

Métodos Numéricos

Teoría 3 - Laboratorio. 3.01

Aplicación de Métodos Numéricos en el mantenimiento del casco en una embarcación marina.

INTEGRANTES:

Oscar Omar Dueñas Delgado - 202120201 - 100%

Nicole Alessandra Mendoza Cangalaya - 202120367 - 100%

Mitsuo Sebastián Murakami Miyahira - 202110237 - 100%

Noé Ananias Paredes Rauraico – 202120423 - 100%

Enma Selene Huayllaquispe Ccaccachahua – 202120287 - 100%

Profesor: Rósulo Perez Cupe

Lima 2023

Table of Contents

1. Introducción.....	2
1.1 Contexto.....	3
1.2 Justificación del proyecto.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación del tema.....	4
1.5 Identificación del problema.....	4
2. Marco teórico.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Palabras clave.....	5
2.3 Fórmulas y modelos utilizados.....	6
2.3.1 Método de la Interpolación.....	6
Método del Spline Cúbico.....	6
2.3.2 Método de Integración Numérica.....	6
Método de Simpson 1/3 Compuesto.....	7

3. Metodología.....	7
3.1 Modelo matemático.....	8
3.1.1 Spline Cúbico Natural.....	9
3.1.2 Método de Simpson 1/3 compuesto.....	12
3.1.3 Otras funciones.....	12
3.3 Recopilación de datos.....	12
3.3.1 Costo de mantenimiento de una embarcación.....	13
3.4 Procesamiento de datos.....	14
4. Resultados y discusión.....	14
4.1 Análisis de los datos obtenidos.....	14
4.2 Discusión de los resultados.....	17
5. Conclusiones.....	17
5.1 Conclusiones generales.....	17
5.2 Limitaciones y posibles mejoras.....	17
6. Referencias bibliográficas.....	17

1. Introducción

La industria marítima juega un papel crucial en el transporte de bienes y personas alrededor del mundo. Para garantizar la seguridad, eficiencia y vida útil de las embarcaciones marinas, el mantenimiento adecuado del casco es de suma importancia. El casco es la estructura esencial de cualquier barco, su integridad y resistencia son fundamentales para el funcionamiento óptimo y la protección contra los rigores del entorno marino.

En esta investigación, se explora la aplicación de métodos numéricos como *spline cúbico* y Integración numérica en el mantenimiento del casco en una embarcación marina. Las embarcaciones marinas son de gran importancia en el comercio mundial, gracias a estas es posible la importación y exportación de productos los cuales son de gran uso en la población. Estas embarcaciones están sometidas a grandes pesos dentro del mar, lo que hace que puedan fallar si no se les hace un buen mantenimiento.

En el mantenimiento de las embarcaciones marinas, es esencial realizar inspecciones periódicas para detectar cualquier tipo de daño o desgaste en el casco, ya que este es el elemento que asegura la flotabilidad y estabilidad de la nave. La falta de mantenimiento del casco de una embarcación marina puede resultar en la disminución de su vida útil, aumentar los costos de reparación y poner en riesgo la seguridad de los tripulantes. Es por ello que, las inspecciones periódicas y el mantenimiento preventivo son vitales para asegurar su correcto funcionamiento y seguridad. En este sentido, una de las actividades más importantes en el mantenimiento del casco es el granallado y la pintura, ya que garantiza su protección contra corrosión, osmosis, y otros efectos del agua de mar.

Este proceso de granallado y pintura es costoso y requiere una medición precisa del área transversal del casco del barco, para determinar la cantidad de material necesario y el costo asociado. La medición de esta área puede ser compleja debido a la forma irregular del casco, lo que dificulta la obtención de una medida precisa.

En este contexto, la utilización de métodos numéricos para obtener una estimación precisa del área transversal del casco es una alternativa eficiente y precisa. Además, permite realizar simulaciones y análisis de diferentes situaciones, lo que permite optimizar los recursos y reducir los costos asociados de granallado y pintura del casco de una embarcación marina.

1.1 Contexto

¿Alguna vez te has preguntado por qué los barcos muy corroídos no están en el mar? o ¿Por qué no navegan y realizan su trabajo en el mar? ¿Es costoso renovar el estado de un barco? ¿Hay alguna manera de prevenir la corrosión? Los barcos tienen una parte sumergida en el agua marítima que es más propensa a la corrosión y debe ser renovada para garantizar la seguridad de la tripulación. Todos los barcos están expuestos a diferentes tipos de agresiones, como la corrosión, por lo que es importante mantener limpias y sin imperfecciones las áreas en contacto con el mar.

Mantener el barco libre de imperfecciones, especialmente en la parte sumergida, tiene ventajas que mejoran su funcionamiento. Por otro lado, si no se cuida adecuadamente, se produce un aumento en la rugosidad superficial, lo que provoca una pérdida de velocidad y un mayor consumo de combustible para mantenerla, además de la adhesión de organismos que aceleran el deterioro del casco.

Ahora sabemos que es importante mantener el barco en buen estado, pero ¿cuánto cuesta hacerlo y cómo se puede calcular el área para estimar los gastos necesarios? Aunque sería ideal hacerlo mediante funciones e integración, en la realidad resulta más complicado.

1.2 Justificación del proyecto

El mantenimiento adecuado del casco de una embarcación marina es crucial para asegurar su eficacia y durabilidad. La exposición al agua salada, la corrosión, el desgaste mecánico y la acumulación de organismos marinos pueden causar daños importantes en el casco de una embarcación, sobre todo si ésta transporta grandes cantidades de peso y recorre largas distancias, lo que a su vez puede afectar su navegabilidad y seguridad.

Para realizar el mantenimiento del casco, es necesario medir el área transversal del mismo con el fin de determinar los costos de pintura y granallado del casco. Sin embargo, la forma irregular del casco dificulta esta tarea, y es aquí donde la aplicación de métodos numéricos como el spline cúbico y la Integración numérica.

La aplicación de los métodos numéricos en la determinación del área transversal del casco de una embarcación marina es de gran importancia, ya que permiten obtener estimaciones precisas y confiables del área de superficie, lo que a su vez facilita la planificación y optimización del mantenimiento de la embarcación.

Además, el estudio de los métodos numéricos en el contexto del mantenimiento del casco de una embarcación marina tiene una amplia gama de aplicaciones en el campo de la ingeniería naval, así como en otros campos donde se requiere la medición de áreas irregulares y superficies complejas.

Por lo tanto, el estudio de los métodos numéricos para la estimación del área transversal del casco de una embarcación marina es de gran importancia en la ingeniería naval, y su aplicación tiene un impacto directo en la seguridad, durabilidad y eficacia de las embarcaciones marinas, así como en la optimización de los costos asociados al mantenimiento de estas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es emplear el manejo de métodos numéricos para obtener una estimación del área transversal del casco de una embarcación marina, la cual permitirá reducir los costos de mantenimiento en la embarcación.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer la correlación entre los conceptos matemáticos y las problemáticas en el mantenimiento de una embarcación marina.
- Generar los puntos para la interpolación, con ayuda de las dimensiones y características del casco. A través de los puntos obtenidos podremos implementar la interpolación en MATLAB para la obtención precisa del área transversal del casco de una embarcación marina.
- Utilizar el Spline cúbico natural para aproximar las mediciones transversales del casco de una embarcación marina, para ello, requerimos crear una curva suave que represente la forma del casco y de ese modo reduciremos el error en la aproximación del área transversal del casco.
- Utilizar la Integración Numérica para determinar el área bajo la curva con ayuda del método numérico, Simpson $\frac{1}{3}$ compuesto.
- Utilizar la estimación del área transversal del casco para determinar los costos asociados al granallado y la pintura del casco, y evaluar su impacto en la planificación del mantenimiento de la embarcación.

1.4 Justificación del tema

El tema del proyecto fue elegido de manera colaborativa para asegurar que todos estuviéramos de acuerdo e interesados en él. Decidimos abordar el tema del "Mantenimiento del casco en una embarcación marina" debido a nuestra afinidad por los cursos de Física 1 y Gestión de Costo. Estos cursos nos proporcionaron conocimientos sobre la relación entre la energía y las fuerzas externas, como la fricción, y entendimos que a medida que aumentan las fuerzas en contra del movimiento, se requiere más energía para mover la embarcación. Además, nos interesó el curso de Gestión de Costo, que nos enseñó la importancia de los costos. En este caso, no renovar el casco de la embarcación resultaría en un alto costo debido al consumo de gasolina, mientras que realizar el mantenimiento beneficiaría a la embarcación en todos los aspectos.

1.5 Identificación del problema

El problema que enfrentamos en el proyecto se encuentra en el estado del casco de la embarcación, especialmente si está corroído, ya que esto resulta en un aumento en el consumo de gasolina necesario para mantener la velocidad deseada por el operario. Por esta razón, utilizamos el cálculo de área para estimar el costo de la renovación del casco y así asegurar su eficiencia en el trabajo.

2. Marco teórico

2.1 Antecedentes

El mantenimiento del casco en una embarcación marina es esencial para garantizar su seguridad y eficiencia. A lo largo del tiempo, se han desarrollado distintas técnicas y prácticas para mantener el casco en buenas condiciones. En el pasado, las embarcaciones se construían principalmente con madera, lo cual implicaba reparar y reemplazar tablones dañados, además de aplicar sustancias protectoras como alquitrán o aceite para prevenir la pudrición y el ataque de organismos marinos. Con el avance tecnológico y la utilización de materiales más resistentes, como el acero y el aluminio, los métodos de mantenimiento del casco

también han evolucionado. Se han implementado técnicas de limpieza y pintura para proteger el casco de la corrosión y el deterioro causado por el agua salada. En la actualidad, el mantenimiento del casco en embarcaciones marinas se lleva a cabo de manera integral y regular. Esto incluye inspecciones periódicas para detectar daños o corrosión, limpieza y eliminación de incrustaciones marinas, reparaciones y aplicación de recubrimientos protectores. Además, se utilizan métodos avanzados, como la granalladora, para eliminar las capas deterioradas y preparar la superficie antes de aplicar nuevos revestimientos.

2.2 Palabras clave

Barco: barco es todo cuerpo flotante de forma simétrica respecto de un plano longitudinal vertical, llamado plano de crujía, provisto de medios de propulsión y gobierno, que reúne las siguientes condiciones: Flotabilidad Rigidez o resistencia Estanqueidad Capacidad de carga Estabilidad Gobernabilidad Movilidad

Casco: el casco de un barco, como se adelantaba en la introducción, es el vaso o forro externo que envuelve e impermeabiliza su estructura formando el armazón. Es lo que mantiene a flote y da estabilidad a la embarcación en el agua.

Corrosión: la corrosión es el proceso natural por el cual todos los metales tienden a volver a su estado oxidado, que es la forma más estable en la que se encuentran en la naturaleza. Se requiere una gran cantidad de energía para extraer los metales de sus minerales, pero una vez que el metal puro entra en contacto con el entorno, comienza a oxidarse. La corrosión se puede describir como la degradación y destrucción de un material metálico debido a su reacción química con el medio ambiente. Estas reacciones de corrosión son en realidad reacciones de oxidación y reducción que ocurren dentro de una celda de corrosión. Estas celdas se forman cuando hay una pequeña diferencia de potencial entre diferentes áreas de la superficie metálica, lo que resulta en el flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo.

Granallado: el granallado es el proceso de eliminar la pintura vieja, el óxido y otras impurezas de la superficie del casco utilizando una técnica de proyección de partículas abrasivas. Se utiliza maquinaria especializada para aplicar una corriente de partículas abrasivas, como granalla de acero, sobre la superficie del casco. Esto ayuda a eliminar las capas deterioradas de pintura, corrosión y otros contaminantes, dejando una superficie limpia y preparada para la siguiente etapa.

Pintura: una vez que la superficie del casco está preparada, se procede a aplicar la pintura. Esto incluye la aplicación de capas de imprimación o recubrimientos anticorrosivos, seguidos de capas de pintura protectora y finalmente una capa de acabado. La elección de los productos de pintura adecuados es crucial para garantizar una protección duradera contra la corrosión, los agentes marinos y otros factores ambientales adversos.

Eficiencia: se entiende que la eficiencia se da cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo. O, al contrario, cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos. Por ejemplo: se es eficiente cuando en 12 horas de trabajo se hacen 100 unidades de un determinado producto.

Buque: un buque es un flotador o vehículo flotante destinado a navegar por el espacio marítimo, para lo que debe reunir unas condiciones específicas de solidez; de estanqueidad; de flotabilidad; de estabilidad; de velocidad; así como de gobernabilidad.

Flotabilidad: la flotabilidad es la capacidad de un cuerpo para sostenerse dentro de un fluido. Flotabilidad, o empuje hacia arriba es una fuerza ascendente ejercida por un fluido que se opone al peso de un objeto parcial o totalmente sumergido.

2.3 Fórmulas y modelos utilizados

2.3.1 Método de la Interpolación

La interpolación es un concepto fundamental en los métodos numéricos que se utiliza para estimar valores desconocidos o no tabulados dentro de un conjunto de datos conocidos. Es una técnica que permite construir una función aproximada a partir de puntos discretos conocidos y, a través de esta función, estimar los valores que faltan o no se tienen directamente.

Los métodos de interpolación son ampliamente utilizados en diversas áreas, como en ciencias e ingeniería, para hacer predicciones o encontrar valores intermedios en una serie de datos.

Método del Spline Cúbico

Es un método matemático utilizado para construir nuevos puntos dentro de los límites de un conjunto de puntos previamente conocidos. Es un método de interpolación que minimiza la curvatura general de la superficie que se va utilizar, lo que tiene como resultado una superficie suave que pasa por los puntos deseados.

Una función $S(x)$ es un spline de grado 3 (spline cúbico) definido en el intervalo $[a; b]$

La forma de cada Spline Cúbico para cada subintervalo es:

- $S_k(x) = a_k(x - x_k)^3 + b_k(x - x_k)^2 + c_k(x - x_k) + d_k$ donde $x \in [x_k; x_{k+1}]$ y $k = 0, 1, 2, \dots, n - 1$
- n es el número de subintervalos.
- Si $S''(x_0) = S''(x_n) = 0$ se denomina el Spline Cúbico Natural.

Un spline cúbico S es una función a trozos que interpola a f en los $n + 1$ puntos

$(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ (con $a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$). S está definido en el intervalo $[a; b]$ de la siguiente manera:

$$S(x) = \begin{cases} S_0(x) & \text{si } x \in [x_0, x_1] \\ S_1(x) & \text{si } x \in [x_1, x_2] \\ \vdots & \\ S_{n-1}(x) & \text{si } x \in [x_{n-1}, x_n] \end{cases}$$

Que cumple las siguientes condiciones:

- $S_k(x) = a_k(x - x_k)^3 + b_k(x - x_k)^2 + c_k(x - x_k) + d_k$ donde $x \in [x_k; x_{k+1}]$ y $k = 0, 1, 2, \dots, n - 1$. n es el número de subintervalos.
- $S(x_k) = y_k$, para toda $k = 0, 1, 2, \dots, n$
- $S(x)$ es continua en $[a; b]$. Es decir: $S_k(x_{k+1}) = S_{k+1}(x_{k+1})$ para $k = 0, 1, 2, \dots, n - 2$.
- $S'(x)$ es continua en $[a; b]$. Es decir: $S'_k(x_{k+1}) = S'_{k+1}(x_{k+1})$ para $k = 0, 1, 2, \dots, n - 2$.
- $S''(x)$ es continua en $[a; b]$. Es decir: $S''_k(x_{k+1}) = S''_{k+1}(x_{k+1})$ para $k = 0, 1, 2, \dots, n - 2$.

2.3.2 Método de Integración Numérica

La integración numérica es una estrategia empleada para obtener una estimación del valor de una integral de una función que no puede ser resuelta mediante métodos analíticos. Para llevar a cabo la integración

numérica en el intervalo cerrado $[a, b]$, se emplean dos métodos principales: la Regla del Trapecio y la Regla de Simpson. Esta técnica es utilizada por diversas razones, siendo la principal la incapacidad de resolver la integral de manera analítica. Es decir, aquellas integrales que requerirían un profundo conocimiento y dominio de matemáticas avanzadas pueden ser tratadas de forma más sencilla mediante métodos numéricos.

Incluso existen funciones que son integrables, pero cuyas primitivas no pueden ser calculadas, lo que confiere una gran importancia a la integración numérica en estos casos. Mientras que la solución analítica de una integral proporciona un resultado exacto, la solución numérica nos brinda una aproximación. Sin embargo, el error de esta aproximación, que depende del método utilizado y de la precisión con la que se aplique, puede ser tan pequeño que las primeras cifras decimales del resultado numérico sean idénticas a las de la solución analítica.

Método de Simpson 1/3 Compuesto

Este método se basa en la técnica de los trapecios curvilíneos para aproximar el cálculo del área plana debajo de una curva, utilizando interpolación con una función cuadrática.

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{6} [f(a) + 4f(\frac{a+b}{2}) + f(b)]$$

Se denomina aproximación simple ya que utiliza un solo polinomio y requiere el conocimiento de tres puntos equiespaciados: los extremos y un punto central. Al utilizar más puntos intermedios, se puede definir la variante compuesta del método, que utiliza N puntos que corresponden a $n = N - 1$ subintervalos. Esta variante requiere que la cantidad de subintervalos sea par (ya que la aproximación simple utiliza dos puntos, este debe ser un múltiplo). Se define un valor h que corresponde al ancho del subintervalo o el espacio entre puntos, que se calcula como $h = (b - a) / n$. Finalmente, la aproximación del área se calcula como la suma de los valores de la función en los puntos impares y pares, respectivamente, sin contar los extremos. El factor de 4 en los puntos impares se debe a la fórmula de Simpson 1/3 simple para los puntos intermedios y el factor de 2 en los puntos pares se debe a que ese punto es compartido por los trapecios curvilíneos adyacentes.

Regla de Simpson 1/3 compuesta

$$I \approx \frac{h}{3} (f(x_0) + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{i=2,4,6}^{n-2} f(x_i) + f(x_n))$$

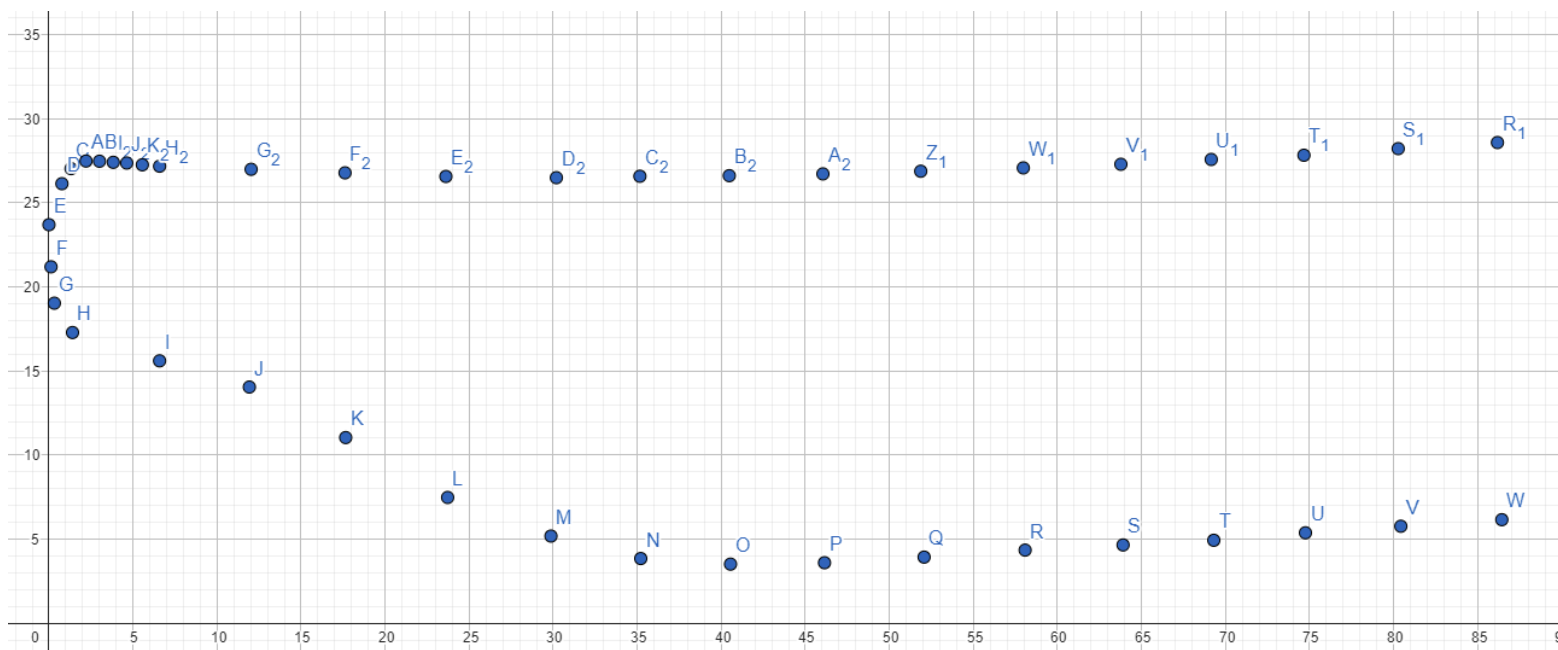
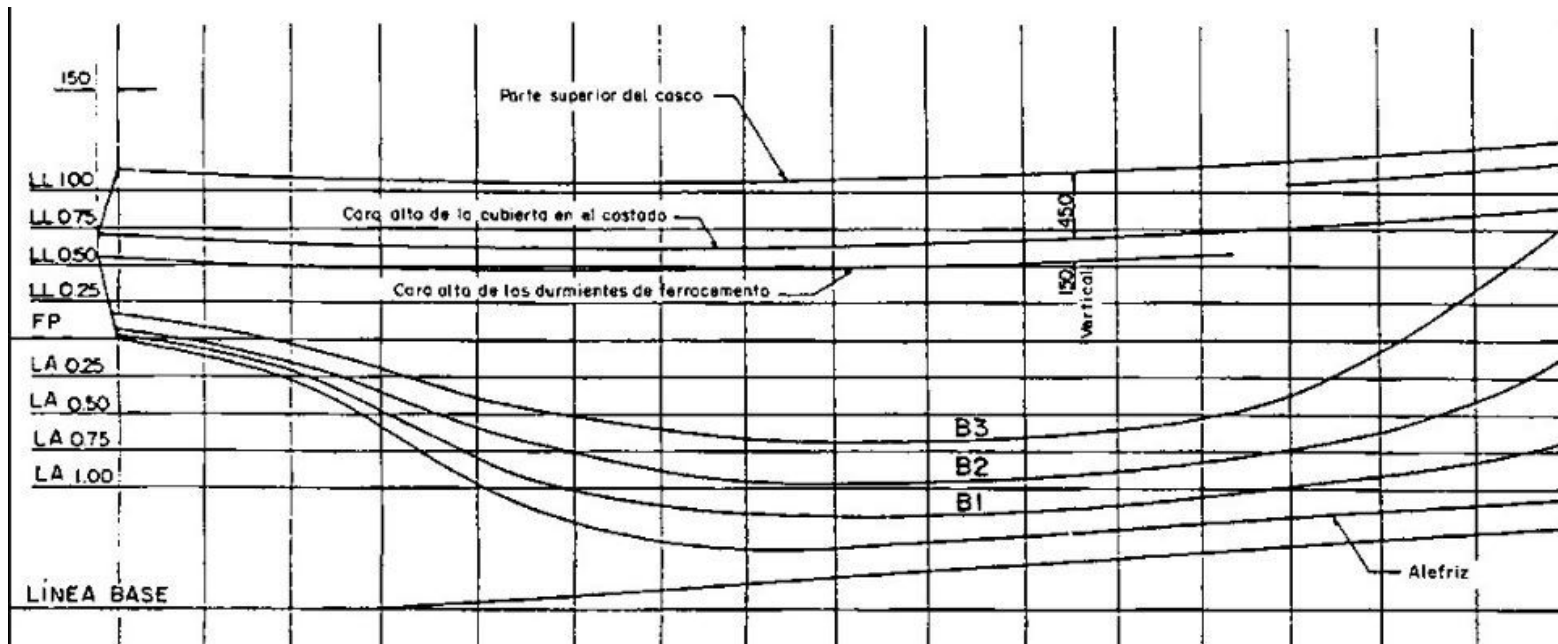
Donde: $h = \frac{b-a}{n}$ es el tamaño de paso

Las sumatorias en los puntos impares y pares, excluyendo los extremos, representan los valores de la función. Los puntos impares tienen un factor de 4 debido a la fórmula de Simpson 1/3 simple para los puntos intermedios, mientras que los puntos pares tienen un factor de 2 porque se comparten entre los trapecios curvilíneos adyacentes.

3. Metodología

3.1 Modelo matemático

Utilizaremos puntos para realizar la gráfica de manera transversal de la embarcación. Dividimos en dos partes la gráfica para hallar el área bajo la curva y luego encontrar el área dentro de las mismas.



% Datos a utilizar

X1 = [0.000000082486 1.269872724813 1.997630899801 2.907479738448 3.844761205396 4.702707267272

Y1 = [23.69913485 17.23305328533 16.47626826341 16.26595144645 16.08306725778 15.92555589586 15.76555589586

X2 = [0.000000082486 0.7722225372 1.314122010798 2.206070930997 3.006129858024 3.827523689771 4.648923689771

Y2 = [23.69913485 26.13935809 27.03538092331 27.48580605272 27.47513860036 27.41113388620 27.34113388620

3.1.1 Spline Cúbico Natural

Diseño del Spline Cúbico Natural en Matlab:

```
% Llamar a la función splinenatural con tus datos
[S1,S2] = splinenatural1(X1, Y1, X2, Y2);
```

Unrecognized function or variable 'splinenatural1'.

```
xlim([-5 125])
ylim([0 35])

%PARA X1 Y1
% Llamar a la función splinenatural con los datos modificados
splinenatural(X1, Y1);

% Definir la función a integrar (en este caso, la curva interpolada)
f1 = @(x) spline(X1, Y1, x); % Utilizamos la función spline de MATLAB

% Definir los límites de integración
a1 = min(X1);
b1 = max(X1);

% Definir el número de segmentos
n1 = 1000; % Aumenta este valor para una mayor precisión

% Calcular el área utilizando la regla de Simpson 1/3 compuesta
I = simpsonC(f1, a1, b1, n1);

fprintf('El área bajo la curva es: %.2f\n', I);

%PARA X2 Y2

% Llamar a la función splinenatural con los datos modificados
splinenatural(X2, Y2);

% Definir la función a integrar (en este caso, la curva interpolada)
f2 = @(x) spline(X2, Y2, x); % Utilizamos la función spline de MATLAB

% Definir los límites de integración
a2 = min(X2);
b2 = max(X2);

% Definir el número de segmentos
n2 = 1000; % Aumenta este valor para una mayor precisión

% Calcular el área utilizando la regla de Simpson 1/3 compuesta
I = simpsonC(f2, a2, b2, n2);

fprintf('El área bajo la curva es: %.2f\n', I);
```

```
fprintf('Área de la cara frontal del casco es: %.2f\n',3356.53-984.72);
```

```
% Graficar el área
```

```
colorearArea(X1, Y1, X2, Y2)
```

```
function S = splinenatural(X, Y) % Para un polinomio
```

```
    N = length(X) - 1;
```

```
    H = diff(X);
```

```
    E = diff(Y) ./ H;
```

```
    diagprinc = 2 * (H(1:N-1) + H(2:N));
```

```
    diagsupinf = H(2:N-1);
```

```
    g0 = 0;
```

```
    gn = 0;
```

```
    A = diag(diagprinc) + diag(diagsupinf, 1) + diag(diagsupinf, -1);
```

```
    b = 6 * diff(E');
```

```
    g = A \ b;
```

```
    g = [g0; g; gn];
```

```
    S = zeros(N, 4);
```

```
    for i = 1:N
```

```
        S(i, 1) = (g(i+1) - g(i)) / (6 * H(i));
```

```
        S(i, 2) = g(i) / 2;
```

```
        S(i, 3) = E(i) - H(i) * (g(i+1) + 2 * g(i)) / 6;
```

```
        S(i, 4) = Y(i);
```

```
        xx = linspace(X(i), X(i+1), 1000); % Aumenta el número de puntos para una gráfica más s
```

```
        yy = S(i, 1) * (xx - X(i)).^3 + S(i, 2) * (xx - X(i)).^2 + S(i, 3) * (xx - X(i)) + S(i,
```

```
        plot(xx, yy), hold on
```

```
    end
```

```
% Ajusta el rango del eje x para aumentar el ancho de la gráfica
```

```
x_min = min(X);
```

```
x_max = max(X);
```

```
x_range = x_max - x_min;
```

```
x_padding = x_range * 0.1; % Ajusta el factor de padding según tus preferencias
```

```
% Ampliar el eje x utilizando axis
```

```
axis([x_min - x_padding, x_max + x_padding, min(Y), max(Y)]);
```

```
grid on, hold off
```

```
end
```

```
function [S1,S2] = splinenatural2(X1, Y1, X2, Y2) % Para dos polinomios
```

```
% 1
```

```
N1 = length(X1) - 1;
```

```
H1 = diff(X1);
```

```
E1 = diff(Y1) ./ H1;
```

```

diagprinc1 = 2 * (H1(1:N1-1) + H1(2:N1));
diagsupinf1 = H1(2:N1-1);
g01 = 0;
gn1 = 0;
A1 = diag(diagprinc1) + diag(diagsupinf1, 1) + diag(diagsupinf1, -1);
b = 6 * diff(E1');
g1 = A1 \ b;
g1 = [g01; g1; gn1];
S1 = zeros(N1, 4);

% 2
N2 = length(X2) - 1;
H2 = diff(X2);
E2 = diff(Y2) ./ H2;
diagprinc2 = 2 * (H2(1:N2-1) + H2(2:N2));
diagsupinf2 = H2(2:N2-1);
g02 = 0;
gn2 = 0;
A2 = diag(diagprinc2) + diag(diagsupinf2, 1) + diag(diagsupinf2, -1);
b2 = 6 * diff(E2');
g2 = A2 \ b2;
g2 = [g02; g2; gn2];
S2 = zeros(N2, 4);

% 1
for i = 1:N1
    S1(i, 1) = (g1(i+1) - g1(i)) / (6 * H1(i));
    S1(i, 2) = g1(i) / 2;
    S1(i, 3) = E1(i) - H1(i) * (g1(i+1) + 2 * g1(i)) / 6;
    S1(i, 4) = Y1(i);
    xx1 = linspace(X1(i), X1(i+1), 1000); % Aumenta el número de puntos para una gráfica ma
    yy1 = S1(i, 1) * (xx1 - X1(i)).^3 + S1(i, 2) * (xx1 - X1(i)).^2 + S1(i, 3) * (xx1 - X1(i)) + S1(i, 4);
    plot(xx1, yy1, 'r'), hold on
end

%2
for i = 1:N2
    S2(i, 1) = (g2(i+1) - g2(i)) / (6 * H2(i));
    S2(i, 2) = g2(i) / 2;
    S2(i, 3) = E2(i) - H2(i) * (g2(i+1) + 2 * g2(i)) / 6;
    S2(i, 4) = Y2(i);
    xx2 = linspace(X2(i), X2(i+1), 1000); % Aumenta el número de puntos para una gráfica ma
    yy2 = S2(i, 1) * (xx2 - X2(i)).^3 + S2(i, 2) * (xx2 - X2(i)).^2 + S2(i, 3) * (xx2 - X2(i)) + S2(i, 4);
    plot(xx2, yy2, 'b'), hold on
end

% Ajusta el rango del eje x para aumentar el ancho de la gráfica
x_min = min(X1);
x_max = max(X1);
x_range = x_max - x_min;

```

```

x_padding = x_range * 0.1; % Ajusta el factor de padding según tus preferencias

% Ampliar el eje x utilizando axis
axis([x_min - x_padding, x_max + x_padding, min(Y1), max(Y1)]);

grid on, hold off
end

```

3.1.2 Método de Simpson 1/3 compuesto

```

function I = simpsonC(f, a, b, n)
    h = (b - a) / n;
    x = a:h:b;
    xpar = x(2:2:length(x)-1); % Serán multiplicados por 4
    ximpar = x(3:2:length(x)-2); % Serán multiplicados por 2
    I = (h / 3) * (f(a) + 4 * sum(f(xpar)) + 2 * sum(f(ximpar)) + f(b));
end

```

3.1.3 Otras funciones

```

function colorearArea(X1, Y1, X2, Y2)
    % Verificar si las longitudes de los vectores son iguales
    if length(X1) ~= length(Y1) || length(X2) ~= length(Y2)
        error('Los vectores de entrada deben tener la misma longitud.');
```

```

end

% Crear una figura y configurar los ejes
figure;
hold on;
xlim([min([X1, X2]), max([X1, X2])]);
ylim([min([Y1, Y2]), max([Y1, Y2])]);

% Graficar las curvas X1 Y1 y X2 Y2
plot(X1, Y1, 'b');
plot(X2, Y2, 'r');

% Calcular el área bajo las curvas
area1 = trapz(X1, Y1);
area2 = trapz(X2, Y2);
areaTotal = area2 - area1;

% Crear un polígono que representa el área entre las curvas
x = [X2, fliplr(X1)];
y = [Y2, fliplr(Y1)];
fill(x, y, 'g', 'FaceAlpha', 0.3);

hold off;
end

```

3.3 Recopilación de datos

3.3.1 Costo de mantenimiento de una embarcación

Datos recopilados de la Empresa SIM (Servicios industriales de la Marina)

Sima Perú, fundada en el año 1950, empresa pública dedicada a fomentar y desarrollar en lo que es la industria naval e industrias relacionadas, dando importancia a la reparación y construcción de los buques de la Marina de guerra del Perú, y también todos los trabajos que estén relacionados con los mantenimientos de sus equipos.

Para realizar el mantenimiento de la siguiente embarcación se dará mediante 3 etapas, las cuáles son los siguientes:

1. Primera capa de pintura.
2. Segunda capa de pintura.
3. Tercera capa de pintura.

Para obtener el costo de mantenimiento usaremos las ratios de una empresa llamada SIMA, a continuación, mostraremos las ratios que se van a usar:

Primera capa de pintura :

N°	Actividades						Tiempo(HR/m²)	supervisor tratamiento de superficie (25%)	Arenador Pintor Técnico (Jefe de Grupo)	Arenador Pintor Maestro	Arenador Pintor Maestro (Maniobrista)	Operador de máquina Maestro (Tolero)	N° Trab	HH/m²	Grupos				
Actividades preliminares																			
1	Preparación e instalación de Equipos	X					0.0005	1	0.0001	1	0.0005	4	0.002	2	0.001	4	0.002	12	0.0058
Pintado de casco																			
2	Pintado de casco (UV-	X					0.0032	1	0.0008	1	0.0032	4	0.0128	2	0.0064	4	0.0128	12	0.036
Actividades adicionales																			
3	Desinstalación y traslado de equipos de	X					0.0005	1	0.0001	1	0.0005	4	0.002	2	0.001	4	0.002	12	0.0058
TOTAL		3	0	0	0	0	0.0042	0.001	0.0042	0.0168	0.0084	0.0168	12	0.0476					

Imagen 2 : Fuente propia

El proceso de la primera capa de pintura requiere de un personal de 12 trabajadores. La aplicación de capa de pintura por trabajador demora 0.0475 horas por metro cuadrado, pero nuestra embarcación tiene 2371.81 metros cuadrados, entonces tendremos 112.660975 horas trabajadas. Como cada trabajador cobra 55 dólares por jornada laboral, la cual contiene unas 8 horas de trabajo, entonces para las 112.660975 horas se cobrará 774.5442031 dólares.

El costo total para la primera capa de pintura se calcula con la multiplicación de los 12 trabajadores que operan durante 112.660975 horas, la cual se paga 774.5442031 dólares. Entonces, la operación nos da como resultado la cantidad total de 9294. 530437 dólares .

Segunda capa de pintura:

Este proceso se repite lo mismo que en la primera aplicación de capa de pintura, es decir, tendremos el mismo costo, el cual es 9294.530437.

Tercera capa de pintura:

Este proceso repite la misma información que en la aplicación de la primera y segunda capa, es decir, se tendrá como costo la suma total de 9294.530437.

Costo del material

Para el costo de la pintura como material principal se guiará de la siguiente tabla:

Estimación de costos											
Materiales	P. Acero Naval	1.100	US\$/ TM	3,098,387.21	US\$	Mano de obra	Calderería pesada	55	US\$	5,165,641.16	US\$
	P. Acero especial	1,200	US\$/ TM	441,003.02	US\$		Calderería Liviana	55	US\$	363,713.83	US\$
	Perfiles	1,650	US\$/ TM	1,841,301.28	US\$		Tuberías	55	US\$	87,291.32	US\$
	Óxigeno	1.8	US\$/ m*3	357,100.85	US\$		Instalaciones	55	US\$	1,238,083.55	US\$
	Acetileno	6	US\$/ Kg	357,100.85	US\$		Pintura (inicial)	55	US\$	838,223.10	US\$
	Soldadura	3,500	US\$/ TM	859,273.93	US\$		Pintura (final)	55	US\$	628,667.33	US\$
	Tubos	3,500	US\$/ TM	123,993.35	US\$		Acomodación	Global		3,000,000.00	US\$
	Pinturas	3,500	US\$/ m*2	1,066,829.40	US\$		Promedio	55	US\$		

Imagen 3: Fuente propia

Según la tabla el costo de pintura por metro cuadrado es de 3.5 dólares. Como nuestra embarcación tiene 2371.81 metros cuadrados, el coste de pintura nos saldría 8301.335.

Calculando el costo de mantenimiento :

El costo total será la suma de las 3 capas de pintura y el coste de la pintura. Lo cual nos da como resultado que se pagará 36184.92631 dólares por el costo de mantenimiento de la embarcación marina cuya área es de 2371.81 metros cuadrados.

3.4 Procesamiento de datos

Para el modelado del casco de la embarcación tomamos puntos como referencia de un gráfico de líneas de una embarcación, el cual los añadimos a geogebra para luego tomar las coordenadas correspondientes. Estas coordenadas las dividimos en dos partes para tomar el área bajo la curva y de esa manera calcular el área general del casco.

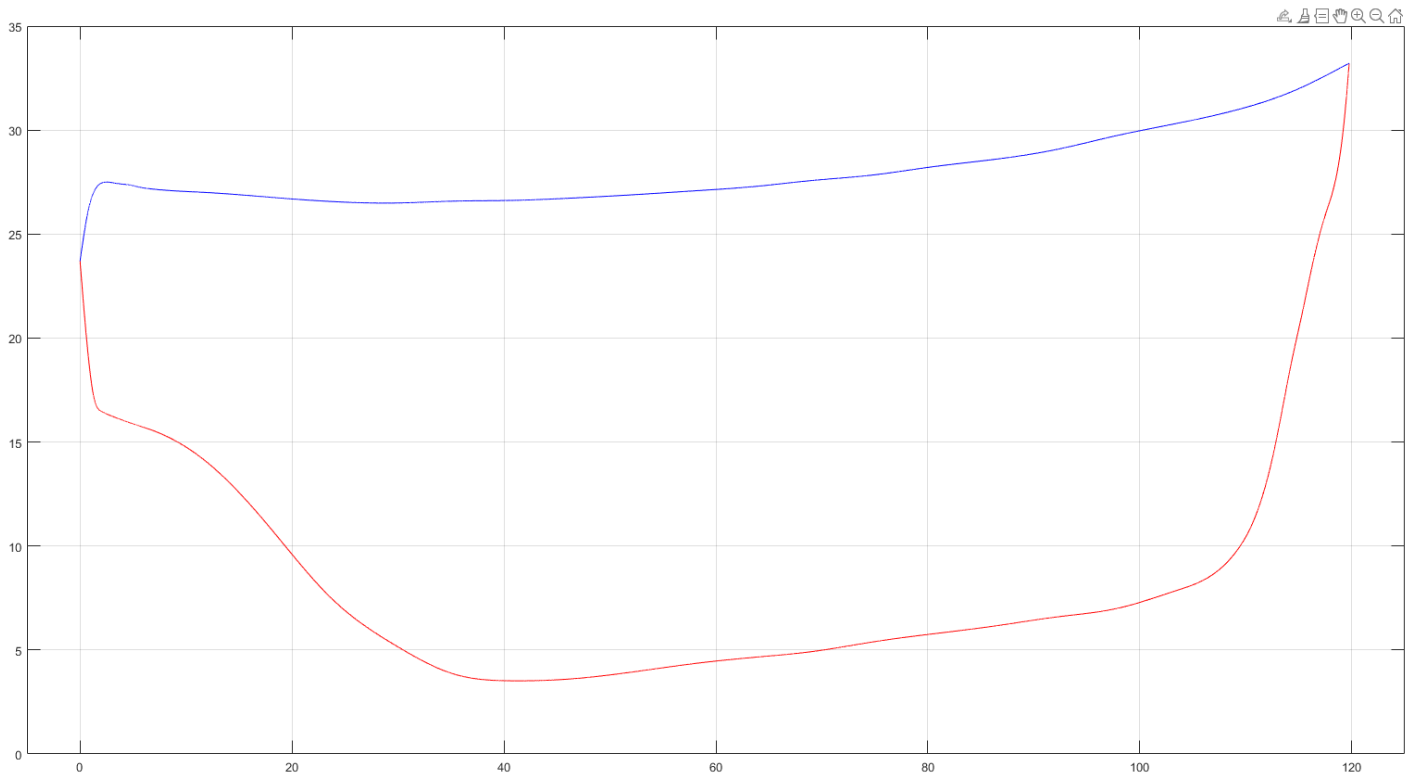
El área total del casco de la embarcación será el doble de los resultados que obtuvimos, debido a que solo calculamos el área transversal de una cara.

El costo de pintura para un barco de las dimensiones que tomamos resulta de multiplicar el área que tenemos por la cantidad de pintura por metro cuadrado que se debe usar.

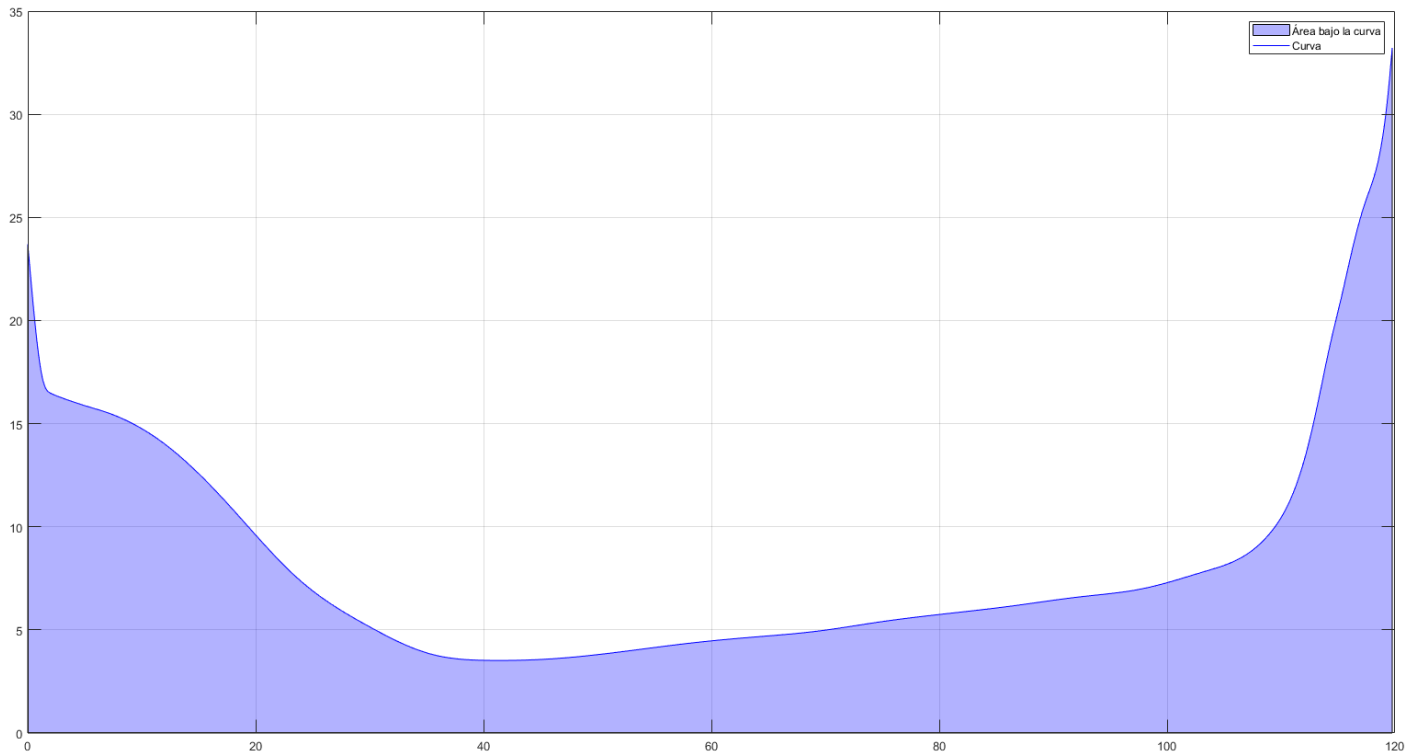
4. Resultados y discusión

4.1 Análisis de los datos obtenidos

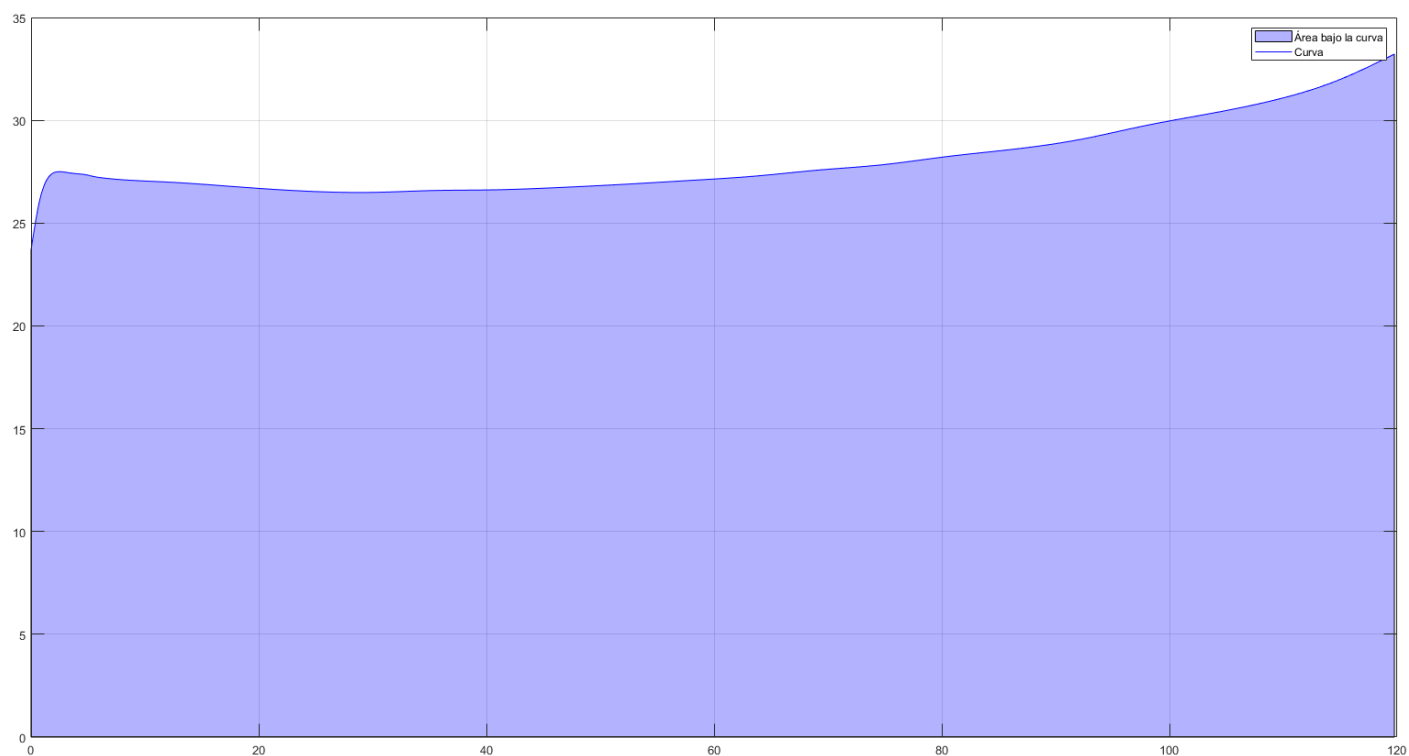
A través de los puntos que tomamos generamos las curvas que nos servirán para obtener el área general del perfil del casco. Esta para allarla la dividimos en dos partes para así calcular el área bajo la curva de cada una de ellas, luego restarlas y hallar el área que requerimos.



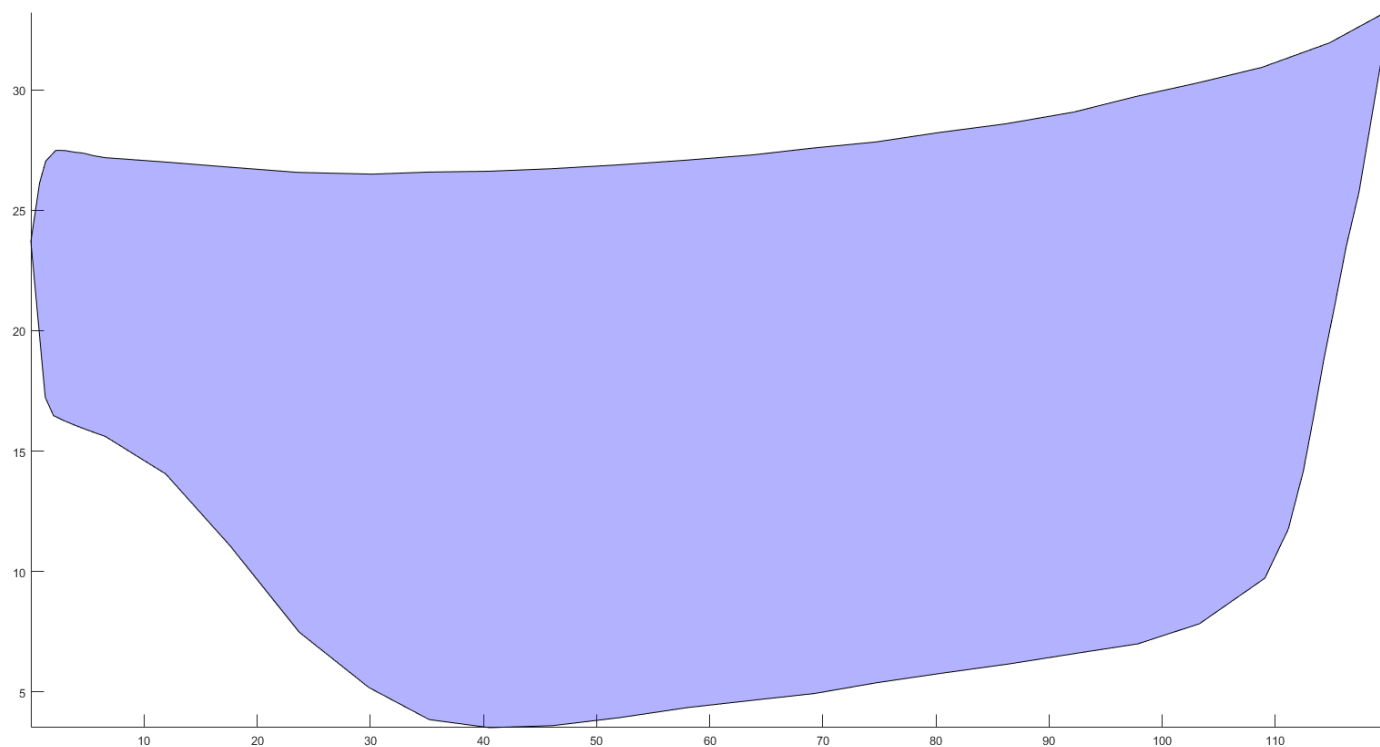
Calculamos el área debajo de la curva roja la cual nos da 985.13 m^2



Calculamos el área debajo de la curva azul la cual nos da 3356.53 m²



Calculamos al area del perfil de la envarcacion, para ello restamos el area de la linea azul con el area de la linea roja, esta nos da 2371.81 m²



Como nuestro cálculo se basó en el perfil de solo una cara, la replicamos para encontrar el área total del casco, el cual saldría 4743.62 m²

4.2 Discusión de los resultados

El cálculo del área realizada es una aproximación real del área de un barco. Esto se debe a las medidas que tomamos y a los métodos numéricos que usamos para modelar. Además, los costos de mantenimiento de todo el barco pueden ser mayores o menores según la situación del margen de error. Los costos de mantenimiento pueden ser más altos según el tipo de embarcación, las capas y el acabado.

5. Conclusiones

5.1 Conclusiones generales

- Se lograron aplicar los conceptos matemáticos en la práctica al realizar una medición del área del casco de una embarcación marina mediante Interpolación e Integración Numérica, con sus métodos numéricos de Spline Cúbico Natural e Simpson $\frac{1}{3}$ compuesto, respectivamente. Obteniendo como resultado una estimación aproximada del área en metros cuadrados.
- Se halló que el área del casco de la embarcación es “ÁREA”, la cual nos permite saber la cantidad aproximada de pintura que será utilizada en el proceso de mantenimiento.
- Se calculó que el costo total del pintado de la embarcación marina cuya área sería de “ÁREA” y utilizando los costos obtenidos por la empresa SIMA es de “PRECIO” soles.

5.2 Limitaciones y posibles mejoras

Las limitaciones que nos encontramos al calcular el área total del casco es que es un modelo tridimensional el que se debe calcular tomando en cuenta la profundidad. Es por ello que se halló el área de un lado en dos dimensiones. Para mejorar este proyecto podríamos modelar el casco del barco en tres dimensiones, de este modo obtendremos un error más pequeño.

6. Referencias bibliográficas

Suisca Group. Mantenimiento del casco

de buque. <https://www.suiscagroup.com/es/noticias/mantenimiento-del-casco-de-buque/>

#:~:text=Por%20el%20simple%20hecho%20de,eficiente%20y%20con%20menos%20fricci%C3%B3n.

Club Náutico Campello. 2021. *La importancia de un correcto mantenimiento de tu embarcación*. <https://www.cncampello.com/2021/02/11/la-importancia-de-un-correcto-mantenimiento-de-tu-embarcacion/>

Caste, J. 2014. Integración numérica. <https://esimecuanalisisnumerico.wordpress.com/2014/05/05/integracion-numerica/>

Mihai & Laslo. 2019. *New interpolation paradigm for the design of ship profile*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1297/1/012022#back-to-top-target>

Redacción Gestión. (2013, April 16). *SIMA requiere de un socio para construir dique de US\$ 200 millones*. Gestión; Gestión. <https://gestion.pe/economia/sima-requiere-socio-construir-dique-us-200-millones-36171-noticia/>

REQUISITOS Y TÉCNICAS DEL TRAZADO DE GÁLIBOS PARA UN CASCO DE FERROCEMENTO. (2023). Fao.org. <https://www.fao.org/3/V9468S/v9468s04.htm>

Método de Simpson 1/3. Unidad No. 6: Métodos Numéricos (pp. 1-2). Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). <http://www3.fi.mdp.edu.ar/metodos/apuntes/simpson.pdf>

Miriam Terrazas Guzmán. *PROTECCIÓN CATÓDICA CON ÁNODOS DE SACRIFICIO EN UN PROTOTIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR*. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/670/1/Tesis%20Miriam%20Terrazas%20Guzm%C3%A1n.pdf>