**Práctica 1: DETERMINACIÓN TEÓRICA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE UNA NAVE KLINGON CLASE NEGH’VAR. COMPROBACIÓN EXPERIMENTAL.**

***- Instrucciones para las entregas de los informes de prácticas.***

*Para que los informes sean válidos y puedan ser evaluados, es necesario seguir las instrucciones siguientes:*

1. *Los informes deben contener todos los apartados explicados en clase. En UADrive tenéis a vuestra disposición el pdf con la presentación vista en clase en la cual se detallan estos apartados.*
2. *Los informes en formato pdf deben subirse a UACloud/Evaluación/entrega práctica/P2\_Centro de gravedad.*
3. *El nombre de los informes de prácticas debe ser: Apellido1 Nombre1\_Apellido2 Nombre2\_GX\_P2.pdf, donde*

*X representa el número del grupo de prácticas.*

**- Cerca de la frontera con el espacio Klingon...**

El USS Enterprise (nave de la Federación clase Constitution) sale de velocidad de curvatura cerca de la frontera con el espacio Klingon, no muy lejos del planeta Kronos. Su misión, comprobar que las naves Klingon respetan la zona neutral y no entran en conflicto con las naves de la Federación. Dicha misión trascurre con aparente tranquilidad hasta que una nave Klingon clase Negh’Var decide atacar al Enterprise. Ambas naves están equipadas con disruptores y torpedos de fotones. Tras un duro combate, la nave Klingon es capaz de volver a la base más cercana, pero ha sufrido graves daños. Es necesario recalcular su centro de gravedad para ajustar los parámetros del motor de curvatura.

1. **Objetivos.**

Usted forma parte de la tripulación de la nave Klingon. El ingeniero jefe le encarga las siguientes tareas:

* 1. Determinar de forma teórica las coordenadas del centro de gravedad de la nave Klingon después del duro combate con el Enterprise. El cálculo se realizará con un plano de la nave en 2D.
  2. Realizar una comprobación experimental del centro de gravedad obtenido en el apartado anterior construyendo un modelo en 2D de la nave tras el combate en un material de su elección. Esta figura se debe entregar al inicio de la siguiente sesión de prácticas.

1. **Introducción teórica.**

El centro de gravedad G de un cuerpo es el punto de aplicación de la resultante de las fuerzas de gravedad (fuerzas peso) que actúan sobre las distintas partes de dicho cuerpo. Además, es el punto, respecto al cual, las fuerzas peso de los diferentes puntos materiales del cuerpo producen un momento resultante nulo. En un cuerpo de forma irregular, para realizar el cálculo de la posición del centro de gravedad es necesario, en general, el cálculo integral. Sin embargo, se puede simplificar el cálculo cuando dicho cuerpo puede subdividirse en otros de forma geométrica regular, cuyos centros de gravedad son conocidos.

Aquí se presenta la técnica para hallar, mediante un cálculo, las coordenadas del centro de gravedad de superficies (placas) irregulares (NOTA: Los cuerpos en los que dos de sus dimensiones son mucho mayores que la tercera se denominan placas. En el caso de que su tercera dimensión (espesor) sea constante, su centro de gravedad coincidirá con el centro de la superficie).

En un campo gravitatorio uniforme, el centro de gravedad G de un cuerpo coincide con el centro de masas. Su vector de posición viene dado por la siguiente expresión:

⇀

𝑟⇀𝐺 =𝑚𝑖 · 𝑟𝑖

 𝑚𝑖

⇀ siendo 𝑚𝑖 la masa de cada uno de los trozos en los que se puede subdividir el cuerpo, y 𝑟𝑖 el vector de posición del centro de gravedad de cada uno. Por tanto, si el cuerpo es homogéneo (es decir, su densidad 𝜌 es constante) y además tiene un espesor ℎ constante, la masa 𝑚𝑖 se podrá expresar de la siguiente manera:

𝑚𝑖 = 𝑉𝑖 ∙ 𝜌𝑖 = 𝑆𝑖 ∙ ℎ ∙ 𝜌

siendo 𝑉𝑖el volumen que ocupa cada masa 𝑚𝑖.

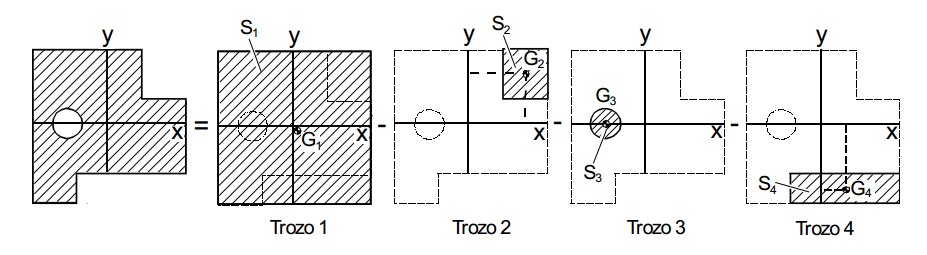
La expresión de las coordenadas del vector de posición del centro de gravedad, (𝑥𝐺,𝑦𝐺), si la superficie plana se hace coincidir con el plano coordenado Oxy, son:

 𝑥𝑖 · 𝑆𝑖 ∑𝑁𝑖=1 𝑦𝑖 · 𝑆𝑖 𝑥𝐺 = ∑𝑁 𝑆𝑖 𝑦𝐺 = 𝑆𝑖

𝑖=1

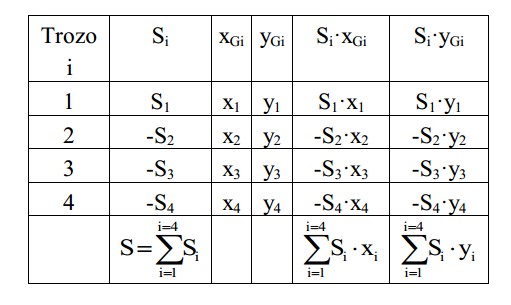
(siendo la tercera componente 𝑧𝐺 = ℎ/2 la mitad del espesor constante de la placa).

La técnica consiste en dividir la superficie en trozos cuya forma geométrica sea regular (cuadrados, rectángulos, círculos, etc). El centro de gravedad de cada figura regular se puede determinar fácilmente. Además, los agujeros en las placas se pueden tratar como superficies negativas, lo que facilita el cálculo. A modo de ejemplo, en la Figura 1 se muestra una placa similar a la que se propone en la práctica. Como puede verse, la forma de la placa puede considerarse como un rectángulo al que se le han quitado dos trozos, también rectangulares, y se le ha practicado un agujero circular. El despiece de dicha figura sería, por lo tanto, el que se muestra a continuación:



**Figura 1.**

El cálculo se ve facilitado construyendo, en cada caso, una tabla como la que sigue:



donde, en la última fila, se muestran las sumas de términos que se necesitan para el cálculo de las coordenadas del centro de gravedad. Vale la pena recordar que el centro de gravedad de un cuerpo no ha de corresponder necesariamente a un punto material del mismo. Por ejemplo, el centro de gravedad de una esfera hueca está situado en el centro geométrico de la esfera que, obviamente, no pertenece al cuerpo.

1. **Material disponible**

* 1. ***Para el cálculo teórico.***

Después de evaluar los daños sufridos, usted recibe el plano de la nave mostrado en la Figura 2. Se observa que a la nave le falta el motor derecho, parte del izquierdo y que presenta dos orificios debido a los impactos de los torpedos de fotones. Uno de ellos tiene forma rectangular estando centrado en posiciones (𝑥𝑚𝑖𝑛,𝑦𝑚𝑖𝑛) = (7.0, 6.0) y (𝑥𝑚𝑎𝑥,𝑦𝑚𝑎𝑥) = (8.8, 3.5). El otro tiene forma de elipse la cual está centrada en (10.0, -6.0) y sus semiejes son 1.8 ± 0.1 y 1.2 ± 0.1 cm. La semielipse principal se encuentra centrada en (26.0, 0.0) y sus semiejes son 3.4 ± 0.1 y 4.2 ± 0.1 cm. Todas las coordenadas tienen un error de 0.1 cm. Tome el valor de π con tres cifras significativas y sin error.

* 1. ***Para la comprobación experimental.***

Se debe trasladar el plano de la nave (con las mismas medidas indicadas en la Figura 2) a una placa de material de su elección marcando la posición del centro de gravedad calculado teóricamente. Teniendo presente lo expuesto en el apartado 2 de introducción teórica, el material debe ser homogéneo presentando una densidad constante. Por ejemplo, se podría utilizar una placa de cartón lo más compacto posible. El modelo de la nave debe traerse y entregarse al inicio de la siguiente sesión de prácticas de laboratorio.

Imagen que contiene Gráfico

Descripción generada automáticamente **Figura 2. Plano de la nave Klingon clase Negh’Var.**

1. **Procedimiento**

* 1. Utilizando la técnica detallada en el apartado 2, calcule las coordenadas del centro de gravedad de la nave a partir de las dimensiones de esta.
  2. Calcule el error absoluto de las coordenadas del centro de gravedad hallado en 4.1 (se trata de una medida indirecta).
  3. Traslade el plano de la nave (con las mismas medidas indicadas en la Figura 2) a una placa rígida de material de su elección marcando la posición del centro de gravedad calculado teóricamente en 4.1.
  4. Para la comprobación experimental, apoye (por ejemplo, sobre un rotulador fijado a la mesa con plastilina) la nave realizada en el material seleccionado exactamente en su centro de gravedad observando que la nave permanece en equilibrio.
  5. Siguiendo los pasos indicados en el Anexo 1, realice un informe de la práctica.

**Anexo 1: Estructura del informe de la práctica para su entrega.**

1. *Título de la práctica. Apellidos y nombre. Grupo. Fecha.*

1. *Objetivo de la práctica.*

1. *Fundamento teórico.*

Breve explicación de la ley Física y las ecuaciones que se van a utilizar en la práctica.

1. *Instrumentación y montaje experimental.*

En esta práctica no se realiza un montaje experimental en el laboratorio, pero sí que se construye la nave con el material seleccionado. Por ello, en este apartado se debe incluir una foto mostrando los materiales empleados en la fabricación de la nave y el sistema montado para la comprobación experimental del centro de gravedad. Este sistema será el mismo que se mostrará en clase.

1. *Procedimiento.*

Se debe describir de forma resumida y numerada los pasos seguidos para obtener el resultado teórico del centro de gravedad y su comprobación experimental a través de la construcción del modelo de la nave en el material que haya seleccionado.

1. *Datos.*

Utilice el plano mostrado en la figura 2 para mostrar un esquema de la división de la nave en partes que tengan una forma regular y obtenga las medidas de cada una de ellas. Recuerde que toda medida debe ir acompañada de su error. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de cómo hacerlo para una de las partes.

Imagen que contiene Gráfico

Descripción generada automáticamente**1**

**Figura 3.**

Complete la siguiente tabla:

Tabla 1. Partes en las que se ha dividido la nave y sus dimensiones.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| fragmento | S (cm2) | XGi | YGi | SiXGi | SiYGi |
| motor | 12.46 |  |  |  |  |
| Conector m. | 2.25 |  |  |  |  |
| Parte sup izq | 11.1 |  |  |  |  |
| Triangulo sup | 2.35 |  |  |  |  |
| Rectangulo sup | 15.87 |  |  |  |  |
| triangulo | 4.875 |  |  |  |  |
| cuadrado | 2.25 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

1. *Cálculos.*

Construir la siguiente tabla para mostrar los cálculos de las superficies (𝑆𝑖), sus coordenadas del centro de gravedad (𝑥𝐺,𝑖y 𝑦𝐺,𝑖) y el producto de ambas.

Tabla 2. Superficies (𝑆𝑖) y sus coordenadas del centro de gravedad (𝑥𝐺,𝑖y 𝑦𝐺,𝑖).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parte | 𝑆𝑖 ± 𝐸𝑆𝑖(cm2) | 𝑥𝐺,𝑖 ± 𝐸𝑥𝐺,𝑖(cm) | 𝑦𝐺,𝑖 ± 𝐸𝑦𝐺,𝑖(cm) | 𝑆𝑖 · 𝑥𝐺,𝑖 ± 𝐸𝑆𝑖·𝑥𝐺,𝑖 (cm3) | 𝑆𝑖 · 𝑦𝐺,𝑖 ± 𝐸𝑆𝑖·𝑦𝐺,𝑖 (cm3) |
| 1 | 85 ± 3 | 8.7 ± 0.2 | 4.0 ± 0.2 | 740 ± 40 | 350 ± 30 |
|  |  |  |  |  |  |
| Total | ∑𝑆𝑖 ± 𝐸𝑟𝑟𝑜𝑟  𝑖 |  |  | ∑𝑆𝑖 ∙ 𝑥𝐺,𝑖 ± 𝐸𝑟𝑟𝑜𝑟  𝑖 | ∑𝑆𝑖 ∙ 𝑦𝐺,𝑖 ± 𝐸𝑟𝑟𝑜𝑟  𝑖 |

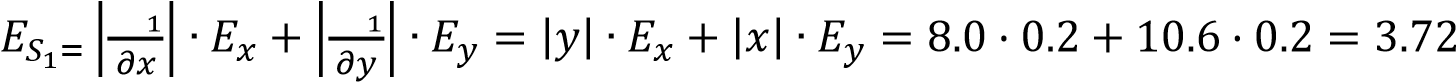
Se deben mostrar los cálculos realizados de todas las partes que sean distintas. Esto es, si hay dos partes con forma circular, solo se mostrarán los cálculos para una de ellas (para no repetir). Los resultados de todos los cálculos se muestran en la tabla 2 anterior. Seguir el ejemplo mostrado para la parte 1 de la siguiente forma:

- Parte 1

Medidas: 𝑥 = 14.0 − 3.4 = 10.6 cm; 𝐸𝑥 = 0.1 + 0.1 = 0.2 cm

𝑦 = 8.0 − 0.0 = 8.0 cm; 𝐸𝑦 = 𝐸𝑥 = 0.2 cm

Superficie: 𝑆1 = 8.0 ∙ 10.6 = 84.8 cm2

 𝜕𝑆 𝜕𝑆 2

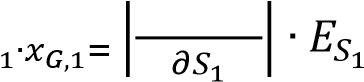
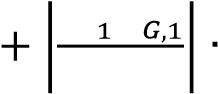
Error en 𝑆1: cm

Expresando el valor con el número de cifras significativas correctas: 𝑆1 = 85 ± 4 cm2

Coordenadas del centro de gravedad: 𝑥𝐺,𝑖 = 3.4 + 10.6/2 = 8.7 cm; 𝐸𝑥𝐺,𝑖 = 0.1 + 0.2/2 = 0.2 cm

𝑦𝐺,𝑖 = 0.0 + 8.0/2 = 4.0 𝑐𝑚; 𝐸𝑦𝐺,𝑖 = 𝐸𝑥𝐺,𝑖 = 0.2 𝑐𝑚

Producto 𝑆𝑖 ∙ 𝑥𝐺,𝑖: 𝑆1 ∙ 𝑥𝐺,1 : = 88 ∙ 8.7 = 739.5 cm3

Error 𝑆𝑖 ∙ 𝑥𝐺,𝑖: 𝐸𝑆 𝜕𝑆1∙𝑥𝐺,1 𝜕𝜕𝑆𝑥∙𝐺𝑥,1 𝐸𝑥𝐺,1 = |𝑥𝐺,1| ∙ 𝐸𝑆1 + |𝑆1| ∙ 𝐸𝑥𝐺,1 = 43.1 cm3

Expresando el valor con el número de cifras significativas correctas: 𝑆1 ∙ 𝑥𝐺,1 = 740 ± 40 cm3

(Con mostrar el cálculo para uno de los productos, 𝑆 ∙ 𝑥𝐺 o 𝑆 ∙ 𝑦𝐺, que no sea nulo es suficiente).

* Cálculo de los sumatorios de las superficies 𝑆𝑖 y de los productos 𝑆𝑖 ∙ 𝑥𝐺,𝑖 y 𝑆𝑖 ∙ 𝑦𝐺,𝑖 junto con sus errores:

𝑆 = ∑ 𝑆𝑖

𝑖

𝐸𝑆 = ∑ 𝐸𝑆𝑖

𝑖

∑ 𝑆𝑖 ∙ 𝑥𝐺,𝑖

𝑖

𝐸 = ∑ 𝐸(𝑆𝑖 ∙ 𝑥𝐺,𝑖)

𝑖

* Utilizando las ecuaciones del apartado 2 se calculan las coordenadas del centro de gravedad de la nave (𝑥𝐺,𝑦𝐺) junto con sus errores.

1. *Resultados y respuestas.*

Las coordenadas del centro de gravedad calculadas de forma teórica para el Enterprise después del combate con la nave Klingon son:

𝑥𝐺 = ± cm

𝑦𝐺 = ± cm

Grabar un vídeo mostrando y comentando que sucede cuando la nave construida en el material que haya seleccionado se apoya exactamente en el centro de gravedad. Indicar un link de dicho vídeo para poder visualizarlo.

1. *Conclusiones.*