1.028,1.06,1.037,0.9,0.823,0.688,0.565,0.464,0.386,0.328,0.286,0.255,0.233,0.217,0.206,0.198,0.194;  
0.986,1.042,1.086,1.026,0.881,0.708,0.552,0.431,0.344,0.283,0.242,0.213,0.193,0.179,0.169,0.163,0.159;  
0.98,0.983,1.08,1.079,0.933,0.729,0.545,0.407,0.314,0.253,0.213,0.186,0.168,0.155,0.147,0.141,0.138;  
1.013,0.954,1.036,1.107,0.979,0.751,0.54,0.389,0.291,0.231,0.193,0.168,0.151,0.139,0.132,0.126,0.124;  
1.016,0.981,0.98,1.112,1.019,0.771,0.536,0.373,0.273,0.213,0.177,0.153,0.138,0.127,0.12,0.116,0.113;  
0.988,1.025,0.942,1.099,1.052,0.791,0.533,0.36,0.258,0.199,0.164,0.142,0.128,0.118,0.111,0.107,0.105;  
0.987,1.036,0.939,1.07,1.08,0.81,0.531,0.348,0.245,0.188,0.154,0.133,0.12,0.11,0.104,0.1,0.098;  
1.011,1.008,0.969,1.032,1.101,0.829,0.529,0.338,0.234,0.178,0.146,0.126,0.113,0.104,0.098,0.094,0.092;  
1.012,0.973,1.011,0.992,1.117,0.846,0.528,0.328,0.224,0.169,0.139,0.12,0.107,0.099,0.093,0.09,0.088;  
0.989,1.002,1.052,0.931,1.133,0.8,0.525,0.312,0.208,0.156,0.127,0.109,0.098,0.09,0.085,0.082,0.08;  
1.01,1.021,1.001,0.925,1.129,0.911,0.523,0.298,0.195,0.145,0.118,0.101,0.091,0.084,0.079,0.076,0.074;  
0.991,0.974,0.955,0.971,1.109,0.939,0.522,0.286,0.183,0.136,0.11,0.095,0.085,0.078,0.074,0.071,0.069;  
1.009,1.013,0.993,1.03,1.077,0.966,0.52,0.276,0.174,0.128,0.104,0.089,0.08,0.074,0.069,0.067,0.065;  
0.992,1.009,1.039,1.063,1.037,0.99,0.519,0.266,0.166,0.122,0.099,0.085,0.076,0.07,0.066,0.063,0.062;  
0.993,1.018,0.967,1.012,0.955,1.034,0.518,0.25,0.152,0.111,0.09,0.077,0.069,0.064,0.06,0.058,0.057;  
0.993,0.985,1.027,0.944,0.909,1.07,0.516,0.237,0.142,0.103,0.083,0.072,0.064,0.059,0.056,0.054,0.052;  
0.994,0.99,0.979,1.005,0.921,1.099,0.515,0.225,0.133,0.097,0.078,0.067,0.06,0.055,0.052,0.05,0.049;  
0.994,1.017,1.015,1.049,0.975,1.122,0.514,0.215,0.126,0.091,0.074,0.063,0.057,0.052,0.049,0.047,0.046;  
0.994,1.002,0.992,0.987,1.036,1.138,0.514,0.206,0.12,0.086,0.07,0.06,0.054,0.049,0.047,0.045,0.044;  
1.005,0.986,0.975,1.041,1.053,1.153,0.512,0.188,0.107,0.077,0.062,0.054,0.048,0.044,0.042,0.04,0.039;  
0.995,0.993,0.985,0.976,0.41,1.136,0.511,0.174,0.098,0.071,0.057,0.049,0.044,0.04,0.038,0.037,0.036;  
1.004,1.009,1.008,0.987,0.994,1.094,0.51,0.162,0.091,0.065,0.053,0.045,0.041,0.037,0.035,0.034,0.033;  
0.996,1.01,1.02,1.033,1.057,1.037,0.51,0.153,0.085,0.061,0.049,0.042,0.038,0.035,0.033,0.032,0.031;  
0.996,0.989,0.992,0.988,0.967,0.927,0.509,0.138,0.076,0.055,0.044,0.038,0.034,0.031,0.032,0.028,0.028]
```

```
CoefKD12 = [0.887,0.785,0.696,0.62,0.555,0.501,0.456,0.419,0.388,0.363,0.342,0.326,0.313,0.303,0.295,0.29,0.287;  
0.874,0.762,0.665,0.582,0.514,0.458,0.413,0.376,0.346,0.322,0.303,0.288,0.275,0.266,0.259,0.254,0.251;  
0.865,0.743,0.639,0.553,0.482,0.426,0.381,0.344,0.316,0.293,0.274,0.26,0.249,0.24,0.233,0.229,0.226;  
0.857,0.728,0.618,0.528,0.456,0.399,0.355,0.319,0.292,0.27,0.253,0.239,0.228,0.22,0.214,0.21,0.207;
```

```
0.85,0.715,0.6,0.507,0.434,0.377,0.333,0.299,0.272,0.252,0.235,0.222,0.212,0.201,0.199,0.195,0.192;  
0.845,0.703,0.584,0.489,0.415,0.359,0.315,0.282,0.256,0.236,0.221,0.208,0.199,0.192,0.186,0.182,0.18;  
0.841,0.694,0.57,0.473,0.399,0.343,0.3,0.268,0.243,0.224,0.209,0.197,0.188,0.181,0.176,0.172,0.17;  
0.838,0.685,0.558,0.459,0.384,0.329,0.287,0.255,0.231,0.213,0.198,0.187,0.178,0.172,0.167,0.164,0.162;  
0.828,0.653,0.51,0.405,0.33,0.277,0.239,0.211,0.11,0.175,0.163,0.153,0.146,0.141,0.137,0.134,0.132;  
0.827,0.633,0.477,0.368,0.294,0.244,0.209,0.184,0.166,0.152,0.141,0.133,0.127,0.122,0.118,0.116,0.115;  
0.83,0.618,0.452,0.34,0.268,0.22,0.188,0.165,0.149,0.136,0.126,0.119,0.113,0.109,0.106,0.104,0.103;  
0.836,0.607,0.431,0.317,0.247,0.202,0.172,0.151,0.136,0.124,0.116,0.109,0.104,0.1,0.097,0.095,0.094;  
0.844,0.599,0.414,0.299,0.231,0.188,0.16,0.14,0.126,0.115,0.107,0.101,0.096,0.092,0.09,0.088,0.087;  
0.853,0.592,0.399,0.284,0.217,0.176,0.15,0.131,0.118,0.108,0.1,0.094,0.09,0.086,0.084,0.082,0.081;  
0.863,0.586,0.386,0.27,0.206,0.167,0.141,0.124,0.111,0.102,0.094,0.089,0.085,0.081,0.079,0.077,0.076;  
0.873,0.581,0.374,0.259,0.196,0.158,0.134,0.117,0.105,0.096,0.09,0.084,0.08,0.077,0.075,0.073,0.073;  
0.893,0.574,0.354,0.24,0.18,0.145,0.123,0.107,0.096,0.088,0.082,0.077,0.073,0.07,0.068,0.067,0.066;  
0.914,0.568,0.337,0.224,0.167,0.134,0.114,0.099,0.089,0.081,0.076,0.071,0.068,0.065,0.063,0.062,0.061;  
0.934,0.563,0.323,0.211,0.156,0.126,0.106,0.093,0.083,0.076,0.071,0.067,0.063,0.061,0.059,0.058,0.057;  
0.953,0.559,0.31,0.2,0.148,0.119,0.1,0.088,0.079,0.072,0.067,0.063,0.06,0.058,0.056,0.055,0.054;  
0.972,0.556,0.299,0.191,0.14,0.113,0.095,0.083,0.075,0.068,0.063,0.06,0.057,0.055,0.053,0.052,0.051;  
1.006,0.551,0.28,0.175,0.128,0.103,0.087,0.076,0.068,0.062,0.058,0.054,0.052,0.05,0.048,0.047,0.047;  
1.035,0.547,0.264,0.163,0.119,0.095,0.08,0.07,0.063,0.058,0.054,0.05,0.048,0.046,0.045,0.044,0.043;  
1.059,0.543,0.251,0.153,0.111,0.089,0.075,0.066,0.059,0.054,0.05,0.047,0.045,0.043,0.042,0.041,0.041;  
1.078,0.541,0.24,0.144,0.105,0.084,0.071,0.062,0.056,0.051,0.047,0.044,0.042,0.041,0.04,0.039,0.038;  
1.093,0.539,0.23,0.137,0.1,0.08,0.067,0.059,0.053,0.048,0.045,0.042,0.04,0.03,0.037,0.037,0.036;  
1.109,0.534,0.209,0.123,0.089,0.071,0.06,0.053,0.047,0.043,0.04,0.038,0.036,0.035,0.034,0.033,0.032;  
1.099,0.531,0.193,0.112,0.081,0.065,0.055,0.048,0.043,0.039,0.037,0.034,0.033,0.032,0.031,0.03,0.03;  
1.07,0.529,0.18,0.104,0.075,0.06,0.051,0.044,0.04,0.036,0.034,0.032,0.03,0.029,0.028,0.028,0.027;  
1.029,0.527,0.17,0.097,0.071,0.056,0.048,0.042,0.037,0.034,0.032,0.03,0.028,0.027,0.027,0.026,0.026;  
0.948,0.524,0.153,0.087,0.063,0.05,0.043,0.037,0.033,0.031,0.029,0.027,0.025,0.024,0.024,0.023,0.023]
```

```
CoefKD15 = [0.894,0.762,0.635,0.527,0.44,0.374,0.323,0.285,0.256,0.233,0.216,0.203,0.193,0.185,0.18,0.176,0.174;  
0.897,0.761,0.628,0.516,0.427,0.36,0.31,0.272,0.244,0.222,0.206,0.193,0.183,0.176,0.171,0.167,0.165;  
0.917,0.762,0.604,0.474,0.378,0.31,0.261,0.227,0.202,0.183,0.169,0.158,0.15,0.144,0.14,0.137,0.135;  
0.943,0.771,0.589,0.445,0.344,0.276,0.23,0.198,0.176,0.159,0.147,0.137,0.13,0.125,0.121,0.118,0.117;  
0.969,0.783,0.578,0.422,0.318,0.251,0.208,0.178,0.158,0.143,0.132,0.123,0.117,0.112,0.108,0.106,0.105;  
0.993,0.796,0.571,0.404,0.297,0.232,0.191,0.163,0.144,0.13,0.12,0.112,0.107,0.102,0.099,0.097,0.095;  
1.015,0.811,0.565,0.388,0.281,0.217,0.177,0.152,0.134,0.121,0.111,0.104,0.099,0.095,0.092,0.09,0.088;  
1.034,0.825,0.561,0.375,0.266,0.204,0.166,0.142,0.125,0.113,0.104,0.097,0.092,0.088,0.086,0.084,0.083;
```

```
1.05,0.84,0.557,0.363,0.254,0.193,0.157,0.134,0.118,0.107,0.098,0.092,0.087,0.083,0.081,0.079,0.078;  
1.062,0.854,0.554,0.352,0.243,0.184,0.149,0.127,0.112,0.10,0.093,0.087,0.083,0.079,0.077,0.075,0.074;  
1.077,0.882,0.549,0.334,0.225,0.169,0.137,0.116,0.102,0.092,0.085,0.08,0.075,0.072,0.07,0.068,0.068;  
1.078,0.909,0.545,0.319,0.211,0.157,0.127,0.108,0.095,0.086,0.079,0.074,0.07,0.067,0.065,0.063,0.063;  
1.068,0.934,0.542,0.306,0.199,0.147,0.119,0.101,0.089,0.08,0.074,0.069,0.065,0.063,0.061,0.059,0.059;  
1.049,0.958,0.539,0.294,0.188,0.139,0.112,0.095,0.084,0.075,0.069,0.065,0.062,0.059,0.057,0.056,0.055;  
1.025,0.98,0.537,0.284,0.179,0.132,0.106,0.09,0.079,0.072,0.066,0.062,0.058,0.056,0.054,0.053,0.052;  
0.975,1.02,0.534,0.266,0.165,0.121,0.097,0.082,0.072,0.065,0.06,0.056,0.053,0.051,0.049,0.048,0.048;  
0.945,1.053,0.531,0.251,0.153,0.112,0.09,0.076,0.067,0.061,0.056,0.052,0.049,0.047,0.046,0.045,0.044;  
0.95,1.08,0.529,0.239,0.144,0.105,0.084,0.071,0.063,0.057,0.052,0.049,0.046,0.044,0.043,0.042,0.041;  
0.982,1.101,0.527,0.228,0.136,0.099,0.079,0.067,0.059,0.053,0.049,0.046,0.044,0.042,0.04,0.04,0.03;  
1.02,1.117,0.526,0.219,0.129,0.094,0.075,0.064,0.056,0.051,0.047,0.044,0.041,0.04,0.038,0.037,0.037;  
1.033,1.133,0.523,0.199,0.116,0.084,0.067,0.057,0.05,0.045,0.042,0.039,0.037,0.035,0.034,0.034,0.033;  
0.964,0.119,0.521,0.184,0.106,0.077,0.061,0.052,0.046,0.041,0.038,0.036,0.034,0.032,0.031,0.031,0.03;  
0.995,1.083,0.519,0.172,0.098,0.071,0.057,0.048,0.042,0.038,0.035,0.033,0.031,0.03,0.029,0.028,0.028;  
1.035,1.033,0.518,0.162,0.092,0.066,0.053,0.045,0.04,0.036,0.033,0.031,0.029,0.028,0.027,0.027,0.026;  
0.979,0.934,0.516,0.146,0.082,0.059,0.048,0.04,0.036,0.032,0.029,0.028,0.026,0.025,0.024,0.024,0.023]
```

```
CoefKD18 = [1.012,1.052,1.067,1.026,0.932,0.808,0.681,0.565,0.47,0.396,0.34,0.299,0.27,0.248,0.233,0.224,0.218;  
1.002,1.044,1.075,1.044,0.951,0.821,0.684,0.562,0.462,0.385,0.328,0.287,0.258,0.237,0.222,0.213,0.207;  
0.982,0.977,1.051,1.095,1.03,0.88,0.705,0.55,0.429,0.343,0.283,0.243,0.215,0.196,0.183,0.175,0.17;  
1.016,0.97,0.979,1.087,1.084,0.933,0.728,0.543,0.406,0.313,0.253,0.214,0.188,0.171,0.159,0.152,0.148;  
1,1.021,0.944,1.039,1.112,0.98,0.749,0.538,0.987,0.291,0.231,0.193,0.169,0.153,0.143,0.136,0.132;  
0.987,1.025,0.978,0.978,1.118,1.02,0.77,0.534,0.372,0.272,0.213,0.178,0.155,0.14,0.13,0.124,0.121;  
1.012,0.982,0.031,0.936,1.103,1.054,0.79,0.532,0.658,0.257,0.199,0.165,0.144,0.13,0.121,0.115,0.112;  
1,0.949,1.044,0.934,1.073,1.082,0.81,0.53,0.347,0.244,0.188,0.155,0.135,0.122,0.113,0.108,0.105;  
0.989,1.017,1.009,0.967,1.034,1.104,0.828,0.528,0.337,0.233,0.178,0.146,0.127,0.115,0.107,0.102,0.099;  
1.01,1.019,0.986,1.013,0.992,1.12,0.846,0.526,0.327,0.224,0.169,0.139,0.121,0.109,0.101,0.096,0.094;  
0.99,0.983,1.003,1.057,0.928,1.136,0.88,0.524,0.311,0.207,0.156,0.127,0.11,0.099,0.092,0.088,0.086;  
1.002,1.016,1.026,1.001,0.922,1.132,0.911,0.522,0.297,0.19,0.145,0.118,0.102,0.092,0.086,0.081,0.079;  
1.007,0.986,0.968,0.951,0.971,1.111,0.94,0.521,0.285,0.183,0.136,0.11,0.096,0.086,0.08,0.076,0.074;  
0.992,1.014,1.015,0.993,1.032,1.078,0.966,0.519,0.275,0.174,0.128,0.104,0.09,0.081,0.075,0.072,0.07;  
1.003,0.987,1.011,1.043,1.066,1.037,0.991,0.518,0.266,0.165,0.122,0.099,0.086,0.077,0.072,0.068,0.066;  
0.992,0.988,1.022,0.964,1.013,0.954,1.035,0.517,0.249,0.152,0.111,0.09,0.078,0.07,0.065,0.062,0.061;  
1.004,0.989,0.983,1.03,0.942,0.907,1.071,0.516,0.236,0.141,0.103,0.084,0.072,0.065,0.061,0.058,0.056;  
1.004,0.99,0.988,0.977,1.005,0.919,1.1,0.515,0.224,0.133,0.097,0.078,0.068,0.061,0.057,0.054,0.052;
```

```

0.994,0.991,1.02,1.017,1.051,0.975,1.123,0.514,0.214,0.125,0.091,0.074,0.064,0.057,0.053,0.051,0.049;
1.001,0.991,1.002,0.991,0.987,1.037,1.139,0.513,0.206,0.119,0.086,0.07,0.061,0.055,0.051,0.048,0.047;
1.005,1.008,0.983,0.972,1.043,1.054,1.154,0.512,0.187,0.107,0.077,0.063,0.054,0.049,0.045,0.043,0.042;
0.997,0.993,0.991,0.984,0.975,0.94,1.136,0.511,0.173,0.098,0.071,0.057,0.049,0.045,0.041,0.039,0.038;
0.997,1.007,0.011,1.009,0.987,0.994,1.094,0.51,0.162,0.091,0.065,0.053,0.046,0.041,0.038,0.036,0.035;
1.004,0.994,1.012,1.022,1.034,1.058,1.037,0.509,0.153,0.085,0.061,0.05,0.043,0.039,0.036,0.034,0.033;
0.996,0.994,0.987,0.992,0.987,0.966,0.926,0.508,0.138,0.076,0.055,0.044,0.038,0.034,0.032,0.31,0.03]

```

```

CoefKD20 = [0.984,1.002,1.054,1.083,1.048,0.951,0.565,0.683,0.561,0.462,0.386,0.331,0.291,0.263,0.244,0.231,0.224;
1.009,0.972,0.971,1.055,1.101,1.032,0.552,0.704,0.549,0.429,0.344,0.285,0.246,0.219,0.202,0.191,0.185;
0.999,1.025,0.963,0.976,1.092,1.087,0.545,0.727,0.542,0.406,0.314,0.255,0.217,0.192,0.176,0.166,0.16;
0.994,1,1.026,0.938,1.04,1.116,0.54,0.79,0.537,0.387,0.291,0.232,0.196,0.173,0.158,0.149,0.144;
1.01,0.98,1.03,0.976,0.976,1.121,0.536,0.77,0.534,0.372,0.273,0.215,0.18,0.158,0.144,0.136,0.131;
0.989,1.019,0.977,1.034,0.933,1.105,0.533,0.79,0.531,0.358,0.258,0.201,0.167,0.147,0.34,0.126,0.122;
1.009,1.001,0.975,1.048,0.93,1.075,0.531,0.809,0.529,0.347,0.245,0.189,0.157,0.13,0.125,0.118,0.114;
0.995,0.983,1.021,1.01,0.965,1.034,0.529,0.828,0.527,0.337,0.234,0.179,0.148,0.13,0.118,0.111,0.107;
1,1.015,1.023,0.964,1.014,0.991,0.528,0.846,0.526,0.327,0.224,0.171,0.141,0.123,0.112,0.105,0.102;
0.993,0.985,0.98,1.003,1.06,0.926,0.525,0.88,0.524,0.311,0.208,0.157,0.129,0.112,0.102,0.096,0.093;
0.994,1.003,1.019,1.028,1.001,0.92,0.523,0.911,0.522,0.297,0.195,0.146,0.119,0.104,0.09,0.089,0.086;
1.001,1.011,0.983,0.965,0.948,0.97,0.522,0.94,0.52,0.285,0.183,0.136,0.112,0.097,0.089,0.083,0.076;
1.006,0.987,1.016,1.017,0.993,1.033,0.52,0.967,0.519,0.275,0.174,0.129,0.106,0.092,0.084,0.079,0.072;
1.005,1.004,0.985,1.012,1.045,1.068,0.519,0.991,0.518,0.266,0.166,0.122,0.1,0.087,0.079,0.075,0.066;
0.994,0.988,0.986,1.024,0.962,1.013,0.518,1.035,0.517,0.249,0.152,0.112,0.091,0.08,0.072,0.068,0.061;
1.002,1.006,0.987,0.981,1.031,0.94,0.516,1.071,0.515,0.236,0.142,0.104,0.085,0.074,0.067,0.063,0.061;
1.003,1.006,0.988,0.987,0.976,1.005,0.515,1.101,0.514,0.224,0.133,0.097,0.079,0.069,0.063,0.059,0.057;
0.995,0.99,0.989,1.022,1.018,1.052,0.5114,1.123,0.513,0.214,0.126,0.092,0.075,0.065,0.059,0.056,0.054;
1,1.002,0.989,1.003,0.99,0.986,0.514,1.14,0.513,0.206,0.12,0.087,0.071,0.062,0.056,0.053,0.051;
0.999,1.007,1.01,0.81,0.971,1.044,0.512,1.154,0.511,0.187,0.107,0.078,0.063,0.055,0.05,0.047,0.046;
0.997,0.995,0.991,0.99,0.983,0.974,0.511,1.137,0.51,0.173,0.098,0.071,0.058,0.05,0.046,0.043,0.042;
0.997,0.996,1.008,1.012,1.01,0.987,0.51,1.094,0.51,0.162,0.091,0.066,0.054,0.047,0.042,0.04,0.038;
0.999,1.006,0.992,1.014,1.023,1.035,0.51,1.037,0.509,0.153,0.085,0.062,0.05,0.044,0.04,0.037,0.036;
1.003,0.994,0.993,0.986,0.991,0.987,0.509,0.926,0.508,0.138,0.076,0.055,0.045,0.039,0.036,0.033,0.032]

```

```
[Anga6,RLa6] = meshgrid(Ang,RL6)
```

```
[Anga8,RLa8] = meshgrid(Ang,RL8)
```

```
[Anga10,RLa10] = meshgrid(Ang,RL10)
[Anga12,RLa12] = meshgrid(Ang,RL12)
[Anga15,RLa15] = meshgrid(Ang,RL15)
[Anga18,RLa18] = meshgrid(Ang,RL18)
[Anga20,RLa20] = meshgrid(Ang,RL20)
```

```
KDi6=griddata(Anga6,RLa6,CoefKD6,Angi,R6LB,'nearest');
KDi8=griddata(Anga8,RLa8,CoefKD8,Angi,R8LB,'nearest');
KDi10=griddata(Anga10,RLa10,CoefKD10,Angi,R10LB,'nearest');
KDi12=griddata(Anga12,RLa12,CoefKD12,Angi,R12LB,'nearest');
KDi15=griddata(Anga15,RLa15,CoefKD15,Angi,R15LB,'nearest');
KDi18=griddata(Anga18,RLa18,CoefKD18,Angi,R18LB,'nearest');
KDi20=griddata(Anga20,RLa20,CoefKD20,Angi,R20LB,'nearest');
```

```
%% Calculo las alturas
```

```
H6=HBAux.*CoefAux1.*CoefAux3.*KDi6;
H8=HBAux.*CoefAux1.*CoefAux3.*KDi8;
H10=HBAux.*CoefAux1.*CoefAux2.*KDi10;
H12=HBAux.*CoefAux1.*CoefAux2.*KDi12;
H15=HBAux.*CoefAux1.*CoefAux2.*KDi15;
H18=HBAux.*CoefAux1.*KDi18;
H20=HBAux.*CoefAux1.*KDi20;
```

ANEXO
CÁLCULO DEL DIQUE

```
%% Run-up
```

```
%Necesito HBAux, L0Aux, N2Aux
```

```
%% Variables
```

```
% Iribarren
```

```
Ir=0.5./sqrt(HBAux./L0Aux);
```

```
% H2%
```

```
H2=1.399.*HBAux;
```

```
% Coeficientes para cubos de hormigón
```

```
Au=1.05;
```

```
Bu=-0.67;
```

```
%% Fórmula
```

```
R=(Au.*(1-exp(Bu.*Ir))).*H2;
```

```
RT=N2Aux+R;
```

```
%% Caudal
```

```
q9=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-9)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
q10=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-10)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
q11=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-11)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
q12=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-12)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
q13=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-13)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
q14=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-14)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;
```

```
%% n° de eventos máximos
```

```
%1ª APROXIMACIÓN
```

```
%Para q9
```

```
s9=find(q9>0.03);
```

```
length(s9)
```

```
nP9=length(s9)/60
```

```
%Para q10
```

```
s10=find(q10>0.03);
```

```
length(s10)
```

```
nP10=length(s10)/60
```

```
%Para q11
```

```
s11=find(q11>0.03);
```

```
length(s11)
```

```
nP11=length(s11)/60
```

```
%Para q12
```

```
s12=find(q12>0.03);
```

```
length(s12)
```

```
nP12=length(s12)/60
```

```
%Para q13
```

```
s13=find(q13>0.03);
```

```
length(s13)
```

```
nP13=length(s13)/60
```

```
%Para q14
```

```
s14=find(q14>0.03);
```

```
length(s14)
```

```
nP14=length(s14)/60
```

%% 2ª APROXIMACIÓN

%Para q10,5

```
q105=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-10.5)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
s105=find(q105>0.03);  
length(s105)  
nP105=length(s105)/60
```

%Para q10,6

```
q106=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-10.6)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
s106=find(q106>0.03);  
length(s106)  
nP106=length(s106)/60
```

%Para q10,7

```
q107=(8e-5.*exp(3.1.*(RT-10.7)./HBAux)).*sqrt(9.8.*HBAux.^3).*1000;  
s107=find(q107>0.03);  
length(s107)  
nP107=length(s107)/60
```