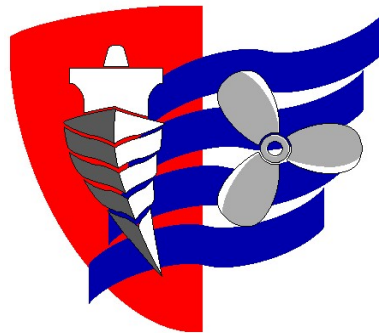


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

**Methodology for the Automation of Draft Survey
calculations**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Autor: Sergio Sastre Castro
Director: Francisco José Correa Ruiz
Septiembre de 2022

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

Trabajo Fin de Máster

**Metodología para la automatización de
cálculos del peso por calados**

**Methodology for the Automation of Draft Survey
calculations**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Septiembre de 2022

AVISO DE RESPONSABILIDAD:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la implicación de muchas personas, por ello me gustaría mostrarles mi gratitud en las siguientes líneas.

En primer lugar, quiero agradecer al director del trabajo D. José Francisco Correa Ruiz el tiempo dedicado a este proyecto y sus interesantes aportaciones.

También quiero mostrar agradecimiento a la Escuela Técnica Superior de Náutica por haberme brindado la oportunidad de realizar este proyecto y por proporcionarme los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

Finalmente, agradecer especialmente a mi mujer, mi hijo, familia y amistades su colaboración, ánimos, apoyo y la enorme paciencia mostrada durante todo este tiempo.

Gracias

Índice

Índice	I
Resumen y Palabras clave	II
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	2
II.1.- Planteamiento del problema	2
II.1.1.- Planteamiento del problema	2
II.1.2.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos)	3
II.2.- Herramientas de resolución.....	4
II.2.1.- Descripción del sistema objeto de estudio.....	4
II.2.2.- Descripción del Contexto científico o técnico.....	18
II.3.- Metodología.....	29
II.3.1.- Recopilación de datos.....	29
II.3.2.- II.3.2. Establecer el formato del libro.....	29
II.3.3.- Cálculos	31
II.3.4.- Proteger el libro.....	32
III.- APLICACIÓN PRÁCTICA	33
III.1.- Recopilación de datos, formato y cálculo del libro Excel	34
III.2.- Protección del libro Excel.	42
IV.- Caso práctico	45
V.- CONCLUSIONES	57
VI.- Referencias.....	58
ANEXOS.....	59

Resumen y Palabras clave

Resumen

El presente trabajo fin de máster establece una metodología para el desarrollo de un libro de cálculo Excel que permita realizar cálculos del peso por calados de manera automática y segura.

El resultado de la metodología es conseguir precisión en el cálculo con el objetivo de evitar discrepancias de resultados sobre la cantidad de carga embarcada que podrían originar disputas comerciales por el peso aceptado para el pago de la carga y del flete entre los vendedores, compradores, empresas navieras e inspectores de calado.

Para el desarrollo de la aplicación práctica, se emplearán los datos de un buque multipropósito de carga seca llamado "SUA".

Palabras clave

Peso por calados, Inspector de calados, Automatización hoja de cálculo, Excel

Abstract

This master's thesis establishes a methodology for the development of an Excel workbook that allows Draft Survey calculations to be carried out automatically and safely.

The result of the methodology is to achieve calculation accuracy in order to avoid discrepancies in the results of the quantity of cargo loaded that could lead to commercial disputes over the weight accepted for payment of cargo and freight between sellers, buyers, shipping companies and draught surveyors.

For the development of the practical application, data from a multipurpose dry cargo vessel called "SUA" will be used.

Keywords

Draft Survey, Surveyor, Excel

I.- INTRODUCCIÓN

El peso por calados es un método empleado para calcular la cantidad de carga transportada por los buques a través del calado medio.

Este es el método de cálculo más utilizado mundialmente y se trata meramente de obtener la diferencia de desplazamiento del buque entre la condición de carga y lastre basándose en el Principio de Arquímedes que dice que: “Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado”. (Wikipedia, La enciclopedia libre., 2021)

La precisión en el cálculo evitará discrepancias de resultados sobre la cantidad de carga transportada que podrían originar disputas comerciales por el peso aceptado para el pago de la carga y del flete entre los vendedores, compradores, empresas navieras e inspectores de calado.

En el presente trabajo se pretende elaborar una metodología que permita automatizar los cálculos de peso por calados empleando hojas Excel, de tal manera que el oficial encargado de realizar esta tarea consiga optimizar el tiempo y fiabilidad en los resultados.

Para el desarrollo de la aplicación práctica, se emplearán los datos de un buque multipropósito de carga seca llamado “SUA”.

Por otra parte, se elaborará un flujograma para el procedimiento de peso por calados con el objetivo introducir buenas prácticas y estandarizar esta tarea.

Con todo, se pretende reducir las reclamaciones por falta de carga debidas a un peso por calados deficiente.

II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.

II.1.- Planteamiento del problema

II.1.1.- Planteamiento del problema

Tras realizar el peso por calados en el puerto de carga se determina la cantidad embarcada y esta aparecerá reflejada en el conocimiento de embarque. Cuando tras realizar el peso por calados en la descarga, la cantidad de carga calculada es inferior a la reflejada en el conocimiento de embarque, generalmente derivará en una reclamación. Según (Endo & Okada, 2016), se permite una diferencia de cantidades no superior al 0,5%.

Por otra parte, debemos aprovechar las capacidades que nos brinda la ofimática para agilizar los cálculos y las tareas de manera que nos permita ser más eficientes.

En este sentido, el objetivo del trabajo es elaborar una metodología que permita crear un programa basado en Excel capaz de realizar cálculos de peso por calados.

También elaboraremos un procedimiento de buenas prácticas en la realización del peso por calados cuya finalidad será estandarizar el proceso y consecuentemente minimizar los errores.

Así mismo se realizará una aplicación práctica de dicha metodología empleando los datos del buque multipropósito de carga seca "SUA".

II.1.2.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos)

II.1.2.1.- Hipótesis de partida

- La metodología empleada en este trabajo para la elaboración de las hojas de cálculo es de aplicación a cualquier tipo de buque.
- El libro de cálculo Excel elaborado en este trabajo es exclusivo del buque objeto de estudio ya que se elabora atendiendo a las características de este.
- Debemos tener acceso al libro de estabilidad y los planos del buque.
- Serán necesarios suficientes conocimientos en ofimática para la elaboración de la herramienta en Excel y conocimientos básicos para su posterior manejo.

II.1.2.2.- Hipótesis de resultado

- Elaborar una metodología para la elaboración de libros de cálculo Excel capaces de resolver un cálculo del peso por calados.
- Que cualquier usuario con conocimientos básicos en ofimática sea capaz de manejar el libro de cálculo de peso por calados creado.
- Resaltar las celdas editables, validar datos y proteger debidamente el libro para que no sea posible modificarlo por error. El objetivo es asegurarnos de que el resultado sea siempre el esperado.
- Obtener la máxima fiabilidad y reducir el tiempo empleado por el Oficial de carga en la determinación de la carga embarcada.

II.2.- Herramientas de resolución

II.2.1.- Descripción del sistema objeto de estudio.

II.2.1.1.- Operativa para el peso por calados

- Estar listos para la inspección de calados

Durante la inspección no puede haber movimientos de pesos como: lastres, tapas de bodega, mamparos, agua dulce, etc.

- Examinar la documentación del buque

Es importante tener lista la documentación necesaria antes de realizar la inspección de calados. El inspector consultará con la ayuda del oficial las características del buque, libro de estabilidad, tablas de calibración de los tanques, unidades de medida y puntos de referencia verticales y longitudinales, cantidad de combustible a bordo y estimación de consumo diario.

- Leer calados y densidad

Los calados deben leerse en ambas bandas de la proa, popa, y costados. La densidad debería obtenerse simultáneamente con la lectura de calados, sobre todo si estamos en puertos situados en la desembocadura de ríos con mareas pronunciadas en donde la densidad puede variar sustancialmente en poco tiempo.

- Determinar la cantidad de deducibles

Para determinar la cantidad de peso a deducir se deben sondar y comprobar la densidad de todos los compartimentos susceptibles de contener aguas, combustible, aceite o lodos.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

- Calcular el volumen sumergido y el desplazamiento

Este tema se estudiará con más detalle en el siguiente apartado. Aunque a modo resumen adelantaremos los pasos a seguir:

- ✓ Trasladar el calado observado en las bandas a calado en crujía.
- ✓ Corregir el calado en crujía a su correcta posición de las perpendiculares.
- ✓ Corregir el calado por deformaciones del casco (arrufo o quebranto).
- ✓ Correcciones por el efecto del asiento.
- ✓ Entrar en las tablas hidrostáticas con este calado medio corregido para obtener el desplazamiento por corregir.
- ✓ Corregir el desplazamiento por:
 - ✓ Primera corrección de trimado.
 - ✓ Segunda corrección de trimado.
 - ✓ Escora si es necesario.
 - ✓ Densidad.

- Obtención de la constante.

Se trata de la diferencia entre el desplazamiento neto y el buque en rosca en condición de lastre. Es un peso que arrastraremos durante todo el cálculo.

- Determinar la cantidad de carga.

La diferencia entre los cálculos de peso por calados inicial y final determinará la cantidad de carga.

II.2.1.2.- Cálculos de peso por calados

II.2.1.2.1 Determinación del desplazamiento por lectura de calados.

Las marcas de calado se sitúan a proa y popa, lo más cerca posible de los extremos de la eslora del buque y además también sobre el centro de eslora (cuaderna maestra).

De un buque perfectamente adrizado, en aguas iguales, sin deformaciones y en agua de mar de densidad 1,025, obtendríamos el desplazamiento directamente de las curvas hidrostáticas. Pero como esta situación ideal no acostumbra a suceder, vamos a ver que correcciones debemos aplicar a la lectura de calados para obtener el calado óptimo para entrar en las curvas hidrostáticas.

➤ Traslado de los calados en las bandas a crujía.

En primer lugar, se debe corregir los calados observados en proa, popa y en medio del efecto de la escora calculando la media de las lecturas en ambas bandas para obtener el calado en la línea de crujía.

$$C_{pr} = \frac{C_{prEr} + C_{prBr}}{2}$$

$$C_{pp} = \frac{C_{ppEr} + C_{ppBr}}{2}$$

$$C_m = \frac{C_{mEr} + C_{mBr}}{2}$$

Donde:

- ✓ C_{pr} = Calado en la marca de proa.
- ✓ C_{prEr} / Br = Calado en la marca de popa estribor / babor.
- ✓ C_{pp} = Calado en marca de popa.
- ✓ C_{ppEr} / Br = Calado en marca de popa estribor / babor.
- ✓ C_m = Calado en la marca del medio.
- ✓ C_{mEr} / Br = Calado en la marca del medio estribor / babor.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

- Corrección de los calados en crujía a su correcta posición en perpendiculares.

Cuando las marcas de los calados no se encuentran situadas en las perpendiculares y cuaderna maestra, habrá que aplicar una corrección a los calados observados para obtener los calados en perpendiculares y cuaderna maestra.

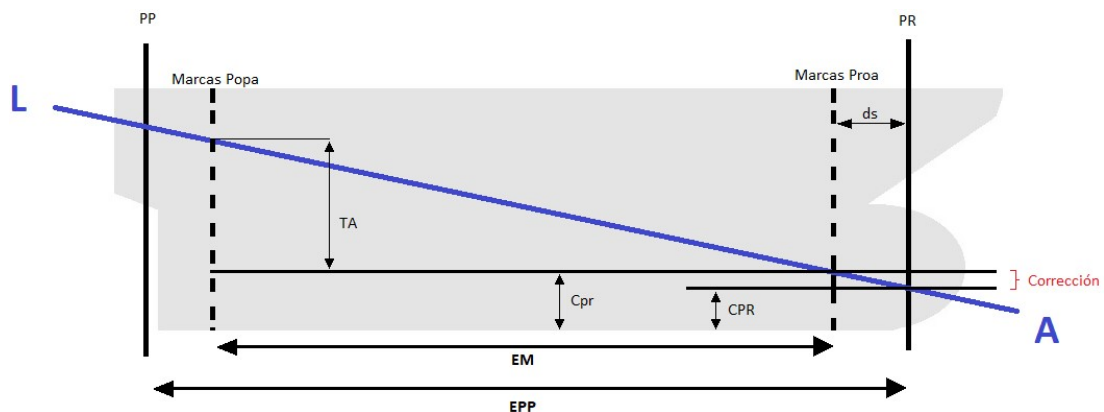


Ilustración 1. Corrección a perpendiculares. Fuente, elaboración propia.

$$\text{Corrección} = \frac{TA \times dsPr}{EM}$$

$$\text{Corrección} = \frac{TA \times dsM}{EM}$$

$$\text{Corrección} = \frac{TA \times dsPP}{EM}$$

Donde:

- ✓ dsPr = Distancia entre marca de proa y perpendicular de proa.
- ✓ dsM = Distancia entre marca del medio y cuaderna maestra.
- ✓ dsPP = Distancia entre marca de popa y perpendicular de popa.
- ✓ EM = Eslora entre marcas.
- ✓ EPP = Eslora entre perpendiculares.
- ✓ PP = Perpendicular de popa.
- ✓ PR = Perpendicular de proa.
- ✓ TA = Asiento aparente.

Convenio de signos:

Si las marcas de calado se encuentran en la dirección del asiento respecto de las perpendiculares o cuaderna maestra, entonces la corrección es negativa. Un buque en aguas iguales no requiere de corrección.

- Corregir el calado por deformación del casco (arrufo o quebranto).

Las correcciones de los calados a crujía y perpendiculares asumen que la quilla del buque es recta. Pero el buque puede estar sometido a unos esfuerzos que le produzcan unas deformaciones en el casco conocidas como arrufo o quebranto. En este caso será necesario aplicar una tercera corrección ya que un escenario de quebranto implicaría una pérdida de carga a bordo y uno de arrufo un aumento de esta.

Para determinar si existen deformaciones en el casco, debemos calcular la media aritmética de los calados corregidos de proa y de popa y compararla con el calado en el medio corregido.

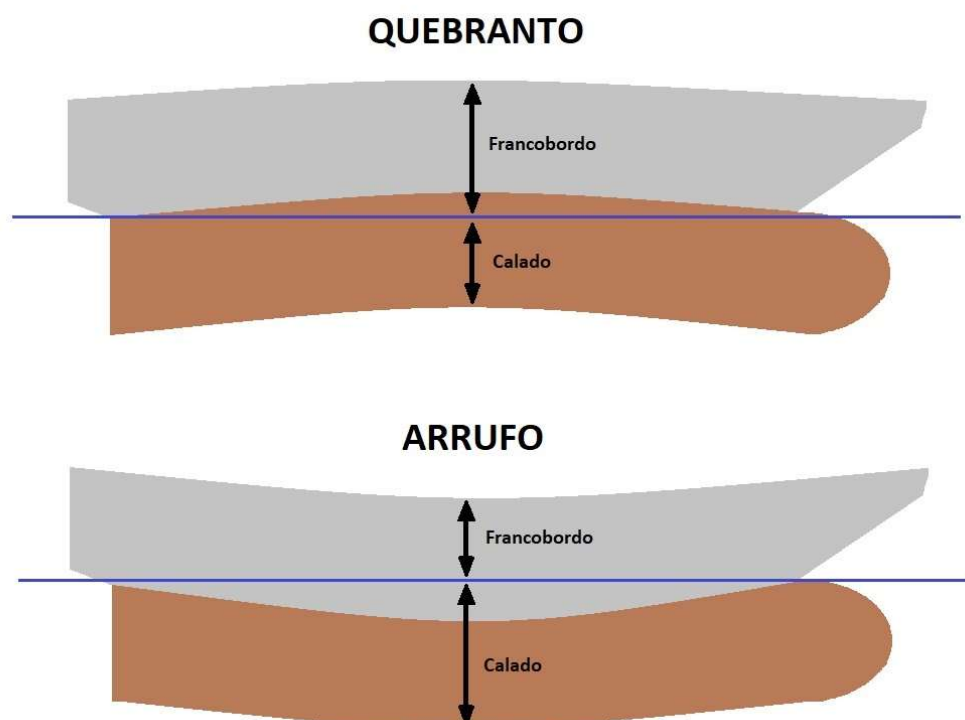


Ilustración 2. Esfuerzos del buque. Fuente, elaboración propia.

- ✓ Si la media aritmética es mayor que el calado del medio entonces estaremos ante una deformación por quebranto.

$$MA > Cmc$$

- ✓ Si la media aritmética es menor que el calado del medio entonces estaremos ante una deformación por arrufo.

$$MA < Cmc$$

- ✓ Si la media aritmética coincide con el calado del medio no habrá que aplicar corrección alguna ya que no estaríamos ante una situación de deformación por arrufo o quebranto.

$$MA = Cmc$$

Para calcular la corrección por arrufo o quebranto, a falta de tablas de corrección en los libros de estabilidad del buque, nos basaremos en la “Regla de Simpson” para la cual asumiremos que la deformación del buque sigue una parábola matemática regular. Esta corrección depende del coeficiente de bloque y por ello tenemos dos opciones:

Para buques con formas afinadas utilizaremos la “Regla de Simpson 3/8” cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Medio de medios} = \frac{(6 \times Cmc) + Cprc + Cppc}{8}$$

Para buques con formas paralelepípedicas se utilizará una variante de la “Regla de Simpson” cuya fórmula es:

$$\text{Medio de medios} = \frac{(4 \times Cmc) + Cprc + Cppc}{6}$$

Donde:

- ✓ Cmc = Calado medio corregido.
- ✓ Cprc = Calado en proa corregido.
- ✓ Cppc = Calado en popa corregido.

Este calado corregido es conocido como el calado medio de medios y será el calado con el que accedamos a los datos de curvas hidrostáticas.

- Corrección por el efecto del asiento.

Esta corrección es debida a que las formas de la carena del buque son distintas cuando este presenta asiento a cuando está en aguas iguales. La corrección por asiento suele estar incluida en el libro de estabilidad y acostumbra a coincidir con la primera y segunda corrección que veremos a continuación.

La posición del centro de flotación longitudinal es crucial en cuanto al cálculo del peso por calados se refiere. El verdadero calado medio para entrar en hidrostáticas es el calado en el centro de flotación ya que este es el centro geométrico del plano de flotación.

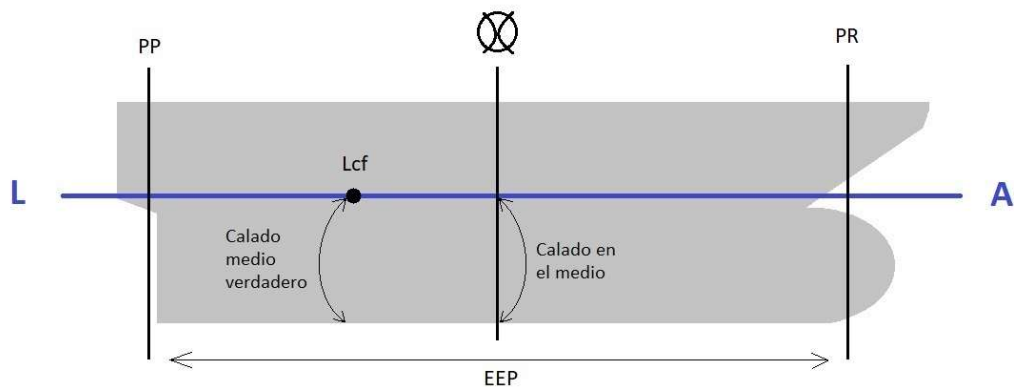


Ilustración 3. Calado medio verdadero. Fuente, elaboración propia.

Para entender mejor este concepto, vemos que, en la imagen anterior, para un buque en aguas iguales, el calado en el medio coincide con el calado en el centro de flotación. Por otro lado, en la imagen siguiente, observamos que, si desplazamos un peso a popa del centro de flotación, el buque cogerá asiento apopante y el centro de flotación se desplazará longitudinalmente hacia la popa. El desplazamiento del buque no habrá cambiado, ni tampoco el calado en el centro de flotación. Pero sí habrá cambiado el asiento y el calado en el medio.

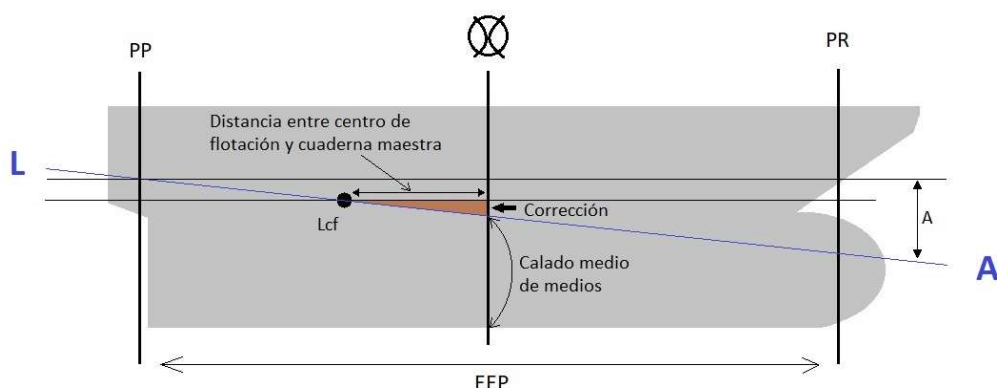


Ilustración 4. Corrección por asiento. Fuente, elaboración propia.

Como se puede observar en la imagen, para este caso la alteración en los calados de proa es mayor que en los de popa debido a que el centro de flotación está situado a popa del calado medio. Esto implica una disminución del calado medio para una misma condición de desplazamiento.

1. Primera corrección:

Para solventar este desajuste debemos aplicar una corrección que obtendremos aplicando las mismas reglas trigonométricas que usamos en la corrección del calado a perpendiculares.

$$\text{Corrección en centímetros} = \frac{A \times DLcfCM \times 100}{EEP}$$

La anterior corrección habría que aplicarla al calado medio para entrar en hidrostáticas, pero el método más usado en los cálculos del peso por calados es calcular la corrección en toneladas por lo que por lo que al resultado anterior hay que multiplicarle las toneladas por centímetro de inmersión.

Con lo que quedaría la siguiente fórmula de primera corrección al asiento:

$$\text{Primera corrección al asiento} = \frac{A \times DLcfCM \times 100 \times Tc}{EEP}$$

Donde:

- ✓ A = Asiento.
- ✓ DLcfCM = Distancia entre el centro de flotación y la cuaderna maestra.
- ✓ EEP = Eslora entre perpendiculares.

Convenio de signos:

Si el centro de flotación longitudinal se encuentra en la misma dirección que el asiento, entonces la corrección será positiva. Si, por el contrario, se encuentran en direcciones opuestas, la corrección será negativa.

Habrà que prestar especial atención a la posición longitudinal del centro de flotación ya que esta puede presentarse de varias maneras distintas en las tablas hidrostáticas de los distintos buques.

- ✓ Cuaderna maestra como punto de referencia, adopta signo positivo o negativo indicando la dirección a la que está el Lcf. Este método puede ser muy confuso dependiendo del convenio de signos adoptado. Por ejemplo, en los astilleros rusos o coreanos, negativo significa a popa de la cuaderna maestra. Mientras que, en los astilleros europeos, se usa el símbolo positivo.
- ✓ Cuaderna maestra como punto de referencia, pero indicado con las letras “a” o “f” (popa y proa respectivamente) indicando la dirección a la que está el Lcf.
- ✓ Perpendicular de popa como referencia.

2. Segunda corrección:

Los datos para posición longitudinal del centro de flotación están tabulados para la condición en aguas iguales pero debido al asiento, el plano de flotación del buque ve alteradas sus formas.

Este cambio, para un buque aporado, hará cambiar las formas del plano de flotación aumentando el tamaño en la popa y disminuyéndolo en la proa y por tanto provocando un desplazamiento longitudinal del centro de flotación para que este mantenga su posición geométrica en el centro.

Esta nueva posición no está tabulada en las tablas hidrostáticas por lo que hará falta aplicar una segunda corrección al asiento.

$$\text{Segunda corrección al asiento (metros)} = \frac{A \times (dm \sim dz)}{2 \times TC \times EEP}$$

$$\text{Segunda corrección al asiento (toneladas)} = \frac{50 \times A^2 \times (dm \sim dz)}{EEP}$$

Donde:

- ✓ $(dm \sim dz)$ = Es el ratio de cambio de toneladas para modificar el asiento del buque en un centímetro (MTC) pero por unidad de calado (1m). Se calcula obteniendo la diferencia en MTC para 50cm de calado superior e inferior al calado medio.

➤ Corrección por escora

Cuando el buque escora el calado corregido a la línea de crujía es siempre menor que el verdadero calado del buque adrizado. Este efecto es ignorado para pequeñas escoras, sin embargo, debe tenerse en cuenta para grandes escoras. La corrección que debe aplicarse en toneladas es siempre positiva.

$$\text{Corrección para la escora (T)} = 6 \times (TC_2 - TC_1) \times (Cm_2 - Cm_1)$$

Donde:

- ✓ Cm_2 y Cm_1 = Calado medio en cada banda.
- ✓ TC_1 = Toneladas por centímetro para Cm_1
- ✓ TC_2 = Toneladas por centímetro para Cm_2

➤ Corrección por densidad

Una vez obtenido el desplazamiento del buque a través del calado medio de medios, este deberá corregirse para la densidad del agua en la que se encuentra flotando el buque.

$$\text{Desplazamiento verdadero} = \frac{\text{despl tabulado} \times \text{densidad del agua}}{\text{densidad tabulada}}$$

II.2.1.2.2 Determinación de pesos deducibles.

Los pesos deducibles son parte del peso total del barco que han de ser deducidos del desplazamiento calculado para poder determinar la cantidad de carga a bordo. El peso total de un buque viene determinado por los siguientes pesos:

- ✓ Buque en rosca.
- ✓ Carga
- ✓ Lastre y agua dulce.
- ✓ Combustible, aceites y lodos.
- ✓ Agua de piscinas y otros pesos fácilmente deducibles.
- ✓ Provisiones.
- ✓ Tripulación y sus efectos.

En primer lugar, para determinar los pesos deducibles se debe tomar la sonda de los tanques y conocer su densidad. Con esta sonda obtenida se determinará el volumen que contiene cada tanque a través de las tablas de sonda de los tanques.

Pero se puede dar el caso de buques que no dispongan de las tablas de sonda de los tanques corregidas por asiento. Por lo que habrá que aplicar la siguiente corrección al asiento con el objetivo de minimizar el error en el cálculo del volumen.

- Si la superficie del líquido ocupa la totalidad del tanque:

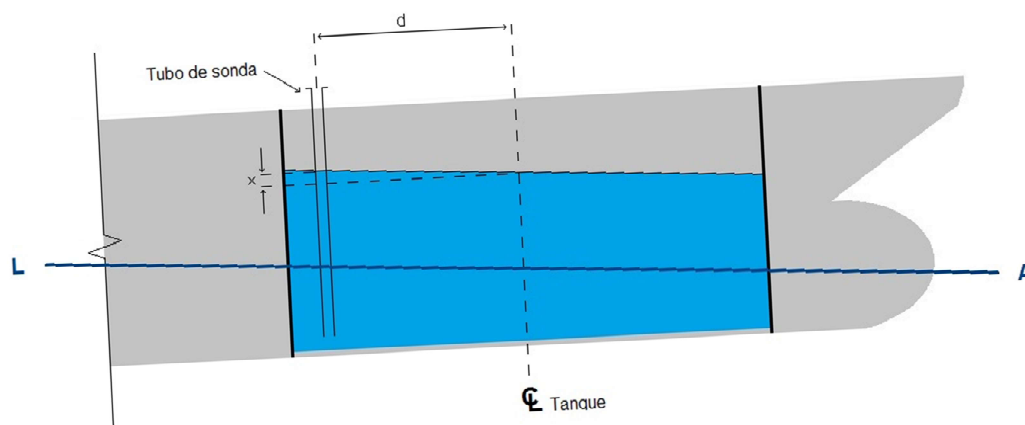


Ilustración 5. Sonda tanque. Fuente, elaboración propia.

$$\text{Corrección a la sonda} = \frac{d \times A}{EEP}$$

Donde:

- ✓ d = Distancia desde el tubo de sonda al centro longitudinal del tanque.

Convenio de signos:

Asiento	Sonda a proa del CL Tanque	Sonda a popa del CL Tanque
Apopante	Negativa (-)	Positiva (+)
Aproante	Positiva (+)	Negativa (-)

- Si queda poco remanente y la cuña de líquido no ocupa la totalidad del tanque, se utilizará la siguiente fórmula para la obtención del volumen que asumirá que el buque está adrizado y que el tanque es rectangular:

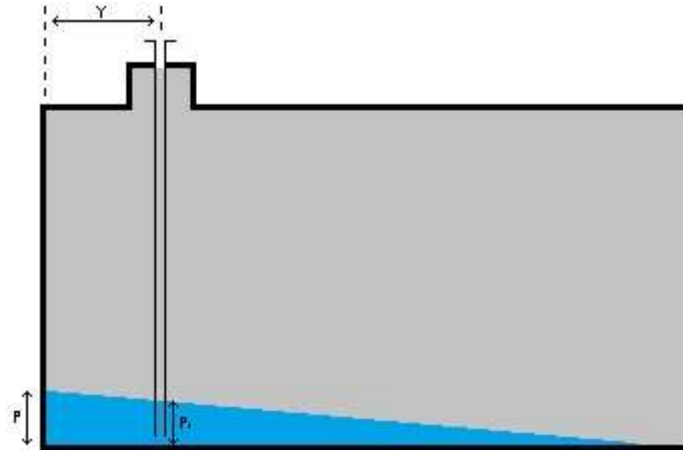


Ilustración 6. Sonda tanque cuña. Fuente, elaboración propia.

$$\text{Sonda corregida} = \frac{\text{sonda observada } (P_1) + \text{distancia } (y) \times A}{EEP}$$

$$\text{Volumen remanente} = \frac{EEP \times Mt \times (\text{sonda corregida})^2}{2 \times A}$$

Donde:

- ✓ Mt = Manga del tanque

II.2.1.2.3 Cálculo del peso final.

El desplazamiento en rosca es el peso del buque completamente descargado, es decir, el peso del barco con los pertrechos e instalaciones completas de máquinas, motores auxiliares, calderas, y fluidos en circulación, como agua en las calderas, aceite de lubricación, etc., pero sin combustibles, aceites, agua de consumo, víveres ni tripulación.

Con el buque vacío, una vez determinado el desplazamiento (apartado “a”) y haberle descontado los pesos deducibles (apartado “b”), obtendremos el peso neto del buque por el método del peso por calados.

La diferencia entre el buque en rosca y el peso neto determinado en esta primera inspección de calados será lo que llamaremos “constante”. Esta constante es debida a la suma de todos los pesos desconocidos de a bordo como por ejemplo los víveres, tripulación y sus efectos, pacotilla, provisión, maquinaria, reparaciones o modificaciones en la estructura del buque.

Esta constante será positiva si el peso determinado en el primer cálculo de peso por calados es superior al peso del buque en rosca y negativa en caso contrario. La constante varía con el tiempo, aunque se considerará fija durante la duración de la inspección del peso por calados inicial y final.

Para el buque vacío, el peso neto será el peso del buque y la constante. Y en el caso del buque cargado, el peso neto será el peso del buque, la constante y la carga. Es evidente pues, que el peso de la carga es la diferencia entre estos dos pesos.

II.2.2.- Descripción del Contexto científico o técnico

El presente trabajo está fundamentado en la experiencia y los conocimientos adquiridos en el ámbito profesional y los aprendidos en el “Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima” de la “Escuela Técnica Superior de Náutica” de la Universidad de Cantabria, concretamente de las asignaturas “Sistemas Integrados de Gestión Aplicados a la Manipulación y Estiba de la Carga, al Control del Funcionamiento del Buque y al Cuidado de las Personas a Bordo”, “Formación investigadora” y “Sistemas Integrados de Gestión”.

II.2.2.1.- II.2.2.1. “Sistemas Integrados de Gestión Aplicados a la Manipulación y Estiba de la Carga, al Control del Funcionamiento del Buque y al Cuidado de las Personas a Bordo”

De la asignatura “Sistemas Integrados de Gestión Aplicados a la Manipulación y Estiba de la Carga, al Control del Funcionamiento del Buque y al Cuidado de las Personas a Bordo” se adquieren los conocimientos necesarios para el estudio y realización del cálculo de peso por calados que es el objeto de estudio del presente trabajo.

II.2.2.2.- II.2.2.2. “Formación Investigadora”

Todos los conocimientos necesarios sobre el funcionamiento de la herramienta Excel se han adquirido durante el curso de la asignatura “Formación Investigadora”. A continuación, se nombran algunas de las funciones que han servido de mayor utilidad durante la elaboración del presente trabajo.

➤ Sintaxis de las fórmulas

“Las fórmulas deben comenzar por un signo “=”. Una fórmula está compuesta por:

- ✓ Argumentos: que son números o nombres de celdas. Por ejemplo: 3, A7, B13...
- ✓ Operadores +, -, *, ^, /, >, <...

- ✓ Determinadas palabras clave que identifican a las funciones. Las funciones reciben argumentos y, a partir de los mismos, producen un resultado.

Los argumentos de una función se sitúan entre paréntesis a continuación del nombre de esta. Los diferentes argumentos de una función se separan por “;”, aunque el símbolo de separación puede depender de la configuración del teclado y de la configuración regional de Windows.” (Sánchez Díaz de la Campa, Apuntes de Formación Investigadora, Tema I, 2021)

- Los nombres de las celdas

Como sabemos, el nombre por defecto de cualquier celda se compone con su columna y su fila. A este nombre pueden añadirse otros seleccionando la celda y haciendo “click” derecho con el ratón sobre el cuadro de nombres (a la izquierda de la barra de edición), editando el contenido y pulsando la tecla “enter”.

El nuevo nombre de la celda puede ser argumento en cualquier fórmula situada en este archivo.

Para comprobar o eliminar los nombres asignados debe accederse al Administrador de nombres a través de la barra de herramientas. Pestaña “Fórmulas” comando “Administrador de nombres”.

UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA



➤ Validación de datos

“Algunas veces, resulta útil que el contenido de una celda se limite a unas pocas opciones. Seleccionemos las celdas cuyo contenido se desea limitar. En la pestaña “DATOS” aparece el grupo de comandos “Validación de datos”. Se abre el cuadro de diálogo correspondiente y se sustituye la opción “Permitir cualquier valor” por la opción “LISTA”.

La LISTA de datos validos la compondrán los elementos incluidos en el cuadro “Origen”. Con ello, cuando se seleccionen estas celdas aparecerá una lista de opciones, impidiéndose la introducción de valores no deseados.” (Sánchez Díaz de la Campa, Apuntes de Formación Investigadora, Tema I, 2021)

➤ Función “SI” y función “SI” anidada.

“La función SI es una de las funciones más populares de Excel y le permite realizar comparaciones lógicas entre un valor y un resultado que espera.

Por esto, una instrucción SI puede tener dos resultados. El primer resultado es si la comparación es Verdadera y el segundo si la comparación es Falsa.

Por ejemplo, =SI(C2=“Sí”;1;2) dice: SI(C2 = Sí; entonces devolver un 1; en caso contrario devolver un 2)” (Microsoft / Soporte, 2021)

La función SI anidada nos permitirá resolver cualquier situación en las que necesitemos evaluar más de una prueba lógica y ejecutar más de dos acciones.

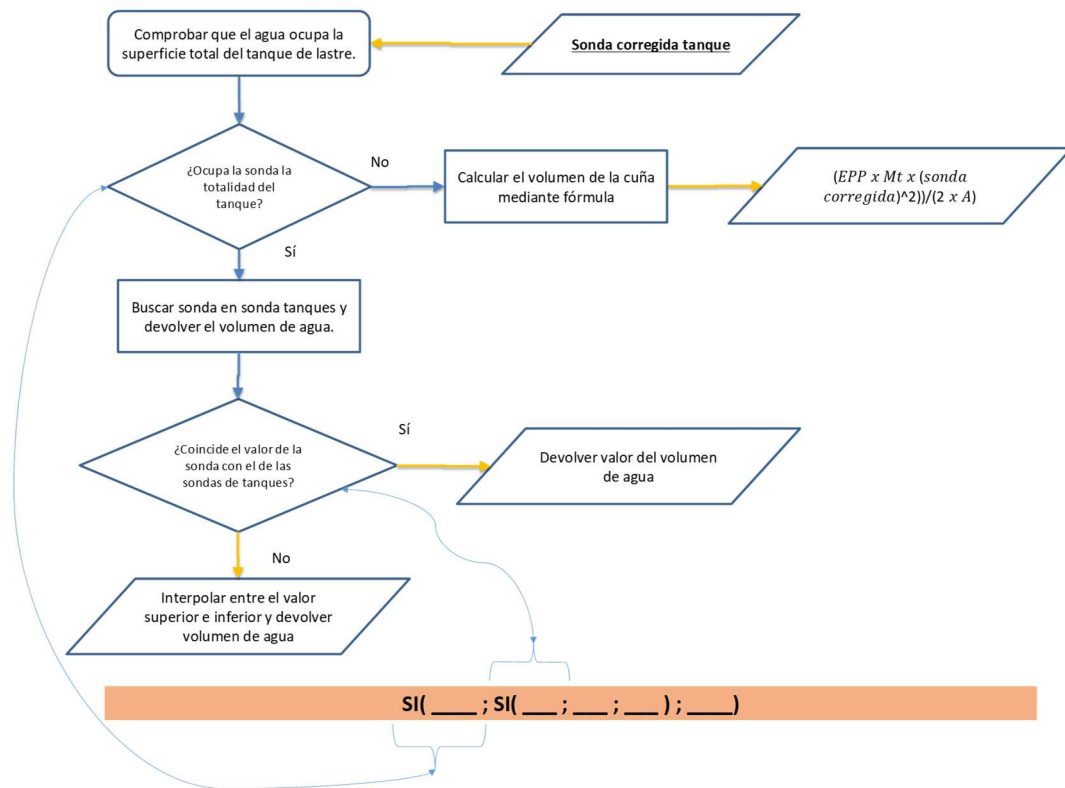


Ilustración 8. Flujograma con diamantes de decisión concatenados para ejemplificar la función SI anidada. Fuente, elaboración propia.

➤ Tablas

Las tablas muestran, de forma ordenada, la información disponible sobre una clase de elementos presente en el sistema objeto de estudio.

Son un conjunto de filas y columnas que contienen datos relacionados y que son manejados de manera independiente por Excel.

En una tabla, el programa Excel, identifica un rango de celdas y de esa manera sabe que la información contenida en ellas está relacionada. La primera fila de una tabla siempre contendrá los encabezados de columna y el resto de las filas contendrán los datos.

- Búsquedas sin coincidencia exacta. Función BUSCARX.

“Muchos problemas exigen entrar e interpolar en tablas, el control de este tipo de búsquedas exige recurrir a la función BUSCARX.

La función BUSCARX es una versión mejorada de la función BUSCAR. BUSCARX solamente aparece en las versiones más modernas de la Excel u Office.

BUSCARX tiene seis argumentos.

`=BUSCARX(valor_buscado;matriz_buscada;matriz_devuelta;[si_no_se_encuentra];[modo_de_coincidencia];[modo_de_búsqueda])`

Los tres primeros se comportan de forma similar que los argumentos de la función BUSCAR. Los tres últimos son opcionales.

Esta fórmula contiene los tres argumentos obligatorios de la función BUSCARX. La función busca en el campo “matriz_buscada” y devuelve un valor del campo “matriz_devuelta”.

Los argumentos de la función BUSCARX permiten controlar lo que se hace cuando el valor buscado no está en las celdas en las que se realiza la búsqueda. Así, por ejemplo, el cuarto argumento de la función BUSCARX es el valor que devuelve la función cuando no se encuentra el valor buscado.

Más interesante resulta el quinto argumento. Este argumento hace que la función devuelva el valor por exceso o por defecto entre los que se encuentra el valor buscado en el campo de búsqueda. Este quinto argumento puede tomar los valores “0”, “1” o “-1”. Con el primer valor, la función busca la coincidencia exacta. Con el segundo, la función BUSCARX devuelve el valor más próximo y mayor (aproximación por exceso) y, por último, el “-1” hace que la función devuelva el valor más próximo y menor (aproximación por defecto).” (Sánchez Díaz de la Campa, Apuntes de Formación Investigadora, Tema I, 2021)

➤ Proteger

Excel permite proteger un trabajo evitando que otro usuario abra un libro sin contraseña, protegiendo una hoja de cálculo para que no se eliminen accidentalmente las fórmulas o protegiendo una celda o rango de celdas.

(Excel Total, 2021) explica que, de forma predeterminada, proteger una hoja de cálculo bloquea todas las celdas para que ninguna de ellas sea editable. Por ello es necesario saber que todas las celdas tienen una propiedad conocida como Bloqueada. Para acceder a esta propiedad podemos abrir el cuadro de diálogo Formato de celdas e ir a la pestaña Proteger, también podemos abrir este mismo cuadro pulsando la tecla Ctrl+1 o haciendo clic derecho sobre la celda y seleccionando la opción Formato de celdas.

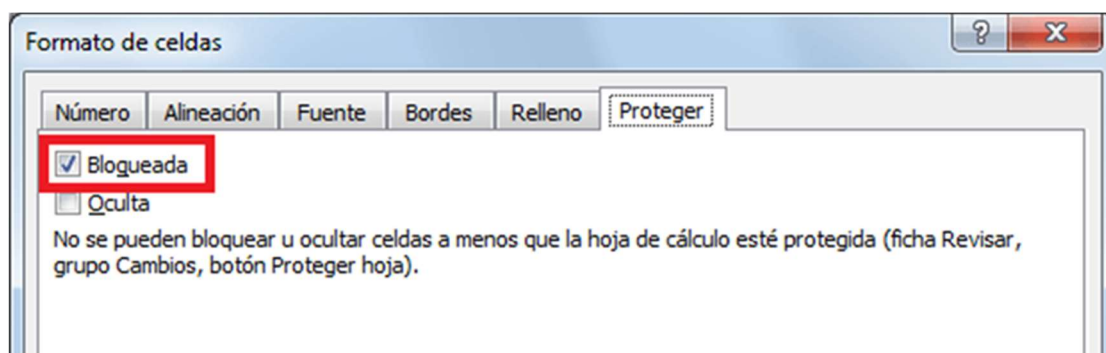


Ilustración 9. Celda bloqueada. Fuente, Excel Total, 2021.

Lo que esta propiedad quiere decir es que la celda es “candidata” a ser bloqueada por el comando Proteger hoja.

Si alguna celda no tiene marcada la propiedad Bloqueada, entonces no podremos proteger su contenido.

El comando que nos ayudará a proteger celdas en Excel será el comando Proteger hoja que se encuentra dentro de la ficha Revisar.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados



Ilustración 10. Proteger hoja. Fuente, Excel Total, 2021.

Al pulsar este botón se mostrará un cuadro de diálogo que nos permitirá establecer una contraseña para proteger el contenido de la hoja.

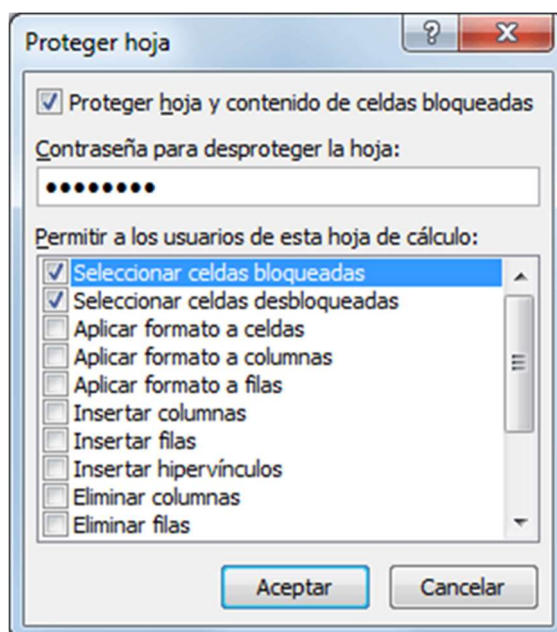


Ilustración 11. Contraseña. Fuente, Excel Total, 2021.

Cuando Excel se refiere a celdas bloqueadas se está refiriendo a todas aquellas celdas que tienen habilitada la propiedad Bloqueada.

Al hacer clic en el botón Aceptar se nos pedirá confirmar la contraseña y se mostrará un mensaje de advertencia para recordarnos que en caso de olvidar dicha contraseña no habrá manera de desproteger la hoja. Una vez hecha la protección, cualquier intento que hagamos por modificar una celda de la hoja resultará en un mensaje de advertencia.

II.2.2.3.- “Sistemas Integrados de Gestión”

El flujograma elaborado en este trabajo fin de máster ha sido creado según los conocimientos adquiridos en la asignatura “Sistemas Integrados de Gestión”. A continuación, vemos las funciones más relevantes que se han empleado.

➤ Diagrama de flujo o flujograma.

“Los flujogramas o diagramas de flujo son meras herramientas gráficas que permiten representar de forma ordenada las secuencias de tareas y decisiones necesarias para la aplicación de un procedimiento. La representación ordenada de las tareas y decisiones hace aflorar con frecuencia las incongruencias de la descripción verbal y puede, por tanto, conducir a un mejor conocimiento del funcionamiento del proceso.” (Sánchez Díaz de la Campa, Apuntes de Sistemas Integrados de Gestión, Tema III, 2021)

➤ Reglas de diagramación

“Cada tarea se representa como un rectángulo. Como excepción, la primera y última tarea se representan mediante rectángulos con las esquinas redondeadas. En interior del rectángulo se redacta la descripción de la tarea.

Las entradas y las salidas se representan mediante paralelogramos romboides. En el interior del paralelogramo romboide se sitúa la descripción de la entrada/salida. Las entradas/salidas se unen a las tareas que las reciben/producen.

En el paralelogramo romboide se incluye, en negrilla y subrayado, el origen del que procede la entrada o el destino al que se dirige la salida, pero, solamente cuando la entrada/salida procede o va dirigida a elementos situados fuera de los límites del proceso.

Las tareas se ordenan siguiendo la secuencia en la que acontecen. Se emplean conectores azules para indicar esta secuencia o flujo de tareas. Los conectores marrones unen las entradas y salidas con las tareas que las

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

reciben/producen.” (Sánchez Díaz de la Campa, Apuntes de Sistemas Integrados de Gestión, Tema III, 2021)

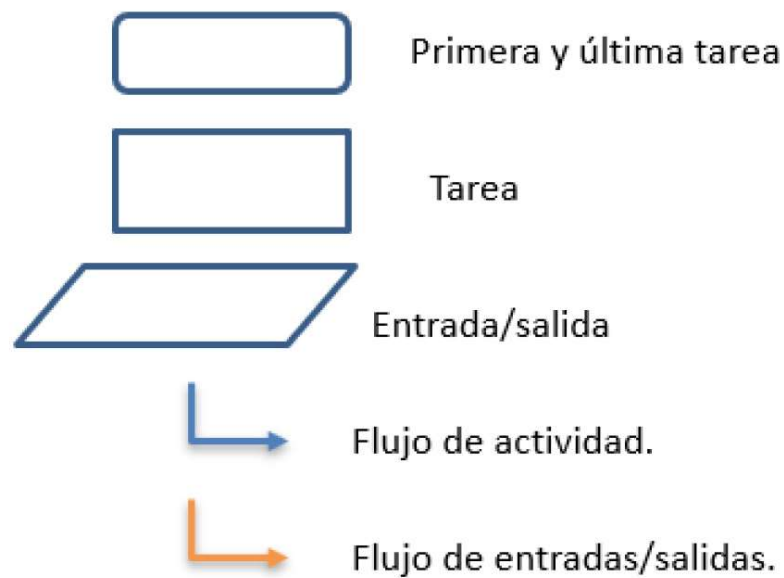


Ilustración 12. Elementos de un flujograma. Fuente, Sánchez Díaz De La Campa.

➤ Diamante de decisión

“Diamante de decisión: Una figura con forma de diamante que plantea una pregunta y señala, según la respuesta, varias secuencias alternativas.

La presencia del diamante de decisión conlleva que aparezcan tareas alternativas. Presta atención a la diferencia entre tareas alternativas y tareas en paralelo.” (Sánchez Díaz de la Campa, Apuntes de Sistemas Integrados de Gestión, Tema III, 2021)

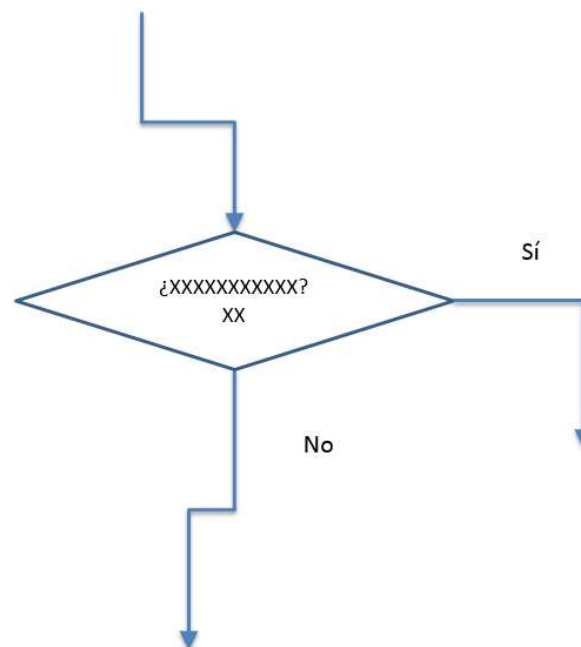


Ilustración 13. Diamante de decisión. Fuente, elaboración propia.

II.3.- Metodología

En esta sección se describe un procedimiento para la elaboración de un libro de cálculo Excel destinado al cálculo de un peso por calados genérico, aplicable a cualquier buque, que cumpla con los requerimientos teóricos y satisfaga las necesidades requeridas de un buen cálculo.

Se trata de determinar las pautas a seguir para alcanzar dicho objetivo de manera sencilla y fiable.

II.3.1.- Recopilación de datos

En primer lugar, se deben recopilar los datos del buque que resulten de interés para realizar el cálculo del peso por calados. Estos los encontraremos en el libro de estabilidad intacta y en los planos del buque.

- ✓ Datos del buque.
- ✓ Características de los tanques de lastre.
- ✓ Tablas de sonda de los tanques de lastre para aguas iguales.
- ✓ Tablas hidrostáticas.

II.3.2.- II.3.2. Establecer el formato del libro

Una vez recopilados, crearemos un nuevo libro de cálculo Excel que contendrá cuatro hojas:

- ✓ Draft Survey Carga
- ✓ Draft Survey Descarga
- ✓ Hidrostáticas
- ✓ Sondas Lastre



Ilustración 14. Hojas del libro. Fuente, elaboración propia.

El siguiente paso será crear dos tablas de datos, una con los datos de las curvas hidrostáticas en la hoja “Hidrostáticas” y otra con los datos de las sondas de los tanques de lastre en la hoja “Sondas Lastre”.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

A continuación, en la hoja de “Draft Survey Carga” prepararemos un esquema cuya distribución permita descubrir, a simple vista y de manera intuitiva, los propósitos de cada celda o grupo de celdas.

En la propuesta empleada se ha optado por un cabecero con los datos del buque, de la carga y del viaje en cuestión.

Este cabecero va seguido de un recuadro que contiene los cálculos necesarios para determinar los pesos del lastre. En dicho recuadro se distinguen tres grandes bloques:

- ✓ Una columna izquierda con la identificación y características principales de los tanques de lastre.
- ✓ La sección central que contiene los cálculos necesarios para determinar los pesos del lastre en la inspección de calados inicial.
- ✓ A la derecha se sitúa la sección que contiene los cálculos necesarios para determinar los pesos del lastre en la inspección de calados final.

LOADING DRAFT SURVEY			SHIP'S PARTICULARS										CARGO INFORMATION											
			SHIP NAME	M/V SUIA	LBP	112	Summer draft	6.661 m	CARGO		COMENCE ON THE		AT		COMPLETED ON THE		AT							
			CALL SING	EA/VA	LOA	119.3	Winter draft	6.522 m																
			IMO	9436276	BLM	16.5	GRT	5335	LOADING PORT		DISCHARGING PORT													
			LIGHT SHIP + BULKHEADS																					
			2093.00																					
			2368																					
			INITIAL SURVEY										FINAL SURVEY											
TANK	L TANK	TANK BEAM	SOUNDING	TRIM	DENSITY OF BALLAST	L BALLAST	TRIM CORRECTION	CORRECTED SOUND	VOLUME	WEIGHT	SOUNDING	TRIM	DENSITY OF BALLAST	L BALLAST	TRIM CORRECTION	CORRECTED SOUND	VOLUME	WEIGHT	SOUNDING	TRIM	DENSITY OF BALLAST	L BALLAST		
FP (159-Fore)	9.60	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	178.17	182.62	178.17	0.00	1.025	F	F	178.17	182.62	178.17	182.62	178.17	0.00	1.025	F		
DB 11 PS (117-144)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	72.30	74.10	72.30	0.00	1.025	F	F	72.30	74.10	72.30	74.10	72.30	0.00	1.025	F		
DB 11 SB (117-144)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	72.30	74.10	72.30	0.00	1.025	F	F	72.30	74.10	72.30	74.10	72.30	0.00	1.025	F		
DB 11 C (119-144)	17.50	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	148.53	152.24	148.53	0.00	1.025	F	F	148.53	152.24	148.53	152.24	148.53	0.00	1.025	F		
DB 12 PS (90-117)	18.10	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	101.76	104.30	101.76	0.00	1.025	F	F	101.76	104.30	101.76	104.30	101.76	0.00	1.025	F		
DB 12 SB (90-117)	18.10	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	101.76	104.30	101.76	0.00	1.025	F	F	101.76	104.30	101.76	104.30	101.76	0.00	1.025	F		
DB 12 C (96-117)	14.50	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	122.58	125.64	122.58	0.00	1.025	F	F	122.58	125.64	122.58	125.64	122.58	0.00	1.025	F		
DB 21 PS (65-90)	17.50	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	64.58	66.19	64.58	0.00	1.025	F	F	64.58	66.19	64.58	66.19	64.58	0.00	1.025	F		
DB 21 SB (65-90)	17.50	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	64.58	66.19	64.58	0.00	1.025	F	F	64.58	66.19	64.58	66.19	64.58	0.00	1.025	F		
DB 22 PS (63-90)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	69.53	71.27	69.53	0.00	1.025	F	F	69.53	71.27	69.53	71.27	69.53	0.00	1.025	F		
DB 22 SB (63-90)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	69.53	71.27	69.53	0.00	1.025	F	F	69.53	71.27	69.53	71.27	69.53	0.00	1.025	F		
DB 23 PS (36-63)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	111.23	114.51	111.23	0.00	1.025	F	F	111.23	114.51	111.23	114.51	111.23	0.00	1.025	F		
DB 23 SB (36-63)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	111.23	114.51	111.23	0.00	1.025	F	F	111.23	114.51	111.23	114.51	111.23	0.00	1.025	F		
DB 31 PS (24-34)	6.75	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	47.94	49.14	47.94	0.00	1.025	F	F	47.94	49.14	47.94	49.14	47.94	0.00	1.025	F		
DB 31 SB (24-34)	6.75	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	46.07	47.22	46.07	0.00	1.025	F	F	46.07	47.22	46.07	47.22	46.07	0.00	1.025	F		
DT 10 PS (144-152)	4.80	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	134.95	138.32	134.95	0.00	1.025	F	F	134.95	138.32	134.95	138.32	134.95	0.00	1.025	F		
DT 10 SB (144-152)	4.80	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	134.95	138.32	134.95	0.00	1.025	F	F	134.95	138.32	134.95	138.32	134.95	0.00	1.025	F		
WT 11 PS (117-144)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	114.21	117.07	114.21	0.00	1.025	F	F	114.21	117.07	114.21	117.07	114.21	0.00	1.025	F		
WT 11 SB (117-144)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	114.21	117.07	114.21	0.00	1.025	F	F	114.21	117.07	114.21	117.07	114.21	0.00	1.025	F		
WT 12 PS (90-117)	18.10	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	120.96	123.98	120.96	0.00	1.025	F	F	120.96	123.98	120.96	123.98	120.96	0.00	1.025	F		
WT 12 SB (90-117)	18.10	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	120.98	124.00	120.98	0.00	1.025	F	F	120.98	124.00	120.98	124.00	120.98	0.00	1.025	F		
WT 21 PS (63-90)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	152.25	156.06	152.25	0.00	1.025	F	F	152.25	156.06	152.25	156.06	152.25	0.00	1.025	F		
WT 21 SB (63-90)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	152.25	156.06	152.25	0.00	1.025	F	F	152.25	156.06	152.25	156.06	152.25	0.00	1.025	F		
WT 22 PS (36-63)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	147.21	150.89	147.21	0.00	1.025	F	F	147.21	150.89	147.21	150.89	147.21	0.00	1.025	F		
WT 22 SB (36-63)	18.90	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	147.23	150.89	147.23	0.00	1.025	F	F	147.23	150.89	147.23	150.89	147.23	0.00	1.025	F		
WT 31 PS (8-28)	1.00	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	55.53	56.92	55.53	0.00	1.025	F	F	55.53	56.92	55.53	56.92	55.53	0.00	1.025	F		
WT 31 SB (8-28)	1.00	5.00	0.00	0.00	1.025	F	F	55.53	56.92	55.53	0.00	1.025	F	F	55.53	56.92	55.53	56.92	55.53	0.00	1.025	F		
			TOTAL: 2718.34										TOTAL: 2718.34											

Ilustración 15. Lastre cálculo. Fuente, elaboración propia.

Seguido del recuadro de lastres, crearemos un bloque de cálculos, de tal manera, que al imprimir el cálculo una vez terminada la inspección de calados, quede toda la información visible y bien organizada. Este bloque de cálculos se subdividirá en cuatro subbloques:

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

- ✓ Calados del buque: Este bloque contendrá la lectura de calados y la densidad del agua durante la toma de estos. Se aplicarán las correcciones a estas lecturas hasta determinar el calado medio de medios y otros datos como el grado de escora y deformaciones por arrufo o quebranto.
- ✓ Pesos deducibles: En este bloque se calcula la cantidad total de pesos deducibles.
- ✓ Otros: Se utilizará este bloque para la obtención de datos de hidrostáticas y correcciones a las marcas.
- ✓ Cálculo del peso: El objetivo de este apartado será determinar el desplazamiento neto, la constante y la cantidad de carga cargada/descargada.

SHIP'S DRAFT			DEDUCTABLE WEIGHTS			WEIGHT CALCULATION		
	BALLAST	LOAD		BALLAST	LOAD		BALLAST	LOAD
Density of sea	0,998	0,998	Ballast	1843,119	45,551	Corresponding displacement	4879,991	9655,488
Fore port	2,840	6,350	Fresh water	55,200	52,100	1st trim correction	16,607	1,028
Fore stbd	2,840	6,350	Bunkers	46,500	46,300	2nd trim correction	13,215	0,003
Fore mean	2,840	6,350	Lubricating oil	10,760	10,760	Corrected displacement	4909,814	9656,519
Fore correction	-0,046	0,000	Slops	2,030	2,030	Water density correction	-9,760	-19,311
Fore corrected	2,794	6,350	List correction θ	0	0	GROSS Displacement	4900,054	9637,208
Aft port	4,280	6,370	Stores total:	1957,609	156,741	Stores total	1957,609	156,741
Aft stbd	4,280	6,370	OTHERS			NET Displacement	2942,444	9480,467
Aft mean	4,280	6,370	List θ (degrees)	0,625	0,000	Constant	49,444	49,444
Aft correction	-0,021	0,000	TPC Mid port	15,826	18,193	Quantity load		6538,023
Aft corrected	4,259	6,370	TPC Mid stbd	15,701	18,193	Bill of Lading		6500,000
Apparent trim	1,440	0,020	Trim	1,465	0,020	Difference		38,023
True trim	1,465	0,020	LF	-3,494	-0,250			
Mid port	3,600	6,400	LA	-1,600	-2,400			
Mid stbd	3,420	6,400	L mid	-1,002	-1,002			
Mid mean	3,510	6,400	LBM	110,11	114,15			
Mid correction	-0,013	0,000	TPC	15,760	18,187			
Mid corrected	3,497	6,400	LCF	55,194	52,773			
Mean fore and aft	3,527	6,360	MTC/TPC (superior)	112,090	168,096			
Mean of means	3,504	6,390	MTC/TPC (inferior)	98,293	152,245			
SAGGING	0,030		dM/dZ	13,797	15,851			
	SAGGING	0,040						

Ilustración 16. Bloque de cálculo. Fuente, elaboración propia.

II.3.3.- Cálculos

Una vez recopilados los datos y con el esquema de trabajo hecho, solo quedará aplicar los cálculos descritos en el apartado “II.2.1.2 Cálculos de peso por calados”:

- ✓ Determinación del desplazamiento por lectura de calados.
- ✓ Determinación de pesos deducibles.
- ✓ Cálculo del peso final.

Este proceso se verá con más detalle en el apartado tercero, “Aplicación práctica”.

II.3.4.- Proteger el libro

Por último, se deberán proteger las hojas, datos y fórmulas del libro que no necesiten ser manipulados para evitar errores en el cálculo. Con el mismo objetivo, también será conveniente resaltar las celdas editables y dotar de formato condicional las celdas que se consideren oportunas.

III.- APLICACIÓN PRÁCTICA

En el presente apartado se muestra la aplicación práctica del sistema objeto de estudio para el buque de “SUA”.

El buque “SUA” es un buque multipropósito de carga seca, dedicado al sector del transporte marítimo tipo “Tramp”, generalmente es fletado por viaje para transportar una determinada cantidad de carga entre dos o más puertos.

Para la determinación de la carga, una empresa especializada en “surveyage” (“Inspección” sería la palabra más aproximada al castellano aunque “surveyage” es la palabra que se ha instaurado en nuestra lengua entre los del sector) realizará cuatro inspecciones de calados, dos en el puerto de carga y dos en el de descarga.

A pesar de ello, el primer oficial de cubierta, responsable de las operaciones de carga / descarga del buque, ha de realizar una inspección en paralelo que será comparado con los resultados del inspector (surveyor en inglés).

Es por este motivo que conviene tener una herramienta de trabajo que agilice y simplifique los cálculos además de minimizar errores.

Pasamos pues a realizar una aplicación práctica de la metodología anteriormente descrita en la que obtendremos una útil y eficaz herramienta de cálculo del peso por calados para el buque “SUA”.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

III.1.- Recopilación de datos, formato y cálculo del libro Excel

En primer lugar, recopilaremos los datos necesarios del buque “SUA”. Estos los podemos encontrar en el libro de estabilidad intacta que está disponible en formato físico y digital mediante escaneo del primero.

Aquí se nos presenta el primer problema, ya que los datos escaneados son una imagen que no podemos tratar, por lo que parece que la única y tediosa solución sea trasladarlos a mano, uno por uno, hasta la hoja de Excel. La solución a este problema pasa por el reconocimiento óptico de caracteres que es un proceso óptico de digitalización de textos. Mediante esta herramienta conseguimos transformar las imágenes de texto “Pdf” en textos editables tipo “Word”.

En segundo lugar, crearemos un nuevo libro Excel al cual nombraremos “Draft Survey SUA” y lo dotaremos de cuatro hojas denominadas, como indicamos en el apartado anterior, “Draft Survey Carga”, “Draft Survey Descarga”, “Hidrostáticas” y “Sondas Lastres”.

En la hoja de “Hidrostáticas” crearemos una tabla con los datos hidrostáticos del buque necesarios para el cálculo del peso por calados.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	DATOS DE HIDROSTÁTICAS															
2	Calado	Volumen sumergido	TPC	LCB												
3																
4	2,000	2628	1453	56,172												
5	2,050	2699	1456	56,170												
6	2,100	2770	1458	56,169												
7	2,150	2841	1460	56,168												
8	2,200	2913	1463	56,168												
9	2,250	2984	1466	56,167												
10	2,300	3056	1470	56,166												
11	2,350	3128	1474	56,164												
12	2,400	3200	1477	56,161												
13	2,450	3272	1481	56,159												
14	2,500	3345	1511	56,156												
15	2,550	3418	1514	56,142												
16	2,600	3492	1517	56,128												
17	2,650	3566	1519	56,115												
18	2,700	3640	1522	56,103												
19	2,750	3714	1524	56,091												
20	2,800	3789	1527	56,080												
21	2,850	3863	1529	56,069												
22	2,900	3938	1532	56,059												
23	2,950	4012	1536	56,049												
24	3,000	4087	1540	56,038												
25	3,050	4162	1544	56,027												
26	3,100	4237	1548	56,014												
27	3,150	4313	1552	56,003												
28	3,200	4389	1556	55,991												
29	3,250	4464	1559	55,978												
30	3,300	4540	1563	55,967												
31	3,350	4617	1566	55,956												
32	3,400	4693	1568	55,945												

Ilustración 17. Hoja hidrostáticas. Fuente, elaboración propia.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

El mismo procedimiento emplearemos para la creación de una tabla en la hoja “Sonda Tanques” con los datos de las sondas de los tanques de lastre en aguas iguales. En este caso, he podido por crear una tabla para cada tanque, aunque se podría crear una tabla que abarque todos los tanques.

Ilustración 18. Hoja sonda tanques. Fuente, elaboración propia.

Los últimos datos que deberemos importar son los propios del buque. Características que se situarán en el cabecero de las hojas de “Draft Survey”.

SHIP'S PARTICULARS					
SHIP NAME	M/V SUA	LBP	112	Summer draft	6.661 m
CALL SING	EAMH	LOA	119,3	Winter draft	6,522 m
IMO	9436276	BEAM	16,5	GRT	5335
		LIGHT SHIP + BULKHEADS	2893,00	NRT	2566

Ilustración 19. Datos del buque. Fuente, elaboración propia.

Llegados a este punto debemos dar nombre a todas las tablas y casillas de datos creadas para facilitar su posterior uso en las fórmulas. También nos servirá de ayuda dar nombre a las casillas de máximas capacidades de los tanques de lastre, ya que esta es la condición con la que navega un buque en lastre y será una cantidad muy recurrida tanto en los Draft Survey iniciales de carga como en los finales de descarga.

UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA



Tal y como vimos en el apartado metodología, vamos a crear una hoja como la que sigue:

Ilustración 21. Formato hoja "Draft Survey Carga". Fuente, elaboración propia.

La siguiente casilla medirá la longitud de la cuña de agua de lastre con la intención de conocer si alcanza a ocupar todo el tanque y podemos hallar el

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

volumen por hidrostáticas, o si, por el contrario, es una cuña de agua que habrá que calcular.

El siguiente paso será determinar cuál es la corrección al asiento que hay que aplicarle a la sonda para poder entrar en las tablas.

```
=SI(F10="F";"F";SI(F10=0;0;SI(I10=B10;SI(G10<0;SI(D10>(B10/2);-1*(ABS(ABS((B10/2)-D10)*G10/LBP));ABS(ABS((B10/2)-D10)*G10/LBP));SI(D10>(B10/2);ABS((B10/2)-D10)*G10/LBP;-1*(ABS((B10/2)-D10)*G10/LBP)));"Wedge"))
```

Ilustración 22. Corrección a la sonda por asiento. Fuente, elaboración propia.

Haciendo uso de la corrección anterior, se obtendrá la sonda corregida en la siguiente casilla mediante la siguiente fórmula:

```
=SI(F10="F";"F";SI(ESNUMERO(J10)=VERDADERO;F10+J10;"Wedge"))
```

Ilustración 23. Sonda corregida. Fuente, elaboración propia.

En la casilla volumen, se determinará el volumen de lastre existente en el tanque a través de una interpolación (fondo color gris) de las tablas hidrostáticas, o bien a través de fórmula si queda cuña de agua.

```
=SI(K10="Wedge";(LBP*C10*((F10+D10*G10)/LBP)^2)/2*ABS(G10);SI(K10="F";FULLFOREPEAK;SI(BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Volumen];"Not Found";0)="Not Found";BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Volumen];"Not Found";1)-((BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Sonda];"Not Found";1)-K10)*(BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Volumen];"Not Found";1)-BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Volumen];"Not Found";-1))/(BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Sonda];"Not Found";1)-BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Sonda];"Not Found";-1)));BUSCARX(K10;FOREPEAK[Sonda];FOREPEAK[Volumen];"Not Found";0)))
```

Ilustración 24. Interpolación con función "BUSCARX". Fuente, elaboración propia.

Por último, para calcular el peso, multiplicaremos el volumen obtenido por la densidad del agua de lastre.

Repetiremos este proceso para el resto de las casillas de tanques de agua de lastre. Y realizaremos un sumatorio de todos estos pesos en la última celda de la columna Este sumatorio será utilizado posteriormente en los cálculos.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Nos trasladamos al bloque de cálculo, y nos centramos en el subbloque “calados del buque”.

En este apartado deberán de resaltarse las casillas que sirven para introducir los calados leídos durante la inspección de calados ya que serán las únicas que se modificarán una vez finalizada la hoja de cálculo. Continuaremos calculando los calados medios, tanto de proa, popa como en el medio. Y aplicaremos la corrección que nos permitirá pasar de lectura de calado en las marcas a perpendiculares. Para hallar estos calados corregidos debemos atender a las particularidades de cada buque. En el caso del SUA, esta es la disposición de las marcas sobre el casco:

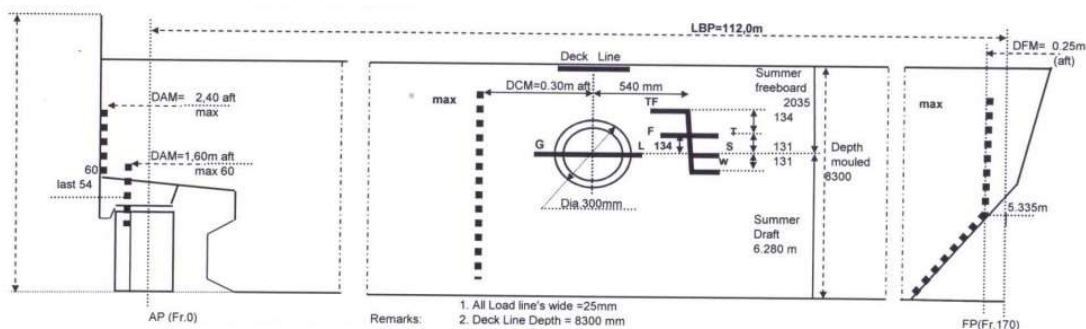


Ilustración 25. Marcas de calados. Fuente, M/V SUA Draft Survey Arrangements Book.

Observamos que hay dos posibles lugares donde tomar los calados tanto en popa (espejo de popa y mecha timón) como en el medio (marcas o usando la cinta en el disco). Mientras que, en la proa, a pesar de que solo se puede leer el calado en las marcas, estas tienen una disposición vertical hasta los 5,20m y a partir de ahí, las marcas, siguen una línea diagonal coincidente con la proa rompehielos del buque.

Por lo tanto, vamos a tener que crear tres casillas en el bloque “Otros” que nos permitan determinar la corrección a los calados medios obtenidos.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

	J	K	L	M	N	O	P
47	OTHERS			LA			
48	Trim		1,465				
49	LF		-3,494				
50	LA		-1,600				
51	L mid		-1,002				
52	TPC		15,760				
53	LCF		55,194				
54	MTC/TPC (superior)		112,090				
55	MTC/TPC (inferior)		98,293				
56	dM/dZ		13,797	15,851			
57	LBM		110,11	114,15			
58							

Formula bar: =SI(H44>=5,2;-0,25;-(112-(104,53+1,4*H44)))

Callout for LA: Distance from aft draft to aft perpendicular:
- TRANSOM: -2,4
- RUDDER -1,6

Callout for L mid: Distance from freeboard mark to midship:
- MIDDLE MARKS: -1,002
- PLIMSOLL MARK: 0,0

Sheet tabs: Draft Survey Carga, Draft Survey Descarga, Hidrostáticas, Sonda Tanques

Ilustración 26. Corrección a la lectura de calados. Fuente, elaboración propia.

Teniendo en cuenta la distancia a la que se leen los calados, en este mismo apartado, calcularemos la eslora entre marcas sumando a la eslora entre perpendiculares la distancia a las marcas de popa y restándole la distancia a la marca de proa.

$$=LBP+ABS(L50)-ABS(L49)$$

Con todo ello, ya podemos hallar el calado medio de medios usando la Regla de Simpson. También nos servirá de ayuda hallar la posible deformación por arrufo o quebranto y el ángulo de escora si la hubiere.

Nos trasladamos al bloque de pesos deducibles y resaltamos las celdas de combustibles, agua dulce, lubricantes y sentinas. La celda de agua de lastre habrá que relacionarla con la del sumatorio de lastres. Por último, realizamos una suma de todos estos pesos deducibles en la casilla "Total deducibles".

Seguimos avanzando hasta el bloque "Otros" y haciéndonos servir de la casilla de calado medio de medios, buscamos el valor correspondiente en las curvas hidrostáticas, interpolando tal y como lo hicimos con los volúmenes de los tanques de lastre.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Con los datos obtenidos ya podemos resolver las casillas del bloque “Cálculo del peso”.

Averiguamos el desplazamiento del buque entrando en las tablas hidrostáticas con el calado medio de medios e interpolando, aplicamos la primera y segunda corrección al asiento, aplicamos la corrección por densidad del agua y obtendremos el desplazamiento bruto. Si le restamos los pesos deducibles habremos resuelto el desplazamiento neto.

Para hallar la constante tendremos que restar el buque en rosca al desplazamiento neto.

Con la constante y los resultados de la inspección de calados en condición de carga, podremos obtener la cantidad cargada restando el desplazamiento neto en carga menos el buque en rosca y la constante obtenida.

Debido a la importancia de cargar la cantidad total establecida en la póliza de fletamento, en nuestra propuesta, calculamos la diferencia entre la cantidad de carga embarcada y la carga a embarcar según la póliza. Dotaremos a esta casilla de un formato condicional, verde si hemos alcanzado la cantidad establecida, rojo si no la hemos alcanzado.

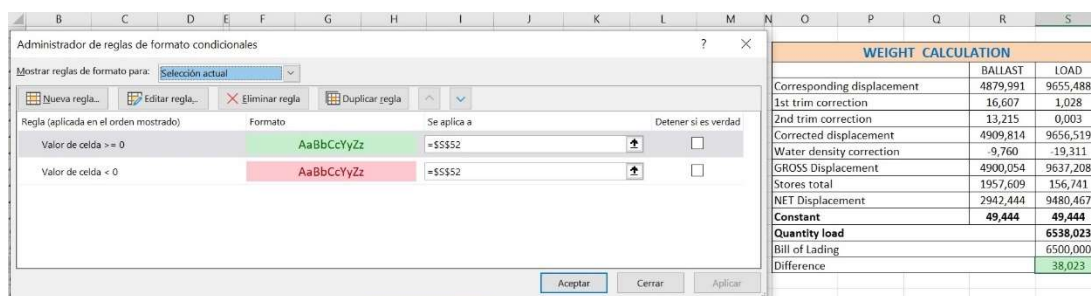


Ilustración 27. Formato condicional. Fuente, elaboración propia.

Por último, crearemos una hoja donde calcular el Draft Survey de la descarga, para facilitar la operación, haremos una copia de la hoja de “Draft Survey Carga” y la nombraremos “Draft Survey Descarga”. A esta última habrá que añadirle la constante en la columna de pesos deducibles y el cálculo de la carga desembarcada será la diferencia entre los desplazamientos netos de carga y descarga.

UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA

42

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

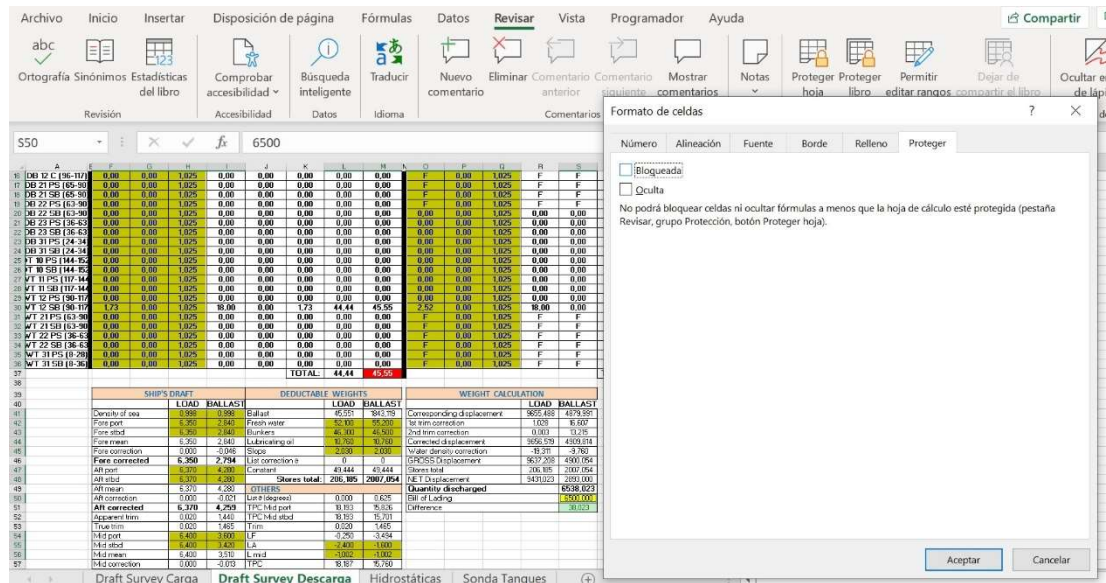


Ilustración 29. Opción bloquear celdas. Fuente, elaboración propia.

A continuación, bloqueamos la hoja e insertamos una contraseña que nos permita volver a desbloquear la hoja en un futuro. La contraseña elegida para el presente trabajo es “Draft Survey SUA”.

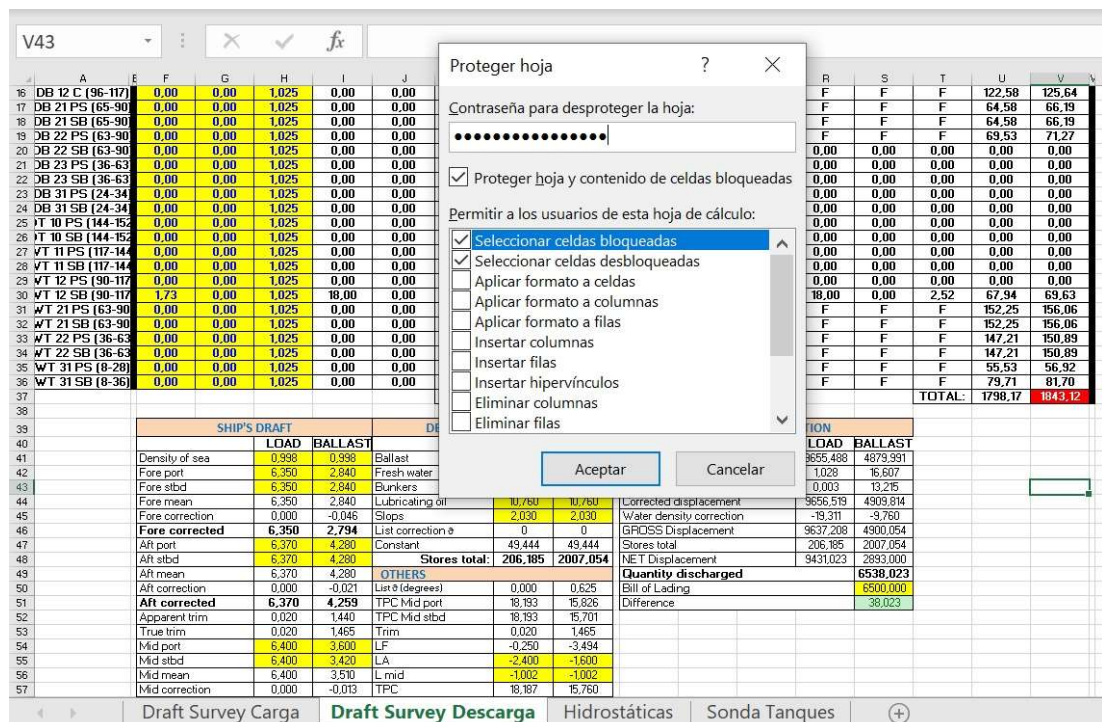


Ilustración 30. Contraseña. Fuente, elaboración propia.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Repetimos este proceso para el resto de las hojas y el resultado será, que si intentamos editar una celda protegida, no seremos capaces y nos aparecerá un mensaje de advertencia como el que sigue.

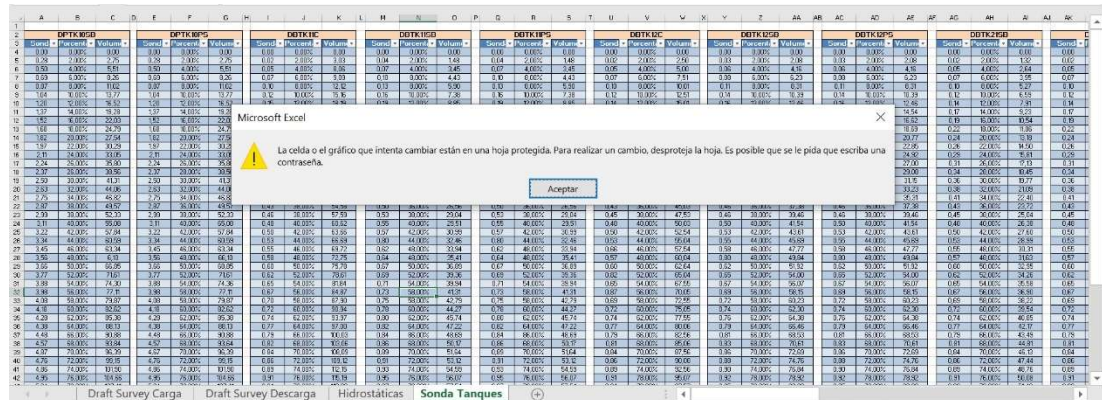


Ilustración 31. Mensaje de advertencia. Fuente, elaboración propia.

IV.- Caso práctico

A continuación, realizaremos un caso práctico en el que se debe realizar los cálculos de carga por calados de un buque llamado “SUA” que realizará un viaje en el que se pretende cargar 7200 T (+/- el 1%) de piedra caliza (limestone) desde el puerto de Bilbao al puerto de Bremen.

➤ Descripción del buque:

BUQUE “SUA”			
Tipo	Multipropósito de carga seca a granel (reforzado para cargas pesadas)		
Puerto de registro	S.C. de Tenerife	Bandera	Española
Distintivo de llamada	EAMH	Arqueo neto	2566 NT
MMSI	225462000	Arqueo bruto	5335 GT
IMO	9436276	Buque en rosca	2893 T
Puesta de quilla	08/Junio/2008	Astillero	Sainty Shipbuilding (Yangzhou)
Eslora total	119,3 m	Eslora entre perpendiculares	112,0 m
Manga	16,5 m	Calado	8,3 m
SWL plan de bodega	15 t/m ²	SWL tapas de bodega	1,75 t/m ²
Desplazamiento de verano	10394,7 T	Peso muerto verano	7501,7 T
Desplazamiento de invierno	10136,04 T	Peso muerto invierno	7243,04 T
Calado de verano	6,661 m	Calado de invierno	6,522 m
Calado de hielo	5,6 m	Peso muerto hielo	5588 T
Calado aéreo desde quilla	29,1 m	Permiso de agua dulce	142 mm
TPC calado verano	18,31 t/cm	TPC calado invierno	18,26 t/cm
Capacidad bodega 1	3985 m ³	Capacidad bodega 2	4707 m ³
Dimensión bodega 1	32,2m x 13,6m x 9,3m	Dimensión bodega 2	37,8m x 13,6m x 9,3m

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Capacidad tanques G.O.	460,8 T	Capacidad tanque de aceite	12 T
Capacidad tanque agua dulce	58 T	Capacidad tanques de lastre	2937,09 m3
Permiso de agua dulce	13,4 cm		

➤ Descripción del viaje:

Distancia Total	1033 nm
Velocidad promedio	11 kts
Total días de viaje	3d 22h
Consumo diario de G.O. en navegación	12 toneladas
Consumo diario de G.O. en puerto	0,7 toneladas
Consumo diario de agua dulce	3 toneladas
Calado mínimo puerto de salida	16 m
Calado mínimo puerto de llegada	10.5 m

➤ Descripción de la carga:

La piedra Caliza o Carbonato de Calcio " $\text{CO}_3 \text{Ca}$ ", es un material fundente usado en los altos hornos para disminuir el punto de fusión de las cenizas y la ganga. La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de carbono y como sustancia fundente. Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. De esta manera, el silicato de calcio y otras impurezas forman la escoria que es eliminada.



Ilustración 32. Piedra caliza en el Puerto de Bilbao. Fuente elaboración propia

➤ Ejecución práctica:

El día 10 de agosto, una vez atracados en el puerto de Bilbao, el primer oficial de cubierta del buque SUA se dispone a realizar los preparativos para el cálculo de peso por calados. Por ello, manda al contramaestre a destrincar las tapas de bodega, pero no abrirlas hasta que finalice cálculo de peso por calados.

Mientras llega el inspector de calados, el primer oficial reúne y revisa los utensilios para la lectura de calados y sonda de los tanques. Estos son la cinta métrica, la pasta detectora de agua, el densímetro y su recipiente de medida.

Una vez a bordo el inspector de calados, el primer oficial y este harán la lectura de calados de manera visual si las marcas de calados se consiguen leer, de

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

lo contrario, se realizará la lectura con cinta métrica restando la medida tomada de francobordo en el disco a la medida del puntal del buque.

En este caso, los calados obtenidos son los siguientes:

Calado en proa babor	2,84 m	
Calado en proa estribor	2,84 m	
Calado en el medio babor	3,46 m	Leído en el disco
Calado en el medio estribor	3,61 m	Leído en el disco
Calado en popa babor	4,30 m	Leído en el costado
Calado en popa estribor	4,30 m	Leído en el costado

Realizada la lectura, se deberá tomar una muestra del agua del puerto, para ello se lanza un recipiente para tal fin que se sumerge aproximadamente hasta la mitad de la obra viva. El primer oficial y el inspector de calados leerán el resultado de introducir un densímetro en esta agua y establecerán la densidad en el momento de la lectura de calados.

La densidad del agua obtenida en el puerto de Bilbao a día 10 de agosto del 2021 a las 12:00 es:

Densidad	1,022 t/m ³
----------	------------------------

El siguiente paso será medir las sondas de los tanques que contienen pesos deducibles para poder determinar el volumen que contienen. Para ello, el primer oficial anotará el asiento aparente para tenerlo en cuenta en la determinación del volumen de los tanques de agua dulce y de lastre. Al mismo tiempo, se lo comunicará al jefe de máquinas que sondeará los tanques de combustible y lodos. El primer oficial y el inspector sondearán los tanques de agua dulce y resto de tanques de agua de lastre que no estén llenos, ya que los tanques que están llenos se comprobarán rebosándolos uno por uno y tomando una muestra del agua con la finalidad de establecer la densidad del agua de lastre.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Los datos obtenidos son los siguientes:

TANQUES DE LASTRE		
Descripción del tanque	Sonda	Densidad
FP (159-Fore)	Vacío	1,022 t/m3
DB 11 PS (117-144)	0,04 m	1,022 t/m3
DB 11 SB (117-144)	0,07 m	1,022 t/m3
DB 11 C (119-144)	Vacío	1,022 t/m3
DB 12 PS (90-117)	Rebosado	1,022 t/m3
DB 12 SB (90-117)	Rebosado	1,022 t/m3
DB 12 C (96-117)	0,00 m	1,022 t/m3
DB 21 PS (65-90)	Rebosado	1,022 t/m3
DB 21 SB (65-90)	Rebosado	1,022 t/m3
DB 22 PS (63-90)	Rebosado	1,022 t/m3
DB 22 SB (63-90)	Rebosado	1,022 t/m3
DB 23 PS (36-63)	0,05 m	1,022 t/m3
DB 23 SB (36-63)	0,11 m	1,022 t/m3
DB 31 PS (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DB 31 SB (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DT 10 PS (144-152)	Rebosado	1,022 t/m3
DT 10 SB (144-152)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 11 PS (117-144)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 11 SB (117-144)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 12 PS (90-117)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 12 SB (90-117)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 21 PS (63-90)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 21 SB (63-90)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 22 PS (36-63)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 22 SB (36-63)	Rebosado	1,022 t/m3
WT 31 PS (8-28)	Vacío	1,022 t/m3
WT 31 SB (8-36)	Vacío	1,022 t/m3
OTOS PESOS DEDUCIBLES		
Descripción del tanque	Peso	
Agua dulce	33,00 T	
G.O.	154,89 T	
Aceite	12,89 T	
Lodos	0,50 T	

Una vez recogidos estos datos ya se puede comenzar con el cálculo del peso por calados. El primer oficial facilitará al inspector la hoja de hidrostáticas,

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

tablas de sonda de los tanques, planos de correcciones de las marcas y planos de tanques, sondas y suspiros.

Será el momento para que el primer oficial inserte los datos recogidos en el libro de cálculo creado para la determinación del peso por calados. Para ello, abrirá la hoja “Draft Survey Carga” y comenzará por introducir los datos del viaje en la parte superior de la hoja.

Seguidamente introducirá las sondas de los tanques, el asiento en el momento de sonda y la densidad del agua de lastre. Estos datos, como todos los demás a rellenar, se insertarán en las celdas de color amarillo creadas para tal fin.

Una vez determinada la cantidad de lastre a bordo, el oficial insertará los datos de la lectura de calados sin olvidar seleccionar en la lista para tal fin, el lugar donde se leyeron.

De esta manera, la hoja de cálculo Excel que hemos elaborado, ha sido capaz de calcular el desplazamiento neto y la constante del buque. Los resultados obtenidos son:

Calado medio de medios	3,535 m
Pesos deducibles	2089,820 T
Desplazamiento neto	2977,051 t/m3
Constante	84,051 t/m3

Llegados a este punto, ya se puede iniciar la carga.

Cuando finalizan las operaciones de carga, el inspector de calados ha de volver al buque para realizar un nuevo peso por calados. Entonces se repite el procedimiento anteriormente descrito. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Resultados de la inspección de calados final en el puerto de carga		
Calados		
Calado en proa babor	6,27 m	
Calado en proa estribor	6,27 m	
Calado en el medio babor	6,65 m	Leído en las marcas

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Calado en el medio estribor	6,64 m	Leído en las marcas
Calado en popa	7,20 m	Leído en el espejo de popa
Densidad		
Densidad	1,024 t/m3	
TANQUES DE LASTRE		
Descripción del tanque	Sonda	Densidad
FP (159-Fore)	Vacío	1,022 t/m3
DB 11 PS (117-144)	0,03	1,022 t/m3
DB 11 SB (117-144)	0,05	1,022 t/m3
DB 11 C (119-144)	Vacío	1,022 t/m3
DB 12 PS (90-117)	0,08	1,022 t/m3
DB 12 SB (90-117)	0,07	1,022 t/m3
DB 12 C (96-117)	Vacío	1,022 t/m3
DB 21 PS (65-90)	0,14	1,022 t/m3
DB 21 SB (65-90)	0,03	1,022 t/m3
DB 22 PS (63-90)	0,11	1,022 t/m3
DB 22 SB (63-90)	0,07	1,022 t/m3
DB 23 PS (36-63)	0,04	1,022 t/m3
DB 23 SB (36-63)	0,10	1,022 t/m3
DB 31 PS (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DB 31 SB (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DT 10 PS (144-152)	0,30	1,022 t/m3
DT 10 SB (144-152)	0,17	1,022 t/m3
WT 11 PS (117-144)	0,04	1,022 t/m3
WT 11 SB (117-144)	0,16	1,022 t/m3
WT 12 PS (90-117)	0,14	1,022 t/m3
WT 12 SB (90-117)	0,24	1,022 t/m3
WT 21 PS (63-90)	0,34	1,022 t/m3
WT 21 SB (63-90)	0,21	1,022 t/m3
WT 22 PS (36-63)	0,22	1,022 t/m3
WT 22 SB (36-63)	0,31	1,022 t/m3
WT 31 PS (8-28)	Vacío	1,022 t/m3
WT 31 SB (8-36)	Vacío	1,022 t/m3
OTROS PESOS DEDUCIBLES		
Agua dulce	54,7 T	
G.O.	154,39 T	
Aceite	12,89 T	
Lodos	0,5 T	

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Los movimientos de pesos deducibles que se observan son que el buque ha llenado el tanque de agua dulce ha consumido un poco de combustible y ha deslastrado todos los tanques de lastre.

Tras introducir los datos en las celdas del cálculo de peso por calados, el primero oficial obtiene los siguientes valores:

Calado medio de medios	6,659 m
Pesos deducibles	248,31 T
Desplazamiento neto	10181,695 t/m3
Constante	84,051 t/m3
Total carga embarcada	7204,644 T

Se observa que se ha llegado a la cantidad pactada de 7200 T (+/- el 0,5%) y por lo tanto se da por finalizada la carga. En este momento ya se puede firmar el conocimiento de embarque y el buque ya puede iniciar el viaje.



Ilustración 33. Bodega nº2 cargada de piedra caliza. Fuente, elaboración propia.

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

Una vez atracados en el puerto de destino, se repetirán los procesos anteriores del cálculo del peso por calados, tanto el inicial como el final. Los resultados obtenidos en los cálculos de peso por calados son los que se muestran a continuación:

Resultados de la inspección de calados inicial en el puerto de descarga		
Calados		
Calado en proa babor	6,290	
Calado en proa estribor	6,290	
Calado en el medio babor	6,710	Leído en las marcas
Calado en el medio estribor	6,740	Leído en las marcas
Calado en popa	7,37 m	Leído en el espejo de popa
Densidad		
Densidad	1,000 t/m3	
TANQUES DE LASTRE		
Descripción del tanque	Sonda	Densidad
FP (159-Fore)	Vacío	1,022 t/m3
DB 11 PS (117-144)	0,06	1,022 t/m3
DB 11 SB (117-144)	0,08	1,022 t/m3
DB 11 C (119-144)	Vacío	1,022 t/m3
DB 12 PS (90-117)	0,10	1,022 t/m3
DB 12 SB (90-117)	0,08	1,022 t/m3
DB 12 C (96-117)	Vacío	1,022 t/m3
DB 21 PS (65-90)	0,16	1,022 t/m3
DB 21 SB (65-90)	0,08	1,022 t/m3
DB 22 PS (63-90)	0,15	1,022 t/m3
DB 22 SB (63-90)	0,10	1,022 t/m3
DB 23 PS (36-63)	0,09	1,022 t/m3
DB 23 SB (36-63)	0,10	1,022 t/m3
DB 31 PS (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DB 31 SB (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DT 10 PS (144-152)	0,33	1,022 t/m3
DT 10 SB (144-152)	0,17	1,022 t/m3
WT 11 PS (117-144)	0,05	1,022 t/m3
WT 11 SB (117-144)	0,18	1,022 t/m3
WT 12 PS (90-117)	0,15	1,022 t/m3
WT 12 SB (90-117)	0,30	1,022 t/m3
WT 21 PS (63-90)	0,37	1,022 t/m3
WT 21 SB (63-90)	0,23	1,022 t/m3
WT 22 PS (36-63)	0,26	1,022 t/m3
WT 22 SB (36-63)	0,32	1,022 t/m3

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

WT 31 PS (8-28)	Vacío	1,022 t/m3
WT 31 SB (8-36)	Vacío	1,022 t/m3
OTROS PESOS DEDUCIBLES		
Agua dulce	45,1 T	
G.O.	106,69 T	
Aceite	11,33 T	
Lodos	2,07 T	

Resultados obtenidos del cálculo de peso por calados inicial en el puerto de descarga	
Calado medio de medios	6,741 m
Pesos deducibles incluyendo constante	273,866 T
Desplazamiento neto	10069,070 t/m3

Resultados de la inspección de calados final en el puerto de descarga		
Calados		
Calado en proa babor	2,88 m	
Calado en proa estribor	2,88 m	
Calado en el medio babor	3,50 m	Leído en las marcas
Calado en el medio estribor	3,52 m	Leído en las marcas
Calado en popa babor	4,40 m	Leído en los costados
Calado en popa estribor	4,40 m	Leído en los costados
Densidad		
Densidad	1,000 t/m3	
TANQUES DE LASTRE		
Descripción del tanque	Sonda	Densidad
FP (159-Fore)	Vacío	1,022 t/m3
DB 11 PS (117-144)	0,06	1,022 t/m3
DB 11 SB (117-144)	0,08	1,022 t/m3
DB 11 C (119-144)	Vacío	1,022 t/m3
DB 12 PS (90-117)	F	1,000 t/m3
DB 12 SB (90-117)	F	1,000 t/m3
DB 12 C (96-117)	Vacío	1,022 t/m3
DB 21 PS (65-90)	F	1,000 t/m3
DB 21 SB (65-90)	F	1,000 t/m3
DB 22 PS (63-90)	F	1,000 t/m3
DB 22 SB (63-90)	F	1,000 t/m3
DB 23 PS (36-63)	0,09	1,022 t/m3
DB 23 SB (36-63)	0,10	1,022 t/m3

Metodología para la automatización de cálculos del peso por calados

DB 31 PS (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DB 31 SB (24-34)	Vacío	1,022 t/m3
DT 10 PS (144-152)	F	1,000 t/m3
DT 10 SB (144-152)	F	1,000 t/m3
WT 11 PS (117-144)	F	1,000 t/m3
WT 11 SB (117-144)	F	1,000 t/m3
WT 12 PS (90-117)	F	1,000 t/m3
WT 12 SB (90-117)	F	1,000 t/m3
WT 21 PS (63-90)	F	1,000 t/m3
WT 21 SB (63-90)	F	1,000 t/m3
WT 22 PS (36-63)	F	1,000 t/m3
WT 22 SB (36-63)	F	1,000 t/m3
WT 31 PS (8-28)	Vacío	1,022 t/m3
WT 31 SB (8-36)	Vacío	1,022 t/m3
OTROS PESOS DEDUCIBLES		
Agua dulce	41,4 T	
G.O.	106,69 T	
Aceite	11,33 T	
Lodos	2,07 T	

Resultados obtenidos del cálculo de peso por calados final en el puerto de descarga	
Calado medio de medios	3,534 m
Pesos deducibles constante incluida	2092,459 T
Desplazamiento neto	2092,459 t/m3
Total carga descargada	7203,561 T



Ilustración 34. Finalización de operaciones de descarga en bodega nº2. Fuente, elaboración propia.

Comparando los resultados de las inspecciones de calado del puerto de carga y del de descarga, observamos que en ambas se ha llegado a la cantidad pactada de 7200 T (+/- el 0,5%) y que el error de cálculo en ambas inspecciones es de 1,083 T, o lo que es lo mismo, un error del 0,015% entre las dos inspecciones.

V.- CONCLUSIONES

El trabajo fin de máster que se ha presentado a lo largo de este documento, ha servido para entender mejor el procedimiento y los cálculos a la hora de realizar un cálculo de peso por calados.

A este respecto resultan satisfactorios los resultados obtenidos en la realización de la hoja de cálculo diseñada aplicando la metodología ya que cumple con las hipótesis de resultado propuesta.

Se han adquirido nuevos conocimientos durante el proceso de elaboración del trabajo, entre ellos el manejo de Excel, programa con el cual se ha conseguido resolver los problemas que se plantearon a lo largo de la creación de una herramienta que soluciona cálculos de peso por calados.

También se ha creado una metodología que se ha mostrado útil para generar una hoja de cálculo de peso por calados válida para cualquier buque.

Igualmente se ha tomado conciencia de las buenas prácticas para la realización de una inspección de peso por calados y esta ha quedado reflejada en la elaboración de un flujograma que en líneas generales ayudará al oficial encargado de la carga a optimizar su tiempo y minimizar los errores en el cálculo.

Este trabajo deja la puerta abierta a nuevas posibilidades de ampliación como son la investigación de nuevas herramientas Excel aplicables a otras materias o la realización de un programa mediante el uso de lenguaje de programación Visual Basic. También cabe la posibilidad de ampliación del propio trabajo añadiendo hojas de cálculo que realicen cálculos de estabilidad, alteraciones o planos de carga y estiba.

Para finalizar, quiero reiterar mi agradecimiento a todas las personas que colaboraron y se implicaron en el desarrollo de este trabajo, gracias al cual he investigado y aprendido mucho, pues sin su participación no podría haber sido posible.

VI.- Referencias

- Asano, T. (1976). *"Draft Survey Hand Book", 2nd Edition (English)*. Tokyo: Giken Printing Co., Ltd., Tokyo.
- Dibble, J., Mitchell, P., & North of England P&I Association. (2009). *"Draught Surveys, A Guide To Good Practice", 2nd Edition*. Newcastle upon Tyne: North of England P&I Association Limited.
- Durham, C. (s.f.). *"Marine Surveys, an introduction"*. Fairplay.
- Endo, T., & Okada, T. (2016). *Preventing Cargo Shortage*. Tokyo: The Japan Ship Owners' Mutual Protection & Indemnity Association.
- Excel Total. (2021). Obtenido de <https://exceltotal.com/proteger-archivo-excel-con-contrasena/#:~:text=Proteger%20una%20hoja%20de%20un%20libro%20Excel%20Para,di%C3%A1logo%20Proteger%20hoja%20donde%20deberemos%20especificar%20una%20contrase%C3%B1a>.
- Microsoft / Soporte. (2021). Obtenido de <https://support.microsoft.com/es-es/office/si-funci%C3%B3n-si-69aed7c9-4e8a-4755-a9bc-aa8bbff73be2>
- Sánchez Díaz de la Campa, F. (2021). *Apuntes de Formación Investigadora, Tema I*. Santander.
- Sánchez Díaz de la Campa, F. (2021). *Apuntes de Sistemas Integrados de Gestión, Tema III*.
- UK P&I Club. (2008). *Carefully to Carry*.
- Wikipedia, *La enciclopedia libre*. (13 de Octubre de 2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Arqu%C3%ADmedes

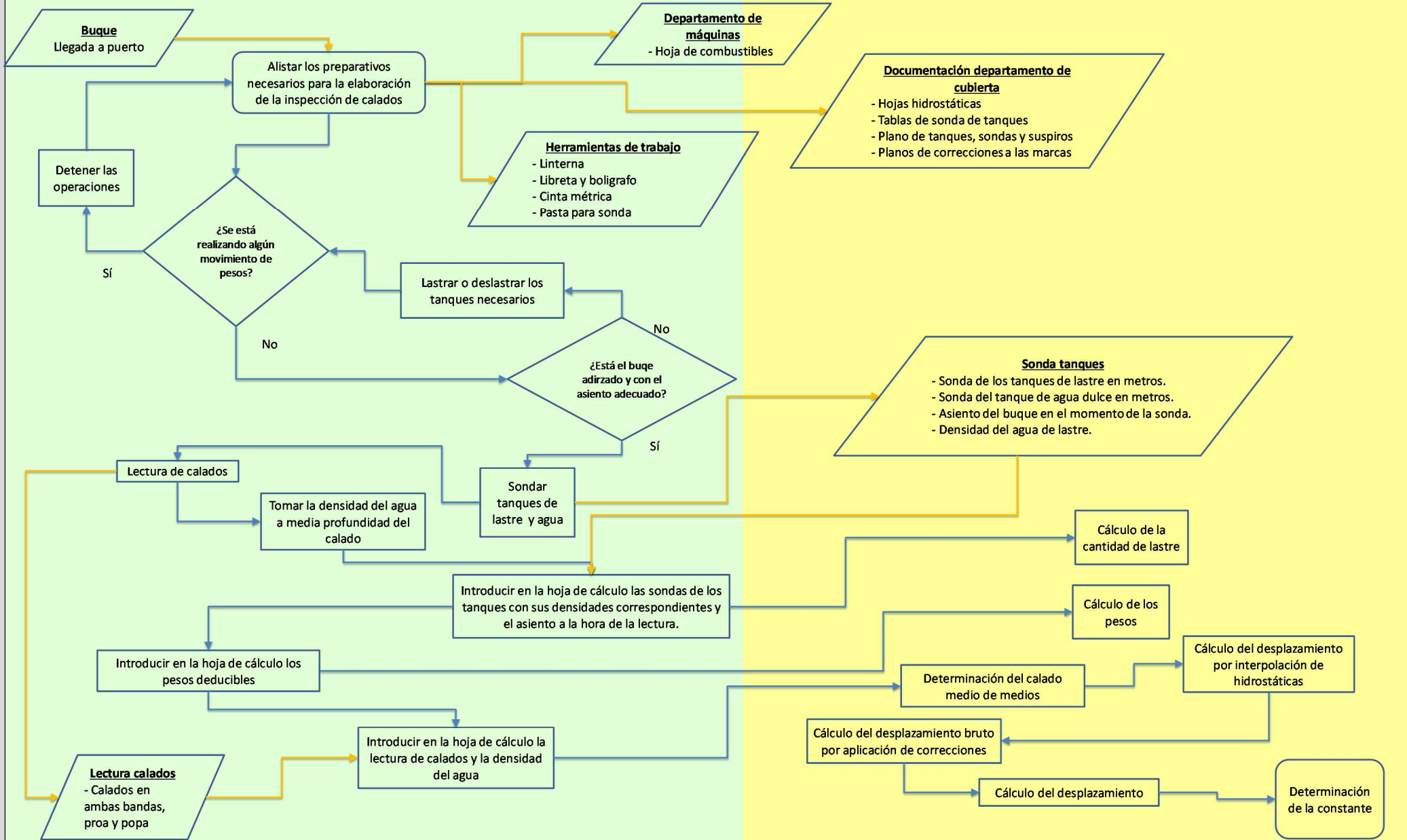
ANEXOS

FLUJOGRAMA PARA LA ELABORACIÓN DEL PESO POR CALADOS EN LA CARGA

PRIMER OFICIAL DE CUBIERTA

EXCEL

INSPECCIÓN DE CALADOS INICIAL

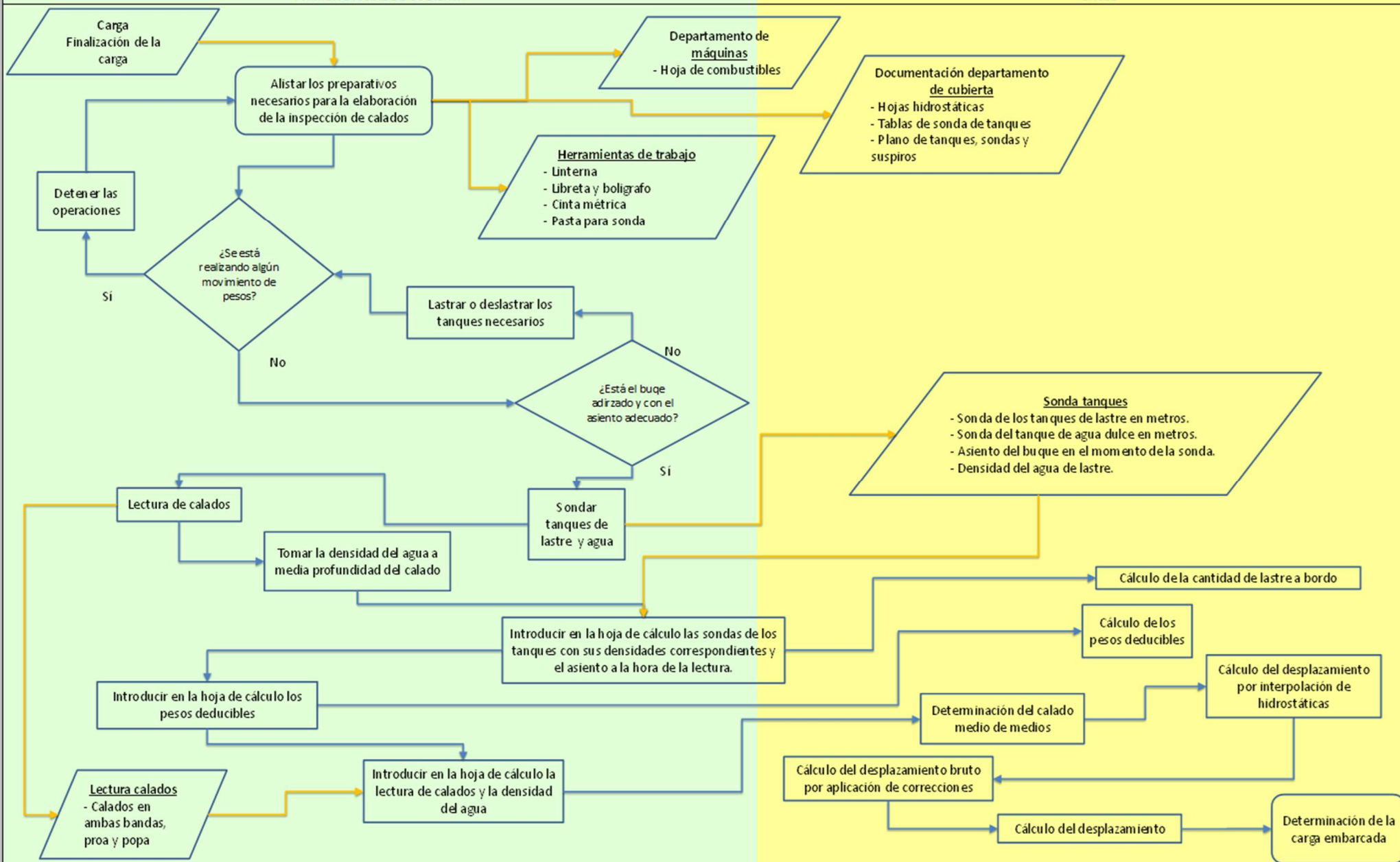


FLUJOGRAMA PARA LA ELABORACIÓN DEL PESO POR CALADOS EN LA CARGA

PRIMER OFICIAL DE CUBIERTA

EXCEL

INSPECCIÓN DE CALADOS FINAL

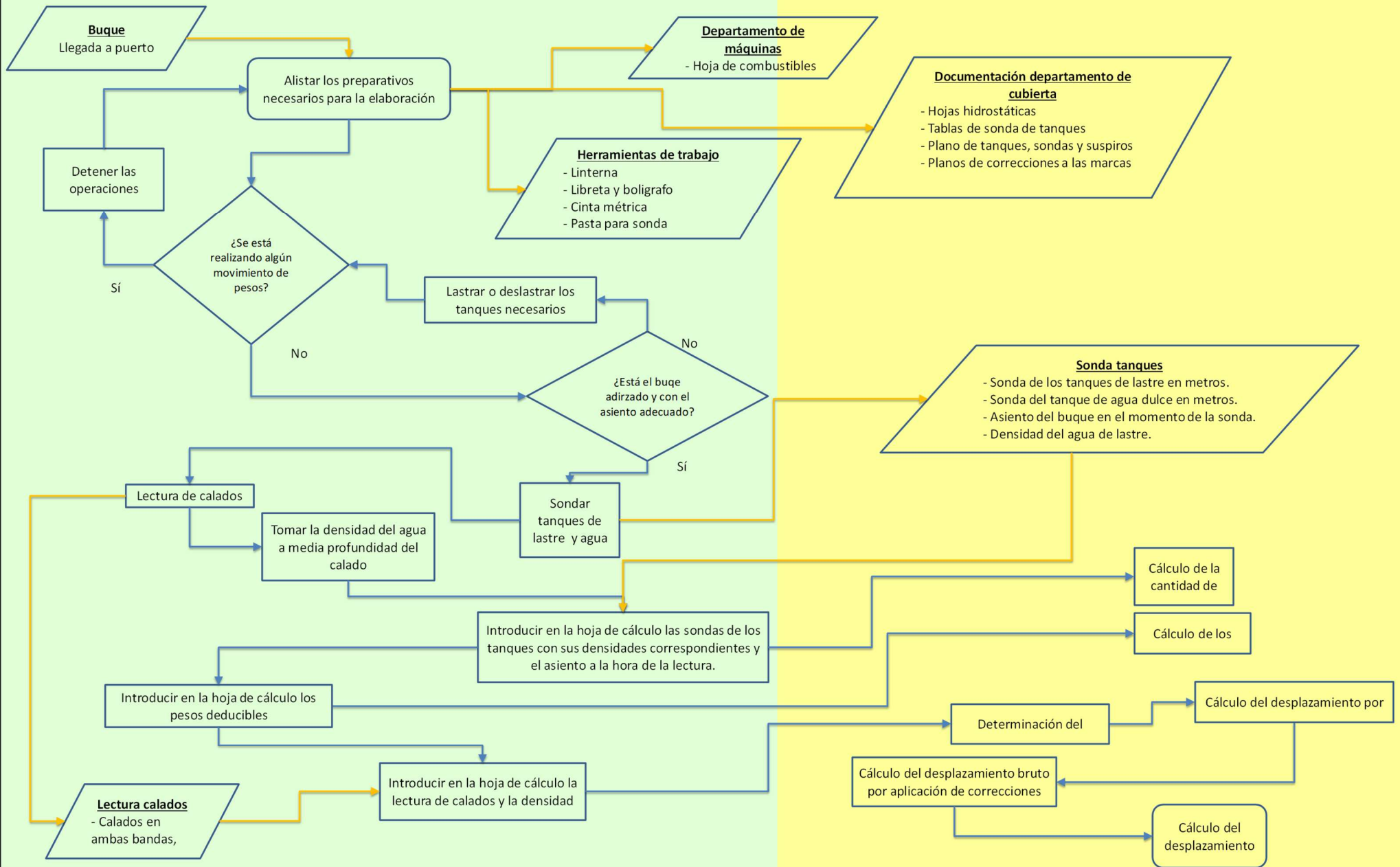


FLUJOGRAMA PARA LA ELABORACIÓN DEL PESO POR CALADOS EN LA DESCARGA

PRIMER OFICIAL DE CUBIERTA

EXCEL

INSPECCIÓN DE CALADOS INICIAL



FLUJOGRAMA PARA LA ELABORACIÓN DEL PESO POR CALADOS EN LA DESCARGA

PRIMER OFICIAL DE CUBIERTA

EXCEL

INSPECCIÓN DE CALADOS FINAL

