

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD Y FLOTABILIDAD DE LAS FASES DE
CONSTRUCCIÓN DE UN CAJÓN DE HORMIGÓN DE 35 METROS
DE PUNTAL EN UN DIQUE FLOTANTE DE 70 METROS
DE ESLORA Y 50 METROS DE MANGA**

Beatriz SALAMANCA MORILLAS



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Enero 2012



AVISO IMPORTANTE:

El único responsable del contenido de este proyecto es el alumno que lo ha realizado.

La Universidad de Cádiz, La Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval, los Departamentos a los que pertenecen el profesor tutor y los miembros del Tribunal de Proyectos Fin de Carrera así como el mismo profesor tutor **NO SON RESPONSABLES DEL CONTENIDO DE ESTE PROYECTO.**

Los proyectos fin de carrera pueden contener errores detectados por el Tribunal de Proyectos Fin de Carrera y que estos no hayan sido implementados o corregidos en la versión aquí expuesta.

La calificación de los proyectos fin de carrera puede variar desde el aprobado (5) hasta la matrícula de honor (10), por lo que el tipo y número de errores que contienen puede ser muy diferentes de un proyecto a otro.

Este proyecto fin de carrera está redactado y elaborado con una finalidad académica y nunca se deberá hacer uso profesional del mismo, ya que puede contener errores que podrían poner en peligro vidas humanas.

Fdo. La Comisión de Proyectos de Fin de Carrera
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval
Universidad de Cádiz



INDICE

LISTA DE ABREVIATURAS.....	4
1. RESUMEN	5
1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCION.....	7
2. INTRODUCCION.....	8
3. OBJETIVO	10
3. OBJETIVO	11
4. CARACTERISTICAS GENERALES	12
4. CARACTERISTICA GENERALES.....	13
5. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	14
5.1 DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO	14
5.2 DESCRIPCION GENERAL DEL DIQUE	14
5.3 CONSTRUCCION DEL CAJON Y FUNCIONAMIENTO	14
5.4 SISTEMA DE INMERSION Y EMERSION DEL DIQUE. DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO	14
5.1 DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO	15
5.2 DESCRIPCION GENERAL DEL DIQUE	16
5.3 CONSTRUCCION DEL CAJON Y FUNCIONAMIENTO	17
5.4. SISTEMA DE INMERSION Y EMERSION DEL DIQUE. DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO	21
6. HIDROSTATICAS	25
6.1. HIDROSTATICAS DEL DIQUE FLOTANTE CAJONERO.....	25
6.2. HIDROSTATICAS DEL DIQUE FLOTANTE CON CAJON.....	25
6. HIDROSTATICAS	26
7. DISPOSICION GENERAL DE LOS TANQUES.....	27
7.1. CAPACIDADES DE LOS TANQUES.....	27
7.2. TABLA DE CAPACIDADES DE LOS TANQUES DEL DIQUE.....	27
7.3. SONDAS DE LOS TANQUES.....	27
7.1. CAPACIDADES DE LOS TANQUES DEL DIQUE	28
7.2. TABLA DE CAPACIDADES DE LOS TANQUES.....	29
7.3. SONDAS DE LOS TANQUES.....	31
8. PESO EN ROSCA.....	50
8. PESO EN ROSCA.....	51



9. ESTABILIDAD.....	58
9.1. CARACTERISTICAS DEL CAJON	58
9.2. CONSTRUCCION Y METODOLOGIA DE LASTRADO DEL CAJON	58
9.3. CONDICIONES DE ESTABILIDAD DURANTE LA CONSTRUCCION DEL CAJON	58
9.1. CARACTERISTICAS DEL CAJON (12X7 celdas 35,00 mts de altura).....	59
9.2. CONSTRUCCION Y METODOLOGIA DE LASTRADO	61
9.3. CONDICIONES DE ESTABILIDAD DURANTE LA CONSTRUCCION DEL CAJON.	70
10.FLOTABILIDAD	102
10.1. DEFINICION DE LAS SITUACIONES DE CARGA A ANALIZAR	102
10.2. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD	102
10.1. DEFINICION DE LAS SITUACIONES DE CARGA A ANALIZAR.	103
10.2. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD	110
11.PRESUPUESTO.....	118
11. PRESUPUESTO.....	119
12.CONCLUSIONES.....	120
12. CONCLUSIONES.....	121
13.AGRADECIMIENTOS.....	122
13. AGRADECIMIENTOS.....	123
14. LISTA DE REFERENCIAS.....	124
14. LISTA DE REFERENCIAS.....	125
ANEXOS	126
ANEXO A: Tablas de Hidrostáticas.....	128
A.1. HIDROSTATICAS DIQUE FLOTANTE CAJONERO	129
A.2. HIDROSTATICAS DIQUE CON CAJON.....	130
ANEXO B: Memoria Personal	131
B.1. MEMORIA PERSONAL	132
CALCULOS	134
PESO EN ROSCA.....	135
CALCULOS PARA LA ESTABILIDAD.....	136
PLANOS.....	152



LISTA DE ABREVIATURAS

TMC: calado exterior, es decir, calado desde debajo de la quilla en mts.

VOL (m^3): volumen de carena para el calado dado.

DES (Tns): desplazamiento del dique, en toneladas métricas.

XC (m): abscisa del centro de carena.

ZC (m): ordenada del centro de carena.

FLT (m^2): áreas de flotaciones, líneas de agua.

XLA (m): abscisa del centro de gravedad de flotaciones.

TON1CM: toneladas por centímetro de inmersión.

MOM1CM: momento para cambiar el trimado un centímetro.

RMT (m): radio metacéntrico transversal.

RML (m): radio metacéntrico longitudinal.

DELTA, BETA, ALFA y FI: coeficientes de forma.

LCG: distancia del Centro de Gravedad del Tanque a la Cuaderna Maestra (-) a popa (+) a proa (metros).

TCG: distancia del Centro de Gravedad del Tanque al Plano de Crujía. Er, Estribor. Br, Babor (metros).

VCG: distancia del Centro de Gravedad del Tanque a la Línea Base (metros).

FSM: Momento de Superficies Libres = Inercia x densidad agua de mar (T x m).

*Notas:

a) El momento de cambio de asiento en un centímetro, se calcula para la eslora total de 70 mts.

b) El peso específico del agua de mar es tomado/considerado igual a $1.025 \text{ Kg}/m^3$.

c) No se considera asiento ni escora.



1. RESUMEN



1. RESUMEN

El presente proyecto aborda el estudio de la estabilidad y flotabilidad de las fases de construcción de un cajón de hormigón de 70 mts de eslora y 35 mts de puntal, en un dique flotante cajonero de 50 mts de manga.

Este tipo de unidades es empleada por las empresas de construcción civil para la construcción de: muelles y sus áreas adyacentes, diques de abrigo, pantanales, etc.

Por ser el campo de actuación de las mismas en zonas marítimo-terrestres su diseño, reglas y estándar es una mezcla de requerimientos navales e industriales.



2. INTRODUCCION



2. INTRODUCCION

El presente proyecto aborda el estudio de la estabilidad y flotabilidad de las fases de construcción de un cajón de hormigón de 70 mts de eslora y 35 mts de puntal, en un dique flotante cajonero de 50 mts de manga.

Este tipo de unidades es empleada por las empresas de construcción civil para la construcción de: muelles y sus áreas adyacentes, diques de abrigo, pantanales, etc.

Por ser el campo de actuación de las mismas en zonas marítimo-terrestres su diseño, reglas y estándar es una mezcla de requerimientos navales e industriales.

El crecimiento y especialización de los buques en los últimos años ha obligado a incrementar y mejorar las instalaciones portuarias en longitud de muelles, calado, superficie, medios de descarga, y control.

Uno de los tipos de buques que más ha incidido es el portacontenedores, que desde su nacimiento en los años 60, ha ido evolucionando con el consiguiente aumento de su capacidad, actualmente se han realizado estudios para la construcción de portacontenedores que duplican el record actual, por lo que se requieren nuevos conceptos de transporte, puertos y terminales.

Este tipo de buques es el que más ha influido en el desarrollo de nuevas instalaciones portuarias por las siguientes razones:

- El buque descarga amarrado al muelle con grúas específicas necesitando grandes largos de muelles y calado suficiente, en marea baja, para la condición de máxima carga.
- Superficie portuaria para: descargar, clasificar, estibar y recargar los contenedores.
- Puerto con área de abrigo, donde los buques fondean para protegerse o en espera para cargar y descargar las mercancías.

Lo mismo sucede con los buques que transportan graneles, maderas y sus derivados, ro-ros, ferries y cruceros, éstos han requerido la readaptación de y reubicación en muchos casos de las instalaciones portuarias generalmente ubicadas próximas a las zonas urbanas.

Los gaseros también han incrementando sus capacidades y dimensiones y mejorado su tecnología de carga, siendo sin embargo, el buque mayor, el convencional petrolero que pasó de 25.000 tns a 500.000 tns en los últimos cuarenta años, pero que carga y descarga, generalmente, en pantalán.

De esta forma, los países, que por su situación geográfica o por su desarrollo son punto estratégico de tráfico marítimo se han visto obligados a racionalizar y mejorar sus instalaciones portuarias con influencia en las zonas urbanas por lo siguiente:



- Política medioambiental, trasladando las actividades peligrosas o molestas, situadas en puertos, próximos a las zonas urbanas, a zonas estratégicas desde el punto de vista de seguridad, contaminación, abrigo, tráfico, calado, e instalaciones de apoyo, transformando los puertos convencionales en paseos, estaciones marítimas, atraque de pasaje, amarre de embarcaciones de recreo y tráfico comercial menor no peligroso.
- Construir infraestructuras específicas competitivas, algunas exteriores al casco urbano, para las mercancías molestas o voluminosas que dispongan de:
 - o Área de fondeo para el tráfico previsible.
 - o Muelles de amarre con longitud y calado adecuado.
 - o Superficie adyacente al puerto para manejo de mercancía.
 - o Plantas derivados del petróleo.
 - o Pantanales para carga y descarga de hidrocarburos y derivados.
 - o Área de carga para transporte terrestre y aparcamiento.
 - o Instalaciones de almacenaje, servicio, control y mantenimiento.
 - o Puertos pesqueros e instalaciones complementarias específicas.
 - o Etc.

En cuanto al transporte, los países soportes de éste tráfico, racionalizan las instalaciones en dos tipos de puertos, el Deep Sea y el Short Sea, en función de su capacidad y autonomía, siendo sin embargo, la tendencia de la flota hacia barcos de mayor tamaño que ofrecen mayores economías de escala.

Las principales empresas constructoras de infraestructuras portuarias se ven obligadas a disponer de artefactos navales para que ofrezcan las características técnicas competitivas para los proyectos previstos con calidad, plazo y coste, por lo que aparece una gran demanda de artefactos, principalmente dragas, gánguiles y diques cajoneros que ofrezcan mayor capacidad, grado de automatización, control, seguridad y sobre todo acomodarse a los requerimientos ambientales.

El artefacto de más influencia en las obras portuarias es el dique cajonero, es una construcción “atípica” muy difícil de encajar en el marco de la Reglamentación, Criterios y Exigencias aplicables a la convencional construcción naval, por lo que existe la necesidad de tomar como referencia la existente reglamentación aplicable a artefactos con similares servicios. Nuestro dique en cuestión que en condiciones normales va a trabajar en aguas abrigadas, de acuerdo con SERVIMAR, puede clasificarse como perteneciente al Grupo III Clase S (artefactos que no salen a la mar).



3. OBJETIVO



3. OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es el estudio de la estabilidad y la flotabilidad de un cajón de hormigón de dimensiones, eslora 70 mts, manga 36 mts y puntal de 35 mts, en todas sus fases de construcción. El estudio se realizará de acuerdo con los cálculos y planos que se adjuntan.

Para poder desarrollar el estudio tanto de la estabilidad como de la flotabilidad del cajón de hormigón se debe dimensionar previamente el cajón de hormigón para saber su desplazamiento y con ello dimensionar el dique flotante donde éste se construirá.

Una vez tengamos dimensionada el dique flotante y el cajón de hormigón se analizarán una a una las fases de construcción del cajón de hormigón, hasta su botadura, para realizar a cada fase de construcción, tanto el estudio de estabilidad como el de flotabilidad.

Para llegar a nuestro objetivo tendremos que explicar, más adelante, el funcionamiento del dique en el que se construirá nuestro cajón, para así, aclarar las dudas que puedan surgir.



4. CARACTERISTICAS GENERALES



4. CARACTERISTICA GENERALES

Eslora total.....	70 mts.
Eslora dique.....	70 mts.
Eslora murallas.....	65 mts.
Manga (Exterior).....	50 mts.
Manga (Interior).....	45 mts.
Manga murallas.....	2.5 mts.
Puntal total.....	40.5 mts.
Puntal dique.....	35 mts.
Puntal central.....	5.5 mts.
Calado de trazado.....	25 mts.
Calado máximo.....	33.31 mts.
Peso en rosca cajón.....	23448.425 tns.
Peso en rosca dique.....	6420.732 tns.
Sociedad de Clasificación.....	Bureau Veritas.



5. MEMORIA DESCRIPTIVA

5.1 DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO

5.2 DESCRIPCION GENERAL DEL DIQUE

5.3 CONSTRUCCION DEL CAJON Y FUNCIONAMIENTO

5.4 SISTEMA DE INMERSION Y EMERSION DEL DIQUE.
DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO



5.1 DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO

El estudio que se nos plantea en este proyecto es el de estabilidad y flotabilidad del cajón de hormigón en sus distintas fases de construcción en un dique flotante.

Tanto para el estudio de la estabilidad como para el de la flotabilidad del cajón, se tienen que tener en cuenta cuáles serán las distintas fases de construcción del cajón, para lo cual tendremos que definir y estudiar dichas fases de construcción. Estas fases se detallan más adelante.

Antes de poder realizar los estudios exigidos en este proyecto tendremos que definir las formas y compartimentación de un dique flotante en el software Maxsurf. Utilizaremos los módulos “Maxsurf Pro” e “Hydromax Pro” y dentro de este último la opción “Tank calibration”.

Se realizarán cálculos para comprobar que el dique definido tiene capacidad de lastre suficiente para las operaciones de inmersión y emersión que se deben producir en este.

El estudio de la estabilidad se hará con el módulo Hydromax del software utilizado, en nuestro caso Maxsurf. Dentro de este módulo aplicaremos la opción de “Large Stability”. Previamente se habrán definido los criterios a cumplir por la sociedad de clasificación elegida, en nuestro caso, Bureau Veritas.

El estudio de la flotabilidad se hará con el mismo módulo con el que se hizo el estudio de estabilidad. La opción que aplicaremos en este estudio será el de “Equilibrium”. En este caso, en el software no se podrán definir los criterios dados por la sociedad de clasificación elegida, por lo tanto, habrá que trasladar los datos a tablas comparativas.

Tendremos que hacer un escantillado del dique para conocer los espesores que necesitamos para que éste soporte el peso del cajón y las reacciones que se producirán en él. Este escantillado nos permitirá obtener el peso en rosca del dique, necesario para llevar a cabo el estudio de la estabilidad y flotabilidad.

Tendremos en cuenta también una disposición general de los tanques de lastre, ya que necesitamos saber el volumen de lastre que pueden albergar estos tanques.



5.2 DESCRIPCION GENERAL DEL DIQUE

Un dique flotante cajonero es un artefacto especialmente compuesto por una base prismática, es decir, una pontona base subdividida en tanques de lastre sobre la que se inicia la fabricación del cajón. Además consta de dos torretas de gran puntal, para complemento de lastrado y, por lo tanto, estabilidad. Tanto la pontona como las torretas llevan una instalación de tuberías mediante las cuales se consigue hacer sumergir y emerger el dique.

La pontona base de nuestro dique está compuesta por veinte tanques de lastre y los espacios dedicados a las dos cámaras de bombas, dispuestas una a cada banda, babor y estribor, situadas a popa y proa de la maestra, respectivamente.

Las torretas laterales que forman parte de la estructura de nuestro dique en cuestión son dos. Cada torre dispone de tres tanques de lastre, dos tanques de agua dulce en una de las torres, en la otra un tanque de fuel oil y otro de agua potable, y los correspondientes accesos a las cámaras de bombas. En la parte superior de las mismas se disponen espacios vacíos para conseguir una estabilidad adecuada del artefacto junto con el resto de los componentes que contribuyen a ello, además, de los espacios destinados a pañoles y/o maquinaria.

La finalidad del artefacto es servir de plataforma para la elaboración de cajones de hormigón que se utilizaran para la construcción de muelles y sus áreas adyacentes, diques de abrigo, pantanales, soleras de diques secos, etc.

La cubierta de la pontona es la plataforma de trabajo para la fabricación, en seco, de la solera y los primeros metros de fuste y, a medida que va creciendo la altura del fuste, el cajón aumenta el peso y el dique se va hundiendo conjuntamente con el cajón, manteniendo éste un francobordo casi constante en función de la velocidad de fraguado del hormigón, y la presión requerida sobre la cubierta de la pontona.



5.3 CONSTRUCCION DEL CAJON Y FUNCIONAMIENTO

➤ INTRODUCCION

La cara interior de los diques de abrigo, los muelles, las superficies portuarias para: mercancías, parkings, instalaciones de servicio, etc. Se construyen con grandes **bloques de hormigón (cajones autoflotantes)**.

La forma exterior es, generalmente, prismática, con celdas interiores abiertas por la parte alta. Las celdas pueden ser rectangulares, cuadradas, redondas, elípticas, etc. En nuestro caso, las celdas del cajón, de 35 mts de puntal, van a ser cuadradas.

Un **cajón** es un **gran bloque de hormigón, hueco y estanco al agua**, con capacidad para flotar, remolcar y fondear encima de una banqueta/escollera (obra hecha con piedras echadas al fondo del agua, para formar un dique de defensa contra el oleaje, para servir de cimiento a un muelle, o para resguardar el pie de otra obra), sobre el lecho marino, quedando su parte superior (coronación) emergida del agua, excepto para los pantanales que pueden quedar en la carrera de mareas. La encadenación de ellos adecuadamente forma el contorno o superficie para la estructura portuaria.

El calado, estabilidad de remolque y fondeo, in situ, se consigue rellenando las celdas con agua salada.

Una vez fondeado, mediante un acceso desde tierra o mar, los camiones o gánguiles, rellenan las celdas y compactan los huecos con un material granular (gravas, tierras y/o arenas), calculando para resistir las acciones previstas, tanto operacionales como ambientales.

Finalmente, sobre la coronación, se fabrica una losa hormigonada, in situ, y/o un espaldón (barrera para resistir el empuje de las tierras o de las aguas), en caso de que su función sea la de dique rompeolas. Esta losa, estará dimensionada para el equipamiento portuario que fue proyectada la obra con: galerías de servicio, camino rodadura, grúas, defensas de atraque, puntos de amarre, etc.

Una vez definidas las características principales del cajón, aparte de lo mencionado sobre el dique en la disposición general del mismo, vamos a proceder a nombrar otros equipos que lo constituyen y que son necesarios para llevar a cabo la construcción de los bloques de hormigón. Por lo tanto, podemos decir que, el dique, además de las instalaciones necesarias para hacer las maniobras de inmersión y emersión, lleva montado una serie de elementos necesarios para la construcción del cajón.



Esta instalación consta de dos equipos independientes:

- A) Equipo de encofrados
- B) Equipo de hormigonado

A) Equipo de encofrados.

Este equipo está constituido por una estructura de celosía, que desliza en sentido vertical. Esta estructura de celosía soporta los encofrados, que son de chapa de acero con la forma de la sección horizontal del cajón. En su parte alta llevan unos gatos trepadores que, por medio de mordazas, se van agarrando a las barras verticales (tubulares) de trepa. Cuando se está hormigonando, el encofrado está constantemente apoyado sobre la parte del cajón ya construido y colgando de la estructura, mientras que la estructura de celosía está apoyada sobre las barras de trepa y suspendida en las torres.

B) Equipo de hormigonado.

Para llevar a cabo el proceso de construcción del bloque de hormigón se utilizan tres plumas de hormigonado situadas en el centro del paraguas, así como dos grúas también de hormigonado, una a cada banda de la estructura espacial portante (paraguas).

Además de estas instalaciones, el dique lleva sobre cubierta una cama de construcción, llamada también cama drenante, que está constituida por una capa de grava y sobre ella una capa de mortero que en su interior lleva una serie de mangueras flexibles aplastadas, las cuales, en el momento de la botadura y para facilitar el despegue del cajón, se llenan de agua a presión entre las dos superficies en contacto: la cama y el fondo del cajón.

➤ CONSTRUCCION Y FUNCIONAMIENTO

Como ya dijimos en el apartado de disposición general del dique, el sistema de fabricación de cajones tipo está diseñado para un encofrado deslizante vertical continuo.

También mencionamos que, la cubierta de la pontona es la plataforma de trabajo para la fabricación, en seco, de la solera y los primeros metros de fuste y, a medida que va creciendo en altura el fuste, el cajón aumenta el peso y el dique se va hundiendo conjuntamente con el cajón, manteniendo éste un francobordo casi constante en función de la velocidad de fraguado del hormigón, y la presión requerida sobre la cubierta de la pontona.



Ahora bien, la secuencia de fabricación del cajón es como se expone a continuación:

Estando la cubierta de la pontona base del dique sumergida, tras la botadura del cajón anterior, se procede a su emersión, y antes de finalizar, se sitúa en el dique, por flotación, una pontona plana, sobre la que se ha armado la parrilla de ferralla de la solera del cajón junto con los dos o tres primeros metros de ferralla vertical del fuste. Esta parrilla se cuelga del paraguas mediante cables, tensores, etc. a continuación, se eleva el paraguas, subiendo consigo la parrilla y se saca la pontona, remolcándola con una embarcación auxiliar, si fuese necesaria trasladarla de un lugar a otro.

Se sigue deslastrando, y cuando la cubierta del dique esta emergida, se monta el encofrado del contorno de la solera y se arria dentro la parrilla de ferralla, bajando paralelamente el paraguas. Una vez encajada la ferralla en el encofrado, se sueltan los cables y se procede a hormigonar, en seco, la base del cajón.

Terminado el hormigonado de la solera base, se baja el encofrado del fuste, que se encuentra colgado del paraguas y se coloca el sistema de gatos hidráulicos de deslizado con sus barras de trepa. En este instante el encofrado deslizante y el paraguas quedan apoyados en la cubierta a través de este sistema, dejando libre de carga el sistema de elevación, aunque éste acompañará, con los cables tensos, el ascenso del encofrado durante la construcción.

A continuación, se procede a la fabricación continua del fuste, de tal forma, que va creciendo en puntal y aumentando de peso, y el dique se va hundiendo. Previamente se habrá hecho un estudio de reacción dique/cajón y estabilidad, con lo que se van controlando estos parámetros. El lastrado debe ser tal que el francobordo del cajón y la reacción de éste sobre el dique, sean suficientes para que el hormigón alcance la resistencia suficiente para la inmersión y que el cajón no flote, por lo que se van lastrando también las celdas del cajón con agua de mar. Al final tendrá la estabilidad suficiente para la navegación siendo remolcado. Algunos cajones no necesitan ser lastrados.

Cuando se ha terminado de hormigonar el cajón, hay una fase de deslizamiento en vacío del encofrado, para disponer el encofrado con huelgo suficiente por encima del cajón, quedando a partir de este momento suspendido el paraguas junto con el encofrado y el cajón listo para ser botado.

La botadura del cajón consiste simplemente en lastrar el dique hasta que el cajón alcance su calado de flotación, con un huelgo entre el fondo de éste y la cubierta del dique de 0.5 metros aproximadamente.

Una vez el cajón flote, se remolca, trasladándolo a fondeo o a su posición definitiva en obra.

La emersión del dique flotante, se realiza siguiendo una frecuencia determinada de achique de los tanques. Durante el reflatado, se baja el encofrado, manteniéndolo a unos 3 metros



de la flotación, para mejorar así la estabilidad. A partir de ese momento queda preparado para iniciar un nuevo ciclo de construcción.

➤ FASES DE CONSTRUCCION DEL CAJON

Después de conocer el proceso de construcción de un cajón de hormigón, podemos detallar cuáles serán las fases de construcción para el estudio de la estabilidad y flotabilidad que se nos pide en este proyecto.

Pasamos a detallar las fases una a una:

- **Fase 1**: Comienzo de la construcción.
- **Fase 2**: Altura del cajón construido es de 5 metros.
- **Fase 3**: Altura del cajón construido es de 10 metros.
- **Fase 4**: Altura del cajón construido es de 15 metros.
- **Fase 5**: Altura del cajón construido es de 20 metros.
- **Fase 6**: Altura del cajón construido es de 25 metros.
- **Fase 7**: Altura del cajón construido es de 30 metros.
- **Fase 8**: Altura del cajón construido es de 35 metros.
- **Fase 9**: Cajón terminado.
- **Fase 10**: Botadura del cajón.
- **Fase 11**: Replotado del dique, calado es de 15 metros.
- **Fase 12**: Replotado del dique, calado es de 10 metros.
- **Fase 13**: Replotado del dique, calado 5.5 metros.



5.4. SISTEMA DE INMERSION Y EMERSION DEL DIQUE. DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO

Ya que se ha explicado cómo se construye un cajón de hormigón, cabe explicar el sistema de inmersión y emersión del dique.

➤ GENERAL

La inmersión y emersión del dique se realiza mediante el lastrado y deslastrado, con agua de mar, de los tanques de lastre.

El lastrado o deslastrado del agua de lastre de los tanques de lastre se lleva a cabo utilizando las bombas de lastre instaladas en las cámaras de bombas.

La aireación de los tanques de lastre, se efectúa a través de tubos acodados ubicados en la cubierta superior o de las rejillas existentes en las paredes verticales interiores de ambas murallas a unos trece metros de la cubierta principal.

Para facilitar las operaciones de lastrado y deslastrado, los tanques se clasifican en cuatro grupos:

- Grupo 1: compuesto por tres tanques centrales a babor y tres tanques laterales a babor.
- Grupo 2: compuesto por tres tanques centrales a estribor y tres tanques laterales a estribor
- Grupo 3: compuesto por tres tanques centrales a babor y tres tanques laterales a babor
- Grupo 4: compuesto por tres tanques centrales a estribor y tres tanques laterales a estribor.

*Nota: los tanque en los grupos 1/3, y 2 /4, tendrán una numeración distinta a lo largo de la eslora.



➤ MEDIOS DE LASTRADO Y DESLASTRADO

A) VALVULAS

Existen ocho válvulas, situadas en las cuatro cajas de mar (dos para cada cámara de bombas). Cada caja de mar está dividida en dos espacios y a cada uno de estos espacios le corresponde una válvula para las diferentes situaciones de calado del dique.

Hay cuatro válvulas situadas en la cámara de bombas de estribor y otras cuatro situadas en la cámara de bombas de babor. Estas válvulas son accionadas por control remoto desde la consola del puente de mando.

Hay otras válvulas operadas por control remoto, de posicionamiento fijo. Estas válvulas corresponden a las maniobras de las bombas de lastre y son operadas desde la consola de mando, mediante accionamiento hidráulico.

Válvulas operadas por control remoto, de posicionamiento gradual. Se accionan también desde la consola de mando, permitiendo distintos grados de apertura y conecta cada línea de tanques con la campana de aspiración, en el tanque correspondiente. Su accionamiento es hidráulico y se activa mediante válvulas solenoides, están situadas en las cámaras de bombas.

Válvulas de intercomunicación de las líneas de lastre. Estas válvulas están situadas sobre una línea, que comunica el sistema de lastre de cada cámara de bombas. Se operan manualmente y sirven para operar los grupos de tanques que corresponden a una cámara de bombas, con los medios de lastre/ deslastre de la otra cámara de bombas, alternativamente.

B) BOMBAS DE LASTRE

Existen cuatro unidades (dos por cada cámara de bombas).

Son del tipo vertical, centrifuga, movidas por motor eléctrico.

El volumen total de lastre es de $33566 m^3$ (al 100% de capacidad) y el tiempo para el lastrado/ deslastre, con las cuatro bombas, es de 3 horas, aproximadamente.



➤ **PUNTOS DE COMPROBACION (PREVIOS A LA INMERSION)**

Se ha de llevar a cabo la confirmación de la existencia de suficiente sonda, en la zona de inmersión.

Comprobar la existencia de interferencias, tanto en el fondo marino, como en la propia superficie del mar.

Otro punto a tener en cuenta es el amarre, o fondeo, adecuado del dique, para conservar su posicionamiento y permitir, al mismo tiempo, la inmersión.

Recogida de planchas de embarque, fijas o provisionales, escalas, mesetas, etc.

Cierre seguro de las puertas estancas de las cámaras de bombas, situadas en la cubierta principal.

Eliminación de todos los objetos situados sobre la cubierta principal que puedan ser arrastrados o desplazados con motivo de la inmersión.

En la primera inmersión hay que comprobar todas las tapas y registros de tanques están montados y asegurados.

➤ **PROCEDIMIENTO PARA LA INMERSION**

La maniobra de inmersión se lleva a cabo siguiendo la secuencia de operaciones que a continuación relacionamos:

Comprobar que las siguientes válvulas están abiertas:

- Válvulas de posicionamiento gradual.
- Cuatro de las válvulas de posicionamiento fijo.
- Dos válvulas de cámara de bombas de babor y otras dos válvulas de cámara de bombas de estribor (si el calado de la pontona es alto; esto es, superior a 3 metros).
- La otras dos válvulas de cámaras de bombas de babor y estribor (si el calado de la pontona es bajo; superior a 1.80 metros e inferior a 2.70 metros).

Comprobar que las siguientes válvulas están cerradas:

- Todas las válvulas pares de posicionamiento fijo.
- Todas las válvulas de intercomunicación de las líneas de lastre.



➤ **PROCEDIMIENTO DE EMERSION**

La secuencia de operaciones será la siguiente:

Operar con las siguientes válvulas:

- Abrir las válvulas impares de las cámaras de bombas (si se quiere operar con las tomas de mar altas).
- Abrir las válvulas pares de las cámaras de bombas (si se quiere operar con las tomas de mar bajas).
- Abrir cuatro válvulas de posicionamiento fijo.
- Abrir doce de las veinticuatro válvulas de posicionamiento gradual.

Confirmar que las siguientes válvulas permanecen cerradas:

- El resto de las válvulas de posicionamiento fijo.
- Las otras doce válvulas de posicionamiento gradual.
- Las válvulas de intercomunicación de las líneas de lastre.





6. *HIDROSTATICAS*

6.1. HIDROSTATICAS DEL DIQUE FLOTANTE CAJONERO

6.2. HIDROSTATICAS DEL DIQUE FLOTANTE CON CAJON



6. HIDROSTATICAS

Éstas son unas curvas, mediante las cuales se representan los resultados obtenidos de calcular las características o propiedades geométricas, del dique flotante en cuestión, para distintas flotaciones paralelas. Estas curvas nos permiten conocer el valor de los parámetros geométricos del dique para cualquier calado.

Las curvas que normalmente se representan en hidrostáticas son:

- **Volumen de carena**, se mide en m^3 . Es el volumen de la parte sumergida del dique (carena).
- **Desplazamiento en agua salada**, se mide en Tns. Es el peso del dique en la condición de carga determinada.
- **Área de flotaciones** (líneas de agua), en m^2 .
- **Abscisa del centro de gravedad de flotaciones**, en metros.
- **Abscisa del centro de carena**, en metros.
- **Ordenada del centro de carena**, en metros.
- **Radio metacéntrico transversal**, se mide en metros.
- **Radio metacéntrico longitudinal**, en metros.
- **Toneladas por centímetro de inmersión**, son las toneladas que hay que cargar o descargar en el dique para que su calado medio aumente o disminuya en un centímetro.
- **Momento para cambiar el trimado un centímetro**, en unidades métricas.
- **Coefficientes de forma**.

➤ PROPIEDADES HIDROSTATICAS.

Eslora total.....	70 mts.
Manga exterior.....	50 mts.
Manga interior.....	40 mts.
Puntal (cubierta techo).....	35.5 mts.
Puntal (cubierta central).....	5.5 mts.
Calado (condición de hundimiento).....	33.31 mts.
Espesor quilla.....	0.015 mts.

*Nota: la simbología la encontraremos en el Anexo A y las curvas en el Anexo B.



7.DISPOSICION GENERAL DE LOS TANQUES

7.1. CAPACIDADES DE LOS TANQUES

7.2. TABLA DE CAPACIDADES DE LOS TANQUES DEL
DIQUE

7.3. SONDAS DE LOS TANQUES



7.1. CAPACIDADES DE LOS TANQUES DEL DIQUE

Es muy importante el conocimiento exacto de la estabilidad del dique, así como saber en cada momento el estado de los líquidos que existen en los tanques del mismo, es necesario para ello conocer con exactitud la cantidad que tenemos de los mismos en cada momento, así como la posición de su centro de gravedad.

Para la obtención de los datos requeridos, antes mencionados, nos valemos de las “Tablas de Sonda” o “Calibración de Tanques”. El trazado de estas tablas se lleva a cabo calculando el volumen de cada uno de los tanques del dique, se calcula el volumen total, y a éste se le deduce un espacio ocupado por los refuerzos, tuberías, etc. que existen en el interior de los mismos, y cuyo valor se estima del orden del 1 al 2% del volumen total del tanque. Igualmente se trazan las curvas que nos definen la ordenada y abscisa del centro de gravedad del líquido contenido en el mismo en función de la cantidad del mismo contenida en cada momento.

Prácticamente, el conocimiento de la cantidad de líquido existente en un momento determinado en cualquier tanque, se obtiene midiendo la altura del mismo mediante unos tubos llamados “Tubos de Sonda”, que van desde el techo del tanque hasta el fondo del mismo. Entrando en las tablas de sonda del tanque correspondiente, calculamos la cantidad de líquido que contiene, así como la ordenada y abscisa del centro de gravedad del mismo.

Además de las tablas de sonda nombradas anteriormente, se debe suministrar un plano en el que se recogen la capacidad de aquellos espacios del dique destinados como tanques de lastre, de combustible, agua potable, aceite, etc. así como el centro de gravedad de cada uno de ellos. Este plano recibe el nombre de **Plano de Capacidades**, en donde se definen todos los espacios citados previamente. Este se adjunta al final del texto, donde se encuentran los planos del proyecto.



7.2. TABLA DE CAPACIDADES DE LOS TANQUES

➤ TANQUES DE LASTRE

TANQUE	CAPACIDAD (m ³)	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
Tank 1	481,233	7	9,375	2,75	0
Tank 2	962,466	7	18,75	2,75	0
Tank 3	962,466	7	31,25	2,75	0
Tank 4	962,466	7	43,75	2,75	0
Tank 5	962,5	21	6,25	2,75	0
Tank 6	962,5	21	18,75	2,75	0
Tank 7	962,5	21	31,25	2,75	0
Tank 8	962,5	21	43,75	2,75	0
Tank 9	962,5	35	6,25	2,75	0
Tank 10	962,5	35	18,75	2,75	0
Tank 11	962,5	35	31,25	2,75	0
Tank 12	962,5	35	43,75	2,75	0
Tank 13	962,5	49	6,25	2,75	0
Tank 14	962,5	49	18,75	2,75	0
Tank 15	962,5	49	31,25	2,75	0
Tank 16	962,5	49	43,75	2,75	0
Tank 17	962,466	63	6,25	2,75	0
Tank 18	962,466	63	18,75	2,75	0
Tank 19	962,466	63	31,25	2,75	0
Tank 20	481,233	63	40,625	2,75	0
Tank 21	1500	15	1,25	20,5	0
Tank 22	1500	35	1,25	20,5	0
Tank 23	1500	55	1,25	20,5	0
Tank 24	1500	15	48,75	20,5	0
Tank 25	1500	35	48,75	20,5	0
Tank 26	1500	55	48,75	20,5	0

➤ TANQUES DE AGUA DULCE

TANQUE	CAPACIDAD (m ³)	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
Agua dulce 1	187,223	3,752	48,751	20,493	0
Agua dulce 2	187,223	66,248	48,751	20,493	0
Total	374,446	35	48,751	20,493	0



➤ **TANQUES DE AGUA POTABLE**

TANQUE	CAPACIDAD (m ³)	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
Agua Potable	185,644	66,238	1,25	20,501	0

➤ **TANQUES DE FUEL OIL**

TANQUE	CAPACIDAD (m ³)	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
Fuel Oil	185,644	3,762	1,25	20,501	0



7.3. SONDAS DE LOS TANQUES

➤ TANQUE 1

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	481,233	493,36	7	9,375	2,75	0
5,389	471,56	483,443	7	9,375	2,695	0
5,25	459,359	470,934	7	9,375	2,625	291,998
5	437,484	448,509	7	9,375	2,5	291,998
4,75	415,61	426,084	7	9,375	2,375	291,998
4,5	393,736	403,658	7	9,375	2,25	291,998
4,25	371,862	381,233	7	9,375	2,125	291,998
4	349,987	358,807	7	9,375	2	291,998
3,75	328,113	336,382	7	9,375	1,875	291,998
3,5	306,239	313,956	7	9,375	1,75	291,998
3,25	284,365	291,531	7	9,375	1,625	291,998
3	262,491	269,105	7	9,375	1,5	291,998
2,75	240,616	246,68	7	9,375	1,375	291,998
2,5	218,742	224,254	7	9,375	1,25	291,998
2,25	196,868	201,829	7	9,375	1,125	291,998
2	174,994	179,404	7	9,375	1	291,998
1,75	153,12	156,978	7	9,375	0,875	291,998
1,5	131,245	134,553	7	9,375	0,75	291,998
1,25	109,371	112,127	7	9,375	0,625	291,998
1	87,497	89,702	7	9,375	0,5	291,998
0,75	65,623	67,276	7	9,375	0,375	291,998
0,5	43,748	44,851	7	9,375	0,25	291,998
0,25	21,874	22,425	7	9,375	0,125	291,998
0,055	4,812	4,934	7	9,375	0,028	291,998



➤ **TANQUE 2**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,466	986,72	7	18,75	2,75	0
5,389	943,12	966,887	7	18,75	2,695	0
5,25	918,717	941,869	7	18,75	2,625	2335,984
5	874,969	897,018	7	18,75	2,5	2335,984
4,75	831,22	852,167	7	18,75	2,375	2335,984
4,5	787,472	807,316	7	18,75	2,25	2335,984
4,25	743,723	762,465	7	18,75	2,125	2335,984
4	699,975	717,614	7	18,75	2	2335,984
3,75	656,227	672,763	7	18,75	1,875	2335,984
3,5	612,478	627,913	7	18,75	1,75	2335,984
3,25	568,73	583,062	7	18,75	1,625	2335,984
3	524,981	538,211	7	18,75	1,5	2335,984
2,75	481,233	493,36	7	18,75	1,375	2335,984
2,5	437,484	448,509	7	18,75	1,25	2335,984
2,25	393,736	403,658	7	18,75	1,125	2335,984
2	349,987	358,807	7	18,75	1	2335,984
1,75	306,239	313,956	7	18,75	0,875	2335,984
1,5	262,491	269,105	7	18,75	0,75	2335,984
1,25	218,742	224,254	7	18,75	0,625	2335,984
1	174,994	179,404	7	18,75	0,5	2335,984
0,75	131,245	134,553	7	18,75	0,375	2335,984
0,5	87,497	89,702	7	18,75	0,25	2335,984
0,25	43,748	44,851	7	18,75	0,125	2335,984
0,055	9,625	9,867	7	18,75	0,028	2335,984

➤ **TANQUE 3**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,466	986,72	7	31,25	2,75	0
5,389	943,12	966,887	7	31,25	2,695	0
5,25	918,717	941,869	7	31,25	2,625	2335,984
5	874,969	897,018	7	31,25	2,5	2335,984
4,75	831,22	852,167	7	31,25	2,375	2335,984
4,5	787,472	807,316	7	31,25	2,25	2335,984
4,25	743,723	762,465	7	31,25	2,125	2335,984
4	699,975	717,614	7	31,25	2	2335,984
3,75	656,227	672,763	7	31,25	1,875	2335,984
3,5	612,478	627,913	7	31,25	1,75	2335,984
3,25	568,73	583,062	7	31,25	1,625	2335,984



3	524,981	538,211	7	31,25	1,5	2335,984
2,75	481,233	493,36	7	31,25	1,375	2335,984
2,5	437,484	448,509	7	31,25	1,25	2335,984
2,25	393,736	403,658	7	31,25	1,125	2335,984
2	349,987	358,807	7	31,25	1	2335,984
1,75	306,239	313,956	7	31,25	0,875	2335,984
1,5	262,491	269,105	7	31,25	0,75	2335,984
1,25	218,742	224,254	7	31,25	0,625	2335,984
1	174,994	179,404	7	31,25	0,5	2335,984
0,75	131,245	134,553	7	31,25	0,375	2335,984
0,5	87,497	89,702	7	31,25	0,25	2335,984
0,25	43,748	44,851	7	31,25	0,125	2335,984
0,055	9,625	9,867	7	31,25	0,028	2335,984

➤ TANQUE 4

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,466	986,72	7	43,75	2,75	0
5,389	943,12	966,887	7	43,75	2,695	0
5,25	918,717	941,869	7	43,75	2,625	2335,984
5	874,969	897,018	7	43,75	2,5	2335,984
4,75	831,22	852,167	7	43,75	2,375	2335,984
4,5	787,472	807,316	7	43,75	2,25	2335,984
4,25	743,723	762,465	7	43,75	2,125	2335,984
4	699,975	717,614	7	43,75	2	2335,984
3,75	656,227	672,763	7	43,75	1,875	2335,984
3,5	612,478	627,913	7	43,75	1,75	2335,984
3,25	568,73	583,062	7	43,75	1,625	2335,984
3	524,981	538,211	7	43,75	1,5	2335,984
2,75	481,233	493,36	7	43,75	1,375	2335,984
2,5	437,484	448,509	7	43,75	1,25	2335,984
2,25	393,736	403,658	7	43,75	1,125	2335,984
2	349,987	358,807	7	43,75	1	2335,984
1,75	306,239	313,956	7	43,75	0,875	2335,984
1,5	262,491	269,105	7	43,75	0,75	2335,984
1,25	218,742	224,254	7	43,75	0,625	2335,984
1	174,994	179,404	7	43,75	0,5	2335,984
0,75	131,245	134,553	7	43,75	0,375	2335,984
0,5	87,497	89,702	7	43,75	0,25	2335,984
0,25	43,748	44,851	7	43,75	0,125	2335,984
0,055	9,625	9,867	7	43,75	0,028	2335,984



➤ **TANQUE 5**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	21	6,25	2,75	0
5,389	943,154	966,921	21	6,25	2,695	0
5,25	918,75	941,902	21	6,25	2,625	2336,068
5	875	897,05	21	6,25	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	21	6,25	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	21	6,25	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	21	6,25	2,125	2336,068
4	700	717,64	21	6,25	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	21	6,25	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	21	6,25	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	21	6,25	1,625	2336,068
3	525	538,23	21	6,25	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	21	6,25	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	21	6,25	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	21	6,25	1,125	2336,068
2	350	358,82	21	6,25	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	21	6,25	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	21	6,25	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	21	6,25	0,625	2336,068
1	175	179,41	21	6,25	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	21	6,25	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	21	6,25	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	21	6,25	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	21	6,25	0,028	2336,068

➤ **TANQUE 6**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	21	18,75	2,75	0
5,389	943,154	966,921	21	18,75	2,695	0
5,25	918,75	941,902	21	18,75	2,625	2336,068
5	875	897,05	21	18,75	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	21	18,75	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	21	18,75	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	21	18,75	2,125	2336,068
4	700	717,64	21	18,75	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	21	18,75	1,875	2336,068



3,5	612,5	627,935	21	18,75	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	21	18,75	1,625	2336,068
3	525	538,23	21	18,75	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	21	18,75	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	21	18,75	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	21	18,75	1,125	2336,068
2	350	358,82	21	18,75	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	21	18,75	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	21	18,75	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	21	18,75	0,625	2336,068
1	175	179,41	21	18,75	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	21	18,75	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	21	18,75	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	21	18,75	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	21	18,75	0,028	2336,068

➤ TANQUE 7

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	21	31,25	2,75	0
5,389	943,154	966,921	21	31,25	2,695	0
5,25	918,75	941,902	21	31,25	2,625	2336,068
5	875	897,05	21	31,25	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	21	31,25	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	21	31,25	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	21	31,25	2,125	2336,068
4	700	717,64	21	31,25	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	21	31,25	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	21	31,25	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	21	31,25	1,625	2336,068
3	525	538,23	21	31,25	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	21	31,25	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	21	31,25	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	21	31,25	1,125	2336,068
2	350	358,82	21	31,25	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	21	31,25	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	21	31,25	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	21	31,25	0,625	2336,068
1	175	179,41	21	31,25	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	21	31,25	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	21	31,25	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	21	31,25	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	21	31,25	0,028	2336,068



➤ **TANQUE 8**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	21	43,75	2,75	0
5,389	943,154	966,921	21	43,75	2,695	0
5,25	918,75	941,902	21	43,75	2,625	2336,068
5	875	897,05	21	43,75	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	21	43,75	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	21	43,75	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	21	43,75	2,125	2336,068
4	700	717,64	21	43,75	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	21	43,75	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	21	43,75	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	21	43,75	1,625	2336,068
3	525	538,23	21	43,75	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	21	43,75	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	21	43,75	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	21	43,75	1,125	2336,068
2	350	358,82	21	43,75	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	21	43,75	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	21	43,75	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	21	43,75	0,625	2336,068
1	175	179,41	21	43,75	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	21	43,75	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	21	43,75	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	21	43,75	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	21	43,75	0,028	2336,068

➤ **TANQUE 9**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	35	6,25	2,75	0
5,389	943,154	966,921	35	6,25	2,695	0
5,25	918,75	941,902	35	6,25	2,625	2336,068
5	875	897,05	35	6,25	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	35	6,25	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	35	6,25	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	35	6,25	2,125	2336,068
4	700	717,64	35	6,25	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	35	6,25	1,875	2336,068



3,5	612,5	627,935	35	6,25	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	35	6,25	1,625	2336,068
3	525	538,23	35	6,25	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	35	6,25	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	35	6,25	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	35	6,25	1,125	2336,068
2	350	358,82	35	6,25	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	35	6,25	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	35	6,25	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	35	6,25	0,625	2336,068
1	175	179,41	35	6,25	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	35	6,25	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	35	6,25	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	35	6,25	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	35	6,25	0,028	2336,068

➤ **TANQUE 10**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	35	18,75	2,75	0
5,389	943,154	966,921	35	18,75	2,695	0
5,25	918,75	941,902	35	18,75	2,625	2336,068
5	875	897,05	35	18,75	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	35	18,75	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	35	18,75	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	35	18,75	2,125	2336,068
4	700	717,64	35	18,75	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	35	18,75	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	35	18,75	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	35	18,75	1,625	2336,068
3	525	538,23	35	18,75	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	35	18,75	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	35	18,75	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	35	18,75	1,125	2336,068
2	350	358,82	35	18,75	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	35	18,75	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	35	18,75	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	35	18,75	0,625	2336,068
1	175	179,41	35	18,75	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	35	18,75	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	35	18,75	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	35	18,75	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	35	18,75	0,028	2336,068



➤ **TANQUE 11**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	35	31,25	2,75	0
5,389	943,154	966,921	35	31,25	2,695	0
5,25	918,75	941,902	35	31,25	2,625	2336,068
5	875	897,05	35	31,25	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	35	31,25	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	35	31,25	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	35	31,25	2,125	2336,068
4	700	717,64	35	31,25	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	35	31,25	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	35	31,25	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	35	31,25	1,625	2336,068
3	525	538,23	35	31,25	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	35	31,25	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	35	31,25	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	35	31,25	1,125	2336,068
2	350	358,82	35	31,25	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	35	31,25	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	35	31,25	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	35	31,25	0,625	2336,068
1	175	179,41	35	31,25	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	35	31,25	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	35	31,25	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	35	31,25	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	35	31,25	0,028	2336,068

➤ **TANQUE 12**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	35	43,75	2,75	0
5,389	943,154	966,921	35	43,75	2,695	0
5,25	918,75	941,902	35	43,75	2,625	2336,068
5	875	897,05	35	43,75	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	35	43,75	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	35	43,75	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	35	43,75	2,125	2336,068
4	700	717,64	35	43,75	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	35	43,75	1,875	2336,068



3,5	612,5	627,935	35	43,75	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	35	43,75	1,625	2336,068
3	525	538,23	35	43,75	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	35	43,75	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	35	43,75	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	35	43,75	1,125	2336,068
2	350	358,82	35	43,75	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	35	43,75	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	35	43,75	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	35	43,75	0,625	2336,068
1	175	179,41	35	43,75	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	35	43,75	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	35	43,75	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	35	43,75	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	35	43,75	0,028	2336,068

➤ TANQUE 13

SONDA	CAPACIDAD					
	(m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	49	6,25	2,75	0
5,389	943,154	966,921	49	6,25	2,695	0
5,25	918,75	941,902	49	6,25	2,625	2336,068
5	875	897,05	49	6,25	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	49	6,25	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	49	6,25	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	49	6,25	2,125	2336,068
4	700	717,64	49	6,25	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	49	6,25	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	49	6,25	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	49	6,25	1,625	2336,068
3	525	538,23	49	6,25	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	49	6,25	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	49	6,25	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	49	6,25	1,125	2336,068
2	350	358,82	49	6,25	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	49	6,25	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	49	6,25	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	49	6,25	0,625	2336,068
1	175	179,41	49	6,25	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	49	6,25	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	49	6,25	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	49	6,25	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	49	6,25	0,028	2336,068



➤ **TANQUE 14**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	49	18,75	2,75	0
5,389	943,154	966,921	49	18,75	2,695	0
5,25	918,75	941,902	49	18,75	2,625	2336,068
5	875	897,05	49	18,75	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	49	18,75	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	49	18,75	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	49	18,75	2,125	2336,068
4	700	717,64	49	18,75	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	49	18,75	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	49	18,75	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	49	18,75	1,625	2336,068
3	525	538,23	49	18,75	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	49	18,75	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	49	18,75	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	49	18,75	1,125	2336,068
2	350	358,82	49	18,75	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	49	18,75	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	49	18,75	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	49	18,75	0,625	2336,068
1	175	179,41	49	18,75	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	49	18,75	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	49	18,75	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	49	18,75	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	49	18,75	0,028	2336,068

➤ **TANQUE 15**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	49	31,25	2,75	0
5,389	943,154	966,921	49	31,25	2,695	0
5,25	918,75	941,902	49	31,25	2,625	2336,068
5	875	897,05	49	31,25	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	49	31,25	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	49	31,25	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	49	31,25	2,125	2336,068
4	700	717,64	49	31,25	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	49	31,25	1,875	2336,068



3,5	612,5	627,935	49	31,25	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	49	31,25	1,625	2336,068
3	525	538,23	49	31,25	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	49	31,25	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	49	31,25	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	49	31,25	1,125	2336,068
2	350	358,82	49	31,25	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	49	31,25	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	49	31,25	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	49	31,25	0,625	2336,068
1	175	179,41	49	31,25	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	49	31,25	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	49	31,25	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	49	31,25	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	49	31,25	0,028	2336,068

➤ **TANQUE 16**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,5	986,755	49	43,75	2,75	0
5,389	943,154	966,921	49	43,75	2,695	0
5,25	918,75	941,902	49	43,75	2,625	2336,068
5	875	897,05	49	43,75	2,5	2336,068
4,75	831,25	852,197	49	43,75	2,375	2336,068
4,5	787,5	807,345	49	43,75	2,25	2336,068
4,25	743,75	762,492	49	43,75	2,125	2336,068
4	700	717,64	49	43,75	2	2336,068
3,75	656,25	672,787	49	43,75	1,875	2336,068
3,5	612,5	627,935	49	43,75	1,75	2336,068
3,25	568,75	583,082	49	43,75	1,625	2336,068
3	525	538,23	49	43,75	1,5	2336,068
2,75	481,25	493,377	49	43,75	1,375	2336,068
2,5	437,5	448,525	49	43,75	1,25	2336,068
2,25	393,75	403,672	49	43,75	1,125	2336,068
2	350	358,82	49	43,75	1	2336,068
1,75	306,25	313,967	49	43,75	0,875	2336,068
1,5	262,5	269,115	49	43,75	0,75	2336,068
1,25	218,75	224,262	49	43,75	0,625	2336,068
1	175	179,41	49	43,75	0,5	2336,068
0,75	131,25	134,557	49	43,75	0,375	2336,068
0,5	87,5	89,705	49	43,75	0,25	2336,068
0,25	43,75	44,852	49	43,75	0,125	2336,068
0,055	9,625	9,868	49	43,75	0,028	2336,068



➤ **TANQUE 17**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,466	986,72	63	6,25	2,75	0
5,389	943,12	966,887	63	6,25	2,695	0
5,25	918,717	941,869	63	6,25	2,625	2335,984
5	874,969	897,018	63	6,25	2,5	2335,984
4,75	831,22	852,167	63	6,25	2,375	2335,984
4,5	787,472	807,316	63	6,25	2,25	2335,984
4,25	743,723	762,465	63	6,25	2,125	2335,984
4	699,975	717,614	63	6,25	2	2335,984
3,75	656,227	672,763	63	6,25	1,875	2335,984
3,5	612,478	627,913	63	6,25	1,75	2335,984
3,25	568,73	583,062	63	6,25	1,625	2335,984
3	524,981	538,211	63	6,25	1,5	2335,984
2,75	481,233	493,36	63	6,25	1,375	2335,984
2,5	437,484	448,509	63	6,25	1,25	2335,984
2,25	393,736	403,658	63	6,25	1,125	2335,984
2	349,987	358,807	63	6,25	1	2335,984
1,75	306,239	313,956	63	6,25	0,875	2335,984
1,5	262,491	269,105	63	6,25	0,75	2335,984
1,25	218,742	224,254	63	6,25	0,625	2335,984
1	174,994	179,404	63	6,25	0,5	2335,984
0,75	131,245	134,553	63	6,25	0,375	2335,984
0,5	87,497	89,702	63	6,25	0,25	2335,984
0,25	43,748	44,851	63	6,25	0,125	2335,984
0,055	9,625	9,867	63	6,25	0,028	2335,984

➤ **TANQUE 18**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,466	986,72	63	18,75	2,75	0
5,389	943,12	966,887	63	18,75	2,695	0
5,25	918,717	941,869	63	18,75	2,625	2335,984
5	874,969	897,018	63	18,75	2,5	2335,984
4,75	831,22	852,167	63	18,75	2,375	2335,984
4,5	787,472	807,316	63	18,75	2,25	2335,984
4,25	743,723	762,465	63	18,75	2,125	2335,984
4	699,975	717,614	63	18,75	2	2335,984
3,75	656,227	672,763	63	18,75	1,875	2335,984



3,5	612,478	627,913	63	18,75	1,75	2335,984
3,25	568,73	583,062	63	18,75	1,625	2335,984
3	524,981	538,211	63	18,75	1,5	2335,984
2,75	481,233	493,36	63	18,75	1,375	2335,984
2,5	437,484	448,509	63	18,75	1,25	2335,984
2,25	393,736	403,658	63	18,75	1,125	2335,984
2	349,987	358,807	63	18,75	1	2335,984
1,75	306,239	313,956	63	18,75	0,875	2335,984
1,5	262,491	269,105	63	18,75	0,75	2335,984
1,25	218,742	224,254	63	18,75	0,625	2335,984
1	174,994	179,404	63	18,75	0,5	2335,984
0,75	131,245	134,553	63	18,75	0,375	2335,984
0,5	87,497	89,702	63	18,75	0,25	2335,984
0,25	43,748	44,851	63	18,75	0,125	2335,984
0,055	9,625	9,867	63	18,75	0,028	2335,984

➤ TANQUE 19

SONDA	CAPACIDAD					
	(m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	962,466	986,72	63	31,25	2,75	0
5,389	943,12	966,887	63	31,25	2,695	0
5,25	918,717	941,869	63	31,25	2,625	2335,984
5	874,969	897,018	63	31,25	2,5	2335,984
4,75	831,22	852,167	63	31,25	2,375	2335,984
4,5	787,472	807,316	63	31,25	2,25	2335,984
4,25	743,723	762,465	63	31,25	2,125	2335,984
4	699,975	717,614	63	31,25	2	2335,984
3,75	656,227	672,763	63	31,25	1,875	2335,984
3,5	612,478	627,913	63	31,25	1,75	2335,984
3,25	568,73	583,062	63	31,25	1,625	2335,984
3	524,981	538,211	63	31,25	1,5	2335,984
2,75	481,233	493,36	63	31,25	1,375	2335,984
2,5	437,484	448,509	63	31,25	1,25	2335,984
2,25	393,736	403,658	63	31,25	1,125	2335,984
2	349,987	358,807	63	31,25	1	2335,984
1,75	306,239	313,956	63	31,25	0,875	2335,984
1,5	262,491	269,105	63	31,25	0,75	2335,984
1,25	218,742	224,254	63	31,25	0,625	2335,984
1	174,994	179,404	63	31,25	0,5	2335,984
0,75	131,245	134,553	63	31,25	0,375	2335,984
0,5	87,497	89,702	63	31,25	0,25	2335,984
0,25	43,748	44,851	63	31,25	0,125	2335,984
0,055	9,625	9,867	63	31,25	0,028	2335,984



➤ **TANQUE 20**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
5,5	481,233	493,36	63	40,625	2,75	0
5,389	471,56	483,443	63	40,625	2,695	0
5,25	459,359	470,934	63	40,625	2,625	291,998
5	437,484	448,509	63	40,625	2,5	291,998
4,75	415,61	426,084	63	40,625	2,375	291,998
4,5	393,736	403,658	63	40,625	2,25	291,998
4,25	371,862	381,233	63	40,625	2,125	291,998
4	349,987	358,807	63	40,625	2	291,998
3,75	328,113	336,382	63	40,625	1,875	291,998
3,5	306,239	313,956	63	40,625	1,75	291,998
3,25	284,365	291,531	63	40,625	1,625	291,998
3	262,491	269,105	63	40,625	1,5	291,998
2,75	240,616	246,68	63	40,625	1,375	291,998
2,5	218,742	224,254	63	40,625	1,25	291,998
2,25	196,868	201,829	63	40,625	1,125	291,998
2	174,994	179,404	63	40,625	1	291,998
1,75	153,12	156,978	63	40,625	0,875	291,998
1,5	131,245	134,553	63	40,625	0,75	291,998
1,25	109,371	112,127	63	40,625	0,625	291,998
1	87,497	89,702	63	40,625	0,5	291,998
0,75	65,623	67,276	63	40,625	0,375	291,998
0,5	43,748	44,851	63	40,625	0,25	291,998
0,25	21,874	22,425	63	40,625	0,125	291,998
0,055	4,812	4,934	63	40,625	0,028	291,998

➤ **TANQUE 21**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	1500	1537,8	15	1,25	20,5	0
29,397	1469,85	1506,89	15	1,25	20,198	0
28	1400	1435,28	15	1,25	19,5	26,698
26	1300	1332,76	15	1,25	18,5	26,698
24	1200	1230,24	15	1,25	17,5	26,698
22	1100	1127,72	15	1,25	16,5	26,698
20	1000	1025,2	15	1,25	15,5	26,698
18	900	922,68	15	1,25	14,5	26,698
16	800	820,16	15	1,25	13,5	26,698



14	700	717,64	15	1,25	12,5	26,698
12	600	615,12	15	1,25	11,5	26,698
10	500	512,6	15	1,25	10,5	26,698
8	400	410,08	15	1,25	9,5	26,698
6	300	307,56	15	1,25	8,5	26,698
4	200	205,04	15	1,25	7,5	26,698
2	100	102,52	15	1,25	6,5	26,698
0,3	15	15,378	15	1,25	5,65	26,698

➤ **TANQUE 22**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	1500	1537,8	35	1,25	20,5	0
29,397	1469,85	1506,89	35	1,25	20,198	0
28	1400	1435,28	35	1,25	19,5	26,698
26	1300	1332,76	35	1,25	18,5	26,698
24	1200	1230,24	35	1,25	17,5	26,698
22	1100	1127,72	35	1,25	16,5	26,698
20	1000	1025,2	35	1,25	15,5	26,698
18	900	922,68	35	1,25	14,5	26,698
16	800	820,16	35	1,25	13,5	26,698
14	700	717,64	35	1,25	12,5	26,698
12	600	615,12	35	1,25	11,5	26,698
10	500	512,6	35	1,25	10,5	26,698
8	400	410,08	35	1,25	9,5	26,698
6	300	307,56	35	1,25	8,5	26,698
4	200	205,04	35	1,25	7,5	26,698
2	100	102,52	35	1,25	6,5	26,698
0,3	15	15,378	35	1,25	5,65	26,698

➤ **TANQUE 23**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	1500	1537,8	55	1,25	20,5	0
29,397	1469,85	1506,89	55	1,25	20,198	0
28	1400	1435,28	55	1,25	19,5	26,698
26	1300	1332,76	55	1,25	18,5	26,698
24	1200	1230,24	55	1,25	17,5	26,698
22	1100	1127,72	55	1,25	16,5	26,698
20	1000	1025,2	55	1,25	15,5	26,698
18	900	922,68	55	1,25	14,5	26,698



16	800	820,16	55	1,25	13,5	26,698
14	700	717,64	55	1,25	12,5	26,698
12	600	615,12	55	1,25	11,5	26,698
10	500	512,6	55	1,25	10,5	26,698
8	400	410,08	55	1,25	9,5	26,698
6	300	307,56	55	1,25	8,5	26,698
4	200	205,04	55	1,25	7,5	26,698
2	100	102,52	55	1,25	6,5	26,698
0,3	15	15,378	55	1,25	5,65	26,698

➤ **TANQUE 24**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	1500	1537,8	15	48,75	20,5	0
29,397	1469,85	1506,89	15	48,75	20,198	0
28	1400	1435,28	15	48,75	19,5	26,698
26	1300	1332,76	15	48,75	18,5	26,698
24	1200	1230,24	15	48,75	17,5	26,698
22	1100	1127,72	15	48,75	16,5	26,698
20	1000	1025,2	15	48,75	15,5	26,698
18	900	922,68	15	48,75	14,5	26,698
16	800	820,16	15	48,75	13,5	26,698
14	700	717,64	15	48,75	12,5	26,698
12	600	615,12	15	48,75	11,5	26,698
10	500	512,6	15	48,75	10,5	26,698
8	400	410,08	15	48,75	9,5	26,698
6	300	307,56	15	48,75	8,5	26,698
4	200	205,04	15	48,75	7,5	26,698
2	100	102,52	15	48,75	6,5	26,698
0,3	15	15,378	15	48,75	5,65	26,698

➤ **TANQUE 25**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	1500	1537,8	35	48,75	20,5	0
29,397	1469,85	1506,89	35	48,75	20,198	0
28	1400	1435,28	35	48,75	19,5	26,698
26	1300	1332,76	35	48,75	18,5	26,698
24	1200	1230,24	35	48,75	17,5	26,698
22	1100	1127,72	35	48,75	16,5	26,698
20	1000	1025,2	35	48,75	15,5	26,698



18	900	922,68	35	48,75	14,5	26,698
16	800	820,16	35	48,75	13,5	26,698
14	700	717,64	35	48,75	12,5	26,698
12	600	615,12	35	48,75	11,5	26,698
10	500	512,6	35	48,75	10,5	26,698
8	400	410,08	35	48,75	9,5	26,698
6	300	307,56	35	48,75	8,5	26,698
4	200	205,04	35	48,75	7,5	26,698
2	100	102,52	35	48,75	6,5	26,698
0,3	15	15,378	35	48,75	5,65	26,698

➤ **TANQUE 26**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	1500	1537,8	55	48,75	20,5	0
29,397	1469,85	1506,89	55	48,75	20,198	0
28	1400	1435,28	55	48,75	19,5	26,698
26	1300	1332,76	55	48,75	18,5	26,698
24	1200	1230,24	55	48,75	17,5	26,698
22	1100	1127,72	55	48,75	16,5	26,698
20	1000	1025,2	55	48,75	15,5	26,698
18	900	922,68	55	48,75	14,5	26,698
16	800	820,16	55	48,75	13,5	26,698
14	700	717,64	55	48,75	12,5	26,698
12	600	615,12	55	48,75	11,5	26,698
10	500	512,6	55	48,75	10,5	26,698
8	400	410,08	55	48,75	9,5	26,698
6	300	307,56	55	48,75	8,5	26,698
4	200	205,04	55	48,75	7,5	26,698
2	100	102,52	55	48,75	6,5	26,698
0,3	15	15,378	55	48,75	5,65	26,698

➤ **TANQUE AGUA DULCE PROA**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	187,223	187,223	3,752	48,751	20,493	0
29,397	183,461	183,461	3,752	48,751	20,191	0
28	174,754	174,754	3,752	48,751	19,493	3,24
26	162,288	162,288	3,752	48,751	18,494	3,241
24	149,82	149,82	3,751	48,751	17,495	3,241



22	137,348	137,348	3,751	48,751	16,496	3,242
20	124,875	124,875	3,751	48,751	15,497	3,242
18	112,399	112,399	3,751	48,751	14,497	3,243
16	99,92	99,92	3,751	48,751	13,498	3,244
14	87,439	87,439	3,751	48,751	12,498	3,245
12	74,955	74,955	3,751	48,751	11,499	3,246
10	62,469	62,469	3,751	48,751	10,499	3,247
8	49,98	49,98	3,75	48,75	9,499	3,249
6	37,489	37,489	3,75	48,75	8,5	3,25
4	24,995	24,995	3,75	48,75	7,5	3,252
2	12,499	12,499	3,75	48,75	6,5	3,253
0,3	1,875	1,875	3,75	48,75	5,65	3,255

➤ **TANQUE AGUA DULCE POPA**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	187,223	187,223	66,248	48,751	20,493	0
29,397	183,461	183,461	66,248	48,751	20,191	0
28	174,754	174,754	66,248	48,751	19,493	3,24
26	162,288	162,288	66,248	48,751	18,494	3,241
24	149,82	149,82	66,249	48,751	17,495	3,241
22	137,348	137,348	66,249	48,751	16,496	3,242
20	124,875	124,875	66,249	48,751	15,497	3,242
18	112,399	112,399	66,249	48,751	14,497	3,243
16	99,92	99,92	66,249	48,751	13,498	3,244
14	87,439	87,439	66,249	48,751	12,498	3,245
12	74,955	74,955	66,249	48,751	11,499	3,246
10	62,469	62,469	66,249	48,751	10,499	3,247
8	49,98	49,98	66,25	48,75	9,499	3,249
6	37,489	37,489	66,25	48,75	8,5	3,25
4	24,995	24,995	66,25	48,75	7,5	3,252
2	12,499	12,499	66,25	48,75	6,5	3,253
0,3	1,875	1,875	66,25	48,75	5,65	3,255

➤ **TANQUE AGUA POTABLE**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	185,644	185,644	66,238	1,25	20,501	0
29,397	181,913	181,913	66,238	1,25	20,2	0
28	173,267	173,267	66,238	1,25	19,501	3,226
26	160,888	160,888	66,238	1,25	18,501	3,226



24	148,509	148,509	66,238	1,25	17,501	3,225
22	136,132	136,132	66,238	1,25	16,501	3,225
20	123,754	123,754	66,238	1,25	15,501	3,225
18	111,377	111,377	66,238	1,25	14,5	3,225
16	99	99	66,238	1,25	13,5	3,224
14	86,624	86,624	66,238	1,25	12,5	3,224
12	74,248	74,248	66,238	1,25	11,5	3,224
10	61,872	61,872	66,237	1,25	10,5	3,224
8	49,497	49,497	66,237	1,25	9,5	3,223
6	37,122	37,122	66,237	1,25	8,5	3,223
4	24,748	24,748	66,237	1,25	7,5	3,223
2	12,374	12,374	66,237	1,25	6,5	3,223
0,3	1,856	1,856	66,237	1,25	5,65	3,222

➤ **TANQUE FUEL OIL**

SONDA	CAPACIDAD (m ³)	PESO	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (Tn)
30	185,644	175,304	3,762	1,25	20,501	0
29,397	181,913	171,781	3,762	1,25	20,2	0
28	173,267	163,616	3,762	1,25	19,501	3,046
26	160,888	151,926	3,762	1,25	18,501	3,046
24	148,509	140,237	3,762	1,25	17,501	3,046
22	136,132	128,549	3,762	1,25	16,501	3,045
20	123,754	116,861	3,762	1,25	15,501	3,045
18	111,377	105,173	3,762	1,25	14,5	3,045
16	99	93,486	3,762	1,25	13,5	3,045
14	86,624	81,799	3,762	1,25	12,5	3,045
12	74,248	70,112	3,762	1,25	11,5	3,044
10	61,872	58,426	3,763	1,25	10,5	3,044
8	49,497	46,74	3,763	1,25	9,5	3,044
6	37,122	35,054	3,763	1,25	8,5	3,044
4	24,748	23,369	3,763	1,25	7,5	3,043
2	12,374	11,684	3,763	1,25	6,5	3,043
0,3	1,856	1,753	3,763	1,25	5,65	3,043



8. PESO EN ROSCA



8. PESO EN ROSCA

El **peso**, o también llamado desplazamiento, **en rosca**, es el peso de la estructura del dique más el peso de la maquinaria con sus fluidos en circulación y sus respetos (repuestos) reglamentarios, más el peso del equipo y la habilitación del mismo.

Para determinar el nuevo peso en rosca tendremos en cuenta las estructuras auxiliares como el paraguas del dique.

Además de determinar el peso en rosca del dique, determinaremos la posición del **centro de gravedad** (c.d.g.) del mismo para esta situación actual, para ello, determinaremos la posición del Centro de Gravedad de cada partida, incluidas anteriormente en el nuevo peso en rosca.

El Centro de Gravedad se define como el punto donde se encuentra el punto de aplicación de la resultante de todos los pesos que componen el dique, es decir, el punto de aplicación del vector desplazamiento o peso del dique.

Su posición se determina mediante tres coordenadas:

- KG, es la distancia vertical del centro de gravedad a la línea base del dique (quilla). Va a influir fundamentalmente en la estabilidad.
- XG, es la distancia horizontal desde el centro de gravedad a la línea de referencia, considerando como tal la perpendicular de popa (XG). Va a influir en la determinación de los calados en proa y popa.
- LG, es la distancia del centro de gravedad al plano de crujía del dique. Cuando es distinta de cero, indica que el dique estará en equilibrio con un determinado ángulo de escora. Si es cero, se dice que el dique esta adrizado.

En general, para obtener el centro de gravedad en cualquier situación de carga es fundamental conocer las coordenadas del centro de gravedad del desplazamiento en rosca, así como las coordenadas de los centros de gravedad de los distintos elementos que integran el peso muerto del dique. Por ello, hemos de definir, mediante cálculos, la posición del centro de gravedad del nuevo peso en rosca, a partir del cual podremos determinar las nuevas coordenadas de dicho centro en función de la situación de carga en la cual se encuentre el dique en cada momento.

Para llevar a cabo el cálculo de las coordenadas antes definidas, aplicaremos el siguiente principio, el cual dice así:

El momento de primer orden de una magnitud (fuerza) respecto a un plano o a un eje es el producto de esa magnitud por la distancia que la separa del plano o eje.



El principio de igualdad de momentos establece que el producto de unas magnitudes por sus respectivas distancias a un plano o eje, es igual al producto de la resultante a ese plano o eje, entonces, tenemos que:

$$P * d = \sum P_i * d_i \implies d = \frac{\sum P_i * d_i}{P}$$

Por lo tanto, las fórmulas correspondientes a las coordenadas del centro de gravedad serán:

$$KG = \frac{\sum P_i * Kg_i}{\Delta} \text{ Distancia de la línea base (quilla).}$$

$$XG = \frac{\sum P_i * Xg_i}{\Delta} \text{ Distancia a la } P_{pp}.$$

$$LG = \frac{\sum P_i * Lg_i}{\Delta} \text{ Distancia al plano de crujía.}$$

Otro método para establecer dicho centro es utilizando una tabla de momentos, el cual sirve para determinar el desplazamiento final y las coordenadas del centro de gravedad final, a partir de los pesos, así como las coordenadas correspondientes a cada partida, es decir:

Designación	Peso	Kg	Mto.Kg	Xg	Mto.Xg	Lg	Mto.Lg
$\Delta r_{inicial}$	Δr	KG	$\Delta r \times KG$	XG	$\Delta r \times XG$	LG	$\Delta r \times LG$
Partida p₁	p ₁	Kg ₁	p ₁ × Kg ₁	Xg ₁	p ₁ × Xg ₁	Lg ₁	p ₁ × Lg ₁
Partida p₂	P ₂	Kg ₂	P ₂ × Kg ₂	Xg ₂	P ₂ × Xg ₂	Lg ₂	P ₂ × Lg ₂
..... p ₃							
..... p _n							
TOTALES	Δ_f		$\Delta r KG + \sum p_i Kg_i$		$\Delta r XG + \sum p_i Xg_i$		$\Delta r LG + \sum p_i Lg_i$

$$KG = \frac{\Delta r * KG + \sum P_i * Kg_i}{\Delta_f}$$

$$XG = \frac{\Delta r * XG + \sum P_i * Xg_i}{\Delta_f}$$



$$LG = \frac{\Delta_r * LG + \sum P_i * Lg_i}{\Delta_f}$$

Una vez descrito el proceso que seguiremos más adelante para la obtención de los valores del nuevo peso en rosca y las coordenadas de su centro de gravedad, pasamos a mencionar brevemente las distintas partidas que integrarán el llamado nuevo desplazamiento en rosca, quedando de este modo plasmado tanto el peso como las coordenadas del centro de gravedad de cada una de ellas, para poder proceder así a realizar los cálculos oportunos.

Las partidas que van a definir el nuevo peso en rosca son las siguientes:

➤ PESO DE ACERO

En este caso, el peso de acero de nuestro dique se ha obtenido mediante un estudio estadístico entre varios diques flotantes de estas características. Para una aproximación mayor de este peso nos hemos fijado en el dique llamado “Kugira”, el cual, tiene aproximadamente las mismas dimensiones que el dique flotante donde queremos construir nuestro cajón de hormigón.

Tras este estudio estadístico se determina un peso de acero de **4237,732 Tns.**

➤ TORRES DE ELEVACION

Estas forman parte del nuevo desplazamiento en rosca del dique. Se disponen cuatro torres, distribuidas del mismo modo a ambas bandas del dique sobre las murallas, que forman parte de la estructura del mismo.

Las torres en cuestión son estructuras de celosía, dentro de las cuales podemos diferenciar cuatro tipos que varían principalmente en dimensiones, así como también, aunque en menor grado, en el tipo de estructura, todo esto en función de la posición que cada una de ellas ocupa en las murallas del artefacto.

Hemos de mencionar también, que las torres metálicas que constituyen el conjunto de las torres de elevación de la cubierta superior, están arriostradas en su coronación, llamado nivel de coronación de las torres, mediante otra estructura metálica de celosía que les da rigidez, esta estructura recibe el nombre de viga de coronación, y cuyo peso está incluido en la partida que forman las torres de elevación de la cubierta superior.

Entonces, tras haber realizado los cálculos oportunos, obtenemos que el peso total de las torres de elevación de la cubierta superior sea de **500 Tns.** Hemos de decir que, el peso de



las vigas de coronación que arriostran las torres en las murallas del dique está contemplado dentro del tonelaje establecido más arriba para dichas torres.

➤ PARAGUAS

El paraguas es una estructura modular, compuesta por dieciocho vigas de celosía espaciales, de las cuales tres de ellas son vigas longitudinales, dispuestas del siguiente modo, una central, cuyo eje coincide con el del dique cajonero, y dos laterales, dispuestas a ambas bandas del dique. Estas vigas permiten el apoyo de grúas y plumas de hormigonado, útiles para la construcción de bloques.

El resto de vigas que forman el paraguas son transversales, siendo unidas longitudinalmente por las nombradas en el párrafo anterior. Además, son estructuras móviles, por lo que se pueden disponer a las distancias requeridas por el encofrado para la construcción del cajón.

Las tres vigas de celosía dispuestas longitudinalmente son módulos desmontables y que, consecuentemente, se pueden arriostrar de modo que aseguren la invariabilidad de la forma integrada por el resto de vigas transversales, las cuales constituyen parte del paraguas junto con aquéllas, para así poder llevar a cabo la construcción del cajón proyectado.

Estas estructuras metálicas están fabricadas con vigas de acero S275 JR S/UNE-EN 10025, excepto en los tubos, donde usaremos acero del tipo S275 JOH S/UNE-EN 10210-1. El tipo de viga a emplear es en doble T, como en las torres de elevación. Los diferentes perfiles que integran las vigas son HEB-120, HEB-160, HEB-260 y HEB-300, según la zona de la viga se dispondrá uno u otro, para conseguir una mayor resistencia de la estructura portante. En los extremos de las vigas utilizaremos perfiles UPN-300, los cuales son muy prácticos para formar perfiles compuestos.

Del mismo modo que procedimos con las torres de elevación, precisamos el peso correspondiente a cada una de las vigas que componen la estructura final del paraguas, teniendo en cuenta, en cada viga de celosía, el peso debido a la disposición de placas rigidizadoras, así como a las presillas entre vigas y otros elementos de la misma clase. Entonces obtendremos el peso total del paraguas a partir de los elementos que los constituyen, el cual tiene un valor en torno a las **1150 Tns.**

➤ ENCOFRADO

El encofrado es una estructura soportada por el paraguas, esta estructura es de chapa de acero y cuya forma es igual a la sección horizontal del cajón a construir, es decir, es



variable para cada cajón, por lo tanto, se ha de determinar el valor del peso del mismo, incluyéndose éste como otra partida importante en el cálculo del nuevo peso en rosca.

En nuestro caso, el cajón a construir tiene 12 x 7 celdas de sección cuadrada de 5.40 mts. de lado, un espesor de hormigón entre las paredes interiores de las celdas de 0.30 mts. y un espesor de 0.5 mts. entre las paredes frontales y traseras del cajón, así como entre las paredes laterales del mismo y las de las celdas. La altura de los módulos que integran el encofrado son de 1.20 mts.

Conocidas las características del cajón a construir determinamos el total de elementos que forman el encofrado y la disposición final del mismo. A partir de esto fijamos el peso de dicha partida, el cual según el cajón descrito previamente es de **240 Tns.**

➤ VIGAS DEL SISTEMA DE ELEVACION

Estas vigas están constituidas por unas pletinas de 260x80, las cuales van empalmados entre sí. Además constan de dos tubos de 300x200x12.50 a cada lado de las pletinas, situadas entre sí a distancias variables.

Se dispone de una viga de cuelgue, así como otra de apoyo HEB-300.

El peso considerado para las vigas del sistema de elevación es de **70 Tns.**

➤ SOPORTES DEL SISTEMA DE ELEVACION

Dentro de éstos podemos mencionar los soportes de los tubos a las torres, al igual de los soportes de los tubos a las murallas. Estos últimos varían según la posición que ocupen en la muralla.

Además, hemos de incluir dentro de este grupo los soportes de cuelgue de pletinas y los soportes de amarre de pletinas a la base del dique.

El peso del balancín de elevación también forma parte del peso total de los soportes del sistema de elevación.

Para todo este grupo de soportes se ha considerado un peso, en general, de unas **150 Tns.**



➤ PLUMAS

Disponemos de tres plumas del tipo PUTZMEISTER MXR24-125, éstas son plumas de hormigonado, utilizadas para el proceso de construcción del bloque de hormigón para el que se hará el estudio de estabilidad y flotabilidad.

Dichas plumas se colocan en el paraguas, haciendo coincidir el eje de cada una de ellas con el eje longitudinal del dique, por lo tanto, la traslación de las mismas se hará en sentido longitudinal.

El peso total de las tres plumas es de **30 Tns.**

➤ GRUAS

Distribuiremos, además de las tres plumas en el eje longitudinal del dique, dos grúas sobre el paraguas, una a cada banda del dique.

Éstas grúas son del tipo HIAB 330-5 JIB-90, son grúas articuladas e hidráulicas.

El peso considerado de ambas grúas es de **43 Tns.**

Tras haber definido brevemente cada una de las partidas que van a integrar el nuevo peso en rosca de nuestro dique en cuestión, pasamos a realizar los cálculos oportunos para la obtención de dicho peso y de la posición de su centro de gravedad, para cual usaremos una tabla de momentos, como la definida anteriormente. Previamente se ha determinado la posición del centro de gravedad que corresponde a cada partida, esto, junto con el peso y posición del centro de gravedad del dique, la tabla de momentos definitiva de nuestro nuevo peso en rosca es la expuesta a continuación:



➤ **NUEVO PESO EN ROSCA DEL DIQUE**

DESIGNACION	PESO	XG	ML	KG	MV	LG	MT
ROSCA	4237,732	0	0	9,38	39749,926	0	0
TORRES	500	0	0	45,5	22750	0	0
PARAGUAS	1150	0	0	45,235	52020	0	0
ENCOFRADO	240	0	0	40,3	9672	0	0
VIGAS SIST. ELEVACION	70	0	0	29	2030	0	0
SOPORTES SIST. ELEVACION	150	0	0	29	4350	0	0
PLUMAS	30	0	0	45,53	1365,9	0	0
GRUAS	43	0	0	45,53	1957,8	0	0
TOTAL	6420,732	0	0	20,854	133895,626	0	0



9. ESTABILIDAD

9.1. CARACTERISTICAS DEL CAJON

9.2. CONSTRUCCION Y METODOLOGIA DE LASTRADO DEL CAJON

9.3. CONDICIONES DE ESTABILIDAD DURANTE LA CONSTRUCCION DEL CAJON



9.1. CARACTERISTICAS DEL CAJON (12X7 celdas 35,00 mts de altura).

Eslora.....	70.00 mts.
Manga.....	50.00 mts.
Puntal.....	35.50 mts.
Peso cajón sin lastre.....	26425.175 Tns.
CG cajón sin lastre.....	15.179 mts.
Altura del lastre en todas las celdas.....	5.469 mts.
Lastre contemplado en flotadura.....	11867.259 Tns.
CG lastre contemplado en flotadura S/ base cajón.....	3.435 mts.
Peso cajón + lastre.....	38292.434 Tns.
CG cajón + lastre.....	11.539 mts.
Inercia transversal flotación cajón.....	203987.408 m ⁴ .
Inercia celdas interiores (inundadas flotación).....	2927.232 m ⁴ .
Inercia menor del área de flotación.....	201060.176 m ⁴ .

➤ CAJON DE CELDAS CUADRADAS (12X7)

Lado de la celda longitudinal.....	5.4 mts.
Lado de la celda transversal.....	4 mts.
Nº de celdas en sentido longitudinal.....	12
Nº de celdas en sentido transversal.....	7
Espesor de hormigón en paredes frontal y posterior.....	0.50 mts.
Espesor de hormigón en paredes laterales.....	0.52 mts.
Espesor de hormigón en paredes interiores longitudinales.....	0.30 mts.



Espesor de hormigón en paredes interiores transversales.....0.50 mts.

Área celdas centrales.....21.600 m².

Número.....50

Área celdas exteriores.....21.600 m².

Número.....10

Área celdas esquinas.....26.500 m².

Número.....4

Área total de huecos en el fuste.....1402 m².

Espesor de la solera y zapatas.....0.700 mts.

Vuelo de las zapatas.....1.00 mts.

Superficie de las zapatas.....217 m².

Superficie de la solera.....2520 m².



9.2. CONSTRUCCION Y METODOLOGIA DE LASTRADO

El dique no se ha concebido para trabajar construyendo cajones en mares libres, sino que actuará siempre en aguas abrigadas.

Los cajones se construyen sobre el dique de forma continua, por lo que el proceso que intentamos plasmar, en el estudio de estabilidad, son como fotografías de un proceso continuo de construcción. Durante este proceso, se han impuesto una serie de condicionantes que son inherentes a la filosofía de operación.

- ❖ Las ordenes de lastrado incrementan siempre las toneladas y sondas de los tanques.
- ❖ Al ser un proceso continuo y ligado al cajón (altura del mismo construido), se incrementarán parcialmente los niveles de agua en los tanques, de forma que el GM corregido sea (del conjunto dique + cajón) superior a un metro. Por lo tanto, podemos decir que el criterio de estabilidad considerado es, que en cualquier condición de construcción, el conjunto dique + cajón disponga, en las distintas etapas, de estabilidad suficiente, que se ha cifrado en un metro al menos.

Una estabilidad muy grande, que puede aparecer en la etapa primera de construcción del cajón con GM elevados, es desaconsejable por el período natural que puede indicar aceleraciones no deseables.

- ❖ Se intenta en el proceso de construcción que los trimados y escoras sean mínimas, construyéndose el cajón, tanto como sea posible, en horizontal.
- ❖ Se vigilará en cada secuencia o momento de construcción que el cajón no flote hasta que esté totalmente construido, lastrándose en la medida necesaria. El calado del cajón en la situación de lastrado que tenga, se comparará con el de flotación que aparece en las características hidrostáticas del cajón (sin lastre y con lastre).

➤ CUADRO DE RESULTADOS DEL CAJON

A continuación se presentan dos cuadros, uno con el cajón lastrado y otro sin lastrar, y en cada cuadro:

- **Altura del cajón:** altura, en metros, construidos del cajón.
- **Peso del cajón:** peso del cajón con el lastre que se indique (en un caso es cero).
- **C. de Gravedad:** ZG, centro de gravedad del cajón, referido a la línea base de su zapata. Recordar está sobre cubierta, a 5 metros de la quilla.

Consideramos que el cajón está centrado en el dique durante su proceso de construcción.

El centro de gravedad del cajón es determinado por las siguientes coordenadas; XG, distancia a la sección media del cajón en sentido transversal. YG, es la distancia a la



sección media del mismo en sentido longitudinal. Y, por último, ZG, distancia vertical, referida a la base del cajón (línea base de la zapata).

Determinamos un criterio de signos, XG es positivo de popa a proa. YG es positivo de babor a estribor. Y ZG es positivo de abajo hacia arriba.

Por simetría del cajón, y según el criterio de signos establecido, las coordenadas XG e YG son nulas.

Entonces, determinaremos la posición del centro de gravedad a partir de la coordenada vertical que lo define.

Para fijar el centro de gravedad de dicho cajón respecto a su base usaremos una tabla de momentos.

- **Calado:** T, calado al que el cajón, con esa altura y lastre, flotaría (calado sobre L/base zapata). Recordar que está sobre cubierta a 5 metros.
- **C. Carena:** BC, distancia de centro de carena al calado anterior, a la línea base de la zapata.

El centro de carena se define como el punto de aplicación del vector empuje del cuerpo, coincide con el centro de gravedad geométrico del volumen sumergido (carena).

Para determinar el valor del centro de carena correspondiente a las distintas fases de construcción del cajón y para los distintos calados, aplicamos la siguiente fórmula:

$$BC = T/2$$

- **R. Metacéntrico:** CM, radio metacéntrico.

Antes de definir el radio metacéntrico, hemos de decir que la **superficie C** es el lugar geométrico de las posiciones de los centros de carena en las inclinaciones isocarenas (éstas son las que limitan volúmenes de carenas iguales). Y la **curva C proyección** es la proyección de la superficie C sobre el plano de inclinación transversal o longitudinal (plano transversal o longitudinal que pasa por el centro de carena inicial).

Entonces, los **metacentros** son los centros de curvatura de la curva C proyección.

Y, por lo tanto, el **radio metacéntrico** es el segmento de recta que une un punto de C con su metacentro, esta recta es perpendicular al plano de flotación y pasa por el centro de la carena inclinada, por tanto, define la línea de actuación del empuje.

El radio metacéntrico se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$CM = I/\nabla$$



Siendo, I , el momento de inercia del área de flotación respecto al eje de inclinación transversal o longitudinal, en m^4 , según sea el radio metacéntrico transversal o longitudinal requerido, respectivamente. Y, ∇ , es el volumen de carena, en m^3 .

- **Estabilidad Inicial:** GM, estabilidad inicial de esta hipotética condición.

Llamamos estabilidad inicial a la estabilidad del cajón, (en este caso), para pequeñas inclinaciones, en este caso la línea de actuación del empuje pasa por el metacentro, que se encuentra situado en el plano de crujía y se considera como un punto fijo.

GM o altura metacéntrica es la distancia entre el centro de gravedad del cajón y su metacentro transversal.

La estabilidad, en general, tiene una componente que depende exclusivamente de las formas sumergidas del cajón, que es la ordenada del metacentro transversal BM, que depende a su vez de la ordenada del centro de carena (BC) y el radio metacéntrico transversal (CM). Es decir:

$$BM = BC + CM$$

La otra componente ZG depende exclusivamente de la distribución de pesos.

En definitiva llegamos a la siguiente expresión:

$$GM = BM - ZG = BC + CM - ZG$$

Si el GM es positivo (G debajo de M), el cajón tendrá equilibrio estable, si es cero (G coincide con M) el equilibrio será indiferente, y si el GM es negativo, (G por encima de M) el cajón no estará en equilibrio en esa posición.

Los cuadros resultados del cajón obtenidos son los que se exponen en las páginas siguientes, uno es un cuadro para el cajón sin lastrar y otro para el cajón lastrado.

Como podemos comprobar en el primer cuadro, el cajón en sus últimas fases de construcción es inestable, ya que los valores de estabilidad (GM) son negativos. Con el fin de conseguir que el cajón sea estable hemos de lastrarlo, para determinar el tonelaje de lastre necesario que ha de ocupar las celdas hemos de tener en cuenta que éste debe ser el adecuado para que el cajón tenga cierta estabilidad mínima, considerando que ésta sea mayor o igual que 0.35 metros.

Por definición sabemos que GM es igual a:

$$GM = BM - ZG = BC + CM - ZG = T/2 + I_T/\nabla - ZG \geq 0.35 \text{ mts.}$$



Para los 35 metros de cajón construidos tenemos los siguientes datos:

$$\Delta_{cajon} = 26425.175 \text{ Tns.}$$

$$ZG_{cajon} = 15.179 \text{ mts.}$$

$$I_T = 215595.997 \text{ m}^4$$

$$A_F = 2534.840 \text{ m}^2$$

$$\nabla = \frac{26425.175}{1.025} = 25780.659 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$GM \geq 0.35 \text{ mts} \Rightarrow T/2 + I_T/\nabla - ZG \geq 0.35 \text{ mts}$$

$$T/2 + 215595.997/25780.659 - 15.179 \geq 0.35 \Rightarrow T \geq \mathbf{14.331 \text{ mts.}}$$

Para que el cajón flote con este calado, se ha de cumplir el principio de Arquímedes, el establece que:

$$\Delta = \nabla/\gamma_{as} \Rightarrow \Delta_{cajon} + \Delta_{lastre} = A_F * T * \gamma_{as}$$

$$\Delta_{lastre} = A_F * T * \gamma_{as} - \Delta_{cajon} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta_{lastre} = (2534.840 * 14.331 * 1.025) - 26425.175 = 10809.787 \text{ Tns.}$$

El peso del lastre necesario para $GM \geq 0.35$ mts, es:

$$\Delta_{lastre} = \mathbf{10809.787 \text{ Tns}}$$

Una vez conocido el peso del lastre necesario para que el cajón sea estable, podemos determinar la sonda del mismo en cada una de las celdas que forman parte de la estructura del bloque.

Así que,

$$\Delta_{lastre} = [(5.4 * 4 * s) * 1.025] * 98 = 10809.787 \text{ Tns}$$

Entonces, la sonda (s) del lastre en cada celda del cajón será:

$$s = \mathbf{4.982 \text{ mts}}$$



A partir de estos datos calcularemos el centro de gravedad del lastre que hemos hallado previamente. El centro de gravedad del mismo vendrá definido por su coordenada vertical (ZG).

Sabiendo que el espesor de la solera y las zapatas es de 0.70 metros, deducimos lo siguiente:

$$Zg_{lastre} = s/2 + 0.7 = 3.191 \text{ mts.}$$

En definitiva, el centro de gravedad del lastre contemplado en flotadura es:

$$\mathbf{Zg_{lastre} = 3.191 \text{ mts}}$$



CUADRO DE RESULTADOS DEL CAJON SIN LASTRE

D. hormigón (tns/m ³)	2.500
D. agua salada (tns/m ³)	1.025
Peso lastre (tns)	0.000
C. Grav. Lastre (m)	0.700
Área de flotación (m ²)	2534.840
Inercia A. flotación (m ⁴)	215595.997
Altura cajón (m)	35.000

ALT. CAJON	PESO CAJON	C. GRAVEDAD	CALADO	C. CARENA	R. METACENTRICO	EST. INICIAL
1	4598,850	0,370	1,780	0,890	60,660	61,180
2	5228,350	0,561	2,140	1,070	52,055	52,264
3	5857,850	0,807	2,268	1,134	47,622	47,949
4	6137,350	1,011	2,376	1,188	45,453	45,630
5	7116,850	1,434	2,755	1,378	39,198	39,141
6	7746,350	1,793	2,999	1,499	36,012	35,719
7	8375,850	2,173	3,243	1,621	33,306	32,754
8	9005,350	2,570	3,486	1,743	30,978	30,151
9	9634,850	2,980	3,730	1,865	28,954	27,839
10	10264,350	3,401	3,974	1,987	27,178	25,763
11	10893,850	3,832	4,218	2,109	25,607	23,884
12	11523,350	4,270	4,461	2,231	24,209	22,169
13	12152,850	4,714	4,705	2,352	22,955	20,593
14	12782,350	5,164	4,949	2,474	21,824	19,134
15	13411,850	5,619	5,192	2,596	20,800	17,777
16	14041,350	6,077	5,436	2,718	19,867	16,058
17	14670,850	6,540	5,680	2,840	19,015	15,315
18	15300,350	7,005	5,923	2,962	18,233	14,189
19	15929,850	7,473	6,167	3,084	17,512	13,122
20	16559,350	7,944	6,411	3,205	16,846	12,108
21	17188,850	8,416	6,655	3,327	16,229	11,140
22	17818,350	8,891	6,898	3,449	15,656	10,214
23	18447,850	9,367	7,142	3,571	15,122	9,326
24	19077,350	9,845	7,386	3,693	14,623	8,471
25	19706,850	10,324	7,629	3,815	14,156	7,646
26	20336,350	10,805	7,873	3,937	13,718	6,849
27	20965,850	11,287	8,117	4,058	13,306	6,077
28	21595,350	11,770	8,361	4,180	12,918	5,328
29	22224,850	12,253	8,604	4,302	12,552	4,600
30	22854,350	12,738	8,848	4,424	12,206	3,892
31	23483,850	13,224	9,092	4,546	11,879	3,201
32	24113,350	13,710	9,335	4,668	11,569	2,527



ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD Y FLOTABILIDAD DE LAS FASES DE CONSTRUCCION DE UN CAJON DE HORMIGON DE 35 METROS DE PUNTAL EN UN DIQUE FLOTANTE DE 70 METROS DE ESLORA Y 50 METROS DE MANGA

33	24742,850	14,197	9,579	4,790	11,275	1,867
34	25372,350	14,684	9,823	4,911	10,995	1,222
35	26001,850	15,173	10,067	5,033	10,729	0,589



CUADRO DE RESULTADOS CAJON CON LASTRE

D. hormigón (tns/m ³)	2.500
D. agua salada (tns/m ³)	1.025
Peso lastre (tns)	9989.297
C. Grav. Lastre (m)	3.191
Área de flotación (m ²)	2534.840
Inercia A. flotación (m ⁴)	212199.748
Altura cajón (m)	35.000

ALT. CAJON	PESO CAJON	C. GRAVEDAD	CALADO	C. CARENA	R. METACENTRICO	EST. INICIAL
1	14588,147	2,302	5,648	2,824	19,123	19,645
2	15217,647	2,287	5,891	2,946	18,332	18,990
3	15847,147	2,310	6,135	3,066	17,060	18,361
4	16126,647	2,361	6,243	3,122	17,298	18,059
5	17106,147	2,460	6,623	3,311	16,308	17,159
6	17735,647	2,580	6,867	3,433	15,729	16,582
7	18365,147	2,727	7,110	3,555	15,190	16,018
8	18994,647	2,897	7,354	3,677	14,686	15,467
9	19624,147	3,087	7,597	3,799	14,215	14,927
10	20253,647	3,297	7,841	3,921	13,774	14,397
11	20883,147	3,525	8,085	4,042	13,358	13,875
12	21512,647	3,769	8,329	4,164	12,967	13,362
13	22142,147	4,027	8,572	4,286	12,599	12,858
14	22771,647	4,298	8,816	4,408	12,250	12,360
15	23401,147	4,583	9,060	4,530	11,921	11,868
16	24030,647	4,877	9,033	4,652	11,609	11,383
17	24660,147	5,184	9,547	4,774	11,312	10,902
18	25289,647	5,498	9,791	4,895	11,031	10,428
19	25919,147	5,823	10,035	5,017	10,763	9,957
20	26548,647	6,156	10,278	5,139	10,508	9,491
21	27178,147	6,496	10,522	5,261	10,264	9,030
22	27807,647	6,843	10,766	5,383	10,032	8,571
23	28437,147	7,198	11,009	5,505	9,810	8,117
24	29066,647	7,558	11,253	5,627	9,597	7,666
25	29696,147	7,925	11,497	5,748	9,394	7,218
26	30325,647	8,297	11,740	5,870	9,199	6,772
27	30955,147	8,674	11,984	5,992	9,012	6,330
28	31584,647	9,057	12,228	6,114	8,832	5,889
29	32214,147	9,443	12,472	6,236	8,660	5,453
30	32843,647	9,834	12,715	6,358	8,494	5,017
31	33473,147	10,230	12,959	6,480	8,334	4,584
32	34102,647	10,629	13,203	6,601	8,180	4,153



ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD Y FLOTABILIDAD DE LAS FASES DE CONSTRUCCION DE UN CAJON DE HORMIGON DE 35 METROS DE PUNTAL EN UN DIQUE FLOTANTE DE 70 METROS DE ESLORA Y 50 METROS DE MANGA

33	34732,147	11,032	13,446	6,723	8,032	3,724
34	35361,647	11,437	13,690	6,845	7,889	3,297
35	35991,147	11,847	13,934	6,967	7,751	2,870



9.3. CONDICIONES DE ESTABILIDAD DURANTE LA CONSTRUCCION DEL CAJON.

Fase 1: Comienzo de la construcción del cajón.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	2,7	17335,9764	25	160518,3
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	2,7	4454,7786	25	41247,95
Cajon	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	8070,65	10,584	17460,7	2,7	21790,755	25	201766,25

$I_L * 1.025 TOTAL$1846201.452 Txm

$I_T * 1.025 TOTAL$941930.312 Txm

Calado (de hidrostáticas).....2.249 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....1.125 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....116.720 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.071 mts.

Altura metacéntrica transversal (GM_T corregido).....116.875 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	1.125 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	228.773 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.071 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	228.927 mts.



Fase 2: Altura del cajón construido de 5 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	2,7	17335,9764	25	160518,3
Lastre residual	1649,918	10,584	10205,5629	2,7	4454,7786	25	41247,95
Cajon	7116,85	1,434	10205,5629	2,7	19215,495	25	177921,25
Lastre T. 1-4	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	15187,5	10,16027	154309,071	2,7	41006,25	25	379687,5

$I_L * 1.025 TOTAL$1520653.004 Txm

$I_T * 1.025 TOTAL$775840.892 Txm

Calado (de hidrostáticas).....4.233 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....2.117 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....51.084 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.038 mts.

Altura metacéntrica transversal (GM_T corregido).....52.262 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	2.117 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	100.125 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.038 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	101.304 mts.

El cajón de 5 metros de altura flotaría con un calado de 2.755 metros. En esta fase el calado es inferior a 5 metros, por lo tanto, el cajón no se moja y no hay riesgo de flotabilidad del mismo. El conjunto es estable.



Fase 3: Altura del cajón construido de 10 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	2,7	17335,9764	25	160518,3
Lastre residual	1649,918	10,584	10205,5629	2,7	4454,7786	25	41247,95
Cajon	10264,35	3,401	10205,5629	2,7	27713,745	25	256608,75
Lastre T. 1-4	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	18335	8,416093	154309,071	2,7	49504,5	25	458375

$I_L * 1.025 TOTAL$804881.144 Txm

$I_T * 1.025 TOTAL$474965.207 Txm

Calado (de hidrostáticas).....5.539 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....2.770 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....25.905 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.031 mts.

Altura metacéntrica transversal (GM_T corregido).....27.532 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	2.770 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	43.899 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.031 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	45.525 mts.

El cajón de 10 metros de altura flotaría con un calado de 3.974 metros. En esta fase el calado es inferior a 5 metros, por lo tanto, el cajón no se moja y no hay riesgo de flotabilidad del mismo. El conjunto es estable.



Fase 4: Altura del cajón construido de 15 mts.

DATOS DEL CAJON:

Altura cajón.....15 mts.
 Calado propio del cajón.....2 mts.
 Densidad del hormigón.....2.5 Tns*m³.
 Peso lastre cajón.....0.000 Tns.
 Área fuste.....2534.84 m².
 Altura solera y zapatas.....0.700 mts.

CONCEPTO	PESO	EMPUJE	YCG	YCC	Mto. PESO	Mto. EMPUJE
Solera	4410	1720,976	5,35	5,35	23593,5	9207,2216
Zapatas	292,374	119,873	5,35	5,35	1564,2009	641,32055
Fuste	8709,476	4302,439	12,85	6,6	111916,767	28396,0974
TOTAL	13411,85	6143,288	10,2204	6,22543	137074,468	38244,63955

Calado total del dique.....7.50 mts.
 Reacción del cajón sobre el dique.....7268.562 Tns.

EMPUJES TOTALES DIQUE-CAJON

CONCEPTO	EMPUJE	YCC	Mto. EMPUJE
Dique	18048,78	1,425	25719,5115
Cajon	6143,288	5,283	32454,9905
TOTAL	24192,068	2,4047	58174,502

Desplazamiento total.....24192.068 Tns.
 Inercia transversal del dique.....312630.208 m⁴.
 Inercia transversal del cajón.....203987.408 m⁴.
 Inercia transversal total.....516617.616 m⁴.
 Inercia longitudinal del dique.....714583.333 m⁴.
 Inercia longitudinal cajón.....457333.333 m⁴.
 Inercia longitudinal total.....1171916.667 m⁴.



CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	13411,85	15,173	203498	35	469415	29,5	395649,6
Lastre T. 1-4	1354,8	1,079	1461,8292	7	9483,6	28,126	38105,1
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	1354,8	1,079	1461,8292	63	85352,4	28,126	38105,1
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	24192,1	9,254358	223882,358	35	846724	29,3461	709944

$I_L * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 1118979.913 \text{ Txm}$

$I_T * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 368856.461 \text{ Txm}$

Calado (de hidrostáticas).....10.415 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....5.311 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....15.247 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.672 mts.

Altura metacéntrica transversal ($GM_T \text{ corregido}$).....18.985 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	5.311 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	46.254 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.672 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	49.969 mts.

El cajón de 15 metros de altura flotaría con un calado de 5.192 metros. En esta fase el calado es de 2 metros, por lo tanto, tenemos un calado inferior para el cual flotaría dicho bloque.



Fase 5: Altura cajón construido de 20 mts.

DATOS DEL CAJON:

Altura cajón.....20 mts.
 Calado propio del cajón.....4.5 mts.
 Densidad del hormigón.....2.5 Tns*m³.
 Peso lastre cajón.....0.000 Tns.
 Área fuste.....2534.84 m².
 Altura solera y zapatas.....0.700 mts.

CONCEPTO	PESO	EMPUJE	YCG	YCC	Mto. PESO	Mto. EMPUJE
Solera	4410	1720,976	5,35	5,35	23593,5	9207,2216
Zapatas	292,374	119,873	5,35	5,35	1564,2009	641,32055
Fuste	11856,976	9082,927	15,85	8,1	187933,07	73571,7087
TOTAL	16559,35	10923,776	12,8683	7,63658	213090,771	83420,25085

Calado total del dique.....10 mts.
 Reacción del cajón sobre el dique.....5635.574 Tns.

EMPUJES TOTALES DIQUE-CAJON

CONCEPTO	EMPUJE	YCC	Mto. EMPUJE
Dique	20290	2,763	56061,27
Cajon	10923,776	7,636	83413,95354
TOTAL	31213,776	4,4684	139475,2235

Desplazamiento total.....31213.776 Tns.
 Inercia transversal del dique.....312630.208 m⁴.
 Inercia transversal del cajón.....203987.408 m⁴.
 Inercia transversal total.....516617.616 m⁴.
 Inercia longitudinal del dique.....714583.333 m⁴.
 Inercia longitudinal cajón.....457333.333 m⁴.
 Inercia longitudinal total.....1171916.667 m⁴.



CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	16559	15,173	251249,707	35	579565	29,5	488490,5
Lastre T. 1-4	3292,063	1,079	3552,13598	7	23044,4	28,126	92592,56
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	3292,063	1,079	3552,13598	63	207400	28,126	92592,56
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	31213,78	8,836312	275814,679	35	1092482	29,2102	911759,8

$I_L * 1.025 TOTAL$1118493.005 Txm

$I_T * 1.025 TOTAL$368697.122 Txm

Calado (de hidrostáticas).....12.970 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....6.747 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....11.812 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.614 mts.

Altura metacéntrica transversal (GM_T corregido).....17.044 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	6.747 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	35.833 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.614 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	41.065 mts.

El cajón de 20 metros de altura flotaría con un calado de 6.411 metros. En esta fase el calado es de 4.5 metros, por lo tanto, tenemos un calado inferior para el cual flotaría dicho bloque.



Fase 6: Altura cajón construido de 25 mts.

DATOS DEL CAJON:

Altura cajón.....25 mts.
 Calado propio del cajón.....7 mts.
 Densidad del hormigón.....2.5 Tns*m³.
 Peso lastre cajón.....0.000 Tns.
 Área fuste.....2534.84 m².
 Altura solera y zapatas.....0.700 mts.

CONCEPTO	PESO	EMPUJE	YCG	YCC	Mto. PESO	Mto. EMPUJE
Solera	4410	1720,976	5,35	5,35	23593,5	9207,2216
Zapatas	292,374	119,873	5,35	5,35	1564,2009	641,32055
Fuste	15004,476	15488,78	18,35	9,35	275332,135	144820,093
TOTAL	19706,85	17329,629	15,248	8,9251	300489,836	154668,6352

Calado total del dique.....12.5 mts.
 Reacción del cajón sobre el dique.....2377.221 Tns.

EMPUJES TOTALES DIQUE-CAJON

CONCEPTO	EMPUJE	YCC	Mto. EMPUJE
Dique	21840	4,013	87643,92
Cajon	17329,629	8,9251	154668,6352
TOTAL	39169,629	6,1862	242312,5552

Desplazamiento total.....39169.629 Tns.
 Inercia transversal del dique.....312630.208 m⁴.
 Inercia transversal del cajón.....203987.408 m⁴.
 Inercia transversal total.....516617.616 m⁴.
 Inercia longitudinal del dique.....714583.333 m⁴.
 Inercia longitudinal cajón.....457333.333 m⁴.
 Inercia longitudinal total.....1171916.667 m⁴.



CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	19706,85	15,173	299012,035	35	689740	29,5	581352,1
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	2241,65	2,75	6164,5375	21	47074,7	28,126	63048,65
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	2241,65	2,75	6164,5375	49	109841	28,126	63048,65
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	39169,6	8,584627	336256,405	35	1370936	29,1004	1139850

$I_L * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 1114375.939 \text{ Txm}$

$I_T * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 367332.779 \text{ Txm}$

Calado (de hidrostáticas).....15.865 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....8.306 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....9.378 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.493 mts.

Altura metacéntrica transversal ($GM_T \text{ corregido}$).....16.291 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	8.306 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	28.450 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.493 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	35.363 mts.

El cajón de 25 metros de altura flotaría con un calado de 7.629 metros. En esta fase el calado es de 7 metros, por lo tanto, tenemos un calado inferior para el cual flotaría dicho bloque.



Fase 7: Altura cajón construido de 30 mts.

DATOS DEL CAJON:

Altura cajón.....30 mts.
 Calado propio del cajón.....9.5 mts.
 Densidad del hormigón.....2.5 Tns*m³.
 Peso lastre cajón.....0.000 Tns.
 Área fuste.....2534.84 m².
 Altura solera y zapatas.....0.700 mts.

CONCEPTO	PESO	EMPUJE	YCG	YCC	Mto. PESO	Mto. EMPUJE
Solera	4410	1720,976	5,35	5,35	23593,5	9207,2216
Zapatas	292,374	119,873	5,35	5,35	1564,2009	641,32055
Fuste	18151,976	20032,156	20,85	10,6	378468,7	212340,8536
TOTAL	22854,35	21873,005	17,6608	10,1582	403626,401	222189,3958

Calado total del dique.....15 mts.
 Reacción del cajón sobre el dique.....981.345 Tns.

EMPUJES TOTALES DIQUE-CAJON

CONCEPTO	EMPUJE	YCC	Mto. EMPUJE
Dique	23390	5,263	123101,57
Cajon	21873,005	10,158	222189,3958
TOTAL	45263,005	7,6285	345290,9658

Desplazamiento total.....45263.005 Tns.
 Inercia transversal del dique.....312630.208 m⁴.
 Inercia transversal del cajón.....203987.408 m⁴.
 Inercia transversal total.....516617.616 m⁴.
 Inercia longitudinal del dique.....714583.333 m⁴.
 Inercia longitudinal cajón.....457333.333 m⁴.
 Inercia longitudinal total.....1171916.667 m⁴.



CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	22854,35	15,173	346769,053	35	799902	29,5	674203,3
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	45263	8,663028	392114,648	35	1584205	29,0648	1315558

$I_L * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 1114737.287 \text{ Txm}$

$I_T * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 367445.675 \text{ Txm}$

Calado (de hidrostáticas).....18.083 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....9.473 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....8.118 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.426 mts.

Altura metacéntrica transversal ($GM_T \text{ corregido}$).....16.266 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	9.473 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	24.628 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.426 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	32.776 mts.

El cajón de 30 metros de altura flotaría con un calado de 8.848 metros. En esta fase el calado es de 9.5 metros, por lo tanto, tenemos un calado inferior para el cual flotaría dicho bloque.



Fase 8: Altura cajón construido de 35 mts.

DATOS DEL CAJON:

Altura cajón.....35 mts.
 Calado propio del cajón.....12 mts.
 Densidad del hormigón.....2.5 Tns*m³.
 Peso lastre cajón.....0.000 Tns.
 Área fuste.....2534.84 m².
 Altura solera y zapatas.....0.700 mts.

CONCEPTO	PESO	EMPUJE	YCG	YCC	Mto. PESO	Mto. EMPUJE
Solera	4410	1720,976	5,35	5,35	23593,5	9207,2216
Zapatas	292,374	119,873	5,35	5,35	1564,2009	641,32055
Fuste	21299,476	23029,112	22,85	12,817	486693,027	295164,1285
TOTAL	26001,85	24869,961	19,6852	12,2643	511850,728	305012,6707

Calado total del dique.....17.5 mts.
 Reacción del cajón sobre el dique.....1131.889 Tns.

EMPUJES TOTALES DIQUE-CAJON

CONCEPTO	EMPUJE	YCC	Mto. EMPUJE
Dique	24940	6,513	162434,22
Cajon	24869,961	12,264	305012,6707
TOTAL	49809,961	9,3846	467446,8907

Desplazamiento total.....49809.961 Tns.
 Inercia transversal del dique.....312630.208 m⁴.
 Inercia transversal del cajón.....203987.408 m⁴.
 Inercia transversal total.....516617.616 m⁴.
 Inercia longitudinal del dique.....714583.333 m⁴.
 Inercia longitudinal cajón.....457333.333 m⁴.
 Inercia longitudinal total.....1171916.667 m⁴.



CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	26001,85	15,173	394526,07	35	910065	29,5	767054,6
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	384,26	2,75	1056,715	35	13449,1	28,126	10807,7
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	169,2	20,5	3468,6	15	2538	1,25	211,5
Lastre T. 22	169,2	20,5	3468,6	35	5922	1,25	211,5
Lastre T. 23	169,2	20,5	3468,6	55	9306	1,25	211,5
Lastre T. 24	169,2	20,5	3468,6	15	2538	48,75	8248,5
Lastre T. 25	169,2	20,5	3468,6	35	5922	48,75	8248,5
Lastre T. 26	169,2	20,5	3468,6	55	9306	48,75	8248,5
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	49809,96	9,270033	461739,98	35	1743349	29,0022	1444597

$I_L * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 1113949.968 \text{ Txm}$

$I_T * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 367199.033 \text{ Txm}$

Calado (de hidrostáticas).....19.738 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....10.335 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....7.372 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.015 mts.

Altura metacéntrica transversal ($GM_T \text{ corregido}$).....16.792 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	10.335 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	22.364 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.015 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	31.784 mts.

El cajón de 35 metros de altura flotaría con un calado de 10.067 metros. En esta fase el calado es de 12 metros, por lo tanto, tenemos un calado inferior para el cual flotaría dicho bloque.



Fase 9: Cajón terminado.

DATOS DEL CAJON:

Altura cajón.....35 mts.
 Calado propio del cajón.....15.86 mts.
 Densidad del hormigón.....2.5 Tns*m³.
 Peso lastre cajón.....9989.297 Tns.
 Área fuste.....2534.84 m².
 Altura solera y zapatas.....0.700 mts.

CONCEPTO	PESO	EMPUJE	YCG	YCC	Mto. PESO	Mto. EMPUJE
Solera	4410	1720,976	5,35	5,35	23593,5	9207,2216
Zapatas	292,374	119,873	5,35	5,35	1564,2009	641,32055
Fuste	21299,476	37271,415	22,85	13,831	486693,027	515500,9409
TOTAL	26001,85	39112,264	19,6852	13,4318	511850,728	525349,483

Calado total del dique.....21.36 mts.
 Reacción del cajón sobre el dique.....13110.413 Tns.

EMPUJES TOTALES DIQUE-CAJON

CONCEPTO	EMPUJE	YCC	Mto. EMPUJE
Dique	27333,2	6,513	178021,1316
Cajon	39112,264	13,432	525349,483
TOTAL	66445,464	10,586	703370,6146

Desplazamiento total.....66445.464 Tns.
 Inercia transversal del dique.....312630.208 m⁴.
 Inercia transversal del cajón.....203987.408 m⁴.
 Inercia transversal total.....516617.616 m⁴.
 Inercia longitudinal del dique.....714583.333 m⁴.
 Inercia longitudinal cajón.....457333.333 m⁴.
 Inercia longitudinal total.....1171916.667 m⁴.



CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	26001,85	15,173	394526,07	35	910065	29,5	767054,6
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	384,26	2,75	1056,715	35	13449,1	28,126	10807,7
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	1,25	1596,125
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	48,75	62248,88
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	9989,297	2,75	27470,5668	35	349625	25	249732,4
TOTAL	66445,46	9,413099	625457,647	35	2325591	28,0002	1860484

$I_L * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 1113094.413 \text{ Txm}$

$I_T * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 366911.852 \text{ Txm}$

Calado (de hidrostáticas).....25.791 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....13.447 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....5.522 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.009 mts.

Altura metacéntrica transversal ($GM_T \text{ corregido}$).....18.598 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	13.447 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	16.752 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.009 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	29.290 mts.

El cajón de 35 metros de altura con altura flotaría con un calado de 13.934 metros. En esta fase el calado es de 15.86 metros, por lo tanto, tenemos un calado inferior para el cual flotaría dicho bloque. Entonces el cajón no flota y el conjunto dique-cajón es estable.



Fase 10: Botadura del cajón.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual Cajon	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	384,26	2,75	1056,715	35	13449,1	28,126	10807,7
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	1,25	1596,125
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	48,75	62248,88
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	30454,31	6,680861	203461,01	35	1065901	27,7037	843697,5

$I_L * 1.025 TOTAL$126209.534 Txm

$I_T * 1.025 TOTAL$209860.650 Txm

Calado (de hidrostáticas).....27 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....6.315 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....6.891 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.031 mts.

Altura metacéntrica transversal (GM_T corregido).....12.275 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	6.315 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	4.144 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.031 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	9.529 mts.



Fase 11: Reflotado del cajón. Calado de 15 m.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	110,603	2,75	304,15825	21	2322,66	28,126	3110,82
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	110,603	2,75	304,15825	49	5419,55	28,126	3110,82
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	1,25	1596,125
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	48,75	62248,88
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	22862,06	7,986259	182582,312	35	800172	27,5635	630157,7

$I_L * 1.025 TOTAL$114810.873 Txm

$I_T * 1.025 TOTAL$186782.999 Txm

Calado (de hidrostáticas).....15 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....3.779 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....8.170 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.031 mts.

Altura metacéntrica transversal (GM_T corregido).....11.018 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	3.779 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	5.022 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.031 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	7.870 mts.



Fase 12: Reflotado del cajón. Calado de 10 m.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T. 21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	564,653	20,5	11575,3865	35	19762,9	1,25	705,8163
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	564,653	20,5	11575,3865	35	19762,9	48,75	27526,83
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	21216,36	7,200665	152771,868	35	742572	27,7297	588323,7

$I_L * 1.025 TOTAL$116362.655 Txm

$I_T * 1.025 TOTAL$187626.679 Txm

Calado (de hidrostáticas).....10 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....3.099 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....8.843 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.046 mts.

Altura metacéntrica transversal (GM_T corregido).....10.995 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	3.099 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	5.485 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.046 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	7.637 mts.



Fase 13: Reflotado del cajón. Calado de 5.5 m.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	819,03	20,5	16790,115	15	12285,5	1,25	1023,788
Lastre T. 22	0	20,5	0	35	0	1,25	0
Lastre T. 23	819,03	20,5	16790,115	55	45046,7	1,25	1023,788
Lastre T. 24	819,03	20,5	16790,115	15	12285,5	48,75	39927,71
Lastre T. 25	0	20,5	0	35	0	48,75	0
Lastre T. 26	819,03	20,5	16790,115	55	45046,7	48,75	39927,71
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	18255,57	5,043707	92075,7552	35	638945	28,1724	514304,1

$I_L * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 834144.804 \text{ Txm}$

$I_T * 1.025 TOTAL \dots\dots\dots 487121.013 \text{ Txm}$

Calado (de hidrostáticas).....5.5 m

ESTABILIDAD INICIAL

ESTABILIDAD INICIAL TRANSVERSAL

Ordenada del centro de carena (BC).....2.546 mts.

Radio metacéntrico transversal (CM_T).....26.683 mts.

Corrección superficies libres (CSL).....0.043 mts.

Altura metacéntrica transversal ($GM_T \text{ corregido}$).....28.287 mts.



ESTABILIDAD INICIAL LONGITUDINAL

Ordenada del centro de carena (BC).....	2.546 mts.
Radio metacéntrico longitudinal (CM_L).....	45.693 mts.
Corrección superficies libres (CSL).....	0.043 mts.
Altura metacéntrica longitudinal ($GM_{L\text{ corregido}}$).....	47.296 mts.



10.FLOTABILIDAD

10.1. DEFINICION DE LAS SITUACIONES DE CARGA A ANALIZAR

10.2. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD



10.1. DEFINICION DE LAS SITUACIONES DE CARGA A ANALIZAR.

Fase 1: Comienzo de la construcción del cajón.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	2,7	17335,9764	25	160518,3
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	2,7	4454,7786	25	41247,95
Cajon	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	8070,65	10,584	17460,7	2,7	21790,755	25	201766,25

Fase 2: Altura del cajón construido de 5 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	0	0	0	0
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	0	0	0	0
Cajon	7116,85	1,434	10205,5629	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	15187,5	12,018	27666,2629	0	0	0	0



Fase 3: Altura del cajón construido de 10 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	0	0	0	0
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	0	0	0	0
Cajon	10264,35	3,401	34909,0544	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	18335	13,985	52369,7544	0	0	0	0

Fase 4: Altura del cajón construido de 15 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	13411,85	15,173	203498	35	469415	29,5	395649,6
Lastre T. 1-4	1354,8	1,079	1461,8292	7	9483,6	28,126	38105,1
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	1354,8	1,079	1461,8292	63	85352,4	28,126	38105,1
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	24192,1	9,254358	223882,358	35	846724	29,3461	709944



Fase 5: Altura del cajón construido de 20 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	16559	15,173	251249,707	35	579565	29,5	488490,5
Lastre T. 1-4	3292,063	1,079	3552,13598	7	23044,4	28,126	92592,56
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	3292,063	1,079	3552,13598	63	207400	28,126	92592,56
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	31213,78	8,836312	275814,679	35	1092482	29,2102	911759,8

Fase 6: Altura del cajón construido de 25 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	19706,85	15,173	299012,035	35	689740	29,5	581352,1
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	2241,65	2,75	6164,5375	21	47074,7	28,126	63048,65
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	2241,65	2,75	6164,5375	49	109841	28,126	63048,65
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	39169,6	8,584627	336256,405	35	1370936	29,1004	1139850



Fase 7: Altura del cajón construido de 30 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	22854,35	15,173	346769,053	35	799902	29,5	674203,3
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 22	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 23	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 24	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 25	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 26	0	0	0	0	0	0	0
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	45263	8,663028	392114,648	35	1584205	29,0648	1315558

Fase 8: Altura del cajón construido de 35 mts.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	26001,85	15,173	394526,07	35	910065	29,5	767054,6
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	384,26	2,75	1056,715	35	13449,1	28,126	10807,7
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	169,2	20,5	3468,6	15	2538	1,25	211,5
Lastre T. 22	169,2	20,5	3468,6	35	5922	1,25	211,5
Lastre T. 23	169,2	20,5	3468,6	55	9306	1,25	211,5
Lastre T. 24	169,2	20,5	3468,6	15	2538	48,75	8248,5
Lastre T. 25	169,2	20,5	3468,6	35	5922	48,75	8248,5
Lastre T. 26	169,2	20,5	3468,6	55	9306	48,75	8248,5
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	49809,96	9,270033	461739,98	35	1743349	29,0022	1444597



Fase 9: Cajón terminado.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	26001,85	15,173	394526,07	35	910065	29,5	767054,6
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	384,26	2,75	1056,715	35	13449,1	28,126	10807,7
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	1,25	1596,125
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	48,75	62248,88
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	9989,297	2,75	27470,5668	35	349625	25	249732,4
TOTAL	66445,46	9,413099	625457,647	35	2325591	28,0002	1860484

Fase 10: Botadura del cajón.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	3714,6	2,75	10215,15	21	78006,6	28,126	104476,8
Lastre T. 9-12	384,26	2,75	1056,715	35	13449,1	28,126	10807,7
Lastre T. 13-16	3714,6	2,75	10215,15	49	182015	28,126	104476,8
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	1,25	1596,125
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	48,75	62248,88
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	30454,31	6,680861	203461,01	35	1065901	27,7037	843697,5



Fase 11: Reflotado del cajón. Calado de 15 m.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual Cajon	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	110,603	2,75	304,15825	21	2322,66	28,126	3110,82
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	110,603	2,75	304,15825	49	5419,55	28,126	3110,82
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	1,25	1596,125
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	1276,9	20,5	26176,45	35	44691,5	48,75	62248,88
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	22862,06	7,986259	182582,312	35	800172	27,5635	630157,7

Fase 12: Reflotado del cajón. Calado de 10 m.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual Cajon	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	1,25	1596,125
Lastre T. 22	564,653	20,5	11575,3865	35	19762,9	1,25	705,8163
Lastre T. 23	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	1,25	1596,125
Lastre T. 24	1276,9	20,5	26176,45	15	19153,5	48,75	62248,88
Lastre T. 25	564,653	20,5	11575,3865	35	19762,9	48,75	27526,83
Lastre T. 26	1276,9	20,5	26176,45	55	70229,5	48,75	62248,88
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	21216,36	7,200665	152771,868	35	742572	27,7297	588323,7



Fase 13: Reflotado del cajón. Calado de 5.5 m.

CONCEPTO	PESO	VCG	MTO. V	LCG	MTO. L	TCG	MTO. T
Peso en rosca	6420,732	20,854	133897,945	35	224726	29,5	189411,6
Lastre residual	1649,918	10,584	17460,7	35	57747,1	29,5	48672,58
Cajon	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 1-4	3454,4	1,079	3727,2976	7	24180,8	28,126	97158,45
Lastre T. 5-8	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 9-12	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 13-16	0	0	0	0	0	0	0
Lastre T. 17-20	3454,4	1,079	3727,2976	63	217627	28,126	97158,45
Lastre T.21	819,03	20,5	16790,115	15	12285,5	1,25	1023,788
Lastre T. 22	0	20,5	0	35	0	1,25	0
Lastre T. 23	819,03	20,5	16790,115	55	45046,7	1,25	1023,788
Lastre T. 24	819,03	20,5	16790,115	15	12285,5	48,75	39927,71
Lastre T. 25	0	20,5	0	35	0	48,75	0
Lastre T. 26	819,03	20,5	16790,115	55	45046,7	48,75	39927,71
Lastre Cajon	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	18255,57	5,043707	92075,7552	35	638945	28,1724	514304,1



10.2. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD

En este apartado lo que se demostrará es que el cajón en sus distintas fases de construcción flota de una manera correcta.

-De acuerdo con las recomendaciones de MARPOL y OMI, el calado de trazado en el centro del buque (calado medio), expresado en metros, no será inferior a:

$$T_m = 0.02 * L = 1.4 \text{ m.}$$

-De acuerdo con las recomendaciones de la OMI, el asiento apopante no será superior a:

$$\Delta T = 0.015 * L = 1.05 \text{ m.}$$

Los datos recogidos en las siguientes tablas demuestran los dos criterios anteriores, además de otros datos que se recogen con el programa Hydromax, estos datos se muestran por fases.

Fase 1: Comienzo de la construcción del cajón.

Draft Amidsh. m	2,238
Displacement tonne	8070
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	2,238
Draft at AP m	2,238
Draft at LCF m	2,238
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,001
Wetted Area m ²	4039,801
Waterpl. Area m ²	3500,001
Prismatic Coeff.	0,997
Block Coeff.	0,992
Midship Area Coeff.	0,995
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd)	0,041
LCF from Amidsh. (+ve fwd)	0
Immersion (TPc) tonne/cm	35,882
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	12581,951
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0



Fase 2: Altura de cajón construido son 5 metros.

Draft Amidsh. m	4,233
Displacement tonne	15187,5
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	4,233
Draft at AP m	4,233
Draft at LCF m	4,233
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,001
Wetted Area m ²	4515,818
Waterpl. Area m ²	3500,001
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,997
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd)	0,022
LCF from Amidsh. (+ve fwd)	0
Immersion (TPc) tonne/cm	35,882
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	12642,92
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 3: Altura de cajón construido son 10 metros.

Draft Amidsh. m	5,539
Displacement tonne	18335
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	5,539
Draft at AP m	5,539
Draft at LCF m	5,539
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	4726,341
Waterpl. Area m ²	3500,001
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,018
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0
Immersion (TPc) tonne/cm	35,882



MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	12748,452
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 4: Altura de cajón construido son 15 metros.

Draft Amidsh. m	10,415
Displacement tonne	24192,1
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,415
Draft at AP m	10,415
Draft at LCF m	10,415
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	11689,421
Waterpl. Area m ²	2680,648
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	0,995
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,016
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0,001
Immersion (TPc) tonne/cm	27,482
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4928,056
Max deck inclination deg	0,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 5: Altura de cajón construido son 20 metros.

Draft Amidsh. m	12,97
Displacement tonne	31213,78
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	12,97
Draft at AP m	12,97
Draft at LCF m	12,97
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	11885,671
Waterpl. Area m ²	2683,103
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996



Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,018
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0
Immersion (TPc) tonne/cm	27,507
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	4192,802
Max deck inclination deg	2,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 6: Altura de cajón construido son 25 metros.

Draft Amidsh. m	15,865
Displacement tonne	39169,6
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	15,865
Draft at AP m	15,865
Draft at LCF m	15,865
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	11885,671
Waterpl. Area m ²	2683,103
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,009
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0,001
Immersion (TPc) tonne/cm	27,483
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	6237,23
Max deck inclination deg	0,8
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 7: Altura de cajón construido son 30 metros.

Draft Amidsh. m	18,083
Displacement tonne	45263
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	18,083
Draft at AP m	18,083
Draft at LCF m	18,083
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70



WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	14162,829
Waterpl. Area m ²	2738,768
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,028
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,002
Immersion (TPc) tonne/cm	28,078
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	7017,796
Max deck inclination deg	11,8
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 8: Altura de cajón construido son 35 metros.

Draft Amidsh. m	19,738
Displacement tonne	49809,96
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	19,738
Draft at AP m	19,738
Draft at LCF m	19,738
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	14619,864
Waterpl. Area m ²	2739,761
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,024
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,002
Immersion (TPc) tonne/cm	28,088
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	8204,414
Max deck inclination deg	11,9
Trim angle (+ve by stern) deg	0



Fase 9: Cajón terminado.

Draft Amidsh. m	25,791
Displacement tonne	66445,46
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	25,791
Draft at AP m	25,791
Draft at LCF m	25,791
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	16892,173
Waterpl. Area m ²	2797,727
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,015
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,001
Immersion (TPc) tonne/cm	28,682
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	12489,338
Max deck inclination deg	16,6
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 10: Botadura del cajón.

Draft Amidsh. m	27
Displacement tonne	30454,31
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	27
Draft at AP m	27
Draft at LCF m	27
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	10651,591
Waterpl. Area m ²	2949,825
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,013
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,007
Immersion (TPc) tonne/cm	30,242



MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	6040,836
Max deck inclination deg	14,7
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 11: Reflotado del cajón. Calado de 15 m.

Draft Amidsh. m	15
Displacement tonne	22862,06
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	15
Draft at AP m	15
Draft at LCF m	15
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	11294,721
Waterpl. Area m ²	423,768
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,013
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0
Immersion (TPc) tonne/cm	4,344
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	2704,196
Max deck inclination deg	28,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 12: Reflotado del cajón. Calado de 10 m.

Draft Amidsh. m	10
Displacement tonne	21216,36
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10
Draft at AP m	10
Draft at LCF m	10
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	4789,695
Waterpl. Area m ²	3287,706
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996



Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,001
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,002
Immersion (TPc) tonne/cm	33,706
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	7632,116
Max deck inclination deg	3,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Fase 13: Replotado del cajón. Calado de 5.5 m.

Draft Amidsh. m	5,5
Displacement tonne	18255,57
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	5,5
Draft at AP m	5,5
Draft at LCF m	5,5
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	70
WL Beam m	50,002
Wetted Area m ²	4625,447
Waterpl. Area m ²	3425,092
Prismatic Coeff.	0,998
Block Coeff.	0,996
Midship Area Coeff.	0,998
Waterpl. Area Coeff.	1
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,001
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,002
Immersion (TPc) tonne/cm	35,114
MTc tonne.m	0
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	8791,768
Max deck inclination deg	3,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0

Como se puede comprobar en las tablas anteriores, todas las fases de construcción cumplen con los dos criterios que hemos definido antes, pues el calado medio en todas ellas es superior a 1.4 metros y no hay asiento en ninguna de las fases. Podemos decir, entonces, que la flotabilidad del cajón en todas sus fases de construcción es óptima.



11.PRESUPUESTO



11. PRESUPUESTO

Hay que decir que en el proyecto que tratamos no es necesario hacer un presupuesto, dado que lo que estamos realizando es un estudio de la estabilidad y flotabilidad de un cajón de hormigón en sus distintas fases de construcción.



12. CONCLUSIONES



12. CONCLUSIONES.

Una vez terminado el proyecto fin de carrera podemos dar las siguientes conclusiones:

En primer lugar decir que hemos tenido que hacer un diseño aproximado de un dique flotante para el cajón al que se le hace el estudio de estabilidad y flotabilidad, calculando un peso en rosca y unas formas aproximadas.

Y en segundo lugar, que el cajón que estudiamos en este proyecto cumple perfectamente con los criterios de estabilidad y flotabilidad dadas por la sociedad de clasificación elegida para el desarrollo de este.

En conclusión, se han conseguido unos resultados admisibles por la Sociedad de Clasificación para el proyecto del que se trata.



13. AGRADECIMIENTOS



13. AGRADECIMIENTOS.

A modo de agradecimiento quisiera recordar a todos los compañeros que día tras día hicieron que mi paso por la Universidad fuera más ameno y a todo el equipo de profesores que hacen una excelente labor al prepararnos para enfrentarnos al mercado laboral.

Agradecimientos al tutor del proyecto D. Aurelio Guzmán Cabañas, ya que sin su ayuda me hubiera sido imposible ver cumplido este proyecto.

Agradecimientos al profesor D. Antonio de Querol Sahagun, por su ayuda durante el proceso de elaboración de este proyecto.

Por último, agradecimientos a mi familia que me apoyó, no solo durante el tiempo que duró mi paso por la Universidad, sino durante el tiempo que he tardado en el desarrollo de este proyecto.



14. LISTA DE REFERENCIAS



14. LISTA DE REFERENCIAS.

➤ BIBLIOGRAFIA

- Apuntes “Calculo de Estructuras Marinas” de D. Antonio Barrios
- Apuntes “Teoría del Buque” de D. Aurelio Guzmán
- Anteproyecto de la transformación de un dique flotante cajonero, de Ana Belén Herrezuelo Sabido, Julio de 2006.
- Reglamentación de Bureau Veritas.

➤ WEBS

- [www. Bureauveritas.es](http://www.Bureauveritas.es)

➤ SOFTWARE

- Microsoft Excel
- Microsoft Word
- Maxsurf 13
- Hydromax
- Autocad 2010



ANEXOS



INDICE

ANEXOS	126
ANEXO A: Tablas de Hidrostáticas.....	128
A.1. HIDROSTATICAS DIQUE FLOTANTE CAJONERO	129
A.2. HIDROSTATICAS DIQUE CON CAJON.....	130
ANEXO B: Memoria Personal	131
B.1. MEMORIA PERSONAL	132



ANEXO A: Tablas de Hidrostáticas



A.1. HIDROSTATICAS DIQUE FLOTANTE CAJONERO

		0.900	2,721	4,542	6,363	8,184	10,005	11,826	13,647	15,468	17,289	19,111	20,932	22,753	24,574	26,395	28,216	30,037	31,858	33,679	35,500	
1	Displacement tonne	3228	9764	16298	22019	27619	32128	37187	42417	47816	53385	59124	65033	71112	77361	83780	90369	97118	104027	111096	118425	
2	Hee to Starboard degrees	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	Draught at FP m	0.900	2.721	4.542	6.363	8.184	10.005	11.826	13.647	15.468	17.289	19.111	20.932	22.753	24.574	26.395	28.216	30.037	31.858	33.679	35.500	
4	Draught at AP m	0.900	2.721	4.542	6.363	8.184	10.005	11.826	13.647	15.468	17.289	19.111	20.932	22.753	24.574	26.395	28.216	30.037	31.858	33.679	35.500	
5	Draught at LCF m	0.900	2.721	4.542	6.363	8.184	10.005	11.826	13.647	15.468	17.289	19.111	20.932	22.753	24.574	26.395	28.216	30.037	31.858	33.679	35.500	
6	Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
7	WL Length m	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	
8	WL Beam m	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	
9	Wetted Area m ²	3718.00	4163.00	4690.10	5254.69	5849.47	6477.11	7144.88	7854.88	8611.13	9410.64	10258.44	11150.64	12083.24	13052.24	14063.64	15114.44	16202.64	17325.24	18480.24	19665.64	20880.24
10	Waterpl. Area m ²	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	3500.00	
11	Prismatic Coef.	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
12	Block Coef.	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
13	Midship Area Coef.	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
14	Waterpl. Area Coef.	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
15	CB from Amidsh. (+ve fwd)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
16	CF from Amidsh. (+ve fwd)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
17	XB m	0.450	1.365	2.271	3.177	4.083	4.989	5.895	6.801	7.707	8.613	9.519	10.425	11.331	12.237	13.143	14.049	14.955	15.861	16.767	17.673	
18	XC m	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	
19	YM m	231.461	76.584	45.887	31.922	22.957	16.992	12.027	8.062	5.097	3.132	1.167	0.202	0.237	0.272	0.307	0.342	0.377	0.412	0.447	0.482	
20	YU m	453.704	150.065	89.900	58.835	40.770	28.705	19.640	13.575	9.510	6.445	4.380	3.215	2.050	1.885	1.720	1.555	1.390	1.225	1.060	0.895	
21	SU m	231.051	77.024	47.238	31.452	22.666	16.880	12.094	8.129	5.164	3.200	1.235	0.270	0.305	0.340	0.375	0.410	0.445	0.480	0.515	0.550	
22	SUL m	453.254	150.502	91.271	60.206	41.420	28.455	19.670	13.605	9.640	6.675	4.710	3.545	2.380	2.215	2.050	1.885	1.720	1.555	1.390	1.225	
23	XM m	231.951	77.924	48.138	32.362	23.576	17.790	12.904	8.939	5.974	4.009	3.044	2.879	2.714	2.549	2.384	2.219	2.054	1.889	1.724	1.559	
24	YU m	454.154	151.402	92.171	61.106	42.320	29.355	20.570	14.505	10.540	7.575	5.610	4.445	3.280	3.115	2.950	2.785	2.620	2.455	2.290	2.125	
25	Immersion (The) tonne/ton	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	55.882	
26	ITC tonne/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
27	SW at 1 deg = SW Disp. (t)	1302.0	13124.	34355.	69485.	104615.	139745.	174875.	210005.	245135.	280265.	315395.	350525.	385655.	420785.	455915.	491045.	526175.	561305.	596435.	631565.	666695.
28	Max deck inclination deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	



	Draft Amidship, m	0.900	3.041	5.121	7.232	9.342	11.453	13.563	15.674	17.784	19.895	22.005	24.116	26.226	28.337	30.447	32.558	34.668	36.779	38.888	41.000
1	Displacement tone	2387	6092	10326	15442	21242	27042	32842	38642	44442	50241	56041	61841	67641	73441	79241	85041	90841	96641	10243	10823
2	Heel to Starboard degrees	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Draftal FF m	0.900	3.011	5.121	7.232	9.342	11.453	13.563	15.674	17.784	19.895	22.005	24.116	26.226	28.337	30.447	32.558	34.668	36.779	38.888	41.000
4	Draftal AF m	0.900	3.011	5.121	7.232	9.342	11.453	13.563	15.674	17.784	19.895	22.005	24.116	26.226	28.337	30.447	32.558	34.668	36.779	38.888	41.000
5	Draftal LCF m	0.900	3.011	5.121	7.232	9.342	11.453	13.563	15.674	17.784	19.895	22.005	24.116	26.226	28.337	30.447	32.558	34.668	36.779	38.888	41.000
6	Trim (ave by stem) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	WL Length m	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
8	WL Beam m	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
9	Wetted Area m ²	4865.74	5197.1	7477.6	10838.8	15577.8	22276	29994	37715	44431	51147	57863	64579	71295	78011	84727	91443	98159	104875	111591	118307
10	Waterpl. Area m ²	2974.65	1742.9	510.65	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5	2887.5
11	Prismatic Coeff.	0.925	0.749	0.573	0.638	0.716	0.775	0.810	0.840	0.863	0.885	0.895	0.912	0.923	0.933	0.941	0.949	0.955	0.959	0.961	0.961
12	Block Coeff.	0.925	0.749	0.573	0.773	0.823	0.855	0.876	0.892	0.904	0.914	0.922	0.928	0.933	0.938	0.942	0.945	0.948	0.948	0.948	0.948
13	Wetship Area Coeff.	1.000	1.000	1.000	1.236	1.229	1.187	1.153	1.136	1.120	1.103	1.097	1.089	1.082	1.075	1.070	1.066	1.062	1.058	1.055	1.050
14	Waterpl. Area Coeff.	0.850	0.493	0.46	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995
15	LCB from Amidship (ave fwd)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	LCF from Amidship (ave fwd)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	45 m	0.438	1.337	1.924	3.327	4.681	5.907	7.073	8.205	9.318	10.417	11.50	12.59	13.66	14.744	15.816	16.88	17.954	19.022	20.09	21.158
18	40 m	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
19	30M m	156.304	21.229	42.309	21.26	17.248	13.54	11.15	9.481	8.244	7.292	6.538	5.924	5.416	4.989	4.624	4.303	4.033	3.803	3.59	3.400
20	30ML m	428.552	14.57	39.35	7.978	52.325	41.0	33.84	28.76	25.01	22.123	19.85	17.97	16.43	15.34	14.027	13.07	12.236	11.540	10.94	10.400
21	GW m	156.041	21.665	43.633	26.153	21.029	16.55	13.32	10.76	8.668	6.839	5.14	3.61	2.18	1.833	1.540	1.287	1.067	0.877	0.717	0.585
22	GW m	428.091	165.01	40.157	74.495	56.106	45.11	40.0	36.06	33.42	31.640	30.44	29.68	29.20	28.979	28.943	29.05	29.290	29.623	29.447	19.855
23	4ML m	156.941	25.565	44.83	27.633	21.929	16.45	12.22	8.66	5.56	3.34	1.779	0.804	0.51	0.38	0.30	0.24	0.19	0.14	0.11	0.08
24	4ML m	428.991	165.91	41.057	75.395	57.006	47.01	40.91	36.96	34.32	32.540	31.34	30.58	30.10	29.879	29.643	29.55	30.190	29.523	30.147	20.755
25	Intrusion (TPe) ton/m ³	30.495	17.865	5.235	27.481	27.481	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48
26	Wtc ton/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	Wt at Tceg = GW Disast/H	634.51	3059.1	2486.6	7046.1	7795.88	8757	9832	11320	12923	14733	16765	1911	2468	2436	27022	302431	33302	38817	36764	0.000
28	Max Deck inclination deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	Trim angle (ave by stem) deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

A.2. HIDROSTATICAS DIQUE CON CAJON



ANEXO B: Memoria Personal



B.1. MEMORIA PERSONAL

Una vez dada por finalizada la elaboración del proyecto fin de carrera sería de relevante importancia dedicar unas líneas, a modo de recopilación, sobre lo que ha supuesto personalmente la elaboración de dicho proyecto.

Principalmente se han asentado las ideas obtenidas a lo largo de la carrera ya que la mayoría de la materia estudiada en las asignaturas está plasmada dentro de los diferentes apartados que componen el trabajo.

La mayor dificultad encontrada en la elaboración de este proyecto ha sido la poca información encontrada, dado que en nuestra escuela sólo se ha hecho un proyecto similar. Por eso ha sido fundamental la ayuda prestada, tanto por el tutor del proyecto como la ayuda de otros profesores, en la recopilación de datos y toma de decisiones.

El proceso de razonamiento ha sido una de las principales habilidades obtenidas a lo largo de la carrera y que me han sido de gran ayuda, ya que asignaturas como matemáticas, física o mecánica, entre otras, me han dotado de dicha capacidad. Acompañándose con los conocimientos obtenidos en asignaturas como cálculo de estructuras marinas, proyectos de estructuras marinas o teoría del buque, entre otras, han sido principales herramientas para la consecución del objetivo.

Durante el proyecto se ha llevado a cabo un proceso iterativo, continuo y de avance para la consecución de los objetivos llevando a cabo lo que sería la espiral de diseño.

Se han asentado conocimientos informáticos y de diseño que también serán de relevante importancia en posteriores etapas de mi vida laboral.



ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD Y FLOTABILIDAD DE LAS FASES DE CONSTRUCCION DE UN CAJON DE HORMIGON DE 35 METROS DE PUNTAL EN UN DIQUE FLOTANTE DE 70 METROS DE ESLORA Y 50 METROS DE MANGA



CALCULOS



PESO EN ROSCA

DESIGNACION	PESO	XG	ML	KG	MV	LG	MT
ROSCA	4237,732	0	0	9,38	39749,926	0	0
TORRES	500	0	0	45,5	22750	0	0
PARAGUAS	1150	0	0	45,235	52020	0	0
ENCOFRADO	240	0	0	40,3	9672	0	0
VIGAS SIST. ELEVACION	70	0	0	29	2030	0	0
SOPORTES SIST. ELEVACION	150	0	0	29	4350	0	0
PLUMAS	30	0	0	45,53	1365,9	0	0
GRUAS	43	0	0	45,53	1957,8	0	0
TOTAL	6420,732	0	0	20,854	133895,626	0	0



CALCULOS PARA LA ESTABILIDAD

La estabilidad, en general, tiene una componente que depende exclusivamente de las formas sumergidas del cajón, que es la ordenada del metacentro transversal BM , que depende a su vez de la ordenada del centro de carena (BC) y el radio metacéntrico transversal (CM). Es decir:

$$BM = BC + CM$$

La otra componente ZG depende exclusivamente de la distribución de pesos.

En definitiva llegamos a la siguiente expresión:

$$GM = BM - ZG = BC + CM - ZG$$

Si el GM es positivo (G debajo de M), el cajón tendrá equilibrio estable, si es cero (G coincide con M) el equilibrio será indiferente, y si el GM es negativo, (G por encima de M) el cajón no estará en equilibrio en esa posición.

Los cuadros resultados del cajón obtenidos son los que se exponen en las páginas siguientes, uno es un cuadro para el cajón sin lastrar y otro para el cajón lastrado.

Como podemos comprobar en el primer cuadro, el cajón en sus últimas fases de construcción es inestable, ya que los valores de estabilidad (GM) son negativos. Con el fin de conseguir que el cajón sea estable hemos de lastrarlo, para determinar el tonelaje de lastre necesario que ha de ocupar las celdas hemos de tener en cuenta que éste debe ser el adecuado para que el cajón tenga cierta estabilidad mínima, considerando que ésta sea mayor o igual que 0.35 metros.

Por definición sabemos que GM es igual a:

$$GM = BM - ZG = BC + CM - ZG = T/2 + I_T/\nabla - ZG \geq 0.35 \text{ mts.}$$



Para los 35 metros de cajón construidos tenemos los siguientes datos:

$$\Delta_{cajon} = 26425.175 \text{ Tns.}$$

$$ZG_{cajon} = 15.179 \text{ mts.}$$

$$I_T = 215595.997 \text{ m}^4$$

$$A_F = 2534.840 \text{ m}^2$$

$$\nabla = 26425.175 / 1.025 = 25780.659 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$GM \geq 0.35 \text{ mts} \Rightarrow T/2 + I_T/\nabla - ZG \geq 0.35 \text{ mts}$$

$$T/2 + 215595.997/25780.659 - 15.179 \geq 0.35 \Rightarrow T \geq \mathbf{14.331 \text{ mts.}}$$

Para que el cajón flote con este calado, se ha de cumplir el principio de Arquímedes, el establece que:

$$\Delta = \nabla / \gamma_{as} \Rightarrow \Delta_{cajon} + \Delta_{lastre} = A_F * T * \gamma_{as}$$

$$\Delta_{lastre} = A_F * T * \gamma_{as} - \Delta_{cajon} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta_{lastre} = (2534.840 * 14.331 * 1.025) - 26425.175 = 10809.787 \text{ Tns.}$$

El peso del lastre necesario para $GM \geq 0.35$ mts, es:

$$\Delta_{lastre} = \mathbf{10809.787 \text{ Tns}}$$



Una vez conocido el peso del lastre necesario para que el cajón sea estable, podemos determinar la sonda del mismo en cada una de las celdas que forman parte de la estructura del bloque.

Así que,

$$\Delta_{lastre} = [(5.4 * 4 * s) * 1.025] * 98 = 10809.787 Tns$$

Entonces, la sonda (s) del lastre en cada celda del cajón será:

$$s = 4.982 mts$$

A partir de estos datos calcularemos el centro de gravedad del lastre que hemos hallado previamente. El centro de gravedad del mismo vendrá definido por su coordenada vertical (ZG).

Sabiendo que el espesor de la solera y las zapatas es de 0.70 metros, deducimos lo siguiente:

$$Zg_{lastre} = s/2 + 0.7 = 3.191 mts.$$

En definitiva, el centro de gravedad del lastre contemplado en flotadura es:

$$Zg_{lastre} = 3.191 mts$$



➤ **ESTABILIDAD INICIAL**

En este apartado tendremos que interpolar, para cada fase, los distintos datos necesarios para obtener la estabilidad inicial ($GM \geq 0.35$), de las tablas hidrostáticas del dique.

Fase 1: Comienzo de la construcción del cajón. En esta fase el dique solo cuenta con su propio peso en rosca (8070 Tns).

$$\frac{3229 - 9764}{0.9 - 2.721} = \frac{3229 - 8070}{0.9 - T} \Rightarrow T = 2.249 \text{ m}$$

$$\frac{3229 - 9764}{231.481 - 76.564} = \frac{3229 - 8070}{231.481 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 116.720 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 116.72 * 7873.17 = 918956.402 \text{ m}^4$$

$$\frac{3229 - 9764}{453.704 - 150.064} = \frac{3229 - 8070}{453.704 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 228.773 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 228.773 * 7873.17 = 1801172.148 \text{ m}^4$$

$$\frac{3229 - 9764}{231.031 - 77.024} = \frac{3229 - 8070}{231.031 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 116.946 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 116.946 - 0.071 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 116.875 \text{ m}$$

$$\frac{3229 - 9764}{453.254 - 150.525} = \frac{3229 - 8070}{453.254 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 228.998 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 228.998 - 0.071 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 228.927 \text{ m}$$



Fase 2: Altura del cajón construido es de 5 metros. En esta fase el dique cuenta con su propio peso y el que supone el cajón construido a esta altura. ($\Delta = 15187.5 \text{ Tns}$).

$$\frac{9764 - 16298}{2.721 - 4.542} = \frac{9764 - 15187.5}{2.721 - T} \Rightarrow T = 4.233 \text{ m}$$

$$\frac{9764 - 16298}{76.564 - 45.867} = \frac{9764 - 15187.5}{76.564 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 51.084 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 51.084 * 14817.073 = 756917.943 \text{ m}^4$$

$$\frac{9764 - 16298}{150.064 - 89.9} = \frac{9764 - 15187.5}{150.064 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 100.125 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 100.125 * 14817.073 = 1483563.906 \text{ m}^4$$

$$\frac{9764 - 16298}{77.024 - 47.238} = \frac{9764 - 15187.5}{77.024 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 52.300 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 52.3 - 0.038 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 52.262 \text{ m}$$

$$\frac{9764 - 16298}{150.525 - 91.271} = \frac{9764 - 15187.5}{150.525 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 101.342 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 101.342 - 0.038 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 101.304 \text{ m}$$



Fase 3: Altura del cajón construido es de 10 metros. En esta fase el dique cuenta con su propio peso y el que supone el cajón construido a esta altura. ($\Delta = 18335 \text{ Tns}$).

$$\frac{16298 - 20019}{4.542 - 6.363} = \frac{16298 - 18335}{4.542 - T} \Rightarrow T = 5.539 \text{ m}$$

$$\frac{16298 - 20019}{45.867 - 9.402} = \frac{16298 - 18335}{45.867 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 25.905 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 25.905 * 17887.805 = 463380.700 \text{ m}^4$$

$$\frac{16298 - 20019}{89.9 - 5.869} = \frac{16298 - 18335}{89.9 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 43.899 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 43.899 * 17887.805 = 785249.897 \text{ m}^4$$

$$\frac{16298 - 20019}{47.238 - 11.297} = \frac{16298 - 18335}{47.238 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 27.563 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 27.563 - 0.031 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 27.532 \text{ m}$$

$$\frac{16298 - 20019}{91.271 - 7.764} = \frac{16298 - 18335}{91.271 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 45.556 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 45.556 - 0.031 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 45.525 \text{ m}$$



Fase 4: Altura del cajón construido es de 15 metros. En esta fase el dique cuenta con su propio peso, el que supone el cajón construido a esta altura y los pesos de lastre que anulan la reacción del cajón sobre el dique ($\Delta = 24192.068 \text{ Tns}$).

$$\frac{23064 - 28069}{10.005 - 11.826} = \frac{23064 - 24192.068}{10.005 - T} \Rightarrow T = 10.415 \text{ m}$$

$$\frac{23064 - 28069}{5.076 - 6.117} = \frac{23064 - 24192.068}{5.076 - KC} \Rightarrow KC = 5.311 \text{ m}$$

$$\frac{23064 - 28069}{15.885 - 13.053} = \frac{23064 - 24192.068}{15.885 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 15.247 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 15.247 * 23602.018 = 359859.962 \text{ m}^4$$

$$\frac{23064 - 28069}{48.191 - 39.599} = \frac{23064 - 24192.068}{48.191 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 46.254 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 46.254 * 23602.018 = 109.1687.720 \text{ m}^4$$

$$\frac{23064 - 28069}{20.06 - 18.27} = \frac{23064 - 24192.068}{20.06 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 19.657 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 19.657 - 0.672 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 18.985 \text{ m}$$

$$\frac{23064 - 28069}{52.336 - 44.816} = \frac{23064 - 24192.068}{52.336 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 50.641 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 50.641 - 0.672 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 49.969 \text{ m}$$



Fase 5: Altura del cajón construido es de 20 metros. En esta fase el dique cuenta con su propio peso, el que supone el cajón construido a esta altura y los pesos de lastre que anulan la reacción del cajón sobre el dique ($\Delta = 31213.776 \text{ Tns}$).

$$\frac{28069 - 33073}{11.826 - 13.647} = \frac{28069 - 31213.776}{11.826 - T} \Rightarrow T = 12.970 \text{ m}$$

$$\frac{28069 - 33073}{6.117 - 7.119} = \frac{28069 - 31213.776}{6.117 - KC} \Rightarrow KC = 6.747 \text{ m}$$

$$\frac{28069 - 33073}{13.053 - 11.078} = \frac{28069 - 31213.776}{13.053 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 11.812 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 11.812 * 30452.464 = 359704.509 \text{ m}^4$$

$$\frac{28069 - 33073}{39.599 - 33.607} = \frac{28069 - 31213.776}{39.599 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 35.833 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 35.833 * 30452.464 = 1091212.688 \text{ m}^4$$

$$\frac{28069 - 33073}{18.27 - 17.296} = \frac{28069 - 31213.776}{18.27 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 17.658 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 17.658 - 0.614 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 17.044 \text{ m}$$

$$\frac{28069 - 33073}{44.816 - 39.825} = \frac{28069 - 31213.776}{44.816 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 41.679 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 41.679 - 0.614 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 41.065 \text{ m}$$



Fase 6: Altura del cajón construido es de 25 metros. En esta fase el dique cuenta con su propio peso, el que supone el cajón construido a esta altura y los pesos de lastre que anulan la reacción del cajón sobre el dique ($\Delta = 39169.629 \text{ Tns}$).

$$\frac{38078 - 43082}{15.468 - 17.289} = \frac{38078 - 39169.629}{15.468 - T} \Rightarrow T = 15.865 \text{ m}$$

$$\frac{38078 - 43082}{8.096 - 9.058} = \frac{38078 - 39169.629}{8.096 - KC} \Rightarrow KC = 8.306 \text{ m}$$

$$\frac{38078 - 43082}{9.622 - 8.504} = \frac{138078 - 39169.629}{9.622 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 9.378 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 9.378 * 38214.272 = 358373.443 \text{ m}^4$$

$$\frac{38078 - 43082}{29.19 - 25.799} = \frac{38078 - 39169.629}{29.19 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 28.450 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 28.450 * 38214.272 = 1087196.038 \text{ m}^4$$

$$\frac{38078 - 43082}{16.818 - 16.663} = \frac{38078 - 39169.629}{16.818 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 16.784 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 16.784 - 0.493 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 16.291 \text{ m}$$

$$\frac{38078 - 43082}{36.386 - 33.958} = \frac{38078 - 39169.629}{36.386 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 35.856 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 35.856 - 0.493 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 35.363 \text{ m}$$



Fase 7: Altura del cajón construido es de 30 metros. En esta fase el dique cuenta con su propio peso, el que supone el cajón construido a esta altura y los pesos de lastre que anulan la reacción del cajón sobre el dique ($\Delta = 45263.005 \text{ Tns}$).

$$\frac{43082 - 48086}{17.289 - 19.111} = \frac{43082 - 45263.005}{17.289 - T} \Rightarrow T = 18.083 \text{ m}$$

$$\frac{43082 - 48086}{9.058 - 10.10} = \frac{43082 - 45263.005}{9.058 - KC} \Rightarrow KC = 9.473 \text{ m}$$

$$\frac{43082 - 48086}{8.504 - 7.619} = \frac{43082 - 45263.005}{8.504 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 8.118 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 8.118 * 44159.029 = 35848.300 \text{ m}^4$$

$$\frac{43082 - 48086}{25.799 - 23.114} = \frac{43082 - 45263.005}{25.799 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 24.628 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 24.628 * 44159.029 = 1087548.573 \text{ m}^4$$

$$\frac{43082 - 48086}{16.663 - 16.729} = \frac{43082 - 45263.005}{16.663 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 16.692 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 16.692 - 0.426 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 16.266 \text{ m}$$

$$\frac{43082 - 48086}{33.958 - 32.224} = \frac{43082 - 45263.005}{33.958 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 33.202 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 33.202 - 0.426 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 32.776 \text{ m}$$



Fase 8: Altura del cajón construido es de 35 metros. En esta fase el dique cuenta con su propio peso, el que supone el cajón construido a esta altura y los pesos de lastre que anulan la reacción del cajón sobre el dique ($\Delta = 49809.961 \text{ Tns}$).

$$\frac{48086 - 53091}{19.111 - 20.932} = \frac{48086 - 49809.961}{19.111 - T} \Rightarrow T = 19.738 \text{ m}$$

$$\frac{48086 - 53091}{10.01} = \frac{48086 - 49809.96}{10.953 - KC} \Rightarrow KC = 10.335 \text{ m}$$

$$\frac{48086 - 53091}{7.619 - 6.901} = \frac{48086 - 49809.96}{7.619 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 7.372 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 7.372 * 48595.084 = 358242.959 \text{ m}^4$$

$$\frac{48086 - 53091}{23.114 - 20.936} = \frac{48086 - 49809.96}{23.114 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 22.364 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 22.364 * 48595.084 = 1086780.456 \text{ m}^4$$

$$\frac{48086 - 53091}{16.729 - 16.954} = \frac{48086 - 49809.96}{16.729 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 16.807 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 16.807 - 0.015 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 16.792 \text{ m}$$

$$\frac{48086 - 53091}{32.224 - 30.989} = \frac{48086 - 49809.96}{32.224 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 31.799 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 31.799 - 0.015 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 31.784 \text{ m}$$



Fase 9: Cajón terminado. ($\Delta = 66445.464 \text{ Tns}$).

$$\frac{64040 - 69116}{24.916 - 26.763} = \frac{64040 - 66445.464}{24.916 - T} \Rightarrow T = 25.791 \text{ m}$$

$$\frac{64040 - 69116}{13 - 13.943} = \frac{64040 - 66445.464}{13 - KC} \Rightarrow KC = 13.447 \text{ m}$$

$$\frac{64040 - 69116}{5.721 - 5.301} = \frac{64040 - 66445.464}{5.721 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 5.522 \text{ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 5.522 * 64824.843 = 357962.783 \text{ m}^4$$

$$\frac{64040 - 69116}{17.356 - 16.081} = \frac{64040 - 66445.464}{17.356 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 16.752 \text{ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 16.752 * 64824.843 = 1085945.769 \text{ m}^4$$

$$\frac{64040 - 69116}{18.344 - 18.9} = \frac{64040 - 66445.464}{18.344 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 18.607 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 18.607 - 0.009 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 18.598 \text{ m}$$

$$\frac{64040 - 69116}{29.456 - 29.124} = \frac{64040 - 66445.464}{29.456 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 29.299 \text{ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 29.299 - 0.009 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 29.290 \text{ m}$$



Fase 10: Botadura del cajón. En esta fase conocemos el calado que debe tener el dique para que el cajón pueda ser botado, por ello el calado está fijado en 27m.

$$\frac{26.395 - 28.216}{6.161 - 6.626} = \frac{26.395 - 27}{6.161 - KC} \Rightarrow KC = 6.315 m$$

$$\frac{26.395 - 28.216}{6.946 - 6.781} = \frac{26.395 - 27}{6.946 - CM_T} \Rightarrow CM_T = 6.891 m$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 6.891 * 29711.522 = 204742.098 m^4$$

$$\frac{26.395 - 28.216}{4.182 - 4.069} = \frac{26.395 - 27}{4.182 - CM_L} \Rightarrow CM_L = 4.144 m$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 4.144 * 29711.522 = 123131.253 m^4$$

$$\frac{26.395 - 28.216}{12.206 - 12.508} = \frac{26.395 - 27}{12.206 - GM_T} \Rightarrow GM_T = 12.306 m$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 12.306 - 0.031 \Rightarrow GM_{TCORR.} = 12.275 m$$

$$\frac{26.395 - 28.216}{9.442 - 9.796} = \frac{26.395 - 27}{9.442 - GM_L} \Rightarrow GM_L = 9.560 m$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 9.560 - 0.031 \Rightarrow GM_{LCORR.} = 9.529 m$$



Fase 11: Refloatado del dique. El calado en esta fase es de 15 metros, pues es el que hemos fijado para esta condición.

$$\frac{13.647 - 15.468}{22417 - 23016} = \frac{13.647 - 15}{22417 - \Delta} \Rightarrow \Delta = \mathbf{22862.056 \text{ m}}$$

$$\frac{13.647 - 15.468}{3.566 - 3.853} = \frac{13.647 - 15}{3.566 - KC} \Rightarrow KC = \mathbf{3.779 \text{ m}}$$

$$\frac{13.647 - 15.468}{8.341 - 8.111} = \frac{13.647 - 15}{8.341 - CM_T} \Rightarrow CM_T = \mathbf{8.170 \text{ m}}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 8.17 * 22304.445 = \mathbf{182227.316 \text{ m}^4}$$

$$\frac{13.647 - 15.468}{5.14 - 4.981} = \frac{13.647 - 15}{5.14 - CM_L} \Rightarrow CM_L = \mathbf{5.022 \text{ m}}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 5.022 * 22304.445 = \mathbf{112010.608 \text{ m}^4}$$

$$\frac{13.647 - 15.468}{11.008 - 11.063} = \frac{13.647 - 15}{11.008 - GM_T} \Rightarrow GM_T = \mathbf{11.049 \text{ m}}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 11.049 - 0.031 \Rightarrow GM_{TCORR.} = \mathbf{11.018 \text{ m}}$$

$$\frac{13.647 - 15.468}{7.806 - 7.934} = \frac{13.647 - 15}{7.806 - GM_L} \Rightarrow GM_L = \mathbf{7.901 \text{ m}}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 7.901 - 0.031 \Rightarrow GM_{LCORR.} = \mathbf{7.870 \text{ m}}$$



Fase 12: Refloatado del dique. El calado en esta fase es de 10 metros, pues es el que hemos fijado para esta condición.

$$\frac{8.184 - 10.005}{20619 - 21218} = \frac{8.184 - 10}{20619 - \Delta} \Rightarrow \Delta = \mathbf{21216.355\ m}$$

$$\frac{8.184 - 10.005}{2.925 - 3.1} = \frac{8.184 - 10}{2.925 - KC} \Rightarrow \mathbf{KC = 3.099\ m}$$

$$\frac{8.184 - 10.005}{9.113 - 8.841} = \frac{8.184 - 10}{9.113 - CM_T} \Rightarrow \mathbf{CM_T = 8.843\ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 8.843 * 20698.883 = \mathbf{183050.418\ m^4}$$

$$\frac{8.184 - 10.005}{5.671 - 5.484} = \frac{8.184 - 10}{5.671 - CM_L} \Rightarrow \mathbf{CM_L = 5.485\ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 5.485 * 220698.883 = \mathbf{113524.541\ m^4}$$

$$\frac{8.184 - 10.005}{11.139 - 11.041} = \frac{8.184 - 10}{11.139 - GM_T} \Rightarrow \mathbf{GM_T = 11.042\ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 11.042 - 0.046 \Rightarrow \mathbf{GM_{TCORR.} = 10.995\ m}$$

$$\frac{8.184 - 10.005}{7.696 - 7.683} = \frac{8.184 - 10}{7.696 - GM_L} \Rightarrow \mathbf{GM_L = 7.684\ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 7.684 - 0.046 \Rightarrow \mathbf{GM_{LCORR.} = 7.637\ m}$$



Fase 13: Refloatado del dique. El calado en esta fase es de 5.5 metros, pues es el que hemos fijado para esta condición.

$$\frac{4.542 - 6.363}{16298 - 20019} = \frac{4.542 - 5.5}{16298 - \Delta} \Rightarrow \Delta = \mathbf{18255.561\ m}$$

$$\frac{4.542 - 6.363}{2.271 - 2.795} = \frac{4.542 - 5.5}{2.271 - KC} \Rightarrow \mathbf{KC = 2.546\ m}$$

$$\frac{4.542 - 6.363}{45.867 - 9.402} = \frac{4.542 - 5.5}{45.867 - CM_T} \Rightarrow \mathbf{CM_T = 26.683\ m}$$

$$CM_T = \frac{I_T}{\nabla} \Rightarrow I_T = CM_T * \nabla = 26.683 * 17810.303 = \mathbf{475240.012\ m^4}$$

$$\frac{4.542 - 6.363}{89.9 - 5.869} = \frac{4.542 - 5.5}{89.9 - CM_L} \Rightarrow \mathbf{CM_L = 45.693\ m}$$

$$CM_L = \frac{I_L}{\nabla} \Rightarrow I_L = CM_L * \nabla = 45.693 * 17810.303 = \mathbf{813799.808\ m^4}$$

$$\frac{4.542 - 6.363}{47.238 - 11.297} = \frac{4.542 - 5.5}{47.238 - GM_T} \Rightarrow \mathbf{GM_T = 28.330\ m}$$

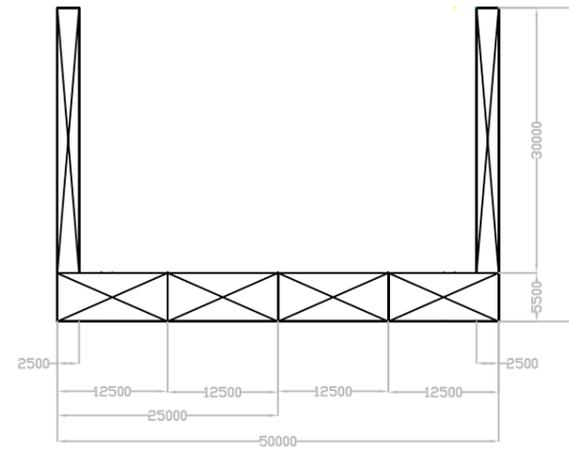
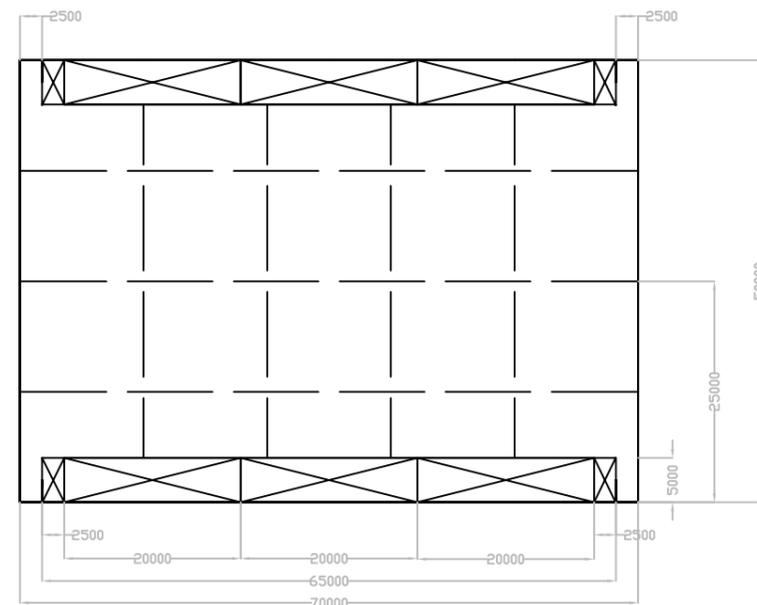
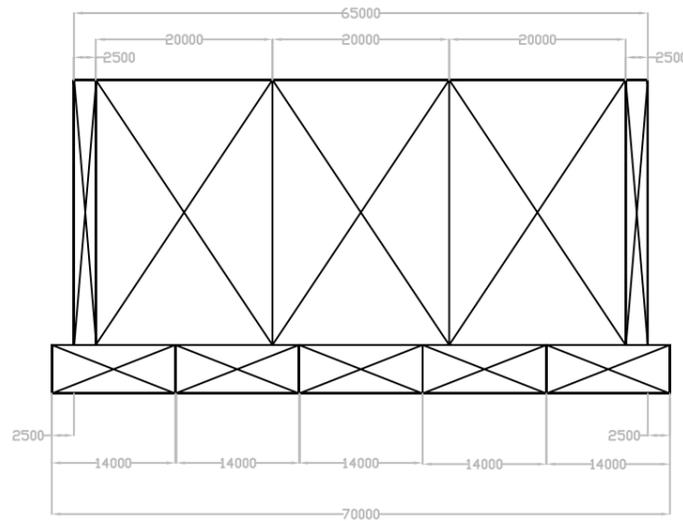
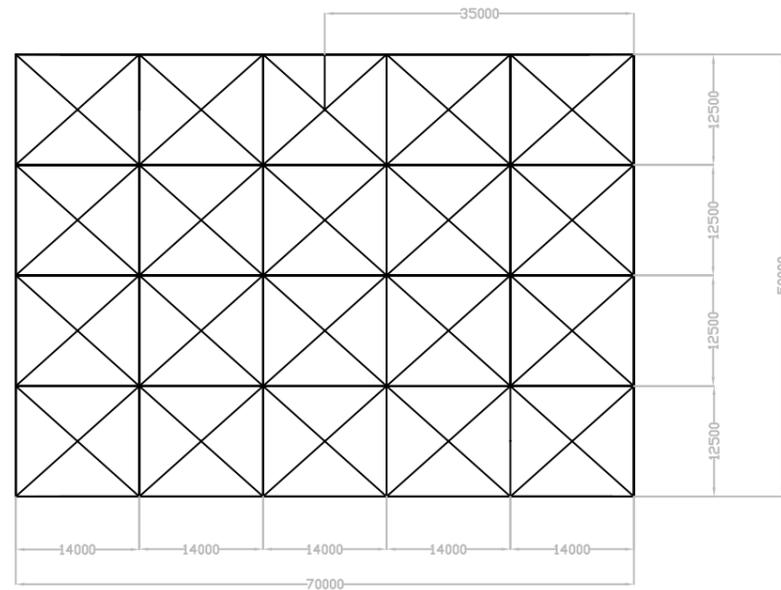
$$GM_{TCORR.} = GM_T - MSL = 28.33 - 0.043 \Rightarrow \mathbf{GM_{TCORR.} = 28.287\ m}$$

$$\frac{4.542 - 6.363}{91.271 - 7.764} = \frac{4.542 - 5.5}{91.271 - GM_L} \Rightarrow \mathbf{GM_L = 47.339\ m}$$

$$GM_{TCORR.} = GM_L - MSL = 47.339 - 0.043 \Rightarrow \mathbf{GM_{LCORR.} = 47.296\ m}$$

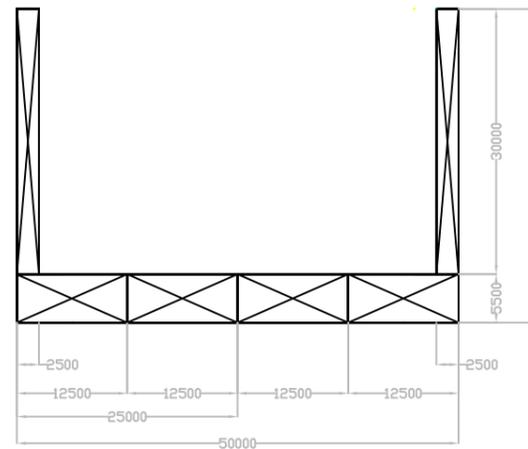
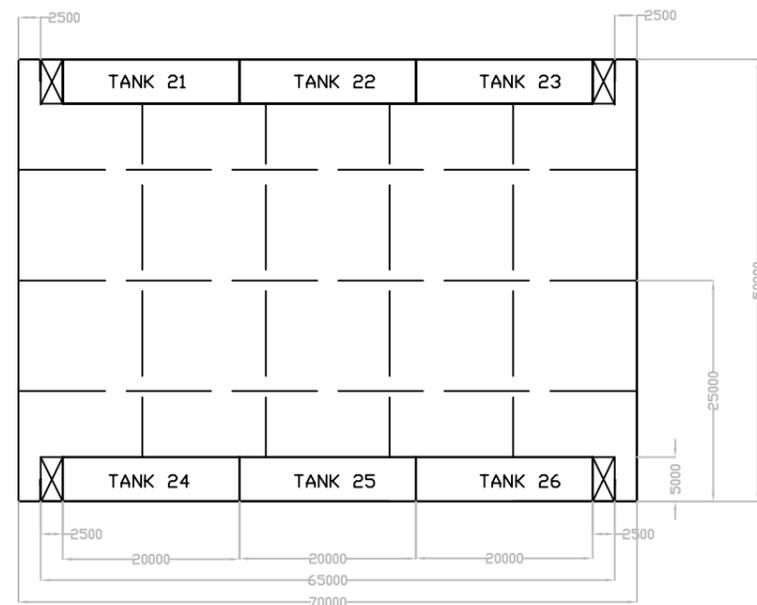
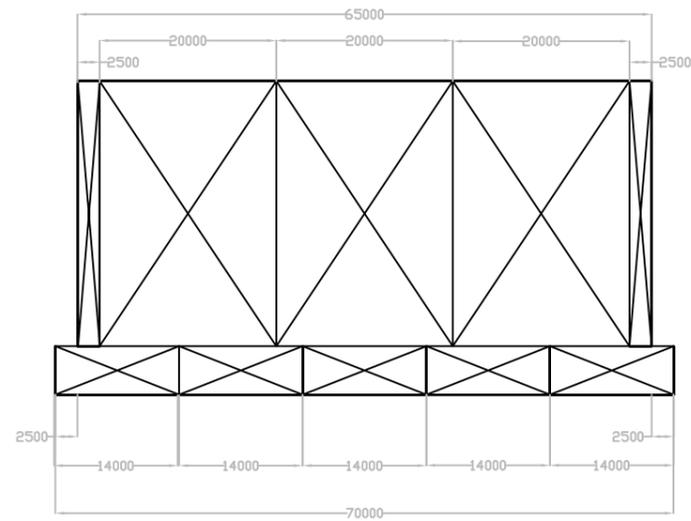
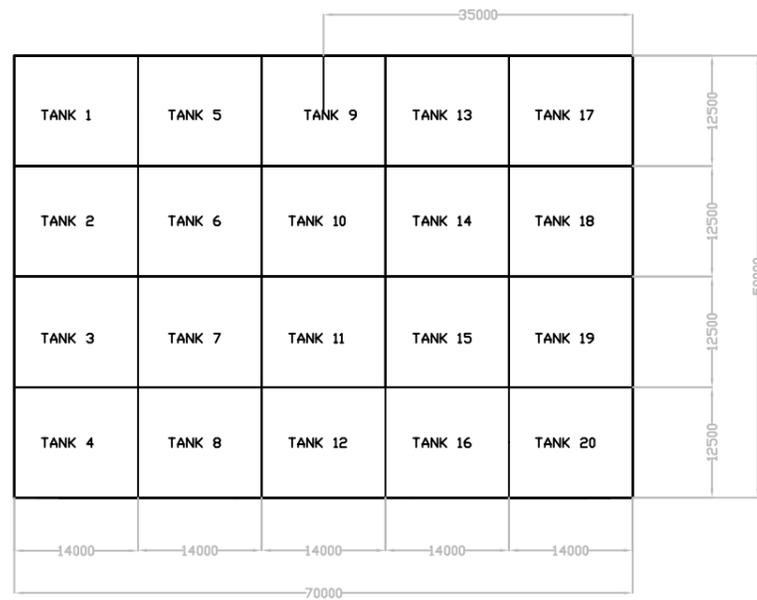


PLANOS



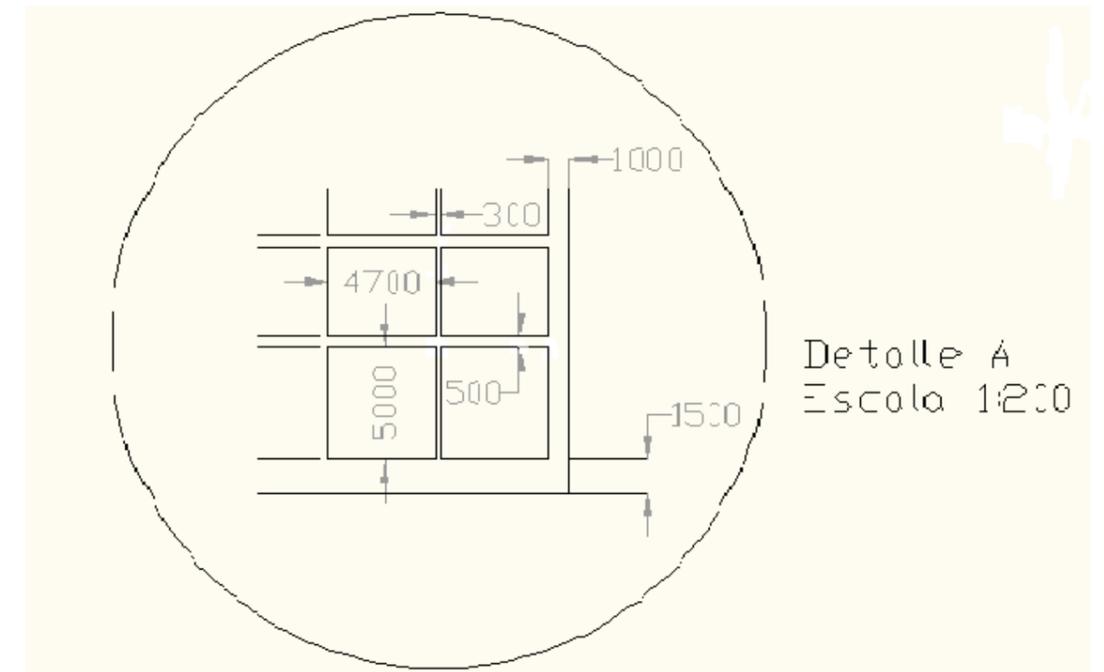
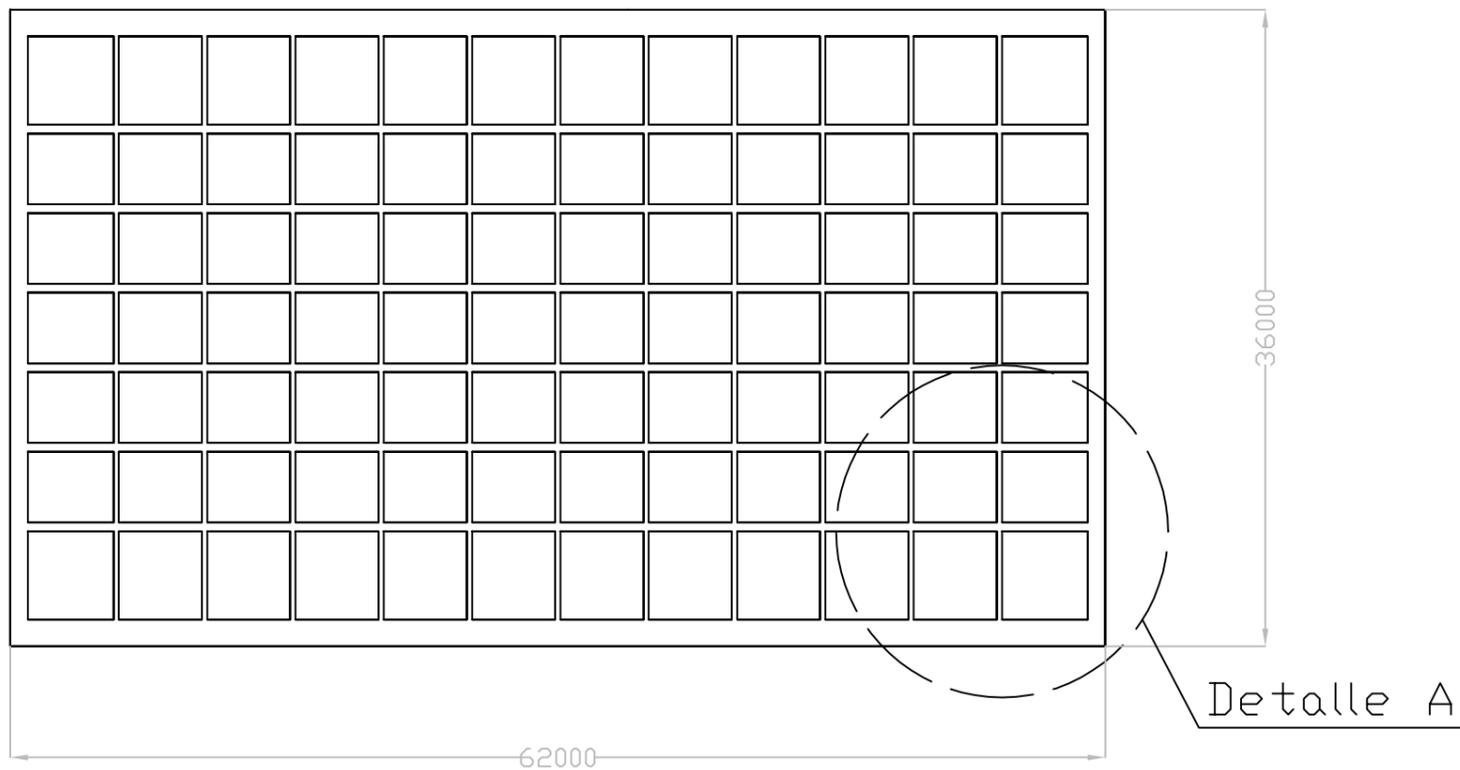
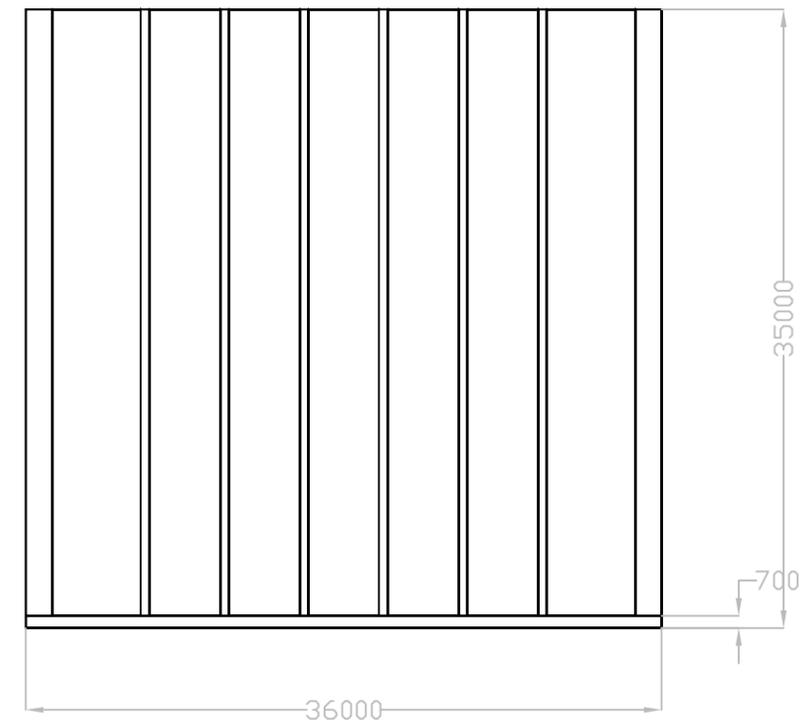
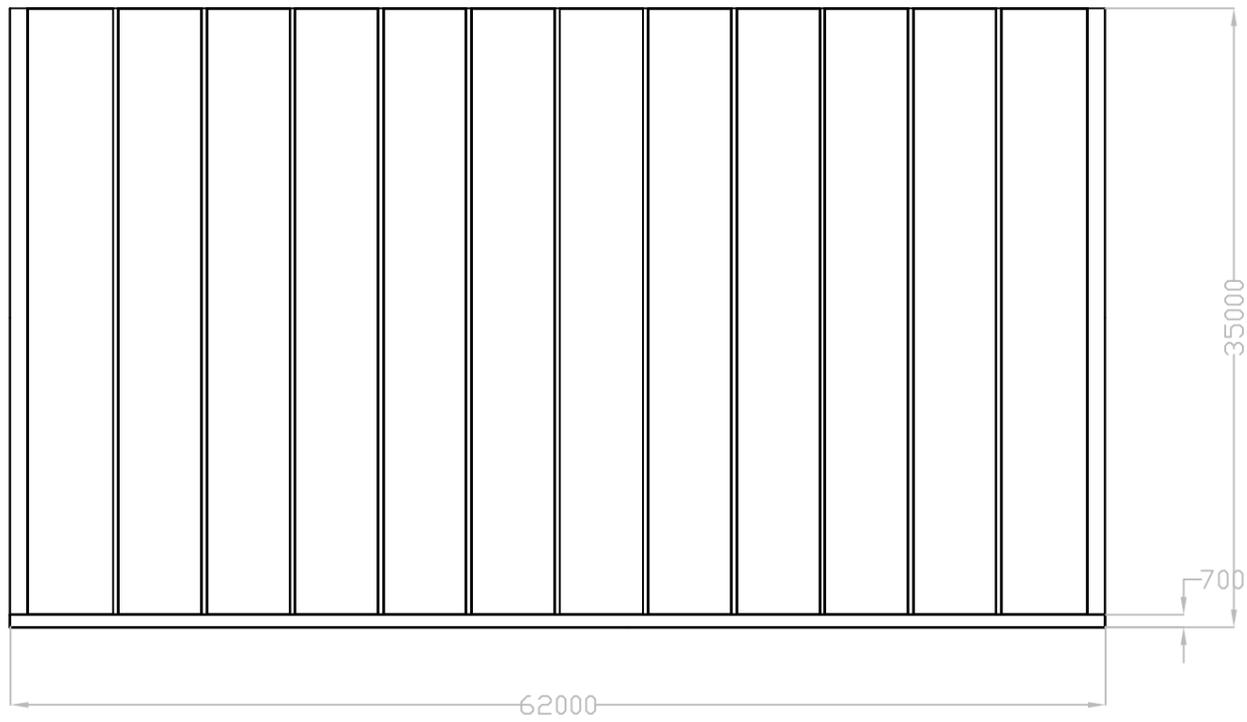
DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora total	70 mts
Eslora murallas	65 mts
Manga (exterior)	50 mts
Manga (interior)	45 mts
Puntal Total	35,5 mts
Puntal (pontona central)	5,5 mts
Calado de trazado	25 mts
Calado maximo (condicion de hundimiento)	33,31 mts
Peso en rosca	6420,732 Tns

	Realizado por: Beatriz Salamanca Morillas	Aprobado por: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval	A3	
	Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval		DIMENSIONES PRINCIPALES	
	Fecha: 01/2012	Medidas en mm	Escala 1:800	Hoja nº 1/4

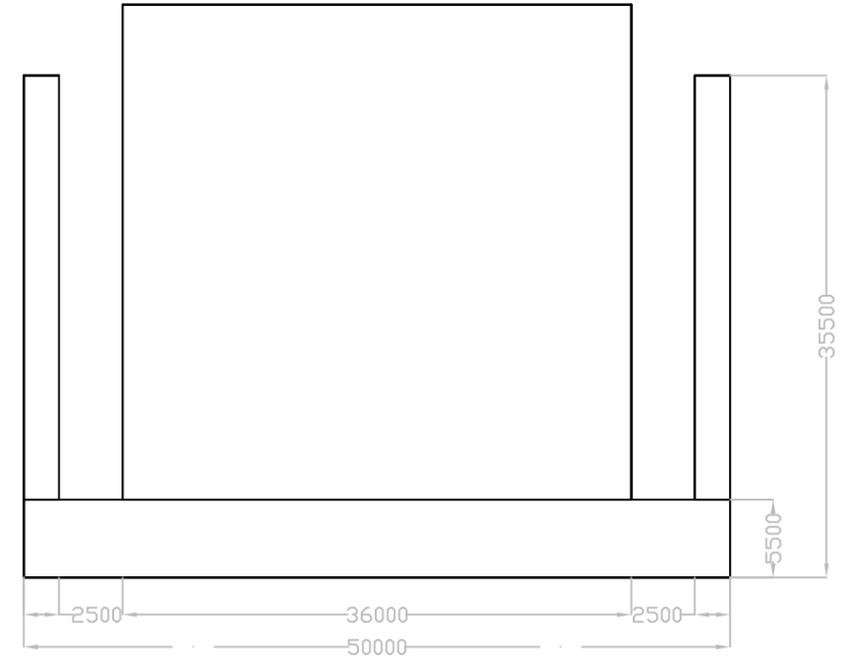


CAPACIDADES	
TANQUE	CAPACIDAD (m³)
Tank 1	481,233
Tank 2	962,466
Tank 3	962,466
Tank 4	962,466
Tank 5	962,5
Tank 6	962,5
Tank 7	962,5
Tank 8	962,5
Tank 9	962,5
Tank 10	962,5
Tank 11	962,5
Tank 12	962,5
Tank 13	962,5
Tank 14	962,5
Tank 15	962,5
Tank 16	962,5
Tank 17	962,466
Tank 18	962,466
Tank 19	962,466
Tank 20	481,233
Tank 21	1500
Tank 22	1500
Tank 23	1500
Tank 24	1500
Tank 25	1500
Tank 26	1500

	Realizado por: Beatriz Salamanca Morillas	Aprobado por: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval	A3	
	Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval			
PLANO DE CAPACIDADES DIQUE		Fecha: 01/2012	Medidas en mm Escala 1:800	Hoja nº 2/4



 Realizado por: Beatriz Salamanca Morillas	Aprobado por: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval		A3
	PLANO DEL CAJÓN		
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval	Fecha: 01/2012	Medidas en mm Escala 1:400	Hoja nº 3/4



	Realizado por: Beatriz Salamanca Morillas	Aprobado por: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval	A3	
	Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval		PLANO DIQUE CON CAJON	
	Fecha: 01/2012	Medidas en mm	Escala 1:500	Hoja nº 4/4

