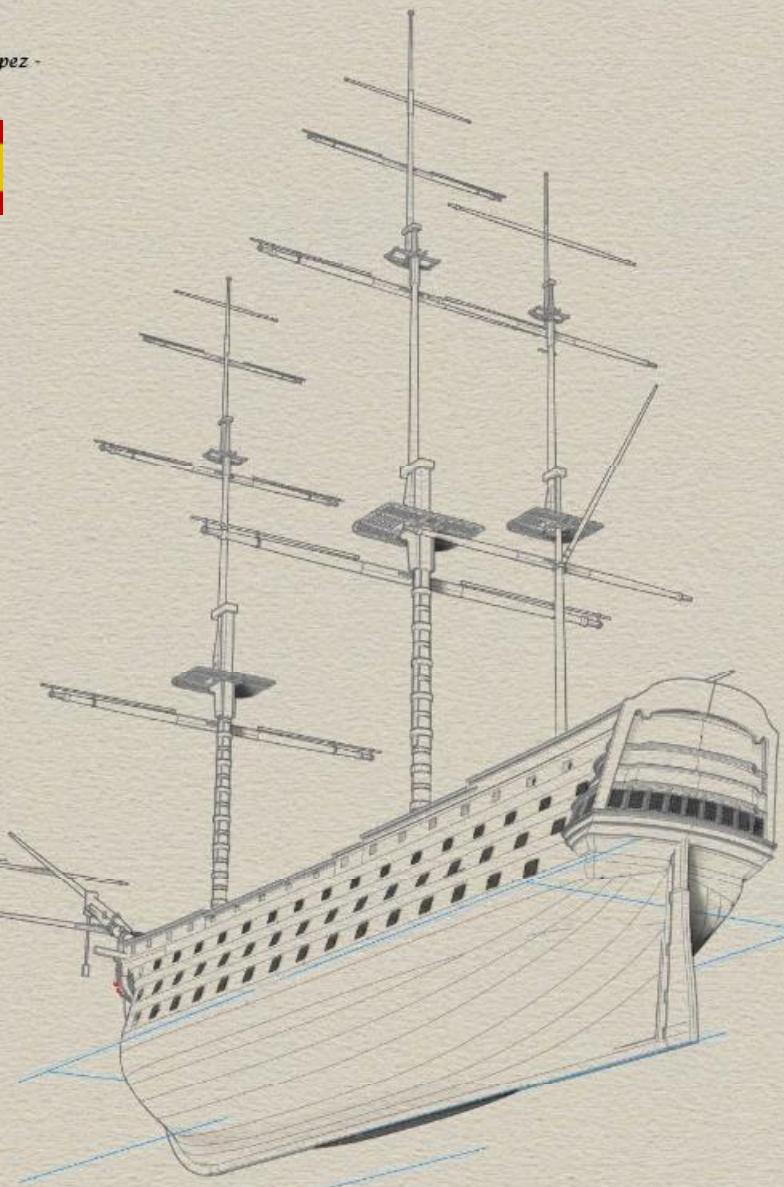
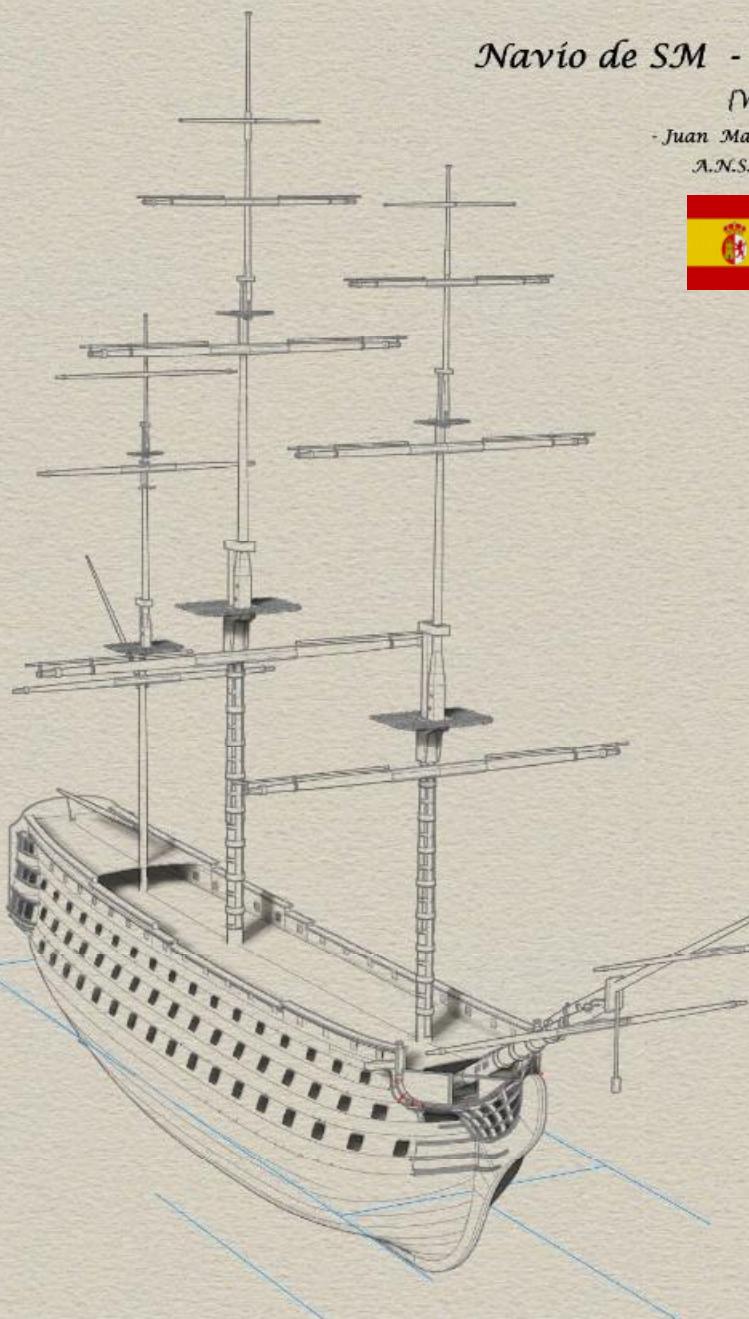


Navío de SM - Santísima Trinidad

{WIP}

- Juan Manuel López -

A.N.S. - 2019 -



JMLV

Algunos datos de partida

- Ejemplo de los datos que se han seguido para la construcción de este modelo 3D.

Mediciones en La Carraca 1793

Unidades: Pies, pulgadas y líneas de Burgos. 1PdB= 0.2786m
1 Pie= 12 pulgadas. 1 Pulgada= 12 líneas.

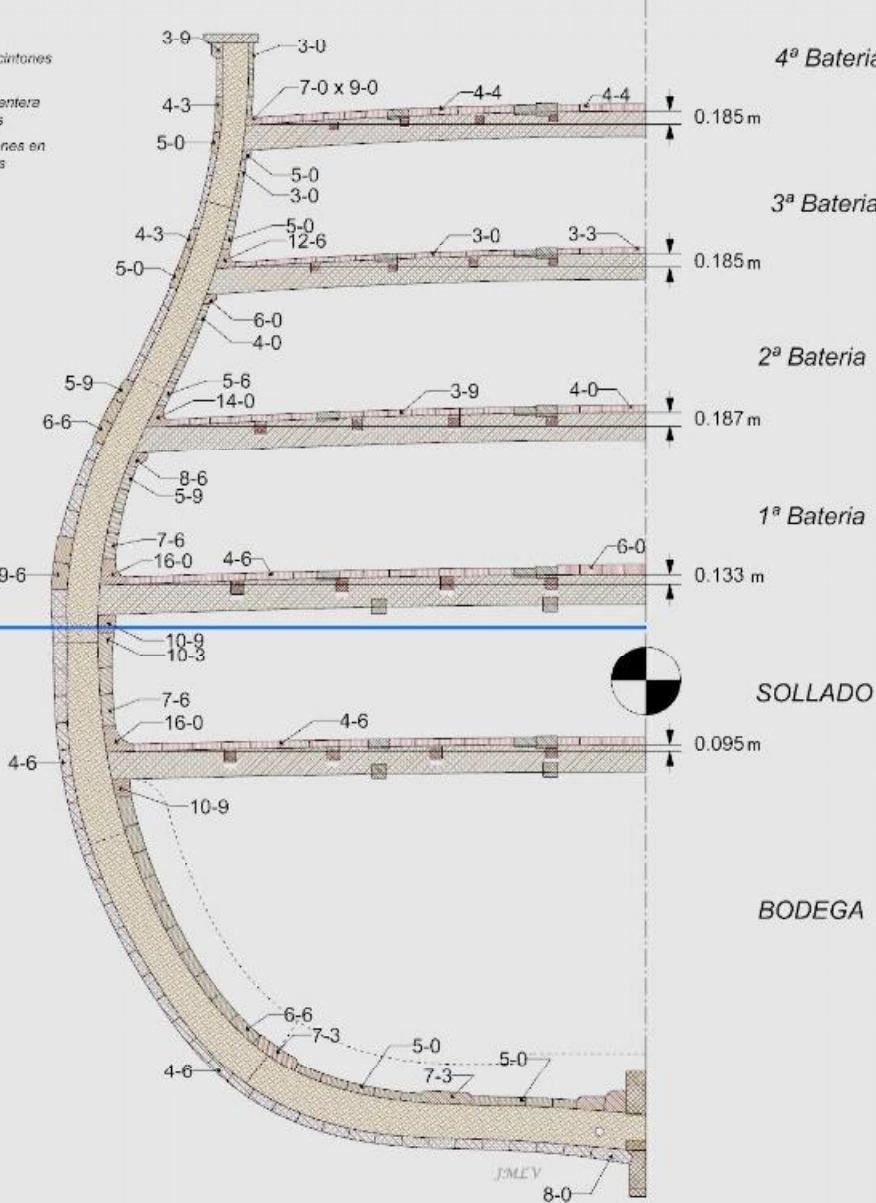
1ª CUBIERTA	COTA	Pulgadas	Líneas	Metros
Baos	a la línea	18	0	0.42
	yd a la grúa	17	0	0.39
cuerda en medio del bao	de alto	10	6	0.24
por su parte inferior	ancho	13	0	0.30
de alto abajo	a la línea	13	6	0.31
Trancaniles	en cuadro	16	0	0.37
Cuerda escotilla	grueso	7	6	0.17
Cuerda intermedia	grueso	6	6	0.15
Brazolas	grueso	9	6	0.22
	peralto sobre cubierta	4	0	0.09
Latas	grueso	5	0	0.12
Tabla común	grueso	4	6	0.10
yd entre escotillas	grueso	6	0	0.14
Barrotines	de alto abajo	6	6	0.15
	de ancho	7	6	0.17
Bitas	ancho a la cabeza	20	0	0.46
	al pie	17	0	0.39
	bao estribor en cabeza	19	0	0.44
Traviesas de bita	de alto abajo	17	6	0.41
	popa a proa	19	0	0.44
Contra bitas	a la línea	19	0	0.44
Curvas yugo principal	a la línea	16	0	0.37
Tablas de costado, desde trancanil de 1ª, hasta durmiente de				
2ª en disminucion de 7 1/2 a		7	6	0.17

A la línea: Cota longitudinal, sentido de la eslora.
A la grúa: Cota transversal y/o vertical.

Escantillonados y cotas que resultan en la Maestra

Resalte de los cintones
1 pulgada
Ancho de tabla entera
1 pie 4 pulgadas
Espesor de tablones en
Pulgadas y líneas

LWL



Las cotas en negro, según original, pulgadas y líneas de burgos.

El pie de Burgos equivale a 0.2786 metros.

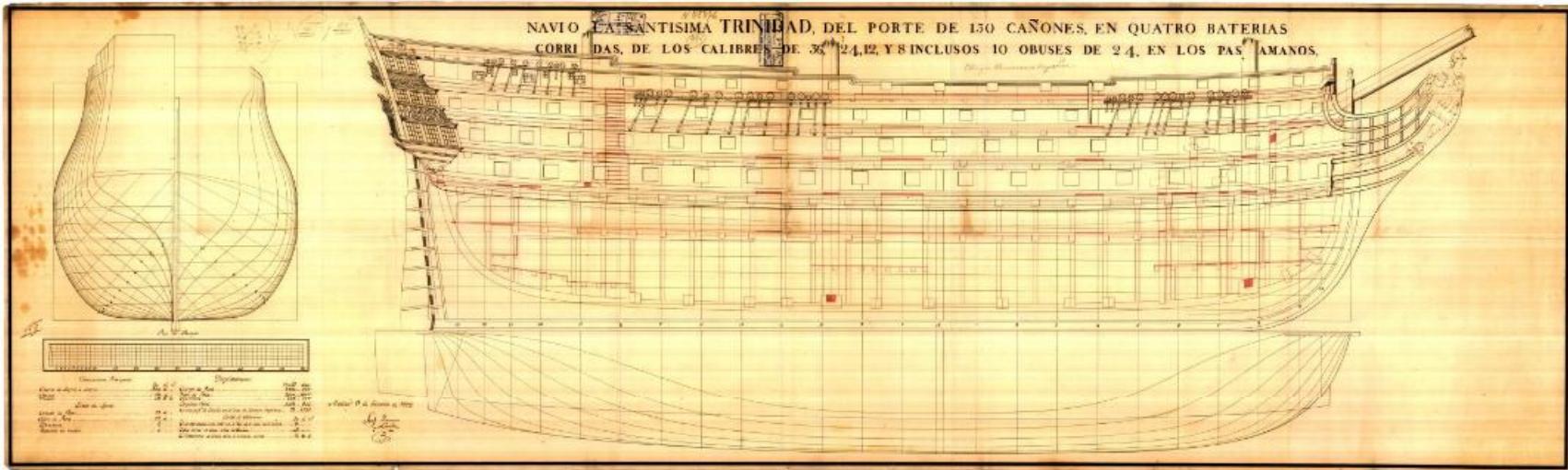
CG a 7.18m sobre LB.
LWL a 7.94m sobre LB.

Estos escantillones son el punto de partida para la construcción del modelo.

Como puede verse, hay una gran diferencia de formas entre la cuaderna de trazado y el exterior del forro del buque.

Es fundamental, para cualquier calculo posterior, tener en cuenta esta diferencia.

Plano base de construcción del modelo

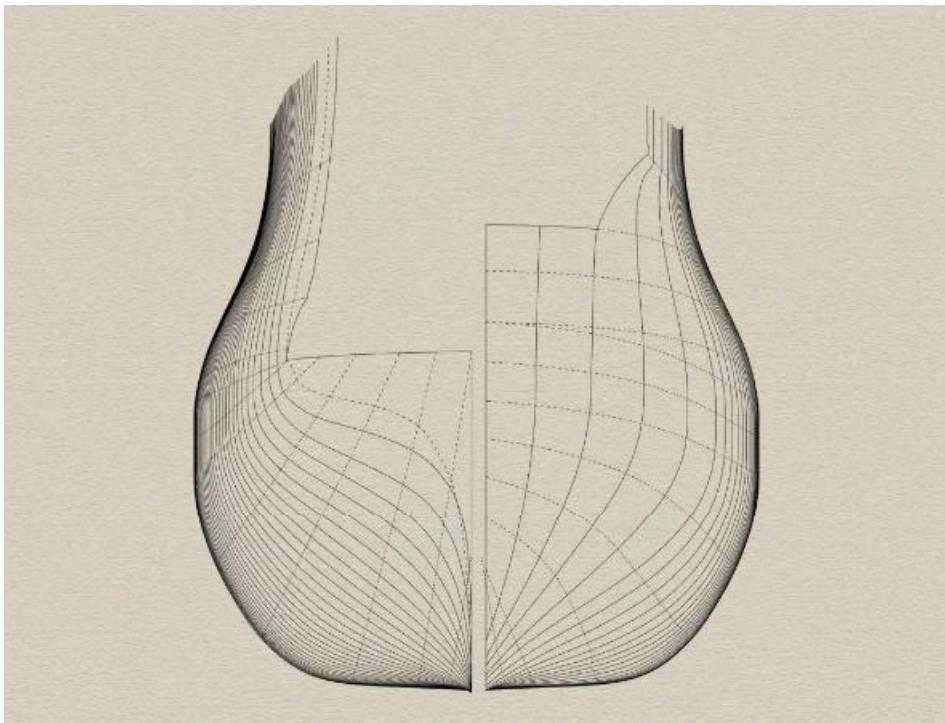


Se han utilizado varios planos, muchos de ellos parciales . Incluso hay algunos que de ninguna manera podrían corresponder a este Navío y que se descartaron enseguida.

De todos ellos, se tomó como base este. Es el famoso plano de San Petersburgo, hallado en el “Archivo Central de la Marina de la Federación rusa”.

Por la fecha y la firma, nos parece el más fiable de los que circulan por el mundo.

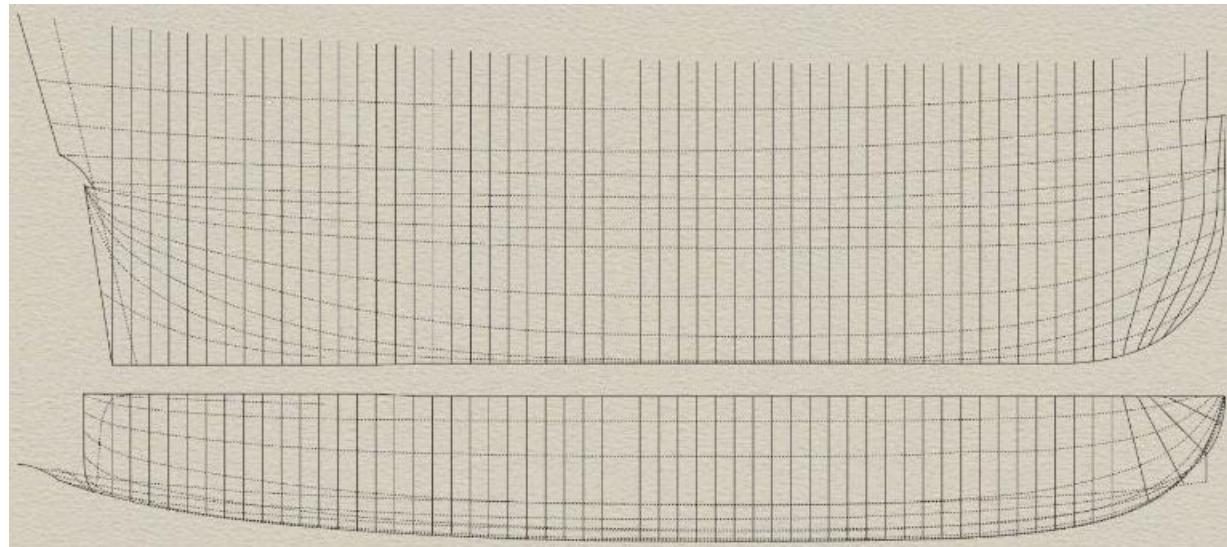
Aunque algunas de las medidas no se corresponden con las que se hicieron en La Carraca, se ha utilizado, con las debidas correcciones, como base de construcción.



Plano de formas obtenido a partir de los planos corregidos por deformación. Es un plano orientado a la construcción en 3D.

Las curvas longitudinales se corresponden con los límites de las superficies envolventes de menor deformación y no con vagras, diagonales o cualquier otro trazado tradicional.

Por la misma razón, en la proa se trazan secciones diagonales, reviros, independientemente del sistema constructivo que se adoptase.



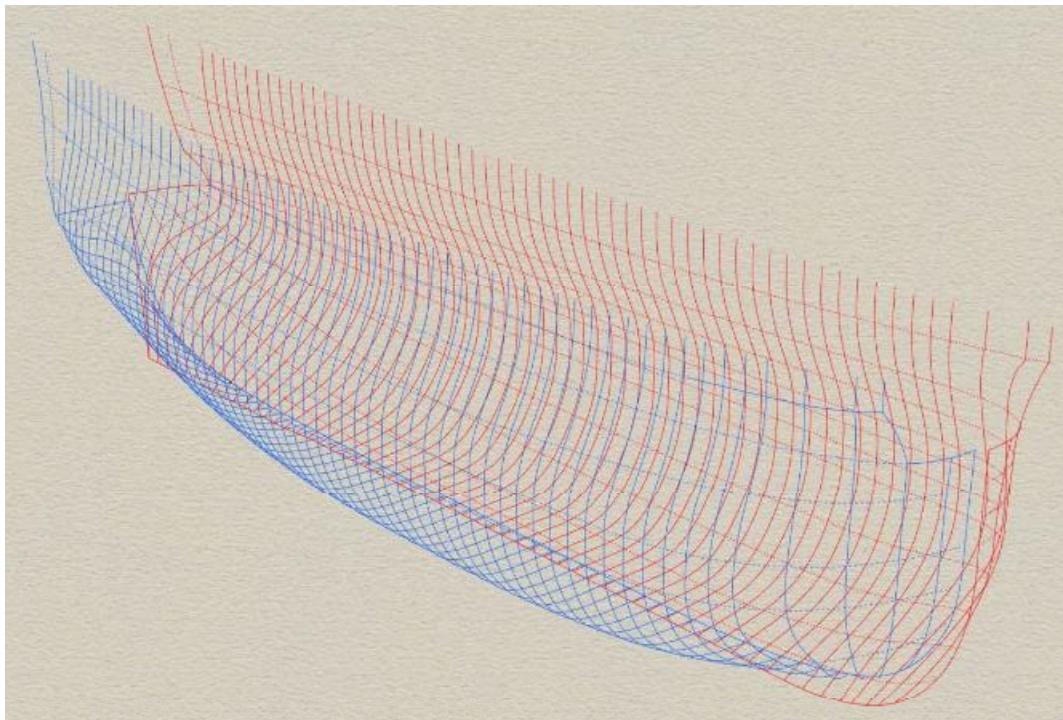
De este trazado obtendremos la superficie envolvente de los cantos exteriores de las cuadernas de trazado.

Trazado cantos interiores

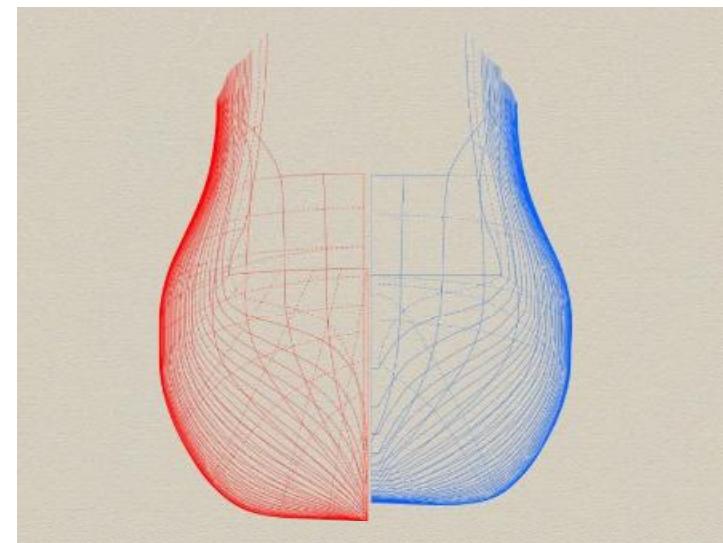
El espesor de las cuadernas, escantillón o “a la grúa” varía continuamente de la varenga al barraganete. Además, el espesor “a la línea”, (en el sentido de la eslora), es muy significativo, resultando en que los trazados de las caras de proa y popa de cada una pueden llegar a ser muy diferentes.

Trazar “a mano” cada una de las caras interiores de cada cuaderna, además de largo y tedioso, está sujeto a muchos errores.

Como solución práctica, se diseñó un programa que, dados unos espesores clave en cada sección, traza automáticamente todos los cantos interiores.



En rojo, cantos exteriores.
En azul, los interiores.

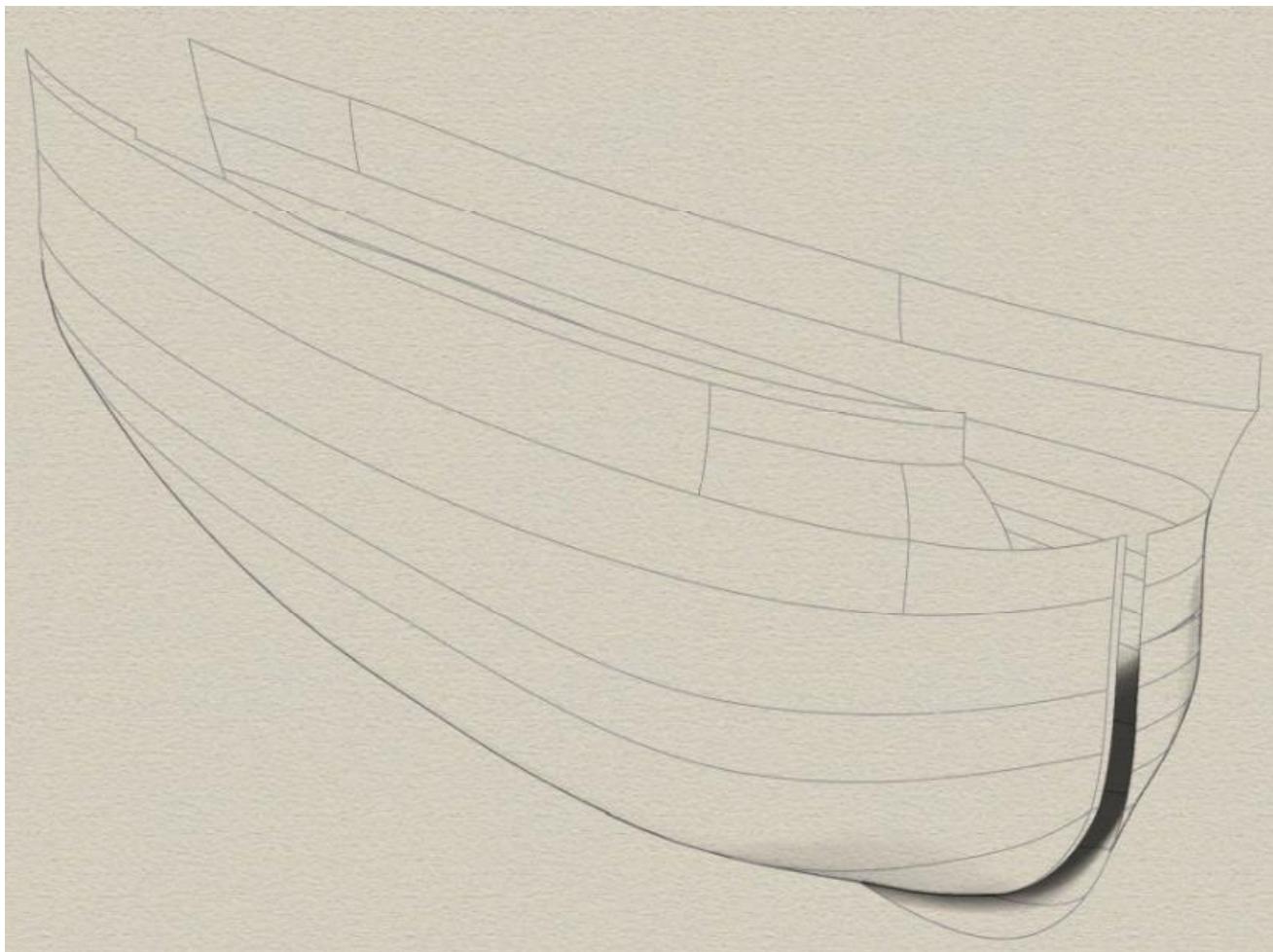


Superficies envolventes de las caras exteriores e interiores de las cuadernas.

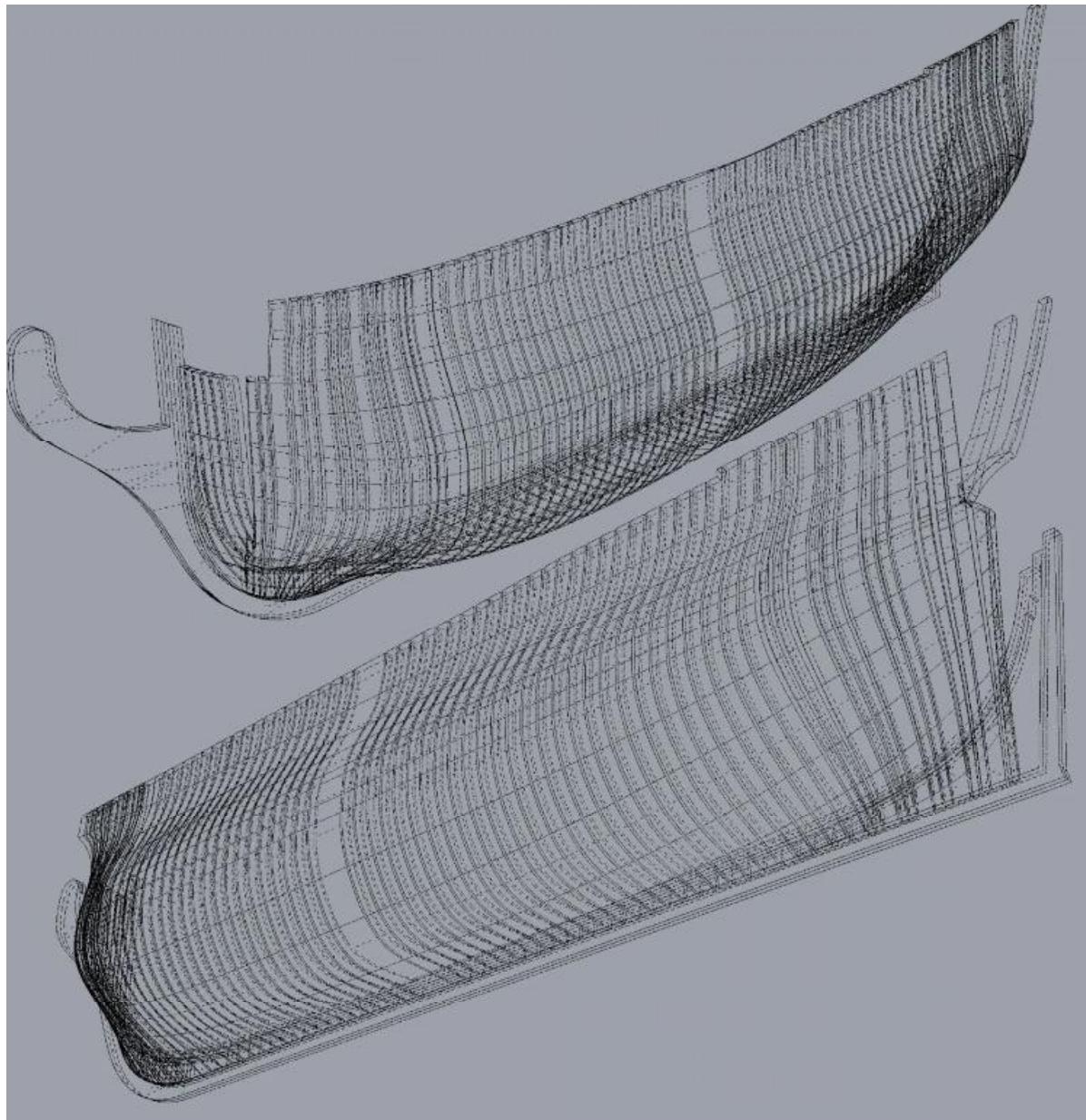
Operando con estas dos superficies obtendremos el sólido que envuelve a todas las cuadernas.

A partir de este, y operando de nuevo, tendremos las cuadernas de construcción en forma de sólidos.

Trabajando de manera parecida, utilizando algún que otro programa desarrollado ex profeso, se irán construyendo todas las demás piezas.



Cuadernas de construcción “A la Inglesa”



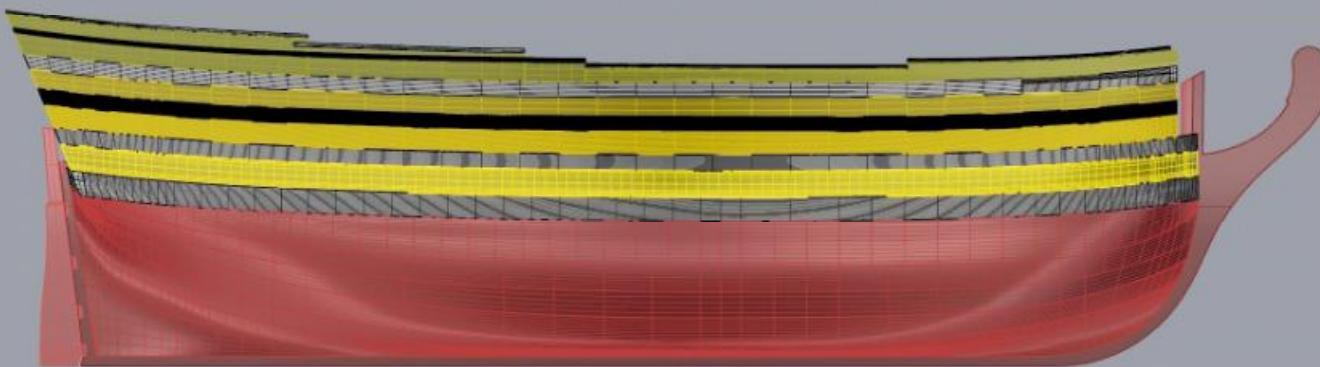
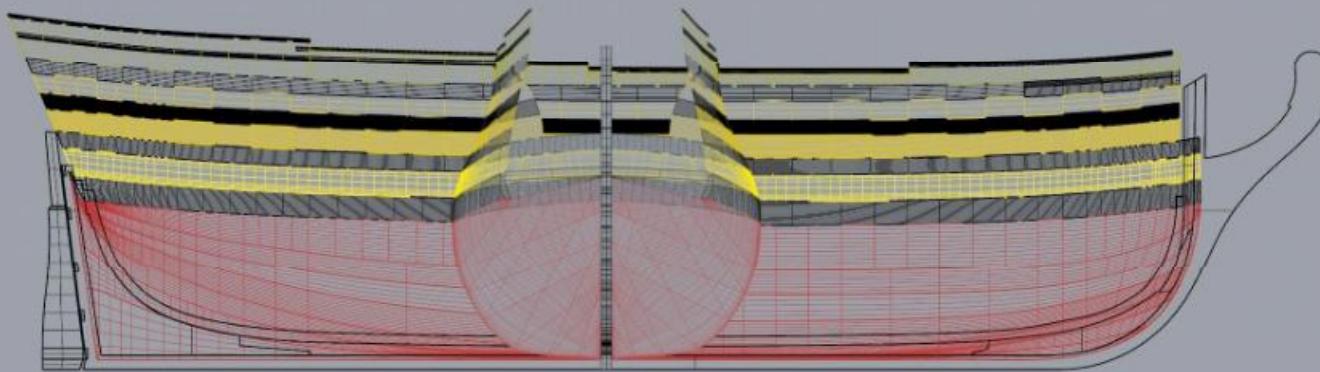
Parece que sí se usaron cuadernas de reviro.

Aunque en el título se puede leer “A la Inglesa”, es solo una simplificación.

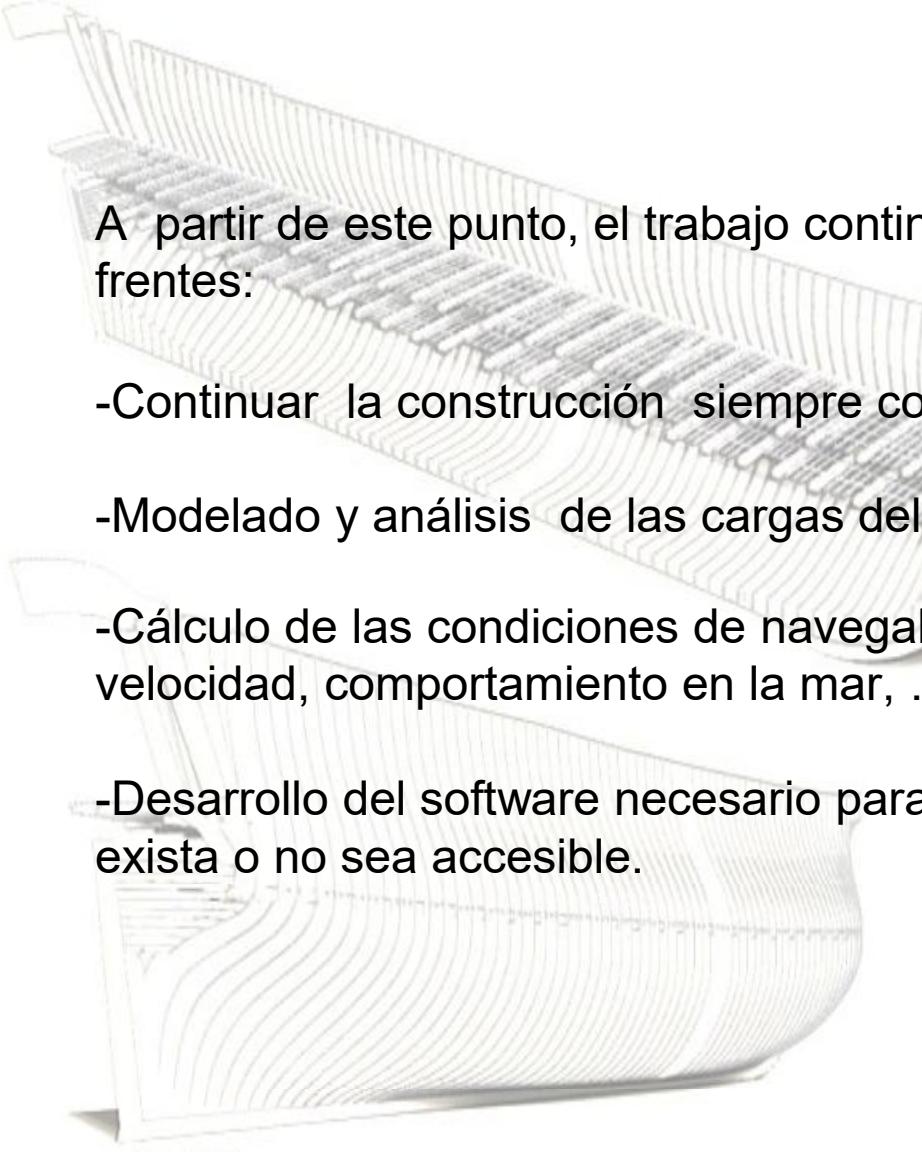
El navío, como muchos de su época, se construyó con técnicas mezcladas.

Navio de S.M. Santísima Trinidad

Tablazón de forro y cintas



Una vez construida la caja de cuadernas, se puede forrar el casco atendiendo a los escantillones, que a partir de las tablas de La Carraca, habíamos marcado en la Cuaderna Maestra.



N S M Santísima Trinidad

A partir de este punto, el trabajo continua en paralelo en cuatro frentes:

- Continuar la construcción siempre con sólidos 3D.
- Modelado y análisis de las cargas del viento en los aparejos.
- Cálculo de las condiciones de navegabilidad del Navío. Estabilidad, velocidad, comportamiento en la mar,
- Desarrollo del software necesario para aquellos casos en que no exista o no sea accesible.

Datos y algunos resultados

Todos conocemos las muchas criticas que la estabilidad de este navío tuvo

Es escasa y con poco viento la 1^a batería queda inservible

Para obtener las curvas de estabilidad del casco obtenido se proponen dos condiciones:

- 1^a) Primera batería abierta e inundable a la altura del batiporte.
- 2^a) Primera batería cerrada y “estanca”.

En ambos casos se suponen las escotillas abiertas.

En ninguno se tiene en cuenta el efecto de las superficies libres, “agua en cubierta”.

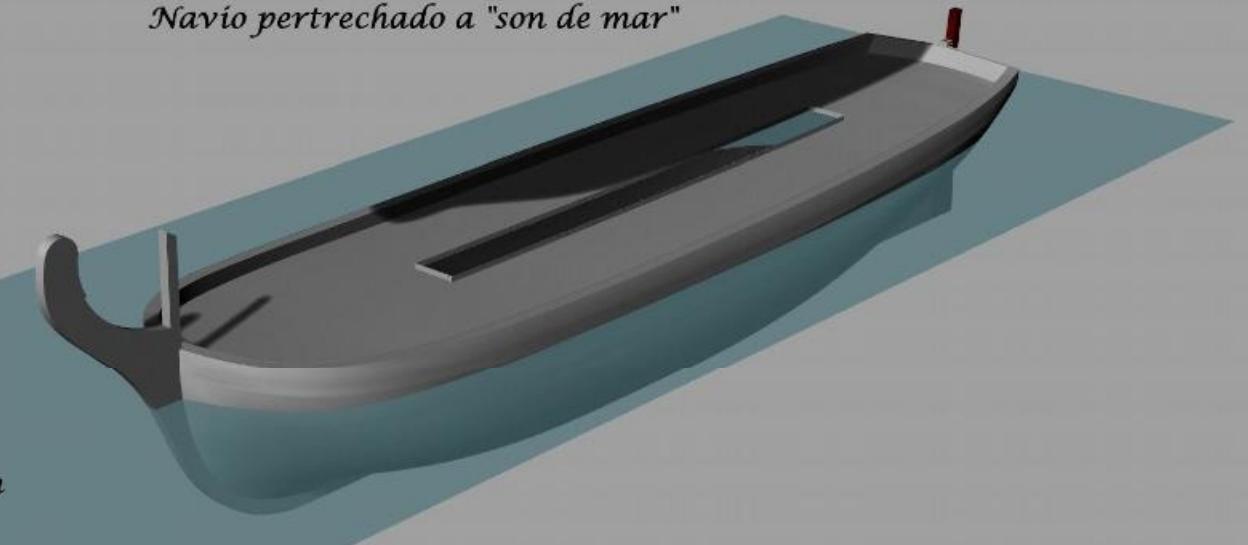
Modelo del casco para cálculos

Superficie del forro externo hasta batiportes de 1^a y 2^a baterías

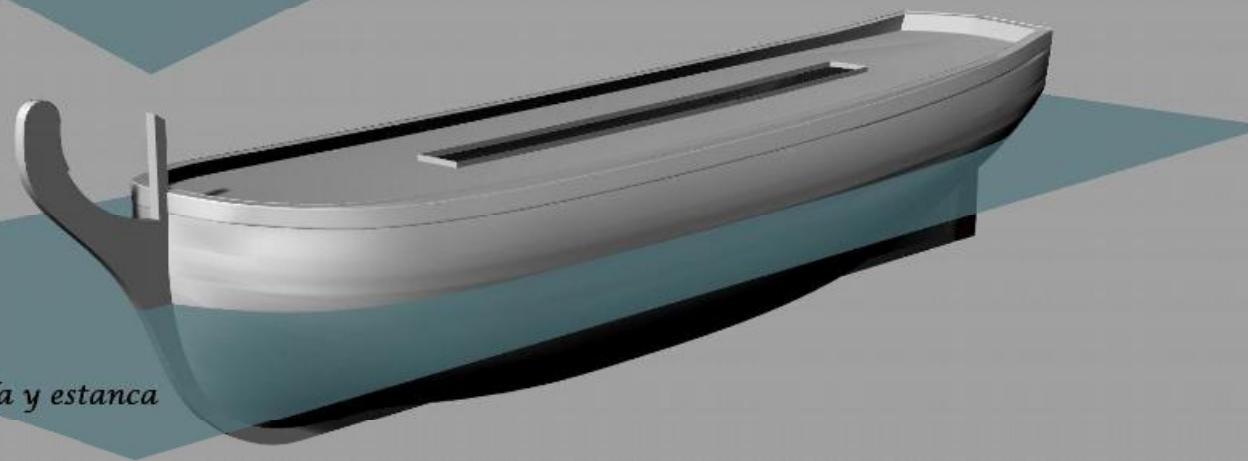
NSM Santísima Trinidad

Navio pertrechado a "son de mar"

Condición -1-
Primera batería abierta



Condición -2-
Primera batería cerrada y estanca



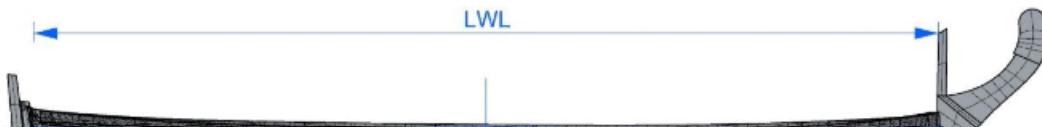
Resultados para el estado del Navío

N.S M Santísima Trinidad

<u>HIDROSTATICS SERVICE CONDITION</u>	<u>DRAFTS and TRIM</u>		
Draft Amidships m	7.94	C _{pp} (m)	8.2187
Displacement t	4984	C _{pr} (m)	7.6615
Heel deg	0	CM (m)	7.94
Draft at FP m	7.94	LWL(m)	64.56
Draft at AP m	7.94	A(m)	0.5572
Draft at LCF m	7.94	A(^o)	0.46
Trim (+ve by stern) m	0		
WL Length m	64.562		
Beam max extents on WL m	16.68		
Wetted Area m ²	1512.158		
Waterpl. Area m ²	903.767		
Prismatic coeff. (C _p)	0.715		
Block coeff. (C _b)	0.569		
Max Sect. area coeff. (C _m)	0.795		
Waterpl. area coeff. (C _{wp})	0.839		
LCB from zero pt.	1.25		
LCF from zero pt.	0.315		
KB m	4.863		
KG m	7.18		
BMT m	3.715		
BML m	49.122		
GMT m	1.399		
GML m	46.806		
KMT m	8.579		
KML m	53.986		
Immersion (TPc) tonne/cm	9.264		
MTc tonne.m	36.134		
RM at 1deg = GMtDisp.sin(1) tonne.m	121.678		

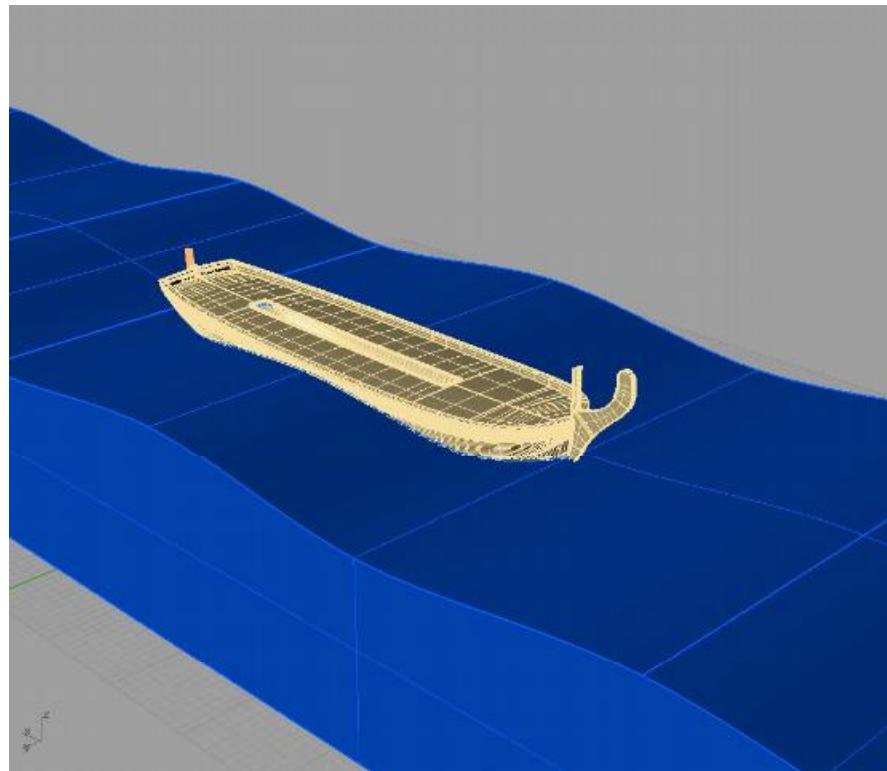
REFERENCE FRAME

zero pt at main frame

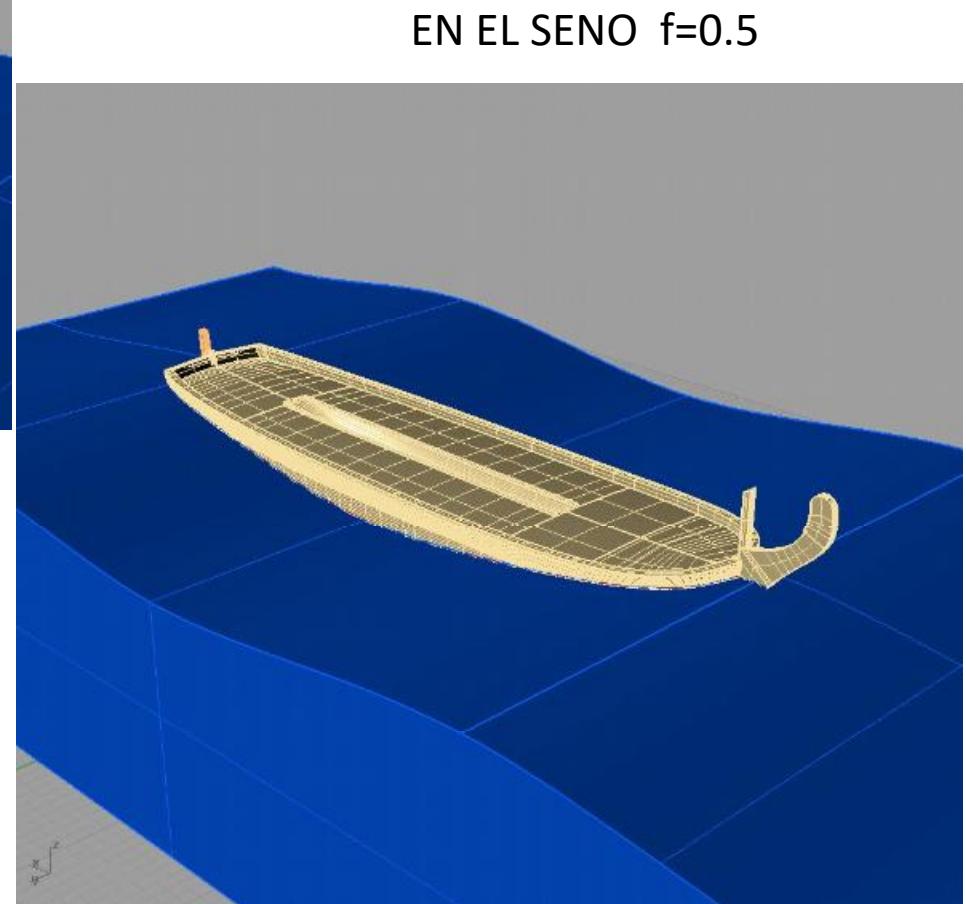


Proposed GM by FFG	1.4
Design KG	7.18
Design LCG	1.25

Entre olas



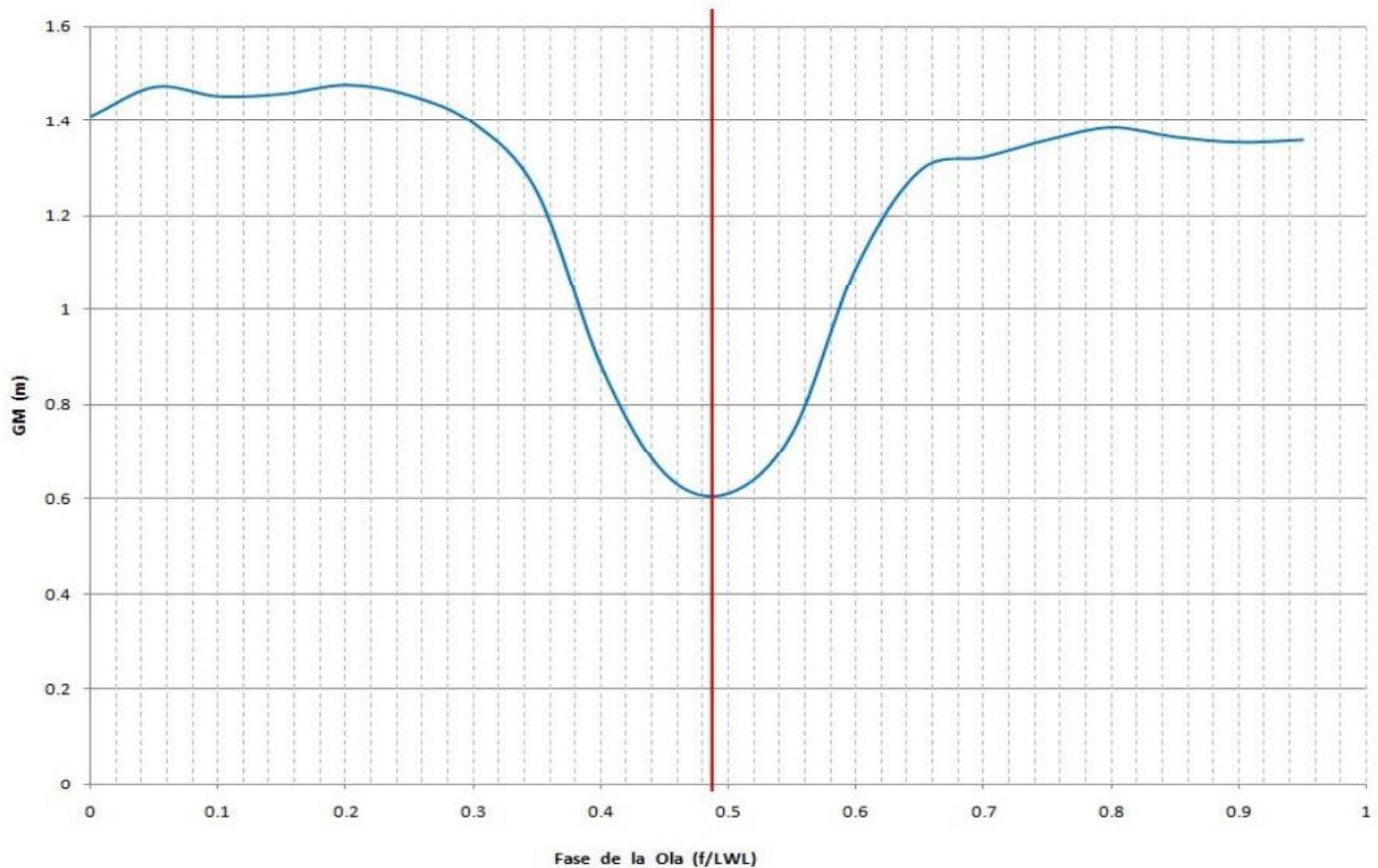
EN LA CRESTA $f=0$



EN EL SENO $f=0.5$

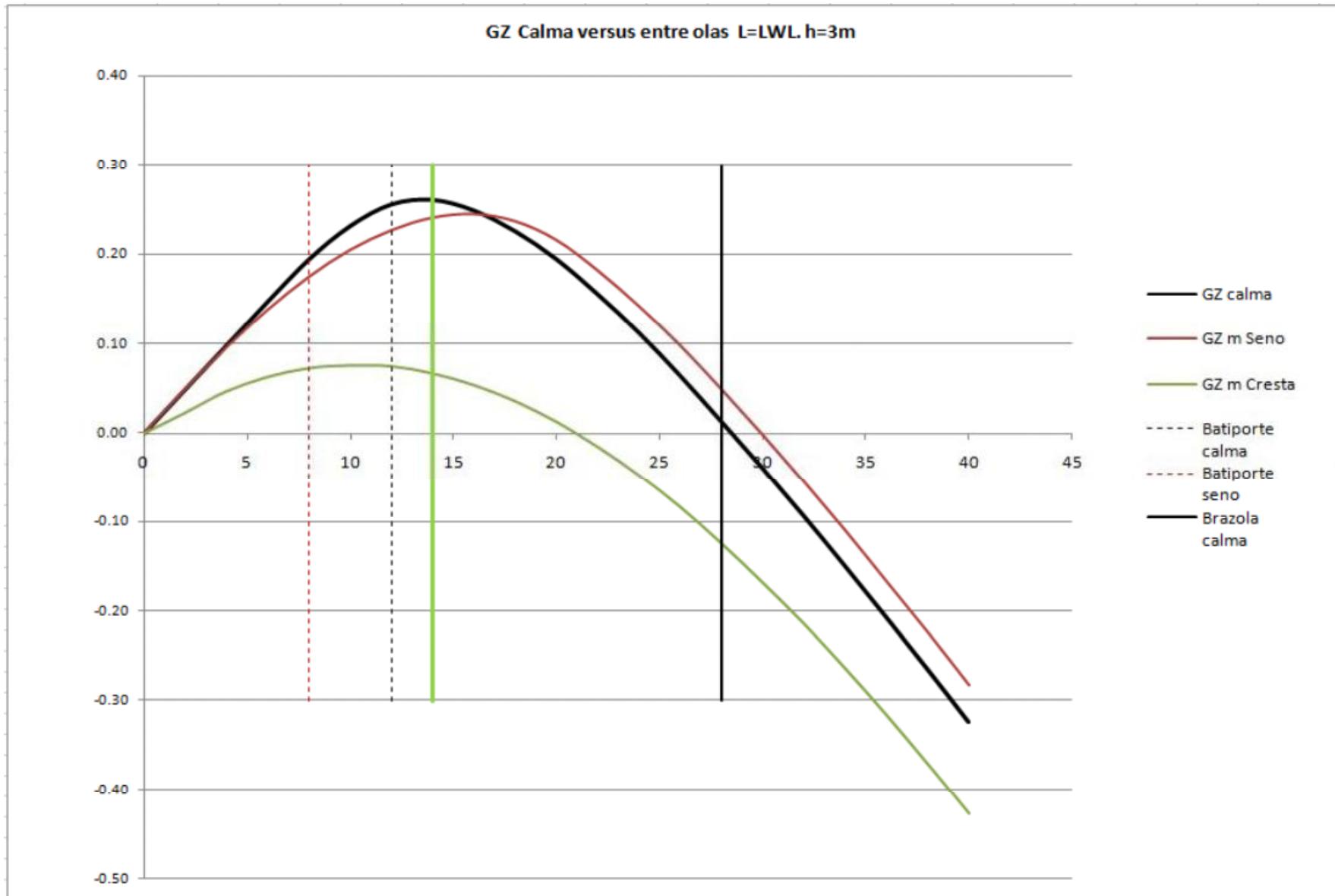
Variación de GMt en la Ola

Variación de GMt

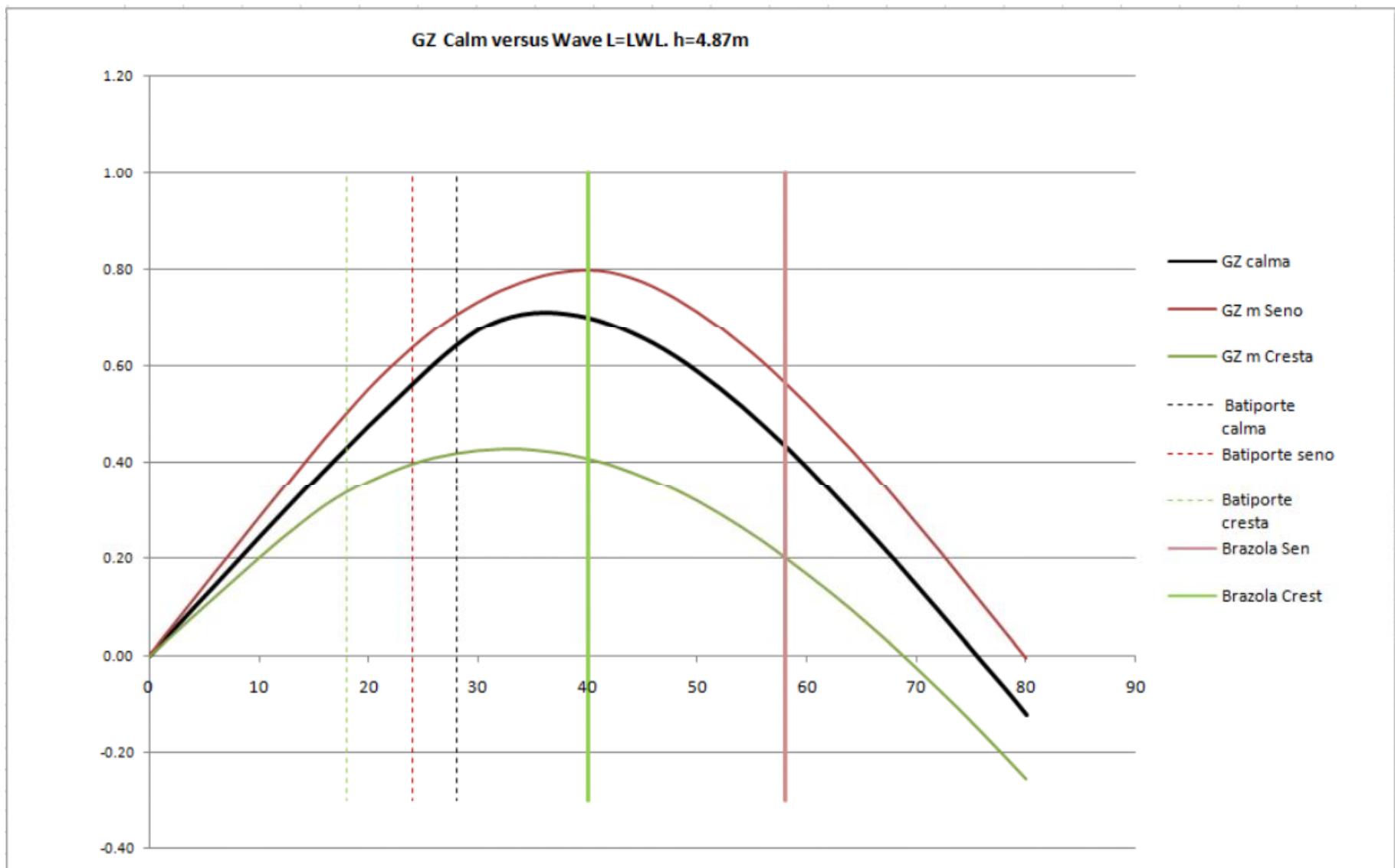


Curvas de estabilidad

Condición -1-



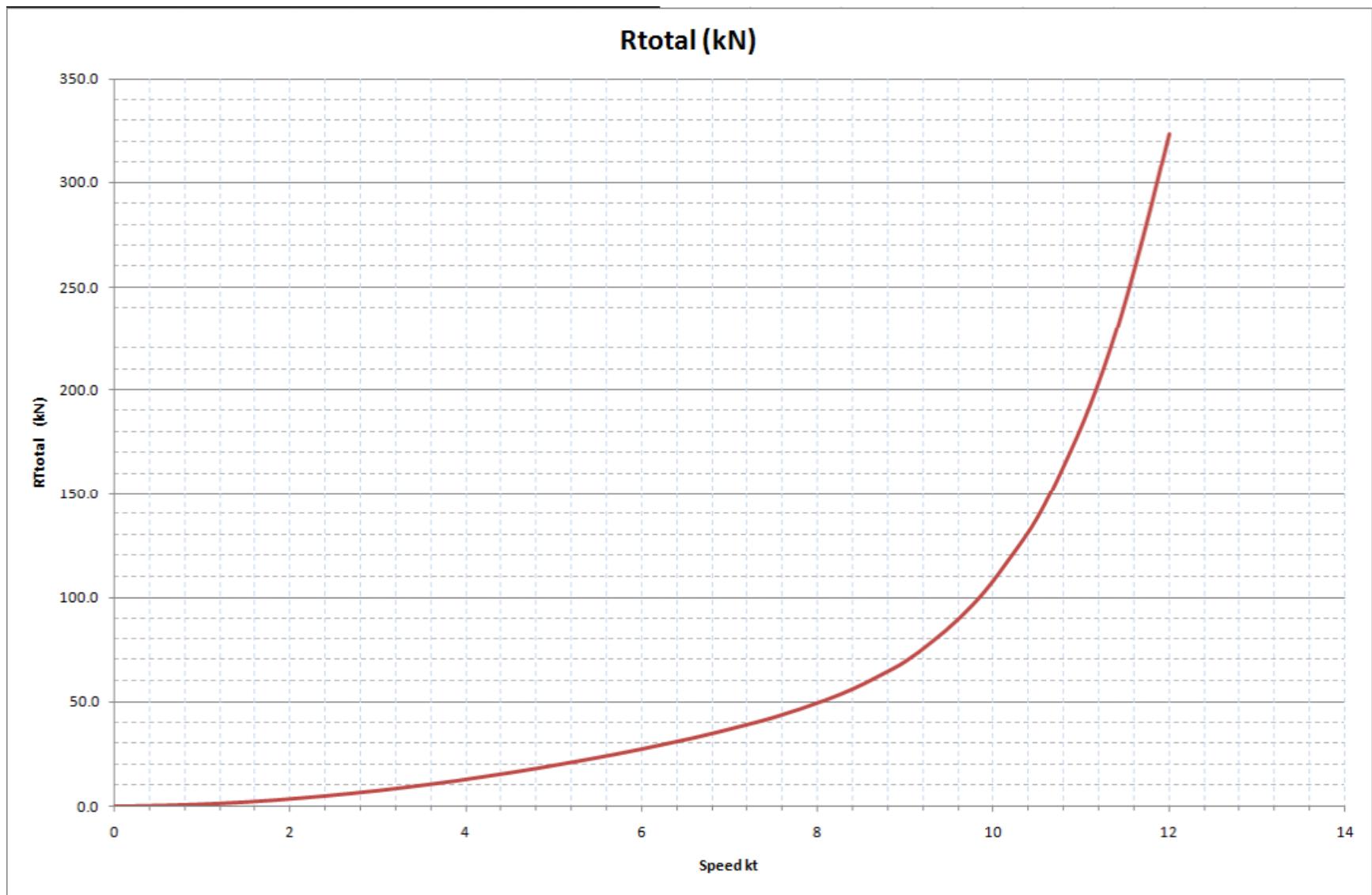
Condición -2-



Comentarios

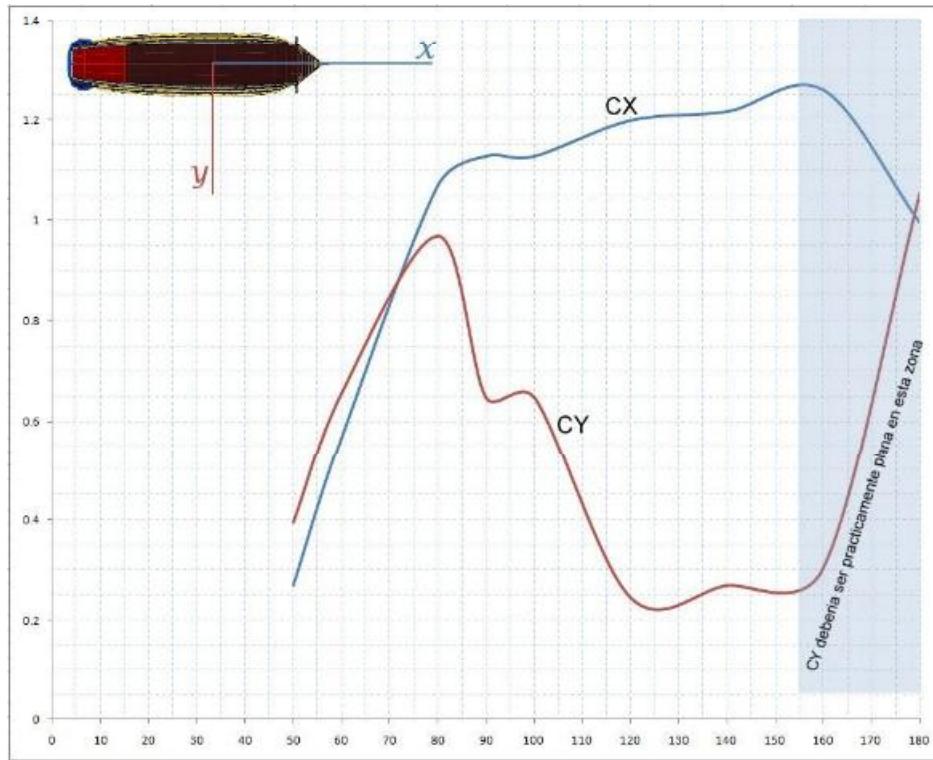
- El modelo 3D y por lo tanto el cálculo de los pesos y centros de gravedad está aún en curso. Por lo tanto en todos estos cálculos se utiliza el valor de GM propuesto por D. Francisco Fernández González en uno de sus trabajos.
- El “floreo” del batiporte de la primera batería en el medio, es de 1.6 metros, según documentación de la época.
- NOTAS:
 - El recorrido de la curva es muy corto y en general lo son todos los valores.
 - El ángulo de inmersión de cubierta en el caso 1, muy pequeño.
 - También las aberturas de cubierta son inundables en un ángulo corto.
 - El ángulo límite de estabilidad ocurre muy temprano.
- Para el caso 2, la curva mejora, pero aún así, sigue siendo escasa la estabilidad.
- La zona del “fuerte”, sección recta casi vertical en los costados de las cuadernas es corta, está muy sumergida y además interrumpida por las portas de la primera batería. Esto impide que se produzca beneficio de la estabilidad con la escora por aumento de la manga/volumen.
- Al contrario, muy pronto se llega a la zona de los “reveses” donde la manga empieza a disminuir muy rápidamente.
- Una vez terminado el modelo y conocidos los pesos, teniendo en cuenta que según anotación de Tomás Muñoz “El Navío está completamente hecho de cedro”, quizás, gracias a la ligereza del maderamen, pudiera aumentarse el lastre por encima del 11.5% del total que era usual.
- Esta última opción es una de las metas de la construcción de este modelo.

Resistencia - Velocidad



Coeficientes aerodinámicos de las velas

Curvas por puntos de muestreo cada 10° sin tratar.

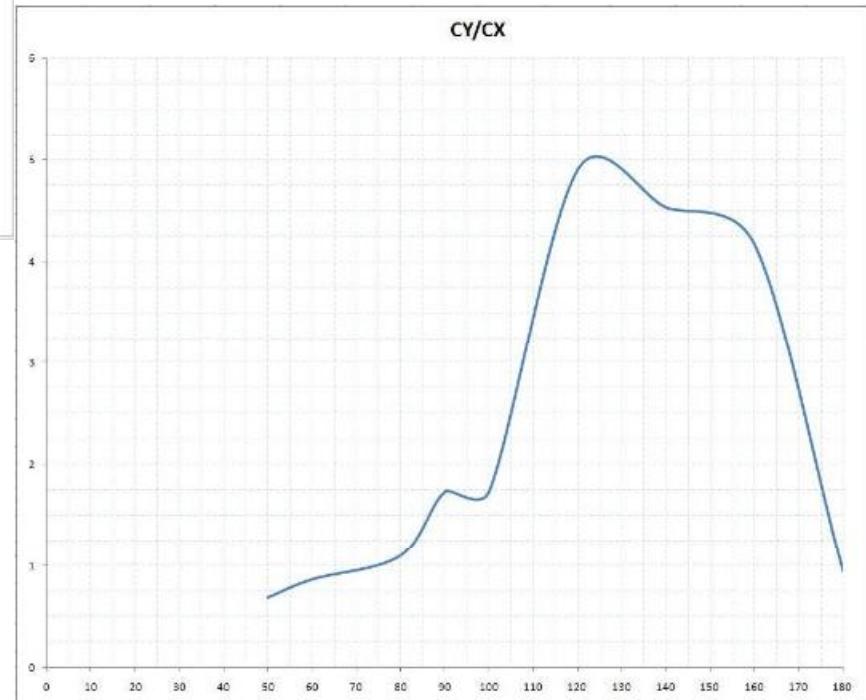


La falta de un modelo “multi-físico” hace que estos datos deban tomarse solamente como orientativos.

Punto óptimo a 125°

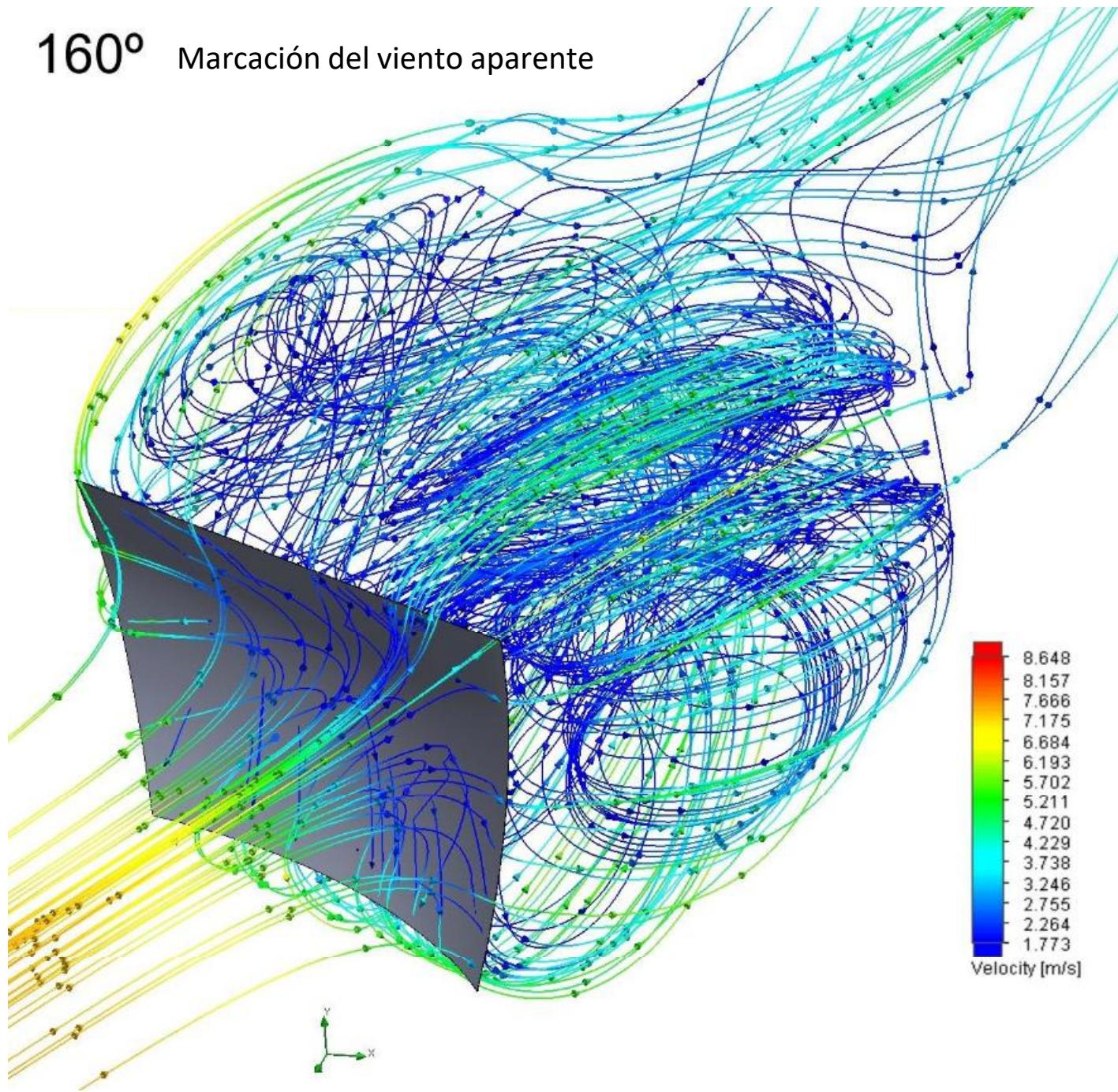
Pero, a vientos portantes, en condiciones de “pérdida”, desprendimiento y alta turbulencia, el modelo CFD empieza a perder fiabilidad.

La experiencia nos dice que la fuerza lateral no puede aumentar cuando el viento rola a la popa.

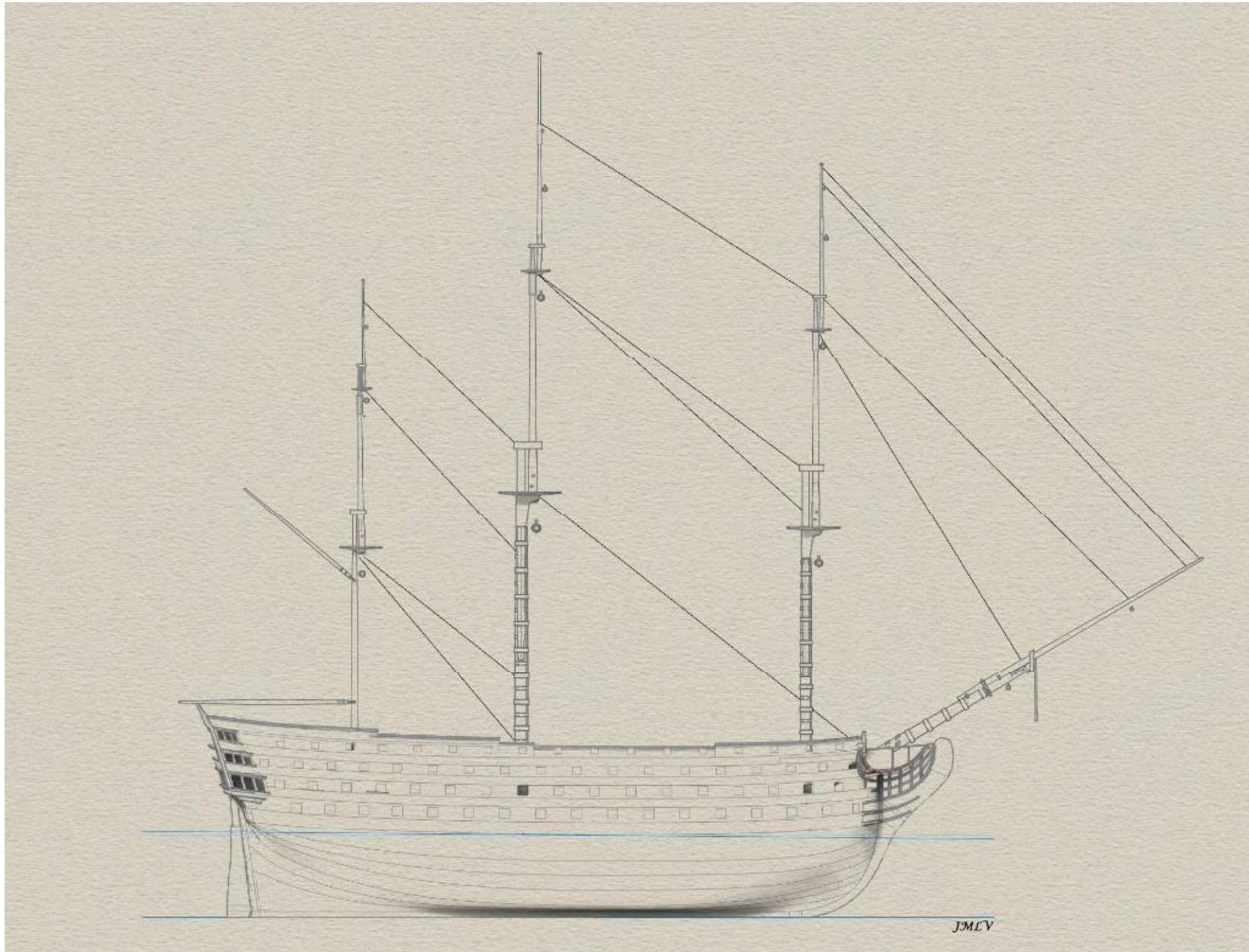


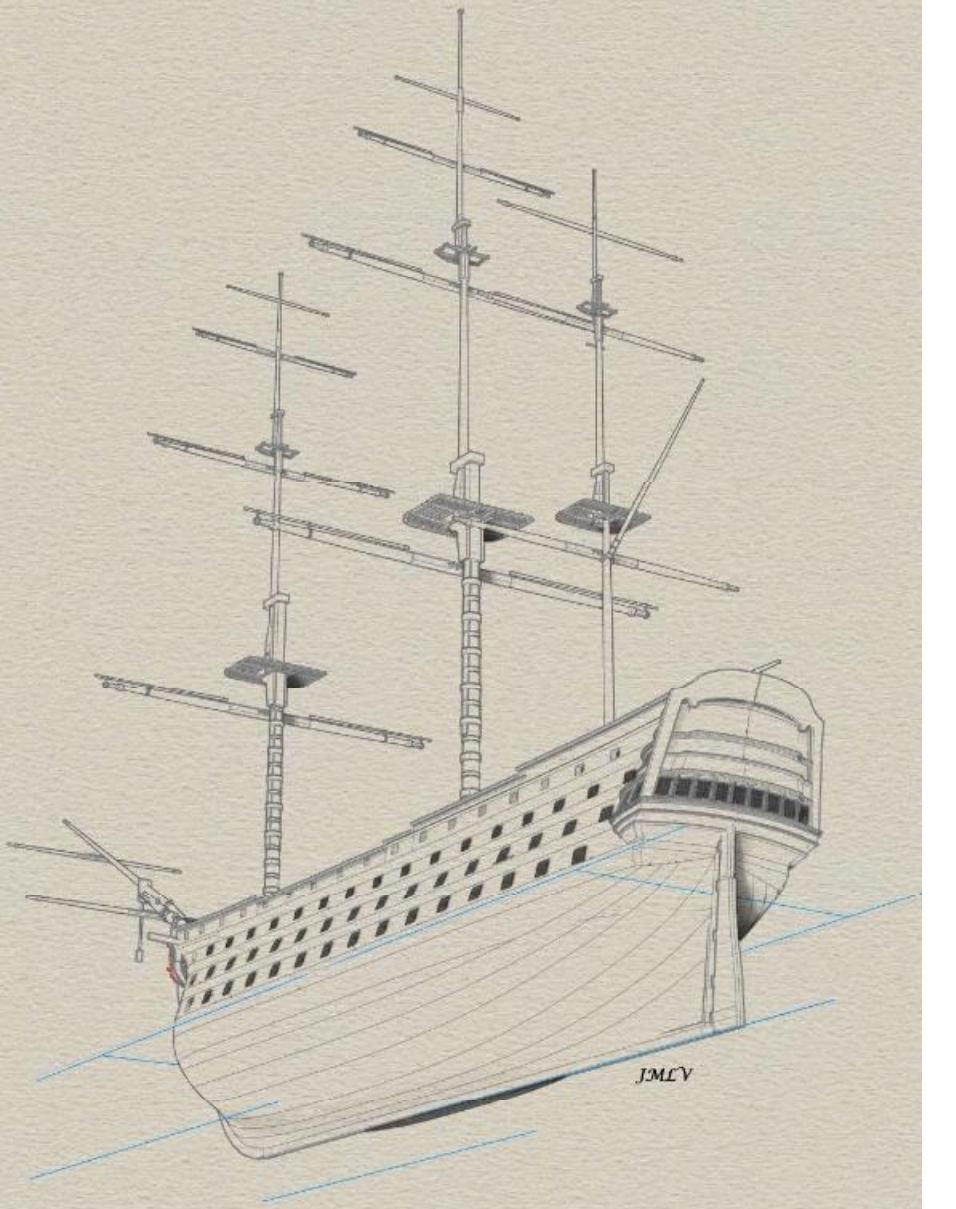
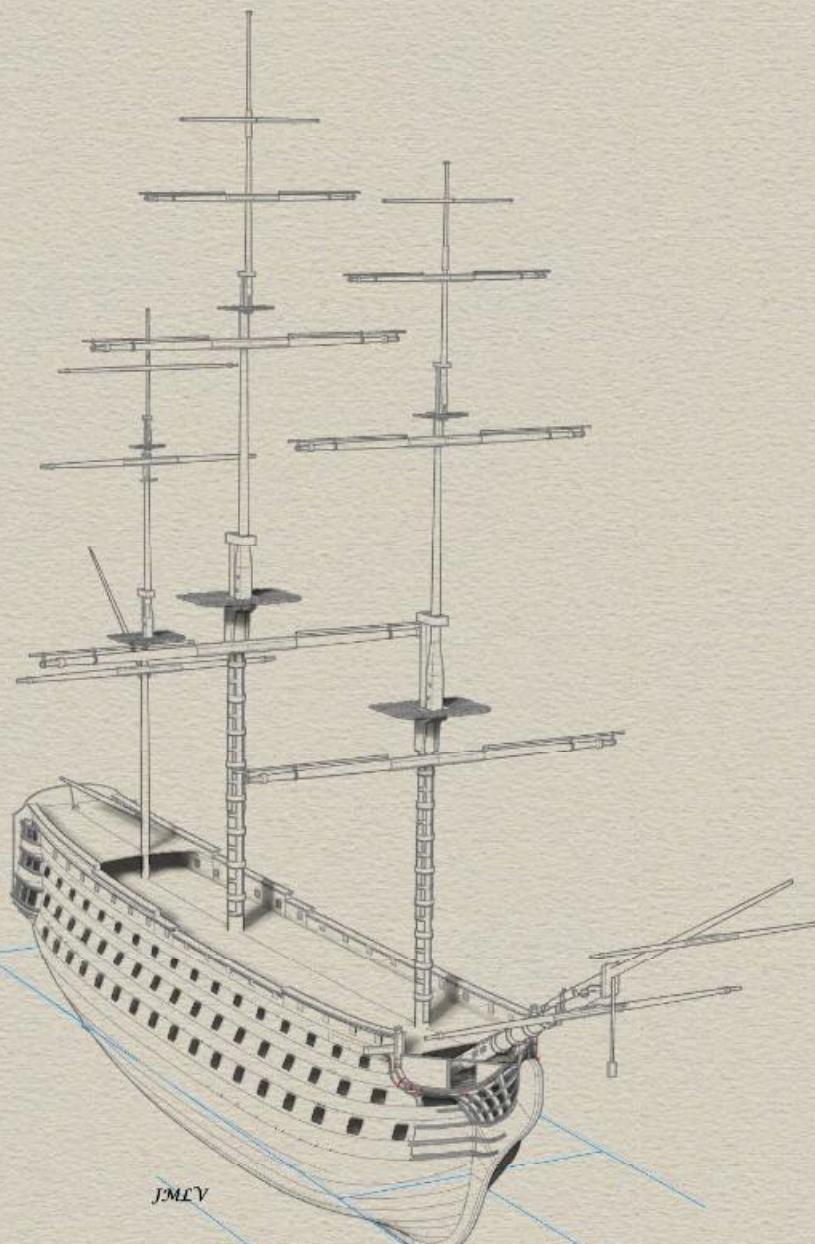
160° Marcación del viento aparente

El problema de la
turbulencia a
vientos portantes.



El modelo 3D en curso...

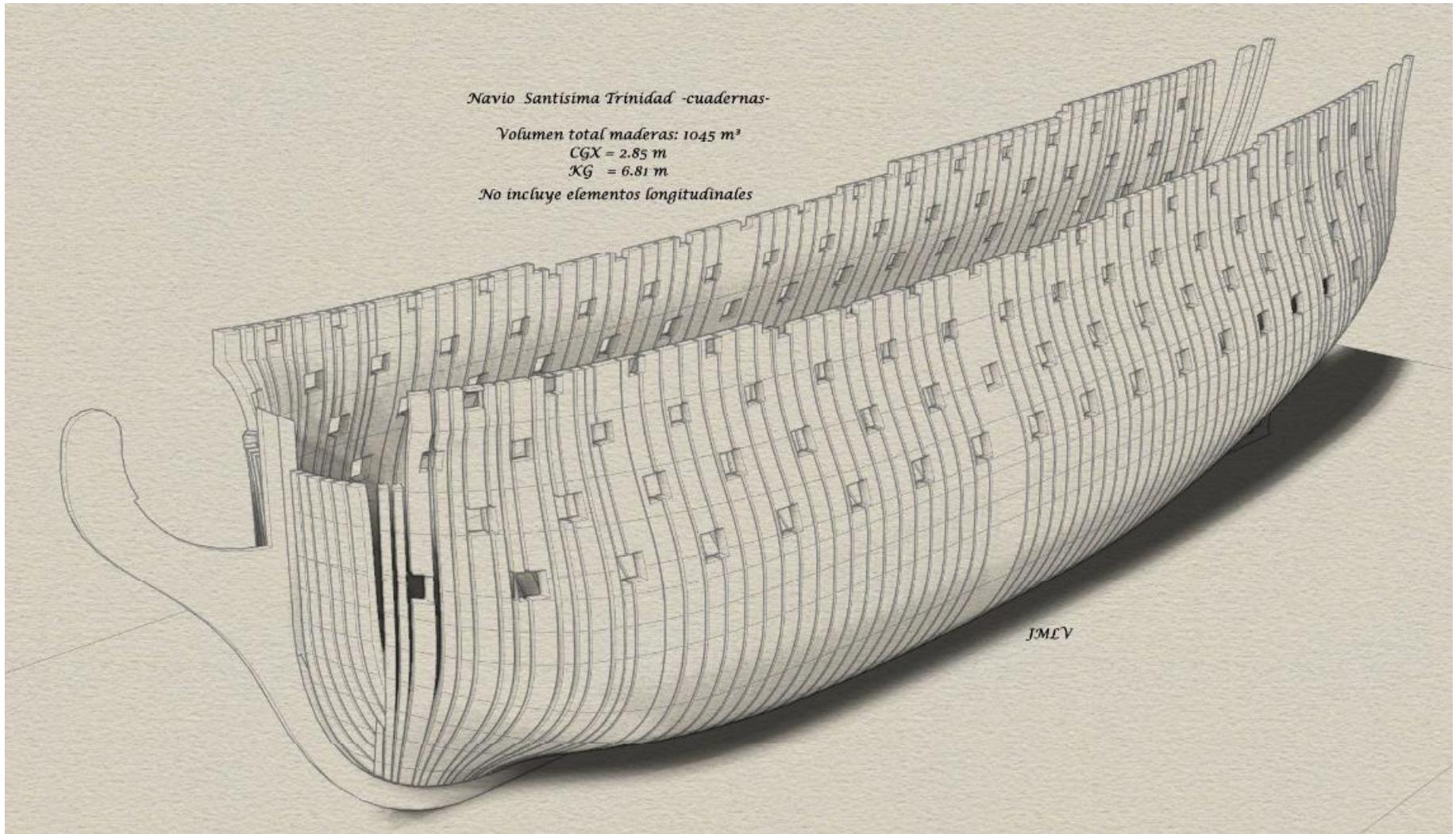




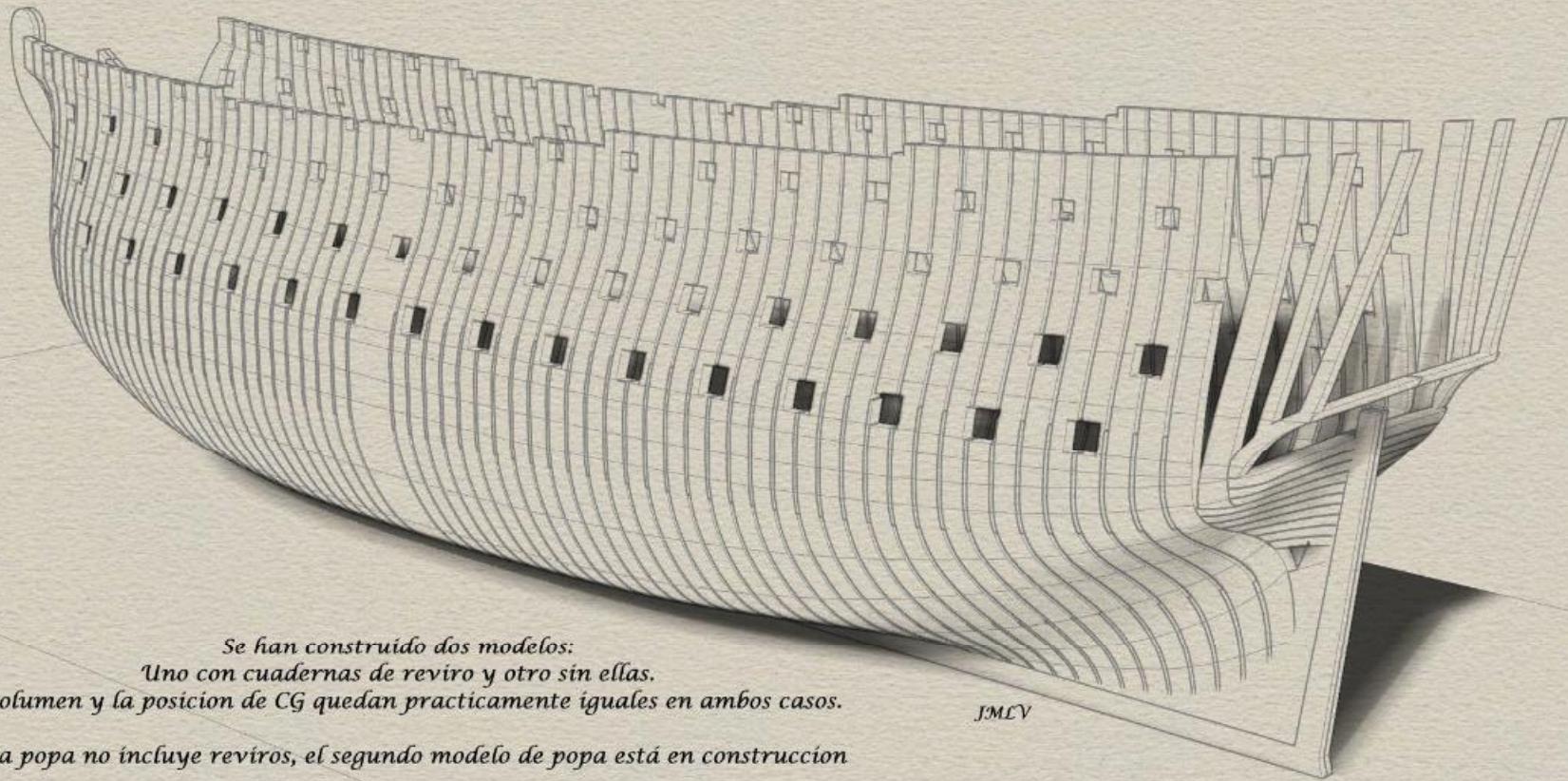
Cuadernas

La discrepancia de las fuentes obligaron a construir dos modelos uno con “reviros” y otro sin ellos.

En ambos casos, el volumen total y la posición del Centro de Gravedad son prácticamente iguales.



Vista de popa



Se han construido dos modelos:

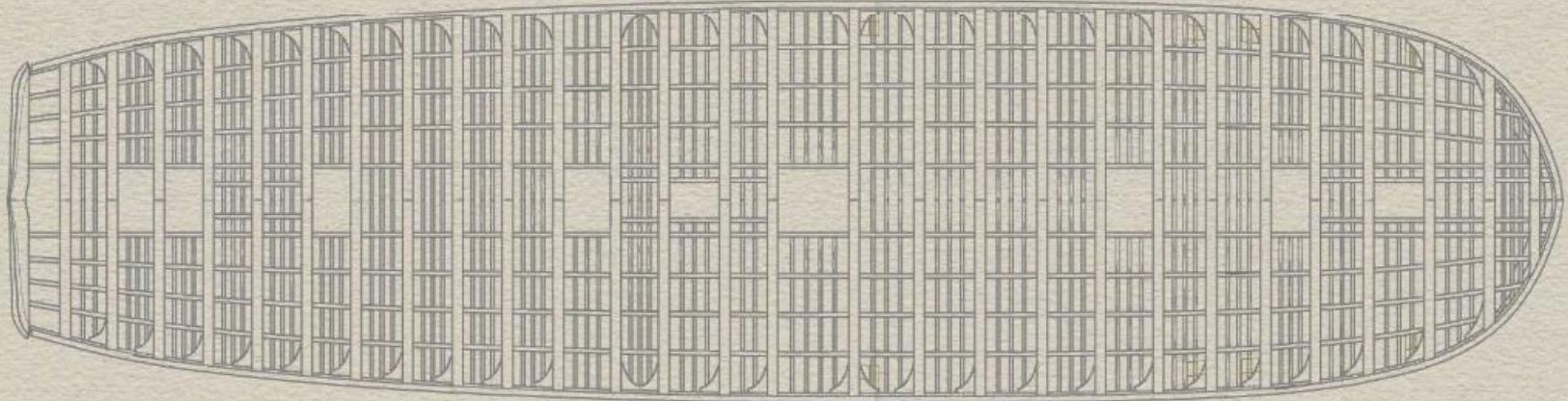
Uno con cuadernas de reviro y otro sin ellas.

El volumen y la posición de CG quedan prácticamente iguales en ambos casos.

- Esta popa no incluye revíros, el segundo modelo de popa está en construcción

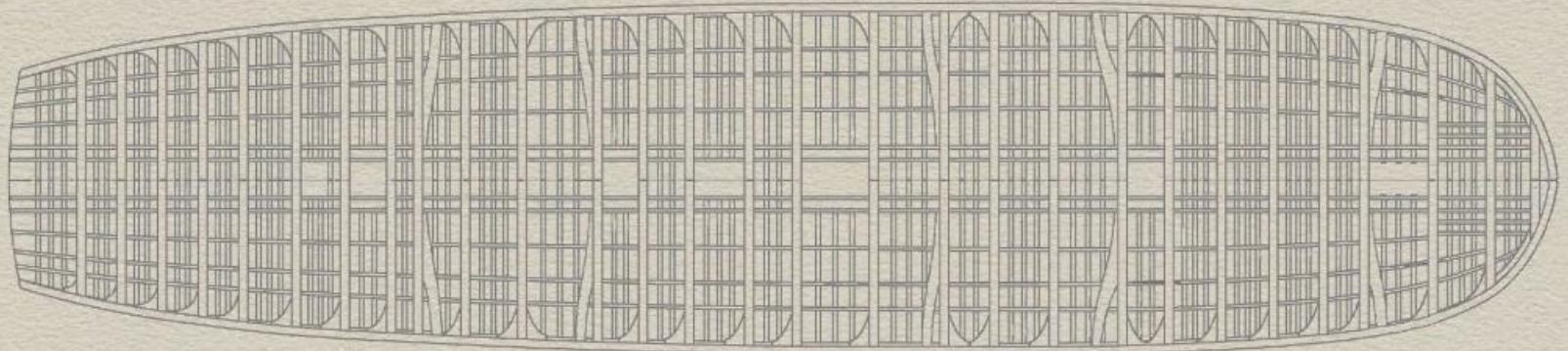
JMLV

Baterías



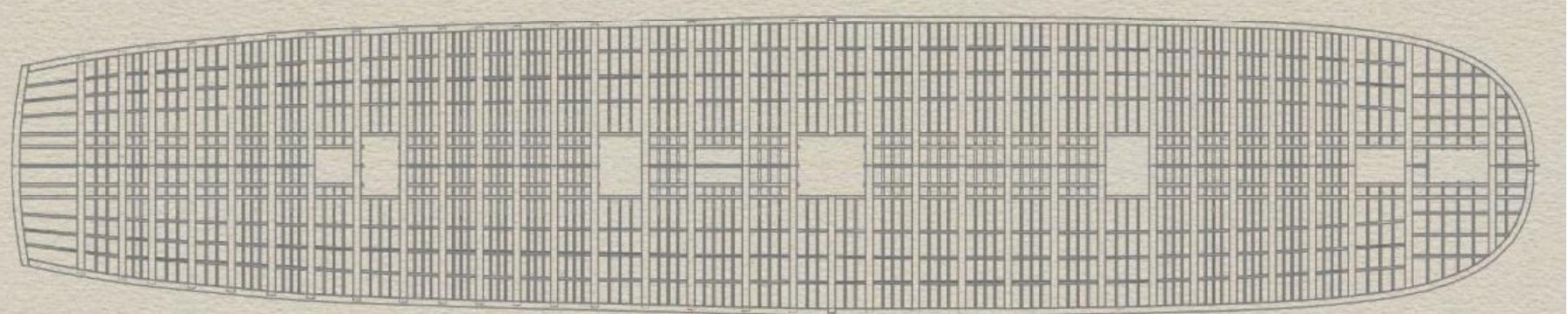
Navio Santísima Trinidad 1^a bateria

Volumen total maderas: 137 m³
 $CGX = 3.74\text{ m}$
 $KG = 8.91\text{ m}$



Navio Santísima Trinidad 2^a bateria

Volumen total maderas: 177 m³
 $CGX = 4.10\text{ m}$
 $KG = 11.3\text{ m}$



Navio Santisima Trinidad 3^a bateria

Volumen total maderas: 60.5 m³

CGX = 5.11m

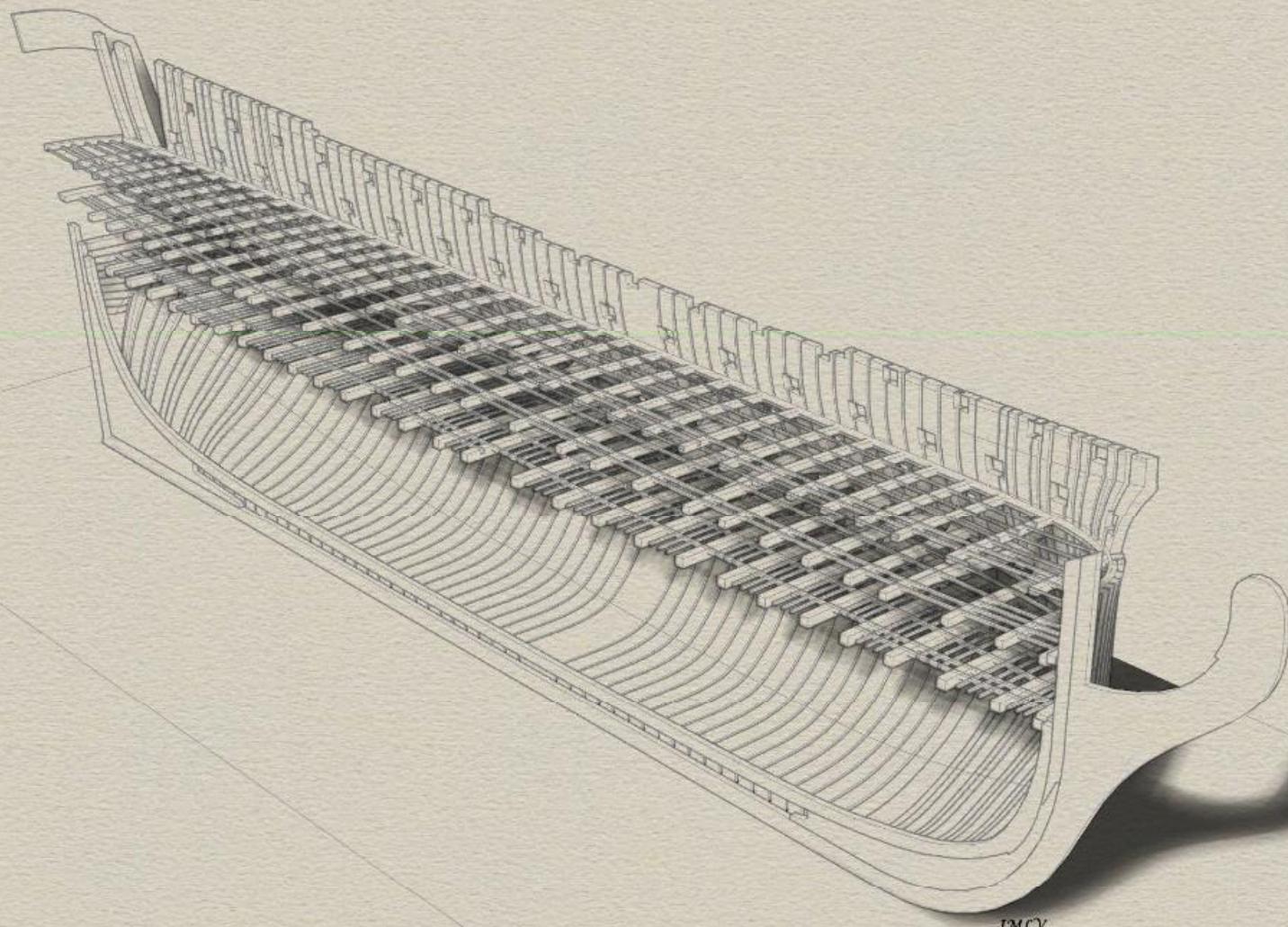
KG = 13.5m

JMLV

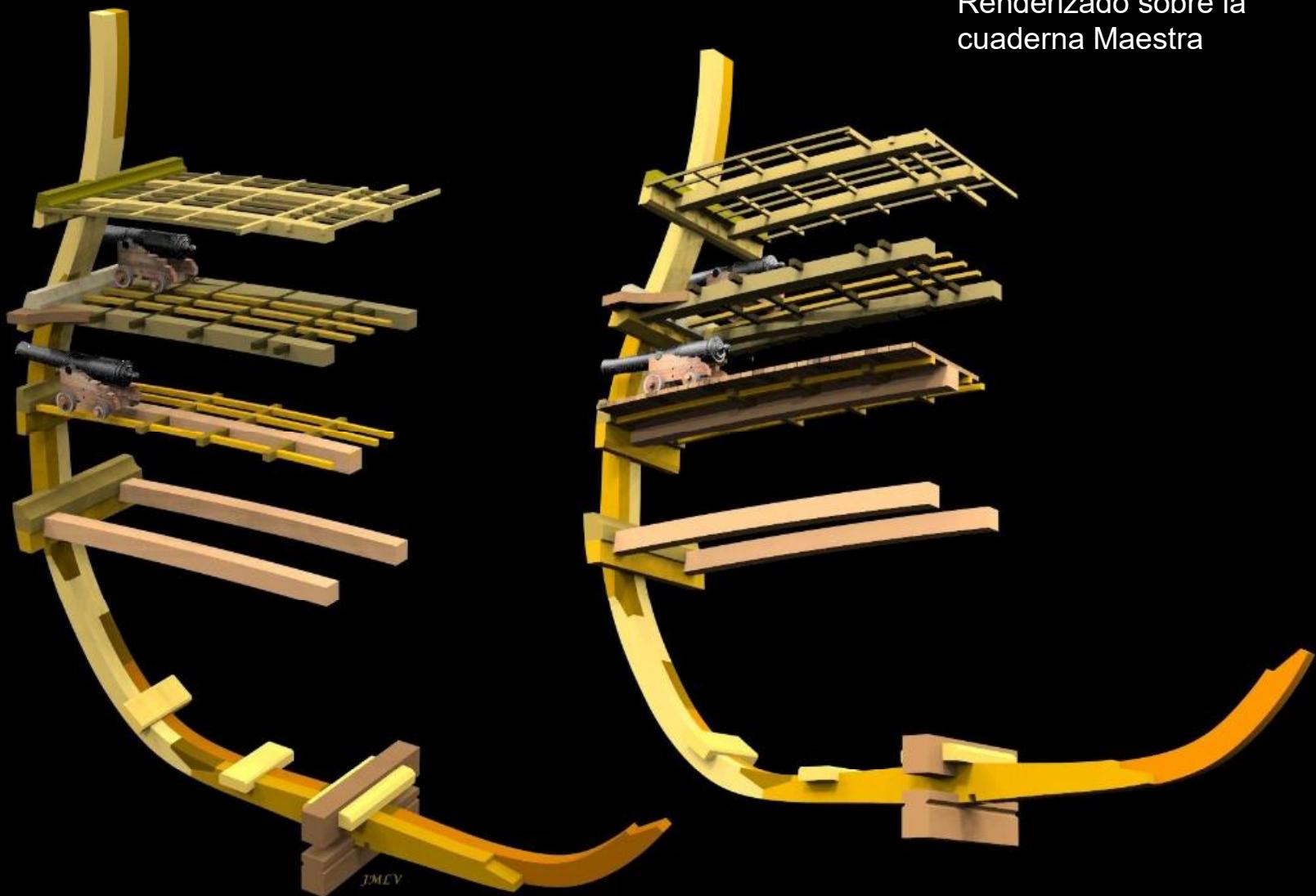
Navio Santisima Trinidad 4^a bateria corrida

En Construcción

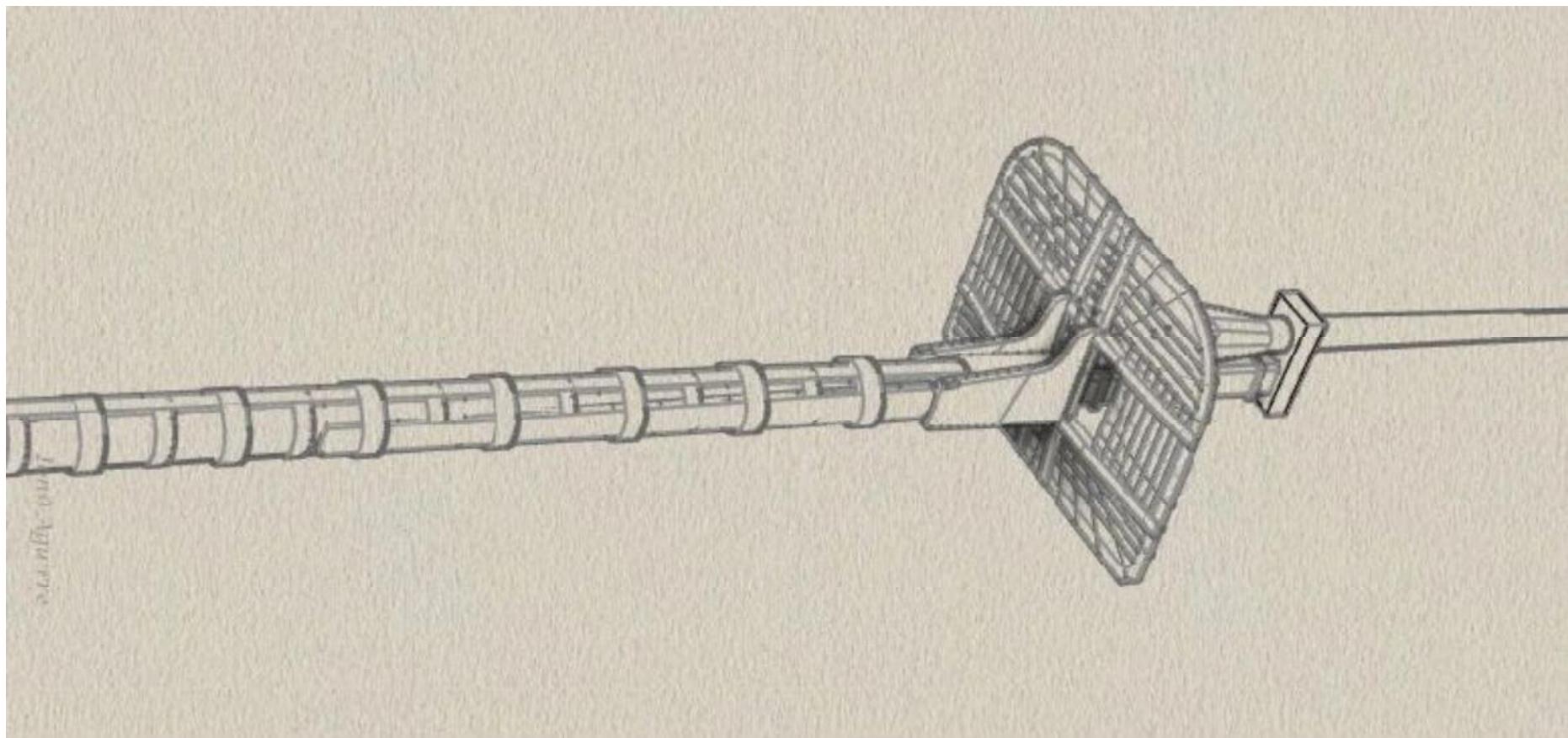
Se omiten las latas en segunda y tercera baterias por mayor claridad

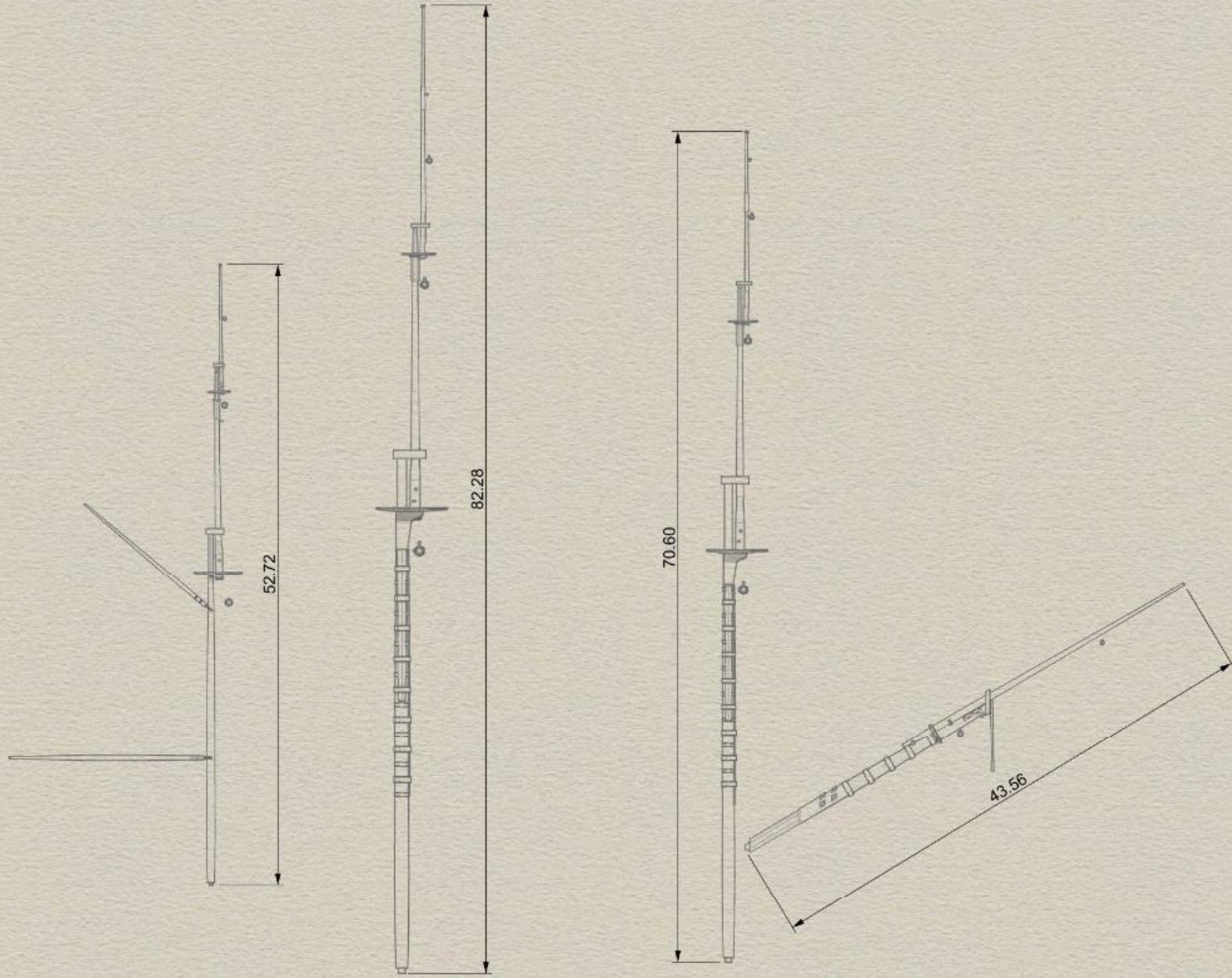


Renderizado sobre la
cuaderna Maestra



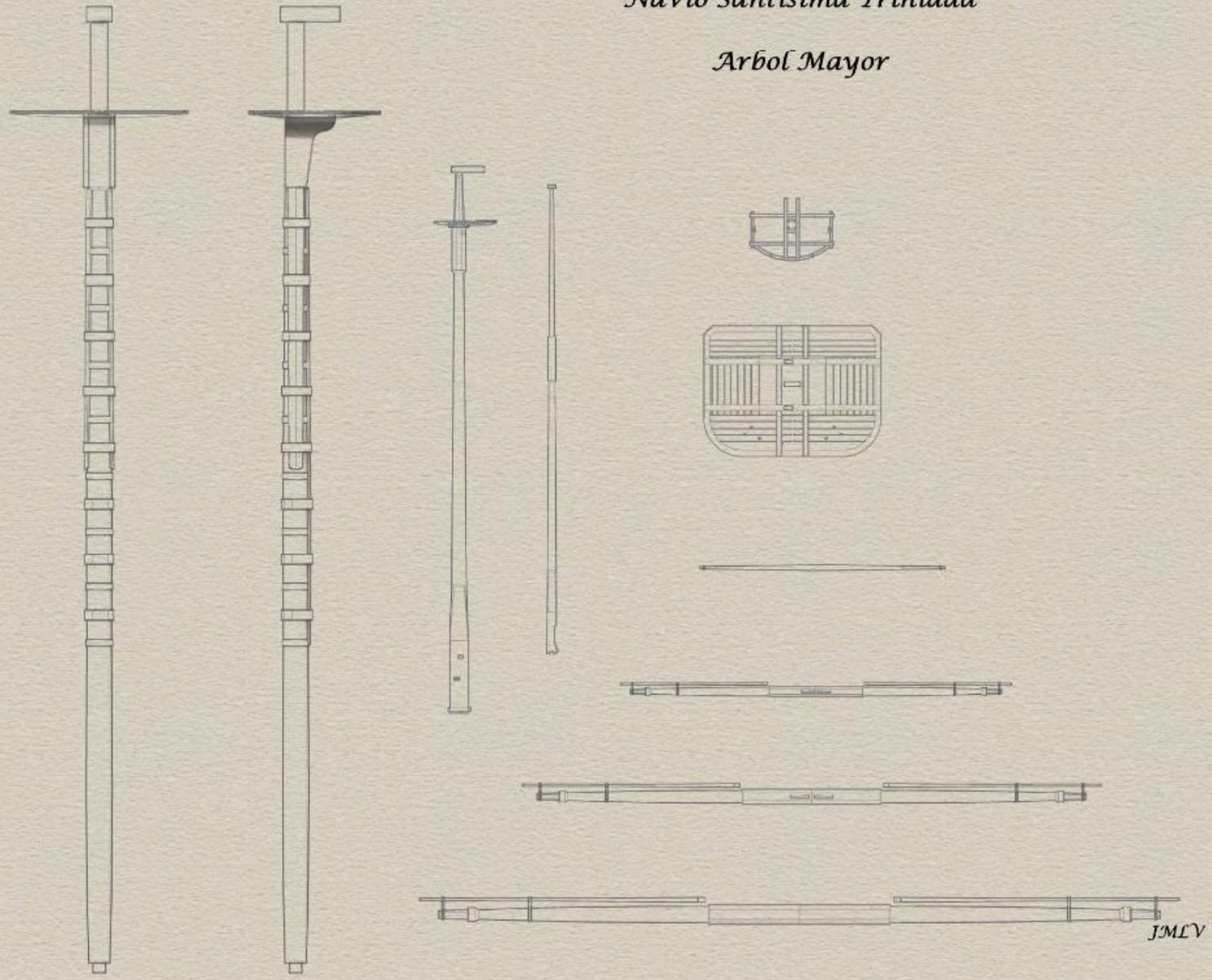
Arboladura

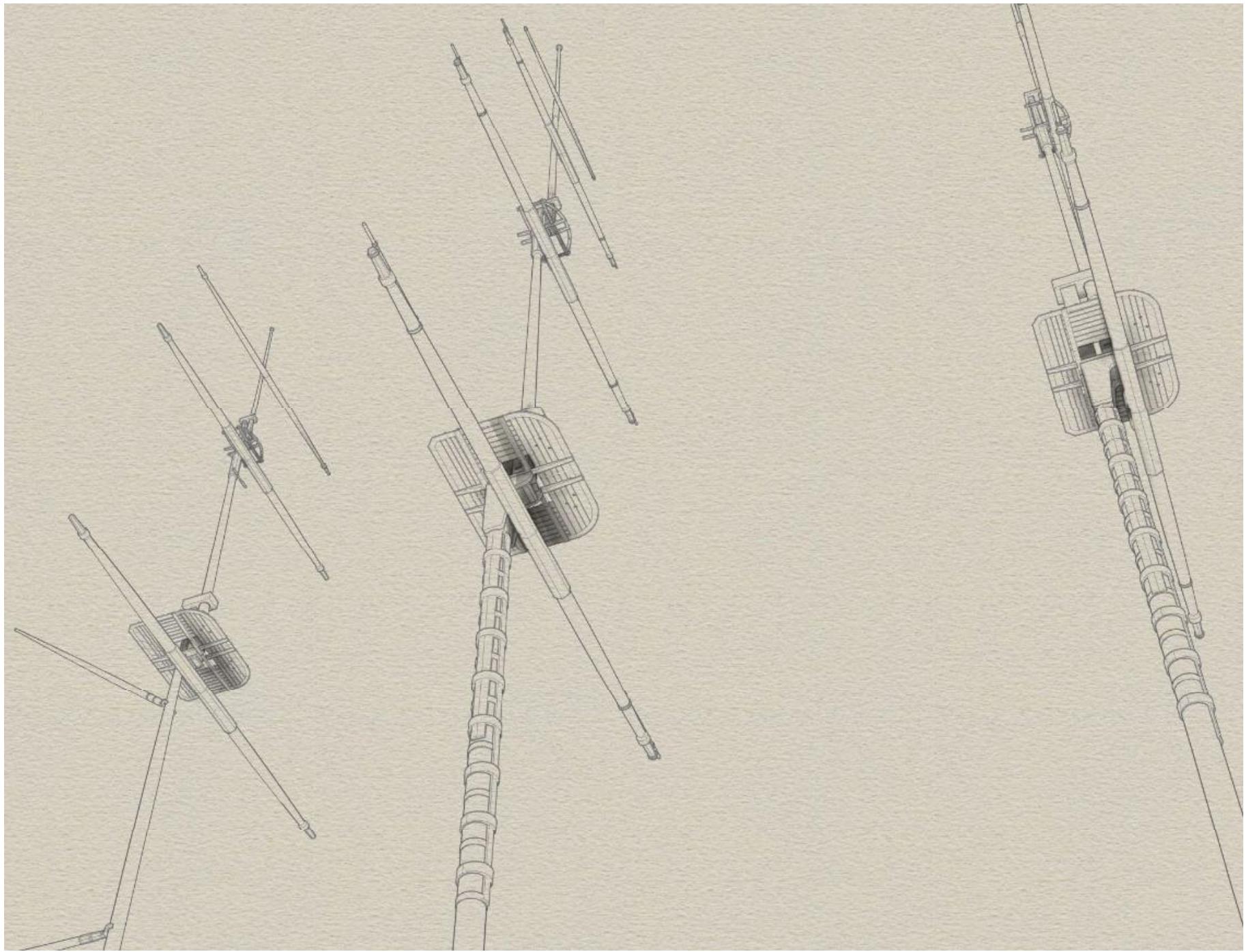




Navio Santísima Trinidad

Arbol Mayor

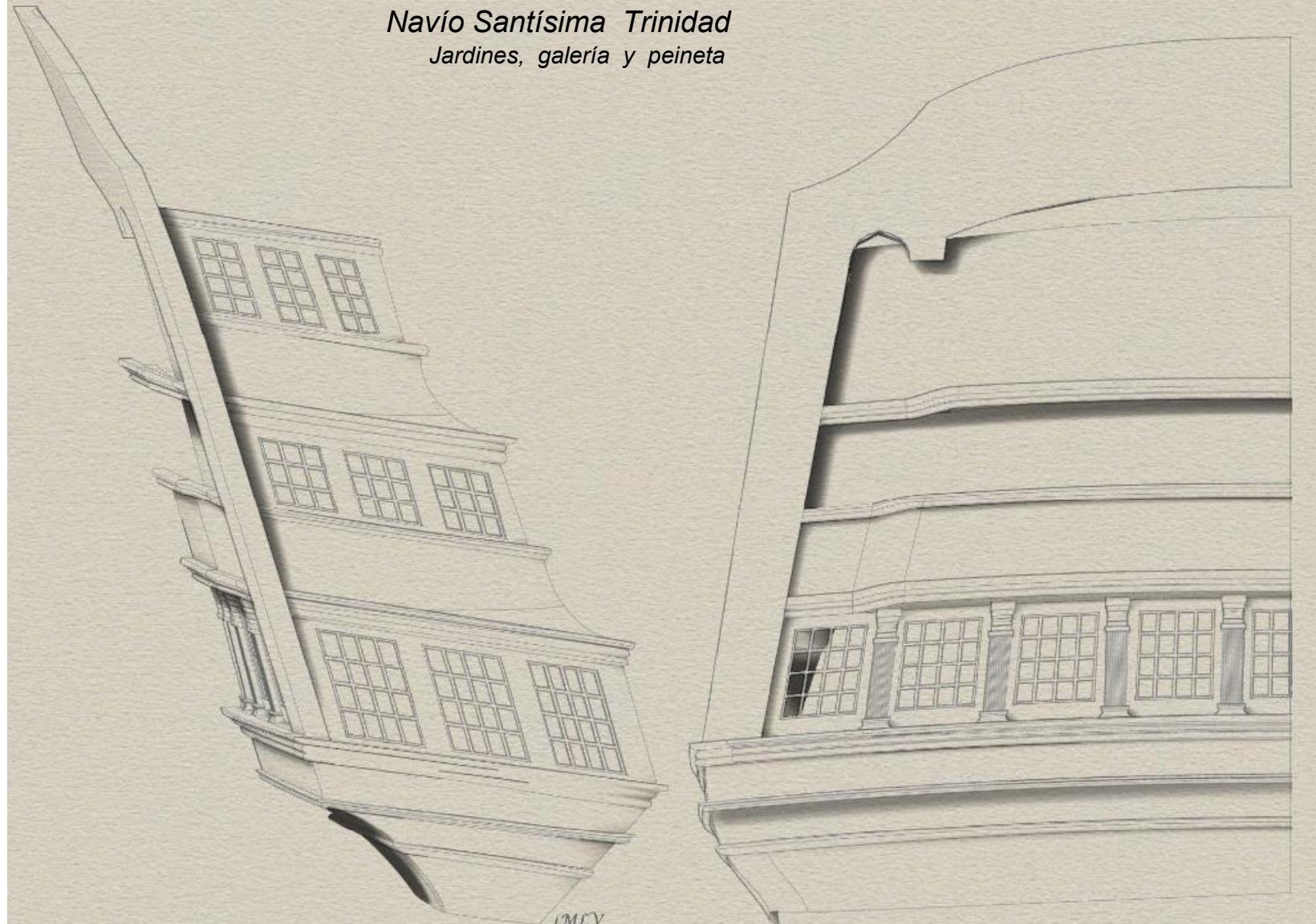




Obras de proa y popa

Navío Santísima Trinidad

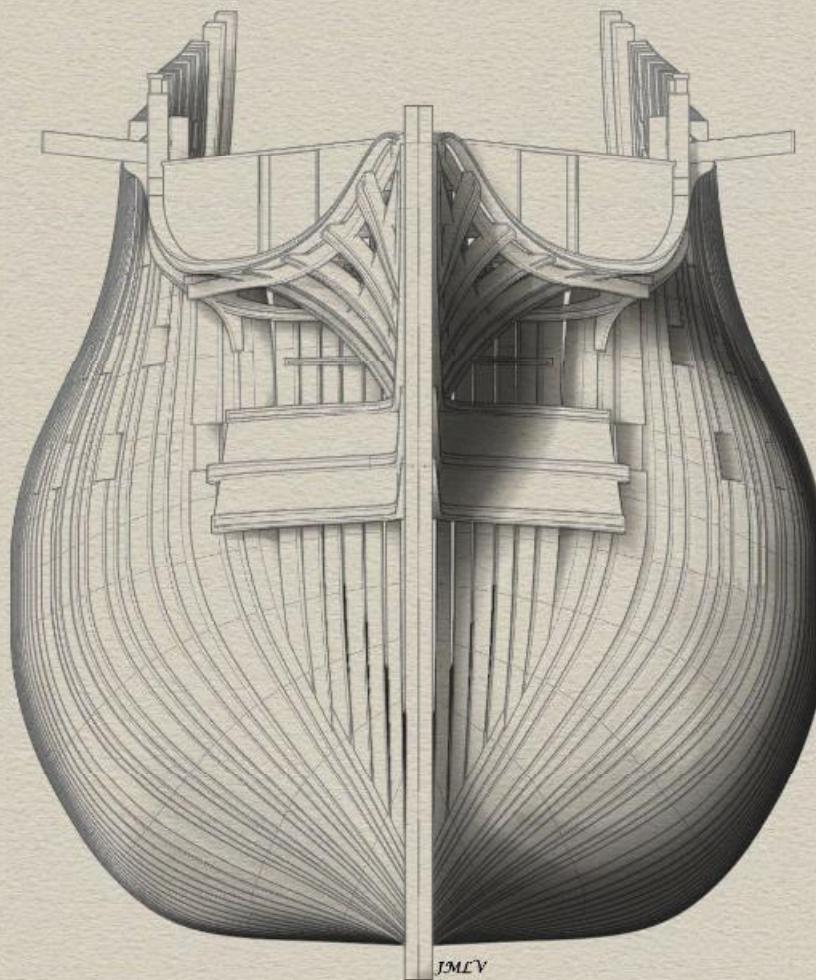
Jardines, galería y peineta



1750



Proa

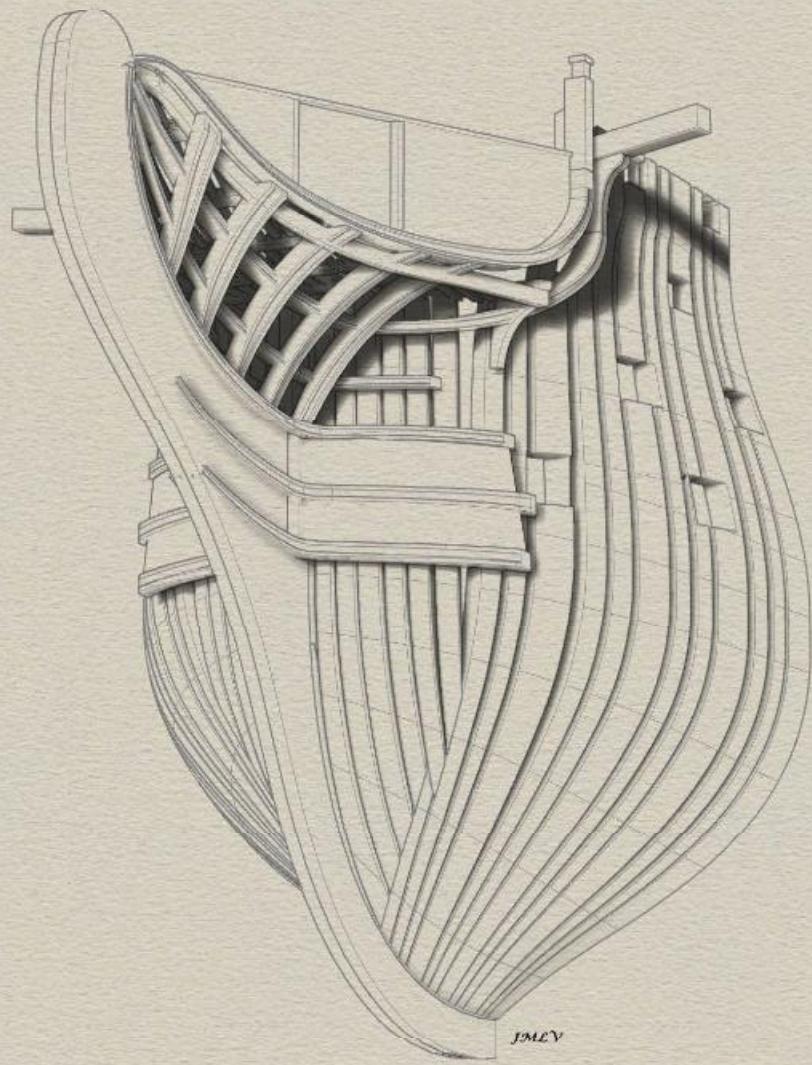
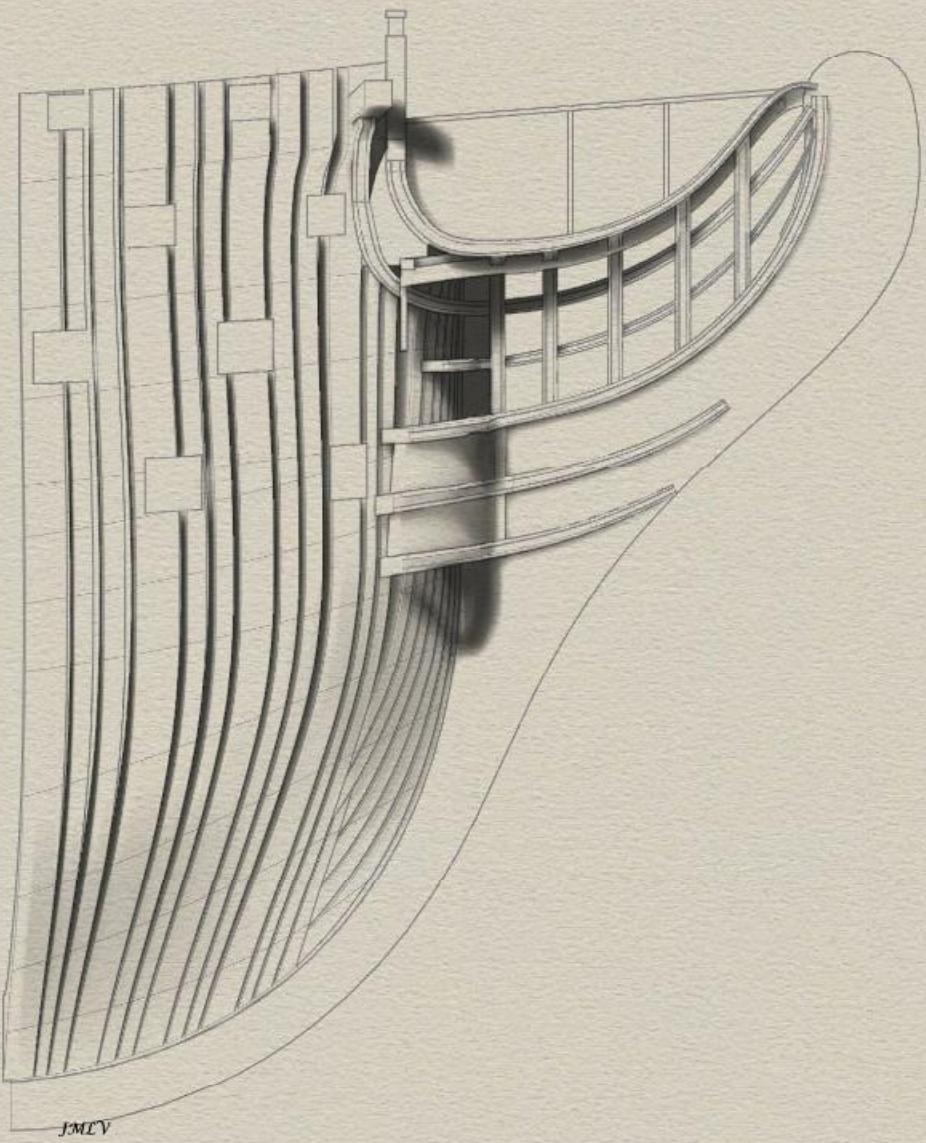


Navío Santísima Trinidad Obra de proa

Volumen total maderas: 18.4 m³

CGX = -28.25 m

KG = 13.6 m

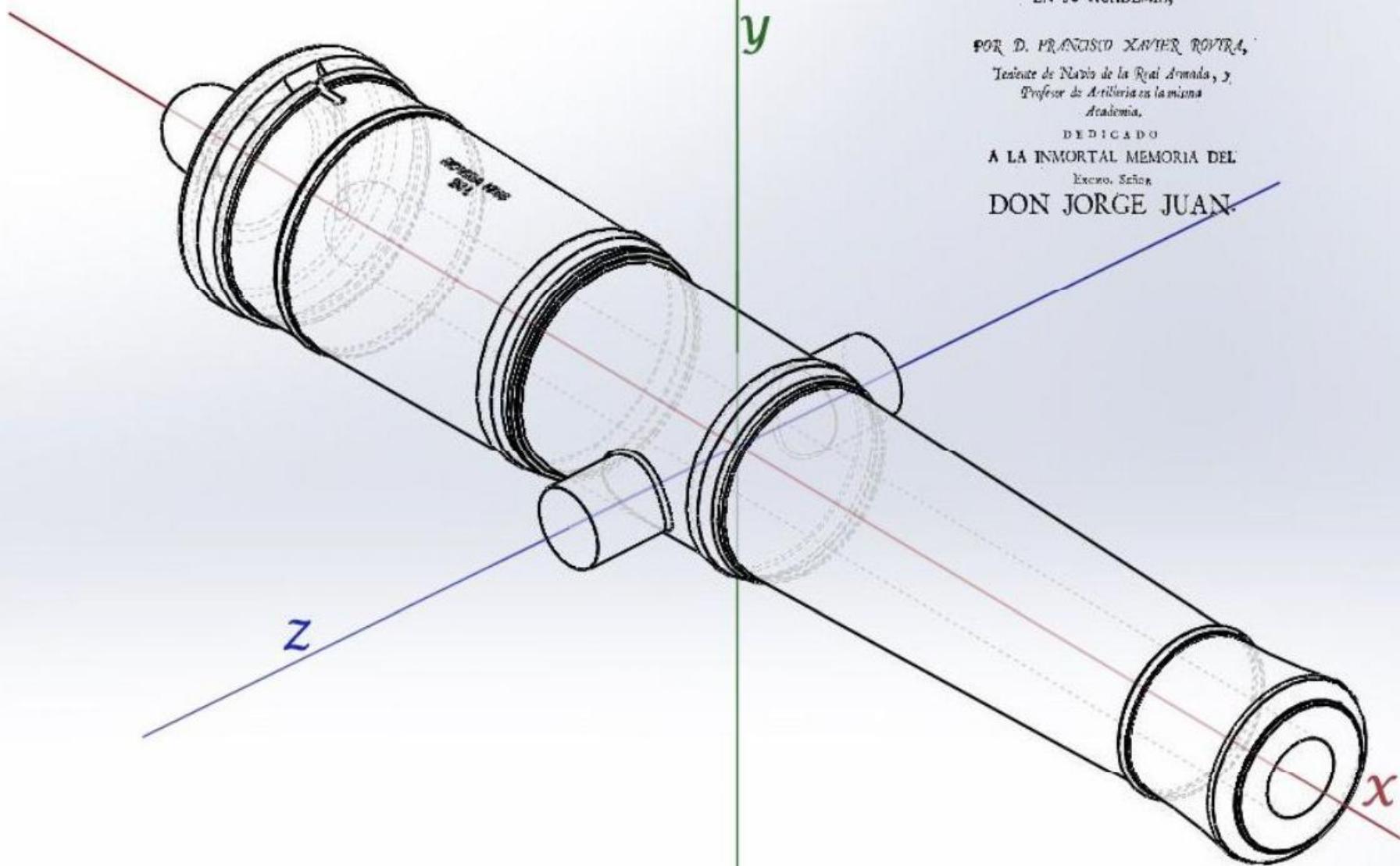


*Navio de Su Majestad -Santísima Trinidad -
Del Porte de 140 cañones*



ANEXO ARTILLERIA

Cañon de 24 libras. Ordenanza de 1765



TRATADO DE ARTILLERIA

PARA EL USO DE LOS CAVALLEROS
GUARDIAS-MARINAS
EN SU ACADEMIA,

POR D. FRANCISCO XAVIER ROVIRA,
Tiente de Navis de la Real Armada, y
Profesor de Artilleria en la misma
Academia.

DEDICADO
A LA INMORTAL MEMORIA DEL
Exmo. Señor
DON JORGE JUAN.

Datos de las piezas

Piezas de ordenanza 1765 (avancarga y ánima lisa)

Los calibres con asterisco corresponden a piezas de “ánima corta”.

Calibre	Diam mm	Bala Kg	Carga Kg	L m	Vo m/s
36	175.0	17.61	5.87	2.92	418
24	152.9	11.74	3.91	2.84	415
18	138.9	8.80	2.94	3.09	423
18*	138.9	8.80	2.94	2.76	412
12	121.5	5.87	1.96	2.92	418
12*	121.5	5.87	1.96	2.60	407
8	103.8	3.91	1.47	2.60	431
8*	103.8	3.91	1.47	2.27	418
6	96.4	2.93	0.98	2.44	401
6*	96.4	2.93	0.98	2.11	387
4	84.3	1.96	0.65	2.11	387
4*	84.3	1.96	0.65	1.95	379

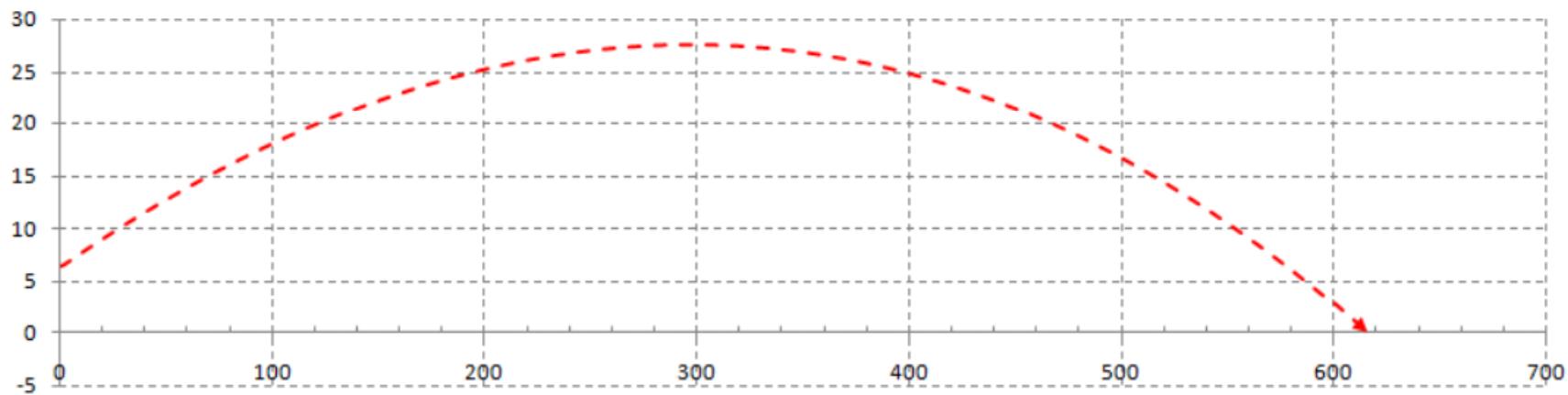
Las velocidades de salida Vo, fueron calculadas por el autor.

Para Las trayectorias, gráficos y datos que siguen fue determinante la variación del coeficiente Cd de una bala esférica sin rotación como función no lineal de Re

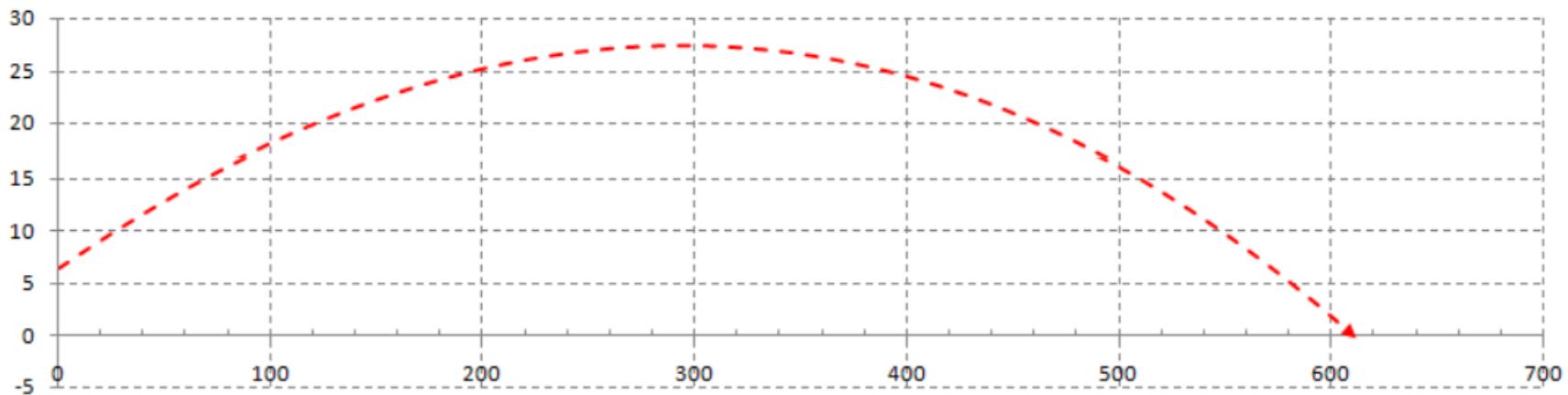
Trayectoria y alcance

Cañones de 18 libras ánima corta 18* y larga 18.
Altura sobre la flotación 6.5 m

Cañón de 18* a 8º Alcance-MAX=616m



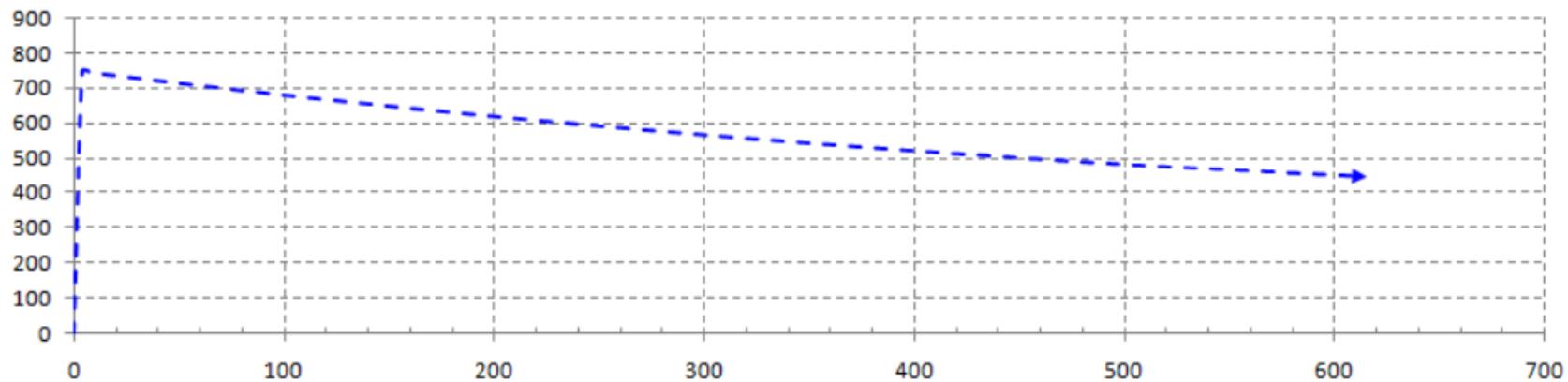
Cañón de 18 a 8º Alcance-MAX=612m



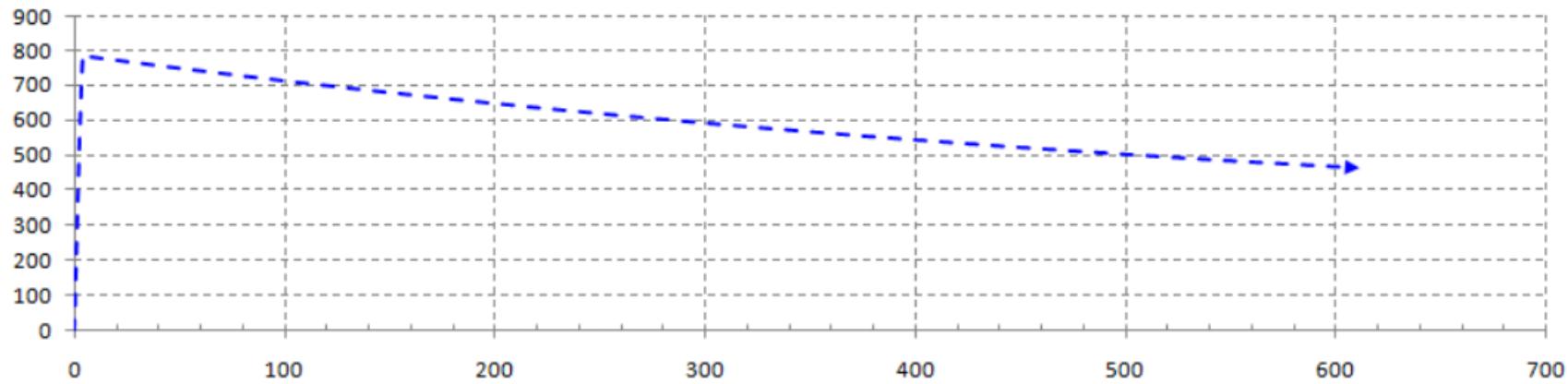
Peso del 18 largo= 2196 Kg: Peso del 18 corto= 1923 Kg

Energía cinética de impacto

E cinet 18* a 8º En punto de impacto 443 kJ



E cinet 18 a 8º En punto de impacto 462 kJ

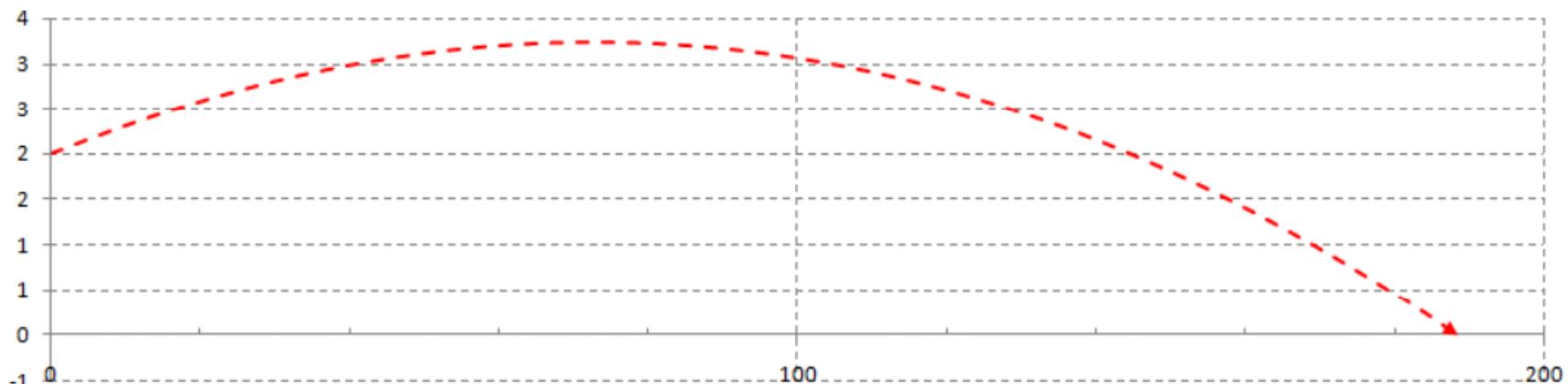


Las diferencias en energía y alcance no justifican el incremento de peso

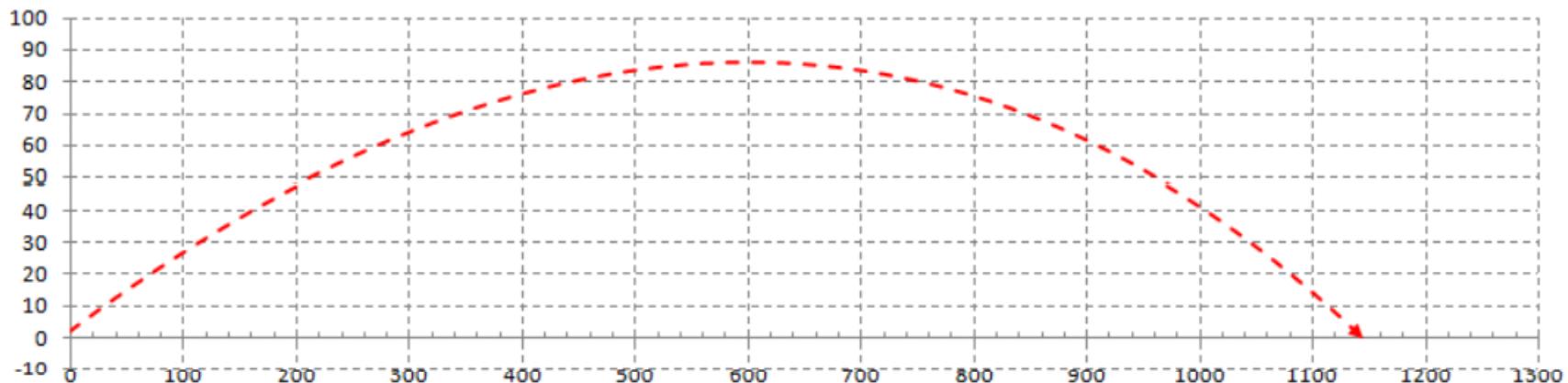
Tiro tenso / tiro a máximo alcance

Altura sobre la flotación 2 m

Cañon de 36 a 2º Alcance-MAX=188m

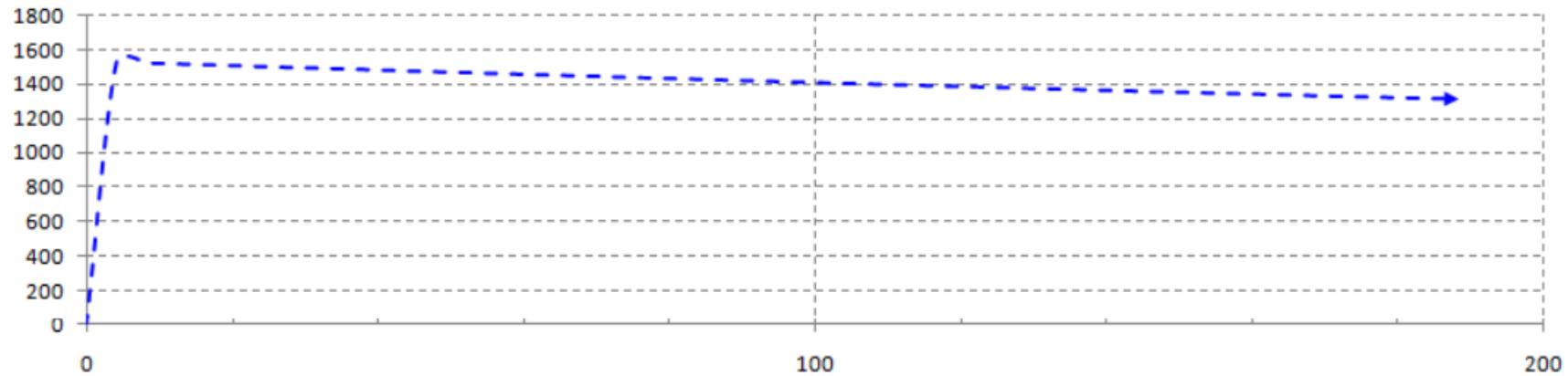


Cañon de 36 a 15º Alcance-MAX=1145m

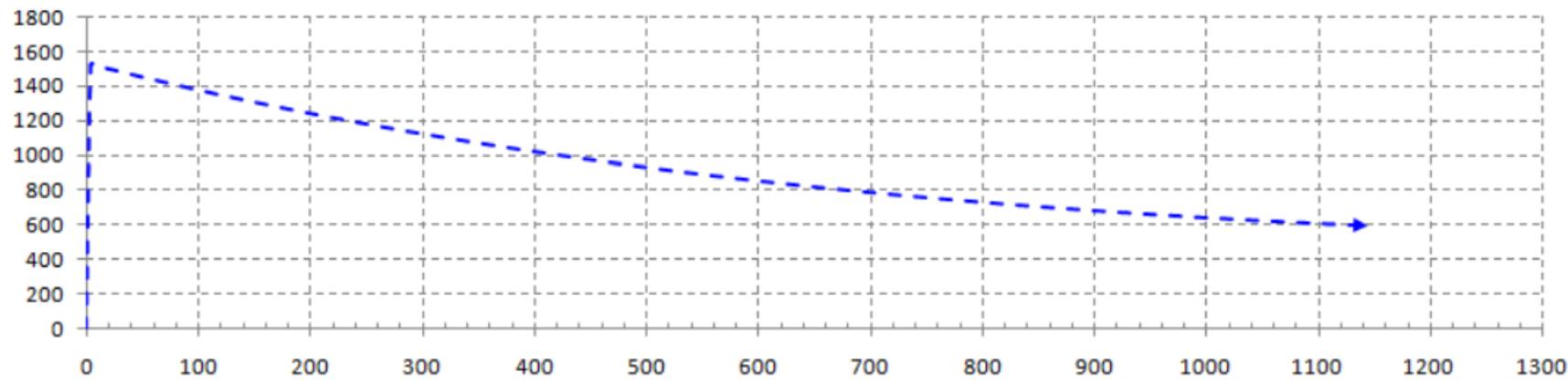


Energía cinética de impacto

E cinet 36 a 2º En punto de impacto 1316 kJ

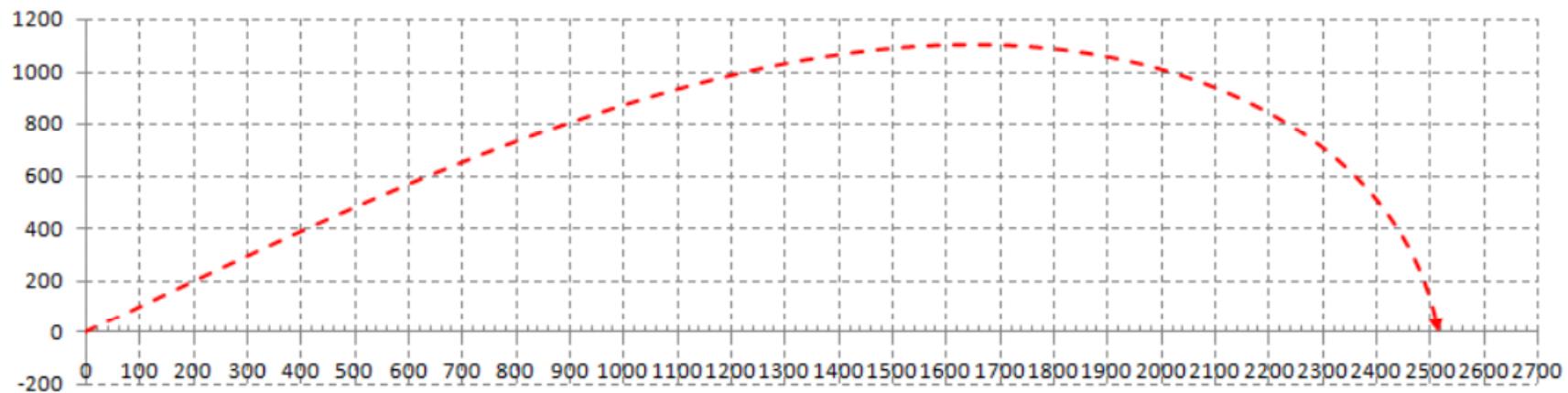


E cinet 36 a 15º En punto de impacto 600 kJ

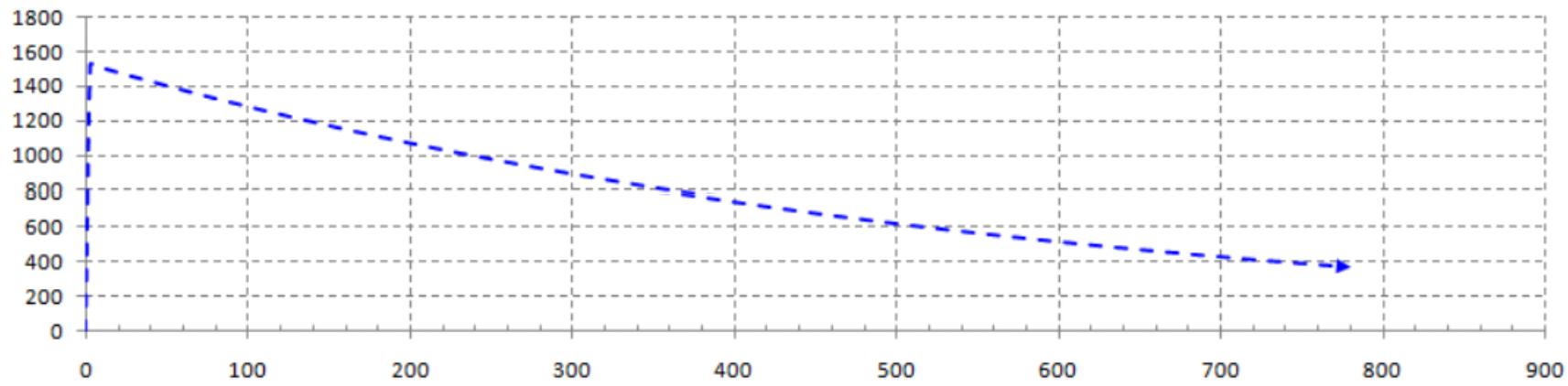


Tiro teórico a 45º

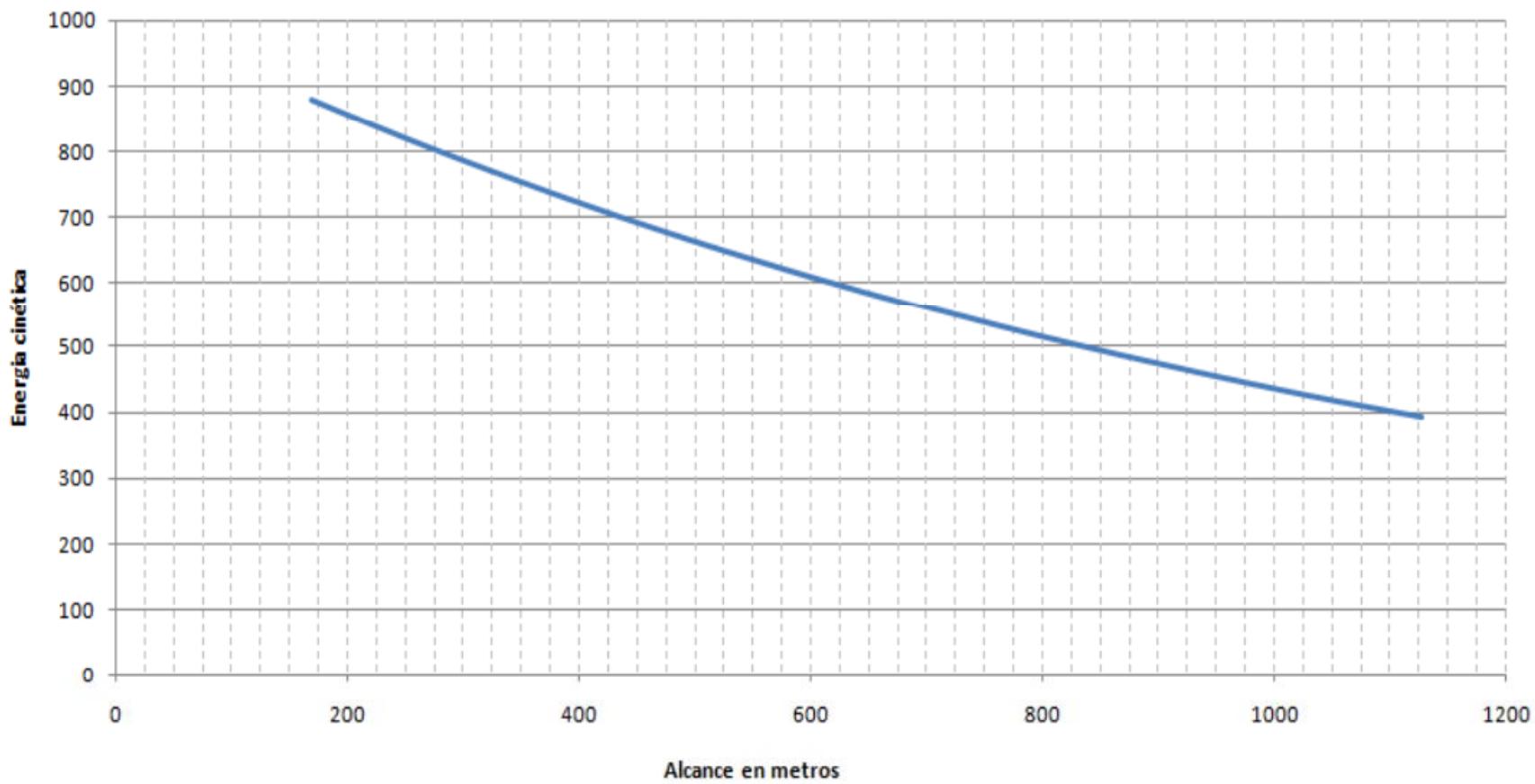
Cañon de 36 a 45º Alcance-MAX=2514m



E cinet 36 a 45º En punto de impacto 373 kJ



Cañon de 24 libras entre 1 y 15º de elevacion



Agradecimientos

A la Armada Española y a la Asociación de Ingenieros Navales por su invitación.

A D. Luis Coín Cuenca por su guía, confianza y dirección.

A D. Juan Carlos Mejías Tavero por su ayuda imprescindible.

A D. Guillermo Gefaell Gamochín, por su apoyo, su confianza y sus ánimos.

A todos los que antes que yo, alguno de ellos presentes aquí, se metieron en estos berenjenales.