



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

CURSO 2016/17

REMOLCADOR DE PUERTO DE 60 TPF

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 9

FRANCOBORDO Y ARQUEO

Alumno: Mario Martínez Caamaño

Tutor: Marcos Míguez González

PROYECTO NÚMERO 17-08

TIPO DE BUQUE: Remolcador de puerto de 60 TPF

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, SOLAS, MARPOL, FIFI 1 OIL REC

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Gancho de remolque

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 12 nudos en condiciones de servicio. 85%MCR+15% de margen de mar. Autonomía: 3000 millas a la velocidad de servicio

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Los habituales en este tipo de buques

PROPULSIÓN: propulsor azimutal. DIESEL ELECTRICO

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 4 personas + 10 SURVIVORS

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Contraincendios, lucha contra la contaminación en el mar

Ferrol, 10 Setiembre 2016

ALUMNO/A: **Dº Mario Martínez Caamaño**

Contenido

1	PRESENTACIÓN.....	4
2	FRANCOBORDO	4
2.1	CUBIERTA DE FRANCOBORDO.....	4
2.2	ESLORA	5
2.3	PUNTAL DE FRANCOBORDO	5
2.4	COEFICIENTE DE BLOQUE	5
2.5	FRANCOBORDO TABULAR	5
2.6	CORRECCIÓN POR ESLORA INFERIOR A 100 m.....	6
2.7	CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE.....	6
2.8	CORRECCIÓN POR PUNTAL.....	7
2.9	CORRECCIÓN POR ARRUFO	7
2.10	ALTURA MÍNIMA DE PROA Y FLOTABILIDAD DE RESERVA	9
2.11	FRANCOBORDOS MÍNIMOS REGLAMENTARIOS	10
2.11.1	FRANCOBORDO DE VERANO	10
2.11.2	FRANCOBORDO DE INVIERNO	11
2.11.3	FRANCOBORDO TROPICAL	11
2.11.4	FRANCOBORDO DE INVIERNO EN EL ATLÁNTICO NORTE	11
2.11.5	FRANCOBORDO DE AGUA DULCE.....	11
2.12	LÍNEA DE CUBIERTA	12
2.13	MARCA DE FRANCOBORDO.....	12
2.14	FRANCOBORDOS REALES.....	13
2.14.1	FRANCOBORDO REAL DE VERANO	13
2.14.2	FRANCOBORDO REAL DE INVIERNO	13
2.14.3	FRANCOBORDO REAL TROPICAL	13
2.14.4	FRANCOBORDO REAL DE INVIERNO EN EL ATLÁNTICO NORTE	13
2.14.5	FRANCOBORDO REAL AGUA DULCE	13
2.15	TABLA RESUMEN	14
3	ARQUEO.....	14
3.1	ARQUEO BRUTO	14
3.2	ARQUEO NETO.....	16

1 PRESENTACIÓN

Seguendo el Convenio internacional sobre líneas de carga de 1966 y Protocolo de 1988, realizaremos los cálculos de francobordo y arqueo de nuestro buque.

Estas son las características principales del buque:

Loa	30,20 m
Lpp	26,80 m
B	11 m
D	5,45 m
T	4,45 m
Cb	0,53
Cm	0,86
Cp	0,61
Cf	0,62
Δ	712,67 t

2 FRANCOBORDO

Según el capítulo I, Regla 3.8, el francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.

2.1 CUBIERTA DE FRANCOBORDO

El apartado 9 de la Regla 3, define la cubierta de francobordo como:

Será normalmente la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas en la parte expuesta de la misma, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco.

2.2 ESLORA

La eslora es, según recoge dicho convenio (regla3, apartado b):

En los buques sin mecha de timón, se tomará como eslora (L) el 96% de la flotación correspondiente al 85% del puntal mínimo de trazado.

$$5,45 \times 85 / 100 = 4,63 \text{ m}$$

$$L \text{ (eslora de francobordo)} = 0,96 \times 30,00 = 28,80 \text{ m}$$

2.3 PUNTAL DE FRANCOBORDO

Según la regla 3.6 a): el puntal de francobordo (D) será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado

$$\text{Puntal de trazado} = 5,45 \text{ m}$$

$$\text{Espesor chapa trancañil} = 6 \text{ mm}$$

$$D = 5,45 + 0,006 = 5,456 \text{ m}$$

2.4 COEFICIENTE DE BLOQUE

Es definido en la regla 3, apartado 7) . Viene dado por la siguiente fórmula:

$$C_b = \frac{\nabla}{LBd_1}$$

Donde:

∇ será el volumen del desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices, en un buque con forro metálico, y el volumen de desplazamiento de la superficie exterior del casco en los buques con forro de cualquier otro material, ambos tomados a un calado de trazado d_1 , siendo

d_1 el 85% del puntal mínimo de trazado

En nuestro buque:

$$C_b = 0,53$$

2.5 FRANCOBORDO TABULAR

Para el cálculo del francobordo, se divide a los buques en tipo "A" y "B".

Según la definición del convenio, el nuestro es un buque tipo B, y la Regla 28 contempla, dependiendo de la eslora, los siguientes francobordos:

Eslora del buque m	Francobordo mm
28	233
29	242

Interpolando para el valor de nuestra eslora, obtenemos:

Francobordo tabular = 241 mm

2.6 CORRECCIÓN POR ESLORA INFERIOR A 100 m

Según la Regla 29, el francobordo tabular para buques de tipo B de eslora comprendida entre 24 y 100 m con superestructuras cerradas de un longitud efectiva de hasta el 35% de la eslora, se incrementará en la siguiente cantidad:

$$7,5 \times (100 - L) \times \left(0,35 - \frac{E_l}{L}\right)$$

Siendo:

L = eslora del buque en m

E_l = longitud efectiva de las superestructuras en metros, según regla 35, pero excluida la longitud de los troncos.

En nuestro caso, por la definición de estructura, carecemos de ella.

Sustituyendo valores, con $E_l = 0$, obtenemos una corrección de:

Corrección por eslora = 187 mm

2.7 CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE

(Regla 30).

Cuando el coeficiente de bloque sea superior a 0,68, el francobordo tabular especificado en la regla 28, después de ser modificado, si procede, por las reglas 27 8), 27 10) y 29, se multiplicará por el factor:

$$\frac{C_b + 0,68}{1,36}$$

Nuestro coeficiente de bloque es inferior a 0,68 por lo que no es de aplicación dicha regla.

2.8 CORRECCIÓN POR PUNTAL

(Regla 31).

Cuando D exceda de $L/15$ el francobordo se aumentará en

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) \times R$$

Siendo:

$$R = \frac{L}{0,48}$$

para esloras inferiores a 120 m

$$D = 5,45 \text{ m}$$

$$D > \frac{L}{15}$$

Por lo tanto, corregirá por puntal

Al sustituir valores, obtenemos:

Corrección por puntal de 211 mm

2.9 CORRECCIÓN POR ARRUFO

Regla 38:

Calcularemos las ordenadas de la curva de arrufo normal según la tabla 38.1

Una vez calculadas éstas, miraremos las variaciones con respecto a la curva real, y se aplicarán las correcciones que correspondan según dicha Regla.

Curva normal: (L en metros)

SITUACIÓN	ORDENADA mm	FACTOR	RESULTADO mm
Lpp	$25 \times \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1	490
1/6 desde Lpp	$11,1 \times \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3	652,68
1/3 desde Lpp	$2,8 \times \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3	164,64
Centro	0	1	0

1/3 desde Lpr	$5,6 \times \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3	329,28
1/6 desde Lpr	$22,2 \times \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3	1305,36
Lpr	$50 \times \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1	980
Centro	0	1	0

Curva real:

SITUACIÓN	ORDENADA mm	FACTOR	RESULTADO mm
Lpp	98,68	1	98,68
1/6 desde Lpp	-65,79	3	-197,37
1/3 desde Lpp	-65,79	3	-197,37
Centro	0	1	0
1/3 desde Lpr	1381	3	4143
1/6 desde Lpr	1907	3	5721
Lpr	2236	1	2236
Centro	0	1	0

$$\Sigma(\text{arrufo normal popa}) = 1307,32 \text{ mm}$$

$$\Sigma(\text{arrufo real popa}) = -296,06 \text{ mm}$$

$$\text{Arrufo popa} = \frac{ARRppReal - ARRppNormal}{8}$$

$$\text{Arrufo popa} = -126,50 \text{ mm}$$

$$\Sigma(\text{arrufo normal proa}) = 2614,64 \text{ mm}$$

$$\Sigma(\text{arrufo real proa}) = 12100 \text{ mm}$$

$$\text{Arrufo proa} = \frac{ARRprReal - ARRprNormal}{8}$$

$$\text{Arrufo proa} = 1186 \text{ mm}$$

Según contempla la Regla 38 en el apartado 11), cuando el arrufo de la mitad de popa sea inferior al 50% del normal no se concederá reducción por el exceso de arrufo a proa.

$$\text{Exceso o Defecto de Arrufo} = \frac{\text{Arrufo popa} + \text{Arrufo proa}}{2}$$

Al considerar el arrufo en proa = 0, por lo explicado en el párrafo anterior, tendremos:

$$\text{Exceso o Defecto de Arrufo} = -126,50 / 2 = -63,25 \text{ mm}$$

Según el apartado 14) de la regla, la corrección por arrufo deberá ser el defecto o exceso (en nuestro caso defecto) de arrufo multiplicado por:

$$0,75 - \frac{S_l}{2L}$$

Siendo S_l la longitud total de las superestructuras cerradas definida en la regla 34, sin los troncos (en nuestro caso $S_l = 0$).

Corrección por arrufo = 47 mm

2.10 ALTURA MÍNIMA DE PROA Y FLOTABILIDAD DE RESERVA

La altura de proa (Fb), definida como la distancia vertical en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento proyectado y la parte superior de la cubierta intemperie en el costado, no será inferior a:

$$Fb = \left(6075 \left(\frac{L}{100} \right) - 1875 \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right) \times (2,08 + 0,609C_b - 1,603C_{wf} - 0,0129 \left(\frac{L}{d_l} \right))$$

Siendo:

Fb la altura mínima de proa calculada en mm

L la eslora definida en regla 3 en m

B la manga de trazado definida en regla 3 en m

d_i el calado en el 85% del puntal D, en m

C_b el coeficiente de bloque definido en la regla 3

C_{wf} el coeficiente del área de la flotación a proa de L/2:

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\frac{L}{2} \times B}$$

$$C_{wf} = 0,75$$

A_{wf} el área de la flotación a proa de L/2 para el calado d_i en m^2 . En nuestro caso $120 m^2$

Si sustituimos valores, obtenemos:

$$Fb = 1776 \text{ mm}$$

2.11 FRANCOBORDOS MÍNIMOS REGLAMENTARIOS

Contemplados en la regla 40.

2.11.1 FRANCOBORDO DE VERANO

Será el obtenido una vez aplicadas las correcciones al francobordo tabular:

Francobordo tabular = 241 mm

Corrección por eslora = 187 mm

Corrección por puntal de 211 mm

Corrección por arrufo = 47 mm

$$FB_{\text{verano}} = 686 \text{ mm}$$

Si a la suma del puntal más el espesor de la chapa de cubierta, le restamos el francobordo de verano, obtendremos el calado de verano (T_v):

$$T_v = (5450+6) - 686 = 4770 \text{ mm}$$

Más adelante, dedicamos un apartado a exponer los francobordos reales del buque, comparándolos con los mínimos reglamentarios; de todas formas, realizamos ahora lo que sería la corrección por estabilidad que coincide con lo que denominamos francobordo real en dicho apartado:

$$T_v = 4770 \text{ mm}$$

El calado a máxima carga, cumpliendo criterios de estabilidad, obtenido en el cuaderno 5 es:

$$T_{\text{máxima carga}} = 4311 \text{ mm}$$

Corrección por estabilidad = 4770-4311 = 459 mm

FB_{verano con corrección} = 686+459 = 1145 mm

T_{verano máximo} = 4311 mm

2.11.2 FRANCOBORDO DE INVIERNO

Será el obtenido añadiendo al francobordo de verano 1/48 del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

$$FB_{invierno} = FB_{verano} + T_v \frac{1}{48}$$

FB_{invierno} = 786 mm

2.11.3 FRANCOBORDO TROPICAL

Lo obtendremos restando al francobordo de verano 1/48 del calado de verano:

$$FB_{tropical} = FB_{verano} - T_v \frac{1}{48}$$

FB_{tropical} = 587 mm

2.11.4 FRANCOBORDO DE INVIERNO EN EL ATLÁNTICO NORTE

El francobordo mínimo para buques de eslora no superior a 100 m que naveguen por cualquier parte del Atlántico Norte, durante el período estacional de invierno, será el francobordo de invierno más 50 mm.

Por lo tanto:

FB_{Atlántico Norte} = 836 mm

2.11.5 FRANCOBORDO DE AGUA DULCE

El francobordo mínimo en agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada:

$$\frac{\Delta}{40T} \text{ cm}$$

Siendo:

Δ el desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano y T las toneladas por centímetro de inmersión en agua salada, en la flotación en carga de verano. En nuestro caso 2,8 T/cm

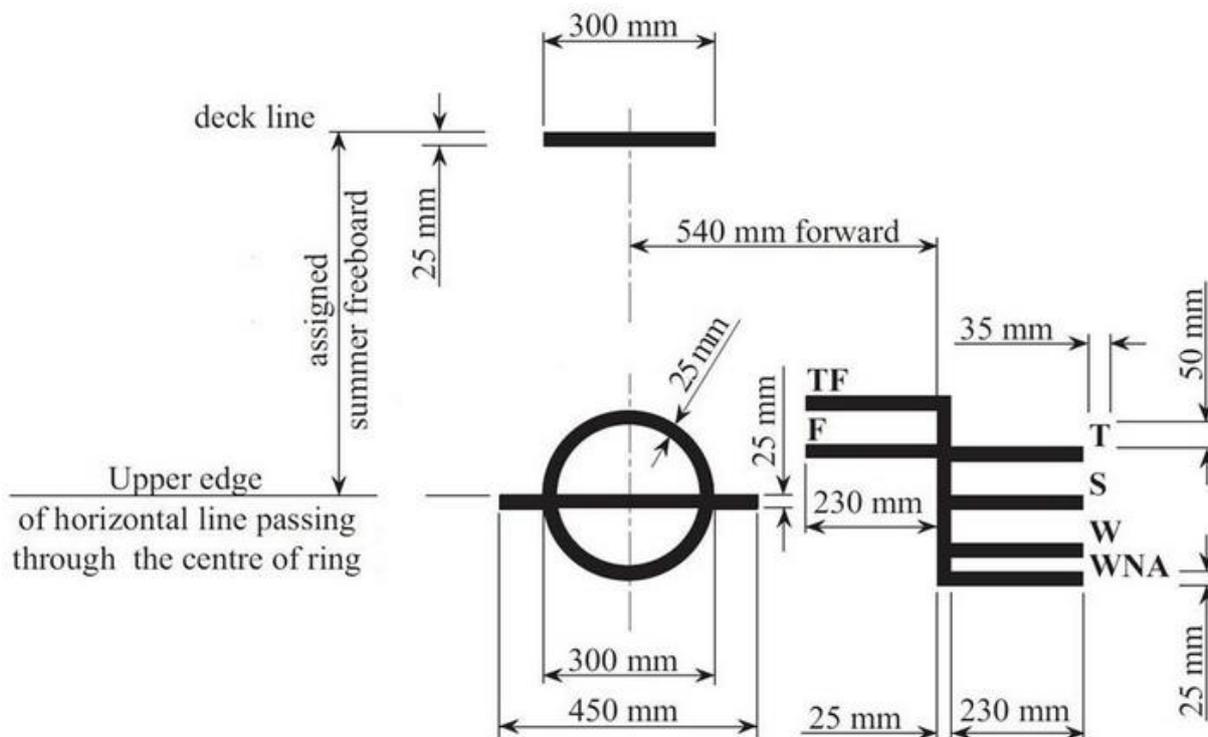
FB_{Agua dulce} = 622 mm

2.12 LÍNEA DE CUBIERTA

La línea de cubierta será una línea horizontal de 300 mm de longitud y 25 mm de ancho. Estará marcada en el centro del buque, a cada costado, y su borde superior pasará, normalmente, por el punto en que la prolongación hacia el exterior de la cara superior de la cubierta de francobordo corte a la superficie exterior del forro. No obstante, la línea de cubierta se podrá situar haciendo referencia a otro punto determinado del buque, a condición de que el francobordo se corrija debidamente. La situación del punto de referencia y la identificación de la cubierta de francobordo deben indicarse en todos los casos en el Certificado Internacional de Francobordo.

2.13 MARCA DE FRANCOBORDO

La marca de francobordo estará formada por un anillo de 300 mm de diámetro exterior y 25 mm de ancho, cortado por una línea horizontal de 450 mm de longitud y 25 mm de anchura, cuyo borde superior pasa por el centro del anillo. El centro del anillo deberá colocarse en el centro del buque y a una distancia igual al francobordo mínimo de verano asignado, medida verticalmente por debajo del borde superior de la línea de cubierta.



2.14 FRANCOBORDOS REALES

Una vez calculados los francobordos mínimos, comprobaremos que los francobordos reales de nuestro buque cumplen con cada uno de los mínimos reglamentarios.

2.14.1 FRANCOBORDO REAL DE VERANO

En el cuaderno 5, vimos que para la “condición de salida de puerto”, con consumos al 98% y el buque cargado con los equipos específicos, obteníamos un calado de 4311 mm cumpliendo los criterios de estabilidad.

Considerando el puntal hasta la cubierta de francobordo más el espesor de dicha cubierta obtuvimos 5456 mm

Tendremos, por tanto:

$$\mathbf{FB_{real\ verano} = 1145\ mm}$$

2.14.2 FRANCOBORDO REAL DE INVIERNO

Sumándole al francobordo real de verano, 1/48 del calado real de verano, obtenemos:

$$\mathbf{FB_{real\ invierno} = 1235\ mm}$$

2.14.3 FRANCOBORDO REAL TROPICAL

Al restarle al francobordo real de verano, 1/48 del calado real de verano:

$$\mathbf{FB_{real\ tropical} = 1056\ mm}$$

2.14.4 FRANCOBORDO REAL DE INVIERNO EN EL ATLÁNTICO NORTE

Si al francobordo real de invierno le sumamos 50 mm, obtenemos el francobordo real de invierno en el Atlántico Norte:

$$\mathbf{FB_{real\ Atlántico\ Norte} = 1285\ mm}$$

2.14.5 FRANCOBORDO REAL AGUA DULCE

Lo obtendremos restándole al francobordo real en agua salada, el valor

$$\frac{\Delta}{40T} (cm)$$

$$\mathbf{FB_{real\ agua\ dulce} = 1083\ mm}$$

2.15 TABLA RESUMEN

FRANCOBORDOS	FB MÍNIMO mm	FB REAL mm
VERANO	686	1145
INVIERNO	786	1235
TROPICAL	587	1056
INVIERNO ATLÁNTICO NORTE	836	1285
AGUA DULCE	622	1083

Vemos que cumplimos los mínimos reglamentarios, así como la altura mínima de proa, al ser ésta **$Fb = 1776 \text{ mm}$** , siendo la real **$Fb \text{ real} = 2055 \text{ mm}$** .

3 ARQUEO

Nos basaremos en el Convenio Internacional de Arqueo de Buques, de Londres de 1969. Distinguiremos arqueo bruto y arqueo neto.

3.1 ARQUEO BRUTO

Es la expresión del tamaño total de un buque, determinado de acuerdo con las disposiciones del Convenio citado

Se calcula, según la regla 3, con la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 \times V_T$$

Siendo:

V_T el volumen total de todos los espacios cerrados en m^3

K_1 factor dado por la fórmula $K_1 = 0,2 + 0,02 \log V_T$

Con la ayuda del "Maxsurf", tomando como calado el puntal del buque, nos da el siguiente resultado de hidrostáticas:

Draft Amidships m	5,450
Displacement t	1036
Heel deg	0,0
Draft at FP m	5,450
Draft at AP m	5,450
Draft at LCF m	5,450
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	30,569
Beam max extents on	10,562
Wetted Area m ²	457,297
Waterpl. Area m ²	292,054
Prismatic coeff. (Cp)	0,655
Block coeff. (Cb)	0,575
Max Sect. area coeff. (0,884
Waterpl. area coeff. (C	0,905
LCB from zero pt. (+ve	13,815
LCF from zero pt. (+ve	12,230
KB m	3,363
KG m	5,450
BMt m	2,432
BML m	19,310
GMT m	0,345
GML m	17,222
KMt m	5,795
KML m	22,672
Immersion (TPc) tonne/	2,994
MTC tonne.m	6,660
RM at 1deg = GMT.Disp.	6,233
Max deck inclination de	0,0000
Trim angle (+ve by ster	0,0000

$$V_{casco} = \frac{1036}{1,025} = 1010,73 \text{ m}^3$$

Si al volumen del casco, le sumamos el de la superestructuras, obtenemos el volumen total de los espacios cerrados

$$V_{superestructura} = 400 \text{ m}^3$$

$$V_T = 1410,73 \text{ m}^3$$

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \log V_T = 0,26$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$GT = K_1 \times V_T$$

ARQUEO BRUTO = 367 GT

3.2 ARQUEO NETO

Es la expresión de la capacidad utilizable de un buque, determinada de acuerdo con las disposiciones del Convenio.

Emplearemos para su cálculo la siguiente fórmula:

$$N_t = K_2 V_c \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

N_1 es el número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas

N_2 es el número de los demás pasajeros

En nuestro caso, ambos valores son cero al no llevar pasajeros.

Aunque no fuese cero, si la suma de $N_1 + N_2$ fuese menor que 13, también se consideraría 0.

“d” es el calado de verano obtenido en el cálculo de francobordo: 4,3 m

V_c es el volumen de espacios de carga, que en el caso de nuestro buque, sólo consideraremos como tal, los tanques destinados a recogida de hidrocarburos, que como se contempla en el cuaderno 4, ocupan un volumen de 20 m³

El valor $\left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ no se tomará superior a 1

$K_2 V_c \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ no se tomará inferior a 0,25 GT

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \log V_c$$

$$K_3 = \frac{1,25(GT + 10000)}{10000}$$

No se tomará el valor de N_t inferior a 0,30 GT

$$K_2 = 0,226$$

$$0,25GT = 91,75$$

$$K_2 V_c \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 5 < 0,25GT$$

Al darnos un valor de N_t inferior a 0,30GT, tomaremos:

$$N_t = 0,30GT$$

ARQUEO NETO = 110,1