



**Universidad  
de La Laguna**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**PROGRAMA DE ESTABILIDAD, PARA  
BUQUES DE ALTA VELOCIDAD**

**GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO**

**Alumno:** David Hernández Hernández

**Director:** Dr. D. José Agustín González Almeida

**SEPTIEMBRE 2018**

D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna:

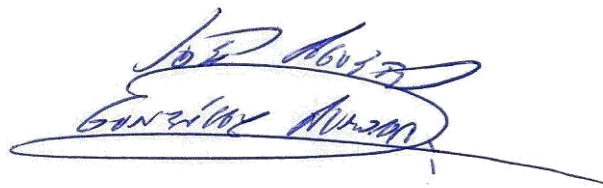
Expone que:

D/D<sup>a</sup>. **David Hernández Hernández** con **DNI43386845-J**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **“Programa de estabilidad, para buques de alta velocidad”**.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 02 de septiembre de 2018.

A handwritten signature in blue ink, reading 'José Agustín González Almeida', with a long horizontal flourish extending to the right.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.



# Contenido

---

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	11
OBJETIVOS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	15
Buques de alta velocidad.....	17
Tipos de buque de alta velocidad.....	17
NORMATIVA.....	20
El Capitulo X del SOLAS entró en vigor el 1 de enero de 1996. ....	20
Código de Naves de Gran Velocidad. “HSC, 1994”.....	22
Código de Naves de Gran Velocidad, 2000 “HSC, 2000”.....	25
Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966 y protocolo de 1988, enmendado en 2003.....	25
DESARROLLO.....	27
Características Volcán de Tirajana.....	27
Definiciones.....	28
Desarrollo del programa.....	31
Desarrollo método 1, introduciendo el calado.....	35
Desarrollo método 2, calculando desplazamiento.....	40
CRITERIOS DE ESTABILIDAD.....	47
Criterios de estabilidad parte teórica.....	47
Criterios de estabilidad parte práctica.....	51
ANÁLISIS DEL PROGRAMA.....	53
Buque en lastre.....	53
Buque con carga mixta.....	56
Tablas hidrostáticas:.....	59
Tablas Kn.....	63
CONCLUSIONES.....	67
BIBLIOGRAFIA.....	69



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1 Buque tipo Hidroala. Fuente: <a href="http://ingenieriaaycomputacion.blogspot.com/2009/12/hidroala-embarcacion-de-alta-velocidad.html">http://ingenieriaaycomputacion.blogspot.com/2009/12/hidroala-embarcacion-de-alta-velocidad.html</a> .....	17
Ilustración 2 Buque tipo aerodeslizador. Fuente <a href="https://infovisual.info/es/transporte/aerodeslizador">https://infovisual.info/es/transporte/aerodeslizador</a> .....	18
Ilustración 3 Buque tipo catamarán. Fuente <a href="https://www.gomernoticias.com/2018/03/19/fast-ferry-volcan-tirajana-hara-los-trayectos-la-gomera-tenerife-semana-santa/">https://www.gomernoticias.com/2018/03/19/fast-ferry-volcan-tirajana-hara-los-trayectos-la-gomera-tenerife-semana-santa/</a> .....	18
Ilustración 4 Buque tipo trimarán. Fuente <a href="https://www.logitravel.com/ferries/fred-olsen/barco-benchijgua-express-16738762.html">https://www.logitravel.com/ferries/fred-olsen/barco-benchijgua-express-16738762.html</a> .....	19
Ilustración 5. Volcán de Tirajana. Fuente: Trabajo de Campo. ....	27
Ilustración 6. Volcán de Tirajana. Fuente: Trabajo de Campo. ....	28
Ilustración 7 Concepto de eslora. Fuente: Elaboración propia .....	29
Ilustración 8 Concepto de Manga. Fuente: Elaboración propia .....	29
Ilustración 9 Concepto de obra muerta. Fuente: Elaboración propia .....	29



## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1 Estructura de la bodega. Fuente: Elaboración propia.....	32
Tabla 2 Estructura de la bodega. Fuente: Elaboración propia.....	32
Tabla 3 División de las calles del buque en el programa. Fuente: Elaboración propia.....	33
Tabla 4 División de las calles del buque en el programa. Fuente: Elaboración propia.....	34
Tabla 5 Ejemplo tabla hidrostática. Fuente: Elaboración propia.....	35
Tabla 6 Ejemplo interpolación de una tabla hidrostática. Fuente: Elaboración propia ...	35
Tabla 7 Ejemplo calculo de desplazamiento. Fuente: Elaboración propia .....	37
Tabla 8 Ejemplo calculo GZ. Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 9 Ejemplo grafica introduciendo calados. Fuente: Elaboración propia .....	39
Tabla 10 Ejemplo resultados introduciendo calados. Fuente: Elaboración propia .....	39
Tabla 11 Dato de los tanques. Fuente: Elaboración propia .....	40
Tabla 12 Ejemplo calculo de desplazamiento. Fuente: Elaboración propia .....	41
Tabla 13 Ejemplo tabla hidrostática. Fuente: Elaboración propia.....	41
Tabla 14 Ejemplo cálculo del trimado. Fuente: Elaboración propia .....	42
Tabla 15 Ejemplo obtención del calado. Fuente: Elaboración propia .....	43
Tabla 16 Ejemplo calculo de GZ. Fuente: Elaboración propia .....	44
Tabla 17 Ejemplo grafica mediante desplazamiento. Fuente: Elaboración propia .....	45
Tabla 18 Ejemplo resultados mediante desplazamiento. Fuente: Elaboración propia ....	45
Tabla 19 Ejemplo resultados criterio de estabilidad. Fuente: Elaboración propia .....	52
Tabla 20 Datos iniciales, análisis buque descargado. Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 21 Calculo estabilidad método 1, buque descargado. Fuente: Elaboración propia	54
Tabla 22 Resultado 1, metodo buque deescargado. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 23 Calculo de estabilidad método 2, buque descargado. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 24 Resultado método 2, buque descargado. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 25 Calculo de estabilidad método , buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 26 Resultado método 1, buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 27 Calculo de estabilidad método 2, buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 28 Resultados método 2, buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia .....	58
Tabla 29Tabla hidrostática, 1m por popa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia.....	59



Tabla 30 Tabla hidrostática, 0.5m por popa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia .....	59
Tabla 31 Tabla hidrostática, 0.25m por popa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia .....	60
Tabla 32 Tabla hidrostática, A nivel relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia .....	60
Tabla 33 Tabla hidrostática, 0.25m por proa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia .....	61
Tabla 34 Tabla Kn, 1m por popa relativo a la línea base, trimado libre. Fuente: Elaboración propia .....	63
Tabla 35 Tabla Kn, 0.5m por popa relativo a la línea base, trimado libre. Fuente: Elaboración propia .....	63
Tabla 36 Tabla Kn, 0.25m por popa relativo a la línea base, trimado libre. Fuente: Elaboración propia .....	64
Tabla 37 Tabla Kn, A nivel referido a la línea base de trimado. Fuente: Elaboración propia .....	64
Tabla 38 Tabla Kn, 0.25m por proa relativo a la línea base, trimado libre. Fuente: Elaboración propia .....	65

## RESUMEN

---

El motivo de este trabajo surge como el reto propuesto por el capitán del Volcán de Tirajana de realizar un programa en Excel para facilitar el trabajo a bordo, respecto a los cálculos de estabilidad.

Este trabajo comienza describiendo los diferentes tipos de buque de alta velocidad que hay en el mercado actualmente, ya que comparación con los ferrys convencionales son bastante diferente en relación a la arquitectura naval.

A continuación se cita brevemente las principales normativas a las cuales están sujetos dichos buques. Debido a que actualmente cualquier actividad marítima está regulada tanto por la OMI, como en caso de España por el BOE. Por ellos para la realización de dicho programa se ha tenido que ajustar a la normativa de la OMI sobre líneas de carga de 1966 y al código de naves de gran velocidad HSC 2000.

También se define los conceptos principales de estabilidad, para poder desarrollar y entender el desarrollo del programa y su posterior análisis. Este análisis se expone con dos casos uno con el buque descargado y otro con el buque cargado en un régimen de carga mixta, es decir, vehículos, camiones, planchas y pasajeros.

Por último se introducen todas las tablas de las cuales hemos obtenido dichos valores, es decir, las curvas hidrostáticas y las curvas KN.



## ABSTRACT

---

This work begins with the challenge of creating a stability program to solve stability calculations on board. This would facilitate work on the vessel since it would be done much faster and more accurately.

The first thing that I expose in the work are the different types of high-speed vessels and to which regulations such ships are governed. Since they have had to go creating new laws to govern this type of boat.

Next I define the main concepts of the ship, which I will need to develop the work and its subsequent analysis. The development of the work is explained by two different methods.

Like the subsequent analysis, it is performed in two different situations and compared or verified with the stability criteria that are exposed in the code of high-speed craft.

Finally I make my assessment of the project and the results obtained. In addition, I implement all the tables with which we work, that is, the hydrostatic tables and the Kn tables.



## OBJETIVOS

---

En el momento de haberme propuesto realizar un programa de estabilidad, para el Volcán de Tirajana. Me tuve que plantear como realizarlo ya que nunca había usado el Excel en profundidad. Además de la complejidad que conlleva realizar un programa con todas las erratas que se pueden cometer. Por ello me planteo unos objetivos principales que son los siguientes:

1. Describir las principales características que tienen los buques de alta velocidad y que tipos de buques de alta velocidad hay.
2. Revisar toda la normativa que conlleva la estabilidad en los buques de alta velocidad.
3. Recopilar toda la información necesaria del Volcán de Tirajana, desde características básicas hasta, tablas hidrográficas.
4. Revisar todos los conceptos de estabilidad, ya sean conceptos básicos o más complejos.
5. Por último efectuar un análisis del programa en situaciones reales, para que pueda ser utilizado a diario.
6. Revisar todos los conceptos básicos de estabilidad.



# INTRODUCCIÓN

---

Este proyecto de fin de carrera se basará en los programas de cálculos de estabilidad de los buques de alta velocidad, basándonos en los conocimientos sobre las nuevas tecnologías que podemos adaptar a los buques. Todos estos conocimientos los hemos obtenido gracias a la arquitectura naval.

Esta es la ciencia que estudia o clasifica los conocimientos necesarios para la construcción de un buque. La podemos dividir en dos ramas la construcción naval y la teoría del buque.

La construcción naval la podemos definir como la ciencia que comprende las condiciones que debe satisfacer un barco, desde el punto de vista constructivo y determina las formas y espesores que deben tener sus diferentes partes, según los esfuerzos a los que están sometidos.

La teoría del buque, es la encargada de estudiar las formas exteriores de un barco. Que son las que determinan sus condiciones de resistencia al movimiento y a la estabilidad. Ya sea en condiciones favorables o en condiciones adversas, debido al mal tiempo o a fallos estructurales.

Aquí es donde observamos el término estabilidad el cual se puede definir como: La propiedad que debe tener todo buque para volver a su posición de equilibrio, después de haber tomado inclinaciones más o menos grandes.

La posición y reparto de los pesos del barco, así como las fuerzas exteriores de este, influyen y pueden modificar la estabilidad.

Esta se podría mejorar incrementando la manga, pero esto generaría una pérdida considerable de velocidad. Además si se mejorara reduciendo pesos en las partes altas de la obra muerta perdería habitabilidad y capacidad de carga. Por ello es importante para los ingenieros navales construir un buque eficiente y seguro.



Por último dentro de la teoría del buque, también se estudia la flotabilidad, esta es la propiedad que impide que un buque se vaya a pique aun cuando se inunden uno o varios de sus compartimientos. Esto se debe principalmente al principio de Arquímedes, que se enuncia a continuación:

“Todo cuerpo parcial o totalmente sumergido en un líquido sufre un empuje vertical de abajo hacia arriba, igual al peso del volumen del líquido desalojado por aquel, o sea, el volumen del solido por debajo de la superficie libre”

## Buques de alta velocidad

Para definir un buque de alta velocidad, vamos a utilizar la definición del SOLAS-

Nave de Gran Velocidad: nave capaz de desarrollar una velocidad máxima en metros por segundo (m/s) igual o superior a:

$$3.7 V^{0.1667}$$

$V$  = volumen de desplazamiento correspondiente a la flotación de proyecto ( $m^3$ ), exceptuando las naves cuyo casco está completamente sustentado por encima de la superficie del agua en la modalidad sin desplazamiento por las fuerzas aerodinámicas generadas por el efecto de superficie.

## Tipos de buque de alta velocidad

### Hidroalas

Un hidroala es un tipo de barco cuyo casco sobresale del agua cuando la velocidad es lo bastante elevada, gracias a la acción de un plano de sustentación o ala que funciona según el mismo principio que las alas de un avión pero en medio líquido, del orden de mil veces más denso que el aire. Esta técnica permite a los barcos aumentar su velocidad disminuyendo la fricción entre el casco y el agua, y evitando la resistencia por formación de olas.



Ilustración 1 Buque tipo Hidroala. Fuente: <http://ingenieriaeycomputacion.blogspot.com/2009/12/hidroala-embarcacion-de-alta-velocidad.html>

## Aerodeslizadores

Un aerodeslizador o en inglés hovercraft, es un vehículo que se desliza al lanzar un chorro de aire contra una superficie que se encuentra debajo de él, esto genera un colchón de aire, que le permite, en principio, moverse sobre cualquier superficie horizontal como podría ser el agua, sin estar directamente en contacto con ella.

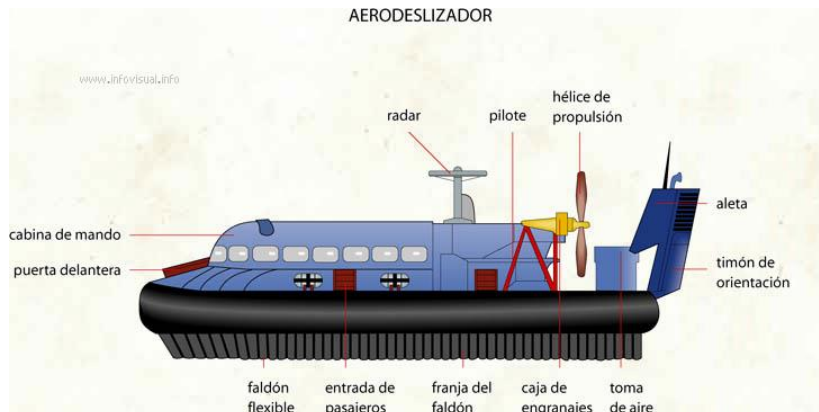


Ilustración 2 Buque tipo aerodeslizador. Fuente <https://infovisual.info/es/transporte/aerodeslizador>

## Catamaranes

Un catamarán es una embarcación con dos cascos paralelos de igual tamaño. Esta tiene una geometría estabilizada, derivando su estabilidad en sus dos quillas. Estos no poseen lastre con lo cual son bastante ligeros y apenas tienen calado en comparación con los monocasco. Pueden ser propulsado por vela o por motor tanto diesel como turbina de gas.



Ilustración 3 Buque tipo catamarán. Fuente <https://www.gomera-noticias.com/2018/03/19/fast-ferry-volcan-tirajana-hara-los-trayectos-la-gomera-tenerife-semana-santa/>

## Trimarán

Trimarán es un barco multicasco que consta de un casco principal y dos quillas más pequeñas atadas al lado del casco principal con puntales laterales. Este al igual que el catamarán puede ser propulsado tanto a vela como a motor un ejemplo en Canarias sería el Benchijigua Express.



*Ilustración 4 Buque tipo trimarán. Fuente <https://www.logitravel.com/ferries/fred-olsen/barco-benchijigua-express-16738762.html>*

## NORMATIVA

---

Con la aparición de los barcos de alta velocidad la OMI, se ha ido actualizando respecto a normativas para la seguridad de los mismos ya que son bastante las diferencias en comparación con los ferrys convencionales. Por ello han sacado o publicado algunos códigos exclusivamente para estos buques o en el caso del SOLAS se les público un pequeño capítulo. A continuación se van a exponer dichos códigos.

[El Capítulo X del SOLAS entró en vigor el 1 de enero de 1996.](#)

### Regla 1

#### Definiciones

A efectos del presente capítulo regirán las siguientes definiciones:

1. Código de Naves de Gran Velocidad 1994 ( Código NGV 1994): el Código internacional de seguridad para naves de gran velocidad, adoptado por el Comité de Seguridad Marítima de la Organización mediante la resolución MSC.36(63), según sea enmendado por la Organización, a condición de que tales enmiendas sean adoptadas, entren en vigor y se hagan efectivas de conformidad con las disposiciones del artículo VIII del presente Convenio relativas a los procedimientos de enmienda del anexo, excepto el Capítulo I.
2. Código de Naves de Gran Velocidad 2000 ( Código NGV 2000 ): el Código internacional de seguridad para naves de gran velocidad 2000, adoptado por el Comité de Seguridad Marítima de la Organización mediante la resolución MSC.97(73), según sea enmendado por la Organización, a condición de que tales enmiendas sean adoptadas, entren en vigor y se hagan efectivas de conformidad con las disposiciones del artículo VIII del presente Convenio relativas a los procedimientos de enmienda del anexo, excepto el Capítulo I.
3. Nave de Gran Velocidad: nave capaz de desarrollar una velocidad máxima en metros por segundo (m/s) igual o superior a:

$$3.7 V^{0.1667}$$

V = volumen de desplazamiento correspondiente a la flotación de proyecto (m<sup>3</sup>), exceptuando las naves cuyo casco está completamente sustentado por

encima de la superficie del agua en la modalidad sin desplazamiento por las fuerzas aerodinámicas generadas por el efecto de superficie.

4. Nave construida: toda nave cuya quilla haya sido colocada, o cuya construcción se halle en una fase equivalente.
5. La expresión cuya construcción se halle en una fase equivalente indica la fase en que:
  - 5.1. Comienza la construcción que puede identificarse como propia de una nave concreta; y
  - 5.2. Ha comenzado el montaje de la nave de que se trate, utilizando al menos 50 toneladas del total estimado del material estructural, o el 3 % de dicho total si este segundo valor es menor.

## **Regla 2**

### **Ámbito de aplicación**

1. El presente capítulo es aplicable a las siguientes naves de gran velocidad construidas el 1 de enero de 1996 o posteriormente:
  - 1.1. Naves de pasaje que en el curso de su viaje a plena carga no estén a más de 4 h de un lugar de refugio a la velocidad normal de servicio; y
  - 1.2. Naves de carga de arqueo bruto igual o superior a 500 que el curso de su viaje a plena carga no estén a más de 8 h de un lugar de refugio a la velocidad normal de servicio.
2. Toda nave en la que, independientemente de su fecha de construcción, se hagan reparaciones, reformas, modificaciones y las correspondientes instalaciones, tendrán que seguir cumpliendo como mínimo las prescripciones que le eran aplicables previamente. Dicha nave, si ha sido construida antes del 1 de julio de 2002, deberá, por norma, cumplir las prescripciones aplicables a una nave construida en esa fecha o posteriormente, en la misma medida por lo menos que antes que se le hicieran dichas reparaciones, reformas, modificaciones o las instalaciones correspondientes. Las reparaciones, reformas y modificaciones de carácter importante y las correspondientes instalaciones, deberán cumplir las prescripciones aplicables a las naves construidas el 1 de julio de 2002, o posteriormente, en la medida que la Administración estime razonable y factible.

### Regla 3

#### Prescripciones aplicables a las naves de gran velocidad

1. No obstante lo dispuesto en los capítulos I a IV y en las reglas V/ 18, 19, 20:
  - 1.1. Se considerará que toda nave de gran velocidad construida el 1 de enero de 1996, o posteriormente, pero antes del 1 de julio de 2002, que cumpla en su totalidad las prescripciones del Código de Naves de Gran Velocidad 1994, que haya sido sometida a reconocimiento y a la que haya expedido un certificado de conformidad con dicho Código, ha cumplido lo prescrito en los capítulos I a IV y en las reglas V/18,19 y 20. A los efectos de la presente regla, las prescripciones de dicho Código se considerarán obligatorias;
  - 1.2. Se considerará que toda nave de gran velocidad construida el 1 de julio de 2002, o posteriormente, que cumpla en su totalidad las prescripciones del Código de Naves de Gran Velocidad 2000, que haya sido sometida a reconocimiento y a la que se haya expedido un certificado de conformidad con dicho Código, ha cumplido lo prescrito en los capítulos I a IV y en las reglas V/18, 19 y 20.
2. Los certificados y permisos expedidos en virtud del Código de Naves de Gran Velocidad tendrán idéntica validez y gozarán del mismo reconocimiento que los expedidos en virtud del capítulo I.

#### Código de Naves de Gran Velocidad. "HSC, 1994"

Este código se aprobó el 20 de mayo de 1994 mediante la resolución MSC. 36 (63) de la OMI y se publica en España en el BOE nº 122 del 22 de mayo de 1998

Nave de Gran Velocidad: nave capaz de desarrollar una velocidad máxima en metros por segundo (m/s) igual o superior a:

$$3.7 V^{0.1667}$$

V= volumen de desplazamiento correspondiente a la flotación de proyecto (m<sup>3</sup>)

El ámbito de aplicación del HSC. Se aplica a todas las naves de gran velocidad que:

- Realicen viajes internacionales. ·
- A las de pasaje que en el curso de su viaje no estén a más de 4 horas de un lugar de refugio a velocidad normal de servicio. ·
- A las de carga de arqueo bruto igual o superior a 500 TRB que en el curso de su viaje no estén a más de 8 horas de un lugar de refugio a velocidad normal de servicio.

Dentro del código HSC se destacan diferentes categorías de naves q son las siguientes:

Categoría A: Toda nave de pasaje de gran velocidad:

Que opere en una ruta en que se haya demostrado de forma satisfactoria a juicio del Estado de abanderamiento y del Estado rector del puerto que hay una gran probabilidad de que en caso de evacuación en cualquier punto de dicha ruta, se pueda rescatar de forma segura a todos los pasajeros y a la tripulación en el menor de los tiempos siguientes

- Tiempo necesario para evitar que las personas que se encuentren en una embarcación de supervivencia sufran de hipotermia por exposición a la intemperie en las peores condiciones previstas;
- Tiempo adecuado en relación con las condiciones ambientales y las características geográficas de la ruta; o
- 4 h; y
- Que transporte como máximo 450 pasajeros

Categoría B: toda nave de pasaje de gran velocidad:

Que no sea una nave de categoría A, cuya maquinaria y sistemas de seguridad están dispuestos de tal modo que en caso de una avería que deje fuera de servicio cualquier maquinaria esencial y los sistemas de seguridad de un compartimiento, la nave conserva la capacidad de navegar de forma segura.

Las prescripciones generales del código HSC, que destacan son:

- La nave se hallará en todo momento a una distancia razonable de un lugar de refugio;
- Dentro de la zona de operaciones se dispondrá de medios de comunicación, previsiones meteorológicas y medios de mantenimiento apropiados
- Las zonas de alto riesgo de incendio, tales como espacios de máquinas y espacios de categoría especial, irán protegidos con materiales piro resistentes y sistemas de extinción de incendios para asegurar, en la medida de lo posible, la contención y rápida extinción de un incendio



- Se dispondrá de medios eficaces que permitan la evacuación rápida y sin riesgos de todas las personas a las embarcaciones de supervivencia.
- Todos los pasajeros y miembros de la tripulación dispondrán de un asiento
- No se proveerán literas cerradas para pasajeros; y
- Cuando la Administración haya efectuado un examen detallado de la idoneidad de las medidas de seguridad contra incendios y de los procedimientos de evacuación desde los espacios de alojamiento de la tripulación, se podrá permitir que haya literas para la tripulación.

Además obliga a llevar a bordo unos certificados especiales estos son:

- Certificado de seguridad para naves de gran velocidad ( trata los requisitos técnicos de la nave)
- Permiso de explotación de naves de gran velocidad (trata los aspectos operacionales).

Por último han de tener siempre a bordo a disposición de la tripulación una serie de manuales:

- Manual operacional de la travesía: En este se recogen todos los aspectos operacionales y de procedimientos de la nave. Contienen la información más importante, las limitaciones de funcionamiento de la nave previendo las peores condiciones del entorno, identificación de la persona responsable, medidas de seguridad en las terminales, planes de contingencia, medidas para mantener las comunicaciones buque-tierra, etc.
- Manual de operaciones de la nave: En él se recaba las descripciones de las principales características de la nave (maniobrabilidad, carga máxima admisible de remolque,..) así como de los equipos y sistemas que la componen (sistemas contra incendio, sistema auxiliares, equipo radioeléctrico...)
- Manual de formación: Aquí se contempla toda la información relativa a los sistemas de control y lucha contra incendios, procedimientos de actuación en caso de emergencia, utilización de todos los equipos y dispositivos de la nave,...
- Manual de mantenimiento y programa de servicio: Se recogen en este todas las instrucciones relativas al mantenimiento de la nave.

## Código de Naves de Gran Velocidad, 2000 “HSC, 2000”.

En el año 2000 se le hizo una enmienda al código donde se destaca las nuevas obligaciones para las NGV, estas son:

- Registrador de datos del viaje (caja negra), Voyage Data Recorders “VDR”.
- Determinadas publicaciones náuticas y cartas.
- Sistema de identificación automática, Automatic Identification System “AIS”

## Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966 y protocolo de 1988, enmendado en 2003

El convenio Internacional sobre líneas de carga afecta a los buques de alta velocidad en un apartado principalmente este se redactó en el protocolo o anexo de 1988 que dictamino lo siguiente:

- “Se considerara que las naves de gran velocidad que cumplen las prescripciones del Código Internacional de seguridad para naves de gran velocidad, 2000, adoptado por el Comité de Seguridad Marítima de la Organización mediante la resolución MSC.97 (73) (Código NGV 2000), y que se han reconocido y certificado según lo estipulado en el Código, cumplen lo prescrito en este anexo. Los certificados y permisos expedidos en virtud del Código NGV 2000 tendrán la misma validez y el mismo reconocimiento que los certificados expedidos en virtud de este anexo”



# DESARROLLO

---

## Características Volcán de Tirajana



Ilustración 5. Volcán de Tirajana. Fuente: Trabajo de Campo.

- **Nombre:** Incat 062 “Milenium Tres” Actualmente se llama “Volcán de Tirajana”
- **Tipo de buque:** Wave Piercing Catamarán Car Ferry
- **Clase:** D.N.V. + 1 A 1 HSLC CARFERRY B EO
- **Puerto de registro:** Santa Cruz de Tenerife
- **Nº OMI:** 9294226
- **Siglas de identificación:** ECLQ
- **Año de construcción:** 2003
- **Eslora:** 97.22m
- **Manga:** 26.60m
- **Puntal:** 4.50m
- **Calado máximo:** 3.50m

- **Desplazamiento máximo:** 1800toneladas
- **Número de pasajeros:** 900pasajeros incluida tripulación
- **Velocidad de servicio:** 32Nudos
- **Propulsores:** 4 Waterjets, con motores Ruston.
- **Sistema de carga y descarga:** Dos rampas a popa del buque.



*Ilustración 6. Volcán de Tirajana. Fuente: Trabajo de Campo.*

## Definiciones

### Conceptos

Antes de empezar a desarrollar nuestro proyecto tenemos que tener una serie de conceptos bien desarrollados.

- **Eslora:** Es la distancia medida en el sentido longitudinal del buque sobre el plano transversal.

- **Eslora total:** eslora máxima entre dos planos transversales trazados en los extremos más salientes de popa y de proa del buque.

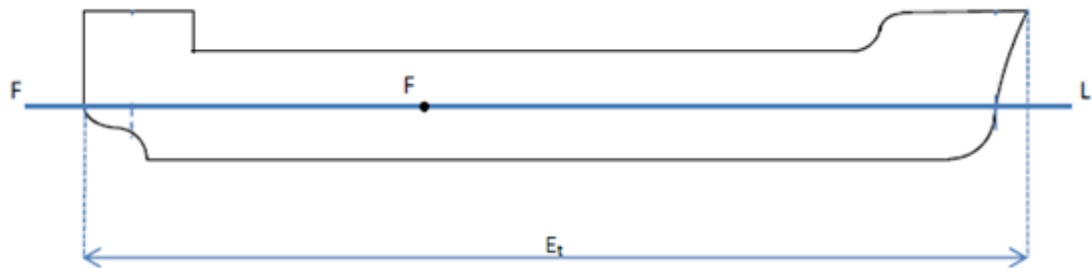


Ilustración 7 Concepto de eslora. Fuente: Elaboración propia

- **Manga:** Es la distancia medida en el sentido transversal del buque.

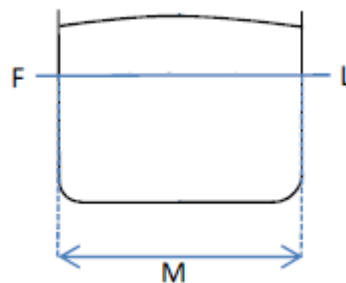


Ilustración 8 Concepto de Manga. Fuente: Elaboración propia

- **Línea de flotación:** Es la línea formada por la intersección del plano longitudinal del barco que toca la superficie del barco con el casco del mismo.
- **Obra viva:** Se define como obra viva toda aquella parte del buque que se encuentra sumergida. Esta parte también la denominamos Carena.
  - **Volumen de carena (V):** Es el volumen de buque sumergido. Además el centro de este volumen lo denominaremos centro de carena (C).
- **Obra muerta:** Se define como obra muerta toda aquella parte del buque que se encuentra por fuera del agua.

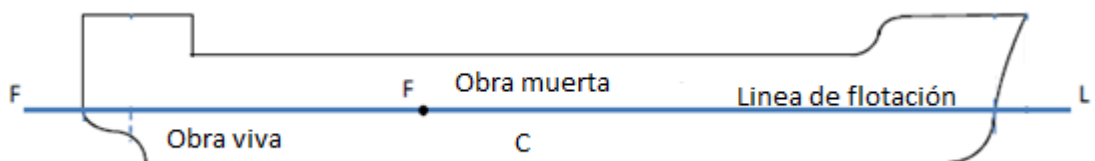


Ilustración 9 Concepto de obra muerta. Fuente: Elaboración propia

- **Desplazamiento ( $\Delta$ ):** Se define desplazamiento ( $\Delta$ ) como el producto entre el volumen de carena ( $V$ ) y el peso específico ( $\gamma$ ) del líquido desplazado, es decir, su densidad.

$$\Delta = \gamma * V$$

- Desplazamiento en rosca o peso en rosca: Es el peso de la estructura del buque y de los elementos fijos del mismo, como podría ser la máquina.
- Peso Muerto: Es el peso de los elementos móviles que se han introducido a bordo, como podría ser la comida o el agua dulce.

- **Calado:** Es la distancia que hay entre el canto bajo de la quilla hasta la línea de flotación, es decir, la distancia vertical de la obra viva.
- **Asiento:** El asiento o trimado es la diferencia que hay entre el calado de popa y el calado de proa.

$$A = C_{pp} - C_{pr}$$

- **Alteración:** Es la diferencia entre el asiento final y el asiento inicial.

$$A = A_f - A_i$$

- **Posición del centro de gravedad (G):** Se define como el punto de aplicación del peso del buque, este depende del peso en rosca y de la distribución de pesos a la hora de la carga. Esta posición quedara definida del siguiente modo:

- Plano vertical: Desde la quilla hasta su posición vertical VCG.
- Plano longitudinal: Desde la cuaderna maestra hasta su posición longitudinal LCG.
- Plano transversal: Desde la línea central hasta su posición transversal TCG.

- **Brazo adrizante (GZ):** Es la proyección del centro de gravedad del buque (G) sobre la nueva vertical de empuje cuando el buque se escora  $\theta$ , dando lugar al punto Z.

$$GZ = K_n - K_g * \text{sen}(\theta)$$

- **Curvas hidrostáticas:** Son unas graficas en las que entrando con el calado medio del buque, se obtiene información necesaria para solucionar los diferentes problemas que presentan en Teoría del Buque.

## Desarrollo del programa

### Datos iniciales

En primer lugar para realizar el cálculo tenemos que obtener una serie de datos básicos, estos son:

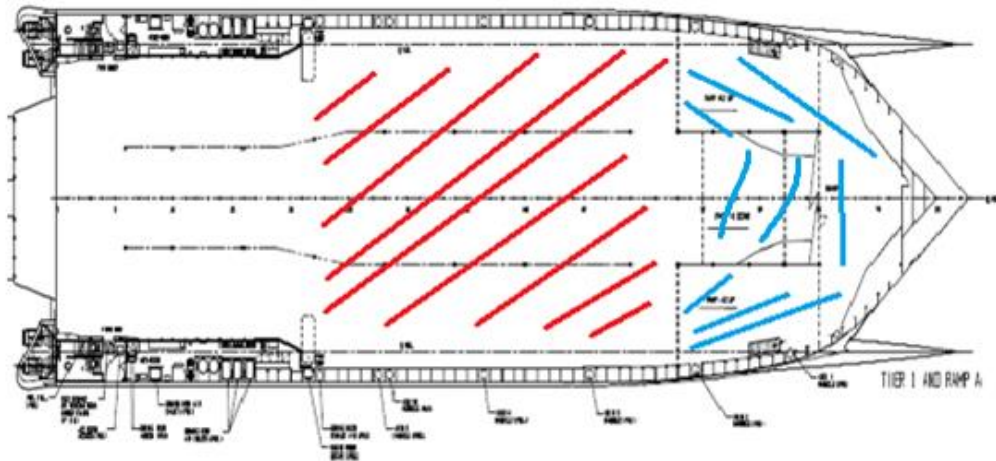
- Número de pasajeros (Equivalen a 75kg por pasajero más 15kg de equipaje)
- Número de tripulantes (Equivalen a 75kg por pasajero más 15kg de equipaje)
- Carga de los tanques, de aceite, agua, lodos y combustible.
- Velocidad del buque en servicio (En el caso del Volcán de Tirajana es de 32kn)
- Velocidad del viento

Con estos datos podemos proceder con el cálculo, este se puede realizar de dos métodos distintos como vamos a explicar a continuación.

El primer método es mediante la introducción de calados, es decir, interpretando las marcas de calado del barco y el segundo método consiste en ubicar la carga que llevamos a bordo para obtener el desplazamiento y así poder calcular el calado.

Para el primer método únicamente nos haría falta el calado de popa, el calado de proa, el número de vehículos que tenemos en la rampa superior del buque y el número de vehículos que tenemos ubicado en el cardeck.

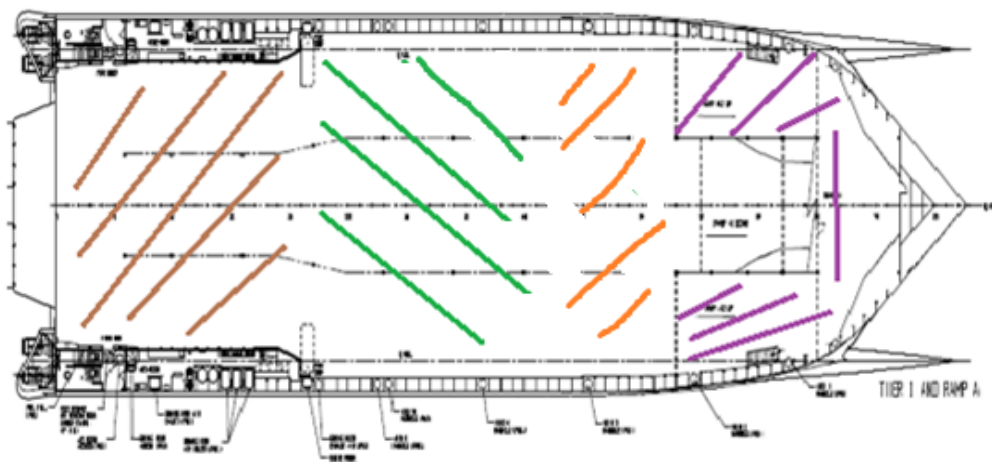




Zona roja: Cardeck

Zona azul: Rampa superior

Tabla 1 Estructura de la bodega. Fuente: Elaboración propia



Zona marron: Cubierta principal popa

Zona verde: Cubierta principal centro

Zona naranja: Cubierta principal pra

Zona violeta: Rampa inferior

Tabla 2 Estructura de la bodega. Fuente: Elaboración propia

Como observamos en la imagen anterior podemos ver marcada a que corresponde cada zona, es decir, la rampa superior sería la proa del buque.

En cambio para resolver el cálculo de estabilidad por el segundo método tenemos que ser mucho más precisos a la hora de colocar la carga en el programa. Ya que necesitamos introducir todos los vehículos que entran en el buque y en qué zona se colocan para obtener unos momentos de manera correcta.

Como se puede observar en las tablas siguientes vemos que nos diferencia tres tipos de vehículos, estos serían planchas que tienen un peso medio de 33 toneladas, camiones que tienen un peso medio de 5 toneladas y por último vehículos que tienen un peso medio de 1.5 toneladas.

Además se puede observar que está dividido en diferentes zonas, estas están representadas en la tabla 1, 2. Esto está dividido en tantas zonas para trabajar con una mayor precisión los momentos longitudinales. La numeración de las calles que podemos observar en las tablas 3 y 4. Esta realizado de babor a estribor siendo la 1.1 la calle más a babor y la 3.3 la calle más a estribor.

Garaje		0,000	0						
Cardeck			Rampa (Superior)			Rampa (Inferior)			
Localización	Coches		Localización	Coches		Localización	Coches		
Calle 1.1			Calle 1.1			Calle 1.1			
Calle 1.2			Calle 1.2			Calle 1.2			
Calle 1.3									
			Calle 2.1			Transversal			
Calle 2.1			Calle 2.2						
Calle 2.2			Transversal			Calle 3.1			
Calle 2.3			Calle 2.3			Calle 3.2			
Calle 2.4			Calle 2.4						
Calle 3.1			Calle 3.1						
Calle 3.2			Calle 3.2						
Calle 3.3									
Cubierta principal de vehiculos (Popa)			Cubierta principal de vehiculos (Popa)						
Localización	Coches		Localización	Camiones	Planchas				
Calle 1.1			Calle 1.1						
Calle 1.2			Calle 1.2						
Calle 2.1			Calle 2.1						
Calle 2.2			Calle 2.2						
Calle 2.3									
Calle 3.1			Calle 3.1						
Calle 3.2			Calle 3.2						

Tabla 3 División de las calles del buque en el programa. Fuente: Elaboración propia

Cubierta principal de vehiculos (Centro)				Cubierta principal de vehiculos (Centro)			
Localizacion	Coches			Localizacion	Camiones	Planchas	
Calle 1.1				Calle 1.1			
Calle 1.2				Calle 1.2			
Calle 1.3							
				Calle 2.1			
Calle 2.1				Calle 2.2			
Calle 2.2				Calle 2.3			
Calle 2.3							
Calle 2.4				Calle 3.1			
				Calle 3.2			
Calle 3.1							
Calle 3.2							
Calle 3.3							
Cubierta principal de vehiculos (Proa)				Cubierta principal de vehiculos (Proa)			
Localizacion	Coches			Localizacion	Camiones	Planchas	
Calle 1.1				Calle 1.1			
Calle 1.2				Calle 1.2			
Calle 1.3							
				Calle 2.1			
Calle 2.1				Calle 2.2			
Calle 2.2				Calle 2.3			
Calle 2.3							
Calle 2.4				Calle 3.1			
				Calle 3.2			
Calle 3.1							
Calle 3.2							
Calle 3.3							

Tabla 4 División de las calles del buque en el programa. Fuente: Elaboración propia

## Desarrollo método 1, introduciendo el calado

En primer lugar calculamos el asiento del buque, esto se realiza como dijimos anteriormente  $A = C_{pp} - C_{pr}$ , a continuación calculamos el calado medio del buque para entrar con dicho valor en las curvas hidrostáticas.

$$C_m = (C_{pp} + C_{pr}) / 2$$

En las curvas hidrostáticas entramos con el calado medio para obtener el desplazamiento del buque, la utilización de las curvas es del siguiente modo:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Nº	Desplazamiento (t)	Calado (m)			LCB (m)	VCB (m)	VPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	VSA (m <sup>2</sup> )
1	1076,069	2,300			31,785	2,015	645,938	37,601	41,488	316,629	75,100	6,621	1075,584
2	1109,314	2,350			31,956	2,042	651,031	37,606	42,359	313,681	73,524	6,703	1094,839
3	1142,816	2,400			32,122	2,069	654,433	37,687	42,939	308,775	71,833	6,708	1114,326
4	1176,446	2,450			32,282	2,096	657,046	37,787	43,379	303,116	70,141	6,735	1133,680
5	1210,192	2,500			32,437	2,123	659,259	37,886	43,746	297,241	68,495	6,757	1152,741
6	1244,042	2,550			32,587	2,150	661,200	37,976	44,062	291,317	66,907	6,777	1171,569
7	1277,987	2,600			32,731	2,177	662,958	38,058	44,341	285,445	65,381	6,795	1190,508
8	1312,019	2,650			32,870	2,204	664,542	38,129	44,582	279,624	63,914	6,812	1209,313
9	1346,130	2,700			33,004	2,230	665,928	38,188	44,778	273,813	62,502	6,826	1228,077
10	1380,309	2,750			33,134	2,257	667,166	38,238	44,943	268,087	61,144	6,838	1246,817
11	1414,549	2,800			33,258	2,283	668,283	38,280	45,081	262,477	59,840	6,850	1265,542
12	1448,845	2,850			33,377	2,310	669,278	38,313	45,193	256,971	58,587	6,860	1284,256
13	1483,191	2,900			33,492	2,336	670,139	38,336	45,272	251,534	57,379	6,869	1302,964
14	1517,581	2,950			33,603	2,363	670,864	38,348	45,316	246,150	56,214	6,876	1321,670
15	1552,005	3,000			33,708	2,389	671,492	38,353	45,334	240,895	55,082	6,883	1340,377
16	1586,460	3,050			33,812	2,416	672,123	38,359	45,362	235,849	54,020	6,889	1359,083
17	1620,943	3,100			33,911	2,442	672,705	38,361	45,380	230,999	52,989	6,895	1377,025
18	1655,440	3,150			34,005	2,468	673,160	38,351	45,358	226,150	51,991	6,900	1395,855
19	1689,956	3,200			34,094	2,495	673,539	38,331	45,308	221,367	51,027	6,904	1416,499
20	1724,489	3,250			34,179	2,521	673,867	38,301	45,236	216,670	50,096	6,907	1438,081
21	1759,036	3,300			34,260	2,547	674,201	38,263	45,151	212,091	49,200	6,911	1463,646
22	1793,599	3,350			34,337	2,573	674,584	38,217	45,060	207,661	48,339	6,914	1492,213
23	1828,181	3,400			34,410	2,600	675,010	38,163	44,961	203,367	47,510	6,919	1490,786
24	1862,785	3,450			34,481	2,626	675,451	38,107	44,858	199,129	46,697	6,923	1509,364

Tabla 5 Ejemplo tabla hidrostática. Fuente: Elaboración propia

Tabla de datos				Dato final	
Desplazamiento (t)	Calado (m)	Nº	Calado (m)	Δ (t)	Calado (m)
1483,191	2,910	13	2,900	1490,069	2,910
1517,581		14	2,950		
				Valido	NO

Tabla 6 Ejemplo interpolación de una tabla hidrostática. Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo si nuestro calado fuera 2,91 miramos la tabla y obtenemos que 2,91m de calado medio está situado entre 2,90m y 2,95m. Por ello debemos de realizar una interpolación para poder nuestro valor exacto de desplazamiento.

- 2.90m → Calado pequeño (Cp)
- 2.95m → Calado mayor (Cm)
- 2.91m → Calado real (Cr)
- 1483.191Δ → Desplazamiento pequeño (Δp)
- 1517.581 Δ → Desplazamiento mayor (Δm)

## **$\Delta_{real}$**

$$\left[ \frac{((C_m - C_p) * (\Delta_m - \Delta_p))}{(C_m - C_p)} \right] + \Delta_p$$

Mediante esta fórmula obtendríamos el resultado exacto del desplazamiento, como podemos observar en la Tabla 5.

Una vez obtenido el desplazamiento total e introducidos todos los parámetros necesarios para realización del cálculo por el método 1, como hemos indicado anteriormente. Procedemos a realizar el cálculo de los momentos longitudinales, transversales y verticales.

En primer lugar para realizar estos cálculos debemos introducir las posiciones con respecto al centro de gravedad del buque, estas las obtenemos del libro de estabilidad. También introducimos los momentos de superficie libre, en este caso vamos a utilizar siempre los momentos más desfavorables debido a que no poseemos la tabla de calibración de los tanques.

Una vez rellenos estos datos procedemos a cálculos lo momentos que serían:

- **Momento longitudinal = LCG \* su peso en toneladas.**
- **Momento transversal = TCG \* su peso en toneladas.**
- **Momento vertical = VCG \* su peso en toneladas.**

Al calcular los momentos el siguiente paso sería hacer la sumatoria de todos ellos para ver los momentos totales. Estos se pueden ver reflejados en la parte inferior de la siguiente tabla:

Descripcion	Peso (tons.)	LCG (m)	Mto. Long.	TCG	Mto. Trans.	VCG	Mto. Vertical	Mto. S. Libre
Pasajeros y Equipajes	29,970	42,400	1270,728	0,000	0,000	14,000	419,580	
Tripulacion y efectos	1,620	42,400	68,688	0,000	0,000	14,000	22,680	
Kiosco/Pañol Oficio	9,500	40,800	387,600	0,000	0,000	14,500	137,750	
Pañoles	16,400	32,200	528,080	0,000	0,000	8,400	137,760	
Carga	143,902	37,800	5439,496	0,000	0,000	8,800	1266,338	
Rampa superior	28,000	73,800	2066,400	0,000	0,000	11,667	326,676	
Cardeck	18,000	44,400	799,200	0,000	0,000	8,880	159,840	
Combustible grupo generador BR	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	
Combustible grupo generador ER	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	
TQ. Aceite lubricacion BR	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	
TQ. Aceite lubricacion ER	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	
Tq Combustible Popa BR	28,000	35,988	1007,664	10,834	303,352	2,004	56,112	29,900
Tq Combustible Proa BR	29,000	40,780	1182,620	10,834	314,186	2,042	59,218	28,771
Tq Combustible Popa ER	28,000	35,988	1007,664	-10,834	-303,352	2,004	56,112	29,900
Tq Combustible Proa ER	28,000	40,780	1141,840	-10,834	-303,352	2,042	57,176	28,771
Tq Agua BR	5,000	38,400	192,000	10,834	54,170	6,030	30,150	1,250
Tq Lodos ER	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,630
Operaciones								
Peso muerto total	367,632	41,247	15163,610	0,177	65,004	7,463	2743,632	119,222
Rosca	1092,600	33,376	36466,621	0,000	0,000	7,430	8118,018	--
Desplazamiento	1460,232	35,358	51630,231	0,045	65,004	7,438	10861,650	119,222
						Corrección por Superficies Libres	0,082	
					VCG fluido	7,520		

Tabla 7 Ejemplo calculo de desplazamiento. Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso sería calcular la corrección por superficies libres, esta se realiza haciendo la siguiente operación:

$$C. S. libre = Mto. S. libre / \Delta$$

El momento de superficie libre sería la sumatoria de dichos momentos, como dijimos anteriormente en nuestro caso siempre serán lo más desfavorable posible.

En tercer lugar procedemos a calcular VCG fluido que sería mediante otra sencilla operación:

$$VCG \text{ fluido} = [(\sum \text{momento vertical}) / \Delta] + C. S. libre$$

Para poder comprender el siguiente paso, debemos de saber que **C. S. libre = FSC** y que **VCG fluido = KGf** con estos conocimientos podemos proseguir a realizar el cuarto paso para obtener mi curva de estabilidad.

A continuación vamos a calcular el par de brazos adrizantes, pero antes de poder realizar dicho calculo debemos saber interpretar las curvas pantocarenas, es decir, las curvas Kn.

Estas curvas nos muestran cuanto se ha trasladado el centro de carena, esto depende la forma del casco de cada buque y de su desplazamiento. Además

del ángulo de escora que ha cogido en cada caso. Por ellos los constructores navales nos han de facilitar estos datos.

Para proseguir con la interpretación de las curvas pantocarenas hay que entrar en ellas mediante nuestro desplazamiento y nuestro asiento. Es decir, dependiendo nuestro asiento utilizamos una u otra curva. Y dependiendo del desplazamiento realizamos el mismo proceso que hemos realizado con la curva hidrostática.

Una vez identificada nuestra curva, el desplazamiento e interpolados los valores, pasamos a calcular el brazo adrizante, como podemos observar en la tabla 8 a través de la siguiente formula:

$$GZ = K_n - K_g * \text{sen } (\theta)$$

$\theta$	KN	Sen $\theta$	KGf*sen $\theta$	GfZ
-25	-11,454	-0,423	-3,178	-8,276
-20	-11,444	-0,342	-2,572	-8,872
-15	-11,127	-0,259	-1,946	-9,181
-10	-8,830	-0,174	-1,306	-7,524
-5	-5,292	-0,087	-0,655	-4,637
5	5,292	0,087	0,655	4,637
10	8,830	0,174	1,306	7,524
15	11,127	0,259	1,946	9,181
20	11,444	0,342	2,572	8,872
25	11,454	0,423	3,178	8,276
30	11,345	0,500	3,760	7,585
40	10,718	0,643	4,834	5,884
50	9,988	0,766	5,761	4,227
60	8,873	0,866	6,512	2,361
70	7,618	0,940	7,066	0,552
80	6,064	0,985	7,406	-1,342
90	4,333	1,000	7,520	-3,187

Tabla 8 Ejemplo calculo GZ. Fuente: Elaboración propia

Con estos datos ya podemos representar la curva de estabilidad, para realizar dicha representación hay que tener en cuenta que el índice horizontal está compuesto por el ángulo de escora que coge el barco, es decir,  $\theta$ . Y el índice vertical está compuesto por los valores de GfZ. En la tabla 9 podemos observar como resultaría dispuesta la gráfica.

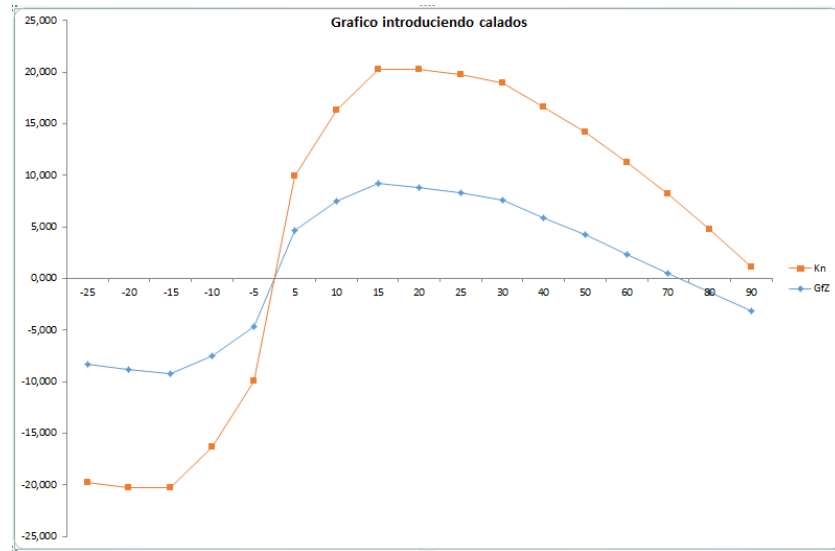


Tabla 9 Ejemplo grafica introduciendo calados. Fuente: Elaboración propia

Por último para acabar con el método 1, obtenemos la hoja resultados. En la cual se ven representados todos los resultados del método, una vez hayamos seguido los pasos correctamente. Esto lo podemos observar en la tabla 10.

Volcan de Tirajana																							
Calculos de Estabilidad																							
Puerto de Salida:	Fecha de salida:																						
Puerto de Llegada:	Fecha de Llegada:																						
Datos finales																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Sobordo</td> </tr> <tr> <td>Pasajeros</td> <td>333</td> </tr> <tr> <td>Tripulacion</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Momento Longitudir</td> <td>51630,231</td> </tr> <tr> <td>Momento Transvers:</td> <td>65,004</td> </tr> <tr> <td>Momento Vertical</td> <td>10861,650</td> </tr> <tr> <td>Desplazamiento</td> <td>1460,232 t</td> </tr> <tr> <td>Calado proa</td> <td>3 m</td> </tr> <tr> <td>Calado popa</td> <td>2,8 m</td> </tr> <tr> <td>Velocidad buque</td> <td>28 kn</td> </tr> <tr> <td>Velocidad viento</td> <td>18 kn</td> </tr> </table>		Sobordo		Pasajeros	333	Tripulacion	18	Momento Longitudir	51630,231	Momento Transvers:	65,004	Momento Vertical	10861,650	Desplazamiento	1460,232 t	Calado proa	3 m	Calado popa	2,8 m	Velocidad buque	28 kn	Velocidad viento	18 kn
Sobordo																							
Pasajeros	333																						
Tripulacion	18																						
Momento Longitudir	51630,231																						
Momento Transvers:	65,004																						
Momento Vertical	10861,650																						
Desplazamiento	1460,232 t																						
Calado proa	3 m																						
Calado popa	2,8 m																						
Velocidad buque	28 kn																						
Velocidad viento	18 kn																						
Gráfico introduciendo calados																							
Firma:																							
Primer oficial:																							
Capitan:																							
Documento realizado por David Hernández Hernández, antiguo alumno del Volcán de Tirajana entre 31/01/2017 hasta 15/06/2017.																							

Tabla 10 Ejemplo resultados introduciendo calados. Fuente: Elaboración propia



## Desarrollo método 2, calculando desplazamiento

### Desplazamiento

En primer lugar debemos calcular el desplazamiento como comentamos anteriormente tenemos que tener en cuenta que es la sumatoria del peso en rosca y del peso muerto. Para ello observamos el libro de estabilidad del buque y nos indica que el peso en rosca es de 1092.600toneladas.

Como indicamos en el primer apartado los momentos de los tanques los vamos a colocar como lo más desfavorable posible debido a que no tenemos la tabla de calibración de los tanques y únicamente el libro de estabilidad nos ofrece los valores absolutos del momento por corrección por superficie libre como podemos observar en la Tabla 11.

Tanque	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Peso (Tons.) (1)	K.G. (m) (L.BASE)	LCG (desde espejo) (m)	Momento corr. Por sup. Libres (t.m) (MAXIMO)
Uso Diario combust. Br-Er. 28-32	0.84	40.6	2.081	35.988	29.900
Uso Diario combust. Br-Er. 32-36	0.84	38.8	2.117	40.780	28.771
Combust. viaje largo - Entrega Br.-Er.	0.84	172.00	3.462	48.502	206.427
Agua Dulce	1.00	5.000	6.030	38.400	1.250
Aguas Residuales	1.05	5.250	6.030	39.600	0.630

Tabla 11 Dato de los tanques. Fuente: Elaboración propia

Por último para el cálculo del desplazamiento, debemos de tener todos los valores iniciales introducidos. Además de los señalados específicamente para este modo de cálculo, es decir, la posición de cada carga rodada que está en el buque. Con todos estos datos realizamos la sumatoria y obtenemos nuestro desplazamiento, esto lo observamos en la siguiente tabla 12.

Descripcion	Peso (tons.)	LCG (m)	Mto. Long.	TCG	Mto. Trans.	VCG	Mto. Vertica	Mto. S. Libre
Pasajeros y Equipajes	29,970	42,400	1270,728	0,000	0,000	14,000	419,580	
Tripulacion y efectos	1,620	42,400	68,688	0,000	0,000	14,000	22,680	
Kiosco/Pañol Oficio	9,500	40,800	387,600	0,000	0,000	14,500	137,750	
Pañoles	16,400	32,200	528,080	0,000	0,000	8,400	137,760	
Cubierta principal de vehiculos POPA (VH)	12,500	15,000	187,500	0,000	0,000	8,400	105,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos POPA (CT-PL)	15,000	15,000	225,000	0,000	0,000	9,360	140,400	0,000
Cubierta principal de vehiculos CENTRO (VH)	20,000	37,800	756,000	0,000	0,000	8,400	168,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos CENTRO (CT-PL)	38,000	37,800	1436,400	0,000	0,000	9,360	355,680	0,000
Cubierta principal de vehiculos PROA (VH)	20,000	52,200	1044,000	0,000	0,000		20,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos PROA (CT-PL)	4,000	45,500	182,000	0,000	0,000		4,000	0,000
Rampa Superior	35,000	73,800	2583,000	0,000	0,000	9,267	324,345	0,000
Rampa Inferior	17,500	73,800	1291,500	0,000	0,000	11,667	204,173	0,000
Cardeck	22,500	44,400	999,000	0,000	0,000	11,000	247,500	0,000
Combustible grupo generador BR	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	0,000
Combustible grupo generador ER	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	0,000
TQ. Aceite lubricacion BR	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	0,000
TQ. Aceite lubricacion ER	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	0,000
Tq Combustible Popa BR	28,000	35,988	1007,664	10,834	303,352	2,004	56,112	29,900
Tq Combustible Proa BR	29,000	40,780	1182,620	10,834	314,186	2,042	59,218	28,771
Tq Combustible Popa ER	28,000	35,988	1007,664	-10,834	-303,352	2,004	56,112	29,900
Tq Combustible Proa ER	28,000	40,780	1141,840	-10,834	-303,352	2,042	57,176	28,771
Tq Agua BR	5,000	38,400	192,000	10,834	54,170	6,030	30,150	1,250
Tq Lodos ER	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,630
<b>Operaciones</b>								
Peso muerto total	362,230	42,964	15562,914	0,179	65,004	7,067	2559,876	119,222
Rosca	1092,600	33,376	36466,621	0,000	0,000	7,430	8118,018	--
Desplazamiento	1454,830	35,763	52029,535	0,045	65,004	7,340	10677,894	119,222
						Corrección por Superficies Libres	0,082	
						VCG fluido	7,422	

Tabla 12 Ejemplo calculo de desplazamiento. Fuente: Elaboración propia

## Calculo del calado

El siguiente paso que tenemos que realizar es el cálculo del calado. Para ello lo primero que introducimos en el programa son las curvas hidrostáticas. Estas las obtenemos del libro de estabilidad del buque. En dicho libro encontramos 5 estas son: 1m a popa, 0.5m a popa, 0.25m a popa, en la línea base y 0.25m a proa.

Una vez introducidas estas curvas, les realizamos una interpolación para tener una mayor precisión en nuestros cálculos.

Nº	Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB(m)	VCB(m)	WPA(m)	LCF(m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML(m)	KMT(m)	TPC(t/cm)	WSA(m <sup>2</sup> )	Calado (m)	Desplazamiento (t)	
1	1046,82	2,300	35,649	1,967	649,905	38,968	42,821	335,758	77,552	6,862	1031,75	2,300	1046,82	
2	1080,173	2,350	35,747	1,995	651,495	38,976	42,962	326,873	75,469	6,878	1110,61	2,350	1080,173	
3	1113,609	2,400	35,842	2,022	653,082	38,989	43,139	318,35	73,478	6,894	1129,45	2,400	1113,609	
4	1147,133	2,450	35,934	2,049	654,72	38,999	43,309	310,349	71,595	6,911	1147,91	2,450	1147,133	
5	1180,733	2,500	36,021	2,077	656,43	38,976	43,525	303,076	69,839	6,93	1166,17	2,500	1180,733	
6	1214,451	2,550	36,1	2,104	658,205	38,912	43,707	295,975	68,16	6,948	1184,61	2,550	1214,451	
7	1248,236	2,600	36,173	2,131	659,951	38,765	43,811	288,728	66,525	6,961	1203,11	2,600	1248,236	
8	1282,072	2,650	36,241	2,159	660,85	38,718	43,896	281,727	64,967	6,974	1221,62	2,650	1282,072	
9	1315,968	2,700	36,304	2,186	662,1	38,659	43,99	275,126	63,491	6,987	1240,13	2,700	1315,968	
10	1349,928	2,750	36,362	2,213	663,425	38,577	44,096	268,924	62,095	6,9	1258,63	2,750	1349,928	
11	1383,953	2,800	36,415	2,24	665,523	38,434	44,335	263,77	60,832	6,822	1277,12	2,800	1383,953	
12	1418,081	2,850	36,462	2,267	667,406	38,295	44,53	258,629	59,61	6,841	1295,61	2,850	1418,081	
13	1452,332	2,900	36,504	2,294	668,047	38,219	44,501	252,469	58,342	6,847	1314,09	2,900	1452,332	
14	1486,575	2,950	36,543	2,32	668,166	38,168	44,376	246,053	57,089	6,849	1332,56	2,950	1486,575	
15	1520,809	3,000	36,579	2,347	668,061	38,122	44,209	239,701	55,876	6,848	1351,03	3,000	1520,809	
16	1555,032	3,050	36,612	2,374	667,766	38,071	44,006	233,438	54,702	6,845	1370,09	3,050	1555,032	
17	1589,232	3,100	36,642	2,4	667,331	38,013	43,773	227,298	53,569	6,84	1390,91	3,100	1589,232	
18	1623,406	3,150	36,67	2,427	666,828	37,952	43,524	221,335	52,48	6,835	1411,51	3,150	1623,406	
19	1657,555	3,200	36,695	2,453	666,278	37,888	43,262	215,556	51,435	6,829	1430,37	3,200	1657,555	
20	1691,677	3,250	36,718	2,48	665,698	37,821	42,991	209,97	50,431	6,823	1448,61	3,250	1691,677	
21	1725,772	3,300	36,739	2,506	665,121	37,752	42,711	204,57	49,468	6,817	1466,61	3,300	1725,772	
22	1759,841	3,350	36,757	2,532	664,617	37,68	42,436	199,406	48,546	6,812	1484,07	3,350	1759,841	
23	1793,839	3,400	36,773	2,558	664,222	37,612	42,185	194,551	47,666	6,808	1526,63	3,400	1793,839	
24	1827,864	3,450	36,788	2,585	663,881	37,546	41,948	189,852	44,807	6,805	1555,75	3,450	1827,864	
<b>Tabla de Datos</b>														
	Desplazamiento (t)	Calado (m)	Nº	LCB(m)	VCB(m)	WPA(m)	LCF(m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML(m)	KMT(m)	TPC(t/cm)	WSA(m <sup>2</sup> )	Calado (m)	Desplazamiento (t)
	1454,83	2,900	13	36,504	2,294	668,047	38,219	44,501	252,469	58,342	6,847	1314,088	2,900	1452,332
		2,950	14	36,543	2,320	668,166	38,168	44,376	246,053	57,089	6,849	1332,560	2,950	1486,575
<b>Datos finales</b>														
	Desplazamiento (t)	Calado (m)		LCB(m)	VCB(m)	WPA(m)	LCF(m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML(m)	KMT(m)	TPC(t/cm)	WSA(m <sup>2</sup> )	Calado (m)	Desplazamiento (t)
	1454,830	2,904		36,507	2,296	668,056	38,215	44,492	252,001	58,251	6,847	1315,436	2,904	1454,830

Tabla 13 Ejemplo tabla hidrostática. Fuente: Elaboración propia

Debido a que tenemos cinco tablas tenemos que diferenciar con cuál de ellas debemos de trabajar. Esto se podría hacer manualmente observando los calados tanto a popa como a proa del barco, como haríamos en el primer modelo.

En cambio con el programa lo hacemos mediante el trimado. Para hallar este tenemos que realizar las siguientes formulas:

- **Brazo de trimado= LCB – LCG**
- **Momento de trimado = Brazo de trimado \* Desplazamiento**
- **Trimado = Momento de trimado / (MCT\*100)**

Desplazamiento (t)	1454,830													
LCG	35,763													
VCG	7,340													
<b>Datos finales</b>														
Desplazamiento (t)	Calado (m)		LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )			
1454,830	2,859		33,397	2,315	669,428	38,317	45,207	256,024	58,376	6,862	1287,516			
Brazo de Trimado	-2,366	Trimado a Proa												
GML	248,684													
Momento de Trimado	-3442,124	m												
Trimado	-0,761	m												
Trimado de Popa	-0,381	m												
Calado de Popa	2,478	m												
Trimado de Proa	-0,381	m												
Calado de Proa	3,239	m												
Valido	SI													
GM	51,037													
c	0,063													
GMc	51,100													

Tabla 14 Ejemplo cálculo del trimado. Fuente: Elaboración propia

Con estas tres fórmulas obtendríamos el trimado para cada una de las tablas. Para poder seleccionar la tabla que nos conviene en cada caso se introducido el apartado Valido. Para indicar si la tabla es apta o no. Esta selección se realiza a través de una comparación entre las tablas.

Menor que 0.75	Tabla de 1m a popa
Entre 0.75 y 0.375	Tabla de 0.5m a popa
Entre 0.375 y 0.125	Tabla de 0.25m a popa
Entre 0.125 y -0.125	Tabla de la línea base
Entre -0.125 y -0.375	Tabla de 0.25m a proa

Una vez obtenido el trimado, pasamos a calcular el trimado de popa y el trimado de proa. Para ello debemos de saber que la eslora entre perpendiculares (LBP) es 81.6m.

- **Trimado de popa = [(0.5\*LBP) \* Trimado] / LBP**
- **Calado de popa = Calado intermedio + Trimado de popa**
- **Trimado de proa = [(0.5\*LBP) \* Trimado] / LBP**
- **Calado de proa = Calado intermedio - Trimado de proa**

De este modo obtenemos los calados tanto en proa como en popa, en el programa lo observaríamos así (tabla 15).

Volcan de Tirajana											
Calculos de Estabilidad								Fecha:			
Puerto de Salida:								Sobordo			
Puerto de Llegada:								Pasajeros:	333		
								Triplucion:	18		
								Vehiculos:	115		
Datos finales											
Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )	
1454,830	2,859	33,397	2,315	669,428	38,317	45,207	256,024	58,376	6,862	1287,516	
LCG	35,763		GC	-2,366	Trim Pr						
VCG	7,340		GML	248,684							
TCG	0,045		M. Trimado	-3442,124							
			Trimado	-0,761							
Trim de Pp	-0,381 m		Trim de Pr	-0,381 m							
Calado de Pp	2,478 m		Calado de Pr	3,239 m							

Tabla 15 Ejemplo obtención del calado. Fuente: Elaboración propia

Por último resolveríamos el mismo paso que en el método 1, para obtener nuestra curva de estabilidad. Este paso sería el siguiente:

En primer lugar habría que calcular la corrección por superficies libres, esta se realiza haciendo la siguiente operación:

$$C. S. libre = Mto. S. libre / \Delta$$

El momento de superficie libre sería la sumatoria de dichos momentos, como dijimos anteriormente en nuestro caso siempre serán lo más desfavorable posible.

En tercer lugar procedemos a calcular VCG fluido que sería mediante otra sencilla operación:

$$VCG fluido = [(\sum momento vertical) / \Delta] + C. S. libre$$

Para poder comprender el siguiente paso, debemos de saber que **C. S. libre = FSC** y que **VCG fluido = KGf** con estos conocimientos podemos proseguir a realizar el cuarto paso para obtener mi curva de estabilidad.

A continuación vamos a calcular el par de brazos adrizantes, pero antes de poder realizar dicho calculo debemos saber interpretar las curvas pantocarenas, es decir, las curvas Kn.

Estas curvas nos muestran cuanto se ha trasladado el centro de carena, esto depende la forma del casco de cada buque y de su desplazamiento. Además del ángulo de escora que ha cogido en cada caso. Por ellos los constructores navales nos han de facilitar estos datos.

Para proseguir con la interpretación de las curvas pantocarenas hay que entrar en ellas mediante nuestro desplazamiento y nuestro asiento. Es decir, dependiendo nuestro asiento utilizamos una u otra curva. Y dependiendo del desplazamiento realizamos el mismo proceso que hemos realizado con la curva hidrostática.

Una vez identificada nuestra curva, el desplazamiento e interpolados los valores, pasamos a calcular el brazo adrizante, como podemos observar en la tabla 16 a través de la siguiente fórmula:

$$GZ = Kn - Kg * \text{sen} (\theta)$$

$\theta$	KN	Sen $\theta$	KGf*sen $\theta$	GfZ
-25	-11,454	-0,423	-3,178	-8,276
-20	-11,444	-0,342	-2,572	-8,872
-15	-11,127	-0,259	-1,946	-9,181
-10	-8,830	-0,174	-1,306	-7,524
-5	-5,292	-0,087	-0,655	-4,637
5	5,292	0,087	0,655	4,637
10	8,830	0,174	1,306	7,524
15	11,127	0,259	1,946	9,181
20	11,444	0,342	2,572	8,872
25	11,454	0,423	3,178	8,276
30	11,345	0,500	3,760	7,585
40	10,718	0,643	4,834	5,884
50	9,988	0,766	5,761	4,227
60	8,873	0,866	6,512	2,361
70	7,618	0,940	7,066	0,552
80	6,064	0,985	7,406	-1,342
90	4,333	1,000	7,520	-3,187

Tabla 16 Ejemplo calculo de GZ. Fuente: Elaboración propia

Con estos datos ya podemos representar la curva de estabilidad, para realizar dicha representación hay que tener en cuenta que el índice horizontal está compuesto por el ángulo de escora que coge el barco, es decir,  $\theta$ . Y el índice vertical está compuesto por los valores de GfZ. En la tabla 9 podemos observar como resultaría dispuesta la gráfica.

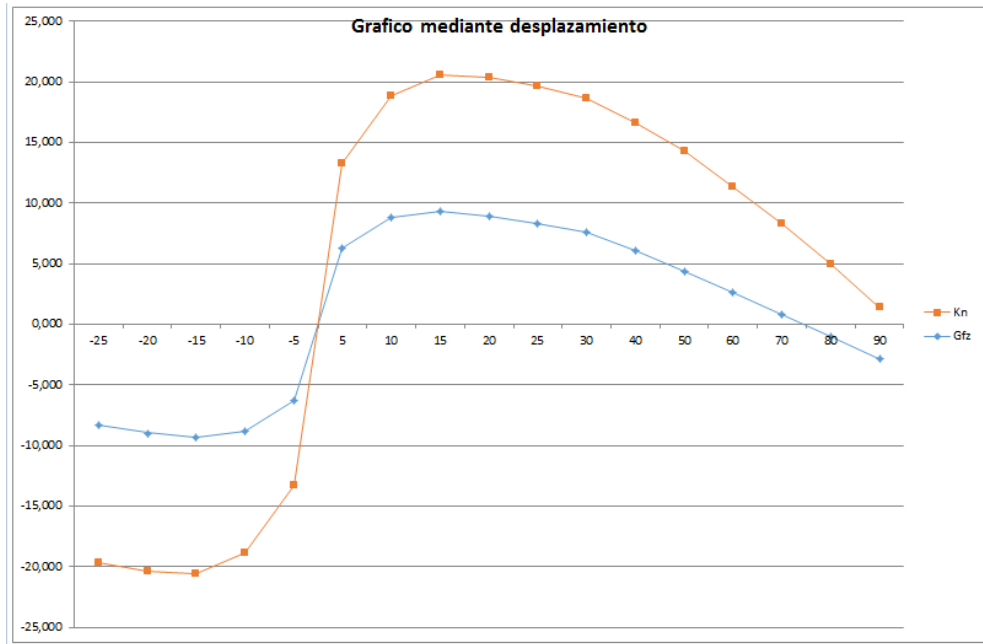


Tabla 17 Ejemplo grafica mediante desplazamiento. Fuente: Elaboración propia

Por último para acabar con el método 1, obtenemos la hoja resultados. En la cual se ven representados todos los resultados del método, una vez hayamos seguido los pasos correctamente. Esto lo podemos observar en la tabla 18.

Volcan de Tirajana										
Calculos de Estabilidad										
Puerto de Salida:					Fecha de salida:					
Puerto de Llegada:					Fecha de llegada:					
Datos finales										
Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )
1234,914	2,537	32,547	2,143	660,677	37,952	43,977	292,914	67,335	6,772	1166,492
LCG	33,888	GC	-1,341	Trim Pr						
VCG	7,027	GML	285,887							
TCG	0,054	M. Trimado	-1656,636							
		Trimado	-0,377							
Trim de Pp	-0,188 m	Trim de Pr	-0,188 m							
Calado de Pp	2,725 m	Calado de Pr	2,348 m							
Firma:										
Primer oficial:										
Capitan:					Documento realizado por David Hernández Hernández, antiguo alumno del Volcán de Tirajana entre 31/01/2017 hasta					

Tabla 18 Ejemplo resultados mediante desplazamiento. Fuente: Elaboración propia



# CRITERIOS DE ESTABILIDAD

---

## Criterios de estabilidad parte teórica

En base a datos estadísticos y con criterios técnicos se han dado unos valores mínimos de estabilidad a fin de que los buques puedan navegar con la mayor seguridad posible en este aspecto.

En primer lugar encontramos el criterio de Rahola, este no es aplicable al Volcán de Tirajana debido a que solo se aplica a buques con una eslora igual o mayor de 100m.

En segundo lugar encontramos en el Anexo 7 del código NGV 2000, los criterios de estabilidad sin averías, para naves multicasco como sería el caso del Volcán de Tirajana.

Este nos dice lo siguiente:

### 1.1 Área bajo la curva GZ

El área (A1) bajo la curva GZ hasta el ángulo  $\theta$  será como mínimo igual a:

$$A1 = 0.055 * 30^\circ / \theta$$

Donde  $\theta$  es el menor de los ángulos siguientes:

- .1 ángulo de inundación descendente;
- .2 ángulo al que se da GZ máximo; y
- .3 30°.

### 1.2 GZ máximo

El valor máximo de GZ corresponderá a un ángulo de 10° como mínimo.

### 1.3 Escora producida por el viento

El brazo escorante producido por el viento se supondrá constante para todos los ángulos de inclinación y se calculará como se indica a continuación:

$$HL1 = (Pi * A * Z) / (9800 * \Delta)$$



$$HL2 = 1.5 * HL1$$

Dónde:

$$Pi = 500 (Vw/26)^2 \quad (N/m^2)$$

Dónde:

Vw = Velocidad del viento correspondiente a las peores condiciones previstas (m/s)

A = Área lateral proyectada de la porción de la nave que se encuentra por encima de la línea de flotación mínima de servicio (m<sup>2</sup>)

Z = Distancia vertical entre el centro de A y un punto situado en la mitad del calado mínimo de servicio (m)

Δ = Desplazamiento (t)

#### **1.4 Escora producida por la aglomeración de pasajeros o un giro a gran velocidad**

La escora producida por la aglomeración de pasajeros en una banda de la nave o un giro a gran velocidad, tomándose de estos valores el mayor, se aplicara junto con el brazo escorante producido por el viento (HL2).

##### **1.4.1 Escora producida por la aglomeración de pasajeros**

Cuando se calcule la magnitud de la escora producida por la aglomeración de pasajeros, el brazo se deberá determinar utilizando la hipótesis indicada en 2.10 del presente código.

##### **1.4.2 Escora producida por un giro a gran velocidad**

Cuando se calcule la magnitud de la escora producida por los efectos de un giro a gran velocidad, el brazo se determinara utilizando bien la formula siguiente o un método equivalente elaborado especialmente para el tipo de nave de que se trate o en ensayos o datos obtenidos en pruebas con modelos:

$$TL = (1/g) * (Vo^2/R) *(KG - (d/2)) \quad (m)$$

Dónde:

- **TL = Brazo debido al giro (m)**
- **Vo = Velocidad de la nave en el giro (m/s)**
- **R = Radio de giro (m)**
- **KG = Altura del centro de gravedad por encima de la quilla (m)**
- **d = Calado medio (m)**
- **g = Aceleración debida a la gravedad.**



## Criterios de estabilidad parte práctica

Una vez estudiada la teoría sobre los criterios de estabilidad, vamos a implementarlos en el programa, esto lo realizaremos del siguiente modo:

En primer lugar calcularemos el brazo escorante producido por el viento HL1, mediante la fórmula:  $HL1 = (\rho_i * A * Z) / (9800 * \Delta)$ , a continuación procederemos con el cálculo del brazo escorante producido por ráfaga de viento HL2  $HL2 = 1.5 * HL1$  una vez obtenidos estos valores podemos observar la escora que podría coger el buque mediante el viento más desfavorable que vayamos a encontrar en la travesía.

A continuación procederemos con el cálculo de la escora producida por la aglomeración de personas en una banda, en el Volcán de Tirajana, este valor más desfavorable sería con 358 pasajeros sentados y 532 pasajeros de pie a 4 personas por m<sup>2</sup>. Esto nos daría un momento escorante total de 7428.8, que multiplicado por el peso de cada persona sería  $7428.8 * 0.075 = 557.2$  t.m Estos valores los obtenemos del libro de estabilidad del buque. Por lo tanto se estima que cada persona tendría un momento de 8.347, al cual habrá que multiplicarle el peso medio de cada pasajero.

En tercer lugar calcularíamos el brazo de palanca, es decir, la escora producida por un giro a gran velocidad, esta se resolvería mediante la siguiente fórmula:

$$TL = (1/g) * (V_0^2/R) * (KG - (d/2)) \quad (m)$$

Una vez resulta esta fórmula podríamos ver cuál es nuestra escora en caso de tener que caer todo a una banda.

Por último calcularíamos HLT, este valor es la mayor escora que va a coger el barco debido a un viento racheado HL2 + el mayor valor de TL o HLP, es decir, del brazo de palanca o la escora producida por aglomeración de gente a una banda.

Estos cálculos quedarían reflejados en el programa de estabilidad del siguiente modo:

Desplazamiento	1262,187 t
V viento	18 kn
V viento	9,260 m/s
V buque	28 kn
V buque	14,404 m/s
Calado	2,6 m
A	1249 m <sup>2</sup>
Z	8,12 m
R	460 m
P <sub>i</sub>	500 N/m <sup>2</sup>
HL <sub>1</sub>	0,410
HL <sub>2</sub>	0,615
TL	0,270
HLP	0,009
Mayor TL o HLP	0,270
HLT	0,885

Tabla 19 Ejemplo resultados criterio de estabilidad. Fuente: Elaboración propia

## ANALISIS DEL PROGRAMA

### Buque en lastre

El primer caso que vamos a analizar se produjo el viernes 24 de agosto en el puerto de la Estaca el Hierro. Este caso es con el buque en lastre, es decir, con el buque libre de carga. A bordo del buque, se encontraban 18 tripulantes.

Resultados obtenidos mediante el método 1:

DATOS INICIALES				
<b>PASAJEROS Y TRIPULACION</b>		<b>1,620</b>		
Pasajeros				
Tripulación	18			
<b>Tanques</b>				
Description	Tank N°	Carga	% Llenado	Sonda
Combustible grupo generador BR	1	0,720	67,290	
Combustible grupo generador ER	2	0,720	67,290	
TQ. Aceite lubricacion BR	3	0,400	80,645	
TQ. Aceite lubricacion ER	4	0,400	80,645	
Tq Combustible Popa BR	5	26,413	64,937	1,864
Tq Combustible Proa BR	6	27,964	50,810	1,804
Tq Combustible Popa ER	7	26,142	64,270	1,864
Tq Combustible Proa ER	8	27,035	49,122	1,804
Tq Agua BR	9	5,000	100,000	
Tq Lodos ER	10	0,000	0,000	
<b>Datos para los criterios de estabilidad (GZ)</b>				
V <sub>w</sub> (Velocidad de viento)	18 Kn			
V <sub>b</sub> (Velocidad del buque)	28 Kn			
<b>Calado observado visualmente</b>				
Calado de proa (m)	2,3	m		
Calado de popa (m)	2,9	m		
Asiento	-0,6	m		
N° vehiculos en cardeck		0 t		
N° vehiculos en Rampa superior		0 t		


Tabla 20 Datos iniciales, análisis buque descargado. Fuente: Elaboración propia

Descripcion	Peso (tons.)	LCG (m)	Mto. Long.	TCG	Mto. Trans.	VCG	Mto. Vertical	Mto. S. Libre
Pasajeros y Equipajes	0,000	42,400	0,000	0,000	0,000	14,000	0,000	
Tripulacion y efectos	1,620	42,400	68,688	0,000	0,000	14,000	22,680	
Kiosco/Pañol Oficio	9,500	40,800	387,600	0,000	0,000	14,500	137,750	
Pañoles	16,400	32,200	528,080	0,000	0,000	8,400	137,760	
Carga	27,273	37,800	1030,919	0,000	0,000	8,800	240,002	
Rampa superior	0,000	73,800	0,000	0,000	0,000	11,667	0,000	
Cardeck	0,000	44,400	0,000	0,000	0,000	8,880	0,000	
Combustible grupo generador BR	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	
Combustible grupo generador ER	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	
TQ. Aceite lubricacion BR	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	
TQ. Aceite lubricacion ER	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	
Tq Combustible Popa BR	26,413	35,988	950,551	10,834	286,158	2,004	52,932	29,900
Tq Combustible Proa BR	27,964	40,780	1140,372	10,834	302,962	2,042	57,102	28,771
Tq Combustible Popa ER	26,142	35,988	940,798	-10,834	-283,222	2,004	52,389	29,900
Tq Combustible Proa ER	27,035	40,780	1102,487	-10,834	-292,897	2,042	55,205	28,771
Tq Agua BR	5,000	38,400	192,000	10,834	54,170	6,030	30,150	1,250
Tq Lodos ER	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,630
<b>Operaciones</b>								
Peso muerto total	169,587	37,816	6413,126	0,396	67,171	4,719	800,211	119,222
Rosca	1092,600	33,376	36466,621	0,000	0,000	7,430	8118,018	--
Desplazamiento	1262,187	33,973	42879,747	0,053	67,171	7,066	8918,229	119,222
Corrección por Superficies Libres						0,094		
VCG fluido						7,160		

Tabla 21 Calculo estabilidad método 1, buque descargado. Fuente: Elaboración propia

**Volcan de Tirajana**

Calculos de Estabilidad	
Puerto de Salida:	Fecha de salida:
Puerto de Llegada:	Fecha de llegada:

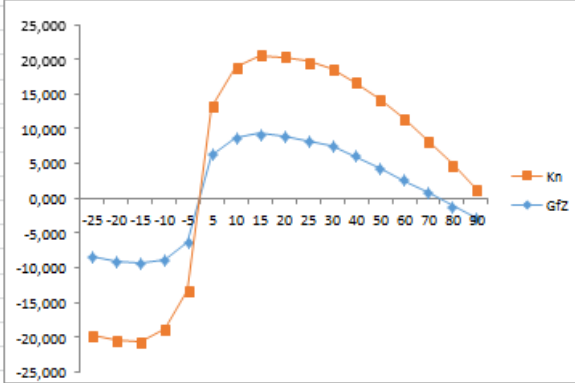


**Datos finales**

Sobordo	
Pasajeros:	0
Tripulacion:	18

Momento Longitudinal	42879,747
Momento Transversal	67,171
Momento Vertical	8918,229
Desplazamiento	1262,187 t
Calado proa	2,3 m
Calado popa	2,9 m
Velocidad buque	28 kn
Velocidad viento	18 kn

**Grafico introduciendo calados**



Firma: \_\_\_\_\_

Primer oficial: \_\_\_\_\_

Capitan: \_\_\_\_\_

Documento realizado por David Hernández Hernández, antiguo alumno del Volcán de Tirajana entre 31/01/2017 hasta 15/06/2017.

Tabla 22 Resultado 1, metodo buque deescargado. Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos mediante el método 2:

Descripcion	Peso (tons.)	LCG (m)	Mto. Long.	TCG	Mto. Trans	VCG	Mto. Vertical	Mto. S. Libre
Pasajeros y Equipajes	0,000	42,400	0,000	0,000	0,000	14,000	0,000	
Tripulacion y efectos	1,620	42,400	68,688	0,000	0,000	14,000	22,680	
Kiosco/Pañoi Oficio	9,500	40,800	387,600	0,000	0,000	14,500	137,750	
Pañoles	16,400	32,200	528,080	0,000	0,000	8,400	137,760	
Cubierta principal de vehiculos POPA (VH)	0,000	15,000	0,000	0,000	0,000	8,400	0,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos POPA (CT-PL)	0,000	15,000	0,000	0,000	0,000	9,360	0,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos CENTRO (VH)	0,000	37,800	0,000	0,000	0,000	8,400	0,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos CENTRO (CT-PL)	0,000	37,800	0,000	0,000	0,000	9,360	0,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos PROA (VH)	0,000	52,200	0,000	0,000	0,000	8,400	0,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos PROA (CT-PL)	0,000	45,500	0,000	0,000	0,000	9,360	0,000	0,000
Rampa Superior	0,000	73,800	0,000	0,000	0,000	11,667	0,000	0,000
Rampa Inferior	0,000	73,800	0,000	0,000	0,000	9,267	0,000	0,000
Cardeck	0,000	44,400	0,000	0,000	0,000	11,000	0,000	0,000
Combustible grupo generador BR	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	0,000
Combustible grupo generador ER	0,720	34,153	24,590	0,000	0,000	7,085	5,101	0,000
TQ. Aceite lubricacion BR	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	0,000
TQ. Aceite lubricacion ER	0,400	28,062	11,225	0,000	0,000	5,048	2,019	0,000
Tq Combustible Popa BR	26,413	35,988	950,551	10,834	286,158	2,004	52,932	29,900
Tq Combustible Proa BR	27,964	40,780	1140,372	10,834	302,962	2,042	57,102	28,771
Tq Combustible Popa ER	26,142	35,988	940,798	-10,834	-283,222	2,004	52,389	29,900
Tq Combustible Proa ER	27,035	40,780	1102,487	-10,834	-292,897	2,042	55,205	28,771
Tq Agua BR	5,000	38,400	192,000	10,834	54,170	6,030	30,150	1,250
Tq Lodos ER	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,630
Operaciones								
Peso muerto total	142,314	37,819	5382,206	0,472	67,171	3,936	560,209	119,222
Rosca	1092,600	33,376	36466,621	0,000	0,000	7,430	8118,018	--
Desplazamiento	1234,914	33,888	41848,827	0,054	67,171	7,027	8678,227	119,222
						Corrección por Superficies Libres	0,097	
						VCG fluido	7,124	

Tabla 23 Calculo de estabilidad método 2, buque descargado. Fuente: Elaboración propia


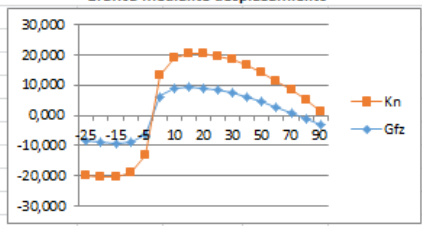
Volcan de Tirajana										
Calculos de Estabilidad										
Puerto de Salida:			Fecha de salida:							
Puerto de Llegada:			Fecha de llegada:							
Datos finales										
Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )
1234,914	2,537	32,547	2,143	660,677	37,952	43,977	292,914	67,335	6,772	1166,492
Grafica mediante desplazamiento										
Mto. Longitudinal	41848,827	GC	-41816,281	Trim Pr						
Mto. Vertical	8678,227	GML	-8385,313							
Mto. Transversal	67,171	M. Trimado	41848,827							
		Trimado	9,516							
Trim de Pp	4,758 m	Trim de Pr	4,758 m							
Calado de Pp	-2,222 m	Calado de Pr	7,295 m							
										
Firma:										
Primer oficial:										
Capitan:					Documento realizado por David Hernández Hernández, antiguo alumno del Volcán de Tirajana entre 31/01/2017 hasta					

Tabla 24 Resultado método 2, buque descargado. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, de este modo obtendríamos todos los resultados. Además si comparamos ambos resultados, podemos ver claramente que son muy similares, esto lo comprobamos con la curva de estabilidad. Mediante ambos métodos el valor máximo de GZ es de 15°, con lo cual cumple el apartado del NGV siguiente.



El valor máximo de GZ corresponderá a un ángulo de 10º como mínimo. Y en nuestro caso el valor máximo de GZ lo encontramos en 15º.

### Buque con carga mixta

El segundo caso que vamos a analizar se produjo el viernes 27 de agosto en el puerto de la Estaca el Hierro, a las 07:00 hora de salida del Volcán de Tirajana rumbo Los Cristianos. En esta ocasión el barco llevaba 142 vehículos a bordo y un total de 361 personas a bordo entre pasajeros y tripulantes.

Resultados obtenidos mediante el método 1:

Descripción	Peso (tons.)	LCG (m)	Mto. Long.	TCG	Mto. Trans.	VCG	Mto. Vertical	Mto. S. Libre
Pasajeros y Equipajes	30,510	42,400	1293,624	0,000	0,000	14,000	427,140	
Tripulación y efectos	1,980	42,400	83,952	0,000	0,000	14,000	27,720	
Kiosco/Pañol Oficio	9,500	40,800	387,600	0,000	0,000	14,500	137,750	
Pañoles	16,400	32,200	528,080	0,000	0,000	8,400	137,760	
Carga	333,444	37,800	12604,183	0,000	0,000	8,800	2934,307	
Rampa superior	30,000	73,800	2214,000	0,000	0,000	11,667	350,010	
Cardeck	24,000	44,400	1065,600	0,000	0,000	8,880	213,120	
Combustible grupo generador BR	1,070	34,153	36,544	0,000	0,000	7,085	7,581	
Combustible grupo generador ER	1,067	34,153	36,441	0,000	0,000	7,085	7,560	
TQ. Aceite lubricacion BR	0,496	28,062	13,919	0,000	0,000	5,048	2,504	
TQ. Aceite lubricacion ER	0,496	28,062	13,919	0,000	0,000	5,048	2,504	
Tq Combustible Popa BR	29,112	35,988	1047,683	10,834	315,399	2,004	58,340	29,900
Tq Combustible Proa BR	29,308	40,780	1195,180	10,834	317,523	2,042	59,847	28,771
Tq Combustible Popa ER	28,819	35,988	1037,138	-10,834	-312,225	2,004	57,753	29,900
Tq Combustible Proa ER	28,233	40,780	1151,342	-10,834	-305,876	2,042	57,652	28,771
Tq Agua BR	5,000	38,400	192,000	10,834	54,170	6,030	30,150	1,250
Tq Lodos ER	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,630
<b>Operaciones</b>								
Peso muerto total	573,435	39,937	22901,204	0,120	68,991	7,868	4511,698	119,222
Rosca	1092,600	33,376	36466,621	0,000	0,000	7,430	8118,018	--
Desplazamiento	1666,035	35,634	59367,825	0,041	68,991	7,581	12629,716	119,222
						Corrección por Superficies Libres	0,072	
					VCG fluido	7,652		

Tabla 25 Cálculo de estabilidad método, buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia

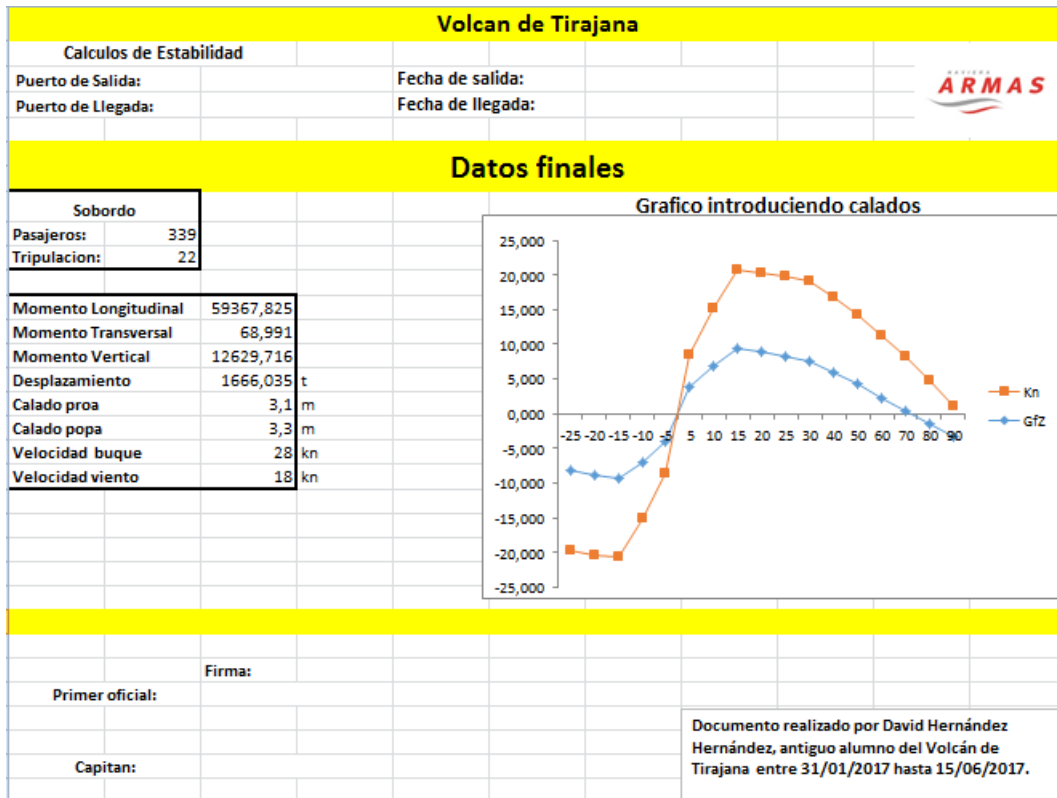


Tabla 26 Resultado método 1, buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia

**Resultados obtenidos mediante el método 2:**

Descripcion	Peso (tons.)	LCG (m)	Mto. Long.	TCG	Mto. Trans.	VCG	Mto. Vertica	Mto. S. Libre
Pasajeros y Equipajes	30,510	42,400	1293,624	0,000	0,000	14,000	427,140	
Tripulacion y efectos	1,980	42,400	83,952	0,000	0,000	14,000	27,720	
Kiosco/Pañol Oficio	9,500	40,800	387,600	0,000	0,000	14,500	137,750	
Pañoles	16,400	32,200	528,080	0,000	0,000	8,400	137,760	
Cubierta principal de vehiculos POPA (VH)	15,000	15,000	225,000	0,000	0,000	8,400	126,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos POPA (CT-PL)	0,000	15,000	0,000	0,000	0,000	9,360	0,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos CENTRO (VH)	30,000	37,800	1134,000	0,000	0,000	8,400	252,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos CENTRO (CT-PL)	0,000	37,800	0,000	0,000	0,000	9,360	0,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos PROA (VH)	22,500	52,200	1174,500	0,000	0,000	8,400	189,000	0,000
Cubierta principal de vehiculos PROA (CT-PL)	142,000	45,500	6461,000	0,000	0,000	9,360	1329,120	0,000
Rampa Superior	37,500	73,800	2767,500	0,000	0,000	11,667	437,513	0,000
Rampa Inferior	18,750	73,800	1383,750	0,000	0,000	9,267	173,756	0,000
Cardeck	30,000	44,400	1332,000	0,000	0,000	11,000	330,000	0,000
Combustible grupo generador BR	1,070	34,153	36,544	0,000	0,000	7,085	7,581	0,000
Combustible grupo generador ER	1,067	34,153	36,441	0,000	0,000	7,085	7,560	0,000
TQ. Aceite lubricacion BR	0,496	28,062	13,919	0,000	0,000	5,048	2,504	0,000
TQ. Aceite lubricacion ER	0,496	28,062	13,919	0,000	0,000	5,048	2,504	0,000
Tq Combustible Popa BR	29,112	35,988	1047,683	10,834	315,399	2,004	58,340	29,900
Tq Combustible Proa BR	29,308	40,780	1195,180	10,834	317,523	2,042	59,847	28,771
Tq Combustible Popa ER	28,819	35,988	1037,138	-10,834	-312,225	2,004	57,753	29,900
Tq Combustible Proa ER	28,233	40,780	1151,342	-10,834	-305,876	2,042	57,652	28,771
Tq Agua BR	5,000	38,400	192,000	10,834	54,170	6,030	30,150	1,250
Tq Lodos ER	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,630
<b>Operaciones</b>								
Peso muerto total	481,741	44,620	21495,171	0,143	68,991	7,995	3851,649	119,222
Rosca	1092,600	33,376	36466,621	0,000	0,000	7,430	8118,018	...
Desplazamiento	1574,341	36,817	57961,792	0,044	68,991	7,603	11969,667	119,222
						Corrección por Superficies Libres	0,076	
						VCG fluido	7,679	

Tabla 27 Calculo de estabilidad método 2, buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia


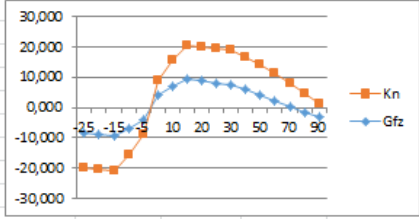
Volcan de Tirajana										
Calculos de Estabilidad										
Puerto de Salida:			Fecha de salida:							
Puerto de Llegada:			Fecha de llegada:							
Datos finales										
Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )
1574,341	3,032	33,775	2,407	671,901	38,357	45,352	237,613	54,397	6,887	1352,873
Mto. Longitudinal	57961,792	GC	-3,041	Trim Pr						
Mto. Vertical	11969,667	GML	230,010							
Mto. Transversal	68,991	M. Trimado	-111,964	Trimado	-0,025					
Trim de Pp	-0,012 m	Trim de Pr	-0,012 m							
Calado de Pp	3,045 m	Calado de Pr	3,020 m							
						Grafica mediante desplazamiento 				
Firma:										
Primer oficial:	<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>									
Capitan:										
						Documento realizado por David Hernández Hernández, antiguo alumno del Volcán de Tirajana entre 31/01/2017 hasta				

Tabla 28 Resultados método 2, buque con carga mixta. Fuente: Elaboración propia

Si comparamos ambos resultados vemos claramente como el valor del desplazamiento no es igual, varia entorno a las 90toneladas. Esto se debe principalmente porque se estipula que todos los vehículos pesas 1.5tn. Cuando en el mercado la gran parte de vehículos hoy en día superan ese peso.

Por otro lado observamos que la diferencia entre los calados difiere en apenas 10cm esto podría deberse a la diferencia en el desplazamiento o a una mala lectura de calados. Aun así es un valor que se podría despreciar.

En relación a la curva de estabilidad, es decir, al valor máximo de GZ lo encontramos entorno a los 15º al igual que en el primer caso que observamos. Con lo cual también cumpliría la normativa del NGV.

# Tablas hidrostáticas

## 1m por popa relativo a la línea base

Nº	Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )
1	1076,069	2,300	31,785	2,015	645,938	37,601	41,488	316,629	75,100	6,621	1075,584
2	1109,314	2,350	31,956	2,042	651,031	37,606	42,359	313,681	73,524	6,673	1094,839
3	1142,816	2,400	32,122	2,069	654,433	37,687	42,939	308,775	71,833	6,708	1114,326
4	1176,446	2,450	32,282	2,096	657,046	37,787	43,379	303,116	70,141	6,735	1133,680
5	1210,192	2,500	32,437	2,123	659,259	37,886	43,746	297,241	68,495	6,757	1152,741
6	1244,042	2,550	32,587	2,150	661,200	37,976	44,062	291,317	66,907	6,777	1171,569
7	1277,987	2,600	32,731	2,177	662,958	38,058	44,341	285,445	65,381	6,795	1190,508
8	1312,019	2,650	32,870	2,204	664,542	38,129	44,582	279,624	63,914	6,812	1209,313
9	1346,130	2,700	33,004	2,230	665,928	38,188	44,778	273,813	62,502	6,826	1228,077
10	1380,309	2,750	33,134	2,257	667,166	38,238	44,943	268,087	61,144	6,838	1246,817
11	1414,549	2,800	33,258	2,283	668,283	38,280	45,081	262,477	59,840	6,850	1265,542
12	1448,845	2,850	33,377	2,310	669,278	38,313	45,193	256,971	58,587	6,860	1284,256
13	1483,191	2,900	33,492	2,336	670,139	38,336	45,272	251,534	57,379	6,869	1302,964
14	1517,581	2,950	33,603	2,363	670,864	38,348	45,316	246,150	56,214	6,876	1321,670
15	1552,005	3,000	33,708	2,389	671,492	38,353	45,334	240,865	55,092	6,883	1340,377
16	1586,460	3,050	33,812	2,416	672,123	38,359	45,362	235,849	54,020	6,889	1359,653
17	1620,943	3,100	33,911	2,442	672,705	38,361	45,380	230,999	52,989	6,895	1379,025
18	1655,440	3,150	34,005	2,468	673,160	38,351	45,358	226,150	51,991	6,900	1397,855
19	1689,956	3,200	34,094	2,495	673,539	38,331	45,308	221,367	51,027	6,904	1416,499
20	1724,489	3,250	34,179	2,521	673,867	38,301	45,236	216,670	50,096	6,907	1435,081
21	1759,036	3,300	34,260	2,547	674,201	38,263	45,151	212,091	49,200	6,911	1453,646
22	1793,599	3,350	34,337	2,573	674,584	38,217	45,060	207,661	48,339	6,914	1472,213
23	1828,181	3,400	34,410	2,600	675,010	38,163	44,961	203,367	47,510	6,919	1490,786
24	1862,785	3,450	34,481	2,626	675,451	38,107	44,858	199,129	46,697	6,923	1509,364

Tabla 29 Tabla hidrostática, 1m por popa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia

## 0.5m por popa relativo a la línea base

Nº	Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )
1	1060,041	2,300	33,673	1,984	649,950	38,418	42,612	330,001	76,632	6,662	1084,535
2	1093,414	2,350	33,816	2,012	652,365	38,468	42,981	322,908	74,689	6,687	1103,480
3	1126,912	2,400	33,953	2,039	654,730	38,503	43,338	316,025	72,824	6,711	1122,401
4	1160,535	2,450	34,085	2,066	657,077	38,516	43,688	309,420	71,050	6,735	1141,291
5	1194,277	2,500	34,209	2,093	659,530	38,503	44,052	303,244	69,378	6,760	1160,157
6	1228,148	2,550	34,326	2,121	662,806	38,430	44,555	298,280	67,871	6,794	1179,010
7	1262,187	2,600	34,435	2,148	665,762	38,357	44,996	293,179	66,410	6,824	1197,852
8	1296,403	2,650	34,538	2,175	667,336	38,343	45,187	288,757	64,893	6,840	1216,690
9	1330,661	2,700	34,635	2,202	668,274	38,345	45,257	279,905	63,393	6,850	1235,529
10	1364,953	2,750	34,731	2,229	669,070	38,358	45,321	273,335	61,954	6,858	1254,208
11	1399,269	2,800	34,825	2,257	669,785	38,374	45,375	267,025	60,579	6,865	1272,742
12	1433,602	2,850	34,911	2,284	670,310	38,378	45,372	260,695	59,253	6,871	1291,279
13	1467,955	2,900	34,992	2,311	670,717	38,374	45,337	254,479	57,980	6,875	1309,807
14	1502,325	2,950	35,070	2,337	670,996	38,363	45,273	248,388	56,755	6,878	1328,326
15	1536,706	3,000	35,143	2,364	671,135	38,342	45,178	242,403	55,575	6,879	1346,841
16	1571,089	3,050	35,212	2,391	671,163	38,315	45,058	236,547	54,439	6,879	1365,350
17	1605,468	3,100	35,277	2,417	671,134	38,283	44,923	230,873	53,348	6,879	1383,848
18	1639,843	3,150	35,340	2,444	671,070	38,246	44,777	225,382	52,300	6,878	1402,335
19	1674,213	3,200	35,398	2,470	670,960	38,203	44,617	220,045	51,292	6,877	1420,815
20	1708,575	3,250	35,454	2,497	670,792	38,154	44,437	214,833	50,321	6,876	1439,295
21	1742,927	3,300	35,506	2,523	670,561	38,097	44,232	209,713	49,384	6,873	1457,792
22	1777,264	3,350	35,555	2,549	670,285	38,035	44,005	204,695	48,480	6,870	1476,663
23	1811,585	3,400	35,600	2,576	670,010	37,968	43,768	199,821	47,610	6,868	1495,446
24	1845,893	3,450	35,645	2,602	669,750	37,899	43,529	195,027	46,757	6,865	1514,687

Tabla 30 Tabla hidrostática, 0.5m por popa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia

## 0.25m por popa relativo a la línea base

Nº	Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )
1	1053,157	2,300	34,653	1,974	649,402	38,791	42,670	332,583	77,046	6,656	1088,181
2	1086,501	2,350	34,776	2,001	652,150	38,765	43,054	325,482	75,116	6,685	1106,999
3	1119,983	2,400	34,893	2,029	654,784	38,736	43,419	318,546	73,257	6,712	1125,800
4	1153,618	2,450	35,004	2,056	656,752	38,730	43,672	311,167	71,421	6,732	1144,583
5	1187,339	2,500	35,108	2,083	658,479	38,720	43,883	303,871	69,657	6,749	1163,346
6	1221,143	2,550	35,206	2,111	660,094	38,693	44,069	296,783	67,975	6,766	1182,096
7	1255,029	2,600	35,303	2,138	661,791	38,652	44,271	290,160	66,388	6,783	1200,769
8	1288,996	2,650	35,395	2,165	663,851	38,583	44,536	284,259	64,915	6,804	1219,357
9	1323,061	2,700	35,477	2,193	666,390	38,473	44,876	279,092	63,557	6,830	1237,915
10	1357,298	2,750	35,551	2,220	668,335	38,388	45,106	273,533	62,213	6,850	1256,453
11	1391,597	2,800	35,621	2,247	669,202	38,352	45,144	267,117	60,840	6,859	1274,971
12	1425,911	2,850	35,686	2,274	669,593	38,328	45,095	260,497	59,492	6,863	1293,480
13	1460,232	2,900	35,748	2,301	669,727	38,301	44,993	253,889	58,186	6,865	1311,986
14	1494,550	2,950	35,806	2,328	669,751	38,271	44,865	247,438	56,932	6,865	1330,484
15	1528,865	3,000	35,861	2,355	669,712	38,238	44,721	241,191	55,730	6,865	1348,973
16	1563,175	3,050	35,912	2,381	669,605	38,201	44,562	235,143	54,576	6,863	1367,451
17	1597,476	3,100	35,961	2,408	669,422	38,161	44,389	229,284	53,467	6,862	1385,921
18	1631,765	3,150	36,006	2,435	669,125	38,114	44,193	223,557	52,398	6,859	1404,401
19	1666,035	3,200	36,048	2,461	668,722	38,059	43,971	217,946	51,367	6,854	1423,341
20	1700,278	3,250	36,088	2,487	668,291	37,997	43,735	212,496	50,376	6,850	1444,131
21	1734,499	3,300	36,124	2,514	667,882	37,931	43,488	207,214	49,425	6,846	1464,836
22	1768,703	3,350	36,158	2,540	667,493	37,862	43,230	202,089	48,511	6,842	1483,734
23	1802,891	3,400	36,190	2,566	667,101	37,790	42,963	197,119	47,633	6,838	1501,988
24	1837,062	3,450	36,220	2,592	666,699	37,717	42,691	192,220	46,770	6,834	1520,070

Tabla 31 Tabla hidrostática, 0.25m por popa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia

## A nivel relativo a la línea base

Nº	Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m <sup>2</sup> )	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m <sup>2</sup> )
1	1046,82	2,300	35,649	1,967	649,905	38,968	42,821	335,758	77,552	6,662	1091,753
2	1080,173	2,350	35,747	1,995	651,495	38,976	42,982	326,873	75,469	6,678	1110,607
3	1113,609	2,400	35,842	2,022	653,082	38,969	43,139	318,35	73,478	6,694	1129,454
4	1147,133	2,450	35,934	2,049	654,72	38,939	43,309	310,349	71,595	6,711	1147,911
5	1180,733	2,500	36,021	2,077	656,63	38,876	43,525	303,076	69,839	6,73	1166,166
6	1214,451	2,550	36,1	2,104	658,365	38,812	43,707	295,975	68,16	6,748	1184,611
7	1248,236	2,600	36,173	2,131	659,651	38,765	43,811	288,728	66,525	6,761	1203,112
8	1282,072	2,650	36,241	2,159	660,85	38,718	43,896	281,727	64,967	6,774	1221,622
9	1315,968	2,700	36,304	2,186	662,1	38,659	43,99	275,126	63,491	6,787	1240,126
10	1349,928	2,750	36,362	2,213	663,425	38,577	44,096	268,924	62,095	6,8	1258,625
11	1383,953	2,800	36,415	2,24	665,523	38,434	44,335	263,77	60,832	6,822	1277,122
12	1418,081	2,850	36,462	2,267	667,406	38,295	44,53	258,629	59,61	6,841	1295,609
13	1452,332	2,900	36,504	2,294	668,047	38,219	44,501	252,469	58,342	6,847	1314,088
14	1486,575	2,950	36,543	2,32	668,166	38,168	44,376	246,053	57,089	6,849	1332,56
15	1520,809	3,000	36,579	2,347	668,061	38,122	44,209	239,701	55,876	6,848	1351,034
16	1555,032	3,050	36,612	2,374	667,766	38,071	44,006	233,438	54,702	6,845	1370,094
17	1589,232	3,100	36,642	2,4	667,331	38,013	43,773	227,298	53,569	6,84	1390,913
18	1623,406	3,150	36,67	2,427	666,828	37,952	43,524	221,335	52,48	6,835	1411,509
19	1657,555	3,200	36,695	2,453	666,278	37,888	43,262	215,556	51,435	6,829	1430,37
20	1691,677	3,250	36,718	2,48	665,698	37,821	42,991	209,97	50,431	6,823	1448,61
21	1725,772	3,300	36,739	2,506	665,121	37,752	42,711	204,57	49,468	6,817	1466,613
22	1759,841	3,350	36,757	2,532	664,617	37,68	42,436	199,406	48,546	6,812	1494,073
23	1793,839	3,400	36,773	2,558	664,222	37,612	42,185	194,551	47,666	6,808	1526,634
24	1827,864	3,450	36,788	2,585	663,881	37,546	41,948	189,852	44,807	6,805	1555,753

Tabla 32 Tabla hidrostática, A nivel relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia

## 0.25m por proa relativo a la línea base

Nº	Desplazamiento (t)	Calado (m)	LCB (m)	VCB (m)	WPA (m)	LCF (m²)	MCT 1cm	KML (m)	KMT (m)	TPC (t/cm)	WSA (m²)
1	1040,743	2,300	36,66	1,964	650,536	39,051	42,922	338,497	78,064	6,668	1095,387
2	1074,11	2,350	36,733	1,991	651,468	39,051	42,943	328,437	75,881	6,678	1113,085
3	1107,516	2,400	36,802	2,019	652,349	39,041	42,958	318,791	73,792	6,687	1131,344
4	1140,968	2,450	36,867	2,046	653,241	39,02	42,98	309,693	71,814	6,696	1149,781
5	1174,464	2,500	36,928	2,073	654,198	38,988	43,014	301,175	69,951	6,706	1168,271
6	1208,009	2,550	36,984	2,1	655,292	38,942	43,07	293,262	68,203	6,717	1186,767
7	1241,612	2,600	37,036	2,127	656,886	38,859	43,206	286,273	66,595	6,733	1205,262
8	1275,306	2,650	37,083	2,154	658,35	38,766	43,313	279,478	65,058	6,748	1223,757
9	1309,076	2,700	37,125	2,181	659,178	38,692	43,313	272,356	63,541	6,757	1242,246
10	1342,87	2,750	37,163	2,208	659,84	38,617	43,285	265,412	62,085	6,763	1260,725
11	1376,691	2,800	37,198	2,235	660,52	38,535	43,259	258,812	60,701	6,77	1279,198
12	1410,545	2,850	37,228	2,262	661,332	38,44	43,254	252,64	59,394	6,779	1297,67
13	1444,443	2,900	37,255	2,289	662,495	38,318	43,304	247,056	58,177	6,791	1316,943
14	1478,403	2,950	37,277	2,315	664,158	38,154	43,433	242,154	57,055	6,808	1337,817
15	1512,488	3,000	37,295	2,342	665,223	38,01	43,454	236,9	55,936	6,819	1358,231
16	1546,596	3,050	37,309	2,368	665,202	37,919	43,284	230,872	54,782	6,818	1377,037
17	1580,678	3,100	37,321	2,395	664,793	37,843	43,043	224,736	53,648	6,814	1395,266
18	1614,731	3,150	37,331	2,421	664,252	37,722	42,776	218,722	52,553	6,809	1413,269
19	1648,756	3,200	37,338	2,448	663,705	37,706	42,515	212,988	51,505	6,803	1440,266
20	1682,701	3,250	37,344	2,474	663,225	37,648	42,284	207,637	50,505	6,798	1472,116
21	1716,667	3,300	37,348	2,5	662,806	37,594	42,075	202,604	49,551	6,794	1500,278
22	1750,604	3,350	37,352	2,526	662,443	37,541	41,829	197,791	48,637	6,79	1529,083
23	1784,514	3,400	37,354	2,552	662,498	37,506	41,72	193,411	47,761	6,791	1562,082
24	1818,416	3,450	37,356	2,578	662,911	37,489	41,621	189,348	46,902	6,795	1598,081

Tabla 33 Tabla hidrostática, 0.25m por proa relativo a la línea base. Fuente: Elaboración propia









## 0.25m por proa relativo a la línea base, trimado libre

Nº	Desplazamiento(t)	5°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	Desplazamiento(t)
1	1000,000		8,014	10,852	11,368	11,343	11,198	11,012	10,53	9,773	8,646	7,437	5,908	4,197
2	1025,000		7,919	10,787	11,362	11,349	11,198	11,02	10,539	9,878	8,661	7,447	5,916	4,205
3	1050,000		7,811	10,722	11,349	11,356	11,208	11,029	10,549	9,759	8,676	7,457	5,925	4,203
4	1075,000		7,71	10,654	11,341	11,362	11,218	11,039	10,558	9,773	8,691	7,463	5,933	4,211
5	1100,000		7,607	10,586	11,333	11,368	11,224	11,048	10,568	9,787	8,705	7,478	5,941	4,218
6	1125,000		7,505	10,516	11,324	11,374	11,235	11,058	10,578	9,802	8,719	7,488	5,949	4,226
7	1150,000		7,402	10,445	11,315	11,38	11,332	11,069	10,587	9,817	8,734	7,498	5,958	4,233
8	1175,000		7,299	10,372	11,305	11,393	11,342	11,079	10,597	9,831	8,748	7,508	5,966	4,241
9	1200,000		7,196	10,298	11,295	11,398	11,352	11,09	10,607	9,845	8,762	7,518	5,975	4,248
10	1225,000		7,093	10,224	11,284	11,404	11,362	11,102	10,618	9,86	8,776	7,528	5,983	4,256
11	1250,000		6,989	10,148	11,272	11,409	11,371	11,114	10,628	9,874	8,793	7,538	5,992	4,264
12	1275,000		6,885	10,07	11,261	11,414	11,381	11,125	10,638	9,889	8,806	7,548	6,001	4,272
13	1300,000		6,781	9,992	11,248	11,419	11,397	11,138	10,649	9,903	8,82	7,558	6,009	4,28
14	1325,000		5,817	9,915	11,236	11,424	11,406	11,15	10,659	9,917	8,833	7,568	6,018	4,288
15	1350,000		5,719	9,832	11,223	11,429	11,414	11,163	10,67	9,931	8,847	7,578	6,027	4,296
16	1375,000		5,622	9,75	11,209	11,433	11,423	11,296	10,68	9,945	8,831	7,587	6,035	4,304
17	1400,000		5,528	9,668	11,195	11,437	11,43	11,309	10,691	9,959	8,844	7,597	6,044	4,312
18	1425,000		5,435	9,586	11,18	11,441	11,438	11,321	10,702	9,972	8,858	7,607	6,053	4,32
19	1450,000		5,344	9,501	11,165	11,445	11,445	11,337	10,713	9,986	8,871	7,617	6,062	4,328
20	1475,000		5,256	9,419	11,15	11,449	11,451	11,349	10,724	10	8,884	7,63	6,071	4,337
21	1500,000		5,169	9,337	11,135	11,453	11,458	11,361	10,735	10,013	8,898	7,64	6,08	4,345
22	1525,000		5,083	9,255	11,119	11,456	11,464	11,372	10,747	10,026	8,911	7,65	6,089	4,354
23	1550,000		5	9,173	11,102	11,46	11,469	11,383	10,758	10,04	8,925	7,66	6,098	4,363
24	1575,000		4,918	9,091	11,085	11,463	11,475	11,394	10,771	10,053	8,938	7,67	6,108	4,371
25	1600,000		4,838	9,011	11,068	11,466	11,48	11,404	10,783	10,066	8,952	7,679	6,117	4,38
26	1625,000		4,759	8,934	11,051	11,469	11,484	11,414	10,794	10,079	8,965	7,689	6,128	4,389
27	1650,000		4,682	8,858	11,034	11,472	11,489	11,423	10,806	10,091	8,978	7,698	6,137	4,398
28	1675,000		4,607	8,783	11,017	11,475	11,493	11,432	10,818	10,104	8,991	7,708	6,147	4,407
29	1700,000		4,533	8,709	11,001	11,478	11,498	11,44	10,829	10,117	9,005	7,708	6,156	4,416
30	1725,000		4,461	8,636	11,261	11,48	11,5	11,448	10,841	10,129	9,018	7,717	6,166	4,425
31	1750,000		4,391	8,564	11,244	11,483	11,503	11,455	10,852	10,141	9,031	7,727	6,175	4,434
32	1775,000		4,322	8,493	11,227	11,486	11,506	11,462	10,863	10,153	9,044	7,737	6,185	4,443
33	1800,000		4,255	8,423	11,21	11,489	11,509	11,468	10,874	10,165	9,057	7,746	6,193	4,452
34	1825,000		4,189	8,353	11,194	11,492	11,512	11,474	10,885	10,176	9,069	7,756	6,202	4,461
35	1850,000		4,125	8,283	11,177	11,495	11,515	11,479	10,896	10,188	9,082	7,766	6,211	4,47
36	1875,000		4,062	8,213	11,16	11,498	11,518	11,484	10,907	10,199	9,095	7,776	6,221	4,479

Tabla 38 Tabla Kn, 0.25m por proa relativo a la línea base, trimado libre. Fuente: Elaboración propia



## CONCLUSIONES

---

En conclusión este proyecto ha sido todo un reto para mí, por diversas dificultades que me he encontrado. En primera instancia la complejidad que tiene plantearse un programa que pueda funcionar correctamente.

A parte de toda la normativa que hay que revisar para que cumpla con todo lo prescrito en las diferentes normativas ya sea NGV o SOLAS entre otras. Sin olvidar que cumpla con los criterios de estabilidad citados en el NGV.

Además si observamos los objetivos que me he marcado a la hora de realizar el trabajo, creo que han cumplido con las expectativas, ya que a la hora de analizar el programa hemos comprobado cómo funciona correctamente.

Por otro lado este programa se podría mejorar o actualizar en futuro haciéndole una implementación de lo que pasaría en una vía de agua en sus diferentes espacios vacíos. Es decir, tendría que cumplir con los criterios expuestos en el NGV de estabilidad en averías.

También cabría destacar que a través de este programa cambiando las características principales e implementando las tablas hidrostáticas y las tablas  $K_n$ , se podría hacer una modificación para adaptarlo a otros catamaranes de menos de 100m de eslora. Como podría ser el Volcán de Teno.

Por ultimo espero que los oficiales del Volcán de Tirajana, puedan aprovechar dicho programa para realizar los cálculos de estabilidad de una manera más rápida y efectiva.



## BIBLIOGRAFIA

---

- Manual de formación del Volcán de Tirajana. Obtenido Buque Volcán de Tirajana.
- Manual de estabilidad del Volcán de Tirajana. Obtenido Buque Volcán de Tirajana.
- Organización Marítima Internacional (IMO). (1974). Convenio Internacional para La seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS). Obtenido Buque Volcán de Tirajana.
- Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad (Código NGV 1994) – BOE. Obtenido de [http://www.cameintram.org/documentos/convenciones/CODIGO\\_INTERNACIONAL\\_DE\\_SEGURIDAD\\_PARA\\_LAS\\_NAVES\\_DE\\_GRAN\\_VELOCIDAD.pdf](http://www.cameintram.org/documentos/convenciones/CODIGO_INTERNACIONAL_DE_SEGURIDAD_PARA_LAS_NAVES_DE_GRAN_VELOCIDAD.pdf)
- Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad (Código NGV 2000) – BOE 17.12.2002. Obtenido Buque Volcán de Tirajana.
- Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966 y protocolo de 1988, enmendado en 2003. Obtenido Buque Volcán de Tirajana.
- Teoría del buque: Flotabilidad y estabilidad (2013). Joan Olivella Puig. Obtenido Biblioteca Facultad de Náutica
- Buque tipo Hidroala. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Hidroala>
- Buque tipo Aerodeslizadores. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Aerodeslizador>
- Buque tipo Catamaranes. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Catamar%C3%A1n>

