



**DOCUMENTO FINAL DE TEORÍA NÁUTICA I -2015**

Alumno: Arq. Gonzalo Godoy Muñoz

Profesor: Ing. Boris Guerrero.

**SURF BOARD- TABLA DE SURF GUN 9,2”**

## INDICE

Introducción .....	4
Tablas a estudia .....	5
Materialidad .....	6
Espiral de Diseño .....	6
Plano de Líneas .....	7
Cuadernas, elevación .....	8
Generación de datos Hidrostáticos .....	9
Tabulación de datos hidrostáticos .....	13
Carga .....	14
Curvas Cruzadas .....	15
Curva Final .....	15
Normas OMI .....	16
Conclusión .....	17

## INTRODUCCION

El trabajo realizado durante el curso teoría Náutica I, primer semestre 2015, es en base a el estudio de una tabla de surf.

Se decide realizar el proceso que se aplica en la estabilidad de un buque o elemento flotante, siguiendo el mismo proceso y estudio realizado para obtener el estudio de estabilidad, y la comparación con respecto a las normas internacionales, considerando que es un artefacto flotante usado para deslizar olas de gran tamaño.

Este artefacto flotante es una tabla de surf, y de acuerdo a la intención de los análisis, es demostrar el funcionamiento, que servirá para comparar su estabilidad con un elemento flotante parecido pero menor y además de también comparar con los elementos flotantes que soportan habitabilidad como son los buques, que estudian los compañeros de magister.

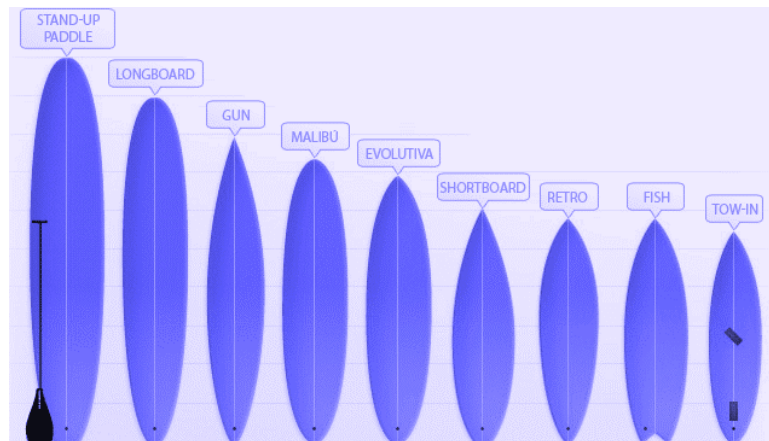
Mi estudio lo realizo considerando una tabla que se usa para deslizar olas de gran tamaño, desde 5 metros hacia arriba, hasta 8 metros o más.(Figura n°1)

Es importante mencionar que es un artefacto propulsado mecánicamente por las habilidades de una persona sobre él. Y es impulsado mediante el remo. Este artefacto, está realizado con poliestileno de alta densidad, recubierto con fibra de vidrio.



Surf con una tabla, de dimensiones similares a la estudiada. (Figura n°1)

- Normalmente, las tablas de surf, se crean con respecto a sus foam (forma base) las cuales se adaptan mediante procesos reductivos de lijado a las medidas solicitadas por el usuario, o recomendaciones del diseñador de tablas (shaper) para cada uso.
- El tamaño se mide en pies, desde 4.8" hasta 9". Las más grandes (*longBoard*) proporcionan un surf más pausado, permiten montarse en olas menores y recorrer mayores distancias. La velocidad de remo es mayor pero son menos manejables y dinámicas que las más pequeñas. Son las tablas óptimas para días de olas medianas. Las más pequeñas son perfectas para olas mayores, mucho más dinámicas y ágiles y pesan 30 lb. y las longboards son las tablas que son las más largas. (figura n° 2).



Tipos de tablas de surf. (Figura n°2)

#### TABLA A ESTUDIAR:

La tabla tipo **Gun** Es la que se estudiara. Tienen una punta afilada y están especialmente diseñadas para surfear olas grandes. Normalmente, son tablas altas, muy rápidas. (Figura n°3)



(Tabla en ola tipo Gun .Figura n°3)

A comparar **Shortboard**. Es una tabla común y con diseño más evolucionado. Son tablas con buen equilibrio, son muy rápidas y son muy buenas para hacer maniobras.

(Figura n°4)



(Tabla sumergida por cuerpo sentado tipo Shortboard Figura n°4)

## Materialidad

Los materiales tradicionales como madera han caído en desuso. A veces las tablas de materiales sintéticos imitan este material, como la fibra. Lo más común son plásticos polipropilénicos de baja densidad. Flotan bastante y son estables pero son menos agradables y pesan más. Las profesionales son de espuma de poliuretano por dentro (el *Foam*) con un refuerzo habitualmente de madera y recubiertas con telas de fibra de vidrio. Las hay de distinto gramaje.

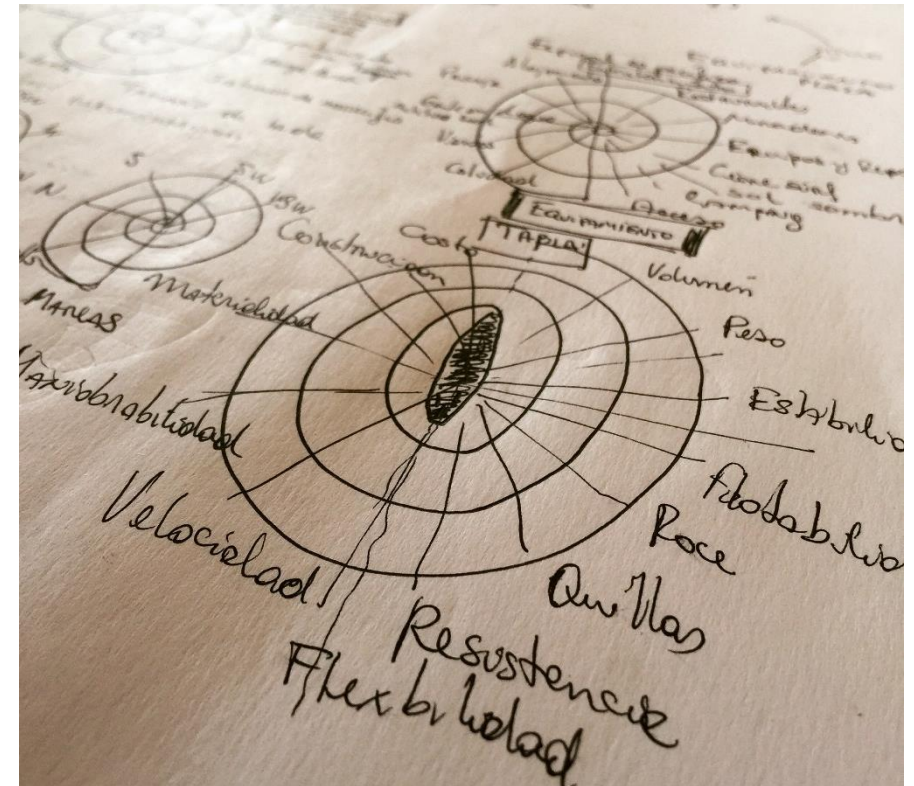
El conformado o *Shaping* es fundamental para su buena durabilidad ya que la fibra de vidrio es un material donde el trabajado influye mucho en su vida útil. Se puede adquirir una tabla corta de fibra en talleres de surf donde se hacen a medida. El acabado también es importante pudiendo ser pulido o rugoso.



(Materiales para realizar una tabla de surf d Figura n°5)

## ESPIRAL DE DISEÑO DE UNA TABLA DE SURF

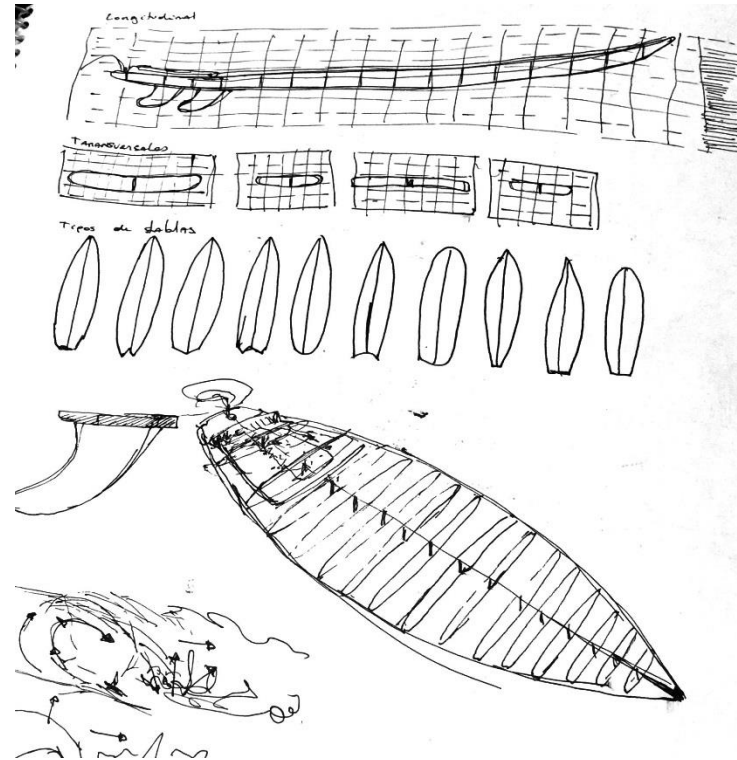
Se realizó un espiral de diseño en el ramo Introducción a Sistemas Marítimos, que explica las variables de la tabla de surf, mi artefacto flotante a estudiar. (Figura n° 6)



Espiral de diseño tabla de surf. (Figura n°6)

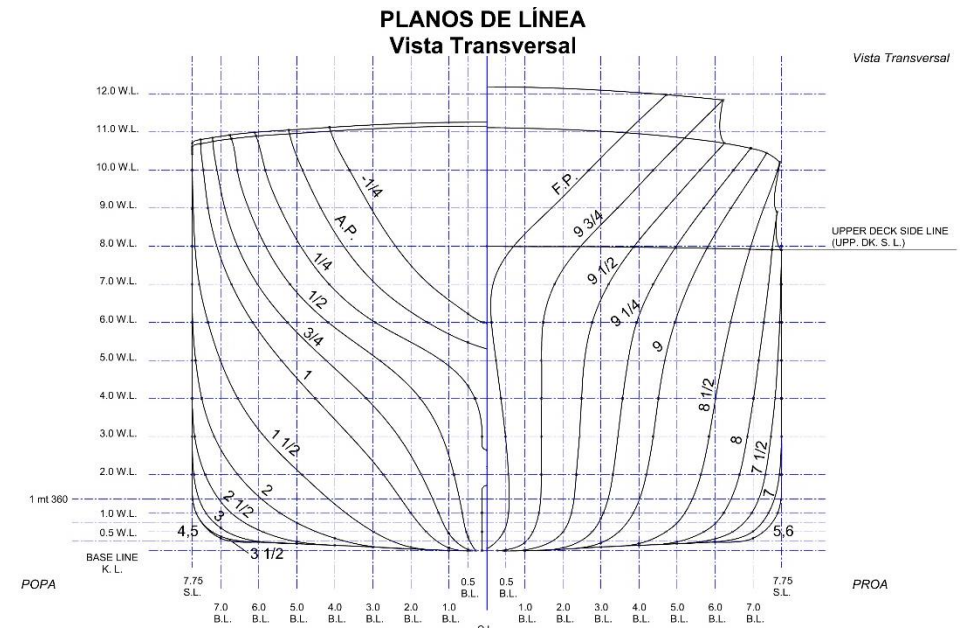
## CREACION DE PLANOS DE LINEAS.

### Tabla de Surf



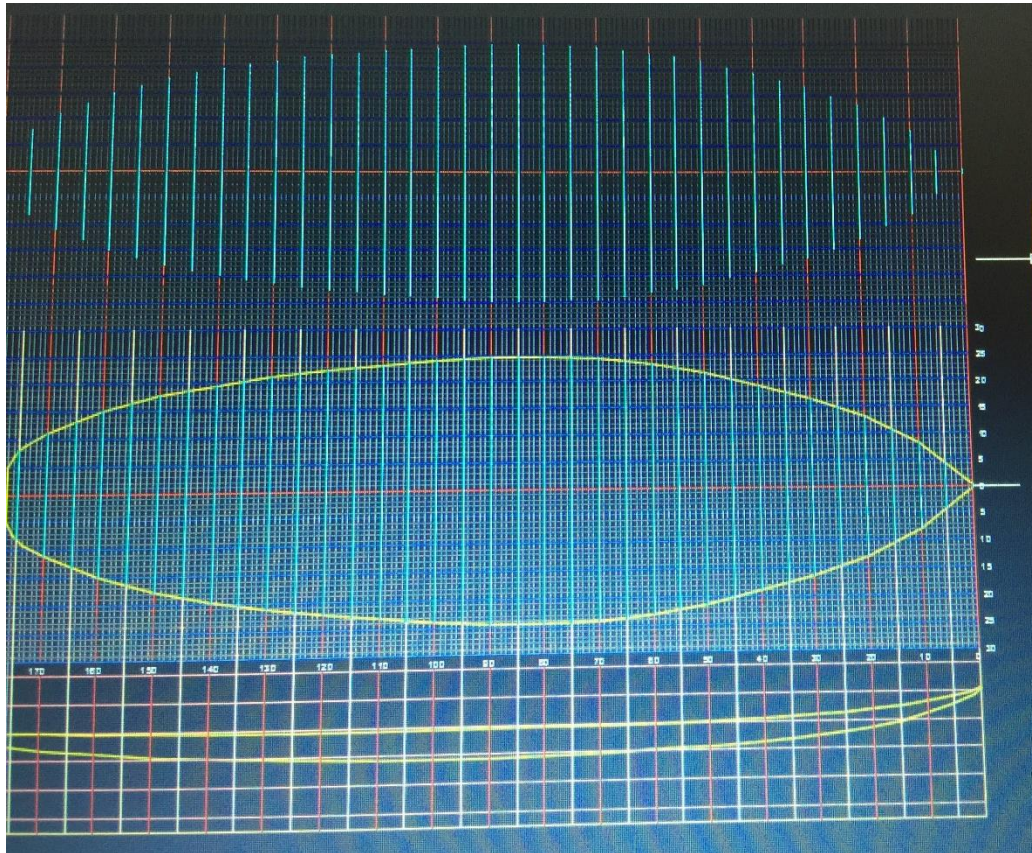
(Croquis planos iniciales de la tabla de surf, marcación de cuadernas y elevaciones Figura n°7)

### Planos de Líneas Buque Petrolero

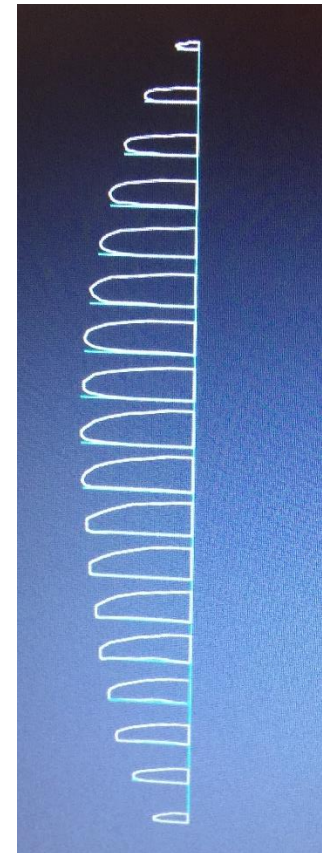


Plano de líneas Transversal (Popa/Proa), Buque petrolero DWT 6200 (Figura N°8)

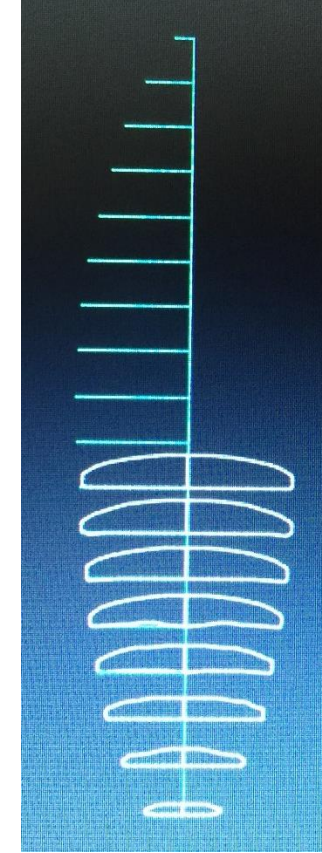
Planos de Líneas , cuadernas, y elevación



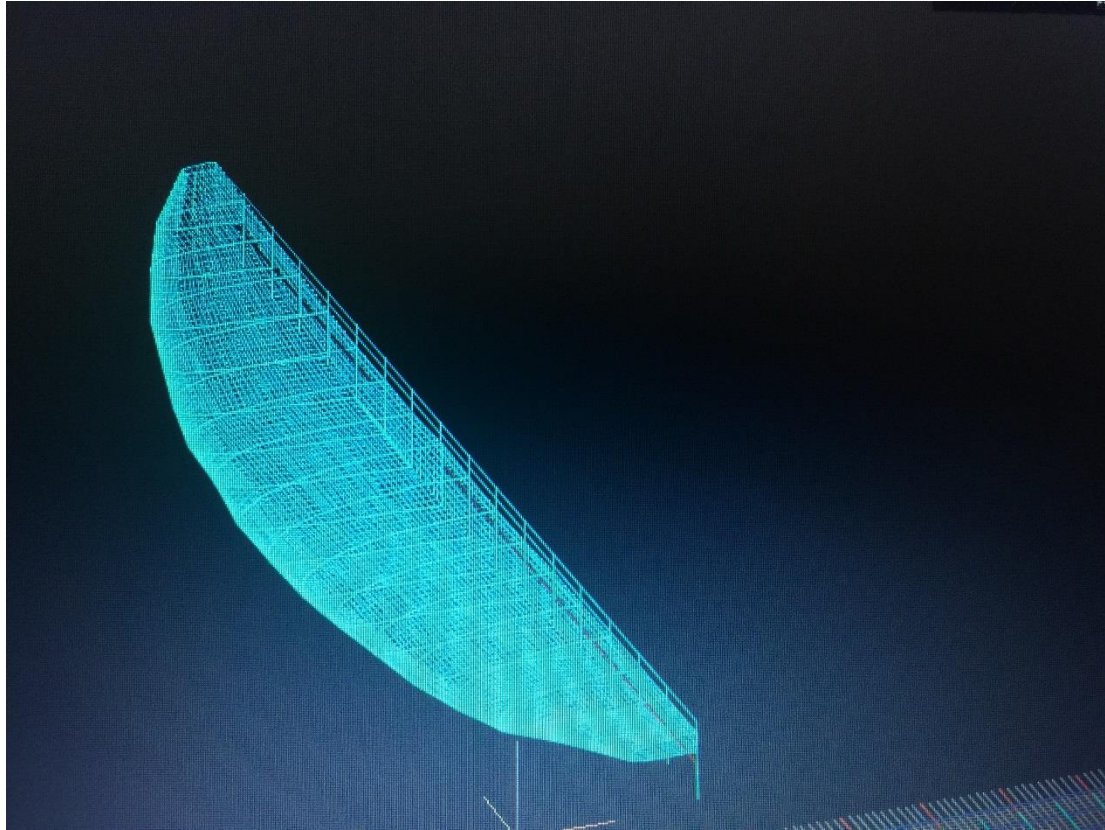
Plano de líneas Iniciales programa Autocad (Figura N°9)



Plano ,Cuadernas (Figura n°10 y n° 11)



## Herramienta loft en Autocad



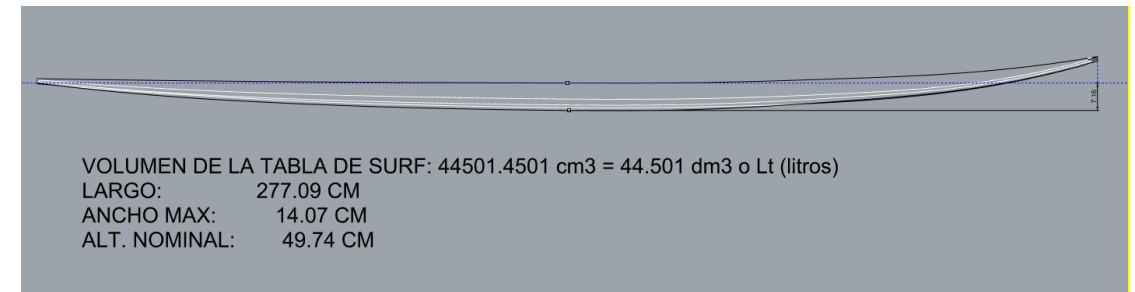
(Croquis planos iniciales de la tabla de surf, marcación de cuadernas y elevaciones Figura n°12)

Aunque se probó de muchas formas, la unión, y perfección del volumen mediante la unión de las cuadernas, quedó quebrada, y no lisa, por lo que se realizaron nuevamente los según las medidas, en el programa Rhinoceros 3D <sup>1</sup>

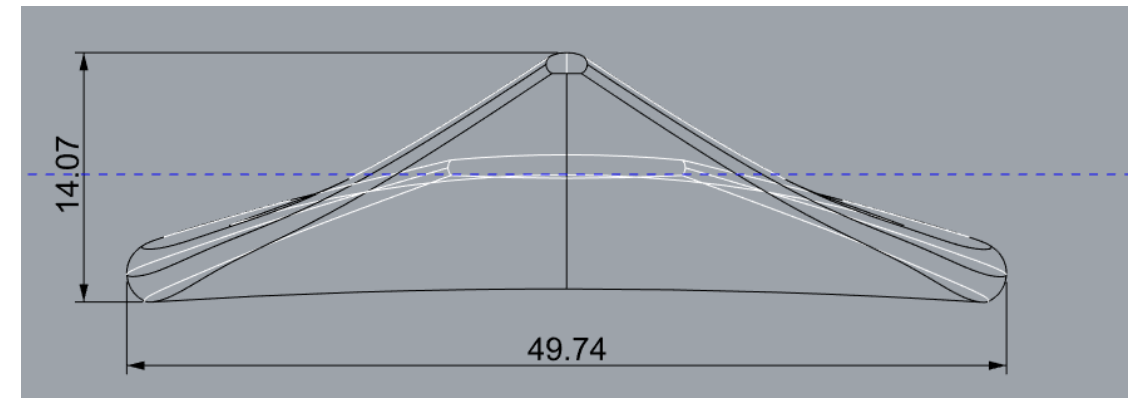
<sup>1</sup> **Rhinoceros 3D** es una herramienta de software para modelado en tres dimensiones basado en NURBS. Es un software de diseño asistido por computadora creado por Robert McNeel & Associates

Para la creación del modelo se utilizó el programa modelador Rhinoceros 5.0.

## IMAGEN DE EL PLANO



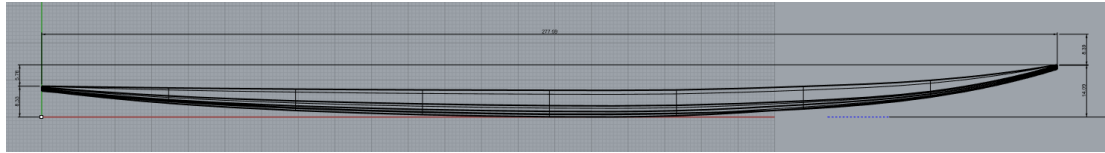
(Croquis planos iniciales de la tabla de surf, marcación de cuadernas y elevaciones Figura n°13)



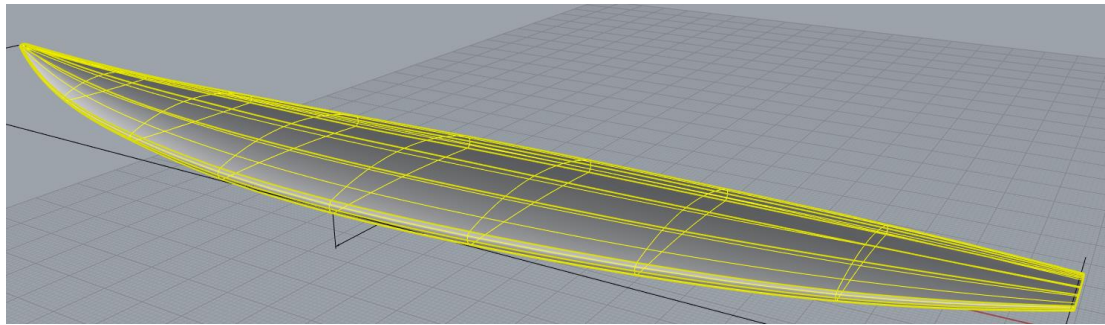
(Croquis planos iniciales de la tabla de surf, marcación de cuadernas y elevaciones Figura n°14)



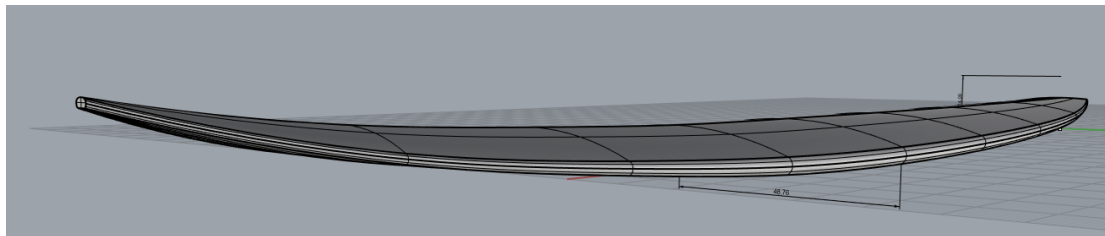
Terminada la construcción de las cuadernas, se procede ubicarlas en el espacio con respecto al plano longitudinal y posteriormente por medio de una "Transición"<sup>2</sup> (loft), generar un plano a partir de estas líneas el cual sería el casco de la tabla.



(Plano separación de cuadernas, Figura n°15)



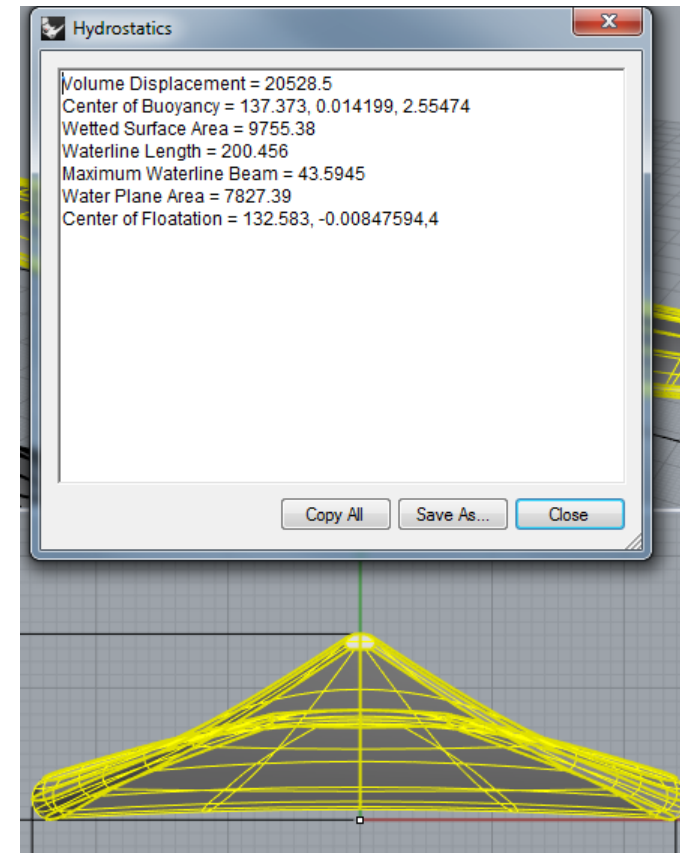
(Volumen creado, Figura n°16)



(Volumen creado, Figura n°17)

<sup>2</sup> Ajusta una superficie a través de curvas de perfil seleccionadas que definen la forma de un plano.

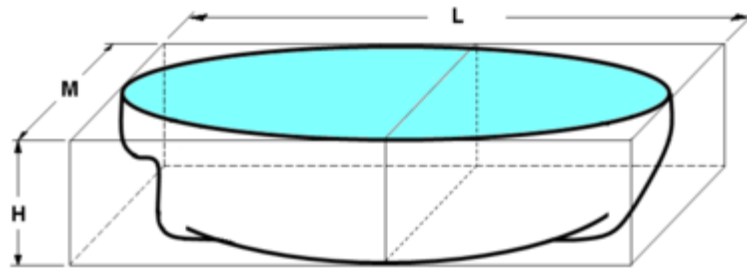
## GENERACIÓN DE DATOS HIDROSTÁTICOS



Datos hidrostáticos, Gun, WL +4 (Figura N°18)

Cuando se tiene la embarcación en Rhino con la Eslora ubicada sobre el eje X y le dan "Análisis/Propiedades de Masa/Hidrostáticas" a su volumen, se genera este

recuadro con ciertos datos que ubicarán posteriormente en la tabla de Excel “Hidrostáticas”. Con estos datos mostrados por el programa se generarán otros datos como Desplazamiento (Despla)<sup>3</sup>, TPC o KPC(Tonelada Por Centimetro de Inmersión o Kilogramo por Centimtro de inmersión )<sup>4</sup>, Coeficiente de Block (CB)<sup>5</sup>, Coeficiente del área del plano de flotación (CW)<sup>6</sup>



Esquema de la Obra viva para el análisis de CW y CB (Figura N°19)

Coeficientes de área y volumen:

$$CW = \frac{A_w}{L * M}$$

$$CB = \frac{VOL}{L * M * H}$$

Los valores asociados a un buque, están se miden en unidades para grandes magnitudes por su volumen, de acuerdo a eso, y analizando el volumen de la tabla de

<sup>3</sup> Desplazamiento es el volumen del casco sumergido “obra viva”, multiplicado por la densidad o gravedad específica “g.e.” del fluido en el cual se encuentra flotando, y su unidad es en Tonelada Metrica (TM).

<sup>4</sup> Alude al peso necesario (Toneladas Metricas), para que la embarcación se unda un (1) centimetro (cm). Esta valor se halla multiplicando el plano de flotación (Aw) por la densidad o gravedad específica g.e. del fluido en el cual flota del artefacto flotante dividido por 100, en el caso de la tabla de surf, baje los valores respecto a su volumen, a KPC Kg. por Cm de inmersión

<sup>5</sup> Coeficiente de Block (CB) relación entre el volumen de la carena de un casco y el paralelepípedo que lo contiene (L=Eslora, B=Manga y T=Calado).

surf que es, que hago un cambio de unidad, dado a que el volumen de la tabla de surf, es 44,501 dm<sup>3</sup>. Osea que también es equivalente a 44,5 litros, o a 44.501 cm<sup>3</sup>

### INTERPRETACION DE LOS VALORES GENERADOS POR LA OPCION “HIDROSTÁTICAS” DE SOFTWARE RHINOCEROS

1. El valor “Desplazamiento de volumen: significa el volumen por debajo de la línea de agua, es decir el volumen sumergido. Este valor se usará para hallar el Coeficiente de Block “CB” y el Momento de Inercia Transversal.
2. Centro de carena: en este punto aparecen 3 números que corresponden a los ejes X,Y, Z. X, será el valor “LCB”. Esta distancia es desde el punto de coordenada 0,0,0 del programa hasta el punto “B” (punto de boyantez) Z, que es el tercer número, será la altura que hay desde la quilla (keel “K”) hasta el punto B (Punto de Boyantez) ósea KB. Y no se tomará en cuenta para este trabajo.
3. Área de superficie mojada “S”: como su nombre lo indica es la superficie por debajo de la línea de agua “W.L.”.

<sup>6</sup> Coeficiente del área del plano de flotación (CW) relación entre el área del plano de flotación y el área del rectángulo que la circunscribe (L=Eslora \* B=Manga).

<sup>7</sup> Aw: Área del plano de flotación.

<sup>8</sup> VOL: Volumen sumergido del casco “obra viva”.

4. Longitud de línea de flotación “Lwl”: Es la longitud máx. que tiene el Plano de flotación para el calado o la altura de corte que ustedes designaron, la cual se usará para hallar el Coeficiente de área del plano de flotación “CW”.
5. Anchura máxima de línea de flotación “Bwl”: Es la manga máxima que tiene el Plano de flotación para el calado o la altura de corte que ustedes designaron, la cual se usará para hallar el Coeficiente de área del plano de flotación “CW”.
6. Área del plano de agua Aw: Área del plano de flotación. Este valor se usara para hallar las “TPC” (Toneladas Por Centímetro de Inmersión).
7. Centro de flotación LCF: en este punto aparecen 3 números que corresponden a los ejes X,Y, Z. X, será el valor “LCF”. Esta distancia es desde el punto de coordenada 0,0,0 del programa hasta el punto “F” (punto de flotación) que se ubica en el Plano de flotación. Z, que es el tercer número, será la altura que hay desde la quilla (keel “K”) hasta el punto F (Punto de flotación) ósea KF. Y no se tomará en cuenta para este trabajo. Este punto es importante debido a que se usa como “el punto de pivote” de la embarcación de manera longitudinal o el llamado “cabeceo”.

<sup>9</sup> BM=Radio Metacentrico Transversal. Distancia entre el centro de Boyantez y el Metacetro de la embarcación.

#### **METODO PARA HALLAR EL MOMENTO DE INERCIA TRANS. DE CADA CORTE PARA GENERAR EL BM Y KM**

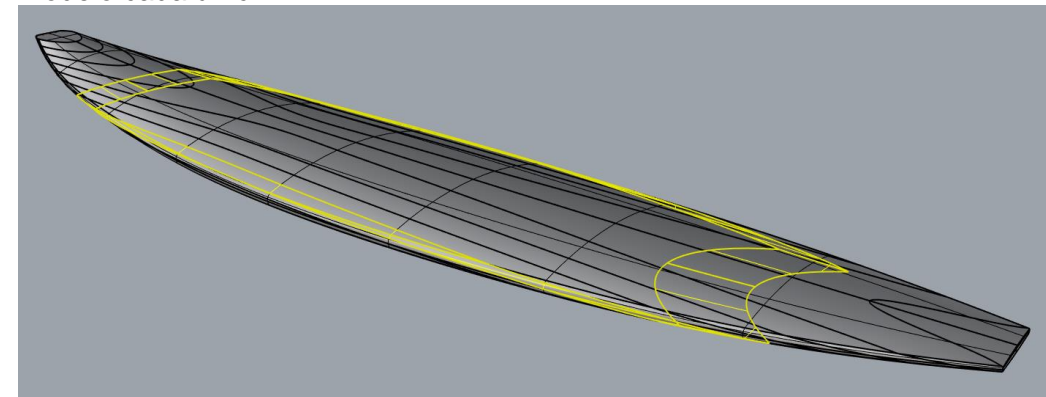
Dentro de los valores hidrostáticos generados por el software Rhinoceros, un valor que no se genera y que es muy importante para el calculo del BM<sup>9</sup> es el momento de inercia del plano de flotación de la tabla debido a que para calcular el Radio Metacéntrico del elemnto flotante se hace por medio de la siguiente formula:

$BM = \text{Momento Inercia Trans} / \text{VOLsumerguido}$

Posterior a esto se halla el KM<sup>10</sup> el cual es la suma de KB y BM.

$KM = KB + BM$

Entonces para el cálculo de este valor, se procede a “partir” el modelo a diferentes calados cada 1 cm con el fin de poder trabajar el área del plano de flotación de la tabla y hallar su momento de inercia transversal, es decir que a cada corte que se le haga a la tabla se debe sacar el momento de inercia. Para este caso de la tabla de surf fueron 14 datos de momento de inercia debido a que fueron 14 cortes hechos al modelo cada un cm.



**Cortes para momento de inercia cad 1 Cm., Tabla gun 9,2” (Figura N°19)**

<sup>10</sup> KM=Posicion vertical del metacetro. Distancia desde la quilla [Keel (K)] hasta el Metacetro de la embarcación.

**TABULACIÓN DE DATOS HIDROSTÁTICOS PARA CADA CORTE Y POSTERIORMENTE CM POR CM HASTA EL ÚLTIMO CORTE**

<b>HIDROESTATICAS</b>																		
<b>TABLA DE SURF- GUN 9'2"</b>																		
Gonzalo Godoy Muñoz																		
<b>PROPIEDADES tabla de surf 9,2 "</b>																		
Lwl	116,15	cm																
Bmld	48,76	cm																
			KPC TM	Lwl	Bwl	Vol	Despla	LCB	KB	CB	LCF	KF	Aw	CW	S	Mto Inercia	BM	KM
			TM	mt	mt	m3	TM	mt	mt		mt	mt	m2		m2	m4	mt	mt
Calado	8		0,000															
Cortes	T	g.e.	KPC Kg	Lwl	Bwl	Vol	Desplazamiento	LCB	KB	CB	LCF	KF	Aw	CW	S	Momento Inercia	BM	KM
	cm	Kg/lit	Kg	cm	cm	cm3	kg/lit	cm	cm		cm	cm	cm		cm2	cm4	mt	mt
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,025	12,236	116,153	49,7097	1193,77	1223,61	145,26	0,744	0,21	144,32	1,00	3341,96	0,58	3398,96	758635,142	635,50	636,24	
2	1,025	61,882	140,76	49,67	6037,27	6188,20	142,09	1,39	0,43	138,88	2,00	6030,09	0,86	6268,21	1144009,61	189,49	190,88	
3	1,025	131,565	175,42	48,48	12835,60	13156,49	139,39	1,99	0,50	135,50	3,00	7413,23	0,87	8065,30	1272173,36	99,11	101,10	
4	1,025	210,417	200,46	43,59	20528,50	21041,71	137,37	2,55	0,59	132,58	4,00	7827,39	0,90	9755,38	1094692,9	53,33	55,88	
5	1,025	289,515	220,15	36,79	28245,40	28951,54	135,71	3,09	0,70	130,10	5,00	7493,71	0,93	11579,90	764526,423	27,07	30,15	
6	1,025	361,671	236,68	29,42	35285,00	36167,13	134,42	3,56	0,84	128,52	6,00	6457,68	0,93	13676,00	411370,565	11,66	15,22	
7	1,025	418,324	252,41	24,52	40812,10	41832,40	133,63	3,96	0,94	129,56	7,00	4298,55	0,69	16562,40	124740,59	3,06	7,01	
8	1,025	442,346	257,64	20,78	43155,70	44234,59	134,17	4,14	1,01	195,35	8,00	1085,61	0,20	20046,50	24237,658	0,56	4,71	
9	1,025	449,278	34,82	17,30	43832,00	44927,80	135,67	4,21	8,09	247,44	9,00	454,30	0,75	20847,70	8081,9705	0,18	4,39	
10	1,025	452,736	22,64	13,98	44169,40	45273,64	136,56	4,25	13,96	256,59	10,00	245,18	0,77	21179,20	2915,0309	0,07	4,32	
11	1,025	454,621	15,72	10,76	44353,30	45462,13	137,07	4,28	23,84	132,47	11,00	263,35	1,56	21378,90	937,3376	0,02	4,30	
12	1,025	455,602	10,81	7,63	44449,00	45560,23	137,35	4,29	44,93	268,99	12,00	64,59	0,78	21504,20	226,80616	0,01	4,30	
13	1,025	456,038	6,75	4,55	44491,50	45603,79	137,48	4,30	111,36	273,80	13,00	23,68	0,77	21576,40	28,736929	0,00	4,30	
14	1,025	456,139	0,55	1,36	44501,40	0,00	137,51	4,30	4268,10	276,86	14,00	0,55	0,74	21604,90	0,056538919	0,00	4,30	

Datos hidrostáticos tabulados, Tabla gun 9,2" (Figura N°20)

Valores hidrostáticos a tener en cuenta a la hora de hacer la tabla tabulada:

<b>T</b>	Calado
<b>g.e.</b>	Gravedad Específica del fluido
<b>KPC</b>	Kilo Por Centímetro de Inmersión
<b>Lwl</b>	Eslora máx. Línea de agua
<b>Bwl</b>	Manga máx. Línea de agua
<b>Vol</b>	Volumen sumergido ("Obra viva")
<b>Despla</b>	Desplazamiento del buque
<b>LCB</b>	Longitud – Punto referencia – Punto Boyantez
<b>KB</b>	Distancia Quilla – Punto Boyantez
<b>CB</b>	Coeficiente de Block
<b>LCF</b>	Longitud – Punto referencia – Punto Flotación
<b>KF</b>	Distancia Quilla – Punto Flotación
<b>Aw</b>	Área del plano de flotación
<b>CW</b>	Coeficiente del área del plano de flotación
<b>S</b>	Área mojada del casco
<b>Mto Inercia Trans</b>	Momento de Inercia Transversal
<b>BM</b>	Radio Metacéntrico Transversal
<b>KM</b>	Distancia Vertical del Metacentro





## CREACIÓN DEL CUADRO DE CARGA PARA DETERMINAR EL DESPLAZAMIENTO Y KG

El Cuadro de Carga es una planilla de cálculo en que se ingresan todos los pesos que forman el "Dead Weight", o 'peso muerto' de la nave. Una vez resuelto el cálculo del cuadro de carga, que son todos los pesos de la nave.

Pero respecto a la tabla de surf, y si lo asociamos a un cuadro de carga, primero es una carga dinámica que recibe el peso del usuario, más la fuerza que ejerce el usuario por su inercia y velocidad, y más el desplazamiento respecto a los ángulos de escora y volumen desplazado, que hace muy complejo calcular un movimiento de la tabla de surf, es decir siempre está en una variable constante.

Dado a esto propongo señalar 4 estados de "carga", respecto a distintos KG (distancia entre la quilla y el centro de gravedad).

- Desplazamiento (o mejor dicho 'peso') de la tabla incluyendo a la persona
- Posición vertical, longitudinal y lateral del centro de gravedad G.

En posición sobre la tabla sumergido	KG = -0,35	
En posición horizontal sobre la tabla	KG = 0,25	
En posición drop sobre la tabla	KG = 0,85	
En posición ergida sobre la tabla	KG = 1,10	

( 4 posiciones en la tabla respecto al KG ,Figura N°21)

## TABULACIÓN DE DATOS VOL/ KN – EXCEL Y CREACIÓN DE LÍNEAS POLINOMICAS PARA LAS CURVAS CRUZADAS

Una vez obtenidos los datos de los Kn y volúmenes de los cortes a diferentes escoras se procede hacer la tabulación de los datos. Este paso es importante puesto que después con estos datos se hacen las curvas cruzadas a las cuales luego se le generará una función polinómica para hallar cualquier dato de Volumen o KN dentro de la curva.

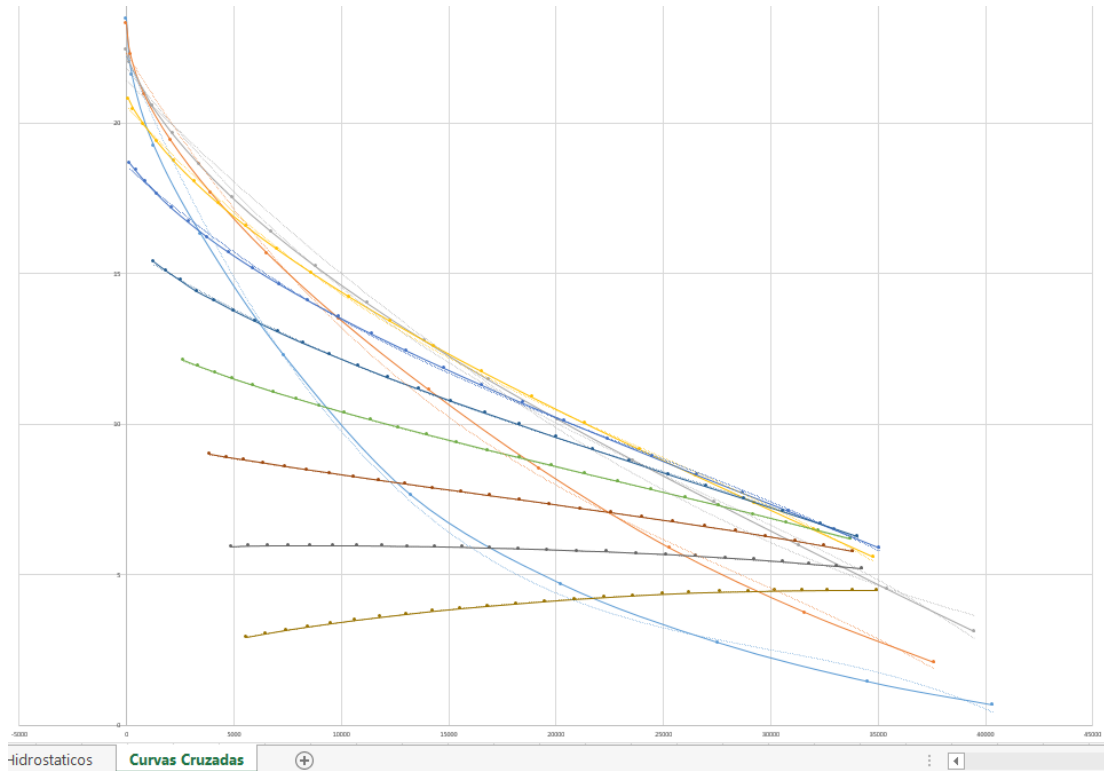
Para la creación de la tabla, se ubicaran los ángulos de escora de 5°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80° y 90°. Para cada ángulo se ubicaran dos columnas: Volumen y KN los cuales su valor dependerán del calado o la altura a la que se hizo el corte.

ANGULO	KN
0	0
5	4,68
10	8,35
20	10,44
30	10,77
40	10,49
50	9,82
60	8,72
70	7,40
80	5,84
90	4,13

( KN , y ángulos de escora, Figura N°22)

Terminado la ubicación de los datos, se procede hacer una grafica de puntos de dispersión con curva para cada escora y generar las curvas cruzadas.

## CURVAS CRUZADAS

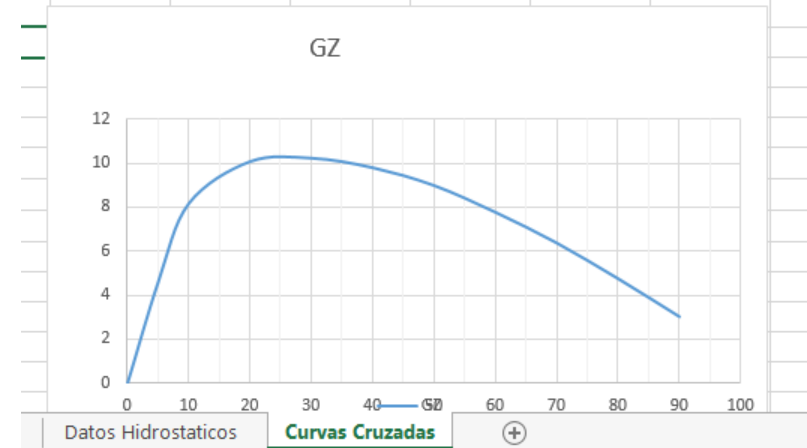


(Curvas Cruzadas, Figura N°23)

## CREACION DE TABLA DE LOS GoZ CON LA CURVA DE ESTABILIDAD CORREGIDA

Ecuaciones polinómicas sacadas de las CURVASCruzadas

				vol	19000	cm3
				KG	1,1	←
ANGULO	KN	KG	Sen α	KG Sen α	GZ	
0	0	1,1	0	0	0	
5	4,68	1,1	0,09	0,10	4,59	
10	8,35	1,1	0,17	0,19	8,16	
20	10,44	1,1	0,34	0,38	10,07	
30	10,77	1,1	0,50	0,55	10,22	
40	10,49	1,1	0,64	0,71	9,79	
50	9,82	1,1	0,77	0,84	8,98	
60	8,72	1,1	0,87	0,95	7,76	
70	7,40	1,1	0,94	1,03	6,37	
80	5,84	1,1	0,98	1,08	4,75	
90	4,13	1,1	1,00	1,10	3,03	



**MEDICION RESPECTO A LAS NORMAS OMI,  
DE LA TABLA DE SURF GUN 9,2”  
Suponiendo que KG es distancia de 1,1 m.**

NORMATIVA OMI (Organización Marítima Internacional)		
1	El área bajo la Curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 30° debe ser igual o superior a 0,055 [m rad].	
	Area 0-30	4,25 *
2	El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 40° (o 0° y el ángulo de inundación $\theta_f$ , si $\theta_f < 40^\circ$ ) debe ser igual o superior a 0,090 [m rad].	
	Area 0-40	6,02 *
3	El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 30° y 40° (o 30° y el ángulo de inundación $\theta_f$ , si $\theta_f < 40^\circ$ ) debe ser igual o superior a 0,030 [m rad].	
	Area 30-40	1,77 *
4	El Brazo de Adrizamiento GoZ debe ser a lo menos 0,20 m a un ángulo de escora igual o mayor de 30°.	
	GZ 30°	10,22 *
5	El máximo Brazo de Adrizamiento debe ocurrir a un ángulo de escora que exceda 30°, pero nunca menor de 25°.	
	GZ máx	Varia *
6	La Distancia Metacéntrica GoM no debe ser menor de 0,15 m.	
		52,59 *
		*Resultados respecto a Altura de Centro de Gravedad KG =
		1,1

( Curvas Cruzadas, Figura N°24)



## CONCLUSION

La tabla de surf como un artefacto flotante más, es un elemento que solo presenta una gran estabilidad, al punto de arrojar resultados muy elevados en comparación con las normas internacionales sobrepasando los estándares de seguridad abismantemente.

El tema principal, que arroja este estudio, es que se puede comprobar la flotabilidad y su estabilidad, y que este artefacto al tener un uso deportivo, no le quita su complejidad, y además que es una tabla categorizada para olas de gran tamaño, por lo tanto tiene un sobredimensión, creada por la experiencia de los usuarios y creadores de tablas, que permite tener más superficie mojada que la necesaria para una persona, en comparación con una tabla con menos volumen, y más pequeña.

Es decir, no solo se puede analizar a todas las variables, al igual que un buque carguero, si no que muchas más, debido a que ya que recibe cargas que no se pueden comprobar con el análisis de un buque, pero que sirve bastante para abrir el mundo del surf, y la confección de los elementos flotantes aportando datos certeros, y números respecto a sus dimensiones exactas.

La entrega de información de los datos hidrostáticos, y las curvas de líneas servirán para quizás, pensar en el cómo crearlas, y como diseñarlas en base a teoría, y física, y así también aplicar el desplazamiento y la capacidad de flotación que permite que una persona pueda erguirse, y trasladarse horizontalmente. O sea surfear.



(Ultima Clase Teoria Náutica, Carolina Chavez, Oscar Cardozo, Marco Salas, Fernando Orueta, Alejandro Miranda, Boris Guerrero, Javier Paz, Gonzalo Godoy., Figura N°25)

