

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

Cartagena, Junio 2007

Título: Menorquín Yacht 110

Autor: Antoni Cavaller Pons

Director: Dr. José Alfonso Martínez García



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	9
1.1- Historia de la empresa	10
1.2- Metodología de diseño	12
1.3-Pautas del proyecto	13
2-ANTEPROYECTO	14
2.1-Consideraciones iniciales	14
2.2-Herramientas para utilizar para el diseño	15
2.3-Dimensionamiento básico y selección de las características principales	16
2.4- Regresiones	21
2.5-Coeficientes de forma y parámetros de comportamiento	27
2.6-Resumen de resultados	29
3- ESTIMACIÓN DE PESOS Y DESARROLLO DE FORMAS PREELIMINARES	30
3.1- Introducción	30
3.2- Cálculos hidrostáticos	31
3.3- Estimación de pesos	32
4- NORMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO: RINA 1996	36
4.1- ÍNDICE GENERAL	36
4.2- SECCIÓN A: CLASIFICACIÓN	38
4.2.1- Principios y condiciones de clasificación	38
4.2.1.1- Características generales	38
4.2.1.2- Características de servicio	38
4.2.1.3- Categorías	38
4.2.2- Reconocimientos	39
4.2.2.1- Durante la construcción	39
4.3- SECCIÓN B: CONSTRUCCIÓN CASCO	40



4.3.1- PARTE I	40
4.3.1.1- Requisitos generales	40
4.3.1.2- Accesorios del casco	46
4.3.1.3- Equipamiento	48
4.3.1.4 - Tanques de fuel	51
4.3.1.5- Cargas	53
4.3.1.5.1- Presiones de diseño para el fondo	55
4.3.1.5.2- Presiones de diseño para el costado	56
4.3.1.5.3- Presiones de diseño para la cubierta	57
4.3.1.5.4- Presiones de diseño para los mamparos estancos	57
4.3.2-PARTE III Construcción de cascos de RPF	61
4.3.2.1- Requisitos generales	61
4.3.2.2- Materiales	68
4.3.2.3- Construcción y control de calidad	69
4.3.2.4- Resistencia longitudinal	69
4.3.2.5- Planchas externas	70
4.3.2.6- Estructura del fondo	73
4.3.2.7- Estructura de costado	74
4.3.2.8- Cubierta	76
4.3.2.9- Mamparos	78
4.3.2.10- Superestructura	79
4.3.2.11- Escantillón con estructura de sándwich	82
5- ESCANTILLONADO	87
5.1- Aplicación reglamento RINA	87
5.1.1- Materiales	88
5.1.2- Esfuerzo longitudinal	89
5.1.3- Chapas exteriores	90
5.1.4- Estructura del casco	94
5.1.5- Paneles de cubierta	99
5.1.6- Estructura de cubierta	102
5.1.7- Paneles de superestructura	105
5.1.8- Refuerzos de superestructura	107



5.1.9- Mamparos	110
5.2- Escantillonado	112
5.2.1- Materiales	112
5.2.2-Propiedades de los refuerzos	113
5.2.3-Propiedades del laminado	116
5.2.4- Secuencias de laminación	119
5.2.5- Dimensionado de refuerzos	124
5.2.6- Comprobación del esfuerzo longitudinal	130
6- CÁLCULO DEFINITIVO DE PESOS	131
7- DESARROLLO DE FORMAS	157
7.1 –Perfil exterior y distribución de interiores	157
7.2- Introducción	160
7.3- Análisis de formas	161
7.3.1- Análisis de las formas de proa	161
7.3.2- Análisis de las formas de popa	163
7.3.3- Análisis de la curva de áreas seccionales	164
7.3.4 - Análisis de los coeficientes de forma	165
7.4- El efecto timón	166
7.5- Comportamiento en la mar	167
7.6- Estimación de la velocidad	169
7.7- Metodología para el desarrollo de formas	170
7.8- Desarrollo de carenas	172
7.9- Análisis de los resultados obtenidos	175
7.10- Conclusiones	181
8- CÁLCULO ESTRUCTURAL POR EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS (FEM)	183
8.1- Peculiaridades para el modelado	184
8.1.1-General	184
8.1.2-Propiedades de lámina	184
8.1.3-Referente a las cargas	185



8.1.4- Condiciones de contorno	185
8.1.5- Postproceso	186
8.2- Análisis estructural del MY110	187
8.2.1- Modelado	187
8.2.2- Unidades	190
8.2.3- Propiedades de los materiales	190
8.2.4- Prescripciones de desplazamiento	196
8.2.5- Cargas	196
8.2.6- Mallado	200
8.2.7- Coeficientes de seguridad	201
8.2.8- Análisis de resultados	204
8.2.9- Visualización de resultados	205
8.2.10- Comparación FEM-sociedades de clasificación	213
8.2.11- Fly-britge	214
8.3- Modelización matemática	217
8.3.1- Obtención de constantes elásticas de una lámina por el programa	218
Regla de las mezclas	
Modelo de Halphin-Tsai	
8.3.2- Macromecánica de una lámina	220
8.3.3.- Macromecánica del laminado	226
8.3.4- Modelización matemática del comportamiento de las estructuras sándwich	237
Modelo de Reissner Mindlin	
Aplicación del Método de los Elementos Finitos (MEF)	
8.3.5- Desarrollo de una interfaz de usuario para el programa RamSeries	243
8.3.6- Validación del Método	245
8.3.7- Conclusiones	252
8.4- Peculiaridades del programa <i>Ram series</i> ®	254
8.4.1- Solver	254
8.4.2- Generación de malla	254
8.4.3- Presiones principales	255
8.4.5- Von Misses	256
8.4.6- Normativa de referencia del programa Ramseries	256



9- ESTABILIDAD	264
9.1- Introducción	264
9.2- Conceptos de arquitectura naval	265
9.2.1- Metacentro transversal	265
9.2.2- Radio metacentro transversal	266
9.2.3- Altura metacéntrica transversal	266
9.2.4- Metacentro longitudinal	266
9.2.5- Radio metacéntrico longitudinal	267
9.2.6- Altura metacéntrica longitudinal	267
9.3- Cálculos de estabilidad	268
9.3.1- Estabilidad estática transversal inicial	269
9.3.2- Estabilidad transversal para grandes escoras	270
9.3.3- Efecto de las superficies libres en la estabilidad del buque	272
9.4- Cálculos Hidromax	275
9.4.1- Desplazamiento en rosca	276
9.4.2- Desplazamiento medio	278
9.4.3- Desplazamiento máximo	280
9.5- Aplicación de la norma ISO	282
9.5.1- Determinación de las dos condiciones de carga para la verificación	282
9.5.2- Altura de inundación y ángulo de inundación	282
9.5.3- Ensayo de compensación de pesos	283
9.5.4- Resistencia a las olas y al viento	284
10- EQUIPOS PRINCIPALES	287
10.1- Equipo propulsor	287
10.2- Hélices	289
10.2.1- Series B de Wageningen	289
10.2.2- Método de la hélice de Crouch	290
10.2.3- Selección de una hélice comercial	295
10.3- Ventilación motores	296
10.4- Sistema de gases de escape del motor principal	297
10.5- Sistema de achique e imbornales	298



10.6- Sistema contra incendios	299
10.7- Equipo de amarre y fondeo	301
10.7.1- Numeral de equipo	301
10.7.2-Cálculo directo del equipo de fondeo	302
10.7.3-Cálculo tabulado	304
10.8-Sistema de Agua Salada	305
10.9-Sistema de aire acondicionado	306
10.10-Sistema de Combustible	308
10.11- Instalación de aguas grises	310
10.12- Sistema de agua sanitaria	312
10.13- Hélice de proa	313
10.14- Instalación eléctrica de corriente continua y alterna	316
11- MÉTODOS DE PRODUCCIÓN Y CONSTRUCCIÓN	336
11.1- Modelos, moldes y prototipos	336
11.2- Técnicas de moldeo por contacto	362
11.3- Proyección simultanea	369
11.4- Técnicas de moldeo asistido por vacío	374
11.5- Técnicas de moldeo por infusión	386
11.6 – Control de calidad	394
11.6.1-Ensayos de control de calidad para materias primas	395
11.6.2-Ensayos de control de calidad para piezas terminadas	398
11.7- Higiene, seguridad y medio ambiente	402
12- PRESUPUESTO	412
13- CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS	438
14- BIBLIOGRAFIA	441
15- ANEXO I: PLANOS A4	443
Formas preeliminares	
Distribución preeliminar de interiores y estructura	



Paneles para escantillonado	
Dimensiones paneles	
Escantillonado refuerzos	
Dimensiones de las planchas asociadas a refuerzos	
Paneles de cubierta para escantillonado	
Refuerzos de cubierta	
Paneles de superestructura	
Refuerzos de superestructura	
Escantillonado de mamparos	
Cuaderna maestra	
Distribución preeliminar de interiores A	
Distribución preeliminar de interiores C	
Distribución preeliminar de interiores B	
Boceto perfil exterior	
Boceto cubierta principal	
16- ANEXO II: PLANOS A3	461
Plano de formas	
17- ANEXO III: MANUALES	463
Manual Yanmar	
Manual Volvo	