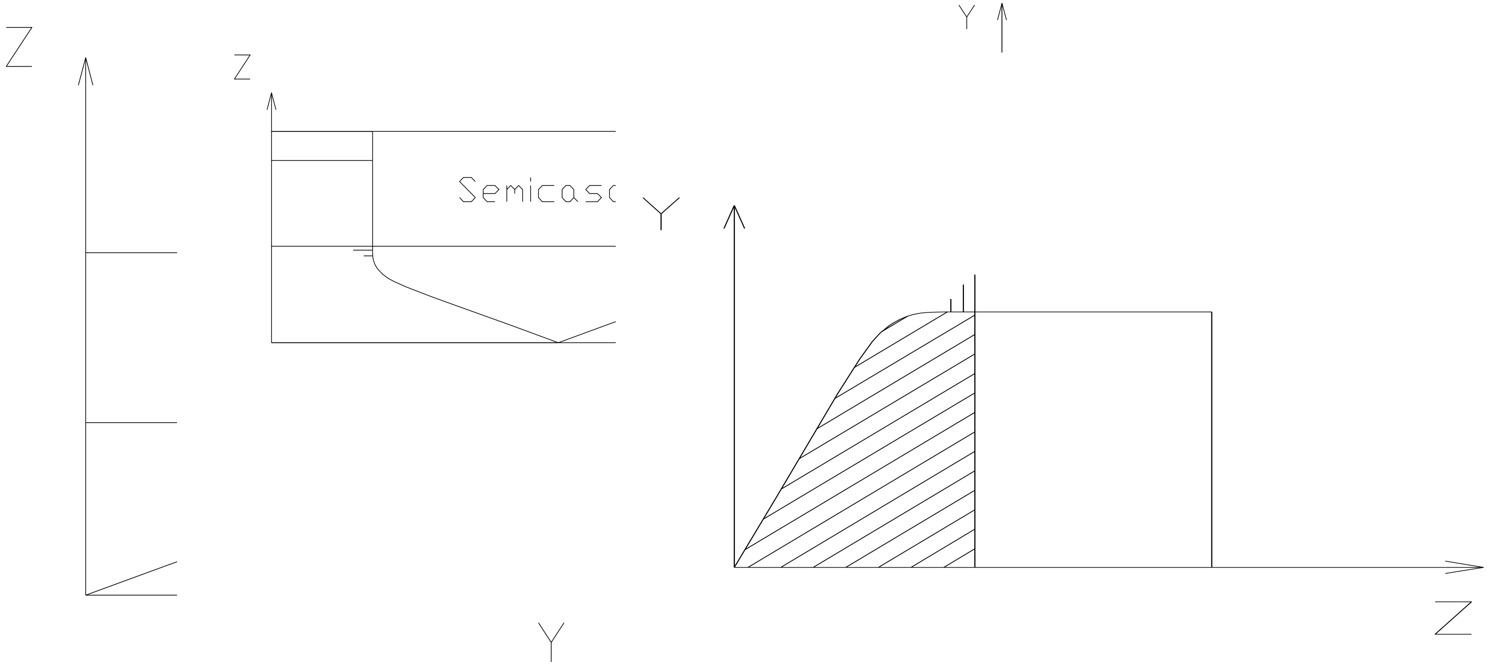
I Jornadas Técnicas de Diseño y Arquitectura Naval,
Colegio de Ingenieros Navales del Ecuador, Guayaquil, Abril 2007

ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE CATAMARANES

Por: José R. Marín L.,
Ph.D. Ing. Naval,
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL

Cálculos Hidrostáticos de Catamaranes

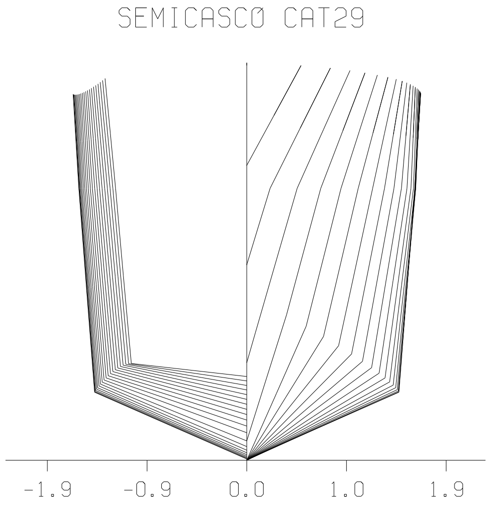
Integración de propiedades seccionales

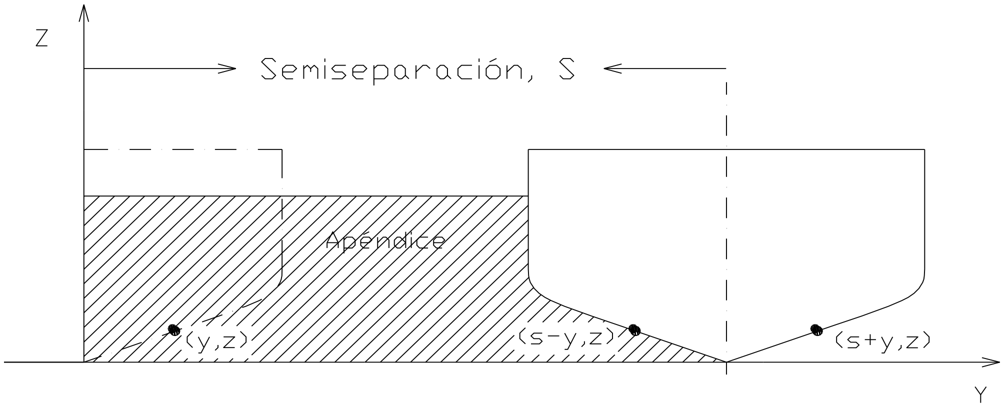


Cálculos Hidrostáticos de Catamaranes

Características de un Catamaràn "típico"

Eslora total (Cbta. Papal)	29.0	m
Manga Total	11.0	m
Manga Semicasco	3.30	m
Separación entre cascos	7.70	m
Puntal	3.50	m
Altura Cuerpo Conexión	2.60	m
Calado diseño	1.40	m
Ang. Astilla Muerta, S.Med.	24.0	º

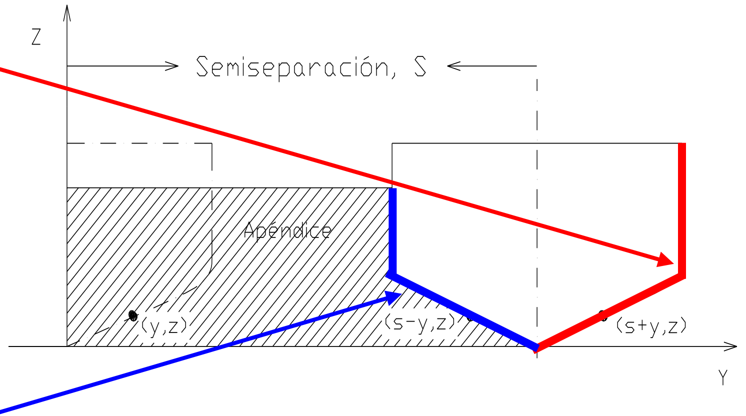




Cálculos Hidrostáticos de Catamaranes

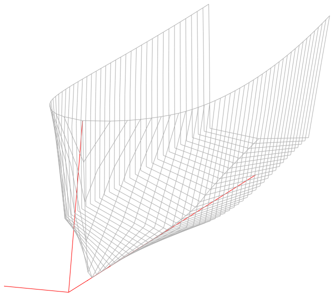
Archivo de Datos

```
001
CATAMARAN 29
FECHA
  1  6  8  0  0  0  0  0  0  0
0.145E01 .05 .05  0.290E+02  1.0  1  2  (Número de apéndices)
0.000   3.850   3.775   0
0.000   3.851   3.776   7777
0.000   3.852   3.777   7777
0.000   3.850   3.800   8888
10.000  3.850   0.012   0
10.000  5.300   0.650   7777
10.000  5.450   2.600   7777
10.000  5.504   3.500   8888
…
20.000  3.850   0.800   0
20.000  4.950   0.925   7777
20.000  5.100   2.600   7777
20.000  5.200   3.650   9999
1 -1espacio entre cascos ...
0.145E+01 .005 .005 0.290E+02  1.0  0  2
0       3.85            3.77478 0
0       3.849           3.77578 7777
0       3.848           3.77678 7777
0       3.849963379     3.8     8888
10.00   3.850   0.012   0
10.00   2.400   0.650   7777
10.00   2.250   2.590   7777
10.00   0.0     2.611   8888
…
20      3.85    0.8     0
20      2.75    0.925   7777
20      2.6     2.6     7777
20      2.5     3.65    9999
9999999999 9999999999 1.40 0.00 .9756
14 0 0 0 0.0        HIDROSTATICAS
1.00  1.10 1.20 1.57 1.70 1.90 2.10
2.30  2.50 2.59 2.61 2.70 2.90 3.10
```



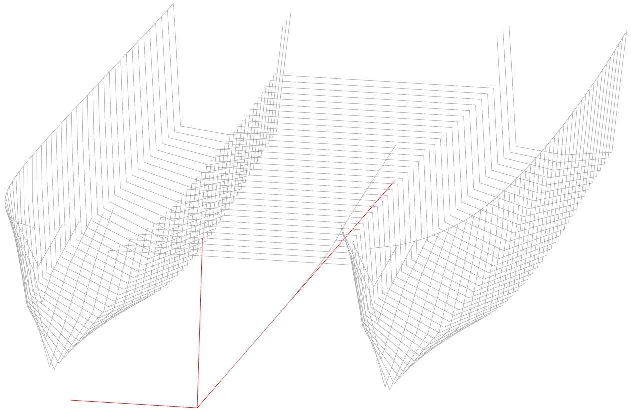
Cálculos Hidrostáticos de Catamaranes

Resultados Hidrostáticos



H	VOL	DESP	LCB	KB	BM_T	A_{PF}	A_{SM}
1	33.8	34.6	-0.46	0.69	1.16	66.27	1.95
1.1	40.5	41.4	-0.71	0.75	0.99	67.1	2.246
1.2	47.2	48.4	-0.88	0.8	0.87	67.82	2.543
1.4	60.9	62.4	-1.09	0.92	0.71	69.16	3.143
1.55	71.3	73.1	-1.18	1	0.62	70.13	3.597
1.7	81.9	83.9	-1.25	1.08	0.56	71.1	4.055
1.9	96.3	98.6	-1.31	1.19	0.5	72.4	4.67
2.1	110.9	113.6	-1.34	1.29	0.45	73.74	5.292

Semicasco



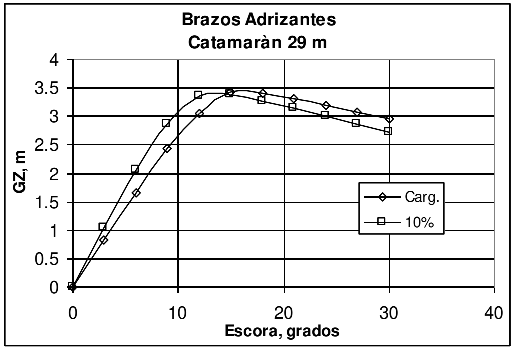
H	**VOL**	**DESP**	**LCB**	**KB**	**BM_T**	**A_{PF}**	**A_{SM}**
1	67.5	69.2	-0.48	0.69	30.27	132.52	9.557
1.1	80.8	82.8	-0.72	0.75	25.6	134.18	10.623
1.2	94.3	96.7	-0.89	0.8	22.18	135.6	11.691
1.4	121.7	124.7	-1.1	0.91	17.55	138.26	13.831
1.51	136.9	140.3	-1.17	0.97	15.77	139.67	15
1.7	163.8	167.9	-1.25	1.08	13.43	142.17	17.053
1.9	192.5	197.3	-1.31	1.19	11.65	144.81	19.208

Catamaràn

Curvas de Estabilidad de Catamaranes

Estabilidad Intacta

2 0 124.70 96.70 0. 0. 0. 0. 0. ESTABILIDAD INTACTA
1 0 -1.10 -0.89 0.000 0.0 0.0 0.0 0.0 1
2.625 2.975 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
10 3. 6. 9. 12. 15. 18. 21. 24. 27. 30.



Comprobación

$$I^{C}_{PF} = 2\left[I^{SC}_{PF} + A^{SC} s^{2}\right]$$

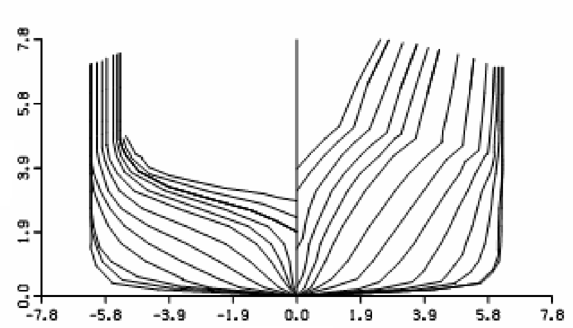
$$KM_T = \frac{I^{C}_{PF}}{Vol} + KB$$

$$GM_T = KM_T - KG$$

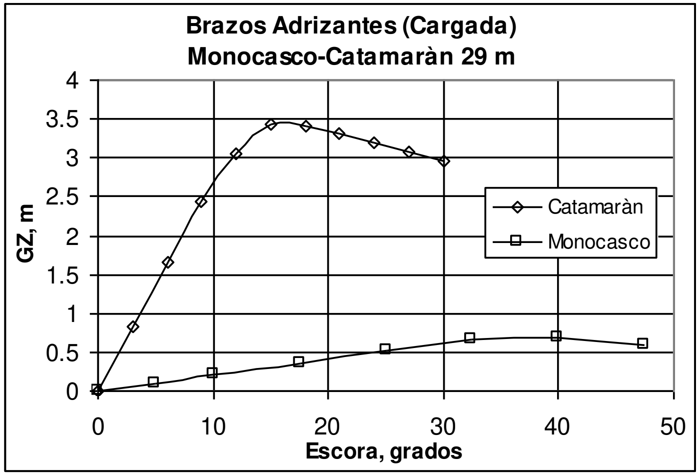
	Carg.	10%	
Desplazamiento (Cat)	124.7	96.7	ton
Area PF (SC)	69.16	67.82	m^2
KB (SC)	0.92	0.8	m
BM_T (SC)	0.71	0.87	m
I_{PF} (SC)	43.18878	41.03854	m^4
I_{PF} (Cat)	2136.626	2092.601	m^4
KM_T (Cat)	18.48248	22.98114	m
GM_T (Cat)	15.85748	20.00614	m

Curvas de Estabilidad de Catamaranes

Estabilidad Intacta, comparación con Monocasco



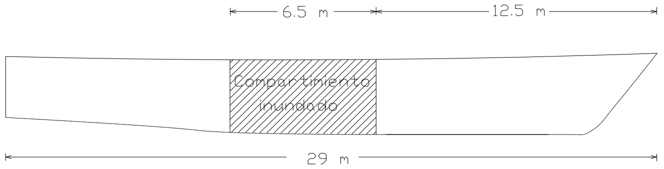
Cond.	Desplaz. [tons]	Calado [m]	Asiento [m], +Popa	Eslora [m]
1	1233.4	3.11	0.10	57.11
2	1471.8	3.52	0.29	57.43
3	1364.4	3.31	0.66	57.03
4	1327.3	3.25	0.48	57.07

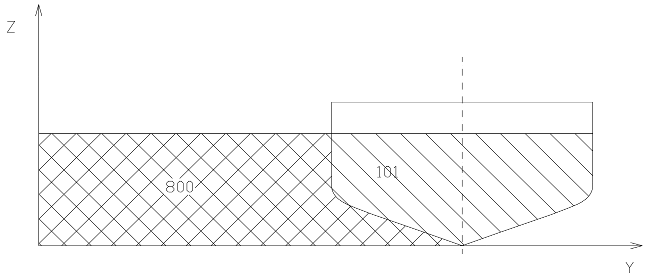


Curvas de Estabilidad de Catamaranes

Estabilidad despuès de una Avería

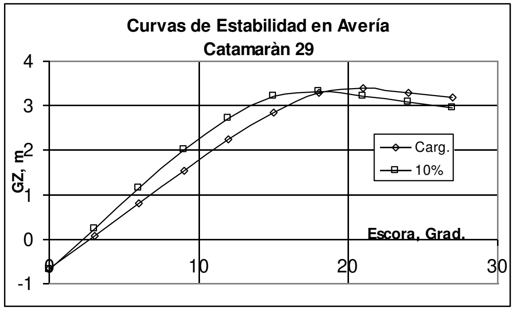
```
001  2.625   ESTABILIDAD EN AVERIA
10 0.0 3.0 6. 9. 12. 15. 18. 21. 24. 27.
101 COMPART. BAJO CBTA.           1 0.9  12.50  19.00 999999 999999 999999 999999
800 ESPACIO ENTRE SEMICASCO 1-0.9  12.50  19.00 999999 999999 999999 999999+1
0.1450E+01 .005  .005  0.2900E+02  1.0  0  2 SPAC,ZSC,YSC,LBP,PSC,NAPN,KINDO
0       3.85            3.77478 0
0       3.849            3.77578 7777
0       3.848            3.77678 7777
0       3.849963379     3.8     8888
…
10.00   3.850   0.012   0
10.00   2.400   0.650   7777
10.00   2.250   2.600   8888
…
20      3.85    0.8     0
20      2.75    0.925   7777
20      2.6     2.6     7777
20      2.5     3.65    9999
999
  101  800  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000 0
99999 0     0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
001     2.975
-0.89   96.70  9999999999  9999999999   .9756  DESIN
  101  800  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000  000 0
99999 99999 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

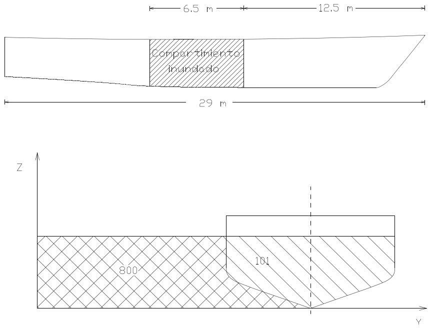




Curvas de Estabilidad de Catamaranes

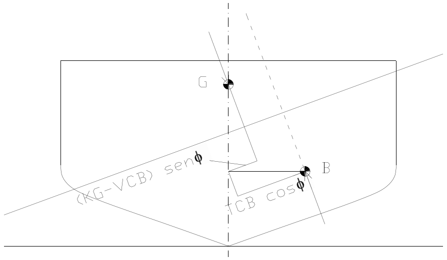
Estabilidad despuès de una Avería





Escora	Calado	Trimado	I.D.	Desplaz.	Volum.	TCB	VCB	LCB
0	1.55	-0.047	101	45.501	44.39	2.525	0.825	-1.209
			800	-24.451	-23.85	1.385	0.726	-1.221
			INT	145.8	142.24	0	0.996	-1.108
3	1.577	-0.049	101	50.888	49.65	2.622	0.913	-1.213
			800	-25.682	-25.06	1.388	0.768	-1.223
			INT	149.954	146.3	0.779	1.032	-1.111
6	1.599	-0.043	101	56.207	54.84	2.703	1.002	-1.216
			800	-26.847	-26.19	1.39	0.808	-1.225
			INT	154.108	150.35	1.523	1.107	-1.115
9	1.615	-0.026	101	61.449	59.95	2.772	1.093	-1.219
			800	-27.939	-27.26	1.393	0.847	-1.228
			INT	158.26	154.4	2.236	1.219	-1.119
12	1.617	-0.026	101	66.299	64.68	2.834	1.18	-1.221
			800	-28.819	-28.12	1.397	0.879	-1.229
			INT	162.228	158.27	2.884	1.359	-1.122
15	1.587	-0.065	101	70.215	68.5	2.892	1.256	-1.22

Escora	GZ	TCB	VCB	LCB	Calado	Trim.
0	-0.65	-0.65	1.005	-1.093	1.55	-0.047
3	0.068	0.152	1.026	-1.093	1.577	-0.049
6	0.798	0.963	1.09	-1.093	1.599	-0.043
9	1.538	1.783	1.198	-1.095	1.615	-0.026
12	2.245	2.567	1.343	-1.095	1.617	-0.026
15	2.846	3.246	1.505	-1.093	1.587	-0.065
18	3.285	3.768	1.659	-1.09	1.51	-0.172
21	3.396	3.981	1.732	-1.088	1.336	-0.245
24	3.296	4.002	1.741	-1.088	1.096	-0.242
27	3.187	4.022	1.751	-1.089	0.846	-0.24



Requerimientos de la OMI

Ref. [8] OMI, Código NGV 2000, Código internacional de seguridad para naves de gran velocidad, Resolución MSC.97 (73). OMI, 2005

Criterios de estabilidad sin avería.

1.- Área bajo la curva GZ.	A1 = 0,055 x 30° / θ (m.rad) Donde θ : 1. Ángulo de inundación descendente. 2. Ángulo al que se da el GZ máximo. 3. 30°
2.- GZ máximo	El valor máximo de GZ corresponderá a un ángulo de 10° como mínimo.
3.- Balance producido por las olas	Se determinará matemáticamente el efecto sobre la seguridad de la nave del balance en mar encrespada. Al realizar los cálculos, el área residual bajo la curva GZ (A2), es decir, más allá del ángulo de escora (θh), será como mínimo de 0,028 m ◦ rad hasta el ángulo de balance θr. A falta de pruebas con modelos u otros datos, se tomará θr como 15°, o un ángulo (θd - θh), si éste es menor.

CRITERIOS APLICABLES A LAS NAVES MULTICASCO

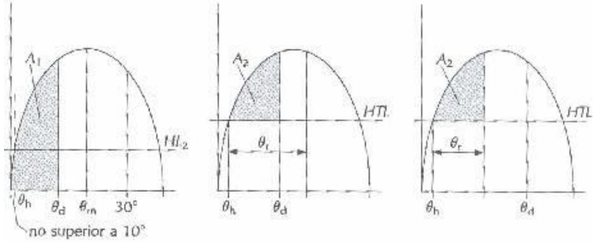


Figura 1 – Estabilidad sin avería

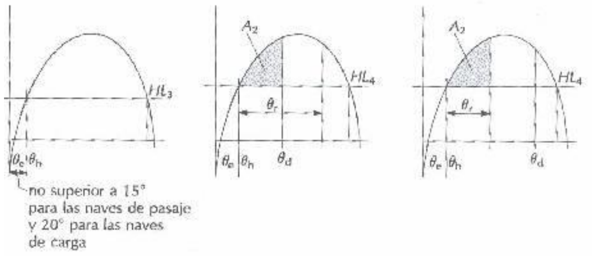


Figura 2 – Estabilidad con avería

Conclusiones y Recomendaciones

1. SHCP puede usarse para analizar Catamaranes definiendo el espacio entre semicascos como un apéndice negativo.
2. Curva de Estabilidad Intacta con elevadísima pendiente, con un máximo a un ángulo bajo, de manera que para su definición se requieren de escoras con pequeños incrementos entre sí.
3. En el ejemplo desarrollado, la inundación de un compartimento central de buena longitud, influyó relativamente poco en la curva de estabilidad, pero habría que trabajar más en el futuro.
4. Los criterios de Estabilidad a satisfacer están dados en la NGV 2000 Anexo 7, tanto para la condición Intacta como para después de una avería.

MUCHAS GRACIAS