ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO ANFIBIO PARA 20 PASAJEROS SOPORTADO EN COLCHÓN DE AIRE PARA EL GOLFO DE NICOYA - COSTA RICA

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

Rafael Francisco Espinosa Sèmper

Guayaquil - Ecuador

2008

AGRADECIMIENTO

Se lo atribuye a Sir Isaac Newton, pero
Bernard de Chartres en el Siglo XII, decía:
“Somos enanos encaramados sobre las espaldas
de estos gigantes. Vemos más lejos que ellos (….)
porque ellos nos elevan por encima de sí mismos….”.
El destino tejió sus lazos inexplicables para el desarrollo
de lo que se propone en esta tesis y yo fui el enano parado
sobre todos esos gigantes que colaboraron en todas las fases
de su desarrollo, **¡sin excluir a nadie!.**

DEDICATORIA

Dios, siempre Omnisciente y Omnipresente,

Mis Padres, puntales de mi existencia,

Mi Familia, con su amor abnegado,

Mi hermana, su apoyo invaluable,

y a las personas que tuvieron

confianza en mis acciones.

TRIBUNAL DE GRADO

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. WILMO JARA
DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Marín López
MIEMBRO PRINCIPAL

Ing. ALEJANDRO CHANABÁ
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual que contiene la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Rafael F. Espinosa Sémper

RESUMEN

La Construcción Naval en Ecuador ha estado relacionada con la fabricación de naves tradicionales, tales como: yates de pasajeros, barcos pesqueros, gabarras, remolcadores, catamaranes, lanchas y tanqueros. Sin embargo, la fabricación de naves con sistemas de propulsión innovadores y/o materiales de construcción nuevos, se convierten en eventos que marcan la diferencia. El desarrollo de esta tesis tiene como objeto explicar los procesos de diseño y construcción de un Vehículo Anfibio, soportado en Colchón de Aire (VCA), con un sistema de sustentación tipo D.A.T.A. "Distribución Automática Transversal de Aire". La construcción de esta nave (vehículo), utilizada para el servicio de transporte turístico, fue realizada en Ecuador y ensamblada en Costa Rica para su operación correspondiente. En forma general se presenta los procedimientos que envuelven su diseño, fabricación de estructuras y montaje de sistemas, propios de su tecnología. Seguidamente, se hace énfasis en la exportación hacia Costa Rica con los detalles del ensamble final y pruebas, impulsando a nuestro país en el sector de la Construcción Naval Mundial. Finalmente, se menciona una amplia bibliografía de proveedores, referencias técnicas y sitios de interés, considerándolo como material de investigación para el diseño, desarrollo y construcción de este tipo de naves.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

Resumen.. I

Índice General.. II

Índice de Figuras... IV

Índice de Fotografías... VI

Índice de Tablas.. VIII

Introducción.. 1

CAPITULO 1

Descripción del Diseño del Vehículo Anfibio soportado en Colchón de Aire

1.1 Breve Historia y Descripción de Vehículos soportados con colchón de aire. 4
1.2 Diseño y Cálculos Estructurales para: Casco, Estructura Flexible y otras piezas estructurales. 19
1.3 Diseño y Selección de Equipos para los sistemas de: Propulsión, Sustentación y Complementarios. 44

CAPITULO 2

Fase de Construcción desarrollada en el país

2.1 Planificación de Actividades para el proceso de construcción. 58
2.2 Proceso de Construcción de Casco, Estructuras en Aluminio, Estructura Flexible y otras piezas estructurales. 71
2.3 Instalación y Montajes de Equipos. 101

CAPITULO 3

Fase de Construcción desarrollada en Costa Rica

3.1 Gestión de Exportación. 106
3.2 Planificación de Actividades para el ensamblaje de la nave. 111
3.3 Proceso de Ensamble final de la nave y su equipamiento 118

Pág.

CAPITULO 4

Evaluación de Pruebas para la entrega

4.1 Procedimientos para la evaluación de pruebas. 131
4.2 Control de los parámetros operativos de funcionamiento. 136
4.3 Ajustes y correcciones para la entrega de la nave. 147

Conclusiones y Recomendaciones 154

Apéndices

Anexo A Hovercraft Ferry más grande del mundo 156
Anexo B Detalles técnicos de algunos Hovercrafts Construidos en el Mundo 157
Anexo C Hovercraft Anfibio para Salvamento y Patrullaje NM6/SR 158
Anexo D Cálculos e información complementaria del Casco 161
Anexo E Planos Típicos de Diseño de Estructura Flexible 181
Anexo F Distribución de Pesos de NM 14/FY 193
Anexo G Cálculos e información complementaria del Sistema de Propulsión 195
Anexo H Cálculos e información complementaria del Sistema de Sustentación 210
Anexo I Instrumentación, Navegación y Comunicaciones 224
Anexo J Sistemas Auxiliares y Accesorios 227
Anexo K Proceso de Exportación 236
Anexo L Sistema Electrónico Motor Industrial Cat 3126 238

Bibliografía 241

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA (1.1)	Concepto básico de un vehículo soportado con colchón de aire VCA.	5
FIGURA (1.2)	División de Naves de Alta Performance.	7
FIGURA (1.3)	Diferencias entre flujo pleno y periférico.	9
FIGURA (1.4)	Vehículo SR-N1.	11
FIGURA (1.5)	Formas típicas de Estructuras Flexibles.	11
FIGURA (1.6)	Árbol de Vehículos con Colchón de Aire.	12
FIGURA (1.7)	Diferencia entre un Hovercraft Anfibio y un SES.	13
FIGURA (1.8)	Aplicaciones del Hovercraft Anfibio.	18
FIGURA (1.9)	Perfil de la Playa de Puntarenas.	20
FIGURA (1.10)	Plano de Conjunto Exterior.	24
FIGURA (1.11)	Distribución Interior.	25
FIGURA (1.12)	Factores de Carga y Presión por impacto de la ola.	31
FIGURA (1.13)	Plano de laminado de Casco.	35
FIGURA (1.14)	Sistema Básico de Faldones.	40
FIGURA (1.15)	Métodos básicos de Estabilidad con Colchón.	41
FIGURA (1.16)	Disposición general de los sistemas de propulsión y sustentación.	45
FIGURA (1.17)	Curva de Soplante tipo D10 27 doble entrada.	51
FIGURA (1.18)	Concepto de Disposición de Válvulas para control de Balance.	53
FIGURA (1.19)	Disposición de válvulas en la nave.	54
FIGURA (2.1)	Organigrama para el proyecto de construcción.	63
FIGURA (2.2-a)	Gantt de seguimiento del proyecto de construcción.	64
FIGURA (2.2-b)	Gantt de seguimiento del proyecto de construcción.	65
FIGURA (3.1-a)	Gantt de seguimiento del proyecto de ensamble	116
FIGURA (3.1-b)	Gantt de seguimiento del proyecto de ensamble	117
FIGURA (3.2-a)	Diseño de Pintura Exterior/Superior	122
FIGURA (3.2-b)	Diseño de Pintura Exterior/Perfil	122
FIGURA (4.1)	Diagrama Porcentual de Estimación de Costos por hora en Costa Rica	153
FIGURA (A.1)	Hovercraft SR.N4	
FIGURA (C.1)	Distribución de Hovercraft NM6/SR	
FIGURA (D.1)	Plano de Estructuración de Casco	
FIGURA (D.2)	Plano de Laminado de Casco	
FIGURA (D.3)	Plano de Laminado de Superestructura	
FIGURA (D.4)	Plano de Laminado de Mamparo	
FIGURA (D.5)	Plano de Laminado de Cuaderna	
FIGURA (D.6)	Plano de Laminado de Carena de Hélice	
FIGURA (E.1)	Plano de Segmentos Quilla Flexible	
FIGURA (E.2)	Plano de Bucles - Segmentos Exterior Central	
FIGURA (E.3)	Plano de Bucles - Segmentos Popa Central	
FIGURA (E.4)	Plano de Bucles - Segmentos Proa Central	
FIGURA (E.5)	Plano de Bucles - Segmentos Popa Amuras	
FIGURA (E.6)	Plano de Desarrollo Bucles - Segmentos Proa Amuras	
FIGURA (E.7)	Plano de Típico de Bucles - Segmentos Proa Amuras 15°	
FIGURA (E.8)	Plano de Típico Segmentos	
FIGURA (E.9)	Plano de Típico Segmento Armado	

ÍNDICE DE FIGURAS (cont.)

Pág.

FIGURA (E.10) Plano de Típico Montaje de Segmentos
FIGURA (E.11) Plano de Típico de Montaje Segmento Casco
FIGURA (G.1) Plano de Base de Máquinas, Sistema de Propulsión
FIGURA (G.2) Plano de Soporte de Eje - Hélice, Sistema de Propulsión
FIGURA (G.3) Plano de Conjunto, Sistema de Propulsión
FIGURA (H.1) Plano de Base de Máquinas, Sistema de Sustentación
FIGURA (H.2) Plano de Conjunto, Sistema de Sustentación
FIGURA (J.1) Plano de Sistema Eléctrico
FIGURA (K.1) Documento de Exportación a Costa Rica.
FIGURA (K.2) Documento de pesado de nave junto a plataforma
FIGURA (L.1) Plano de Sistema Electrónico, parte I
FIGURA (L.2) Plano de Sistema Electrónico, parte II
FIGURA (L.3) Plano de Sistema Electrónico, parte III
FIGURA (L.4) Plano de Sistema Electrónico, parte IV
FIGURA (L.5) Plano de Sistema Electrónico, parte V
FIGURA (L.6) Plano de Sistema Electrónico, parte VI

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Foto 2.1	Importación de materiales en fibra de vidrio, pvc y honeycomb.	68
Foto 2.2	Importación de planchas, perfiles y tubos en Aluminio Naval.	69
Foto 2.3	Importación de Motores de Impulsión, Sustentación y Soplantes.	69
Foto 2.4	Importación de Hélices y Bandas de Trasmisión.	70
Foto 2.5	Importación de Accesorios Náuticos.	70
Foto 2.6	Modelo de casco, vista de proa.	73
Foto 2.7	Modelo de casco, vista de popa.	73
Foto 2.8	Modelo de superestructura en cuadernas.	74
Foto 2.9	Modelo de superestructura forrada y pulida.	74
Foto 2.10	Modelo preliminar de ¼ de Tobera de la hélice.	75
Foto 2.11	Modelo de la Tobera de la hélice en poliuretano.	75
Foto 2.12	Construcción de Modelo de timones.	76
Foto 2.13	Modelo de Cobertores de Trasmisión.	76
Foto 2.14	Modelo de Cubierta de Pasajeros.	77
Foto 2.15	Modelo de Arco para Antenas.	77
Foto 2.16	Molde de casco desde proa.	80
Foto 2.17	Molde de casco desde popa.	80
Foto 2.18	Desmolde de casco a partir del modelo.	81
Foto 2.19	Nivelación y alineamiento de piezas de casco.	81
Foto 2.20	Reforzamiento en molde de casco.	82
Foto 2.21	Molde de Superestructura.	82
Foto 2.22	Molde de Cubierta de Cabina.	83
Foto 2.23	Molde de Patines de Casco.	83
Foto 2.24	Molde de Cobertores de Trasmisión.	84
Foto 2.25	Abrillantado de Molde.	91
Foto 2.26	Estructura de Cámara de Laminado.	91
Foto 2.27	Aplicación de Gel- Coat.	92
Foto 2.28	Desmolde de casco junto con mamparos.	92
Foto 2.29	Unión de mamparo con casco.	93
Foto 2.30	Sector inferior de casco, ductos de aire.	93
Foto 2.31	Proceso de laminado para superestructura.	94
Foto 2.32	Desmolde de superestructura sobre casco.	94
Foto 2.33	Timones horizontales y verticales.	95
Foto 2.34	Tobera de la hélice.	95
Foto 2.35	Corte con plasma de elementos para base de motores de sustentación.	98
Foto 2.36	Construcción de bases de motores de impulsión con soldadura MIG.	98
Foto 2.37	Inspección de tela.	99
Foto 2.38	Montaje de estructura flexible.	102
Foto 2.39	Montaje de motores de sustentación.	103
Foto 2.40	Montaje de carena de hélice sobre bases de motores de impulsión.	103
Foto 2.41	Montaje de motores de impulsión.	103
Foto 2.42	Montaje de soplantes.	104
Foto 2.43	Montaje de sistemas de combustible, aguas negras, agua dulce y achique.	104
Foto 2.44	Etapa de montajes al 60%.	105

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS (cont.)

Pág.

Foto 3.1	Traslado de nave desde Hangares Durán.	107
Foto 3.2	Embarque de nave en barco carguero.	108
Foto 3.3	Almacenaje de nave en Puerto Caldera.	112
Foto 3.4	Traslado de nave desde Puerto Caldera a Punta Arenas	112
Foto 3.5	Pesado de nave en balanza romana	113
Foto 3.6	Ensamble de transmisión	120
Foto 3.7	Ensamble final de transmisión	120
Foto 3.8	Proceso de masillado	123
Foto 3.9	Etapa de pintura final	123
Foto 3.10	Ensamble de sistemas de control	125
Foto 3.11	Articulaciones mecánicas para sistemas de control de balance	125
Foto 3.12	Proceso de ensamble de ventanas	126
Foto 3.13	Montaje de asientos	127
Foto 3.14	Montaje de panel de control	128
Foto 3.15	Ensamble total de la nave	130
Foto 4.1	Pruebas de acoplamiento del Sistema de Sustentación	133
Foto 4.2	Fase de Auto – Lanzamiento	134
Foto 4.3	Inicio de pruebas de Navegación	135
Foto 4.4	Pruebas de Performance	138
Foto 4.5	Nave sobre la Playa	149
Foto C.1	Hovercraft NM6 /SR	

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA 1.I	Laminado C, sector 3, superficie Fontal en proa inferior.	33
TABLA 1.II	Refuerzos longitudinales, sector 9 y 10, Laminado C, curvatura de proa inferior.	33
TABLA 1.III	Cuadernas, sector 10, Laminado C, curvatura de cuerpo medio.	34
TABLA 1.IV	Cuadernas, sector 9, Laminado C, curvatura de proa inferior.	34
TABLA 1.V	Coeficientes de Seguridad y Condiciones de Carga.	37
TABLA 2.I	Características Físicas del Aluminio 5083 – H111.	96
TABLA 4.I.a	Análisis Financiero para Explotación Comercial	151
TABLA 4.I.b	Análisis Financiero para Explotación Comercial	152
TABLA B.I	Detalles técnicos de algunos hovercrafts construidos en el mundo	
TABLA D.I	Listado Total de laminados del Casco	
TABLA D.II	Lista de laminados del Casco sin Cubiertas	
TABLA D.III	Lista de laminados de Superestructura	
TABLA D.IV	Laminado Típico de Mamparo	
TABLA D.V	Laminado Típico de cuaderna	
TABLA D.VI	Laminado de Carena de Hélice	
TABLA F.I	Distribución de Pesos y Centro de Gravedad	
TABLA G.I	Listado de Materiales de Bases del sistema de Propulsión	
TABLA H.I	Listado de Materiales de Bases del sistema de Sustentación	

INTRODUCCIÓN

La empresa Anfina S.A. (Anfibios Nacionales de Costa Rica) con el afán de iniciar sus actividades de transporte turístico en las playas del Golfo de Nicoya, solicitó a la empresa Neumar S.A. radicada en España, el diseño de un Vehículo (nave) soportado en Colchón de Aire (VCA) con características anfibias. Esta nave con capacidad para 20 pasajeros, debía incluir algunas comodidades y prestaciones necesarias para este tipo de transporte turístico. Entre Anfina y Neumar establecieron otros parámetros para el diseño, como son: autonomía, rutas de navegación y puertos de embarque y desembarque. Neumar por su parte, solicitó a la empresa Construcciones Navales en Ecuador colaborar en el proceso de diseño y construcción del vehículo anfibio bajo la figura legal de Licenciatario. Esta formalidad fue considerada debido a la posibilidad de construcción de otros vehículos similares para la misma empresa Anfina S.A. y otras empresas, dependiendo del nivel de comercialización y pedidos de construcción.

En el año 2004, la empresa Construcciones Navales asumió la responsabilidad de fabricación y colaboración en el diseño de: casco y todas sus piezas fabricadas en materiales compuestos, estructura flexible - faldones, bases de máquinas para equipos de sustentación y propulsión, ensamble de equipos, sistemas y partes. En el proceso de construcción se desarrollaron múltiples actividades, tales como: importación de materia prima y equipos, capacitación de personal en Ecuador, exportación de la nave semi - terminada, capacitación de personal en Costa Rica, ensamble final, y, pruebas y entrega formal en playas de Punta Arenas – Costa Rica. Por último, y como parte complementaria del proceso de diseño - construcción, se hace mención a las estimaciones presupuestarias, programación de actividades y sus dificultades con las soluciones correspondientes, en la entrega final de la nave anfibia.

Objetivo General:

Explicar los procesos de diseño y construcción del Vehículo Anfibio, soportado en Colchón de Aire (VCA), con un sistema de sustentación tipo D.A.T.A. "Distribución Automática Transversal de Aire".

Objetivos Específicos:

- Describir el proceso de diseño orientado hacia la construcción de: casco, estructura flexible y estructuras de aluminio para los sistemas de impulsión y sustentación de la nave, así como la selección de su equipamiento.
- Planificar actividades relacionadas con la importación de materia prima, procesos de producción y montajes de equipos realizados en el país.
- Planificar actividades relacionadas con la exportación de la nave semi-terminada, procesos de producción ensamble final y entrega de la nave en Punta Arenas - Costa Rica
- Evaluar pruebas de funcionamiento de la nave de acuerdo a lo diseñado y planificado.

Beneficios:

La construcción de naves con Nuevas Tecnologías permite modernizar los procesos de construcción utilizando materiales no tradicionales y generando nuevas fuentes de trabajo. Estas naves al ser negociadas y enviadas a clientes extranjeros, se convierten en productos de exportación no tradicionales para nuestro país, inscribiéndonos con esta actividad en el mercado competitivo y globalizado de la Industria Naval. Finalmente, con la experiencia adquirida de todo el proceso de diseño, construcción y entrega, bien podría compararlo con otro hito de desarrollo naval para nuestro país, como lo fue en su momento el Primer Buque a Vapor gestionada por Vicente Rocafuerte, debido a la concepción y desarrollo del proyecto. Ref. (7, 8)

Hipótesis

Los potenciales proyectos de construcción de naves con Nuevas Tecnologías son factibles en el país, cuando se recurre a la transferencia tecnológica en los procesos de diseño - construcción y se utiliza mano de obra local con otros recursos para su ejecución, adquiriendo el correspondiente *Know-How* para la producción naves similares y/o mejoradas.

CAPÍTULO I

Descripción del Diseño del Vehículo Anfibio soportado en Colchón de Aire

1.1 Breve Historia y Descripción de Vehículos soportados con colchón de aire.

Un hovercraft o aerodeslizador, también es conocido como vehículo de colchón de aire VCA (en inglés ACV Air Cushion Vehicle) y es en el sentido más general, un medio de transporte sustentado por un colchón de aire interpuesto entre aquél y la superficie, líquida o sólida, sobre la que se mueve, Ref.(1).

La fricción sobre el fondo de la nave es reducida gradualmente por el colchón de aire generado a través de ventiladores, requiriéndose menor energía para moverlo sobre la superficie en comparación a otro tipo de naves convencionales.

Este principio científico es conocido como “Efecto de Superficie”, cuyo sistema con colchón de aire también ha sido probado sobre otras superficies diferentes al agua con buenos resultados. En la figura 1.1, Ref. (14), se muestra una visión del concepto básico del vehículo VCA.

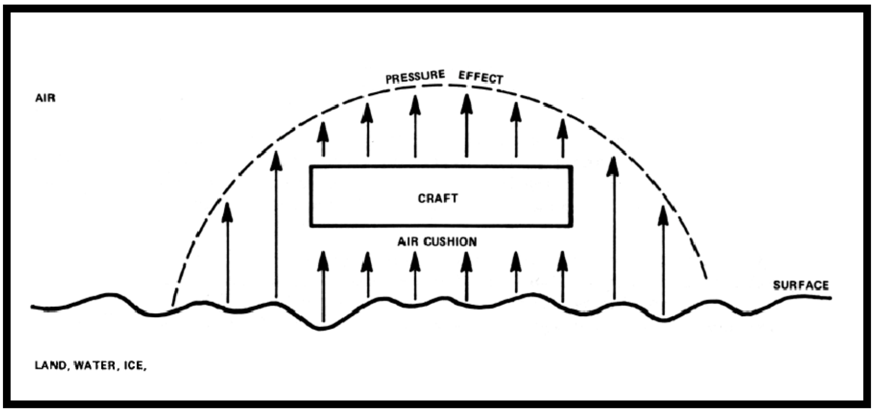


FIGURA (1.1).- Concepto básico de un vehículo soportado con colchón de aire

Los desarrollos de naves de este tipo han sido sujetos a diversos nombres, como son:

- Hovercraft
- Air Cushion Craft
- Cushion Craft
- Ground Effect Machine (GEM)
- Interface Craft

- Skimmer
- Air Cushion Vehicle
- Surface Effect Ship
- Surface Effect Vehicle (SEV)
- Aeroglisseur

Adicionalmente, existen nombres genéricos que denominan a este tipo de naves, siendo estos:

- Wing-in-Ground Effect (WIG)
- Ram Wing
- Channel Flow Wing
- Captured Air Bubble (CAB)
- Plenum Machine

En la figura 1.2, Ref. (3), se muestra una división basada en el concepto de barcos de alta performance, indicando la subdivisión hovercraft en dos tipos: el tipo SES con estructura sólida y los Anfibios con superestructura sólida y estructura flexible en el sector inferior de la nave.

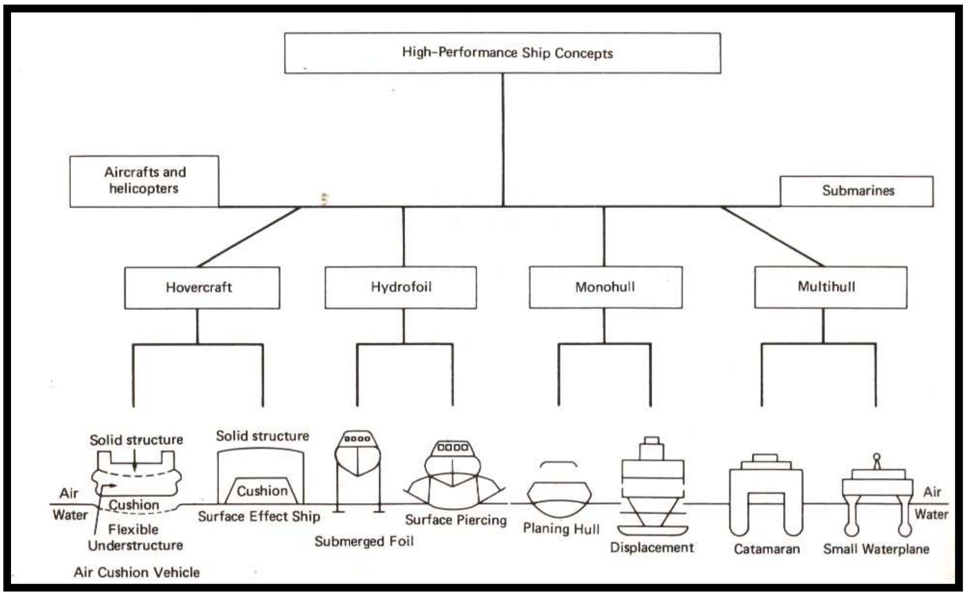


FIGURA (1.2).- División de Naves de Alta Performance

La noticia más antigua que se conoce acerca de un vehículo que tuviera, de alguna manera, su peso soportado por un colchón de aire, se remonta a 1716. El honor de proponerlo le cabe a Emmanuel Swedenborg, científico y filósofo sueco, que proyectó una máquina cuya característica principal era que el tripulante situado en una abertura hecha en el centro, accionaba un par de remos. La idea en la que se basaba el aparato era que los remos, al moverse hacia abajo, comprimían el aire y por consiguiente el vehículo se elevaba. Swedenborg pronto se dio cuenta que para que el artefacto funcionara era preciso tener una fuente de energía mayor que la que proporciona un ser humano.

Sin embargo el lugar de honor en la historia del vehículo de colchón de aire está reservado a Christopher Cockerell que fue quién, en los años cincuenta del siglo XX, hizo posible su uso generalizado y por consiguiente puede considerarse su inventor. Cockerell que era ingeniero electrónico empezó, como muchos otros, a investigar el uso del aire corno lubricante entre el casco y el agua. Pronto se dio cuenta que no era ese el camino y concibió la idea de hacer la capa de aire más gruesa de forma que la embarcación se elevara sobre la superficie. De ese modo podría no solo salvar olas de pequeño tamaño, sino también pasar fácilmente de moverse sobre el agua a hacerlo sobre tierra. Hasta ese momento todos los vehículos de colchón de aire tenían una cámara central llena de aire a presión que era el colchón propiamente dicho.

Dado que aún no se había conseguido definir un tipo de cierre capaz de impedir el escape del aire, era preciso tener un compresor muy potente para mantener la presión en la cámara. El resultado fue que ninguno de los vehículos experimentales fue capaz de vencer esa barrera invisible que hay entre el prototipo y el proyecto definitivo. C. *Cockerell que llamó a su vehículo hovercraft y de ahí el uso generalizado del nombre*, usó para impedir el escape de aire, el procedimiento conocido como chorro periférico.

En la figura 1.3, Ref. (14), se describe las diferencias entre el flujo pleno y flujo periférico mencionado por C. Cockerell,.

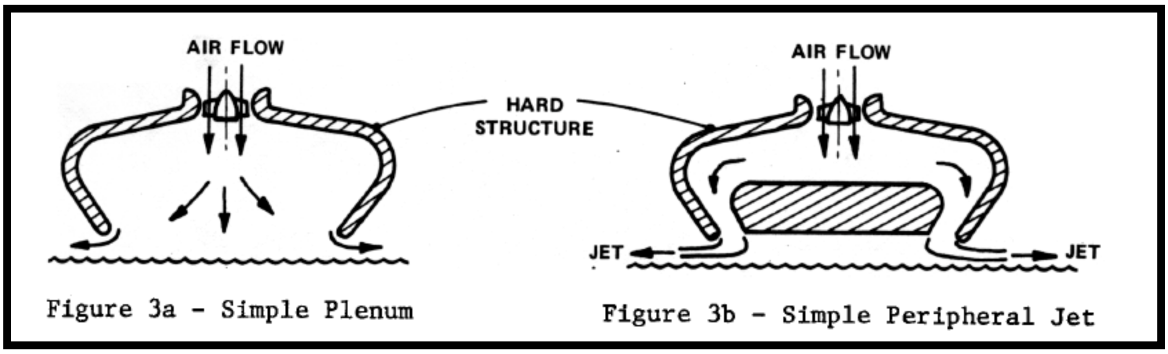


FIGURA (1.3).- Diferencias entre flujo pleno y periférico

Al principio se pensó que el chorro periférico daría una solución suficiente para que los hovercrafts de tamaño medio naveguen en aguas próximas a la costa utilizando solamente la mitad de la potencia que necesitaría un aeroplano o un helicóptero de capacidad semejante. En la realidad las cosas fueron diferentes ya que, para evitar el escape de aire, el vehículo tenía que moverse a escasa altura de la superficie del mar con lo que los impactos sobre la estructura hacían difícil su navegación.

La solución llegó de la mano de otro inventor C.H. Latimer—Needharn quién en 1958, al tener noticia de los trabajos de C. Cockerell, pensó en el claro existente entre el obstáculo y la superficie, y que esto supondría el choque con las olas.

La solución que propuso fue instalar en la parte baja cierres flexibles o faldones que encerraran el colchón de aire y que al chocar con un obstáculo no transmitieran el impacto a la estructura. Este invento, que como todos, ha necesitado tiempo para perfeccionarse ya que no se parecen en nada los cierres actuales con los que se probaron entonces, fue vital para el desarrollo del vehículo de colchón de aire. Sin él, se hubiera quedado simplemente en una idea interesante, por ejemplo, el vehículo SR—N1, primer prototipo desarrollado bajo las ideas de C. Cockerell y construido por Saunders Roe Ltd. (hoy en día Britsh Hovercraft Corporation). Cuando no llevaba cierres navegaba sin problemas únicamente con la mar en calma, pero si las olas tenían alturas ligeramente superiores a la clara los impactos eran tan fuertes que no era aconsejable navegar.

En 1962 se le colocaron estos cierres flexibles y se podía ir a 50 nudos sobre superficies relativamente lisas, a 40 nudos en mares de 4 a 5 pies de altura y a velocidades moderadas con olas de 6 a 7 pies. La figura 1.4, presenta al vehículo SR—N1 en plena navegación con la solución dada.

FIGURA (1.4).- Vehículo SR-N1

En términos generales la presencia de cierres aumenta la clara diez veces, entre el fondo del casco y la superfice, para la misma potencia instalada. En la Figura 1.5, Ref. (1), están dibujadas tres formas típicas de vehículo de colchón de aire con faldones o cierres flexibles.

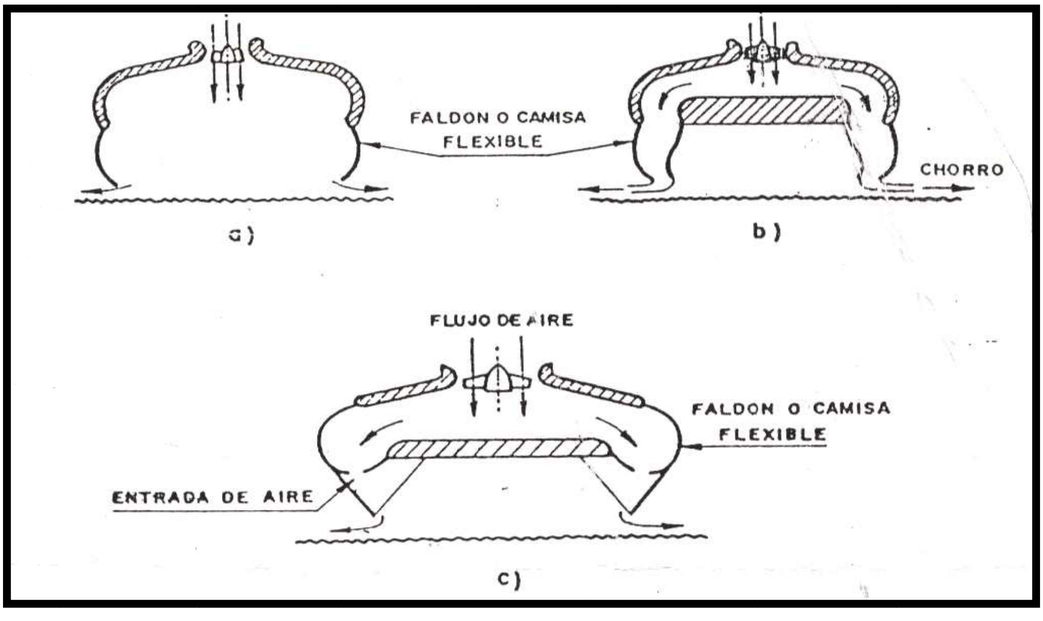


FIGURA (1.5).- Formas típicas de Estructuras Flexibles

Debido a sus especiales características es indudable que la resistencia a la marcha de un vehículo de colchón de aire presenta considerables diferencias con respecto a la de cualquier otro vehículo marino convencional. A continuación, en la Figura 1.6, Ref. (14), se muestra un Árbol Familiar de los Vehículo con Colchón de Aire, de acuerdo a los rangos de velocidad.

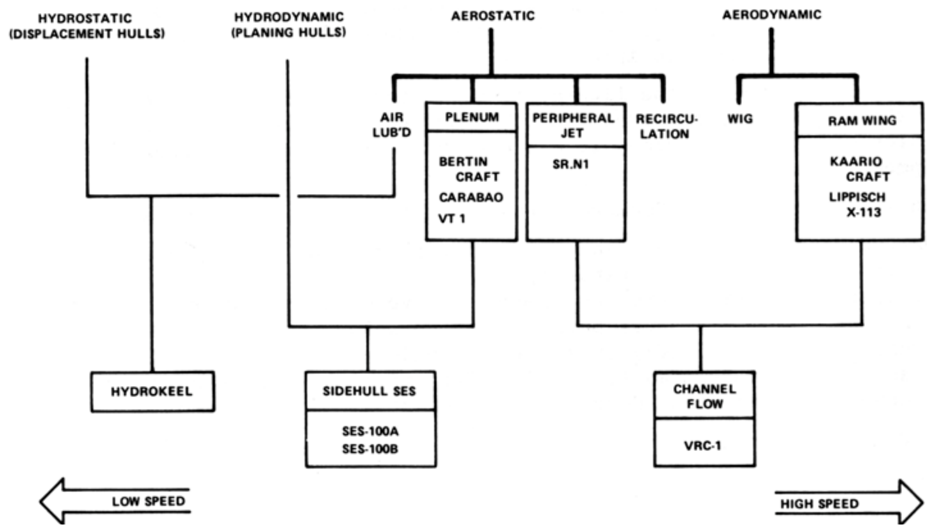


FIGURA (1.6).- Árbol de Vehículos con Colchón de Aire

En condiciones normales el vehículo de colchón de aire debe ser capaz de contornear, sin impacto la superficie por lo que la actitud que toma debe ser la más conveniente para correr sobre ella. Lógicamente en mares agitados se llega a un límite en el que es imposible impedir el impacto violento a no ser que se disminuya la velocidad.

Mediante la Figura 1.7, se pretende demostrar la diferencia existente entre un vehículo tipo hovercraft con estructura flexible y el tipo SES, siendo este último con paredes rígidas las mismas que están siempre sumergidas.

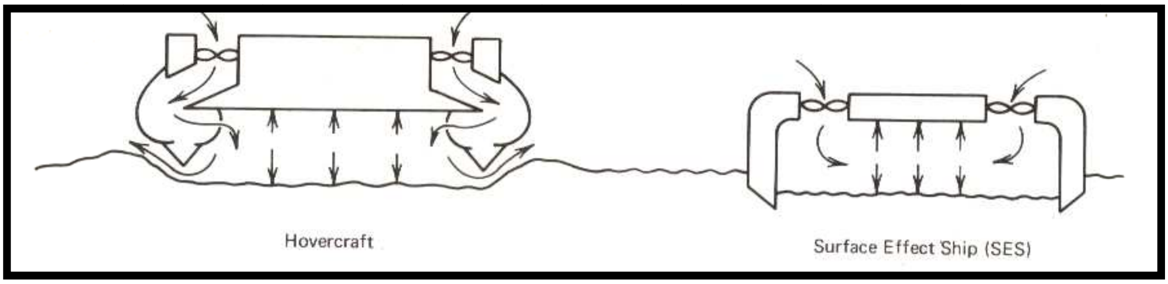


FIGURA (1.7).- Diferencia entre un Hovercraft Anfibio y un SES

La diferencia definida por Bureau Veritas en sus Reglas de Clasificación “Marine Hovercraft, Ref. (4), define a estas variaciones como:

- El término Hovercraft de paredes laterales “Side Wall Hovercraft” – AQL (SES), es designado a un vehículo de colchón de aire, cuyas paredes rígidas se extienden a lo largo de los lados de la nave y están permanente o parcialmente sumergidas.

- El término Hovercraft de faldones flexible “Flexible Skirt Hovercraft” – AJS, es designado a un vehículo de colchón de aire con una estructura flexible que se extiende como una cámara debajo de la nave y es usada para contener o dividir al colchón de aire. Este tipo de vehículo es de características anfibias.

En la actualidad existen múltiples organismos o federaciones internacionales que auspician y comercializan diferentes tipos y tamaños de hovercraft´s, formas de construcción de hovercraft´s pequeños, competiciones, etc. Los organismos o federaciones más populares son: Club Americano de Hovercraft – Ref. (25), Federación de Hovercraft Europea – Ref. (36), Federación Mundial de Hovercraft – Ref. (37), Organización Americana de Hovercraft – Ref- (44), Organización Inglesa de Hovercraft – Ref. (45), Diseño de AVC - Ref. (29), entre otros.

El Anexo 1 presenta de forma artística el Hovercraft SR. N4, siendo considerado el más grande del mundo pero que funciona según los mismos principios de los modelos más chicos, describiendo de forma elemental los sistemas que satisfacen su diseño. En el Anexo 2, se muestra un listado de detalles técnicos generales de algunos Hovercraft´s construidos en el mundo.

Ventajas y desventajas de un vehículo soportado con colchón de aire

Existe un listado de razones del porqué algunas personas utilizan un Hovecraft para su uso personal o comercial, siendo éstas:

- El hovercraft es muy amigable con el medio ambiente, porque no deja estela que pueda perjudicar a los bancos frágiles de mar o en tierra
- El hovercraft puede recorrer por donde no pueden tradicionalmente ir los carros o botes, desde tierra hacia el agua y regresar.
- El hovercraft tiene una gran manga que los botes tradicionales no la poseen, haciendo de ellos más espaciosos y confortables.
- El hovercraft puede viajar sobre las olas y no a través de ellas, ofreciendo un recorrido más suave que los botes convencionales.

Se puede describir los usos del Hovercraft en algunas situaciones alrededor del mundo. Algunas de ellas son:

- Como vehículo de rescate en sectores pantanosos.
- Como medio de transporte diario entre Europa y Asia
- Como plataforma flotante durante la época de cosecha del trigo en Rusia.
- Como servicio de charters entre el Caribe y la islas cercanas con puertos poco profundos

- En canales estrechos, donde la alta velocidad del servicio de los ferrys tiene que ser restringida debido a la erosión de las playas por las olas.
- Como transporte de carga sobre hielo, nieve, agua y barro para investigaciones y exploración petrolera.
- Entre ciudades de grande lagos o ríos que no tiene puertos profundos o largos malecones.
- Como yate de traslado de personal entre puertos, ríos, lagos, costa fuera o crucero.
- Como buses de turistas para tours sobre agua y tierra. Esta opción se realiza en Canadá

Un hovercraft puede hacer algunas actividades que los vehículos tradicionales lo hacen, pero también puede realizar las siguientes actividades:

- El hovercraft puede ir sobre agua y tierra a la vez y su transición entre ellas es sin impacto.
- El hovercraft se puede aparcar en una edificación terrestre cuando no se lo use o para el mantenimiento.
- El hovercraft puede desplazarse sobre áreas ecológicas sensitivas sin dañarlas.

- El hovercraft pasará seguramente encima de nadador o esquiador caído, sin afectar su seguridad

Las actividades más importantes que se considera, no puede realizar un hovercraft, son:

- El hovercraft no es diseñado para ser transoceánicos. Aunque los que tienen dimensiones grandes puedan navegar en altos mares. Éstos no son usados como vehículos transoceánicos.
- El hovercraft no puede subir Colinas. Esas naves necesitan superficies planas pero pueden ir sobre superficies accidentadas sin balancearse.
- El hovercraft no puede volar, éstos viajan sobre las superficies, pero nunca más allá de 15 pies sobre la superficie, y, entre el extremo inferior del faldón y la superficie generalmente se encontrará sobre unas pocas pulgadas.

En la figura 1.8, se presenta un diagrama en la que se muestra las posibles aplicaciones de las naves anfibias, considerando si su ámbito de acción es civil, policial o militar.

FIGURA (1.8).- Aplicaciones del Hovercraft Anfibio.

1.2 Diseño y Cálculos Estructurales para: Casco, Estructura Flexible, y otras piezas estructurales.

Las condiciones de diseño para obtener las especificaciones de un Hovercraft Anfibio denominado **NM-14/FY,** fueron obtenidas de los requerimientos del armador (Anfina S.A.), de acuerdo al servicio que prestaría en las Playas del Golfo de Nicoya.

Este Hovercraft debería estar diseñado para el transporte de 20 pasajeros en trayectos de media distancia. Con esta condición de transporte, la definición de capacidad de carga debería considerarse alrededor de los 2.500 Kg teniendo su equivalente a: 20 pasajeros á 75 Kg de peso, además de una tripulación de 2 personas, 600 litros de combustible, 100 litros de agua y 250 Kg de equipajes o víveres.

Dada la configuración de carga su autonomía estaría alrededor de 4 horas, que permita recorrer hasta 120 millas náuticas (unos 220 Km) a velocidad de crucero y con una velocidad máxima de unos 75 Km/h (40 nudos). Junto con estos detalles y dado el caso que es anfibio se consideraría la pendiente de la playa para hacer puerto de embarque y desembarque en ella, la cual no sería mayor a 10°, siendo su forma típica la que se muestra en la figura 1.9.

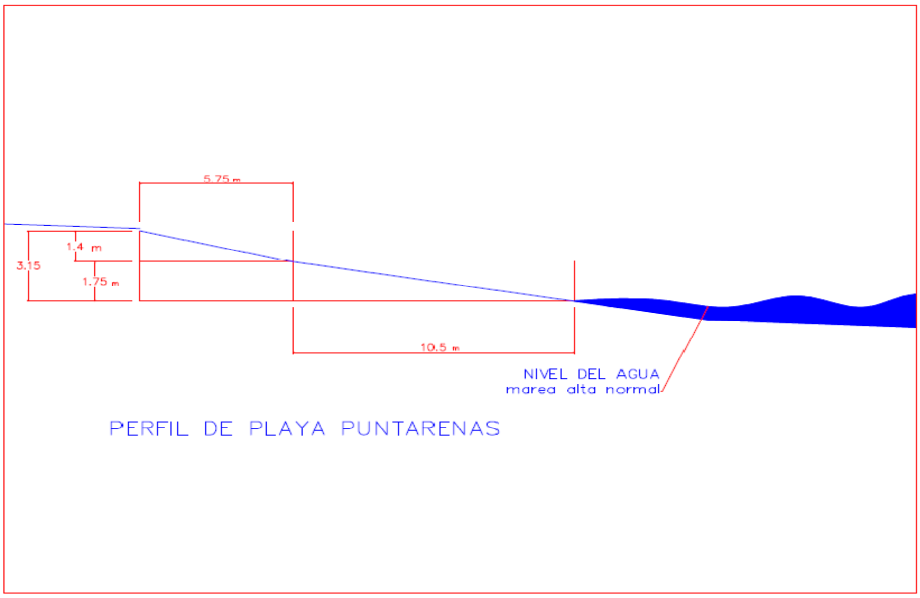


FIGURA (1.9).- Perfil de la Playa de Puntarenas

Los conceptos navales bajo los que se considera el diseño de este hovercraft conducen a obtener una embarcación que sea y/o posea:

- Construcción compacta, robusta y estable,
- Gran fiabilidad y seguridad en todas las condiciones operativas y condiciones meteorológicas muy adversas con relación a su tamaño,
- De alta velocidad, conservando sus propiedades anfibias,
- De bajo nivel de spray y poca ola,
- Gran capacidad de maniobra,

- Con un alto francobordo que confiere grandes reservas de flotabilidad y estabilidad.
- Comodidad en la navegación y bajo nivel de ruido,
- Con el diseño de su cabina de pasaje de gran amplitud para el número de pasajeros,
- Adecuadas zonas de servicios para largas travesías previstas,
- Control en la estabilidad lateral y niveles de aceleración.

Todos estos aspectos definen a una embarcación como un medio eficaz en las particulares aplicaciones de transporte de pasajeros a las que va destinada, y por tanto tenga una alta relación eficiencia/coste.

Para el procedimiento de diseño de este hovercraft, se tomaron las especificaciones y recomendaciones de las normas británicas BRITISH HOVERCRAFT SAFETY REQUIREMENTS, así como las especificaciones para aerodeslizadores marinos de la sociedad clasificadora BUREAU VERITAS.

Características Principales para el Diseño

Mediante Reglas de Clasificación de Bureau Veritas "Marine Hovercraft", Ref. (4), la determinación de las dimensiones principales son de acuerdo a las siguientes situaciones:

- Estacionaria,
- Máxima Carga,
- A flote,

Las dimensiones principales para un Hovercraft con estructura flexible tipo AJS son:

- La Eslora (L), que es la longitud medida en m en la línea de agua de diseño. Este valor no puede ser menor que el 95% de la conexión longitudinal del colchón de aire.
- La Manga (B), que es igual a la parte ancha medida en m en el casco rígido en la línea de agua de diseño.
- La línea de agua de diseño (WL) que es la línea de agua correspondiente a la nave en carga máxima.

- El Calado (T) es medido en media eslora cuando la nave está a flote liberado del colchón de aire.
- El Puntal (C), es medido a la mitad de la eslora, desde el tope horizontal de la quilla plana hasta la cubierta superior completa, al costado.

El dimensionamiento del hovercraft NM-14/FY fue obtenido a partir de un modelo más pequeño y probado denominado NM6/SR, tomando un factor de escala de 2.00, aplicando criterios adimensionales. Las figuras 1.10 y 1.11 muestran la nave NM-14/FY, describiéndose más adelante las especificaciones geométricas, las condiciones de servicio y operación, siendo aprobadas por el Armador (Anfina S.A.). En el Anexo 3 se muestra las características globales de la nave NM6/SR.

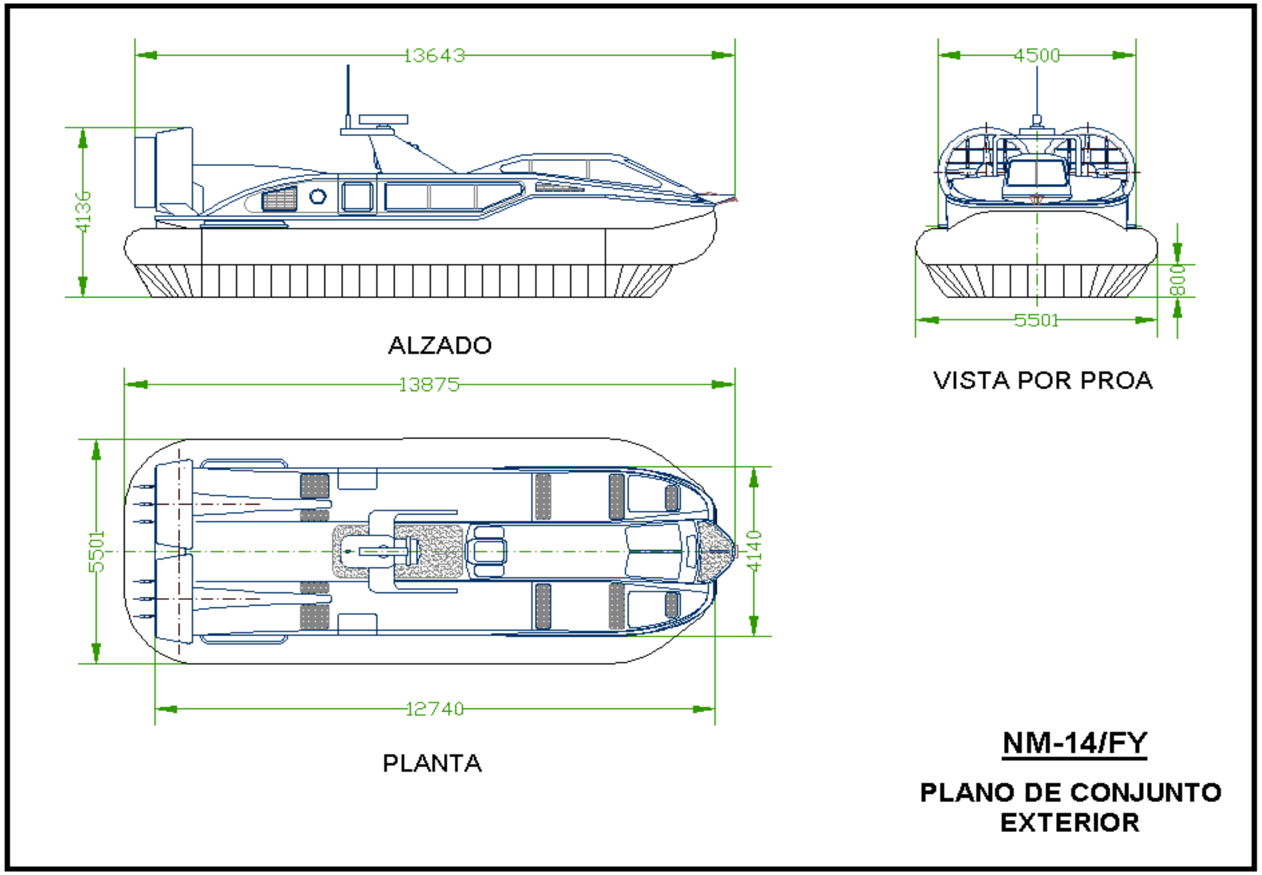


FIGURA (1.10).- Plano de Conjunto Exterior

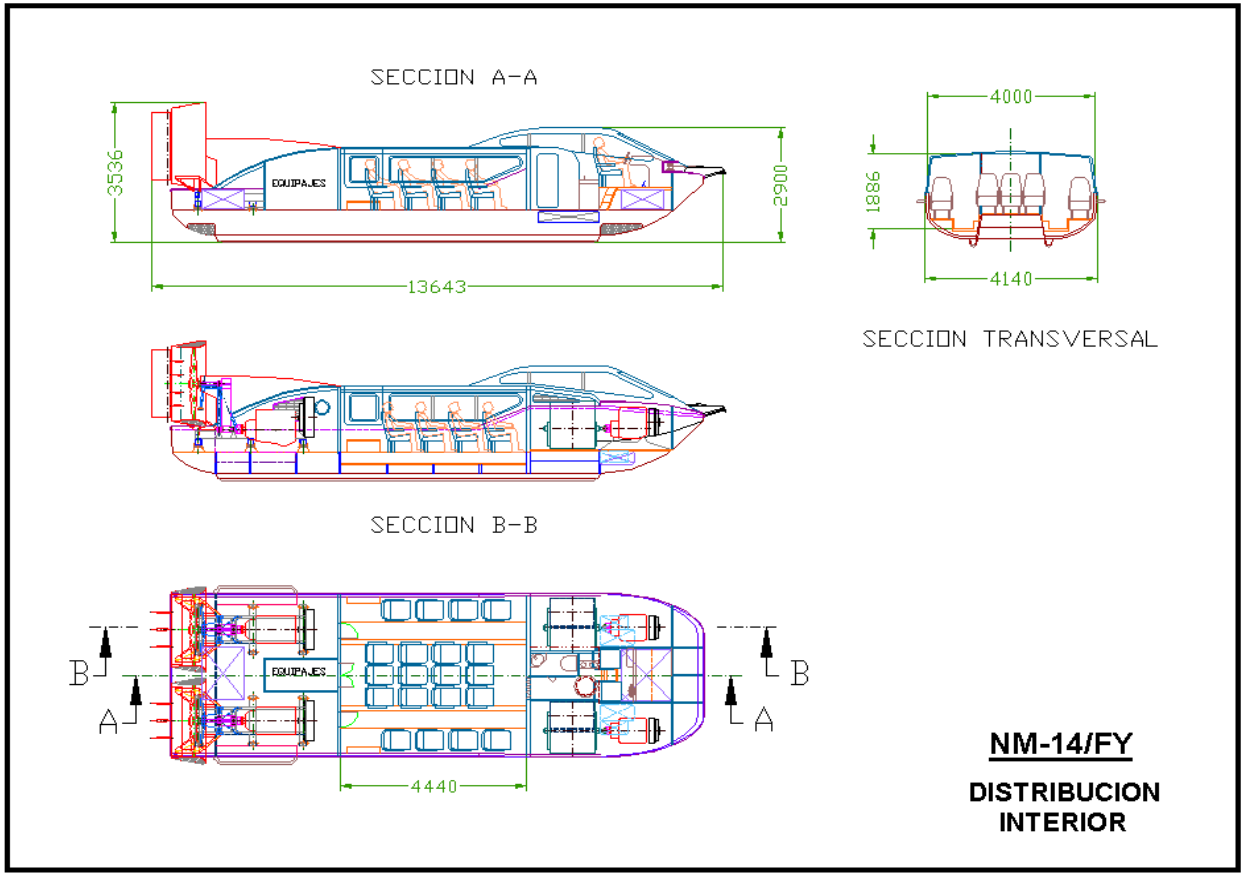


FIGURA (1.11).- Distribución Interior

ESPECIFICACIONES NM-14/FY

Dimensiones:

Exteriores:

Eslora total:..13.88 metros

Eslora estructura rígida: ....13.64 metros

Eslora del casco: ....12.74 metros

Manga total:...5.50 metros

Manga estructura rígida:..4.50 metros

Manga del casco: ....4.14 metros

Altura sobre colchón de aire (sin antenas):.....................4.14 metros

Altura en reposo sobre el suelo (sin antenas):................3.54 metros

Altura nominal del colchón de aire: ....0.80 metros

Cabina de pasaje:

Longitud interior:...4.44 metros

Anchura interior: ....4.00 metros

Altura interior en pasillos: ....1.88 metros

Pesos:

Desplazamiento en rosca (+/- 5%): ....8,100 Kg

Desplazamiento en carga (+/- 5%): ....10,500 Kg

Capacidad de carga:

Carga total (incluyendo combustible):.............................2,400 Kg

Capacidad estándar de combustible: .... 500 litros

Carga útil con 500 litros de combustible:........................1,975 Kg

Capacidad de pasajeros @ 75 Kg: .... 20 pax

Tripulación, agua y otra carga: .... 475 Kg

Capacidad de agua dulce: .... 100 litros

Capacidad compartimiento equipajes:.................................... 1.7 m3

Prestaciones:

Velocidad máxima (agua y viento en calma):............................ 45 nudos

Velocidad de crucero (agua y viento en calma):........................ 40 nudos

Autonomía máxima con 500 litros de combustible:..................... 4 horas

Alcance máximo con 500 litros de combustible:...................... 160 m. náut.

Límites operativos:

Altura de olas máxima operativa:...1,20 m

Fuerza máxima de viento operativa (según dirección relativa): .....5 - 6 Beaufort

Pendiente máxima sin inercia:... 8 %

Altura de obstáculos sólidos máxima recomendable: ....0,50 m

Límites de seguridad:

Altura de olas máxima admisible: ....1,60 m

Fuerza máxima de viento admisible: ....7 Beaufort

Pendiente máxima admisible (con inercia): ....10 %

Altura de obstáculos sólidos máxima admisible: ....0,60 m

Materiales usados para el diseño y fabricación de acuerdo Bureau Veritas

Los materiales normalmente usados para la fabricación de vehículos con colchón de aire son los siguientes:

- Aleaciones ligeras, particularmente aleaciones de aluminio
- Aleaciones de acero
- Materiales sintéticos
- Materiales compuestos (resinas, paneles sándwich, plásticos estratificados)

Para los metales y aleaciones son considerados las siguientes características básicas para fijar el escantillonado, como son: punto de fluencia, máximo esfuerzo, temperatura. Para los materiales sintéticos y compuestos son de especial consideración determinar sus características básicas, Ref. (4).

Aleaciones Ligeras

El aluminio y en particular sus aleaciones además de poseer altas propiedades mecánicas, se tiene especial consideración debido a que provee una especial protección contra la corrosión.

Aleaciones de Acero

Las aleaciones de acero generalmente tienen altas propiedades mecánicas, y son usadas normalmente para pequeña o medianas partes que son sujetas a mayor esfuerzo o cargas como; asientos de motores, poleas, etc.

Materiales Sintéticos

Los materiales sintéticos usados normalmente incluyen plásticos flexibles y cauchos.

Materiales Compuestos

Entre los materiales compuestos se incluye: Resina, paneles sándwich, estructuras tipo honeycomb.

Diseño de Estructura Rígida

De acuerdo a las Reglas de Clasificación de Bureau Veritas "Marine Hovercraft" Ref (4), debemos considerar las dimensiones principales para el cálculo de los escantillones de la estructura rígida. La estructura rígida es dividida en varias subestructuras dependiendo de los tipos en cargas soportadas y por los métodos de diseño.

Las formas del casco de la nave NM-14/FY, objeto del diseño, se caracterizan por tener una sección transversal parecida a la de un catamarán con dos cascos separados con forma redondeada en los pantoques de toda su zona central, terminando en superficies cónico-esféricas en amuras y aletas, y con unas robustas quillas de soporte en toda la longitud del fondo de cada casco.

El escantillonado aplicado al casco es, aunque ligero en comparación con embarcaciones convencionales, que no tienen la protección del colchón de aire contra los impactos de las olas, muy robusto para la práctica habitual en los hovercrafts.

Para realizar el cálculo de la estructura del casco, se considera la situación más desfavorable. Esta condición de carga depende de la velocidad de la nave así como de la altura de la ola frente a la cual hará impacto la estructura. La ubicación en donde se impondrá esta carga de impacto está determinada de acuerdo a la posición de la proa del barco frente a la carga. En la figura 1.12, Ref. (14) y Ref. (4), se muestra los factores de carga de acuerdo a su posición desde la proa del casco.

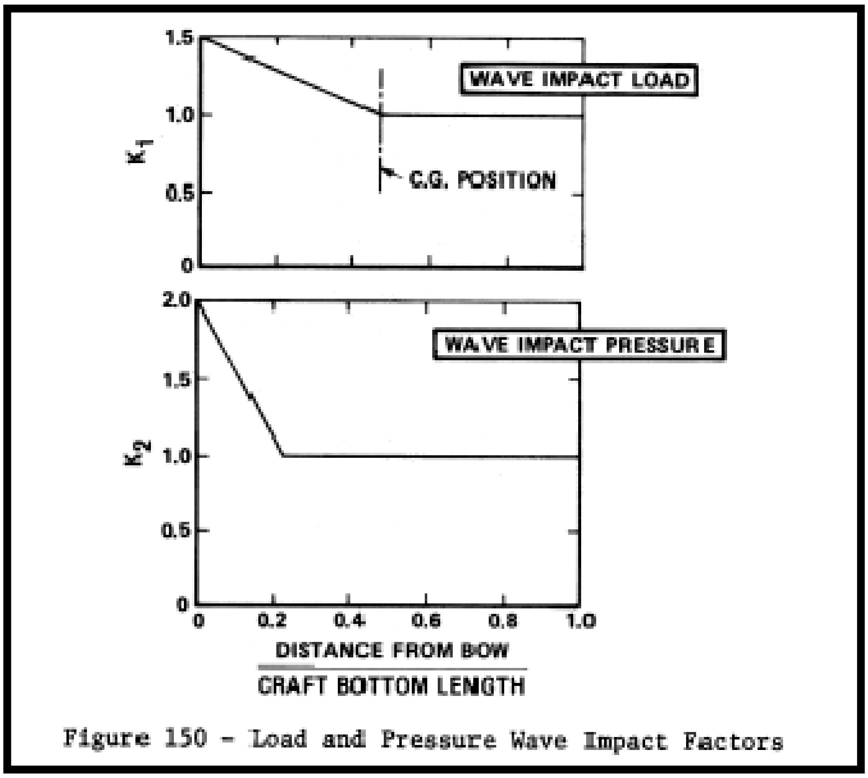


FIGURA (1.12).- Factores de Carga y Presión por impacto de la ola.

El casco, la cubierta y el puente de gobierno - superstructura están diseñados en fibra de vidrio/resina de poliéster laminado a mano y los refuerzos locales de sandwich de PVC expandido. Tanto la resina de laminación como la del GEL-COAT son de tipo ISOFTÁLICO. La fibra de vidrio es de tipo “E”.

El plan de laminado del casco en la proa y en el centro de gravedad de la nave se muestra las tablas I, II, III y IV, en donde se especifica su conformación. Este plan de laminado, de acuerdo al plano de la figura 1.13 corresponde a los sectores:

- Laminado C, sector 3, superficie Fontal en proa inferior: **Laminate "C"**,
- Cuadernas, sector 10, junto con Laminado C en la curvatura de cuerpo medio: **Frames for Laminate "C" – 1**
- Cuadernas, sector 9, junto con Laminado C en la curvatura de proa inferior: **Frames for Laminate "C" – 2**
- Refuerzos longitudinales, sector 9 y 10, junto con Laminado C en la curvatura de proa inferior: **Stringers for Laminate "C"**

Laminate "C"

MATERIAL	**Fiber/Core** (g/m2)	**Resin** (g/m2)	**Total** (g/m2)	**e** (mm)
Post-Paint Coat		800	800	0,50
Mat 150 g/m2	150	300	450	0,31
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
Sphere.Core SBC 8 mm	2.160	1.440	3.600	8,00
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
LAMINATE "c"	3.882	4.539	8.421	11,08

Fiber Content = 50,9 %	E(f)=	1.078	Kg/mm2	10,6	mm
	R(f)=	31	Kg/mm2		

TABLA 1.I.- Laminado C, sector 3, superficie Fontal en proa inferior.

Stringers for Laminate "C" **StC**

MATERIAL	**Fiber/Core** (g/m2)	**Resin** (g/m2)	**Total** (g/m2)	**e** (mm)	**Effective** (g/m2)
Core					
50 mm PVC Core 80 Kg/m3	452	0	452	50,00	452
Webs & Wings					
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61	85
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	179
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	179
Totals, Webs	1.572	1.999	3.571	2,27	443
Tables					
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61	31
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	66
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	66
Totals, Tables	1.572	1.999	3.571	2,27	164
Totals, Stringers		3.998	7.595	52,27	1.059
Stringers, per square meter	1.059	772	1.831		

TABLA 1.II.- Refuerzos longitudinales, sector 9 y 10, Laminado C, curvatura de proa inferior.

Frames for Laminate "C" – 1

FrC1

MATERIAL	**Fiber/Core** (g/m2)	**Resin** (g/m2)	**Total** (g/m2)	**e** (mm)	**Effective** (g/m2)
Core					
30 mm PVC Core 80 Kg/m3	211	0	211	30,00	211
Webs & Wings					
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61	54
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	115
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	115
Totals, Webs	1.572	1.999	3.571	2,27	285
Tables					
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61	22
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	47
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	47
Totals, Tables	1.572	1.999	3.571	2,27	115
Totals, Frames		3.998	7.353	32,27	611
Frames, per square meter	611	509	1.120		

TABLA 1.III.- Cuadernas, sector 10, Laminado C, curvatura cuerpo medio.

Frames for Laminate "C" – 2

FrC2

MATERIAL	**Fiber/Core** (g/m2)	**Resin** (g/m2)	**Total** (g/m2)	**e** (mm)	**Effective** (g/m2)
Core					
30 mm PVC Core 80 Kg/m3	257	0	257	30,00	257
Webs & Wings					
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61	66
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	141
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	141
Totals, Webs	1.572	1.999	3.571	2,27	348
Tables					
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61	27
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	57
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	57
Totals, Tables	1.572	1.999	3.571	2,27	140
Totals, Frames		3.998	7.400	32,27	746
Frames, per square meter	746	621	1.367		

TABLA 1.IV.- Cuadernas, sector 9, Laminado C, curvatura de proa inferior.

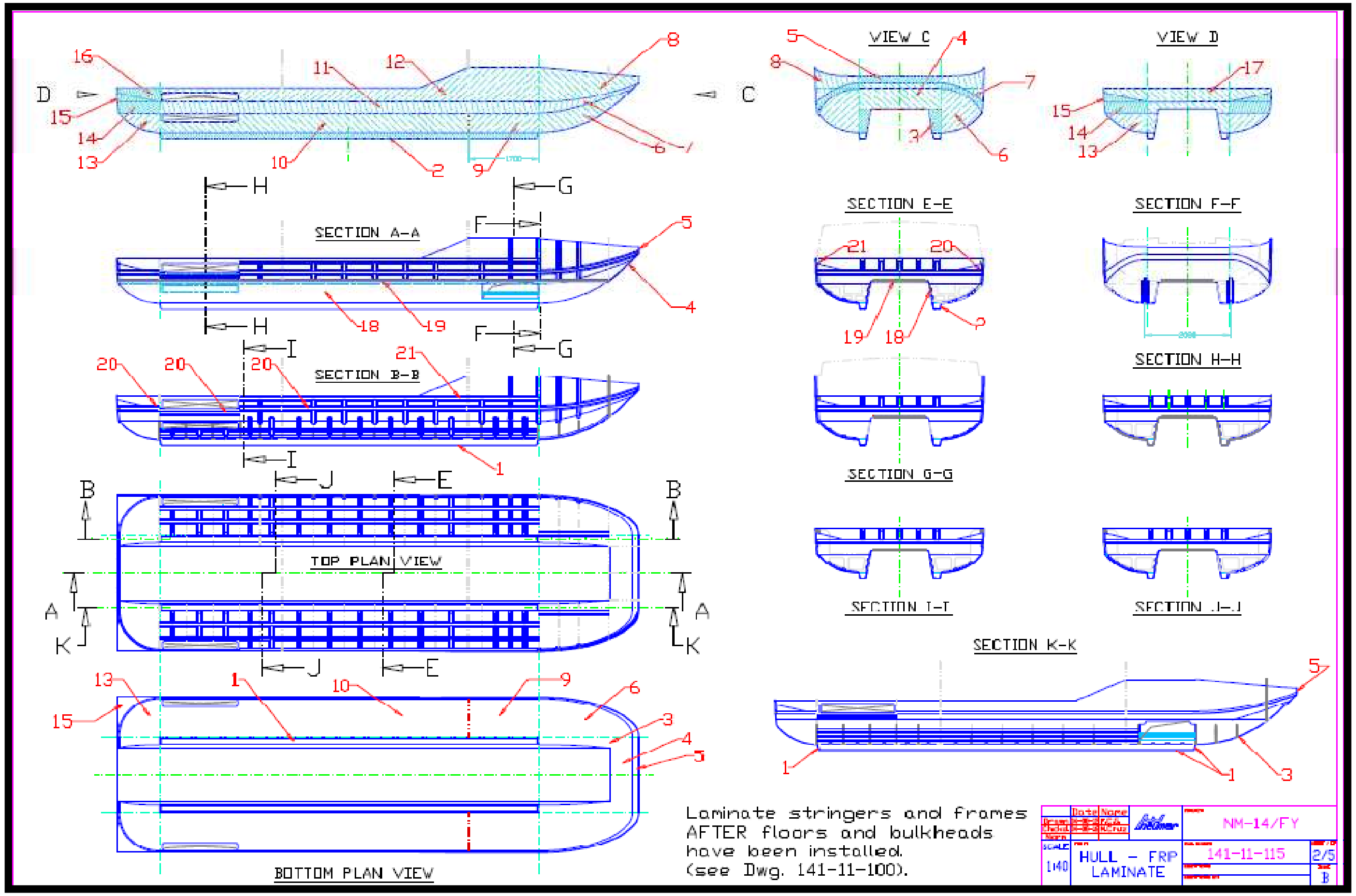


FIGURA (1.13).- Plano de laminado de Casco.

Los sectores considerados críticos en el casco para realizar los cálculos son: la proa y en el centro de gravedad de la nave, de acuerdo a la figura (12). Una vez definida la Geometría y el plan de laminado a usarse en estos sectores, se calculan los esfuerzos con sus factores de seguridad en las condiciones de pandeo longitudinal y pandeo transversal.

De acuerdo con Bureau Veritas, el factor del límite de resistencia sin deformación (Strenth Limit SL) puede ser considerado con un valor máximo de 1,5, y el factor del coeficiente de seguridad (Safety Coefficient SC) puede ser considerado de 1,5. El producto de estos factores define:

$$SL * SC = \frac{Carga\ extrema}{Carga\ básica} = 1{,}5 * 1{,}5 = 2.25$$

Este resultado es comparado con los resultados de los factores de seguridad obtenidos en los casos de pandeo longitudinal y transversal en los sectores críticos de la nave cuyo resumen es mostrado en la tabla V. El valor mínimo calculado es de 5,1 permitiendo concluir que todos los coeficientes de seguridad son mayores que los exigidos por Bureau Veritas.

En el anexo 4 justifica este escantillonado usando el software MathCad, en donde se consideran las cargas locales aplicadas junto con su método usado, para una estructura transversal. En el mismo anexo se muestran planos y tablas de los escantillonados tanto del casco y superestructura así como de sus estructurales.

ITEM	LAMINADO	CONDIGION GENERAL	CONDICION ESPECÍFICA	Ks
01	**Laminate "C",**	Pandeo longitudinal de placas curvas.	XXXX	**7**
		Pandeo transversal de placas curvas.	XXXX	**7**
02	**Laminate "C", Frames for Laminate "C" – 2 Stringers for Laminate "C"**	Pandeo longitudinal de placas curvas.	XXXX	**66.7**
		Pandeo transversal	Placa plana	**6**
			Entre vagras / placa plana	**5.1**
03	**Laminate "C", Frames for Laminate "C" – 2 Stringers for Laminate "C"**	Pandeo longitudinal de placas curvas.	XXXX	**6.7**
		Pandeo transversal	Placa plana	**6.3**
			Entre vagras / placa plana	**6.7**

TABLA 1.V.- Coeficientes de Seguridad y Condiciones de Carga

Adicionalmente, se procede a establecer los planes de laminado de otras estructuras, como son:

- Los mamparos que incluye un sandwich de Honeycomb y fibra de vidrio/resina de poliéster,
- Los mamparines que sirven para soportar las cubiertas, con sandwich de PVC expandido,
- Las carenas de las hélices, que se refiere a las toberas que alojan a las hélices de propulsión, fabricadas en fibra de vidrio/resina de poliéster, contrachapado fenólico, poliuretano inyectado y aleación naval de aluminio.

El anexo 4, muestra los planes de laminado y los planos típicos de estas estructuras.

Diseño de la Estructura Flexible

El colchón de aire es un componente clave en el diseño del aerodeslizador, es formado por la existencia de la estructura flexible creando una cámara de aire debajo del casco. Este sistema nos provee de una suspensión capaz de librar obstáculos de hasta cierta altura, nos brinda estabilidad y reduce la cantidad de potencia que se requiere para vencer el peso del vehículo ya que mantiene una presión uniforme en toda el área por debajo de este.

Existen diferentes tipos de estructuras flexibles denominados faldones para las naves anfibias (skirt), mostrándose en la figura 1.14, Ref.(14), las posibles combinaciones de este sistema básico.

El material de esta estructura flexible es lona formada por tejido de nylon con recubrimiento de neopreno por ambas caras, propio de los Hovercraft. Los elementos de fijación son de nylon y acero inoxidable. En este diseño se considera la inspección y el mantenimiento de la estructura flexible o faldones, pudiéndose realizarse desde el exterior para todos los segmentos periféricos y desde el interior del canal de distribución de aire sobre la quilla flexible, para los segmentos de ésta y sus piezas de unión.

La selección del tipo de colchón depende del terreno sobre el que se va a circular, que funcione muy bien sobre agua y tierra, además de que su construcción sea relativamente sencilla. Para el diseño de la nave **NM-14/FY** se seleccionó el tipo de faldones de bucles y segmentos (Loop - Segment Skirt).

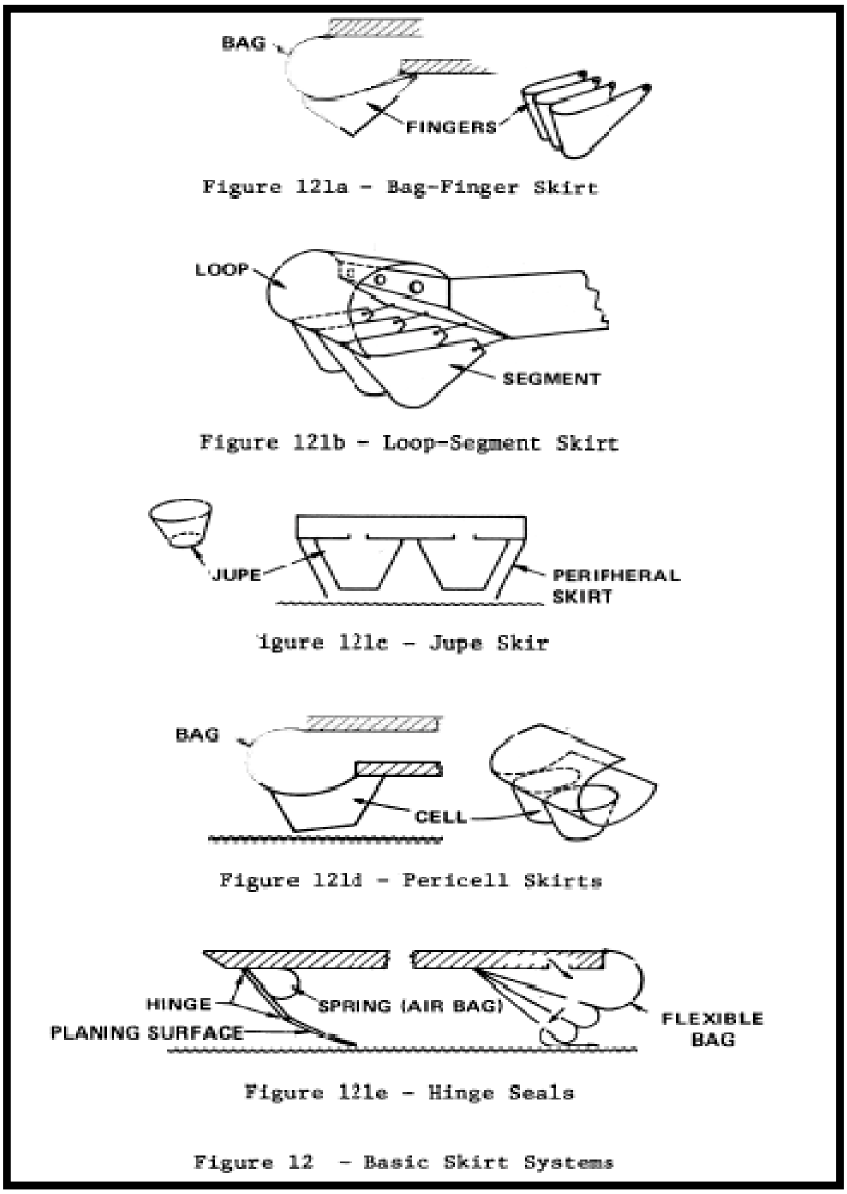


FIGURA (1.14).- Sistema Básico de Faldones.

A pesar que la relación eslora/manga del sector del colchón de aire es relativamente grande, ($L_{cushion}$=11,330 m y $B_{cushion}$= 4,058), en comparación con la mayoría de los hovercrafts (1<L/B<2), la estabilidad transversal es sumamente alta. Esto se consigue gracias a su sistema de sustentación de compartimentación del colchón, que proporciona una gran estabilidad con un reducido requerimiento de potencia. La figura 1.15 de la Ref. (14), muestra los diferentes métodos básicos de estabilidad por medio del colchón de aire.

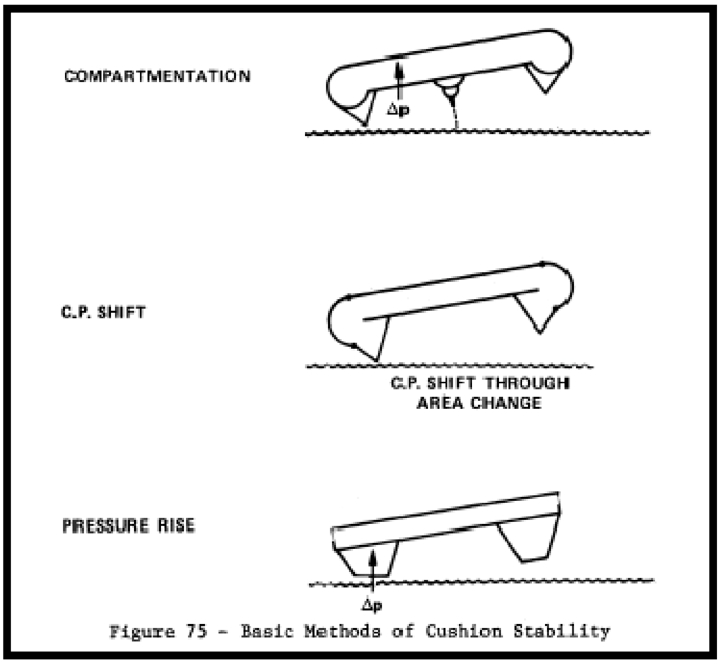


FIGURA (1.15).- Métodos básicos de Estabilidad con Colchón.

El diseño original a partir del modelo básico de la estructura flexible para el sistema de sustentación por compartimentación, está basado en una quilla flexible que divide longitudinalmente al colchón de aire en dos cámaras independientes. La denominación dada para este diseño es: "DATA" (Distribución Automática Transversal de Aire).

El funcionamiento de este sistema de sustentación consiste en que la geometría de los segmentos de la quilla flexible permita que, cuando la embarcación se inclina respecto a la superficie, la mayor parte del caudal de aire de sustentación sea dirigido al lado hacia que el hovercraft escora. Esta acción cierra el paso de aire hacia el costado levantado, produciéndose así un considerable incremento de la diferencia de presiones entre las dos cámaras del colchón de aire (muy superior que con una quilla pasiva normal). De este modo se consigue un gran aumento de la estabilidad transversal y un menor requerimiento de potencia de sustentación.

Los faldones de esta estructura flexible se componen de la mencionada quilla flexible y de unos faldones periféricos. Ambos conjuntos están formados por segmentos individualmente reemplazables, unidos al casco y a bucles periféricos que forman conductos de distribución de aire.

Los segmentos principales de la quilla son del mismo tipo que los faldones periféricos, reduciendo así el coste de fabricación, mantenimiento y repuestos. La altura de fijación de los elementos periféricos varía entre los 100 cm para los bucles y los 20 cm para las uniones interiores de los segmentos. En el interior del canal de aire bajo la quilla flexible la altura máxima es de 82 cm.

En el Anexo 5, se muestra globalmente los planos del diseño de ésta estructura flexible indicando los sectores y formas de fijación al casco.

Junto con el diseño de la estructura flexible, el sistema de sustentación requiere de un sistema de control de balance, detallado en la sección 1.3, y en conjunto, controlan la estabilidad transversal de la nave.

1.3 Diseño y Selección de Equipos para los sistemas de: Propulsión, Sustentación y Complementarios.

La propulsión es de tipo independiente, esto es, el sistema de impulsión es accionado por motores independientes del sistema de sustentación. La figura 1.16, muestra la independencia de estos sistemas.

Sistema de impulsión:

El sistema de impulsión consiste en los motores de impulsión con sus accesorios, la transmisión y las hélices de impulsión ubicadas en toberas.

Este hovercraft tiene instalados dos conjuntos gemelos de impulsión, consistente cada uno en un motor diesel con su embrague centrífugo, una transmisión por medio de poleas y correas dentadas y una hélice aérea ubicada dentro de una tobera. Cada conjunto está montado rígidamente sobre una bancada de aluminio, la cual a su vez va instalada por medio de soportes elásticos sobre las cuadernas del casco.

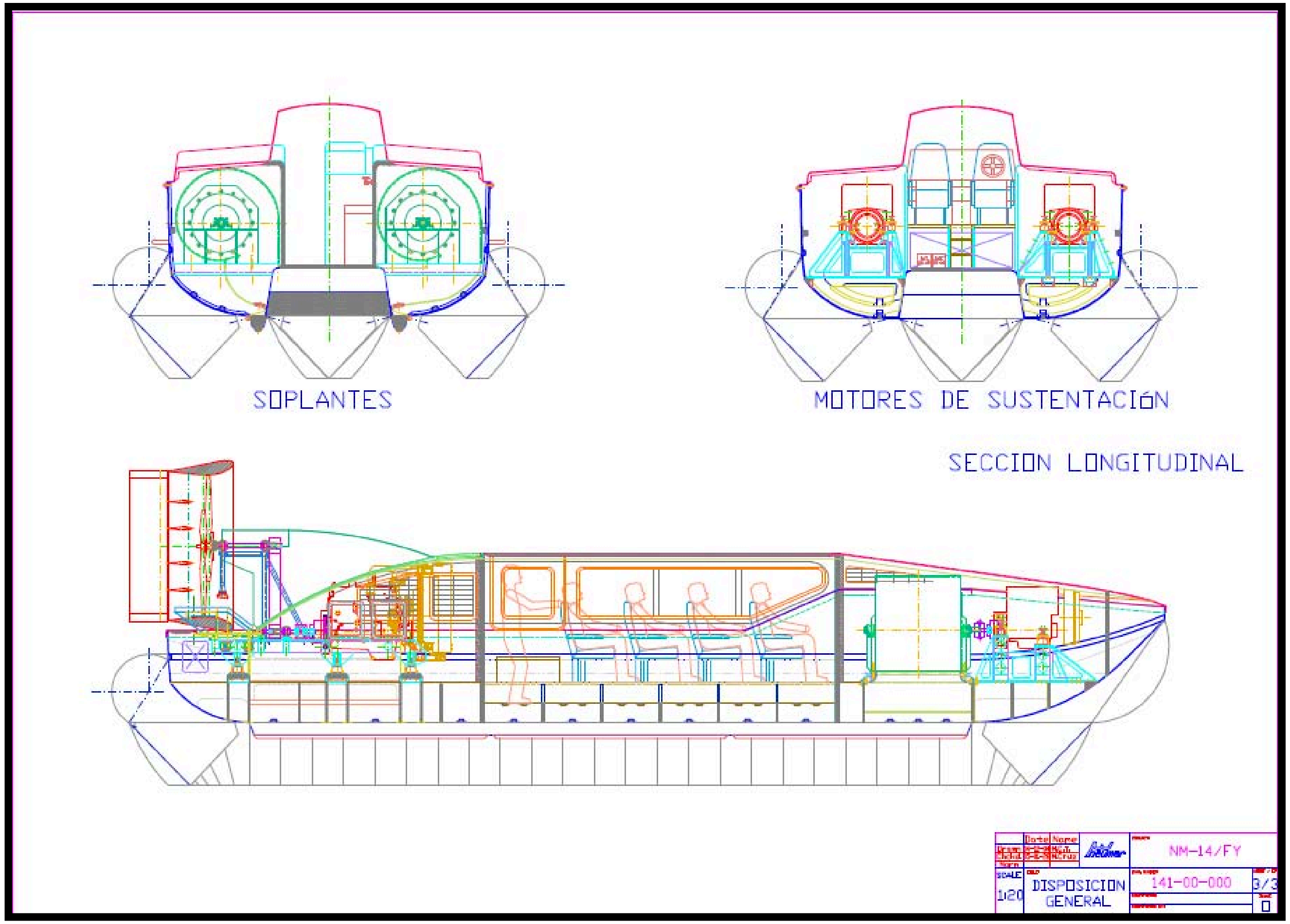


FIGURA (1.16).- Disposición general de los sistemas de propulsión y sustentación

Motores de impulsión:

Los dos motores diesel de impulsión son marca CATERPILLAR, tipo 3126B ATAAC Industrial, Ref. (41), con una potencia máxima de 224 KW (300 HP ó 305 CV), de 4 tiempos, sobrealimentados, de inyección directa, con refrigeración del aire de admisión, cuyas características se muestran en el Anexo 7.

Hélices de propulsión:

La impulsión se realiza por medio de dos hélices aéreas dentro de toberas. Las hélices seleccionadas son de marca IVOPROP tipo MAGNUM AIRBOAT, de 6 palas, de 1,80 metros de diámetro, y están fabricadas de materiales compuestos con fibra de carbono y grafito. Su borde de ataque está blindado con protección de acero inoxidable recambiable. Las palas son de paso ajustable en reposo y son individualmente recambiables. Ref. (38).

Transmisión:

La transmisión entre cada uno de los motores de impulsión y su correspondiente hélice se realiza a través de un embrague centrífugo marca BLM Centri-Matic, Ref. (30), un acoplamiento flexible y poleas y correas dentadas tipo HTD, Ref. (48). Las poleas son de aluminio naval.

La transmisión consta de un eje principal conectado directamente al motor y un eje secundario que está conectado a la hélice, soportado cada uno sobre rodamientos Ref. (47). Debido a que en cada eje se encuentran instalada poleas del mismo diámetro, no existe reducción de las rpm considerándose una transmisión directa tanto de rpm a través de la correa dentada.

El acoplamiento entre el embrague centrífugo y el eje principal de la transmisión se lo realiza a través de acoplamiento elásticos y bujes, Ref. (24).

De acuerdo a Burea Veritas, el proceso de cálculo para la base de máquinas se define con:

- Aceleraciones bajo condiciones de servicio normales en función de g,
- Aceleraciones en caso de colisión en función de g,

así como los coeficientes de seguridad.

Incluyendo las condiciones geométricas de cada uno de los elementos que son objeto de cálculo así como la distribución de masas y fuerzas se calcula la resistencia en las condiciones de servicio normales y de colisión.
En cada condición se obtiene un coeficiente de seguridad muy superior al de Bureau Veritas.

En el Anexo 7 se muestra este proceso de cálculo para la base de máquinas, considerando Aluminio Naval, para los equipos de impulsión, utilizando Math CAD como herramienta para el proceso de cálculo.

Sistema de sustentación:

El sistema de sustentación consiste de dos motores diesel incluidos sus accesorios; una transmisión directa que incluye un embrague centrífugo, ejes y acoplamientos flexibles; y dos soplantes centrífugos para la sustentación. Los motores van montados por medio de soportes elásticos sobre sus bases de aluminio.

Motores de sustentación:

Los dos motores diesel de sustentación son marca CATERPILLAR, tipo 3054C T Industrial, Ref. (41), con 74 KW (97 HP ó 100 CV) de 4 tiempos, sobrealimentados, de inyección directa, cuyas características se muestran en el Anexo 8.

Soplantes de sustentación:

El caudal de aire de sustentación es proporcionado por dos ventiladores centrífugos de doble entrada marca LLORPIC (con licencia CHICAGO BLOWER CORP.) tipo D10 27 doble entrada. El rodete está formado por álabes de perfil aerodinámico hueco. Cada ventilador está fabricado en aluminio naval, excepto el eje y sus soportes, fabricados en acero. Estos ventiladores son suministrados con certificado de balanceamiento dinámico. Ref. (05).

Selección de motor y de soplante:

Para la selección del motor de elevación se tienen que hacer algunos cálculos sencillos:

El área total del vehículo es de 45,977 m2, ($L_{cushion}$=11,330 m y $B_{cushion}$= 4,058)

El peso total será de 10.800 Kgf. (Ver Anexo 6)

La fuerza es (10.800 Kgf) (9.81 m/s2) = 105911.8 N

Teniendo los datos de área y fuerza podemos obtener la presión estática:

Ps = (105911.8 N) / (45,977 m2) = 2303.58 Pa.

La presión total (Pt) es igual a Ps + Pv.

Para las condiciones dentro del colchón:

Pt_1= 2303.58 Pa.+ Pv_1.

Y para las condiciones cuando el aire sale del colchón tenemos que:

$Pt_2 = Ps_2$ + 2303.58 Pa.

La ecuación $Pv_2 = ½\ \rho V^2$ podemos sustituir los valores para las condiciones fuera del colchón y obtenemos:

2303.58 Pa.= ½ (1.22)(V2)

V = (2*2303.58 Pa./1.22)^1/2

De esta forma tenemos que la velocidad de escape del aire es de:

Ve = 61,45 m/s.

Si suponemos que el vehículo despegara de la superficie aproximadamente 1.27 cm (1/2pulgada), Ref.(14), -parámetro air gap, h/L- , el área total por la que el aire escapara será igual al perímetro de la parte baja del colchón multiplicado por 0.0127 m.

El perímetro del colchón es de 30,776 m, por lo tanto el área de escape (Ae) es:

Ae = (30,776 m) * (0.0254 m) = 0.38096 m2

Con estos datos obtenidos podemos determinar el volumen de aire perdido (Vp):

Vp = Ve x Ae

Vp = (61,45 m/s) x (0.38096 m2) = 24.02 m3/s (86.472 m^3/h total)

Por lo tanto el vehículo necesita 24.02 m3/s de aire a 2303.58 Pa. = 235,06 mmdca. De acuerdo a estos valores y mediante el stock de soplantes de

Chicago Blowers (Llorvesa - España), con la presión y caudal de aire para cada soplante (43.236 m^3/h y 235,06 mmdca), se escoge el modelo que se muestra en la figura 1.17. El motor escogido es de acuerdo a la selección del soplante con un margen de potencia.

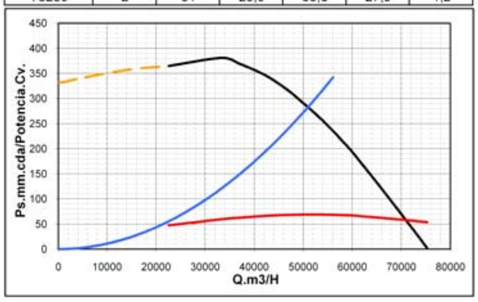
LLORVESA
LLorpic Ventiladores,SA

OF.Num. **PETICIÓN e mail**
CLIENTE: Construcciones navales
REFEREN: Sr ESPINOSA

Ref.HDV3
Pagina 1/1
Revision.1

Curva velocidad constante N= 2144 Rpm.
Densidad del gas d= 1,20 Kg/m3
Ventilador Diseño. A-D
Tamaño. 27,00 **Ancho.** 1,00

	Q. M3/H.	Ps mm.cda	Pd mm.cda	V.i m/s	Cv.	Et %	Es %
especificado.	50983	283	24	19,7	67,6	84,3	77,8
	1	331	0,0	0,0	22,5	0,0	0,0
	7525	346	0,5	2,9	30,6	31,6	31,5
	15050	358	2,1	5,8	38,1	52,6	52,3
	22575	365	4,6	8,7	47,3	65,4	64,6
	33359	381	10	12,9	59,6	81,0	78,9
	37114	369	13	14,3	62,7	83,6	80,9
	41781	349	16	16,1	65,9	85,7	81,9
	44953	330	18	17,3	67,5	86,1	81,6
	47505	312	21	18,3	68,3	85,7	80,4
	49765	293	23	19,2	68,7	84,7	78,7
	51990	274	25	20,0	68,8	83,7	76,9
	53995	256	27	20,8	68,7	82,2	74,5
	56036	236	29	21,6	68,4	80,3	71,6
	57823	217	30	22,3	67,9	78,2	68,6
	59536	199	32	23,0	67,2	75,8	65,2
	61140	180	34	23,6	66,2	73,2	61,6
	64349	141	38	24,8	63,8	66,8	52,8
	67302	104	41	25,9	61,2	59,1	42,3
	70365	65	45	27,1	58,4	49,3	29,2
	73281	28	49	28,3	55,6	37,5	13,7
	75250	2	51	29,0	53,8	27,9	1,2



ESPECTRO POTENCIA ACUSTICA

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
91	99	98	96	92	88	84	82

Valor simple de presion sonora dBa, a 1,5 mts.; 89,3 dBa

FIGURA (1.17).- Curva de Soplante tipo D10 27 doble entrada

Transmisión:

La transmisión entre cada motor de sustentación y su soplante se realiza de forma directa a través de un embrague centrífugo marca BLM Centri-Matic, un acoplamiento flexible y un árbol de transmisión. Ref. (30).

El acoplamiento entre el embrague centrífugo y el eje del soplante se lo realiza a través de acoplamiento elásticos y bujes, Ref. (24). No existe reducción de las rpm considerándose una transmisión directa de torque como de rpm.

En el Anexo 8 se describe el proceso de cálculo de base de máquinas considerando Aluminio Naval, para los equipos de sustentación, con un coeficiente de seguridad muy superior al que sugiere Bureau Veritas.

SISTEMAS DE CONTROL

Control de balance:

Este sistema de control facilita la maniobrabilidad disminuyendo el radio de giro a alta velocidad y ayudando en los giros a pequeña velocidad. Este control se efectúa por medio de dos válvulas de escape de aire situadas una en cada costado cerca de la popa, Figuras 1.10 y 1.13.

En la figura 1.18 de la Ref. (14), hace mención a este sistema de forma básica, para el control del balance y/o rolido junto con el sistema de quilla flexible.

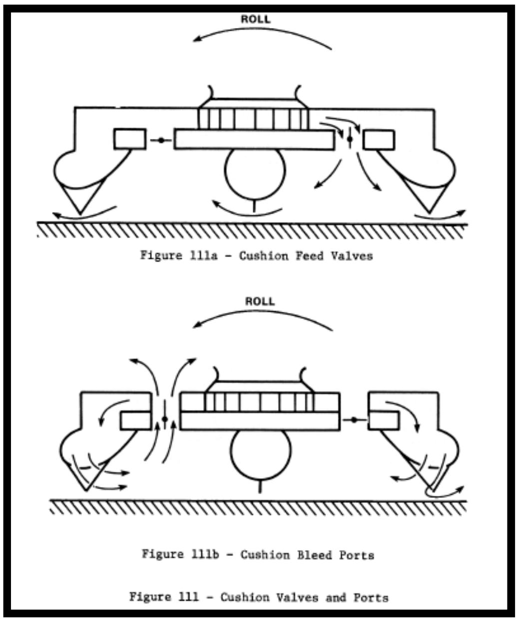


FIGURA (1.18).- Concepto de Disposición de Válvulas para control de Balance

El accionamiento de estas válvulas se efectúa por medio de dos pedales independientes, uno para cada válvula, con mando mecánico ubicado en el puente de mando. De esta manera se dispone además de un control instantáneo de la sustentación mediante el accionamiento simultáneo de ambos pedales, lo que permite posar el hovercraft sobre la superficie.

Esto es útil tanto para las maniobras normales de aterrizaje al llegar a la base, como para realizar un frenado de emergencia, al no depender de la inercia del motor y de los soplantes de sustentación.

Las válvulas de balance están fabricadas en fibra de vidrio formando sandwich con espuma de PVC y en aluminio naval. La figura 1.19 muestra la disposición de las válvulas con mejor detalle.

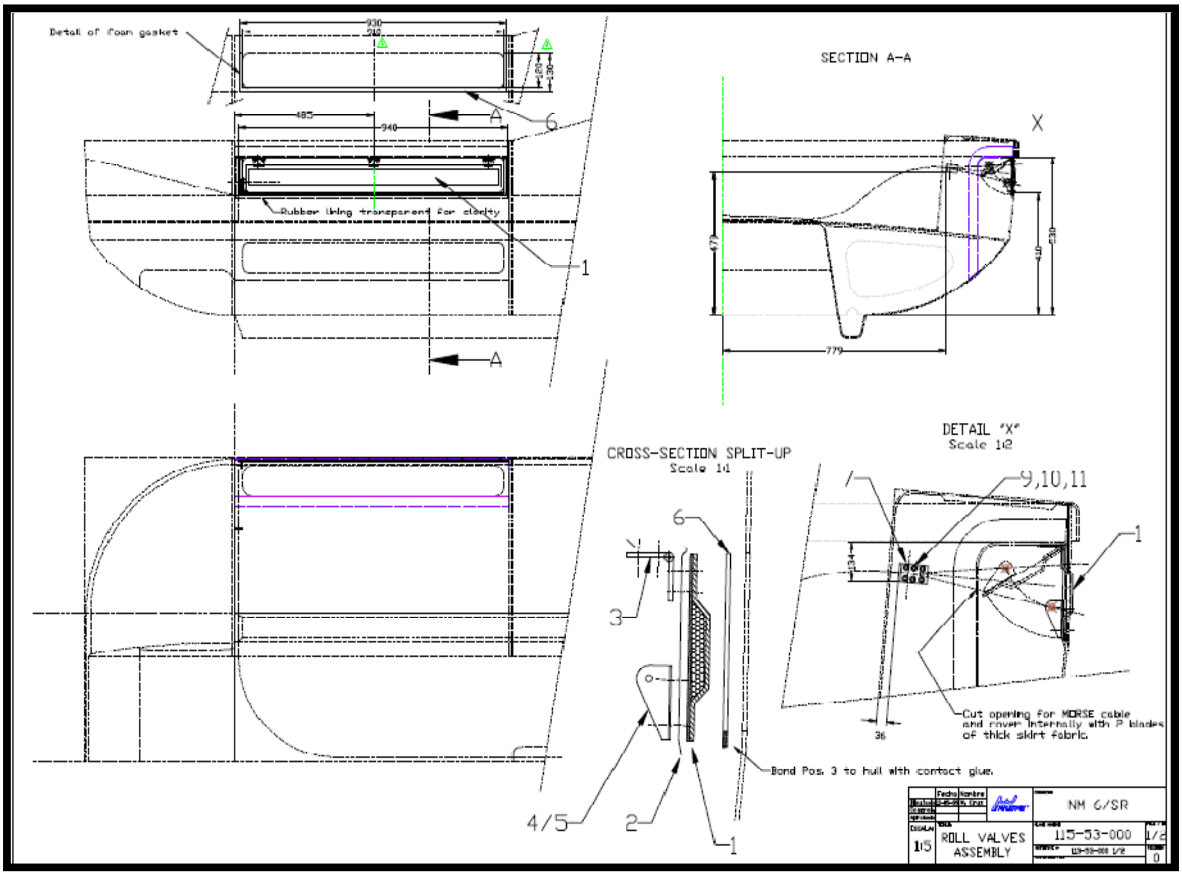


FIGURA (1.19).- Disposición de válvulas en la nave

Control de dirección:

El control de dirección o guiñada se realiza por medio de dos grupos de tres timones aerodinámicos verticales situados en el chorro de aire de cada una de las dos hélices. Este control se efectúa desde el puente de gobierno por medio de una rueda de timón y un sistema de dirección hidráulico, Ref. (31). En el tablero de instrumentos se ha dispuesto un indicador de ángulo del timón. Los timones están fabricados en fibra de vidrio y aluminio naval con articulaciones plásticas, Ref. (20).

Control de inclinaciones longitudinales:

El control instantáneo del ángulo de asiento o inclinaciones longitudinales se obtiene a través de un grupo de cuatro timones aerodinámicos horizontales situados en el chorro de aire de cada hélice, dentro de las toberas. Su accionamiento se realiza por medio de un cilindro electro hidráulico para cada grupo, desde el panel de instrumentos, Ref. (26). En el tablero de instrumentos se ha dispuesto otro indicador de ángulo para estos timones. Los timones horizontales están también fabricados en fibra de vidrio y aleación naval de aluminio con articulaciones plásticas, Ref. (20). Existe también un control lento o permanente del ángulo de asiento, que se obtiene por medio del transvase de combustible entre los dos tanques situados a proa y a popa.

INSTRUMENTACIÓN Y ACCESORIOS

La instrumentación y los equipos de navegación y comunicaciones incluidos como equipamiento estándar de la nave, son los siguientes:

- Instrumentación para cada uno de los dos motores de impulsión
- Instrumentación para cada uno de los dos motores de sustentación
- Instrumentos de servicios comunes
- Instrumentos y equipos de navegación
- Equipos de comunicaciones

En el Anexo 9, Ref.(6), se indica cada uno de los instrumentos, indicadores, alarmas y equipos que lo constituyen junto con la referencia de proveedores.

EQUIPAMIENTO

Los sistemas y accesorios incluidos como equipamiento estándar de la nave, son los siguientes:

- Instalación Eléctrica
- Luces de Navegación y Exteriores
- Iluminación Interior
- Seguridad y Salvamento

- Extinción de Incendios
- Amarre y Fondeo
- Sistema de Alimentación de Combustible
- Sistema de Achique
- Sistema de Agua Dulce y Sanitarios
- Aire Acondicionado
- Otros

El Anexo 10, Ref.(6), se detalla los componentes de estos sistemas y accesorios que permiten el buen funcionamiento y comodidad en la nave. Se incluye referencia de proveedores.

CAPÍTULO II

Fase de Construcción Desarrollada en el País

2.1 Planificación de Actividades para el proceso de construcción.

Para iniciar el proceso de construcción se firmó entre Construcciones Navales y Neumar S.A. un Contrato de Colaboración y Transferencia de Tecnología, actuando Construcciones Navales como subcontratista en la fabricación de la nave anfibia NM/14FY. De acuerdo al contrato por cada unidad fabricada adicionalmente se debería recibir Royalties o Comisiones de acuerdo a la colaboración y/ o gestión para la fabricación de nuevas unidades, Ref. (7).

Este contrato sostenía varios términos en la colaboración, fabricación y aprovisionamiento de equipos. Globalmente, se indica un resumen de estos términos de referencia:

<u>Fabricación de Moldes</u>

El desarrollo de planos de formas de la nave permite iniciar la fabricación de las piezas o moldes, de tal manera que sea útil para obtener 20 unidades (naves), estando conformados por:

- Casco en forma similar a un catamarán.
- Conjunto de Superestructura.
- Puertas de cabina de pasaje.
- Toberas de hélice.
- Timones Verticales.
- Timones Horizontales.
- Cobertores de ejes y transmisión de hélices.
- Panel de control o gobierno.
- Plataforma del ancla en proa.
- Arco para soporte de radar luces y antenas.
- Cubierta inferior de la cabina de pasaje.
- Cubierta inferior de proa con abertura para conductos de aire de los soplantes.
- Cubierta inferior de popa.
- Conducto de aire de babor.
- Conducto de aire de estribor.

En la fabricación de estos moldes se definió una variación máxima permitida entre sus medidas de: ±2, ±3 mm y ±5 mm, de acuerdo al diseño, para que sea aceptada su construcción.

Fabricación de piezas de fibra de vidrio

Con la construcción de los moldes, se inicia la fabricación de las piezas en fibra de vidrio de acuerdo al plan de laminado y pesos para cada pieza de fibra de vidrio. Los materiales utilizados son resina poliéster tipo isoftálica y fibra de vidrio tipo E.

Para el proceso de laminado es necesaria la importación de materia prima, siendo ésta no tradicional en la construcción naval de nuestro país, describiéndose como:

- DIVINICELL (espuma de PVC expandido tipo 80), Ref. (35).
- Honeycomb, tejidos biaxiales tipo 1808 con orientación 0 – 90°, Ref. (7).
- Sphere core o Auromat, Ref. (21).
- Core bond para uniones de paneles de espuma de PVC expandido, Ref. (35).

Cada uno de estos materiales mencionados, son justificados en los planes de laminado típicos diseñados para la fabricación de la estructura rígida, mostrados en el capítulo anterior.

El poliuretano, la resina, gelcoat, plywood marino, tejidos matt y robbin son obtenidos de forma local.

Fabricación de piezas de aluminio naval

Los sistemas de impulsión y sustentación deberán ser construidos en aluminio Naval TIPO 5086 para sus bancadas de acuerdo a los planos del anexo VII y VIII.

Este material incluye: planchas, perfiles rectangulares y tubos, los mismos que no existen en el mercado local, haciéndose obligatoria su importación, Ref. (18)

Provisión de equipos y/o materiales para el equipamiento de la nave

Cada uno de los equipos y sistemas como: motores, soplantes, hélices, transmisiones, acoplamientos, asientos, accesorios náuticos incluyendo la estructura flexible (faldones), detallados en el capítulo I, se incorporan dentro el

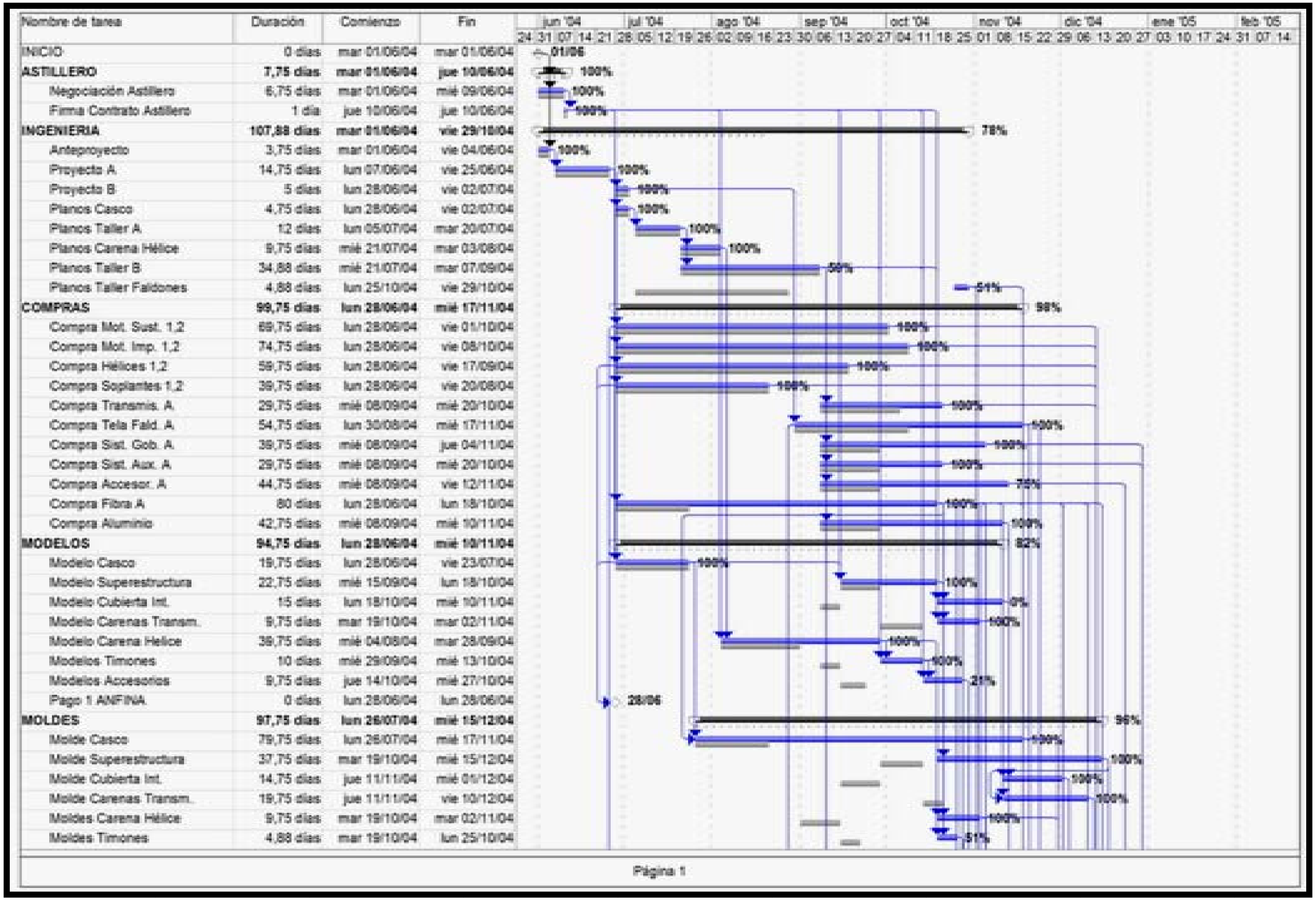
Contrato de Colaboración, como aprovisionamiento, gestión de compra e importación para la fabricación de la nave.

La estructura flexible sería construida en Polonia de acuerdo a la experiencia adquirida en el hovercraft NM6/SR, para luego importarla. Motivado por los tiempos de construcción e importación, se consideró su construcción en Ecuador. Tanto la materia prima y sus elementos de fijación al casco fueron necesarios importarlos, de acuerdo a las recomendaciones del diseño. Ref. (43) y Ref. (45).

En las figuras (2.1) y (2.2) se presenta el organigrama de trabajo y un Proyect de actividades bajo el cual se manejaría el proceso de construcción Ecuador, teniendo como fase final su exportación a Costa Rica. Se debe notar que la ruta crítica del proyecto por razones notorias es la construcción del casco, tal cual lo indica el diagrama de seguimiento, desde la fecha de inicio de construcción (01/ 06/ 04) hasta el final para la exportación (03/02/ 05).

Finalmente, el costo programado de la nave construida en Ecuador es $500.000, sin incluir el costo de fabricación de moldes.

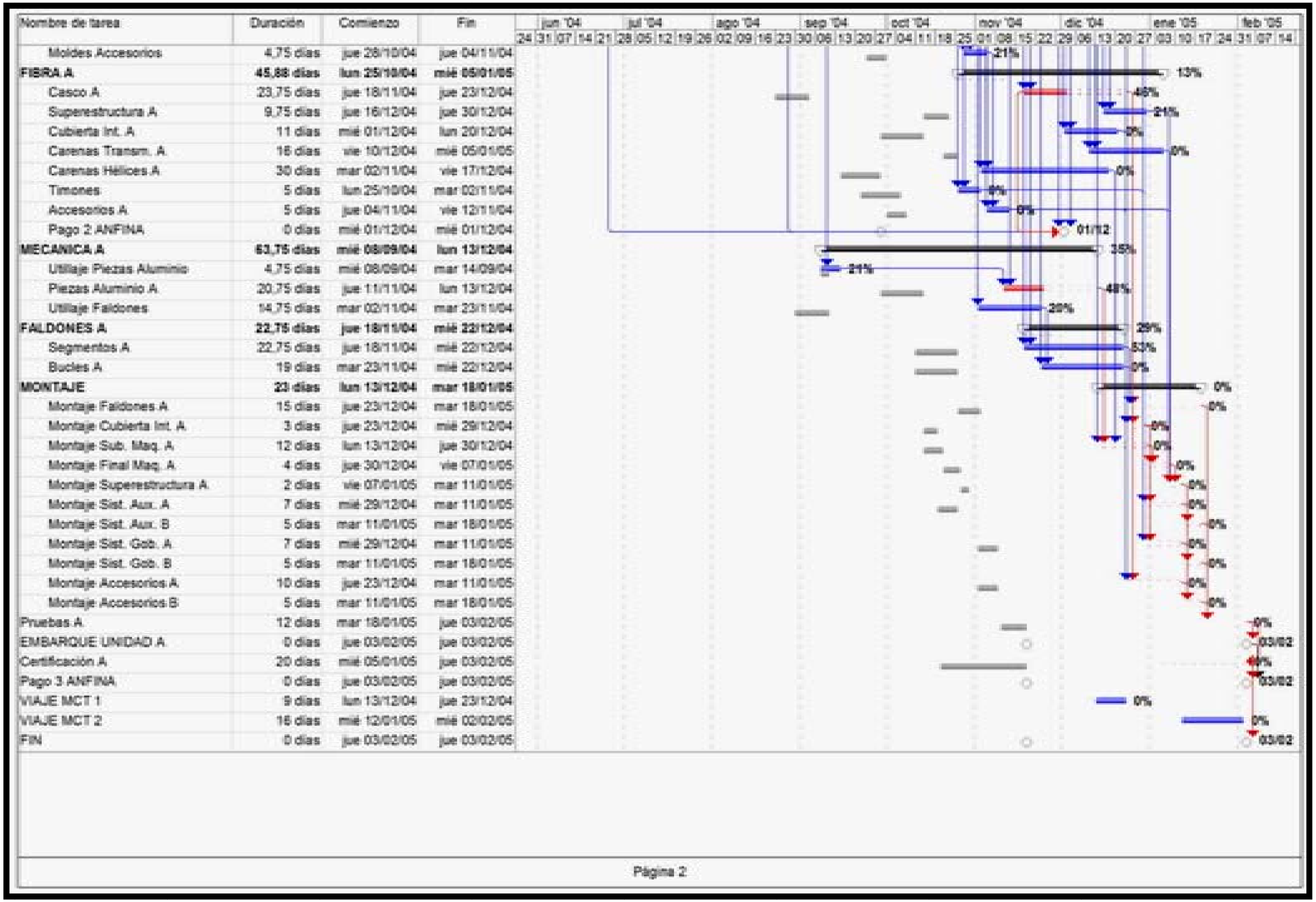
FIGURA (2.1).- Organigrama para el proyecto de construcción



Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
INICIO	0 días	mar 01/06/04	mar 01/06/04
ASTILLERO	**7,75 días**	**mar 01/06/04**	**jue 10/06/04**
Negociación Astillero	6,75 días	mar 01/06/04	mié 09/06/04
Firma Contrato Astillero	1 día	jue 10/06/04	jue 10/06/04
INGENIERIA	**107,88 días**	**mar 01/06/04**	**vie 29/10/04**
Anteproyecto	3,75 días	mar 01/06/04	vie 04/06/04
Proyecto A	14,75 días	lun 07/06/04	vie 25/06/04
Proyecto B	5 días	lun 28/06/04	vie 02/07/04
Planos Casco	4,75 días	lun 28/06/04	vie 02/07/04
Planos Taller A	12 días	lun 05/07/04	mar 20/07/04
Planos Carena Hélice	9,75 días	mié 21/07/04	mar 03/08/04
Planos Taller B	34,88 días	mié 21/07/04	mar 07/09/04
Planos Taller Faldones	4,88 días	lun 25/10/04	vie 29/10/04
COMPRAS	**99,75 días**	**lun 28/06/04**	**mié 17/11/04**
Compra Mot. Sust. 1,2	69,75 días	lun 28/06/04	vie 01/10/04
Compra Mot. Imp. 1,2	74,75 días	lun 28/06/04	vie 08/10/04
Compra Hélices 1,2	59,75 días	lun 28/06/04	vie 17/09/04
Compra Soplantes 1,2	39,75 días	lun 28/06/04	vie 20/08/04
Compra Transmis. A	29,75 días	mié 08/09/04	mié 20/10/04
Compra Tela Fald. A	54,75 días	lun 30/08/04	mié 17/11/04
Compra Sist. Gob. A	39,75 días	mié 08/09/04	jue 04/11/04
Compra Sist. Aux. A	29,75 días	mié 08/09/04	mié 20/10/04
Compra Accesor. A	44,75 días	mié 08/09/04	vie 12/11/04
Compra Fibra A	80 días	lun 28/06/04	lun 18/10/04
Compra Aluminio	42,75 días	mié 08/09/04	mié 10/11/04
MODELOS	**94,75 días**	**lun 28/06/04**	**mié 10/11/04**
Modelo Casco	19,75 días	lun 28/06/04	vie 23/07/04
Modelo Superestructura	22,75 días	mié 15/09/04	lun 18/10/04
Modelo Cubierta Int.	15 días	lun 18/10/04	mié 10/11/04
Modelo Carenas Transm.	9,75 días	mar 19/10/04	mar 02/11/04
Modelo Carena Helice	39,75 días	mié 04/08/04	mar 28/09/04
Modelos Timones	10 días	mié 29/09/04	mié 13/10/04
Modelos Accesorios	9,75 días	jue 14/10/04	mié 27/10/04
Pago 1 ANFINA	0 días	lun 28/06/04	lun 28/06/04
MOLDES	**97,75 días**	**lun 26/07/04**	**mié 15/12/04**
Molde Casco	79,75 días	lun 26/07/04	mié 17/11/04
Molde Superestructura	37,75 días	mar 19/10/04	mié 15/12/04
Molde Cubierta Int.	14,75 días	jue 11/11/04	mié 01/12/04
Molde Carenas Transm.	19,75 días	jue 11/11/04	vie 10/12/04
Moldes Carena Hélice	9,75 días	mar 19/10/04	mar 02/11/04
Moldes Timones	4,88 días	mar 19/10/04	lun 25/10/04

Página 1

FIGURA (2.2-a).- Gantt de seguimiento del proyecto de construcción



Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Moldes Accesorios	4,75 días	jue 28/10/04	jue 04/11/04
FIBRA A	**45,88 días**	**lun 25/10/04**	**mié 05/01/05**
Casco A	23,75 días	jue 18/11/04	jue 23/12/04
Superestructura A	9,75 días	jue 16/12/04	jue 30/12/04
Cubierta Int. A	11 días	mié 01/12/04	lun 20/12/04
Carenas Transm. A	16 días	vie 10/12/04	mié 05/01/05
Carenas Hélices A	30 días	mar 02/11/04	vie 17/12/04
Timones	5 días	lun 25/10/04	mar 02/11/04
Accesorios A	5 días	jue 04/11/04	vie 12/11/04
Pago 2 ANFINA	0 días	mié 01/12/04	mié 01/12/04
MECANICA A	**63,75 días**	**mié 08/09/04**	**lun 13/12/04**
Utillaje Piezas Aluminio	4,75 días	mié 08/09/04	mar 14/09/04
Piezas Aluminio A	20,75 días	jue 11/11/04	lun 13/12/04
Utillaje Faldones	14,75 días	mar 02/11/04	mar 23/11/04
FALDONES A	**22,75 días**	**jue 18/11/04**	**mié 22/12/04**
Segmentos A	22,75 días	jue 18/11/04	mié 22/12/04
Bucles A	19 días	mar 23/11/04	mié 22/12/04
MONTAJE	**23 días**	**lun 13/12/04**	**mar 18/01/05**
Montaje Faldones A	15 días	jue 23/12/04	mar 18/01/05
Montaje Cubierta Int. A	3 días	jue 23/12/04	mié 29/12/04
Montaje Sub. Maq. A	12 días	lun 13/12/04	jue 30/12/04
Montaje Final Maq. A	4 días	jue 30/12/04	vie 07/01/05
Montaje Superestructura A	2 días	vie 07/01/05	mar 11/01/05
Montaje Sist. Aux. A	7 días	mié 29/12/04	mar 11/01/05
Montaje Sist. Aux. B	5 días	mar 11/01/05	mar 18/01/05
Montaje Sist. Gob. A	7 días	mié 29/12/04	mar 11/01/05
Montaje Sist. Gob. B	5 días	mar 11/01/05	mar 18/01/05
Montaje Accesorios A	10 días	jue 23/12/04	mar 11/01/05
Montaje Accesorios B	5 días	mar 11/01/05	mar 18/01/05
Pruebas A	12 días	mar 18/01/05	jue 03/02/05
EMBARQUE UNIDAD A	0 días	jue 03/02/05	jue 03/02/05
Certificación A	20 días	mié 05/01/05	jue 03/02/05
Pago 3 ANFINA	0 días	jue 03/02/05	jue 03/02/05
VIAJE MCT 1	9 días	lun 13/12/04	jue 23/12/04
VIAJE MCT 2	16 días	mié 12/01/05	mié 02/02/05
FIN	0 días	jue 03/02/05	jue 03/02/05

FIGURA (2.2-b).- Gantt de seguimiento del proyecto de construcción

<u>Proceso de importación</u>

En la construcción de la nave anfibia NM14/FY, se hizo necesaria la importación de materias primas y/o equipos, debiéndose tener en cuenta las siguientes circunstancias, Ref. (27):

- Una importación para consumo es la nacionalización de mercancías extranjeras ingresadas al país para su libre disposición, uso o consumo definitivo.

- Para consumo pueden importar tanto ecuatorianos como extranjeros residentes en el país, como personas naturales o jurídicas. Pueden ser importadores casuales o frecuentes. En el caso de ser frecuentes se deberán registrar como tal ante el Banco Central del Ecuador.

- Antes de realizar una importación debe considerarse:
    a. Si el valor de la mercancía importada a consumo es de $ 4000.00 o más, el importador tendrá que solicitar una inspección en origen, a través de las empresas Verificadoras Internacionales autorizadas por la aduana (SGS, Cotecna, Bureau Veritas, ITS).

b. Si el valor FOB de la mercadería es igual o mayor de $ 4000.00, requiere el visto bueno de los bancos corresponsales en el Ecuador, previo al embarque.

- El importador previo al embarque de las mercaderías, tendrá que conocer si las mismas son de prohibida o permitida importación,

- En caso de ser permitida la importación tiene que considerarse que clase de mercancías va a importarse, porque dependiendo su naturaleza, deberá cumplir con el requisito correspondiente. En todo caso, conviene consultar el Arancel Nacional de Importaciones Vigentes, Ref. (2) para establecer si la autorización previa es antes del embarque o de la nacionalización.

- Es obligatorio la intervención de un agente de aduanas en el caso de que los despacho de las importaciones de mercancías cuyo valor sea igual o mayor a $2000.00.

El proceso de importación pudo haberse realizado bajo el “régimen de internación temporal” o haber aplicado la Ley de Fortalecimiento y Desarrollo del Trasporte Acuático y Actividades Conexas (LEFORTAC), expedida el 1 de octubre el 2003, Ref. (28). Debido a que este proceso tardaba 3 meses para su aprobación, se procedió al pago correspondiente de aranceles e IVA. Posterior a la exportación se hicieron los correspondientes reclamos de devolución pagos de impuestos en el SRI y los aranceles en la CAE mediante el proceso del Draw Back.

En las fotos 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 indican tanto la materia prima como los equipos utilizados para el proceso de fabricación.

Foto 2.1.- Importación de materiales en fibra de vidrio, pvc y honeycomb

Foto 2.2.- Importación de planchas, perfiles y tubos en Aluminio Naval

Foto 2.3.- Importación de Motores de Impulsión, Sustentación Y Soplantes.

Foto 2.4.- Importación de Hélices y Bandas de Trasmisión

Foto 2.5.- Importación de Accesorios Náuticos

2.2 Proceso de Construcción de Casco, Estructuras en Aluminio, Estructura Flexible y otras piezas estructurales.

Fabricación de modelos

La primera etapa para la fabricación de los moldes es la fabricación de los modelos, conocido como plugs. La construcción del casco se lo realiza generalmente a través de moldes hembras, siendo requerido la fabricación del modelo. Este modelo es la réplica exacta del producto final, por lo se debe tener mucho cuidado en su acabado, Ref. (15).

El modelo puede ser construido con cualquier material como madera, espuma sintética o yeso, siendo la madera la más usada. Cualquiera de estos materiales exige tiempo y esfuerzo en el acabado porque sus formas deben ser exactas. Cualquier error cometido en el modelo se reproducirá en el molde y por ende en todas las piezas laminadas, costando tiempo y dinero al constructor para corregir o reparar.

Una vez diseñada las líneas de formas de la nave se procede a la fabricación de cuadernas transversales a escala 1:1 del modelo, las mismas que serán ubicadas sobre picaderos en el piso. Una vez fijas las cuadernas, se ubican los longitudinales como si se efectuara un casco de madera pero invertido.

En la fabricación del modelo se debe forrar la estructura anterior con espuma o con madera o ambas, para lo cual usamos el método Cold Molded. El acabado del modelo es una de las partes decisivas del trabajo, en donde se corrige una serie de imperfecciones que pueden existir de la elaboración del plano de líneas. Esto requiere gastar semanas masillando y lijando hasta conseguir corregir estos defectos.

El modelo debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso del molde a ser construido sobre él. Seguido a esto se debe enmasillar y lijar antes de dar varias capas de gelcoat para crear una superficie dura que no sea afectada ni por el gelcoat ni por la resina de laminación.

Terminado este proceso la superficie debe ser pulida entre capas con la finalidad de observar mejor los defectos. Con el acabado satisfactorio, el modelo debe ser tratado con varias capas de cera desmoldante, siendo pulido entre cada capa.

Las fotos desde la 2.6 hasta la 2.15 muestra el proceso de fabricación de modelos de las piezas consideradas como primarias por sus dimensiones.

Foto 2.6.- Modelo de casco, vista de proa

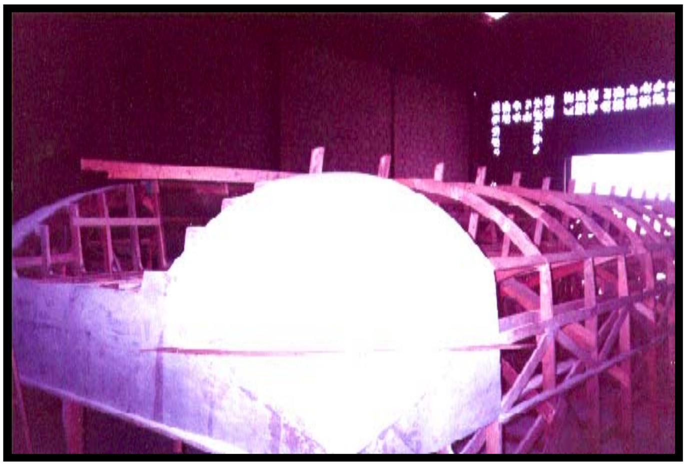


Foto 2.7.- Modelo de casco, vista de popa

Foto 2.8.- Modelo de superestructura en cuadernas

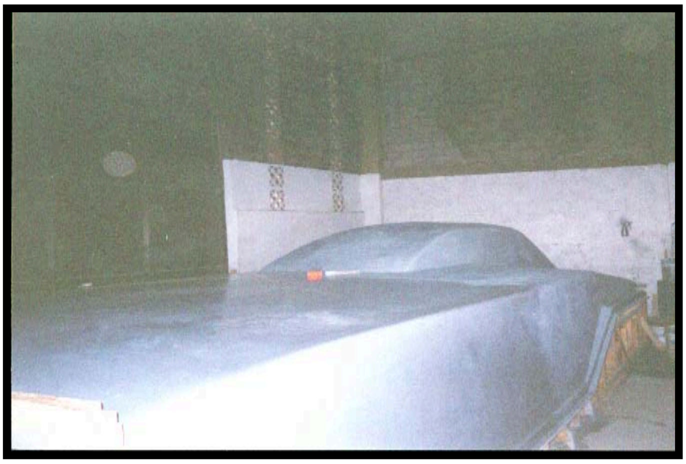


Foto 2.9.- Modelo de superestructura forrada y pulida

Foto 2.10.- Modelo preliminar de ¼ de Tobera de la hélice

Foto 2.11.- Modelo de la Tobera de la hélice en poliuretano

Foto 2.12.- Construcción de Modelo de timones

Foto 2.13.- Modelo de Cobertores de Trasmisión

Foto 2.14.- Modelo de Cubierta de Pasajeros

Foto 2.15.- Modelo de Arco para Antenas

Fabricación de moldes en fibra de vidrio

El método de construcción de moldes está íntimamente ligado a: escoger los materiales, el número de piezas a producir, condiciones de utilización, calidad final de la superficie, durabilidad y costo. El tipo de moldes la capacitación técnica de los operarios, el control de la temperatura, humedad y contaminación tienen extremada importancia, Ref. (15).

En la construcción de los moldes se ha utilizado fibra de vidrio y resina poliéster, con laminación manual de capas de fibra y resina sobrepuestas y curadas sobre el mismo modelo.

Los moldes muy grandes o complicados son divididos en dos o más piezas. Esta labor permite una producción de moldes más elaborados, siendo el tipo más común el molde divido por la mitad de la nave. Para este caso fue usada la división transversal en 04 sectores, con las piezas embridadas en los extremos con la finalidad de no causar problemas posteriores para realizar el producto final. Antes de la construcción del molde se debe aplicar sobre cera desmoldante, al modelo.

La cantidad de fibra a ser usada para la construcción del molde está en razón de 03 o 04 veces el espesor de la pieza a ser obtenida. Generalmente las capas deben ser aplicadas con cierto espacio de tiempo para evitar el aumento de temperatura en la superficie así como permitir el tiempo de curado del molde antes del desmolde, evitando sorpresas desagradables.

En la fabricación del molde es preciso colocar refuerzos y sistemas de manipulación, y así proporcionar o permitir a los operarios, un trabajo simple, acceso libre y fácil a todas las partes.

El costo aproximado del conjunto de moldes depende no solamente de su construcción, sino de la ingeniería, diseño, modelo y finalmente del molde. En nuestro caso su costo ascendió a $90.000.

En las fotos 2.16 a la 2.24 Se muestra el proceso de construcción del molde de casco, su nivelación y reforzamiento junto con el de otras piezas.

Foto 2.16.- Molde de casco desde proa

Foto 2.17.- Molde de casco desde popa

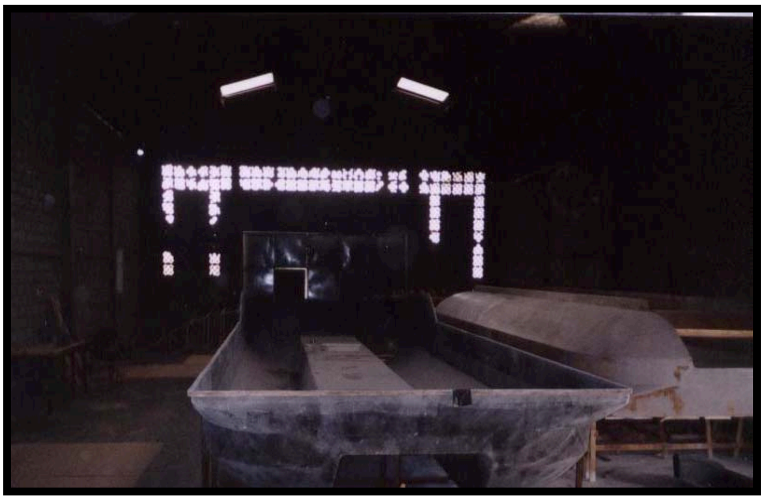


Foto 2.18.- Desmolde de casco a partir del modelo

Foto 2.19.- Nivelación y alineamiento de piezas de casco

Foto 2.20.- Reforzamiento en molde de casco

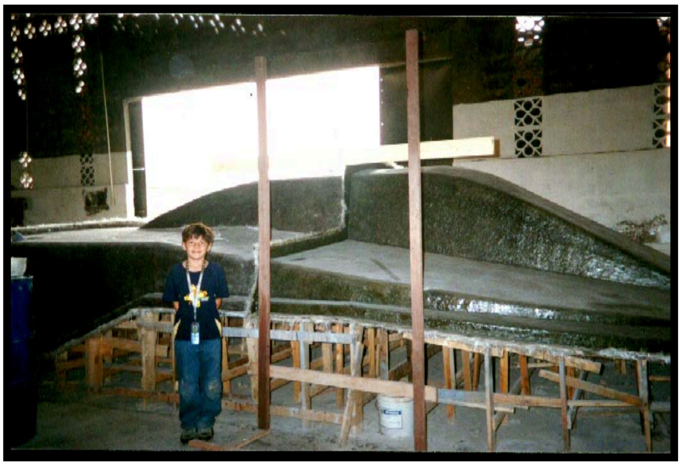


Foto 2.21.- Molde de Superestructura

Foto 2.22.- Molde de Cubierta de Cabina

Foto 2.23.- Molde de Patines de Casco

Foto 2.24.- Molde de Cobertores de Trasmisión

Fabricación de piezas en fibra de vidrio

Debido a que el proyecto de laminado envuelve refuerzos sofisticados, se debe tener a la mano antes de iniciar la laminación, los detalles completos de construcción, incluyendo espesor, peso de los tejidos de cada laminado, orientación de las fibras y porcentaje de la matriz (resina), Ref. (15).

Una vez preparado el molde con el respectivo enceramiento, los refuerzos y materiales de núcleo pre-cortados, el primer paso en la construcción es la aplicación del gelcoat.

El acabado del casco no depende solamente del gelcoat sino de la superficie del molde, la cual debe ser impecable. El pulimento del molde, la limpieza, neutralización y aplicación de capas de cera junto con la calidad de la cera permiten tener buenos resultados. Las ceras fabricadas para las piezas en fibra de vidrio son productos completamente diferentes a las ceras de industrias para pisos.

La aplicación del gelcoat es muy importante, debiendo garantizar la uniformidad de su espesor, debiendo estar entre 0,4 a 0,6 mm. Su aplicación para el caso es por medio de soplete.

El método de laminación manual en el molde (Hand Lay up), es usado para la fabricación de piezas en fibra de vidrio, siendo usado tanto para los tejidos biaxiales así como para los laminados tipo sándwich.

Las primeras capas de laminado hechos sobre el gelcoat, siempre serán hechos a partir de una tela de fibra de vidrio de bajo gramaje, alrededor de 225 a 300 g/m^2. Si se usa una manta pesada sobre éste, puede aparecer micro bolas entre este laminado y el gelcoat, debido a la dificultad de impregnación, siendo muy probable que sus fibras se marquen en la cara externa del gelcoat.

Antes de iniciar la laminación debe existir la etapa de pre-cortado tanto de fibras como de material del núcleo del sándwich, de acuerdo con el diseño del molde. Las mantas y tejidos son cortadas para tener una superposición de 50 mm entre ellas

La técnica básica de laminación se resume en utilizar la resina suficiente para impregnar una manta previamente cortada, presionando firmemente en su posición con un rodillo metálico para forzar la penetración de la resina sus fibras y su movimiento a través de ellas.

El uso de los tejidos biaxiales en el plan de laminando se debe a las cualidades excepcionales para la construcción de laminado estructural de un casco.

Una vez que se ha alcanzado el espesor del laminado, la última capa debe ser de preferencia un tejido que proporcione un acabado interno suave y aumente la protección del laminado contra la contaminación y absorción de la humedad.

De igual manera en el laminado tipo sándwich, se usa gálibos para el pre - cortado del material del núcleo. La secuencia en el laminado tipo sándwich, se inicia con la aplicación del gelcoat en el molde, luego corresponde al plan de laminado de telas y mantas hasta llegar a la capa antes del núcleo.

Una vez curado el laminado de fibra se utilizará un adhesivo para unir el laminado con el material núcleo (espuma de pvc). Este material se lo aplica con espátula sobre el laminado de fibra de manera uniforme.

Seguido a esta acción, se ubican las placas previamente cortadas sobre el adhesivo presionando para retirar las burbujas de aire que pudieran existir. Terminando este proceso, se aplica resina sobre el núcleo o sándwich, para laminar sobre el núcleo con una manta de fibra de vidrio, siguiendo con la secuencia final del plan de laminado.

Para conseguir la rigidez necesaria en el laminado, se añade refuerzos longitudinales e transversales. Un ejemplo de esto son las cuadernas, vagras y los mamparos que son laminados después y sobre le laminado del casco.

Los mamparos ofrecen la rigidez transversal necesaria al casco. En las capas de la fijación de los mamparos al casco, el método correcto es evitar el contacto directo al casco, instalando una interface de un material de baja densidad para transferir los esfuerzos para el laminado. Este material puede ser espuma de pvc en forma de trapecio proporcionando la angulación ideal para la transición entre le mamparo y el casco. El mamparo se junta al casco utilizando estas capas de fijación como escuadras de fibra cuya dimensión es usualmente entre 100 y 200 mm.

Una vez terminado el proceso de laminado se deja curar la pieza de fibra de vidrio antes de remover del molde. A pesar que el laminado puede presentar señales de curado, cuando entra en estado de gel, la cura total es alcanzada en un período de maduración en el cual el laminado adquiere el total de sus propiedades mecánicas. Este tiempo lleva algunos días a temperatura ambiente y será alterado drásticamente sino se deja a la pieza de fibra en el molde. El tiempo de curado depende directamente de la temperatura ambiente y del tipo de resina utilizada.

Finalmente, para remover las piezas de fibra de vidrio, el método de moldes partidos facilita la maniobra porque evita el izado a grandes alturas, como por ejemplo el casco o la superestructura.

Sugerencias en la fabricación de piezas en fibra de vidrio

Para construir en fibra de vidrio es importante considerar las condiciones de trabajo y cómo se afectará a la calidad del laminado. Las condiciones en que los laminados son construidos dependen en primer lugar de los tipos de materiales, de las técnicas utilizadas para la construcción y de cuan importantes son las propiedades finales del laminado para el diseño.

La temperatura ambiente de laminación es la condición de trabajo que tiene ciertamente mayor importancia. Para cualquier construcción en fibra, la temperatura de trabajo con las materias primas especificadas por los fabricantes debe ser mantenida constante o por lo menos en una determinada franja. La mayoría de fabricantes recomiendan que la temperatura dentro de la sala de laminación sea de 25°C y si es posible laminar barcos con temperaturas encima de los 40°C. Es lógico que en esta temperatura el rendimiento de trabajo no será el mismo, así como el comportamiento del curado de la resina. Ciertamente es un excelente motivo para mantener la sala de laminación a una temperatura constante y agradable para los operarios como para los materiales.

Tan importante como lo es la temperatura es la humedad del ambiente, debido a que afectará al proceso de polimerización de la resina e de unión con las fibras reduciendo las propiedades físicas y químicas del laminado. Estos niveles de humedad dependen del grado sofisticado del laminado.

La ventilación en el área de laminación es importante no solo para mantener el ambiente agradable sino para remover los gases liberados por lo productos químicos durante el proceso de polimerización.

Por último, es necesario el uso de una balanza para pesar el material que se ubicará dentro del molde con la finalidad de determinar la cantidad a ser utilizada en cada laminado.

Las fotos desde la 2.25 hasta la 2.34 muestra el proceso de fabricación de modelos de las piezas consideradas como primarias por sus dimensiones.

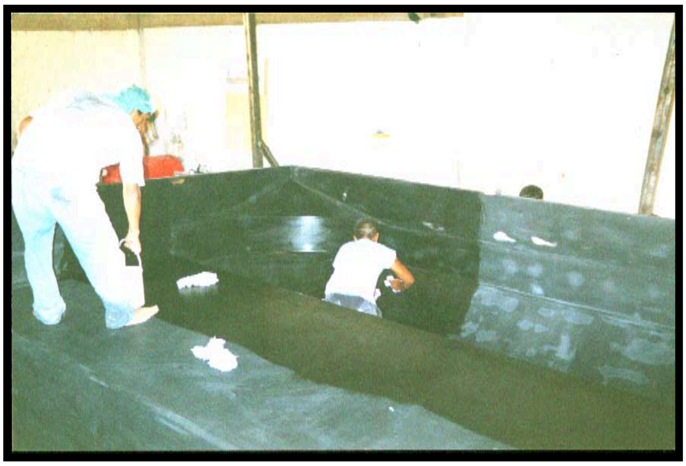


Foto 2.25.- Abrillantado de Molde

Foto 2.26.- Estructura de Cámara de Laminado

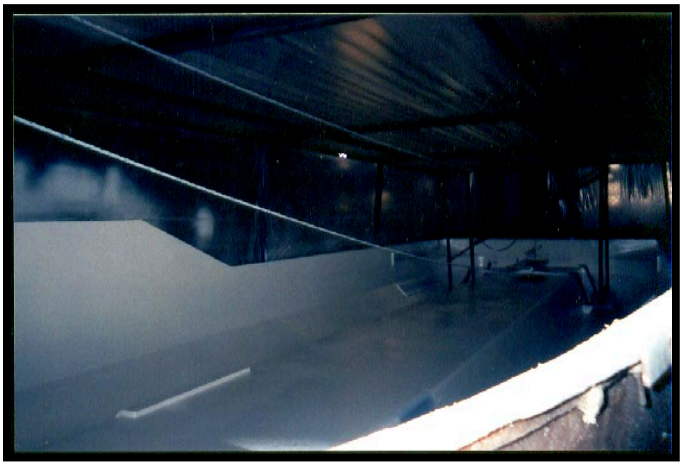


Foto 2.27.- Aplicación de Gel- Coat

Foto 2.28.- Desmolde de casco junto con mamparos

Foto 2.29.- Unión de mamparo con casco

Foto 2.30.- Sector inferior de casco, ductos de aire

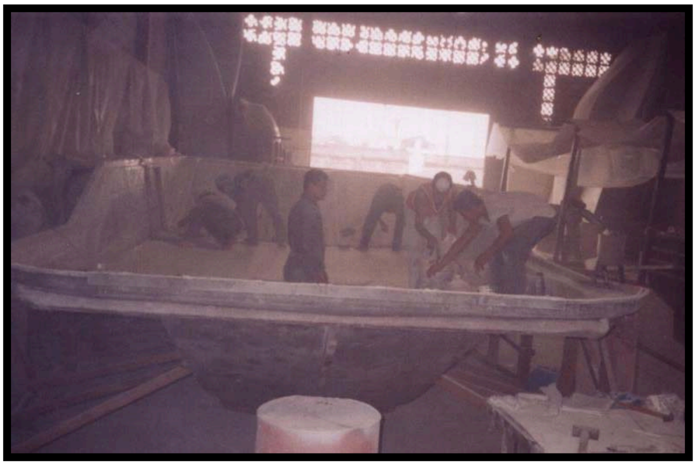


Foto 2.31.- Proceso de laminado para superestructura

Foto 2.32.- Desmolde de superestructura sobre casco

Foto 2.33.- Timones horizontales y verticales

Foto 2.34.- Tobera de la hélice

Fabricación de piezas de Aluminio Naval

En la construcción de las bases de los sistemas de impulsión y sustentación fue necesario utilizar el Aluminio Naval 5086, para que su peso no influya al peso final de la nave y que posea a la vez alta resistencia estructural.

La primera cifra de este Aluminio Naval es correspondiente con el componente principal de adición, que pertenece a la aleación: ALUMINIO-MAGNESIO. En la tabla 2.1, se resume las características más importantes de este tipo de aleación usada.

ALEACIÓN Norma U.N.E.	TRATAMIENTO DE BASE	ESTADO TRATAMIENTO	CARGA ROTURA Kg/mm2	LIMITE ELÁSTICO Kg/mm2	ALARGAM. A 5,65 %	MODULO ELASTICIDAD N/mm2	DUREZA BRINELL	APLICACIONES TIPICAS
5083 (L-3321)	Recocido	0 (H-111)	27-34	11-15	12-16	71000	68-75	Mecanización en general. Moldes Construcción Naval. Utillaje

TABLA 2.I.- Características Físicas del Aluminio 5083 – H111

En la fabricación de las bases en aluminio se ha requerido el proceso de corte a través del plasma, definiendo bordes de corte más limpios. Para el conformado de las bases se ha utilizado el proceso de soldadura MIG.

La soldadura MIG (Metal Inert Gas), utiliza alambre de aportación alimentada automáticamente como electrodo consumible, con gas inerte de protección.

El método MIG no tiene restricciones de densidad de corriente siendo adecuado para soldar espesores superiores a 2 mm.

La soldadura MIG emplea una varilla de aportación más fina que el núcleo de cordones revestidos, los cordones son más estrechos y penetrantes, y hace posible separaciones de los bordes y hendiduras más estrechas. De esta forma requiere menos aportación del metal para completar las uniones

Para controlar la porosidad, al inicio de la soldadura se emplea con frecuencia el paso hacia atrás. El arco se ceba a una distancia de ½” a 1” del comienzo y se traslada hacia atrás de éste, comenzando entonces la soldadura propiamente dicha. Esta corta longitud puede tener porosidades y por tanto es refundida al continuar con la unión. Cuando se suelda en posición plana se emplea en general un ángulo de inclinación de la pistola de 5 a 15°.

Las fotos desde la 2.35 hasta la 2.36 resume el proceso de fabricación de las bases de estos sistemas.

Foto 2.35.- Corte con plasma de elementos para base de motores de sustentación

Foto 2.36.- Construcción de bases de motores de impulsión con soldadura MIG

<u>Fabricación de Estructura Flexible - Faldones</u>

La estructura flexible de la nave, está conformado por el material principal que es el tejido tipo: Tela cloropreno/ Poliamida/Poliéster, propio para la fabricación de este tipo de estructura que estará en contacto con superficie como el agua y la arena del sector. La cantidad en superficie estimada para la construcción de segmentos y bucles, incluyendo algunos repuestos fue de 640 m^2. La foto 2.37, resume el proceso de inspección de este material.

Foto 2.37.- Inspección de tela

Para conseguir la forma de cada uno de los elementos fue utilizada como mano de obra la de los sastres, debido a la necesidad de interpretación de las formas, indicadas en un adiestramiento especial, así como la precisión de los cortes.

En cada corte efectuado para obtener una pieza de las 450 unidades, fue necesario utilizar el proceso de pegado en caliente, usando pegamento como cemento de contacto especial tipo ADHEPLAST o TIP TOP, Ref. (40).

La utilización de pernos, arandelas plásticas y placas en aluminio naval fueron necesarias para la conformación de formas o sujeción entre segmentos y/o bucles.

Esta estructura fabricada en Ecuador tuvo como tiempo de ejecución 01 mes, tomando como días de trabajo de lunes a sábado con una jornada de 10 horas, consiguiendo un ahorro de tiempo, dinero y verificación de formas con los puntos de ensamble en el casco antes de su montaje definitivo.

2.3 Instalación y Montajes de Equipos.

Una vez realizada la construcción de las estructuras nombradas en la sección 2.1 y 2.2, las cuales son:

- El casco de la nave con todas las piezas de fibra de vidrio,
- Las bases de aluminio naval de los sistemas de impulsión y sustentación,
- La estructura flexible con todos los elementos de sujeción,

junto con el aprovisionamiento de todos los equipos necesarios para la operación de la nave, se procedió a la instalación, montaje o acoplamiento de equipos, sistemas y/o estructuras.

El proceso de montaje estuvo rodeado de algunos imprevistos debido a la falta de previsión en el diseño, lo que obligó a repetir en algunas ocasiones la misma tarea.

Junto a estos imprevistos se debe añadir los tiempos de importación, des-aduanización y la gestión de los proveedores de materiales locales para la fabricación del casco, alargando con ello el tiempo de entrega. Este tiempo de entrega estaba inicialmente previsto para los primeros días de Diciembre, terminando el 80% del ensamble para los primeros días de Febrero.

Considerando los gastos arancelarios que debía correr el Armador, por la importación de una nave terminada en Costa Rica, se decidió su traslado para la finalización, contando con el equipo de dirección, supervisión y diseño.

Las fotos desde la 2.38 hasta la 2.44 resume el proceso de instalación y montaje de equipos.

Foto 2.38.- Montaje de estructura flexible

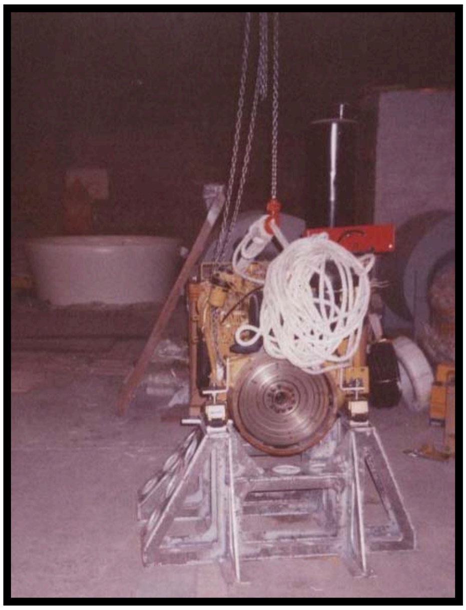


Foto 2.39.- Montaje de motores de sustentación

Foto 2.40.- Montaje de tobera de hélice sobre bases de motores de impulsión

Foto 2.41.- Montaje de motores de impulsión

Foto 2.42.- Montaje de soplantes

Foto 2.43.-Montaje de sistemas de combustible, aguas negras, agua dulce y achique

Foto 2.44.- Etapa de montajes al 60%

CAPÍTULO III

Fase de Construcción desarrollada en Costa Rica

3.1 Gestión de Exportación.

Al finalizar los trabajos de construcción y montajes en Ecuador en un 80%, se procedió al proceso de exportación de la nave. Este proceso se debía realizar sobre un barco carguero definiendo su origen el Puerto de Guayaquil y como destino Puerto Caldera en el Pacífico de Costa Rica, siendo ésta ruta de transporte no tradicional para este tipo de carga.

Para el proceso de exportación fue necesario establecer las condiciones en que la nave debía ser embarcada, debido al tipo de carga y a los elementos no ensamblados. Las condiciones de transporte a considerarse fueron dentro de un contenedor o tipo carga suelta. Debido a las dimensiones geométricas de la nave, se consideró el transporte como carga suelta separando un espacio de cuatro contenedores de 20 TEU´S sobre el barco carguero.

Con la nave y equipos embalados e inventariados en un listado denominado Packing List (listado necesario para la exportación), se inició su traslado hacia el Puerto Marítimo de Guayaquil. Las fotos 3.1 y 3.2 muestran este proceso de traslado y embarque.

Foto 3.1.- Traslado de nave desde Durán

Foto 3.2.- Embarque de nave en barco carguero

Procedimiento Legal en el proceso de Exportación

La exportación a consumo, de conformidad a la ley Orgánica de Aduanas es el régimen aduanero por el cual las mercancías, nacionales o nacionalizadas, salen del territorio ecuatoriano para su uso o consumo definitivo en el exterior, Ref,(27).

Los documentos para la declaración de exportación, redactados de forma textual, son:

a) El formulario único de exportación (F.U.E) con el visto bueno aprobado o un banco corresponsal autorizado, con cuatro copias reducidas del mismo, debiendo constar el número de RUC, en caso de ser exportadores habituales o del número de cédula cuando son exportadores ocasionales.

b) Factura comercial original y cinco fotocopias

c) Autorizaciones previas (cuando el caso lo amerite).

El trámite para realizar una exportación está comprendido de dos fases:

a) El propietario consignatario, en su caso, personalmente o a través de una agente de aduana, presentará en la Declaración Aduanera única (DAU) ó Formulario Único de Exportación (F.U.E), la declaración de las mercancías destinadas al extranjero en la que se señalará el régimen aduanero al que se someterán. En las exportaciones, la declaración se presentará en el Departamento de exportaciones el Distrito Aduanero, desde siete días antes hasta quince días hábiles siguientes al ingreso de las mercancías a la zona primaria aduanera, con los documentos de acompañamiento antes mencionados.
b) Con la documentación aprobada se realizará la exportación definitiva y se regresa al mismo departamento, incluyendo el documento de embarque (conocimiento de embarque, guía aérea o carta de porte) con cuatro copias certificada. El departamento de Exportaciones procedo a comprobar la información de la Declaración Aduanera Única de

exportación o Formulario Único de Exportación , comparándolos con los datos de la factura comercial y los datos del documento de embarque, luego de lo cual se realiza aprobación y cancelación definitiva de la Declaración Aduanera Única de Exportación o Formulario Único de Exportación, con el refrendo de Aduana y se entrega al exportador la copia de la Declaración única Aduanera de Exportación o Formulario único de Exportación (FUE).

Es necesario indicar que ciertos productos exportables, por su naturaleza, necesitan de autorización previa o están sujetos a cuota u otros mecanismos lo que el usuario, previo a realizar una exportación, debe conocer si su mercancía tiene que cumplir estos requerimientos.

Finalmente, es obligatoria la intervención del agente afianzado de aduanas en los despachos de las exportaciones de mercadería cuyo valor sea igual o mayor a $ 2000.00.

En el Anexo K, se muestra el documento final indicando la legalización de la exportación de la nave hacia Puerto Caldera - Costa Rica. El costo del proceso de exportación estuvo alrededor de los $42.000, incluidos seguros de transporte.

3.2 Planificación de Actividades para el ensamblaje de la nave.

Para planificar el ensamblaje de la nave, se valoraron las actividades no realizadas en Ecuador (incluyendo las pruebas) vs el tiempo de entrega. Ésta valoración para la finalización de la nave, en términos porcentuales, estuvo alrededor del 20%.

En el proceso de planificación no fueron considerados:

- El proceso de exportación de la nave desde Guayaquil Ecuador hasta Puerto Caldera Costa Rica, el mismo que fue realizado en un lapso de 8 días calendario.

- El tiempo de gestión para des-aduanización la nave, que estuvo alrededor de 15 días hábiles.

En las Fotos 3.3 y 3.4 se indica la permanencia y traslado de la nave desde Puerto Caldera hasta el lugar donde será efectuadas las actividades planificadas, en Punta Arenas.

Una vez que la nave estuvo fuera del puerto, la selección del lugar de trabajo fue determinada por el Armador, en función de los costos y disponibilidad. El lugar escogido fue un varadero de naves pesqueras, siendo éste uno de los factores que incidieron en el tiempo de ejecución de actividades, pruebas y entrega.

Foto 3.3.- Almacenaje de nave en Puerto Caldera

Foto 3.4.- Traslado de nave desde Puerto Caldera a Punta Arenas

Antes de iniciar el proceso de ensamblaje, se efectuó el pesado de la nave, motivado por verificación de peso con todos los equipos, descontados los respectivos embalajes, con la finalidad de tomar correctivos en caso de exceso.

El pesado no pudo ser ejecutado en el Puerto de Guayaquil, debido a la manga de la nave en comparación con el espacio físico (ancho) en las balanzas del Puerto junto con la escasa disponibilidad de tiempo para realizar el embarque.

A continuación se presenta la foto 3.5 y el Anexo K que demuestra el desarrollo de este proceso.

Foto 3.5.- Pesado de nave en balanza romana

Las actividades involucradas en el proceso de ensamblaje final de la nave, fueron las siguientes:

- Gasfitería
- Eléctricidad
- Arranque de Motores de impulsión
- Arranque de Motores de sustentación
- Montaje de Gobierno y control
- Fijación de los Faldones de Proa
- Instrumentación
- Sistemas de seguridad y contra incendio
- Acabados interiores
- Otros

La aproximación de tiempo estimada fue alrededor de 02 meses, de trabajo continuo, asumiendo que estas actividades serían ejecutadas con el ritmo de trabajo establecido en Ecuador.

En el proceso de planificación de actividades para ensamblaje, no se consideró: la disponibilidad de mano obra local, el adiestramiento en los sistemas de la nave, la disponibilidad de talleres locales y el aprovisionamiento de insumos.

Estos factores asumidos bajo responsabilidad del armador, limitó la planificación estimada, incrementado el tiempo de finalización del proceso de ensamblaje a 04 meses.

El presupuesto de estas actividades estuvieron por el orden de los $80.000 entre mano de obra, alquiler de sitio de trabajo e insumos, debido a que los costos son más elevados. En las figuras (3.1-a) y (3.1-b), se presenta el diagrama de Gantt de seguimiento.

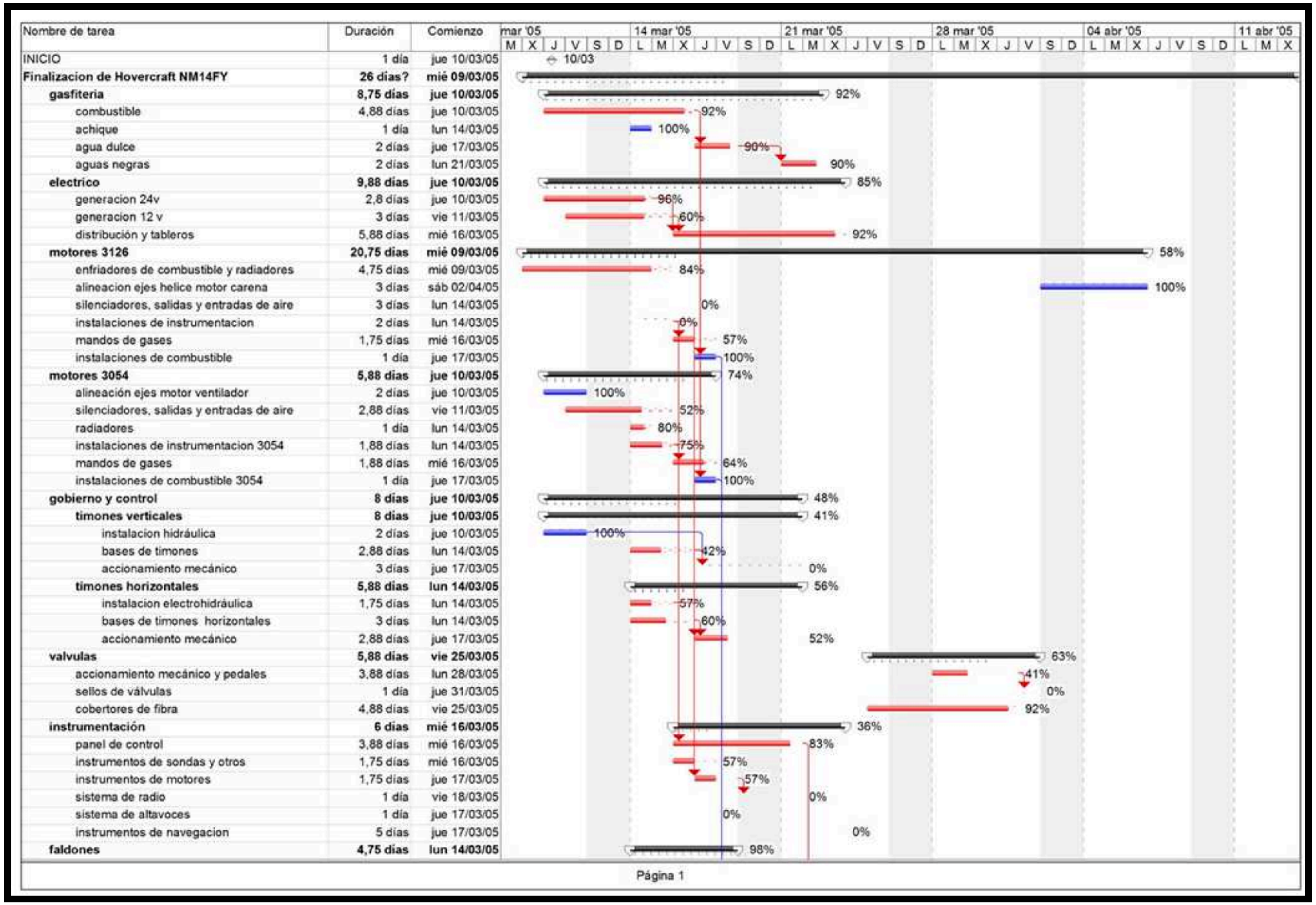
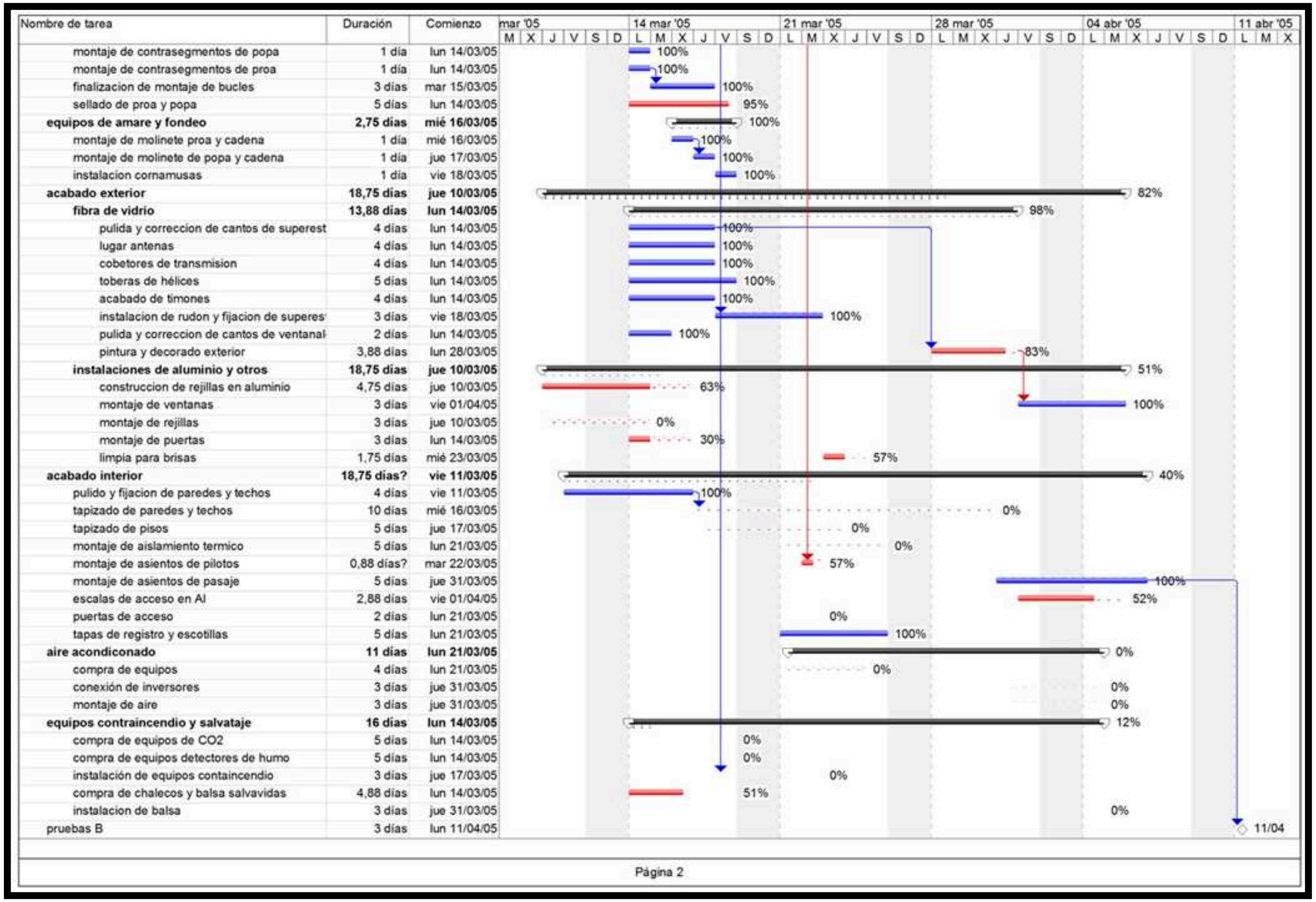


FIGURA (3.1-a).- Gantt de seguimiento del proyecto de ensamble



Nombre de tarea	Duración	Comienzo
montaje de contrasegmentos de popa	1 día	lun 14/03/05
montaje de contrasegmentos de proa	1 día	lun 14/03/05
finalizacion de montaje de bucles	3 días	mar 15/03/05
sellado de proa y popa	5 días	lun 14/03/05
equipos de amare y fondeo	**2,75 días**	**mié 16/03/05**
montaje de molinete proa y cadena	1 día	mié 16/03/05
montaje de molinete de popa y cadena	1 día	jue 17/03/05
instalacion cornamusas	1 día	vie 18/03/05
acabado exterior	**18,75 días**	**jue 10/03/05**
fibra de vidrio	**13,88 días**	**lun 14/03/05**
pulida y correccion de cantos de superest	4 días	lun 14/03/05
lugar antenas	4 días	lun 14/03/05
cobetores de transmision	4 días	lun 14/03/05
toberas de hélices	5 días	lun 14/03/05
acabado de timones	4 días	lun 14/03/05
instalacion de rudon y fijacion de superes	3 días	vie 18/03/05
pulida y correccion de cantos de ventanal	2 días	lun 14/03/05
pintura y decorado exterior	3,88 días	lun 28/03/05
instalaciones de aluminio y otros	**18,75 días**	**jue 10/03/05**
construccion de rejillas en aluminio	4,75 días	jue 10/03/05
montaje de ventanas	3 días	vie 01/04/05
montaje de rejillas	3 días	jue 10/03/05
montaje de puertas	3 días	lun 14/03/05
limpia para brisas	1,75 días	mié 23/03/05
acabado interior	**18,75 días?**	**vie 11/03/05**
pulido y fijacion de paredes y techos	4 días	vie 11/03/05
tapizado de paredes y techos	10 días	mié 16/03/05
tapizado de pisos	5 días	jue 17/03/05
montaje de aislamiento termico	5 días	lun 21/03/05
montaje de asientos de pilotos	0,88 días?	mar 22/03/05
montaje de asientos de pasaje	5 días	jue 31/03/05
escalas de acceso en Al	2,88 días	vie 01/04/05
puertas de acceso	2 días	lun 21/03/05
tapas de registro y escotillas	5 días	lun 21/03/05
aire acondiconado	**11 días**	**lun 21/03/05**
compra de equipos	4 días	lun 21/03/05
conexión de inversores	3 días	jue 31/03/05
montaje de aire	3 días	jue 31/03/05
equipos contraincendio y salvataje	**16 días**	**lun 14/03/05**
compra de equipos de CO2	5 días	lun 14/03/05
compra de equipos detectores de humo	5 días	lun 14/03/05
instalación de equipos containcendio	3 días	jue 17/03/05
compra de chalecos y balsa salvavidas	4,88 días	lun 14/03/05
instalacion de balsa	3 días	jue 31/03/05
pruebas B	3 días	lun 11/04/05

Página 2

FIGURA (3.1-b).- Gantt de seguimiento del proyecto de ensamble

3.3 Proceso de Ensamble final de la nave y su equipamiento

Para realizar la actividades de ensamble final, mencionadas en la sección 3.2, se contó con un equipo de 20 personas entre gasfiteros, mecánicos, electricistas, tapizadores, fibreros – pintores, electrónicos y ayudantes quienes fueron adiestrados en el tipo de nave y las actividades que se deberían ejecutar para llegar al término de la nave.

El inicio del proceso estuvo marcado en la adecuación del lugar, dado que no era un galpón o hangar para la protección de los equipos, sistemas y personal de trabajo frente a las condiciones climáticas.

Seguidamente, se ubicó la nave sobre una base estructural que permita tener un nivel superior a los 40 cm sobre el piso, se procedió a los ajustes en la estructura flexible. Estos ajustes se realizaron debido a la forma de transporte de la nave sobre la plataforma, produciendo desconexiones de los segmentos al casco y entre ellos.

Para cumplir con este proceso se adiestró a un equipo de 05 personas, con la finalidad de que se realice las conexiones correctas, de acuerdo al diseño presentado en el Anexo E. Se utilizaron en su gran mayoría pernos plásticos, Ref. (45).

En el acoplamiento de la trasmisión del eje, hélice y la tobera de la hélice en el sistema de propulsión, fue necesario que considerar la ubicación de los rodamientos y la tensión de las bandas de transmisión. Estas bandas unen el eje primario que sale del embrague centrífugo del motor con el eje secundario que pertenece a la hélice. Las recomendaciones de tensión de la banda de trasmisión son mencionadas en la Ref. (48).

Los claros entre la hélice y la tobera deben estar alrededor de los 5 mm, de acuerdo a la Ref. (38). Este proceso de acoplamiento implica la respectiva alineación de todo el sistema.

Las fotos 3.6 y 3.7, indican el proceso de acoplamiento en el sistema de impulsión, con las bandas de transmisión.

Foto 3.6.- Ensamble de transmisión

Foto 3.7.- Ensamble final de transmisión

El proceso de pintura final, comienza con el masillado y corrección de fallas en el Gelcoat, en todas las piezas de fibra de vidrio. Esta actividad estuvo limitada en los tiempos de ejecución debido al mal clima, extendiéndose por el lapso de 2 meses hasta su finalización total.

El plan de pintura escogido es de acuerdo al material del casco y superestructura, en este caso fibra de vidrio. La protección solicitada dentro del plan de pintura fue contra los rayos U.V.

Los colores escogidos por el Armador, son de acuerdo a la bandera del país, cuyo diseño es indicado en las figuras (3.2-a) y (3.2-b).

En las fotos 3.8 y 3.9 se muestran los procesos de masillado y pintura final de la nave.

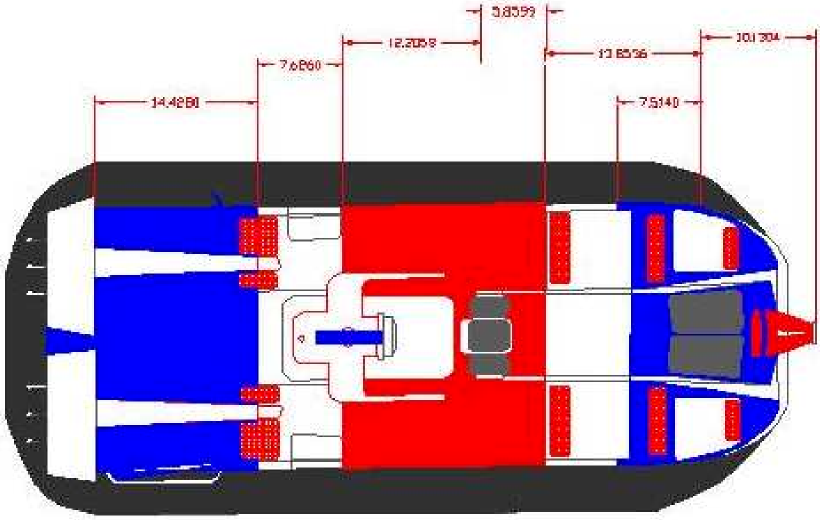


FIGURA (3.2-a).- Diseño de Pintura Exterior/Superior

FIGURA (3.2-b).- Diseño de Pintura Exterior/Perfil

Foto 3.8.- Proceso de masillado

Foto 3.9.- Etapa de pintura final

Terminado el proceso de pintura, se procedió al ensamblaje de los equipos de control, siendo ellos: sistemas hidráulicos para balance y electrohidráulicos para los de inclinamiento longitudinal.

La configuración de estos sistemas está basada en la disposición de los timones. Los timones horizontales para el sistema de inclinamiento longitudinal y los verticales para el sistema de balance.

El acoplamiento de los timones de los dos sistemas a la tobera de la hélice, es efectuada a través de rodamientos y articulaciones plásticas, Ref. (20), Ref. (26), Ref. (31).

Las fotos 3.10 y 3.11 se muestran estos sistemas instalados en la tobera de la hélice.

Junto con el sistema de control de timones para el balance se acopló el sistema de válvulas. La instalación del trasvasije de combustible colabora con el sistema de control de timones para el inclinamiento longitudinal.

Foto 3.10.- Ensamble de sistemas de control

Foto 3.11.- Articulaciones mecánicas para sistemas de control de balance

Adicionalmente, se procede a la instalación de las ventanas, terminado el proceso de pintura. El procedimiento de instalación sobre la estructura de fibra es mediante bridas estancas, que hacen presión a la estructura tanto interior como exterior. Ref. (31).

Foto 3.12.- Proceso de ensamble de ventanas

Con la finalización de la instalación de las ventanas se procedió al acabado interior, siendo tapizado con cuero todo el interior e instalado los asientos de acuerdo a las condiciones de espacio ya establecidos en plano. La foto 3.13, muestra esta disposición interior, Ref. (39).

Foto 3.13.- Montaje de asientos

La instalación de la instrumentación y de los equipos de navegación fue realizada de acuerdo a la disposición ya diseñada sobre el panel de mando. En este panel se encuentran adicionalmente: controles hidráulicos, controles mecánicos, controles electrohidráulicos, tableros de control eléctrico junto con los aceleradores de los motores de sustentación e impulsión.

Foto 3.14.- Montaje de panel de control

La actividad que extendió el tiempo previsto para la finalización del ensamblaje, antes de iniciar las pruebas, fue el arranque de los motores de impulsión. Para el arranque de estos motores con accionamiento electrónico era necesario poseer la información correspondiente sobre su conexión. Sin esta información no habría sido posible dar movimiento de impulsión a la nave.

El Anexo L. muestra la configuración electrónica del sistema de arranque del motor de impulsión. Sin esta información no habría sido posible dar movimiento de impulsión a la nave, Ref. (41).

Junto con los problemas en el sistema electrónico de los motores de impulsión cabe anotar otros inconvenientes que prolongaron el tiempo de entrega a 4 meses, siendo éstos:

- La inclemencia del tiempo, invierno con fuertes lluvias que impidió el trabajo continuo estando la nave al aire libre. (Marzo - Mayo)
- La falta de insumos locales para la construcción naval, incidiendo en la ejecución efectiva y aprovechamiento de tiempo.
- Los talleres especializados cercanos para la ejecución de las actividades.
- Los días feriados locales que incidieron en el tiempo de ejecución.

En el proceso de ensamblaje se realizaron pruebas pequeñas para verificación del accionamiento, tanto en los equipos de propulsión como de sustentación. Esto permitió la maniobra con la nave para realizar un giro de 180° sobre su propio eje con la utilización de 05 personas, para moverlo de la base sobre la que se encontraba.

El cambio de dirección fue realizado para iniciar los procesos de pruebas de navegación y acoplamiento definitivo de cada sistema. La foto 3.15, muestra la nave ensamblada, lista para el proceso de pruebas.

Foto 3.15.- Ensamble total de la nave

CAPÍTULO IV

Evaluación de Pruebas para la entrega

4.1 Procedimientos para la evaluación de pruebas.

Dentro de los escenarios para la evaluación de pruebas, se considera "la peor de las condiciones esperadas", Ref.(4), considerando principalmente sobre las condiciones ambientales en donde la nave va a operar.

Cabe mencionar que las condiciones de diseño críticas son escogidas de tal forma que deberá ser mayor que "la peor de las condiciones esperadas", existiendo un margen aceptable de seguridad. Estos límites de operación de la nave, se mencionan en el Capítulo 1 sección 1.2.

Los procedimientos de pruebas está sujeto a cuatro categorías, siendo definidas para la nave, como:

- Recorrido del ensamblaje de los componentes,
- Pruebas de seguridad,
- Pruebas de rendimiento,
- Pruebas de control.

El recorrido de ensamblaje es entendido como la revisión del buen desempeño de todos los componentes verificando su performance así como de la realidad de la nave.

Las pruebas de seguridad se refieren a un estudio de situaciones o escenarios y al chequeo de la eficiencia en el proceso de salvataje. En cada escenario se establece la manera como se podría efectuar la máxima evacuación en el mínimo tiempo, en caso de siniestro de la nave y con transporte de pasajeros. Dentro de este proceso también se toma en cuenta lo referente a la prevención de incendio y su detección.

Estas pruebas de ensamblaje y de seguridad, con la nave a flote, son entendidos como la revisión de cada uno de los componentes con buenas fijaciones y conexiones con los otros componentes de la nave, bajo roles o condiciones o situaciones totales encontrándose en servicio.

La foto 4.1 muestra una de las fases de prueba de acoplamiento del Sistema de Sustentación.

Foto 4.1.- Pruebas de acoplamiento del Sistema de Sustentación

Las pruebas de rendimiento son realizadas para detectar en operaciones peculiares, casos como los de resonancia dependiendo de las condiciones del mar y velocidad o durante las maniobras.

Las pruebas de control de la nave, son referidas a demostrar que la fuerza requerida para operar los controles, bajo “la peor de las condiciones intencionales”, no causa fatiga al piloto. Es decir, la operación de control deberá ser llevada a cabo para que la maniobrabilidad sea relativamente fácil bajo condiciones de diseño crítico.

Las fuerzas aplicadas por el piloto en cada uno de los controles son definidos, de acuerdo a la Ref.(4), con los valores a continuación:

- Controles para marcha adelante o reversa : 46 daN
- Controles para acción lateral : 28 daN
- Controles acción tangencial : 18,5 daN
- Pedales : 60 daN

En las fotos 4.2 y 4.3 se muestran la fase inicial del proceso de pruebas de funcionamiento de la nave.

Foto 4.2.- Fase de Auto – Lanzamiento

Foto 4.3.- Inicio de Pruebas de Navegación

En el proceso de pruebas de operación del vehículo con colchón de aire son requeridos tres documentos, agrupados bajo el término general de Manuales Técnicos, lo cuales son:

- El Manual de Operación
- El Manual de Mantenimiento
- La Bitácora de Acciones de Mantenimiento

Finalmente y después de estas pruebas, todos los documentos son actualizados, iniciando los concernientes procedimientos al programa operacional y de mantenimiento, en el caso de que sea necesario, siendo indicados en los Manuales Técnicos.

4.2 Control de los parámetros operativos de funcionamiento.

Con el escenario definido para la evaluación de pruebas, “la peor de las condiciones esperadas”, mencionado en la sección 4.1, se especifica principalmente cuales son los parámetros ambientales en donde la nave va a operar. Estos parámetros tomados para su control, son:

- La peor condición de viento.
- El alto de ola permisible en el que se incluye las combinaciones desfavorables de ola tanto en longitud como en dirección.
- Temperatura mínima de aire.
- Visibilidad y calado para las operaciones de rescate.

Para las pruebas de seguridad con la nave a flote, se consideran los siguientes parámetros de control:

- Revisión de los calados y trimados para todas las condiciones de carga consideradas.
- Revisión de la estanqueidad de los accesos exteriores con respecto al agua de mar y al mal tiempo.
- Pruebas de funcionamiento de anclas y cadenas.
- Realización de pruebas de remolque bajo la peor de las condiciones esperadas, para determinar la velocidad máxima del remolque.

Después de las pruebas de seguridad a flote se procede a supervisar la estanqueidad de los compartimentos revisando los mamparos estancos y si requiere o no modificaciones.

Adicionalmente a todas estas pruebas, se realizan las pruebas de seguridad de vida y son aplicadas en los casos:

- La rapidez y facilidad para dar inicio a la evacuación, bajo las posibles condiciones de calado y escora.
- La facilidad y accesibilidad a los chalecos y botes salvavidas.
- El fácil acceso a los principales salidas de evacuación.
- Qué factor incide en el tiempo máximo de evacuación.

En el programa de pruebas de performance, que sirve para determinar la maniobrabilidad de la nave, son consideradas las siguientes situaciones:

- Guiñando,
- Girando y frenando.
- Deteniéndose en condiciones normales y de emergencia.
- Estabilizando la nave en modo ligero de desplazamiento alrededor de los tres ejes.
- En varios posiciones de inclinación longitudinal.
- En superficie terrestre.

- En velocidades de seguridad, dependiendo de las condiciones de la ola y del viento
- Aterrizando la estructura rígida
- Limitando la potencia de sustentación.

La foto 4.4, muestra una de las situaciones del proceso de pruebas de perfomance.

Foto 4.4.- Pruebas de Performance

MANUALES TÉCNICOS

En la sección 4.1 se mencionó sobre los manuales técnicos, siendo éstos los documentos de operación del vehículo de colchón de aire. Estos documentos están conformados por:

- El Manual de Operación
- El Manual de Mantenimiento
- La Bitácora de Acciones de Mantenimiento

Estos documentos son constantemente actualizados, guardados y disponibles durante los estudios de inspección y supervisión.

- *El MANUAL DE OPERACIÓN*

El Manual de Operación es realizado basado en el Manual del Operador y Las Instrucciones de Funcionamiento.

El piloto prepara un informe en las condiciones medio ambientales, el pasaje, la velocidad y posibles problemas, que serán anotadas en el diario de navegación.

El Manual del Operador.- es dirigido para el piloto. Contiene los procedimientos que deben ser seguidos en el vuelo, junto con las operaciones que serán llevados a cabo antes y después del vuelo. Estos procedimientos son enfocados sobre todas las maniobras y funcionamientos emprendidos por el piloto, bajo las condiciones normales de operación, así como las maniobras y funcionamientos de "emergencia", en caso de fallos o daños.

Las limitaciones del performance de la nave, definidas en el Manual del Operador, incluyen:

- ✓ Las peores condiciones intencionales,
- ✓ Las condiciones críticas de diseño,
- ✓ Las restricciones relativas al funcionamiento, siendo el resultado de las pruebas.

Los procedimientos en las maniobras y funcionamientos, en particular, serán dados con respecto a la máxima velocidad permisible, que depende de:

- ✓ La carga y las condiciones medioambientales: altura de la ola, la velocidad del viento, la temperatura ambiente...,
- ✓ La distribución de carga y/o masa máxima para obtener de forma apropiada el centro de gravedad,
- ✓ La información de cómo maniobrar un vehículo con colchón aire, con respecto a las situaciones del programa de pruebas de performance:
- ✓ La máxima velocidad permisible de remolque manteniéndose a flote, dependiendo de las cargas.

Las Instrucciones del Funcionamiento.- es dirigido para el personal que opera la nave - la tripulación y personal de tierra -, describiendo tanto las condiciones carga como las de despegue.

La tripulación o el personal de mantenimiento deben llevar a cabo una inspección breve del vehículo después de cada viaje, para verificar en particular, la condición de los faldones y los segmentos de subdivisión.

El personal de mantenimiento, deben mantener limpios las partes principales de los sistemas de propulsión y sustentación, removiendo la sal y depósitos de arena.

Las instrucciones generales de funcionamiento, son dadas sobre:

- ✓ Los métodos de carga para satisfacer condiciones de masas, las fuerzas cortantes, el momento flector y la situación de centro de gravedad de masas. Estos detalles deben ser definidos en un libreto de Cargas que debe contiene todos los posibles casos cargas.
- ✓ Las consideraciones de estabilidad y de flotación que podrían interesar la tripulación directamente en caso de emergencia,
- ✓ La verificación de la integridad de compartimientos de flotación y cierre de los accesos,

- ✓ Las precauciones que deberán ser tomadas para evitar incendios así como las formas de emplear el equipo para la prevención de fuego, su detección y extinción,
- ✓ La evacuación del pasajero junto con los equipos salvavidas.
- ✓ Las instrucciones de seguridad para los pasajeros.

- *El MANUAL DE MANTENIMIENTO*

El Manual de Mantenimiento registra por un lado, todas las operaciones que se llevan a cabo para el mantenimiento preventivo de acuerdo con la Bitácora de Acciones de Mantenimiento, y, por otro lado todas las intervenciones que son requeridas por fallas o daños, incurridos en la nave en servicio.

Este manual indica, además, todos los procedimientos a seguirse para que los trabajos de mantenimiento y/o reparación se realicen bajo las condiciones de seguridad requeridas.

Las Operaciones de Mantenimiento Preventivo se llevan a cabo por períodos, los que son registrados en la Bitácora de Acciones de Mantenimiento, siendo incluido el respectivo informe en el Manual de Mantenimiento

La fecha de intervención y la naturaleza exacta de las operaciones de mantenimiento preventivo, que son llevadas cabo como: verificación, reparación o renovación, serán especificadas en el reporte.

El grado de uso encontrado en las partes que se renuevan o se reparan, también serán indicadas en el reporte.

Las intervenciones como consecuencia a fallas o daños serán indicadas en el Manual de Mantenimiento en un informe detallado, especificando:

- ✓ Por un lado, las circunstancias de daño o falla:

  Las Condiciones de Navegación: carga, velocidad, etc..

  Las Condiciones Meteorológicas: altura de la ola, la velocidad del viento, la temperatura,

- ✓ Por otro lado, todas las causas que se puedan llevar a esa circunstancia, deducidas de:

  La exanimación visual.

  Los análisis o pruebas de laboratorio.

Finalmente se concluye el reporte, indicando las modificaciones y si es posible evitar las repeticiones de falla o daño.

- *LA BITACORA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO*

Este documento registra la periodicidad para la reparación en la estructura o las partes de la maquinaria, o la renovación de los componentes de la maquinaria, en el objetivo de mantener al vehículo en su nivel más alto de fiabilidad y seguridad.

Se indica las fechas de los funcionamientos del "mantenimiento preventivo" mencionadas en la sección anterior.

Generalmente hablando, todas las partes sujetas al desgaste, directamente o en contacto con el medio, será verificada, se mantendrá, o se cambiará.

Para la estructura y sus partes asociadas, las periodicidades de mantenimiento serán indicadas sobre el calendario:

- ✓ La estructura actual:

  El examen general, en particular, las conexiones entre las partes.

  Los revestimientos protectores y/o pinturas,

  La estanquidad compartimientos de boyantez y de los tanques de agua y combustible.

- ✓ El sistema del mando de las válvulas de regulación,
- ✓ Las faldones,

- ✓ El equipo de aterrizaje o de apoyo en tierra,
- ✓ La estanqueidad de las aberturas, como la maniobra y cierre hermético.

En los equipos de potencia, la reparación o renovación de las partes y sus componentes deben ser registradas en la bitácora, para los propósitos de mantenimiento preventivo de:

- ✓ Las instalaciones principal y de sustentación y de propulsión,
- ✓ La transmisión y/o reducción,
- ✓ Los ventiladores y Hélices,
- ✓ Las fuentes principal y de emergencia de poder,
- ✓ Los circuitos eléctricos,
- ✓ Los sistemas de control.

Además de lo mencionado, en los equipos de potencia y la estructura, todos los arreglos que juegan un papel determinado en el mantenimiento de las operaciones seguridad del funcionamiento del vehículo, tienen que ser periódicamente supervisadas bajo responsabilidad del personal de mantenimiento.

Las operaciones de reparaciones o renovaciones sistemáticas serán llevadas a cabo periódicamente, hasta donde factible. El Constructor debe prescribir una periodicidad de menos de seis meses para lo expuesto.

Con esta bitácora el Armador está apoyado con las fechas para asegurarse de que los repuestos estén disponibles y propiamente identificando con las referencias apropiadas.

4.3 Ajustes y correcciones para la entrega de la nave.

En el proceso de evaluación de pruebas de rendimiento se realizaron ajustes y/o correcciones en los sistemas que involucran la prueba.

Estas correcciones o ajustes a efectuarse, para el mejoramiento de su operación en las pruebas finales, son:

- Corrección en la sujeción de la estructura flexible al casco en un 20%
- Colocar protección a las quillas en el proceso de aterrizaje.
- Cambiar los bujes de los acoplamientos elásticos y mejorar la alineación.
- Instalar mejores sellos para accesos exteriores.
- Mejorar el sistema mecánico en el sistema de control de balance en las válvulas
- Cambiar tipo aislamiento acústico,
- Protección de aberturas de ventilación por efecto del spray provocado por la nave
- Correcciones de centro de gravedad transversal,
- Mejorar el sistema de escape en los motores de propulsión
- Mejorar el sistema de escape en los motores de sustentación
- Protección de aberturas de ventilación superiores para los motores de sustentación frente al mal tiempo.

- Activación de indicadores del sistema de achique en cada compartimento estanco.
- Instalación de ecosonda por reglamentación para la navegación en Costa Rica.

Como observación importante, las condiciones de velocidad máxima ascendieron solamente a los 30 nudos de velocidad, debido a:

- El sobrepeso generado por la densidad del material de neopreno en estructura flexible, siendo diferente a la que fue calculada en el diseño.
- La masilla incorporada en algunos sectores del casco, carenas de hélice y proceso de pintura.
- La balsa salvavidas provista para la nave, que fue diferente a la programada en el diseño

Finalizada la etapa de pruebas y correcciones, lapso que duró 25 días, la nave fue entregada formalmente en el mes de Julio del 2005. La foto 4.5 muestra la nave lista para su operación.

Foto 4.5.- Nave sobre la Playa

Estimación de Cuenta de resultados de explotación Comercial

Para que el armador pueda realizar la adquisición de la nave, necesitaba un análisis de rentabilidad, cuyo monto de inversión se consideró dentro del proyecto de empresa turística con naves anfibias. Este monto de inversión fue definido en $750.000.

El costo de la nave, incluyéndose la asistencia técnica, los repuestos y el transporte hacia Costa Rica fue fijado en $660.000,

Los costos generados por la operación de la nave y de la empresa turística, son expresados porcentualmente:

Costos Fijos	45%
Costos de combustible	25%
Costos de mantenimiento	16%
Costos de Amortización	14%

Considerando la inversión colocada en un período de 10 años, con un índice de ocupación alrededor del 70%, en 2400 horas al año, y con viajes de una hora, a un costo de pasaje mínimo de $20.00, se obtiene un TIR del 52,80%, Ref.(6). Este resultado fue uno de los indicadores que generó su atractivo para el desarrollo del proyecto.

Esta estimación financiera se presenta en las tablas 4.I.a y b, y, en la figura (4.1).

19-abr-04

NM-14/FY

ESTIMACION DE CUENTA DE RESULTADOS DE EXPLOTACION COMERCIAL

Servicio de Pasajeros

Fondo amarillo = A rellenar por el Cliente			
Explotación por Propietario	Financiación necesaria:	750.000	US$
1 Aparato(s) en Explotación	***Número de aparatos***	***1***	***Unidades***
12 meses/año, 25 días/mes, 8 horas/día	***Horas servicio por año***	***2.400***	***Horas/año***

1.- ESTIMACION DEL COSTE DE EXPLOTACION

(Cifras finales en US$ por cada aparato)

Costes Fijos Anuales	Total	N apar.	Coste/año.ap.	Coste/hora.ap.
Administración y Gestión	$12.000	1	$12.000	**$5,00**
Tripulación (para 1 aparato)	$78.000	1	$78.000	**$32,50**
Personal mantenimiento (para 1 aparatos)	$54.000	1	$54.000	**$22,50**
Gastos Bases (para 1 aparatos)	$24.000	1	$24.000	**$10,00**
Seguros (1,5% coste, 1 aparatos)	$6.000	1	$6.000	**$2,50**
Publicidad (para 1 aparatos)	$30.000	1	$30.000	**$12,50**
TOTAL COSTES FIJOS ANUALES	Por cada aparato:		$204.000	**$85,00**

(Costes en US$ por cada aparato)

Costes Directos	Unidades	Coste/un.	Horas	Coste/hora
Combustible diesel (l/h)	125	$0,38	1	**$47,50**
Mantenimiento:				
Faldones				
Segmentos Normales	127	$100	1.200	$10,58
Bucles (Conjunto)	1	$10.000	12.000	$0,83
Accesorios	1	$2.000	12.000	$0,17
TOTAL FALDONES:				$11,58
Motores (2 +2)				
Mantenimiento normal	1	$2.500	500	$5,00
Revisión general y rectificado	1	$25.500	8.000	$3,19
Motores nuevos (conjunto de 4)	1	$102.000	16.000	$6,38
TOTAL MOTORES:				$14,56
Otros costes de mantenimiento				
Soplantes sustentación (reparación)	1	$800	5.000	$0,16
Hélices impulsión (reparación)	1	$6.000	10.000	$0,60
Transmisión	1	$1.500	5.000	$0,30
Estructura y Superestructura	1	$4.000	10.000	$0,40
Instrumentación	1	$1.000	5.000	$0,20
Varios	1	$3.000	1.000	$3,00
TOTAL OTROS COSTES:				$4,66
TOTAL MANTENIMIENTO:				**$30,81**
TOTAL COSTES DIRECTOS:				**$78,31**

COSTE TOTAL POR HORA (US$/h por cada aparato):	**$163,31**
COSTE ANUAL TOTAL (US$/año por cada aparato):	**$391.934,00**
Coste compra, 1 unidades, incl. Transporte, Repuestos y Asist. Técnica:	**$660.000,00**

19-abr-04

NM-14/FY

ESTIMACION DE CUENTA DE RESULTADOS DE EXPLOTACION COMERCIAL
Servicio de Pasajeros

2.- CUENTA DE RESULTADOS

Número de aparatos	*1*	*Unidades*
Horas servicio por año	*2.400*	*Horas/año*

2.1.- Ingresos de Explotación

(Cifras en US$ por aparato)

	Indice de Ocupación Medio 70,00%			
Ingresos	Precio/viaje	Nº pasaj.	Horas/viaje	Ingresos/hora
Precio pasaje por trayecto	$20	14	1,00	**$280,00**
Otros ingresos (por cada 2 pasajeros)	$10	7	1,00	**$70,00**
INGRESOS / HORA (por 1 aparato)				**$350,00**

2.2.- Ingresos Totales Anuales

(Cifras en US$)	**1 Año**
INGRESOS/AÑO EXPLOTACION (US$/año, por 1 aparato(s)):	**$840.000,00**

2.3.- Gastos Totales Anuales

(Cifras en US$)		**1 Año**
GASTOS ANUALES EXPLOTACION, 1 Aparato(s)		**$391.934,00**
Comisiones Venta sobre la mitad de los Pasajes	**10,00%**	**$33.600,00**
TOTAL GASTOS EXPLOTACION:		**$425.534,00**

2.4.- Resultados Explotación

(Cifras en US$)	**1 Año**
RESULTADOS EXPLOTACION (US$/año.):	**$414.466,00**
Beneficio Bruto Explotación / Inversión	**62,80%**

2.5.- Amortización de la Inversión

(Cifras en US$)

Amortización Inversión en:	**10**	**años**	**1 Año**
COSTE AMORTIZACION (Aparatos & Repuestos & Asist.Técnica & Tpte.)			**$66.000,00**

2.6.- Beneficio Neto

(Cifras en US$)

	1 Año
BENEFICIO NETO (US$/ año)	**$348.466,00**
T.I.R. (Beneficio Neto / Inversión)	**52,80%**

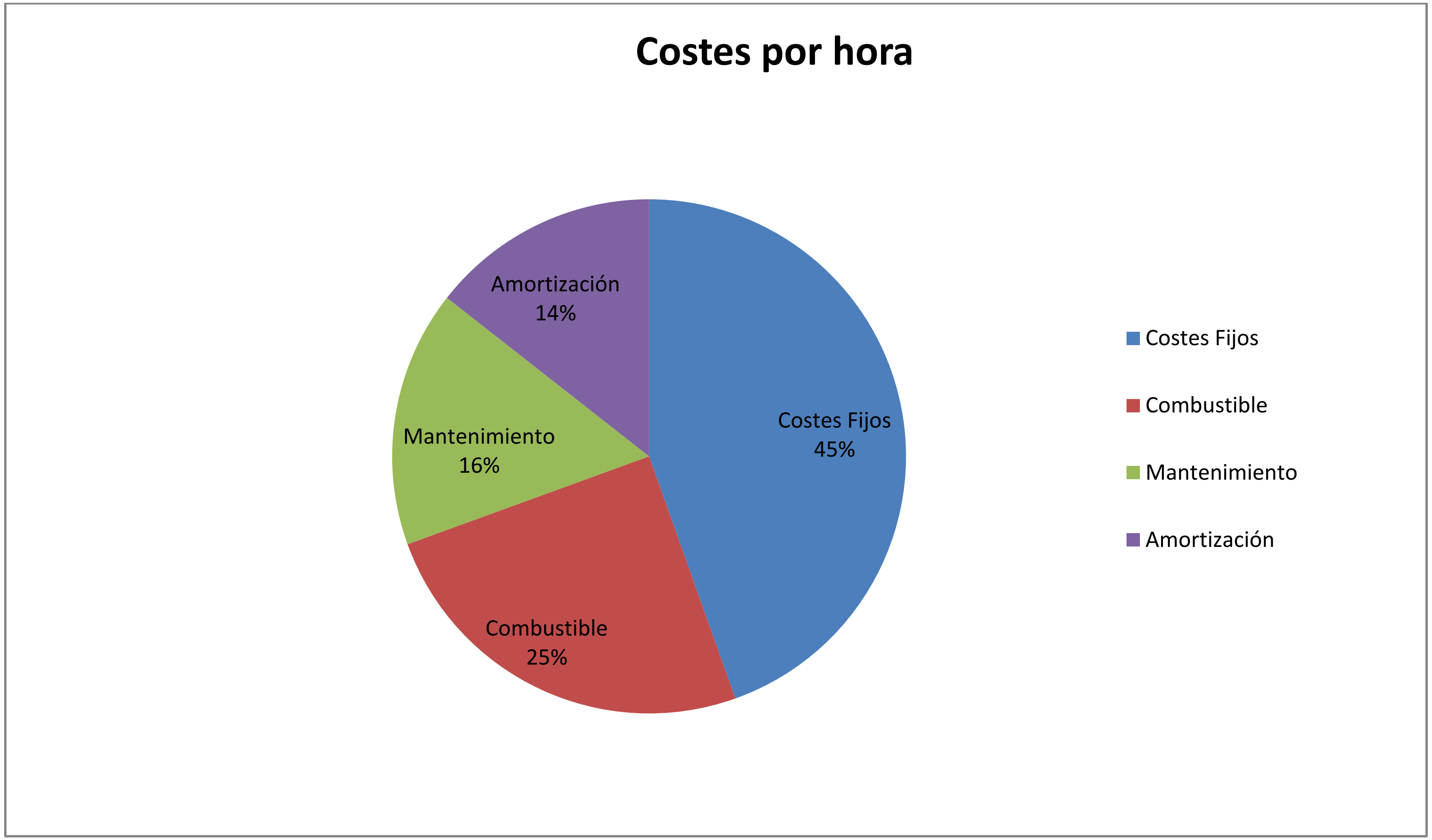


FIGURA (4.1).- Diagrama Porcentual de Estimación de Costos por hora en Costa Rica

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proceso de diseño seguido adimensionalmente, a partir de un modelo construido, permite optimizar el tiempo de elaboración de los planos de forma de la nave.

Con el análisis del escantillonado en fibra de vidrio y bases de máquinas, los factores de seguridad calculados exceden en rangos de 2 a 1frente a los solicitados por las reglas, justificando en parte su diseño.

La utilización de materiales nuevos para obtener estructuras más ligeras obligan a realizar un monitoreo en las variables que inciden en producto final (casco).

La construcción del sistema flexible mediante el adiestramiento local, demuestra la habilidad de la mano de obra al acoplarlo geométricamente en el casco.

La planificación de actividades se incrementó en un 33% del tiempo inicial estimado de construcción, debido a los problemas en procesos de importación de materia prima y equipos.

La exportación para el ensamble final en Costa Rica, permitó establecer un ahorro del 250% en pagos arancelarios, comparándolo entre el pago de una nave sin terminar a una nave terminada.

La ejecución de las actividades de ensamble en Costa Rica llevó a un estado de incertidumbre en su finalización, aumentando en un 100% del tiempo programado (2 meses y 15 días). Este ahorro en recursos económicos no fue compensado con el tiempo de entrega de la nave.

En las pruebas de rendimiento de la nave, comparando lo diseñado frente a su funcionamiento real, la velocidad de la nave se vio en perjuicio en un 25%. Esta situación evidenció la incidencia del sobrepeso de la estructura flexible, producido por mayor densidad de la tela a la que fue estimada en el diseño,

A pesar de estos imprevistos e inconvenientes, el proyecto posee un TIR del 52,80%, con el funcionamiento de la empresa turística. Esto representa un gran atractivo del negocio con la operación de naves anfibias, cuyo precio por plaza superaba los $20.

Considerando la planificación de actividades en los escenarios de construcción y ensamble, se deben mejorar las estimaciones de tiempo en la importación, adiestramiento de mano de obra y logística, para favorecer la entrega oportuna de otras unidades similares.

BIBLIOGRAFIA

1. Aláez, J. Embarcaciones rápidas de poco desplazamiento, Primer Simposium Panamericano de Ingeniera naval, Guayaquil-Ecuador. Octubre 1994

2. Arias, A, Arancel de Importaciones del Ecuador, Pudeleco, Guayaquil - Ecuador, Enero 2002

3. Bhattacharyya, R, Dynamics Of Marine Vehicles, Wiley – Interscience, USA, 1974

4. Bureau Veritas, Marine Hovercraft, B.V., Paris France,2002

5. Chicago Blower Corporation, Basics on Fan Design and Selection, Chicago Blower Corporation, Chicago – USA, Agosto 2004

6. De la Cruz, M. Memoria Técnica de nave NM 14/FY, Neumar S.A., Madrid – España, Junio 2005

7. Espinosa, R. Contrato de Colaboración y Transferencia de Tecnología entre Neumar y Construcciones Navales, Construcciones Navales, Guayaquil –Ecuador, Junio 2004.

8. Espinosa, R., Creer es Poder…Logros del mes. Quien Cree, Crea, Revista Cámara de la Pequeña Industria CAPIG, Guayaquil- Ecuador, Octubre 2005

9. Estrada Y Yerovi, El Siglo de los Vapores Fluviales 1840 - 1940,Instituto de Historia Marítima, Guayaquil – Ecuador, 1992

10. FitzPatrick, P, The principles of hovercraft design, Hovercraft Club of Great Britain, S.E. Branch, Abril 2003

11. FitzPatrick, P, Calculation of thrust in a ducted fan assembly for Hovercraft, Hovercraft Club of Great Britain, S.E. Branch, Abril 2003

12. González, D. Yate Anfibio revoluciona Tour, Periódico El Imperial, Punta Arenas – Costa Rica, Febrero 2005

13. Home built hovercraft Flight Internacional, Supplement, 1964

14. Mante, P. Air Cushion Craft Development, David W. Taylor Naval Ship, Bethside Maryland - USA, Enero 1980

15. Nasseh, J., Manual de Construcción de barcos, Booklook, Río de Janeiro- Brasil, 2000

16. Nida Core, Structural Honeycomb Materials, Nida Core, Port St. Lucie Fl – USA, Agosto 2004.

17. Aire Acondicionado. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.flagshipmarine.com

18. Aluminio Naval. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.alu-stock.es

19. Anclas. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.fortressanchors.com

20. Articulaciones plásticas. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.igus.com

21. Auromat, gelcoat y resinas. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.andercol.com.co

22. Balsas salvavidas. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.duarry.com

23. Bombas de achique. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.johnson-pump.com

24. Bujes. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.martinsprocket.com

25. Club Americano de Hovercraft. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.hoverclubofamerica.org

26. Control electro hidráulico. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.BennettTrimTabs.com

27. Corporación Aduanera del Ecuador. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.aduana.gov.ec

28. Dirección General de Marina Mercante. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.digmer.org

29. Diseño de hovercraft. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.acvdesing.com

30. Embragues centrífugos. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.blm-cm.com

31. Equipamiento marino. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.vetus.com

32. Equipos de navegación. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.navionics.com

33. Equipos de comunicación. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.westmarine.com

34. Equipos de refrigeración marino. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.indelmarine.com

35. Espuma de pvc y core bond. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.diabgroup.com

36. Federación de Hovercraft Europea. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.europeanhovercraftfederation.org

37. Federación Mundial de Hovercraft. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.worldhovercratfederation.org

38. Hélices. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.ivoprop.com

39. Línea de mobiliario. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.eknes.no

40. Material de vulcanización. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.rema-tiptop.com

41. Motores industriales. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.cat-industrial.com

42. Neopreno para hovercraft. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.rosich.com/

43. Organización Americana de Hovercraft. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.hovercraft.com

44. Organización Inglesa de Hovercraft. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.hovercraft.org.uk

45. Pernos y tuercas plásticas. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.isc-sl.com & https://secure.microplastics.com

46. Radares. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.raymarine.com

47. Rodamientos y rulimanes. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.skf.com

48. Transmisión mecánica. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.walther-flender.de

49. Winches. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.masterwinch.com

ANEXO A

HOVERCRAFT MÁS GRANDE DEL MUNDO

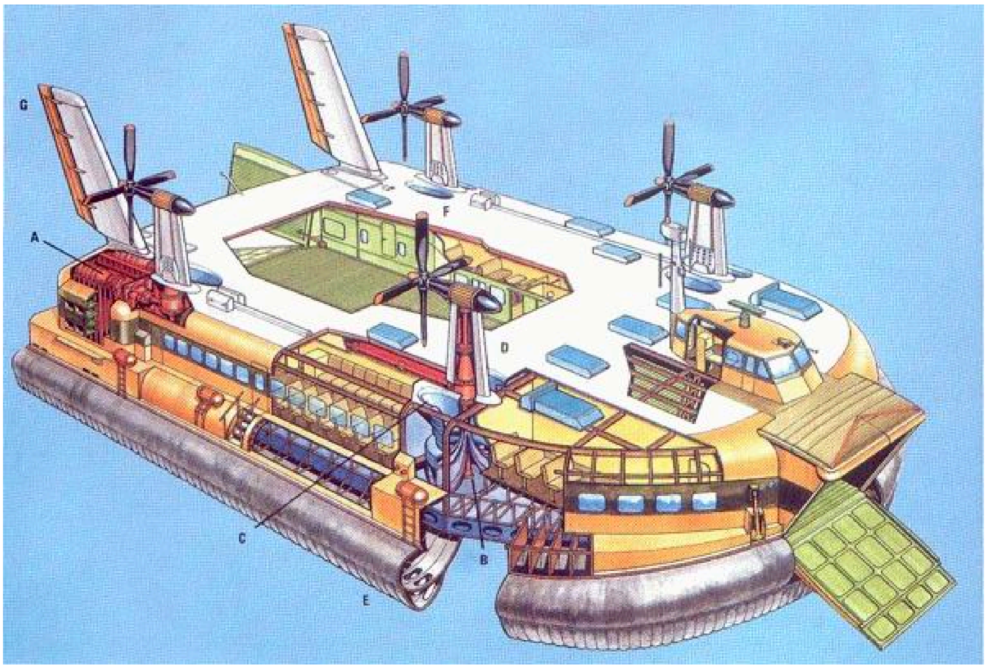


FIGURA (A.1).- Hovercraft SR.N4

El SR.N4 es uno de los mayores hovercrafts del mundo; sin embargo funciona según los mismos principios de los modelos más chicos. La potencia generada por el motor (A) acciona el ventilador (B), que aspira el aire a través de los conductos (C) dispuestos a ambos lados de la góndola de la hélice (D).

El aire es impulsado hacia abajo e hincha el faldón de caucho (E); se distribuye a través de las toberas practicadas en el caucho, debajo del casco, formándose un colchón de aire que levanta y sostiene al vehículo.

El motor también suministra la fuerza necesaria para hacer girar la hélice (F) que propulsa al hovercraft hacia adelante, mientras que los timones montados en la cola (G) permiten el gobierno. En el SR.N4, cada grupo ventilador/hélice lleva su propio motor.

ANEXO B

TABLA B.I.- DETALLES TÉCNICOS DE ALGUNOS HOVERCRAFTS CONSTRUIDOS EN EL MUNDO

Tipo	Origen	Eslora Mts.	Manga Mts.	Potencia Hp	Carga Útil	Autonomía Millas	Velocidad nudos
SR.N1	UK	6.9	7.3	435	500k	30	20
SR.N4Mk2	UK	39.7	23.8	4x3.400	282p 37v	120	70
SR.N4 Mk3	UK	56.4	28	4x3.400	424p 54v	120	60
SR.N6	UK	18.3	8.5	1050	3t	160	50
BH7	UK	24	14	4250	14t	160	60
VT2	UK	30	13.3	2x4252	32t	200	70
Skima 4	UK	4.8	2.0	25	4p	descon.	25
Skima 12	UK	7.8	3.5	250	12p	descon.	35
Gus	URSS	21.3	7	3x780	4t	180	55
Lebed	URSS	25	11	3x3.600	35t	100	50
Tsaplya	URSS	24	14	2x8.000	25t	descon.	65
Utenok	URSS	26.3	13	1x530	35t	descon.	65
Aist	URSS	47.8	17.5	2x24.000	60t	340	55
LCAC	USA	26.8	14.3	4x3.070	75t	30	50
LACV-30	USA	23.3	11.2	2x1800	30t	65	30

ANEXO C

Hovercraft Anfibio para Salvamento y Patrullaje NM6/SR

Foto C.1.- Hovercraft NM6 /SR

ESPECIFICACIONES

Dimensiones:

Exteriores:

Eslora total:	6,93 metros
Eslora del casco:	6,35 metros
Longitud de transporte:	6,75 metros
Manga total:	2,75 metros
Manga del casco:	2,07 metros
Anchura de transporte:	2,15 metros
Altura sobre colchón de aire:	2,60 metros
Altura en reposo y de transporte:	2,35 metros
Altura del colchón de aire:	0,40 metros

Cabina:

Longitud interior:	2,40 metros
Anchura interior:	1,70 metros

Pesos:

Peso vacío:	1.300	Kg
Peso máximo:	1.800	Kg
Carga total (incluyendo combustible):	500	Kg
Capacidad máxima de combustible:	120 litros	
Carga útil con 120 litros de combustible: (5 horas de autonomía):	400	Kg
Carga útil con 60 litros de combustible: (2,5 horas de autonomía):	450	Kg

Prestaciones:

Velocidad máxima (agua y viento en calma):	40	nudos
Velocidad de crucero (agua y viento en calma):	35	nudos
Pendiente máxima continua:	12	%
Altura de olas máxima recomendable:	1,00	m
Altura de obstáculos máxima:	0,30	m
Autonomía máxima a velocidad de crucero (agua y viento en calma):	175	m.n.
Consumo medio de combustible:	24	l/h

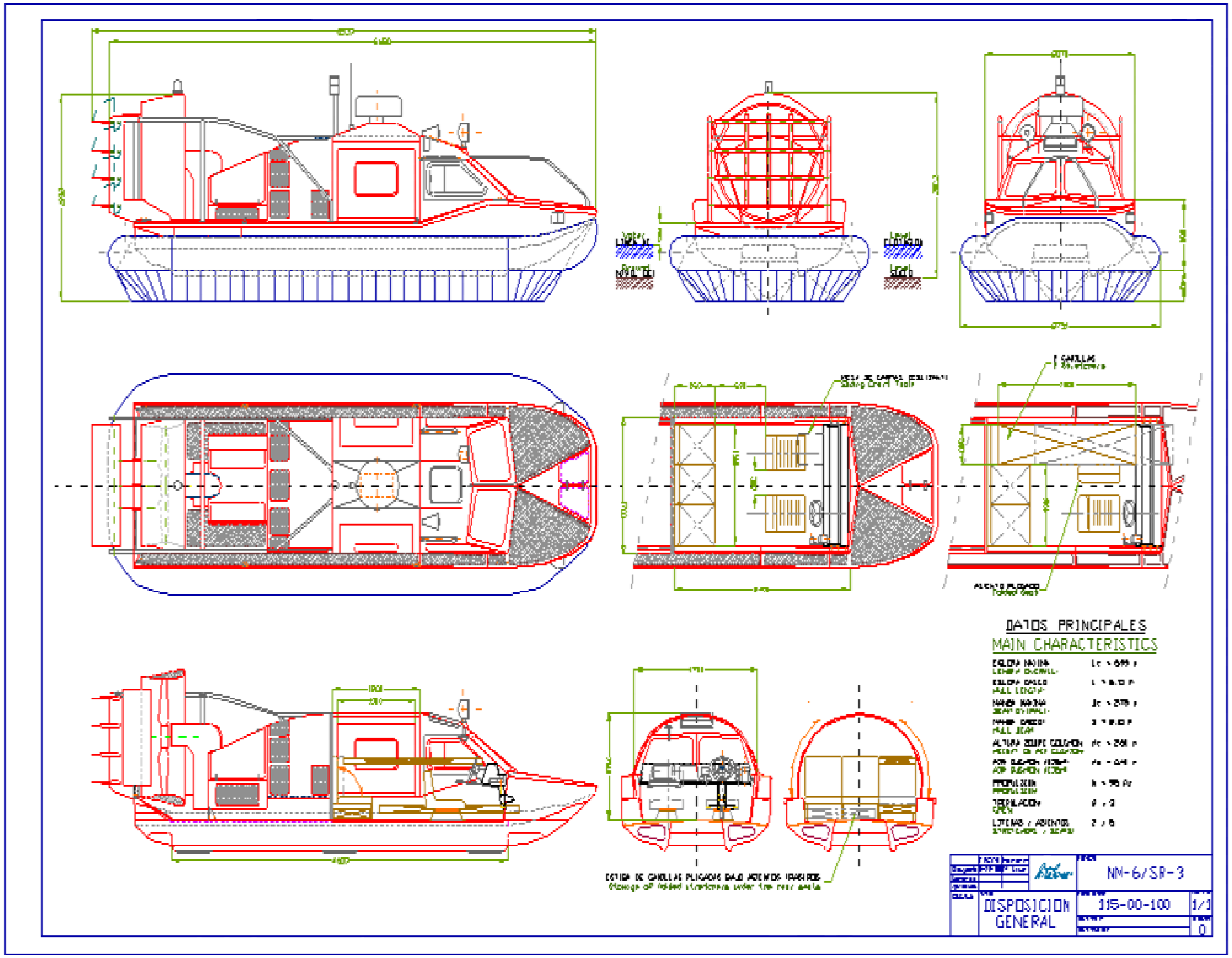
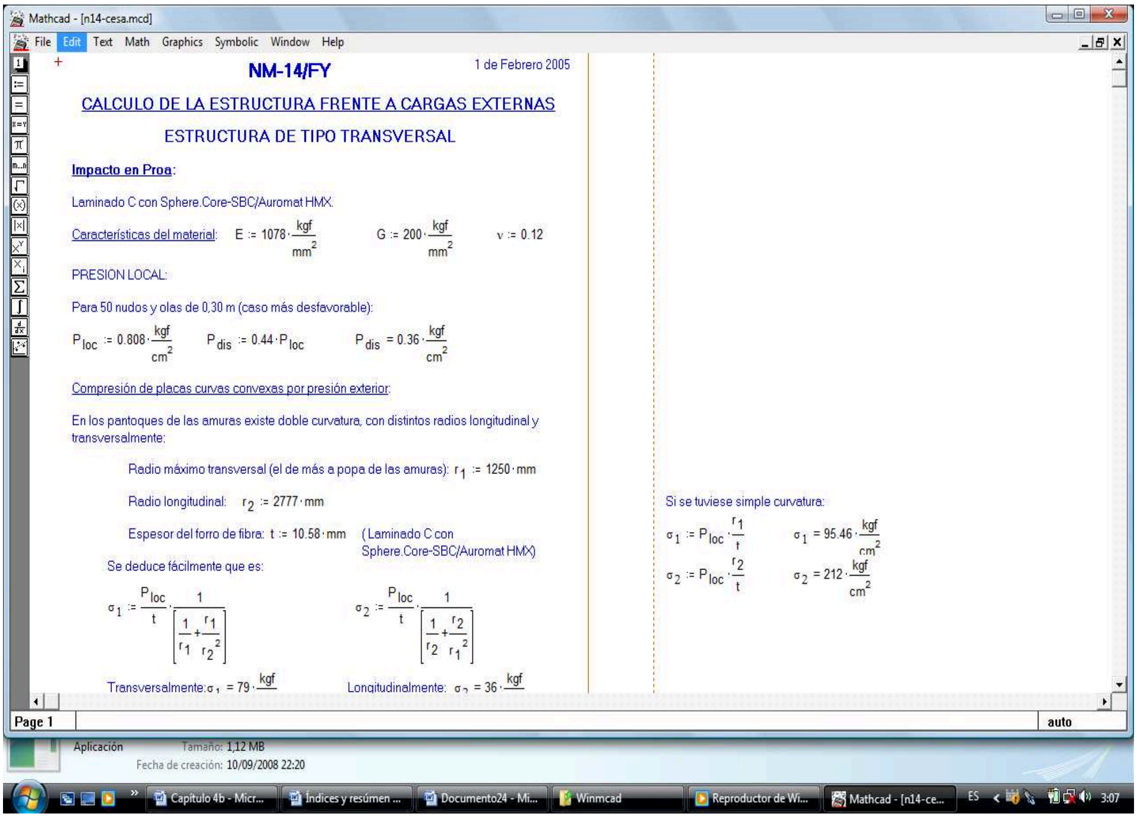


FIGURA (C.1).- Distribución de Hovercraft NM6/SR



Mathcad - [n14-cesa.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

NM-14/FY 1 de Febrero 2005

CALCULO DE LA ESTRUCTURA FRENTE A CARGAS EXTERNAS

ESTRUCTURA DE TIPO TRANSVERSAL

Impacto en Proa:

Laminado C con Sphere.Core-SBC/Auromat HMX.

Características del material: $E := 1078 \cdot \frac{kgf}{mm^2}$ $G := 200 \cdot \frac{kgf}{mm^2}$ $\nu := 0.12$

PRESION LOCAL:

Para 50 nudos y olas de 0,30 m (caso más desfavorable):

$P_{loc} := 0.808 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$ $P_{dis} := 0.44 \cdot P_{loc}$ $P_{dis} = 0.36 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Compresión de placas curvas convexas por presión exterior:

En los pantoques de las amuras existe doble curvatura, con distintos radios longitudinal y transversalmente:

Radio máximo transversal (el de más a popa de las amuras): $r_1 := 1250 \cdot mm$

Radio longitudinal: $r_2 := 2777 \cdot mm$

Espesor del forro de fibra: $t := 10.58 \cdot mm$ (Laminado C con Sphere.Core-SBC/Auromat HMX)

Se deduce fácilmente que es:

$\sigma_1 := \frac{P_{loc}}{t} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} + \frac{r_1}{r_2^2}\right)}$ $\sigma_2 := \frac{P_{loc}}{t} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{r_2} + \frac{r_2}{r_1^2}\right)}$

Transversalmente: $\sigma_1 = 79 \cdot \frac{kgf}{}$ Longitudinalmente: $\sigma_2 = 36 \cdot \frac{kgf}{}$

Si se tuviese simple curvatura:

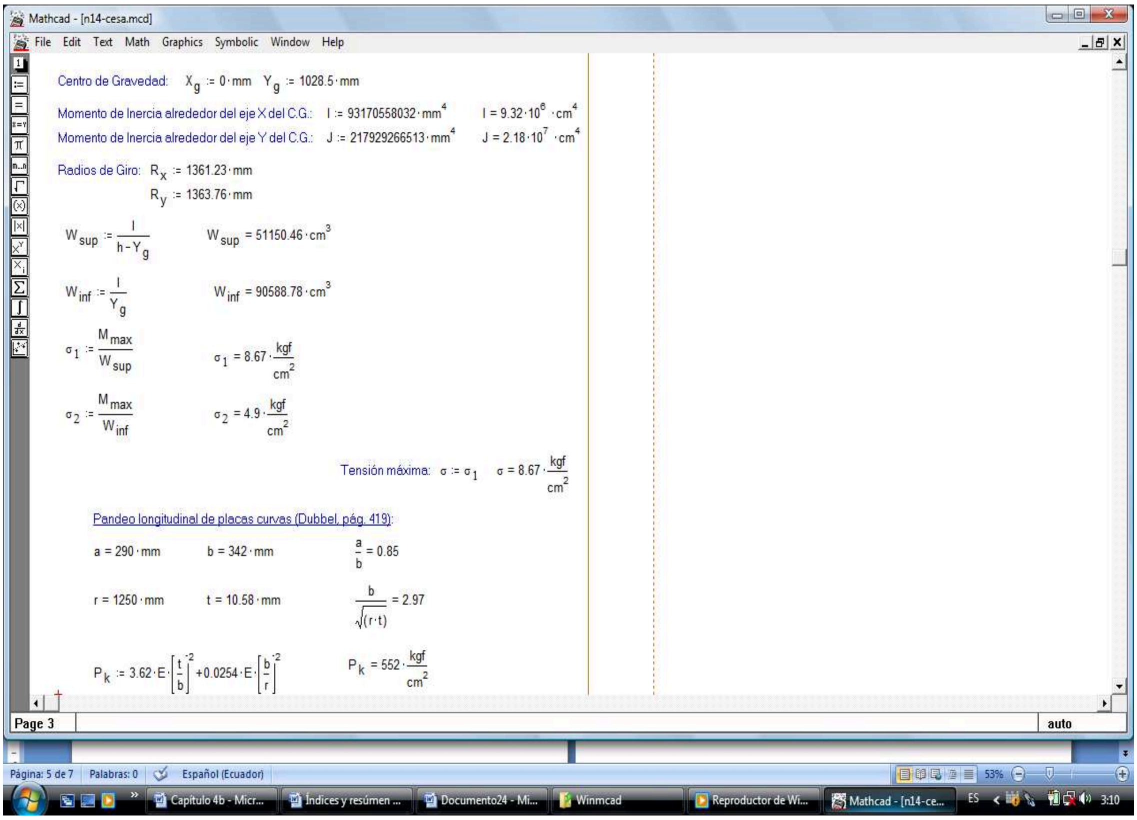
$\sigma_1 := P_{loc} \cdot \frac{r_1}{t}$ $\sigma_1 = 95.46 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

$\sigma_2 := P_{loc} \cdot \frac{r_2}{t}$ $\sigma_2 = 212 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Page 1 auto

Aplicación Tamaño: 1,12 MB Fecha de creación: 10/09/2008 22:20

Capítulo 4b - Micr... Índices y resúmen ... Documento24 - Mi... Winmcad Reproductor de Wi... Mathcad - [n14-ce... ES 3:07



Mathcad - [n14-cesa.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

Centro de Gravedad: $X_g := 0 \cdot mm$ $Y_g := 1028.5 \cdot mm$

Momento de Inercia alrededor del eje X del C.G.: $I := 93170558032 \cdot mm^4$ $I = 9.32 \cdot 10^6 \cdot cm^4$

Momento de Inercia alrededor del eje Y del C.G.: $J := 217929266513 \cdot mm^4$ $J = 2.18 \cdot 10^7 \cdot cm^4$

Radios de Giro: $R_x := 1361.23 \cdot mm$

$R_y := 1363.76 \cdot mm$

$W_{sup} := \frac{I}{h - Y_g}$ $W_{sup} = 51150.46 \cdot cm^3$

$W_{inf} := \frac{I}{Y_g}$ $W_{inf} = 90588.78 \cdot cm^3$

$\sigma_1 := \frac{M_{max}}{W_{sup}}$ $\sigma_1 = 8.67 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

$\sigma_2 := \frac{M_{max}}{W_{inf}}$ $\sigma_2 = 4.9 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Tensión máxima: $\sigma := \sigma_1$ $\sigma = 8.67 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Pandeo longitudinal de placas curvas (Dubbel, pág. 419):

$a = 290 \cdot mm$ $b = 342 \cdot mm$ $\frac{a}{b} = 0.85$

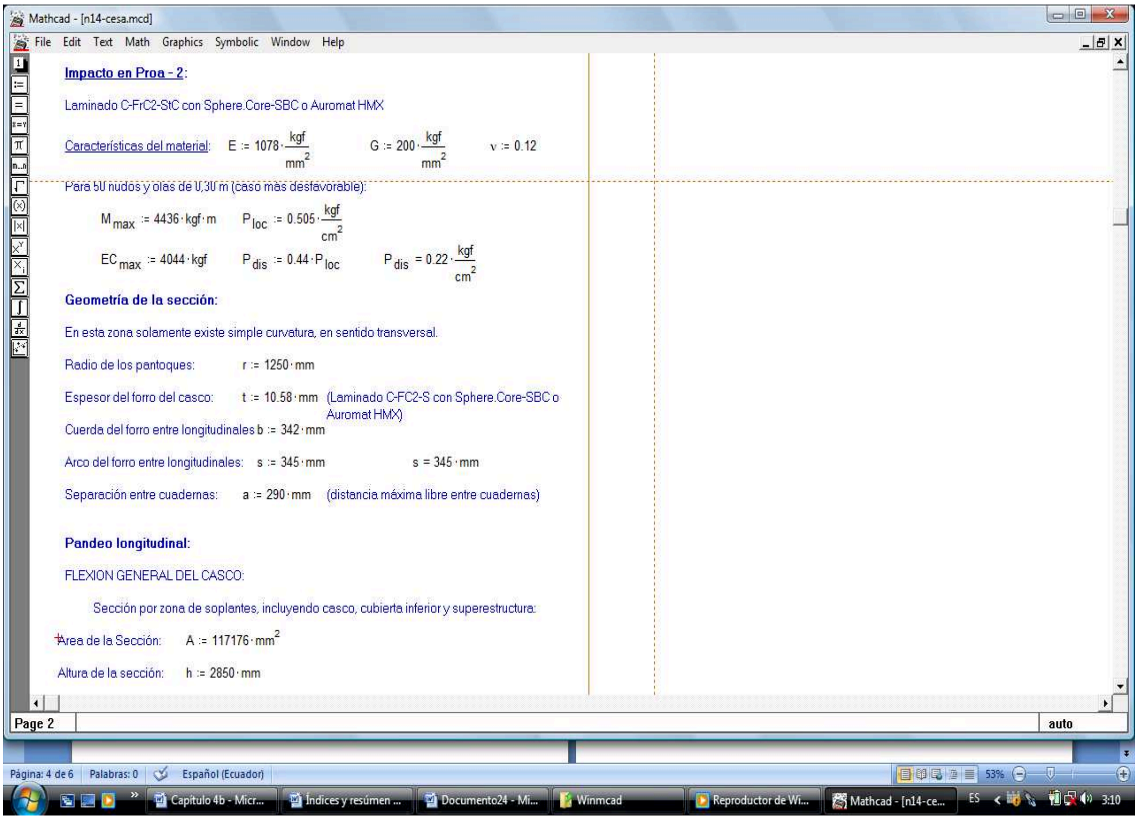
$r = 1250 \cdot mm$ $t = 10.58 \cdot mm$ $\frac{b}{\sqrt{(r \cdot t)}} = 2.97$

$P_k := 3.62 \cdot E \cdot \left[\frac{t}{b}\right]^{2} + 0.0254 \cdot E \cdot \left[\frac{b}{r}\right]^{2}$ $P_k = 552 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Page 3 auto

Página: 5 de 7 Palabras: 0 Español (Ecuador) 53%

Capítulo 4b - Micr... Índices y resúmen ... Documento24 - Mi... Winmcad Reproductor de Wi... Mathcad - [n14-ce... ES 3:10



Impacto en Proa - 2:

Laminado C-FrC2-StC con Sphere.Core-SBC o Auromat HMX

Características del material: $E := 1078 \cdot \frac{kgf}{mm^2}$ $G := 200 \cdot \frac{kgf}{mm^2}$ $\nu := 0.12$

Para 50 nudos y olas de 0,30 m (caso más desfavorable):

$M_{max} := 4436 \cdot kgf \cdot m$ $P_{loc} := 0.505 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

$EC_{max} := 4044 \cdot kgf$ $P_{dis} := 0.44 \cdot P_{loc}$ $P_{dis} = 0.22 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Geometría de la sección:

En esta zona solamente existe simple curvatura, en sentido transversal.

Radio de los pantoques: $r := 1250 \cdot mm$

Espesor del forro del casco: $t := 10.58 \cdot mm$ (Laminado C-FC2-S con Sphere.Core-SBC o Auromat HMX)

Cuerda del forro entre longitudinales $b := 342 \cdot mm$

Arco del forro entre longitudinales: $s := 345 \cdot mm$ $s = 345 \cdot mm$

Separación entre cuadernas: $a := 290 \cdot mm$ (distancia máxima libre entre cuadernas)

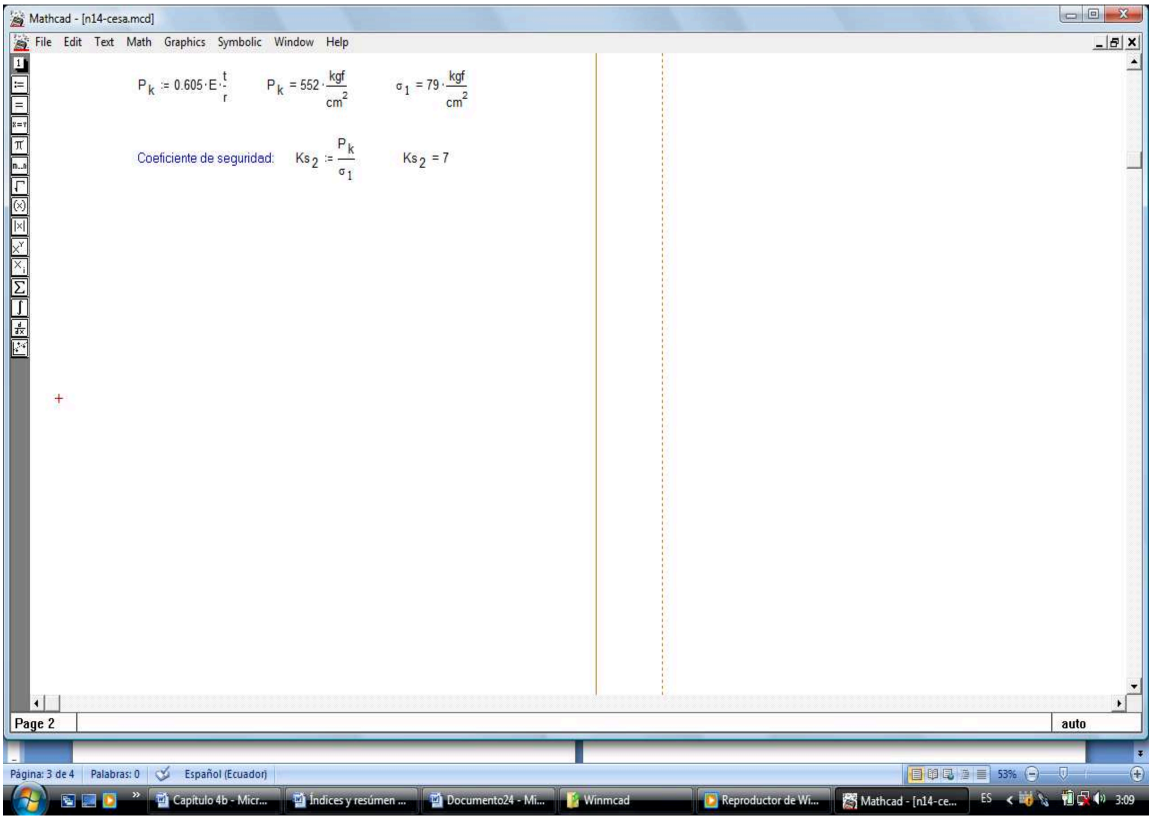
Pandeo longitudinal:

FLEXION GENERAL DEL CASCO:

Sección por zona de soplantes, incluyendo casco, cubierta inferior y superestructura:

Area de la Sección: $A := 117176 \cdot mm^2$

Altura de la sección: $h := 2850 \cdot mm$



$P_k := 0.605 \cdot E \cdot \frac{t}{r}$ $P_k = 552 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$ $\sigma_1 = 79 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Coeficiente de seguridad: $Ks_2 := \frac{P_k}{\sigma_1}$ $Ks_2 = 7$

Mathcad - [n14-cesa.mcd]

$\sigma = 9 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Coeficiente de seguridad: $Ks := \frac{P_k}{\sigma}$ $\quad Ks = 66.7$

Pandeo transversal:

PRESION LOCAL:

$P_{loc} = 0.505 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Compresión de placas curvas convexas por presión exterior:

$r = 1250 \cdot mm \qquad t = 10.58 \cdot mm$

$\sigma := P_{loc} \cdot \frac{r}{t} \qquad \sigma = 60 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Pandeo local, suponiendo la placa plana (C.S. Smith, pág. 185):

Se suponen iguales características del material en las direcciones X e Y.

$t = 10.58 \cdot mm \quad a = 290 \cdot mm$

$D := E \cdot \frac{t^3}{12 \cdot \left(1 - \nu^2\right)} \qquad C := G \cdot \frac{t^3}{12} \qquad H := \nu \cdot D + 2 \cdot C$

Fuerza crítica de pandeo por unidad de longitud:

$Ncr := 2 \cdot \frac{\pi^2}{a^2} \cdot (H + D) \qquad Ncr = 37.6 \cdot \frac{kgf}{mm}$

Tensión de pandeo crítica:

$\sigma_K := \frac{Ncr}{t} \qquad \sigma_K = 356 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Page 3

Mathcad - [n14-cesa.mcd]

La tensión era: $\sigma = 60 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$ Por tanto:

Coeficiente de seguridad: $Ks_2 := \frac{\sigma_K}{\sigma} \qquad Ks_2 = 6$

Hay que tener en cuenta que se ha supuesto placa plana, cuando de hecho es curva, por lo que el margen de seguridad es mayor.

Pandeo transversal entre vagras, suponiendo la placa plana (C.S. Smith, pág. 185):

Se considera la sección de la cuaderna y el tramo de placa asociado.

Sección HAT1R-14 (Sección recta incluyendo forro).

Area de la Sección: $A := 4340 \cdot mm^2$

Area de las paredes (webs) de las cuadernas:

$As := 2 \cdot 32 \cdot 2.27 \cdot mm^2 \quad As = 145.28 \cdot mm^2$

Altura de la sección: $h := 43.36 \cdot mm$

Ancho de la sección: $c := 357 \cdot mm$

Centro de Gravedad: $X_g := 0 \cdot mm \quad Y_g := 7.49 \cdot mm$

Momento de Inercia alrededor del eje X del C.G.:

$I := 274458 \cdot mm^4 \quad I = 27.45 \cdot cm^4$

Momento de Inercia alrededor del eje Y del C.G.:

$J := 42378080 \cdot mm^4 \quad J = 4.24 \cdot 10^3 \cdot cm^4$

Momentos resistentes:

$W_{sup} := \frac{I}{\left(h - Y_g\right)} \qquad W_{sup} = 7.65 \cdot cm^3$

Page 4

Mathcad - [n14-cesa.mcd]

Momento de Inercia alrededor del eje Y del C.G.:

$J := 42378080 \cdot mm^4 \quad J = 4.24 \cdot 10^3 \cdot cm^4$

Momentos resistentes:

$W_{sup} := \dfrac{I}{\left[h - Y_g\right]} \qquad W_{sup} = 7.65 \cdot cm^3$

$W_{inf} := \dfrac{I}{Y_g} \qquad W_{inf} = 36.64 \cdot cm^3$

Separación entre apoyos longitudinales (arco de forro del casco): $s = 345 \cdot mm$

Rigidez a flexión de la sección: $Dv := E \cdot I \qquad Dv = 2.96 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^2$

Tensión crítica de pandeo (fórmula de Euler):

$$\sigma_K := \pi^2 \cdot \frac{Dv}{\left[A \cdot s^2\right]} \cdot \frac{1}{\left[1 + \pi^2 \cdot \dfrac{Dv}{\left[s^2 \cdot G \cdot As\right]}\right]} \qquad \sigma_K = 306 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

$$1 + \pi^2 \cdot \frac{Dv}{\left[b^2 \cdot G \cdot As\right]} = 1.86$$

Tensión de trabajo: $\sigma = 60 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Coeficiente de seguridad: $Ks := \dfrac{\sigma_K}{\sigma} \qquad Ks = 5.1$

El margen de seguridad real es mayor que el aquí obtenido, ya que se ha supuesto placa plana, cuando de hecho es curva.

Page 5

Mathcad - [n14-cesa.mcd]

Impacto en Centro de Gravedad:

Laminado C-FrC1-StC con Sphere.Core-SBC o Auromat HMX

Características del material: $E := 1078 \cdot \dfrac{kgf}{mm^2} \qquad G := 200 \cdot \dfrac{kgf}{mm^2} \qquad \nu := 0.12$

Para 50 nudos y olas de 0,30 m (caso más desfavorable):

$M_{max} := 17800 \cdot kgf \cdot m \qquad P_{loc} := 0.395 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

$EC_{max} := 5533 \cdot kgf \qquad P_{dis} := 0.404 \cdot P_{loc} \qquad P_{dis} = 0.16 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Geometría de la sección:

Radio de los pantoques: $r := 1250 \cdot mm$

Espesor del forro del casco: $t := 10.58 \cdot mm$

Cuerda del forro entre longitudinales $b := 340 \cdot mm$

Arco del forro entre longitudinales: $s := 340 \cdot mm$

Separación entre cuadernas: $a := 320 \cdot mm$ (distancia máxima libre entre cuadernas)

Pandeo longitudinal:

FLEXION GENERAL DEL CASCO:

Sección por cabina de pasaje, incluyendo casco, cubierta inferior y cabina sin ventanas:

Area de la Sección: $A := 87210 \cdot mm^2$

Altura de la sección: $h := 2350 \cdot mm$

Centro de Gravedad: $X_g := 0 \cdot mm \quad Y_g := 602.67 \cdot mm$

Momento de Inercia alrededor del eje X del C.G.: $I := 36091673927 \cdot mm^4 \qquad I = 3.61 \cdot 10^6 \cdot cm^4$

Momento de Inercia alrededor del eje Y del C.G.: $J := 173357894984 \cdot mm^4 \qquad J = 1.73 \cdot 10^7 \cdot cm^4$

Radios de Giro: $R_x := 881.51 \cdot mm$

$R_y := 1409.90 \cdot mm$

Page 5

Mathcad - [n14-cesa.mcd]

$R_y := 1409.90 \cdot mm$

$W_{sup} := \dfrac{I}{h - Y_g}$ $\qquad W_{sup} = 20655.33 \cdot cm^3$

$W_{inf} := \dfrac{I}{Y_g}$ $\qquad W_{inf} = 59886.3 \cdot cm^3$

$\sigma_1 := \dfrac{M_{max}}{W_{sup}}$ $\qquad \sigma_1 = 86.18 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

$\sigma_2 := \dfrac{M_{max}}{W_{inf}}$ $\qquad \sigma_2 = 29.72 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Tensión máxima: $\quad \sigma := \sigma_1 \qquad \sigma = 86.18 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Pandeo longitudinal de placas curvas (Dubbel, pág. 419):

$a = 320 \cdot mm \qquad b = 340 \cdot mm \qquad \dfrac{a}{b} = 0.94$

$r = 1250 \cdot mm \qquad t = 10.58 \cdot mm \qquad \dfrac{b}{\sqrt{(r \cdot t)}} = 2.96$

$P_k := 3.62 \cdot E \cdot \left[\dfrac{t}{b}\right]^2 + 0.0254 \cdot E \cdot \left[\dfrac{b}{r}\right]^2 \qquad P_k = 580 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

$\sigma = 86 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Coeficiente de seguridad: $\quad Ks := \dfrac{P_k}{\sigma} \qquad Ks = 6.7$

Page 6

Mathcad - [n14-cesa.mcd]

Pandeo transversal:

PRESION LOCAL:

$P_{loc} = 0.395 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Compresión de placas curvas convexas por presión exterior:

$r = 1250 \cdot mm \qquad t = 10.58 \cdot mm$

$\sigma := P_{loc} \cdot \dfrac{r}{t} \qquad \sigma = 47 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Pandeo local, suponiendo la placa plana (C.S. Smith, pág. 185):

Se suponen iguales características del material en las direcciones X e Y.

$t = 10.58 \cdot mm \qquad a = 320 \cdot mm$ $\quad$ Arco del forro entre longitudinales: $\quad s = 340 \cdot mm$

$D := E \cdot \dfrac{t^3}{12 \cdot \left[1 - \nu^2\right]} \qquad C := G \cdot \dfrac{t^3}{12} \qquad H := \nu \cdot D + 2 \cdot C$

Fuerza crítica de pandeo por unidad de longitud:

$Ncr := 2 \cdot \dfrac{\pi^2}{a^2} \cdot (H + D) \qquad Ncr = 30.9 \cdot \dfrac{kgf}{mm}$

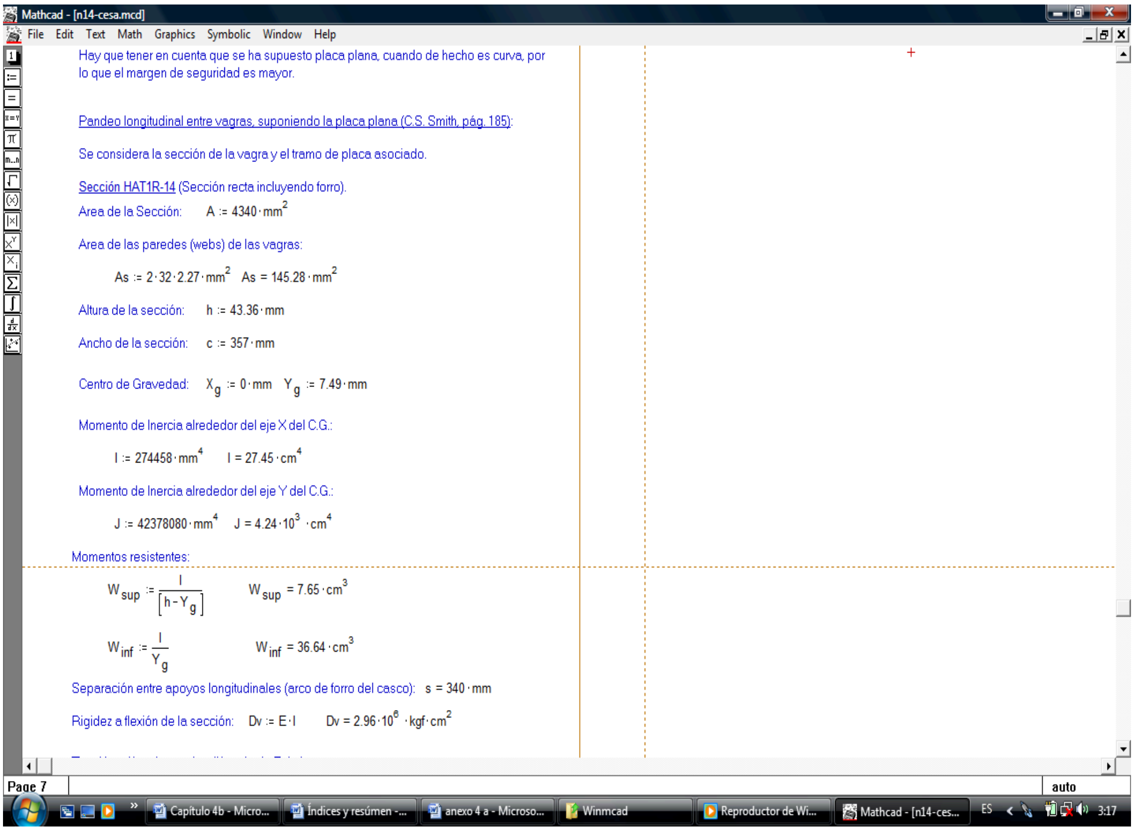
Tensión de pandeo crítica:

$\sigma_\kappa := \dfrac{Ncr}{t} \qquad \sigma_\kappa = 292 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

La tensión era: $\quad \sigma = 47 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$ $\qquad$ Por tanto:

Coeficiente de seguridad: $\quad Ks_2 := \dfrac{\sigma_\kappa}{\sigma} \qquad Ks_2 = 6.3$

Page 6



Hay que tener en cuenta que se ha supuesto placa plana, cuando de hecho es curva, por lo que el margen de seguridad es mayor.

Pandeo longitudinal entre vagras, suponiendo la placa plana (C.S. Smith, pág. 185):

Se considera la sección de la vagra y el tramo de placa asociado.

Sección HAT1R-14 (Sección recta incluyendo forro).

Area de la Sección: $A := 4340 \cdot mm^2$

Area de las paredes (webs) de las vagras:

$As := 2 \cdot 32 \cdot 2.27 \cdot mm^2 \quad As = 145.28 \cdot mm^2$

Altura de la sección: $h := 43.36 \cdot mm$

Ancho de la sección: $c := 357 \cdot mm$

Centro de Gravedad: $X_g := 0 \cdot mm \quad Y_g := 7.49 \cdot mm$

Momento de Inercia alrededor del eje X del C.G.:

$I := 274458 \cdot mm^4 \qquad I = 27.45 \cdot cm^4$

Momento de Inercia alrededor del eje Y del C.G.:

$J := 42378080 \cdot mm^4 \quad J = 4.24 \cdot 10^3 \cdot cm^4$

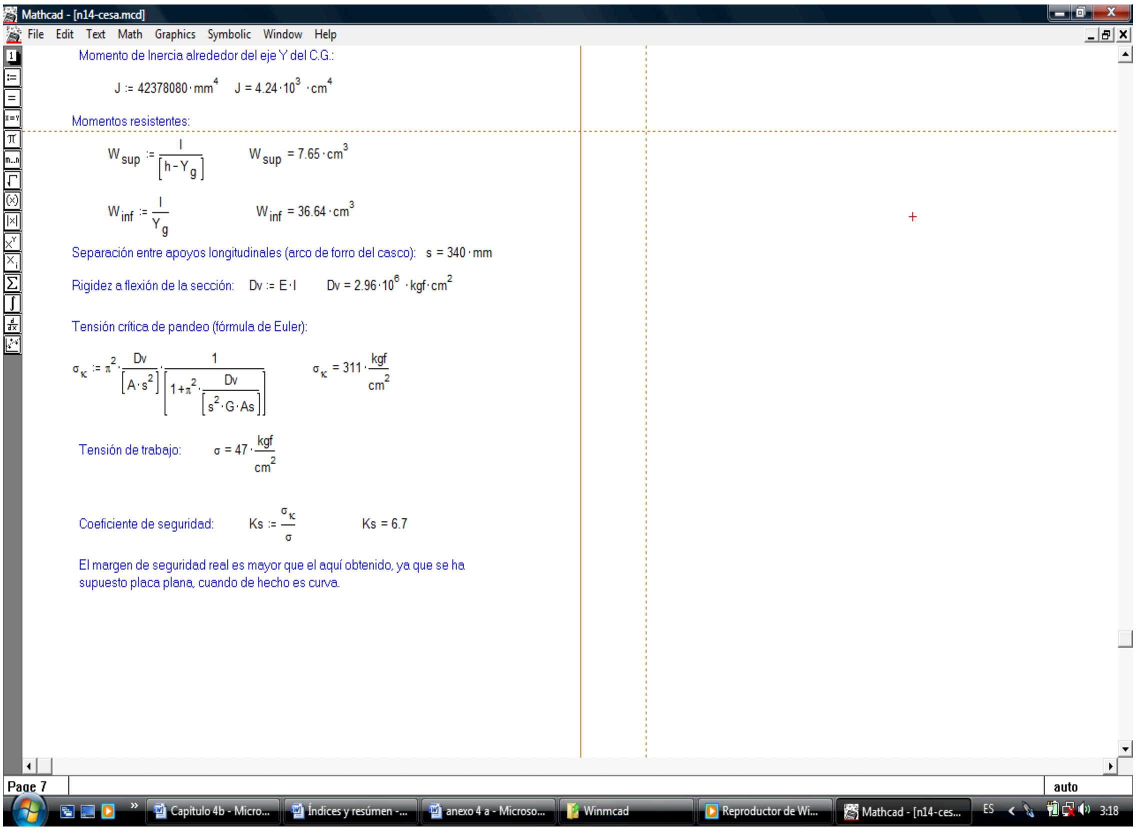
Momentos resistentes:

$$W_{sup} := \frac{I}{\left[h - Y_g\right]} \qquad W_{sup} = 7.65 \cdot cm^3$$

$$W_{inf} := \frac{I}{Y_g} \qquad W_{inf} = 36.64 \cdot cm^3$$

Separación entre apoyos longitudinales (arco de forro del casco): $s = 340 \cdot mm$

Rigidez a flexión de la sección: $Dv := E \cdot I \qquad Dv = 2.96 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^2$



Momento de Inercia alrededor del eje Y del C.G.:

$J := 42378080 \cdot mm^4 \quad J = 4.24 \cdot 10^3 \cdot cm^4$

Momentos resistentes:

$$W_{sup} := \frac{I}{\left[h - Y_g\right]} \qquad W_{sup} = 7.65 \cdot cm^3$$

$$W_{inf} := \frac{I}{Y_g} \qquad W_{inf} = 36.64 \cdot cm^3$$

Separación entre apoyos longitudinales (arco de forro del casco): $s = 340 \cdot mm$

Rigidez a flexión de la sección: $Dv := E \cdot I \qquad Dv = 2.96 \cdot 10^6 \cdot kgf \cdot cm^2$

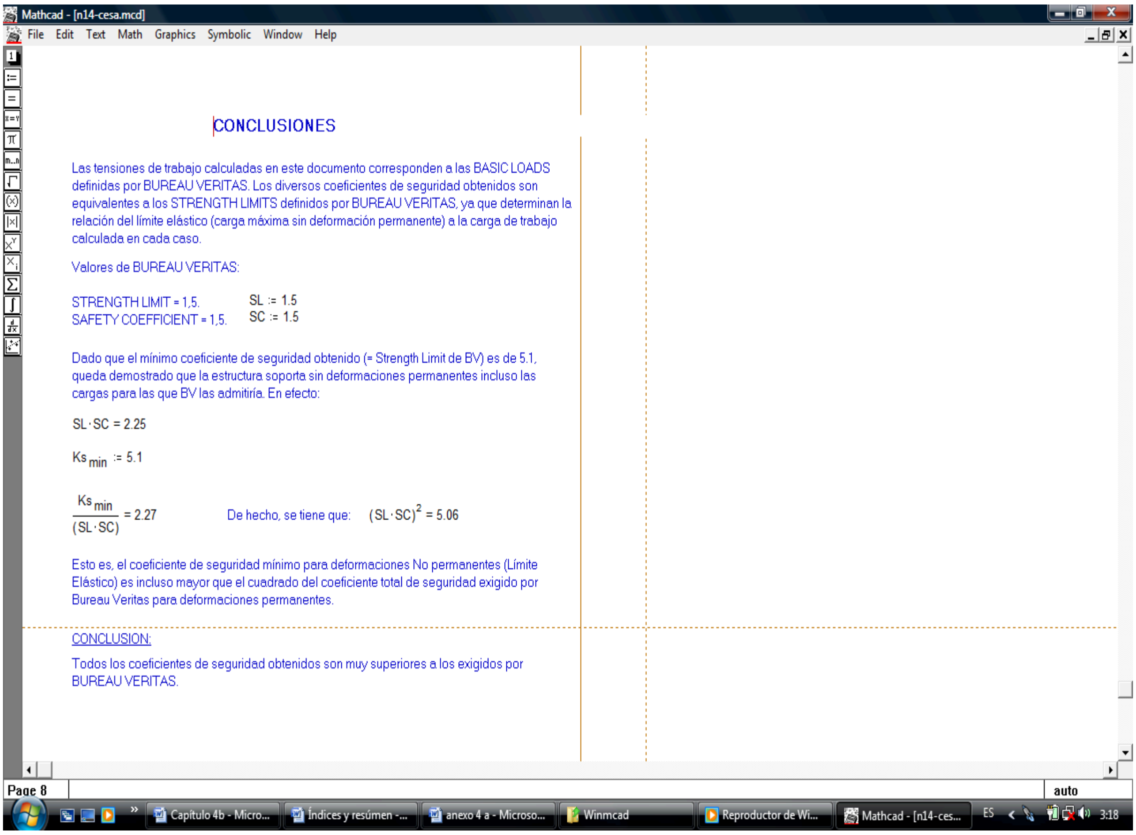
Tensión crítica de pandeo (fórmula de Euler):

$$\sigma_\kappa := \pi^2 \cdot \frac{Dv}{\left[A \cdot s^2\right]} \cdot \frac{1}{\left[1 + \pi^2 \cdot \frac{Dv}{\left[s^2 \cdot G \cdot As\right]}\right]} \qquad \sigma_\kappa = 311 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

Tensión de trabajo: $\sigma = 47 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Coeficiente de seguridad: $Ks := \frac{\sigma_\kappa}{\sigma} \qquad Ks = 6.7$

El margen de seguridad real es mayor que el aquí obtenido, ya que se ha supuesto placa plana, cuando de hecho es curva.



Mathcad - [n14-cesa.mcd]

CONCLUSIONES

Las tensiones de trabajo calculadas en este documento corresponden a las BASIC LOADS definidas por BUREAU VERITAS. Los diversos coeficientes de seguridad obtenidos son equivalentes a los STRENGTH LIMITS definidos por BUREAU VERITAS, ya que determinan la relación del límite elástico (carga máxima sin deformación permanente) a la carga de trabajo calculada en cada caso.

Valores de BUREAU VERITAS:

STRENGTH LIMIT = 1,5. $SL := 1.5$
SAFETY COEFFICIENT = 1,5. $SC := 1.5$

Dado que el mínimo coeficiente de seguridad obtenido (= Strength Limit de BV) es de 5.1, queda demostrado que la estructura soporta sin deformaciones permanentes incluso las cargas para las que BV las admitiría. En efecto:

$SL \cdot SC = 2.25$

$Ks_{min} := 5.1$

$\frac{Ks_{min}}{(SL \cdot SC)} = 2.27$ De hecho, se tiene que: $(SL \cdot SC)^2 = 5.06$

Esto es, el coeficiente de seguridad mínimo para deformaciones No permanentes (Límite Elástico) es incluso mayor que el cuadrado del coeficiente total de seguridad exigido por Bureau Veritas para deformaciones permanentes.

CONCLUSION:

Todos los coeficientes de seguridad obtenidos son muy superiores a los exigidos por BUREAU VERITAS.

Page 8

ANEXO D

Cálculos e información complementaria del Casco

GRP SCANTLINGS

PROJECT			DRAWING		Revision	
No.	Denomination	Code	Number	Title	Number	Date
141	Hovercraft NM-14/FY	14/FY	141-11-000	HULL	F	11-oct-04

Scale: 2

Item	DESCRIPTION	Qtty.	Unit Area (m2)	Total Area (m2)	Laminate Type	Lam. Weight (Kg/m2)	Unit Weight (Kg)	Total Weight (Kg)
1	Landing Skids, bottom tables+ends	2	1,342	2,685	A	12,40	16,64	33,29
2	Landing Skids, webs	4	1,408	5,630	B	9,73	13,69	54,77
3	Landing Skids, top cover	2	1,840	3,680	E	3,14	5,77	11,54
4	Landing Skids, Core (m3)	2	0,235	0,469	U	40,00	9,38	18,77
5	Fore Lower Hull Bridge, lower shell	1	1,638	1,638	A	12,40	20,31	20,31
6	Fore Lower Hull Bridge, upper shell	1	2,154	2,154	B	9,73	20,95	20,95
7	Fore Lower Hull Bridge, Core (m3)	1	0,384	0,384	U	40,00	15,36	15,36
8	Aft Lower Hull Bridge, lower shell	1	1,114	1,114	B	9,73	10,83	10,83
9	Aft Lower Hull Bridge, upper shell	1	1,606	1,606	B	9,73	15,63	15,63
10	Aft Lower Hull Bridge, Core (m3)	1	0,256	0,256	U	40,00	10,24	10,24
11	Bow Lower Front Surfaces	2	0,321	0,642	C	8,42	2,70	5,40
12	Bow Upper Front Surfaces	1	2,784	2,784	D-FrD1	8,06	22,43	22,43
13	Bow Upper End	1	0,360	0,360	D	7,52	2,71	2,71
14	Lower Double-Curv. Fore Quarters	2	2,100	4,200	C-StC	10,25	21,53	43,06
15	Intermediate Fore Quarters	2	0,800	1,600	D-FrD2	8,15	6,52	13,05
16	Upper Fore Quarters	2	1,500	3,000	D-FrD2	8,15	12,23	24,46
17	Lower Fore Circular Chines	2	1,949	3,898	C-FrC2-StC	11,62	22,64	45,29
18	Lower Circular Chines (Rest)	2	8,213	16,426	C-FrC1-StC	11,37	93,40	186,80
19	Intermediate Flat Sides	2	2,778	5,557	D-FrD1	8,06	22,39	44,78
20	Upper Flat Sides	2	4,185	8,370	D-FrD1	8,06	33,73	67,45
21	Type "A" Floors	10	0,244	2,440	R	5,17	1,26	12,62
22	Type "B1" Floors	2	0,264	0,529	R	5,17	1,37	2,73
23	Type "B2" Floors	2	0,373	0,747	PW 1/2	11,16	4,17	8,33
24	Type "C" Floors	4	0,466	1,866	R	5,17	2,41	9,65
25	Type "D1" Floors	4	0,534	2,136	PW 1/2	11,16	5,96	23,84
26	Type "D2" Floors	2	0,240	0,480	R	5,17	1,24	2,48
27	Type "D3" Floors	4	0,328	1,310	PW 1/2	11,16	3,65	14,62
28	Type "E1" Floors	2	0,250	0,500	R	5,17	1,29	2,59
29	Type "E2" Floors	2	0,154	0,308	R	5,17	0,80	1,59
30	Type "F" Floors	2	0,359	0,718	PW 1/2	11,16	4,00	8,01
31	Aft Main Bulkhead	1	6,046	6,046	Q	10,24	61,93	61,93
32	Fore Main Bulkhead	1	6,634	6,634	Q	10,24	67,94	67,94
33	Fore Transversal Bulkhead	1	3,931	3,931	S	5,97	23,47	23,47
34	Fore Long. Lateral Bulkhead	2	0,465	0,930	R	5,17	2,40	4,81
35	Fore Long. Central Bulkhead	1	0,465	0,465	R	5,17	2,40	2,40
36	Lower Spherical Aft Quarters	2	0,982	1,964	C	8,42	8,27	16,54
37	Intermediate Cylindrical Aft Quarters	2	0,482	0,964	D	7,52	3,63	7,25
38	Upper Conical Aft Quarters	2	0,897	1,794	D	7,52	6,75	13,49
39	Upper Trapezoidal Aft Quarters	2	0,192	0,385	D	7,52	1,45	2,89
40	Transom	1	1,865	1,865	D-StD	9,56	17,83	17,83
41	Air Channel, Sides	2	6,072	12,144	D-StDac	9,37	56,92	113,83
42	Air Channel, Top	1	16,800	16,800	F	11,65	195,76	195,76
43	Roll Valve Air Duct Casings	2	2,160	4,320	G	6,30	13,61	27,22
44	Roll Valve Air Duct Ribs	6	0,066	0,396	H	7,00	0,46	2,77
45	Skirt Attachment Stiffeners	2	0,780	1,560	ZS	12,44	9,70	19,40
46	Hull Gunwale Stiffeners	2	0,444	0,888	ZG	25,84	11,47	22,94
00	HULL							1.354,07

TABLA D.I.- Listado Total de laminados del Casco

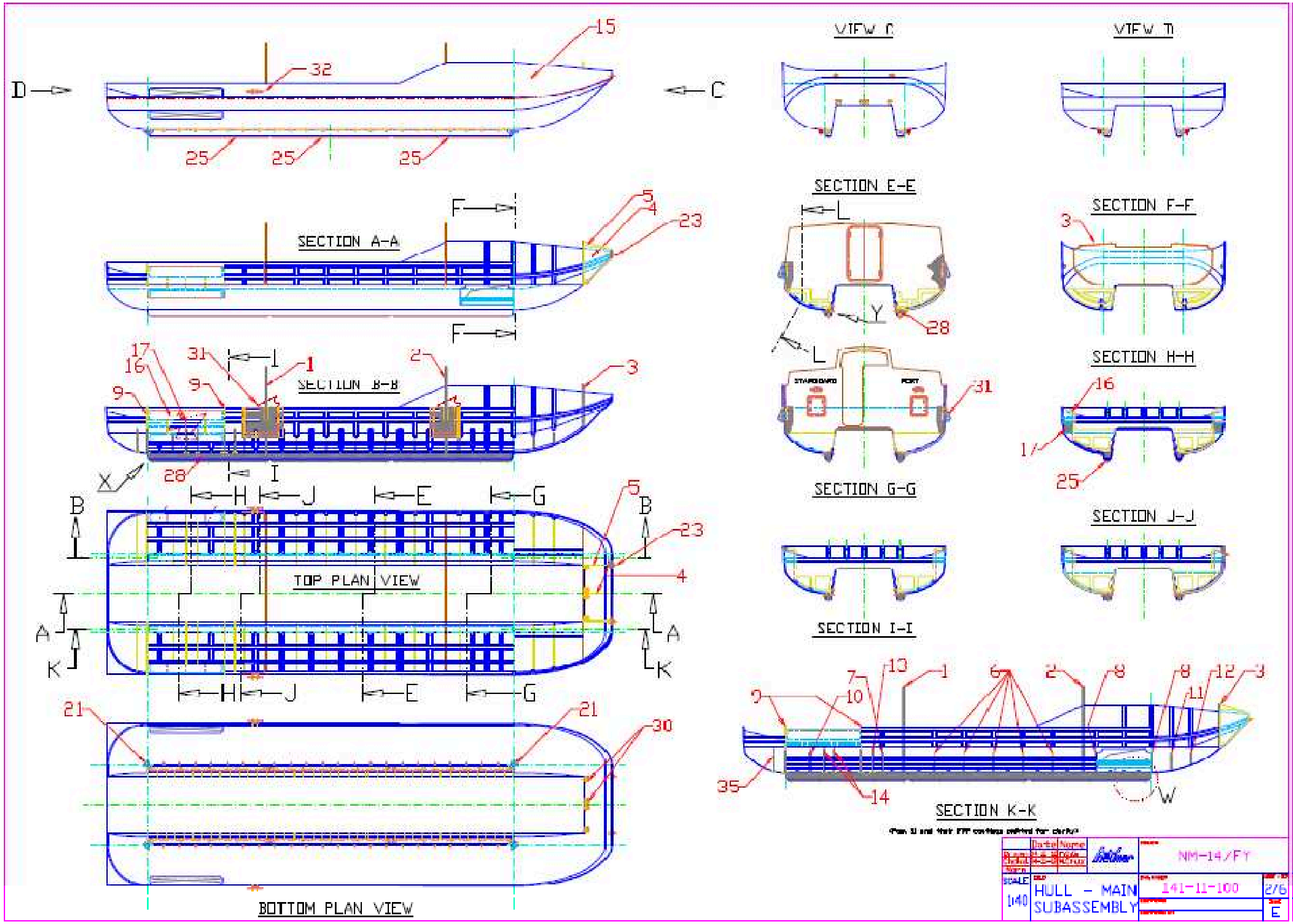


FIGURA (D.1).- Plano de Estructuración de Casco

LISTA DE MATERIALES

PROYECTO			PLANO		Revisión	
No.	Denominación	Tipo	Número	Título	Número	Fecha
141	Hovercraft NM-14/FY	14/FY	141-11-115	Hull FRP Laminate	0	21/07/04

Pos.	DESCRIPCION	Cant.	Comisión	Material/Marca	Referencia/Plano	Peso Un.	Peso Tot.	Proveedor
01	Landing Skids, bottom tables+ends	2	114-11-115-01	Laminado "A"	141-11-115-01	16,64 Kg	33,29 Kg	Espinosa
02	Landing Skids, webs	4	114-11-115-02	Laminado "B"	141-11-115-02	13,69 Kg	54,77 Kg	Espinosa
03	Bow Lower Front Surfaces	2	114-11-115-03	Laminado "C"	141-11-115-03	2,70 Kg	5,40 Kg	Espinosa
04	Bow Upper Front Surfaces	1	114-11-115-04	Laminado "D-FrD1"	141-11-115-04	22,43 Kg	22,43 Kg	Espinosa
05	Bow Upper End	1	114-11-115-05	Laminado "D"	141-11-115-05	2,71 Kg	2,71 Kg	Espinosa
06	Lower Double-Curvature Fore Quarters	2	114-11-115-06	Laminado "C-StC"	141-11-115-06	21,53 Kg	43,06 Kg	Espinosa
07	Intermediate Fore Quarters	2	114-11-115-07	Laminado "D-FrD2"	141-11-115-07	6,52 Kg	13,05 Kg	Espinosa
08	Upper Fore Quarters	2	114-11-115-08	Laminado "D-FrD2"	141-11-115-08	12,23 Kg	24,46 Kg	Espinosa
09	Lower Fore Circular Chines	2	114-11-115-09	Laminado "C-FrC2-StC"	141-11-115-09	22,64 Kg	45,29 Kg	Espinosa
10	Lower Circular Chines (Rest)	2	114-11-115-10	Laminado "C-FrC1-StC"	141-11-115-10	93,40 Kg	186,80 Kg	Espinosa
11	Intermediate Flat Sides	2	114-11-115-11	Laminado "D-FrD1"	141-11-115-11	22,39 Kg	44,78 Kg	Espinosa
12	Upper Flat Sides	2	114-11-115-12	Laminado "D-FrD1"	141-11-115-12	33,73 Kg	67,45 Kg	Espinosa
13	Lower Spherical Aft Quarters	2	114-11-115-13	Laminado "C"	141-11-115-13	8,27 Kg	16,54 Kg	Espinosa
14	Intermediate Cylindrical Aft Quarters	2	114-11-115-14	Laminado "D"	141-11-115-14	3,63 Kg	7,25 Kg	Espinosa
15	Upper Conical Aft Quarters	2	114-11-115-15	Laminado "D"	141-11-115-15	6,75 Kg	13,49 Kg	Espinosa
16	Upper Trapezoidal Aft Quarters	2	114-11-115-16	Laminado "D"	141-11-115-16	1,45 Kg	2,89 Kg	Espinosa
17	Transom	1	114-11-115-17	Laminado "D-StD"	141-11-115-17	17,83 Kg	17,83 Kg	Espinosa
18	Air Channel, Sides	2	114-11-115-18	Laminado "D-StDac"	141-11-115-18	56,92 Kg	113,83 Kg	Espinosa
19	Air Channel, Top	1	114-11-115-19	Laminado "F"	141-11-115-19	195,76 Kg	195,76 Kg	Espinosa
20	Skirt Attachment Stiffeners	2	114-11-115-20	Laminado "ZS"	141-11-115-20	9,70 Kg	19,40 Kg	Espinosa
21	Hull Gunwale Stiffeners	2	114-11-115-21	Laminado "ZG"	141-11-115-21	11,47 Kg	22,94 Kg	Espinosa
22	VOID							
23	VOID							
00	Hull FRP Laminate	1	141-11-115-00			953,43 Kg	953,43 Kg	

TABLA D.II.- Lista de laminados del Casco sin cubiertas

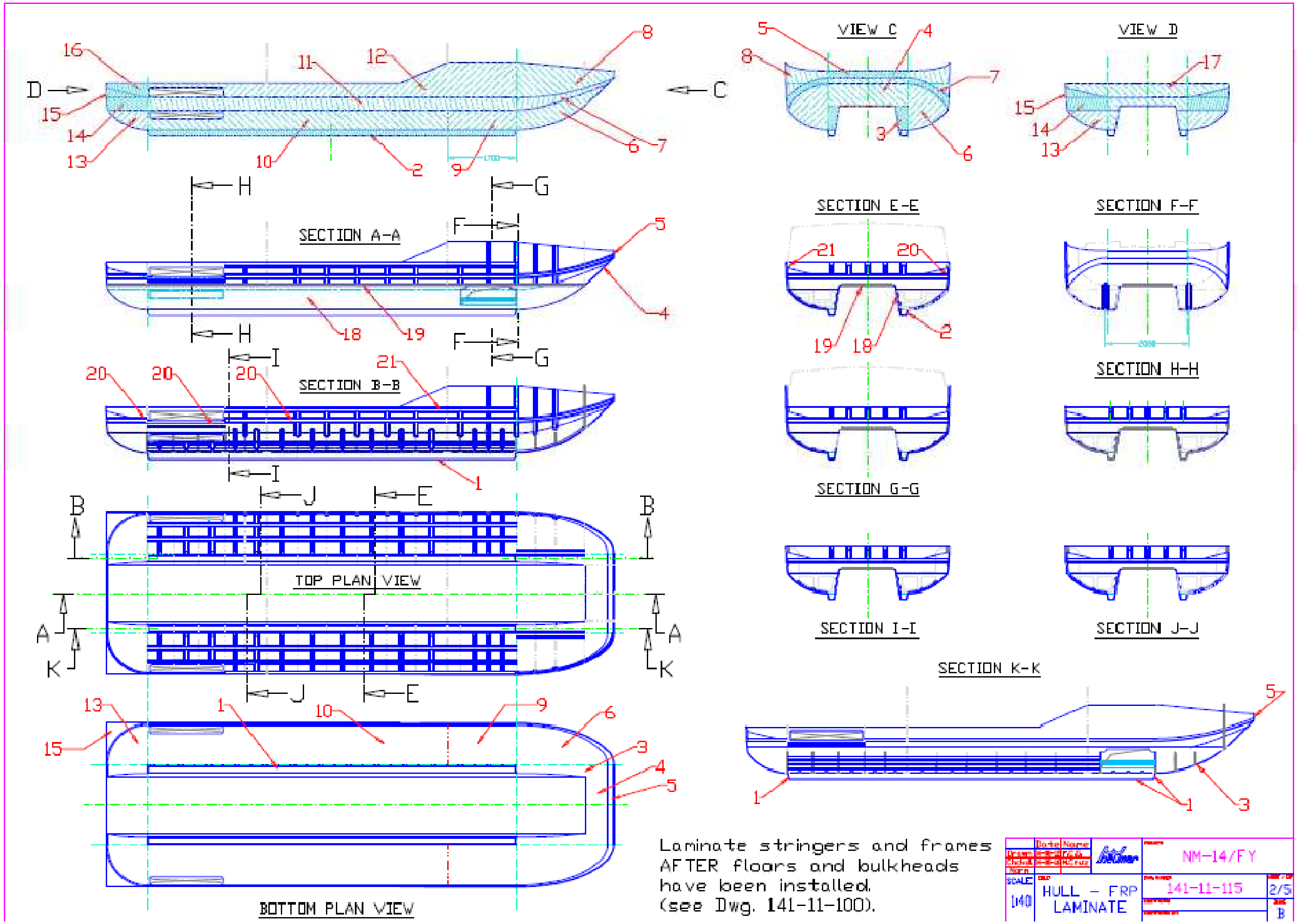


FIGURA (D.2).- Plano de Laminado de Casco

PROJECT			DRAWING		Revision	
No.	**Denomination**	**Code**	**Number**	**Title**	**Number**	**Date**
141	Hovercraft NM-14/FY	14/FY	141-13-000	SUPERSTRUCTURE	F	11-oct-04

Item	DESCRIPTION	Qtty.	Unit Area (m2)	Total Area (m2)	Laminate Type	Lam. Weight (Kg/m2)	Unit Weight (Kg)	Total Weight (Kg)
1	Upper Main Deck	1	29,265	29,265	**K**	9,22	269,85	269,85
2	Beams under Upper Main Deck	5	0,189	0,945	**ZB1**	8,51	1,61	8,04
3	Upper Fore Deck	1	5,000	5,000	**K**	9,22	46,11	46,11
4	Upper Aft Deck	1	3,826	3,826	**L**	8,77	33,56	33,56
5	Main Cabin Walls	2	3,100	6,200	**K**	9,22	28,59	57,17
00	SUPERSTRUCTURE			45,2				414,73

PROJECT			DRAWING		Revision	
No.	**Denomination**	**Code**	**Number**	**Title**	**Number**	**Date**
141	Hovercraft NM-14/FY	14/FY	141-14-000	WHEELHOUSE	F	11-oct-04

Item	DESCRIPTION	Qtty.	Unit Area (m2)	Total Area (m2)	Laminate Type	Lam. Weight (Kg/m2)	Unit Weight (Kg)	Total Weight (Kg)
1	Cockpit Roof	1	4,997	4,997	**D**	7,52	37,58	37,58
2	Cockpit Walls	2	1,040	2,080	**D**	7,52	7,82	15,64
00	WHEELHOUSE			7,1				53,23

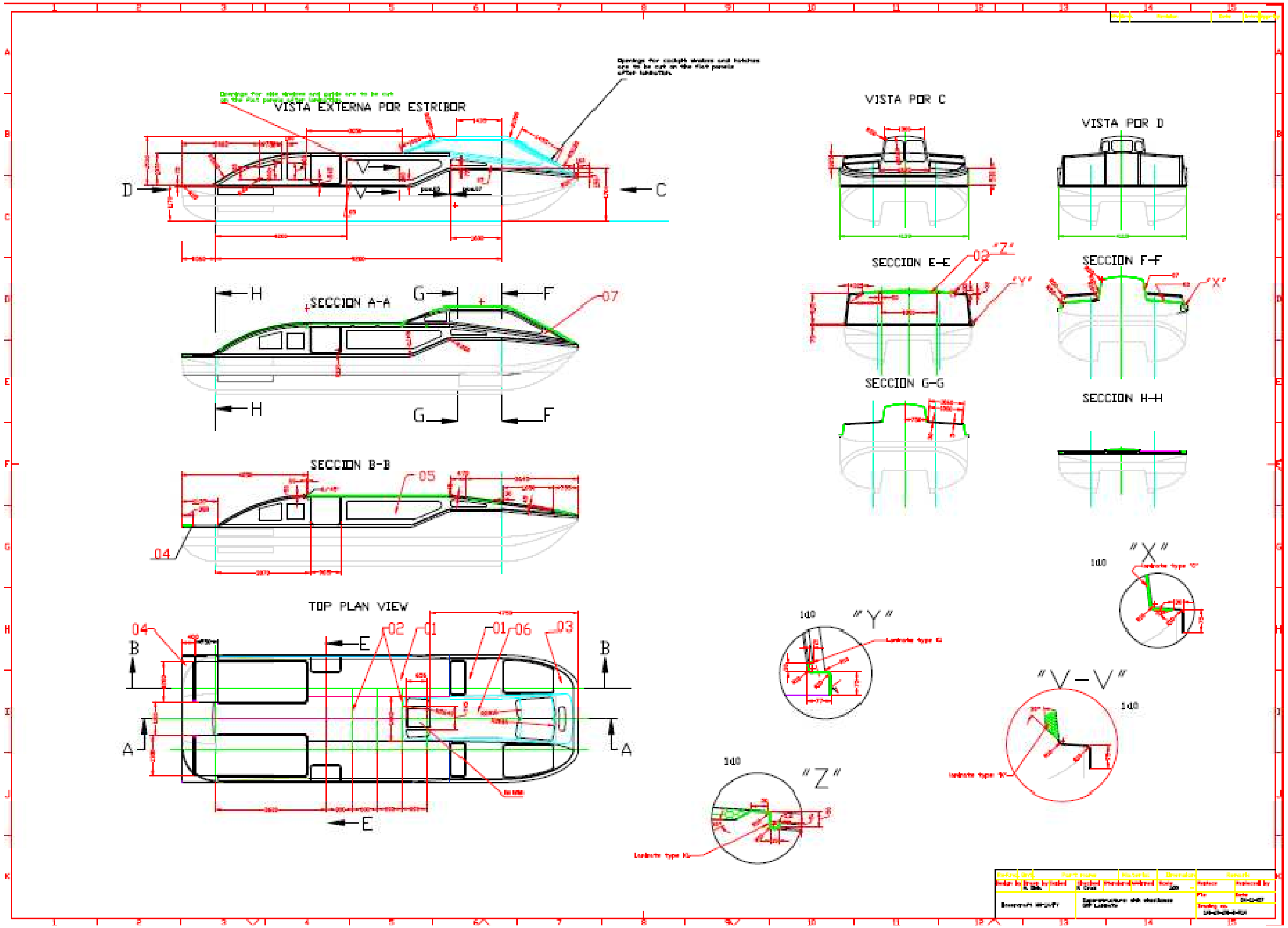


FIGURA (D.3).- Plano de Laminado de Superestructura

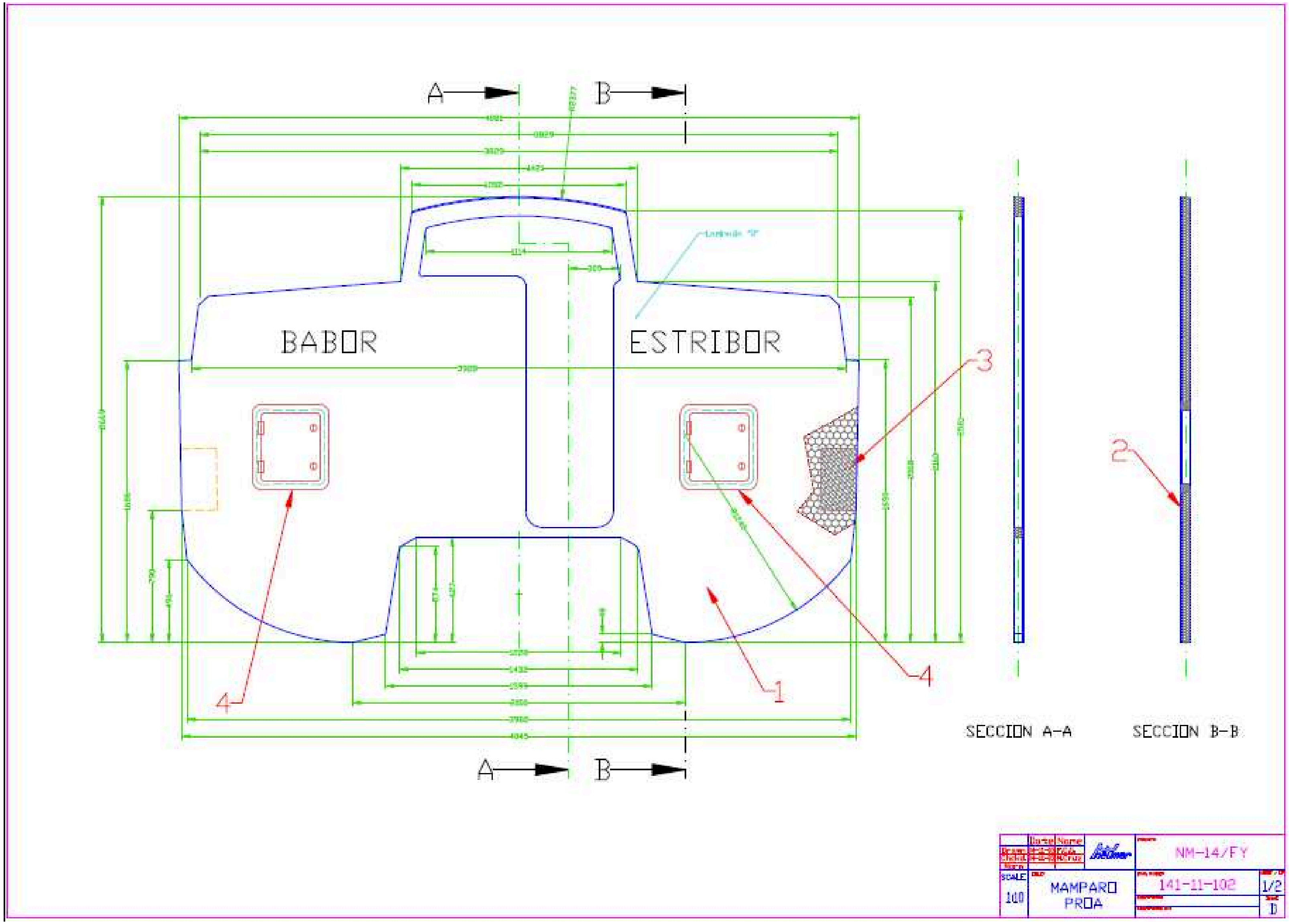
Laminate "Q"

(Main Bulkheads)

MATERIAL	**Fiber/Core** (g/m2)	**Resin** (g/m2)	**Total** (g/m2)	**e** (mm)
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
Mat 150 g/m2	150	300	450	0,31
50 mm Nida-Core 80 Kg/m3	4.000	0	4.000	50,00
Mat 150 g/m2	150	300	450	0,31
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
LAMINATE "Q"	2.844	3.398	6.242	53,92
LAMINATE "Q" + Core			10.242	

Fiber Content			
45,56%	R(f)=	27	Kg/mm2

TABLA D.IV.- Laminado Típico de Mamparo



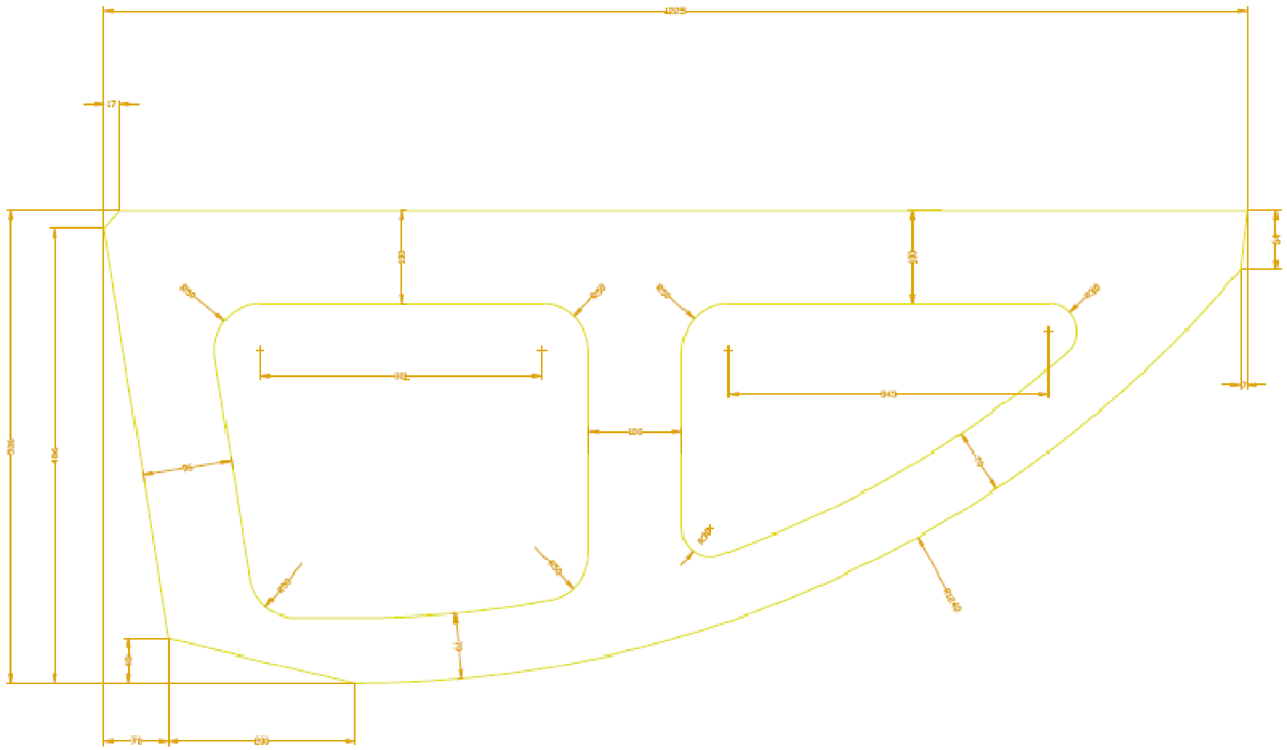
A
B
BABOR
ESTRIBOR
3
2
4
1
SECCION A-A
SECCION B-B
NM-14/FY
MAMPARO
PROA
141-11-102
1/2
SCALE
1:10

Frames for Laminate "N"

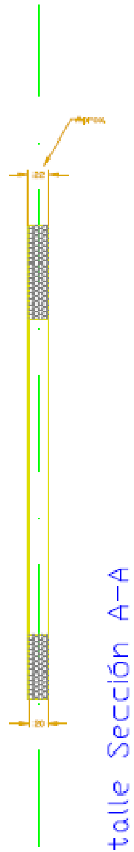
FrN

MATERIAL	Fiber/Core (g/m2)	Resin (g/m2)	Total (g/m2)	e (mm)	Effective (g/m2)
Core					
30 mm PVC Core 80 Kg/m3	403	0	403	30,00	403
Webs & Wings					
Mat 150 g/m2	150	300	450	0,31	52
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	221
Totals, Webs	786	1.000	1.786	1,13	273
Tables					
Mat 150 g/m2	150	300	450	0,31	21
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83	89
Totals, Tables	786	1.000	1.786	1,13	110
Totals, Frames		1.999	3.975	31,13	786
Frames, per square meter	786	487	1.274		

TABLA D.V.-Laminado Típico de cuaderna



Detalle Alzado



Detalle Sección A-A

Date Name
Drawn
Checked
Norm
SCALE 1:2
CUADERNA "B1"
(FLOOR "B1")
NM-14/FY
141-11-107
2/2
C

Laminate "P"

(Propeller Duct)

MATERIAL	Fiber/Core (g/m2)	Resin (g/m2)	Total (g/m2)	e (mm)
Post-Paint Coat		800	800	0,50
Mat 150 g/m2	150	300	450	0,31
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
Mat 300 g/m2	300	600	900	0,61
Bi-axial 1808 + 3/4 oz. Mat	636	700	1.336	0,83
LAMINATE "p"	2.658	4.399	7.057	4,52

Fiber Content = 42,4 %	E(f)=	917	Kg/mm2	4,0	Mm
	R(f)=	25	Kg/mm2		

TABLA D.VI.-Laminado de Carena de Hélice

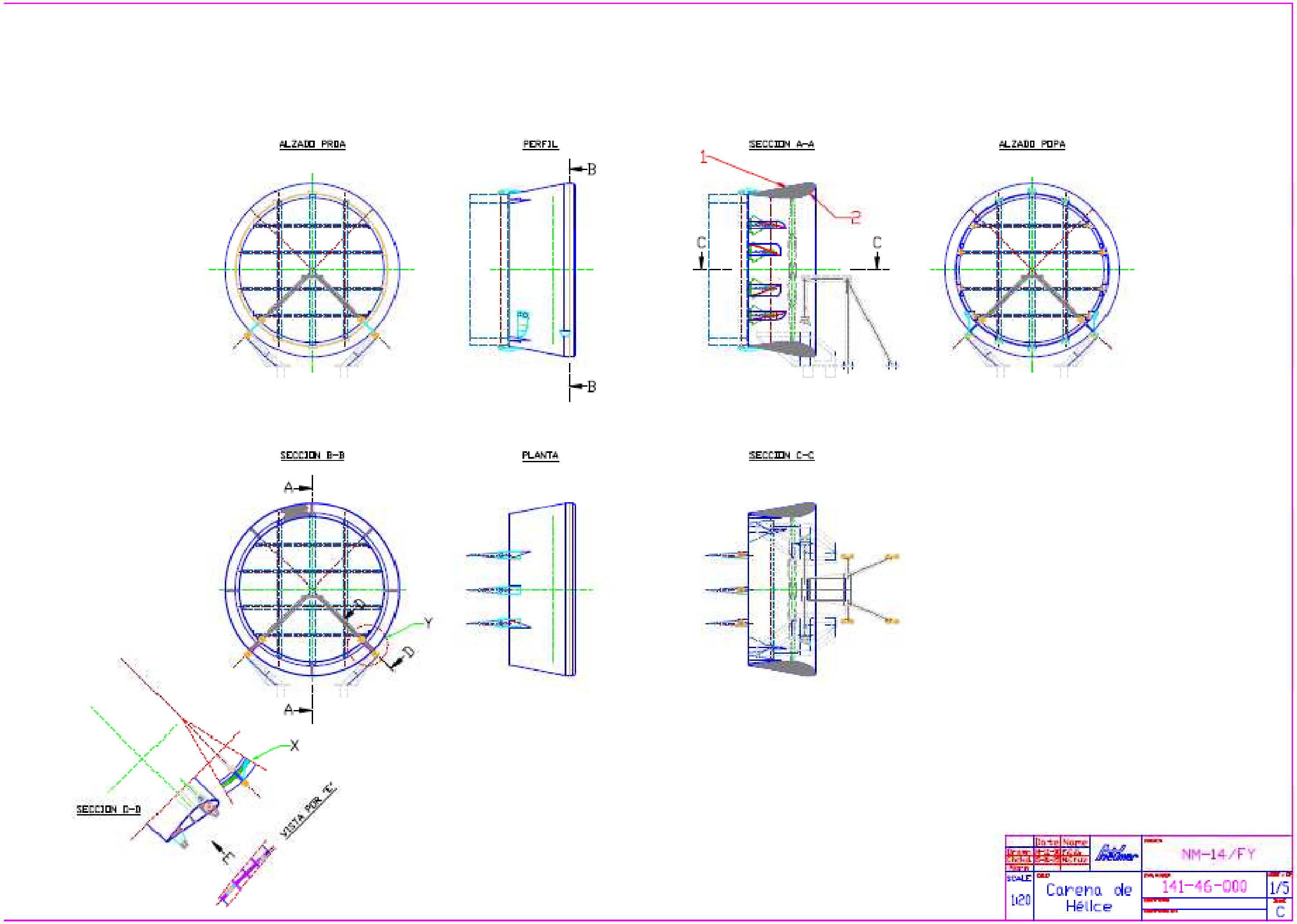


FIGURA (D.6).- Plano de Laminado de Carena de Hélice

ANEXO E

Planos Típicos de Diseño de Estructura Flexible

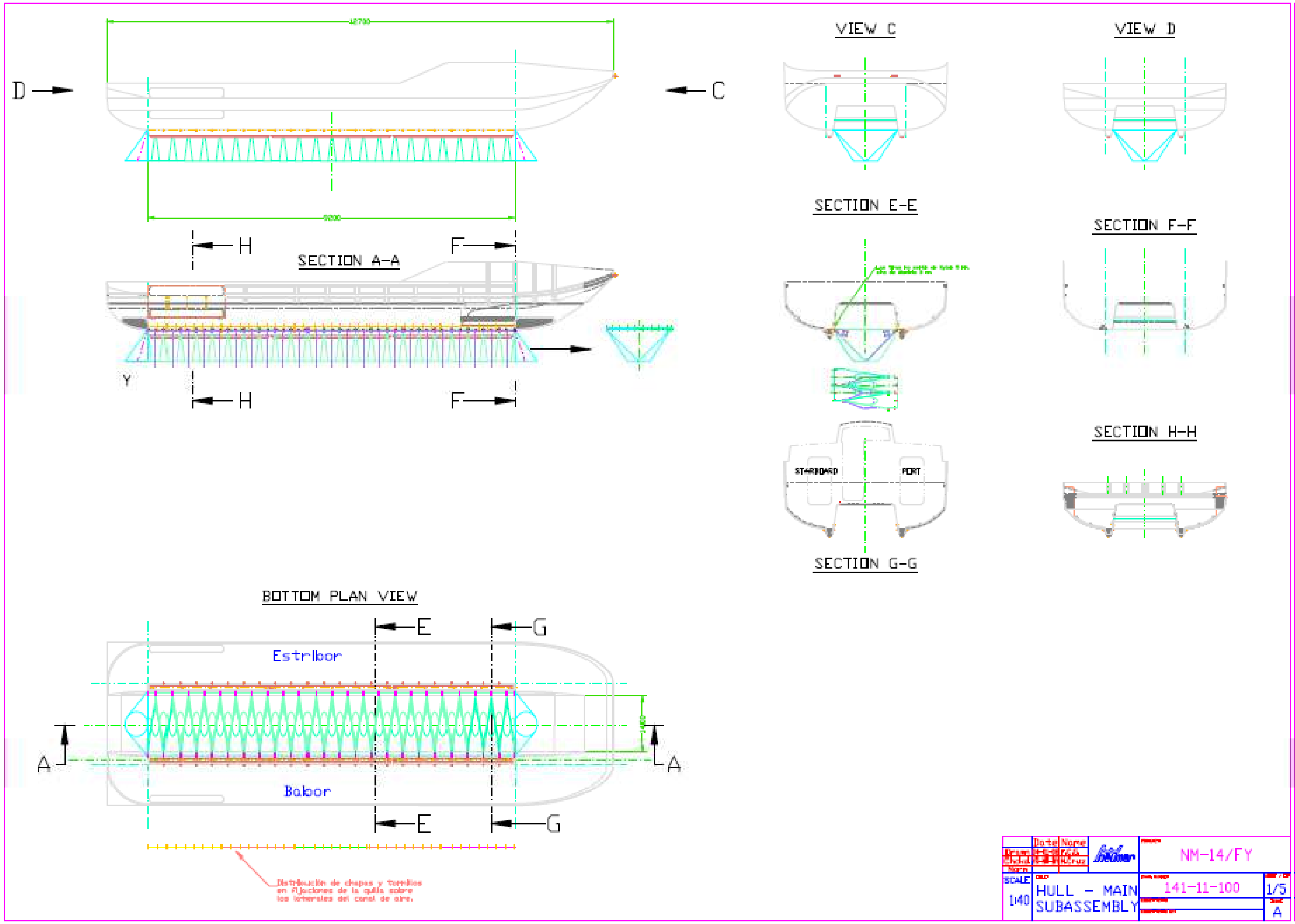
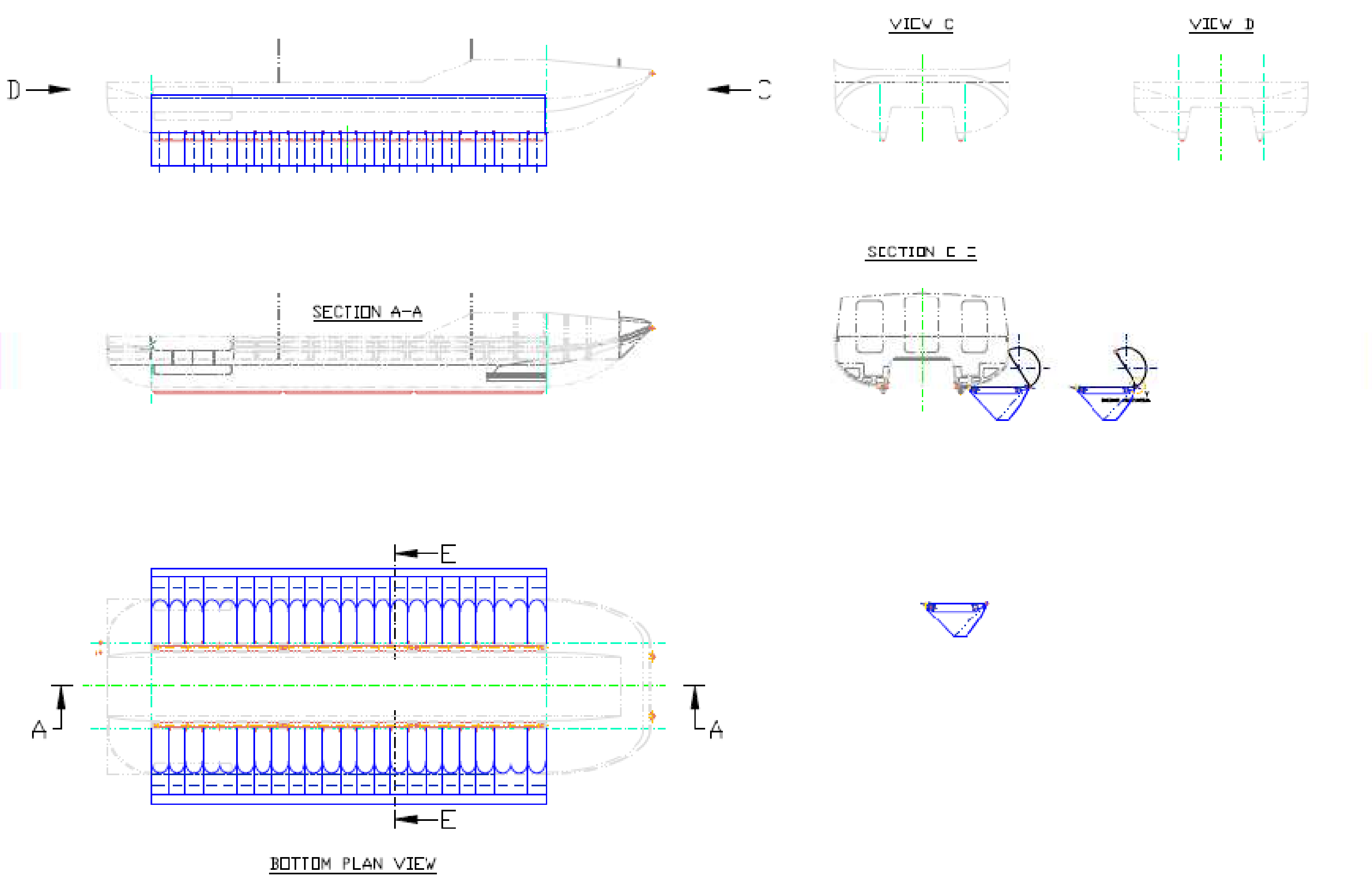


FIGURA (E.1).- Plano de Segmentos Quilla Flexible



	Date	Name
Drawn		G.G.A.
Chkd		L.Cruz
Norm		

NM-14/FY

SCALE 1:40

HULL - MAIN SUBASSEMBLY

141-11-100

1/5

A

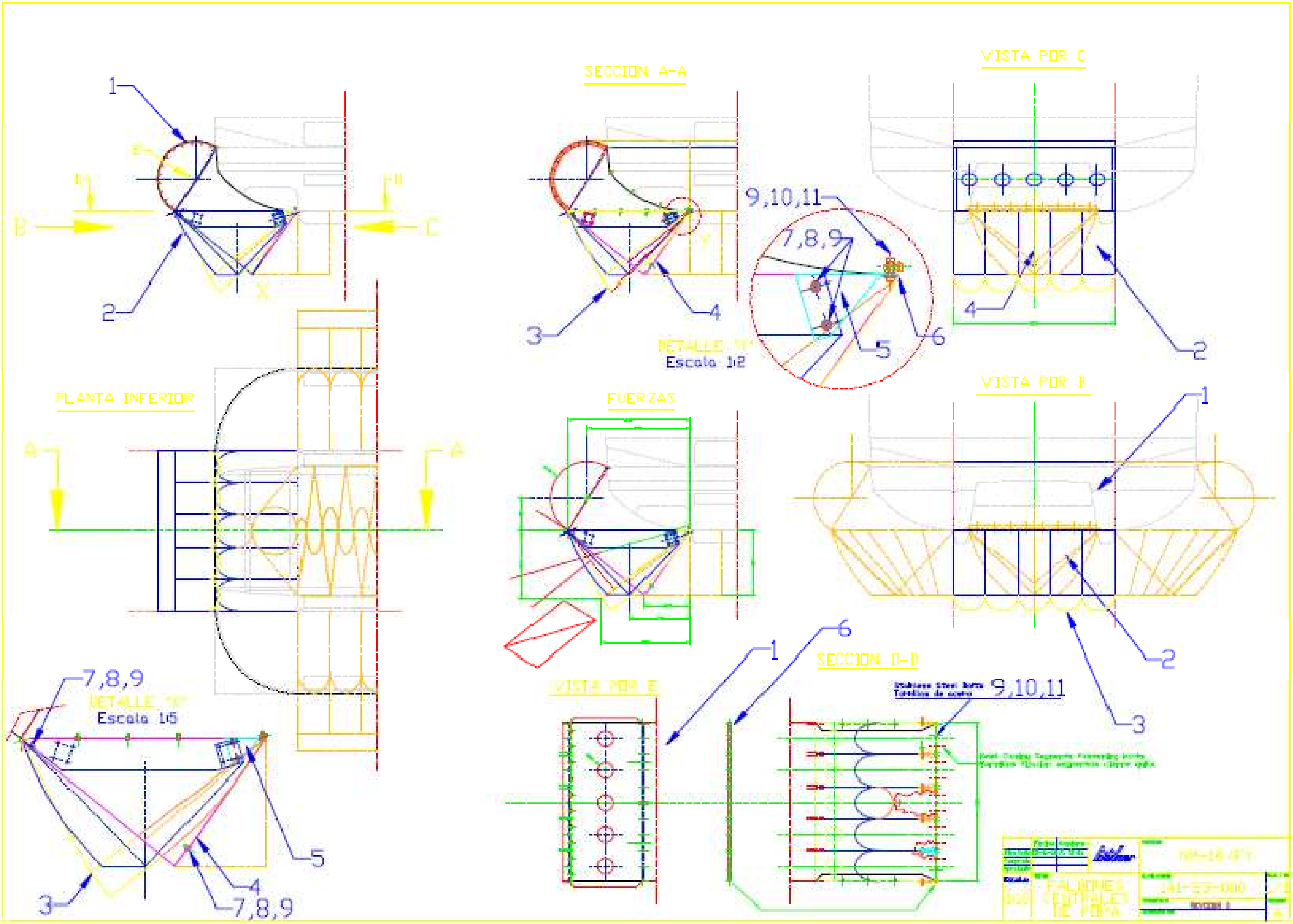


FIGURA (E.3).- Plano de Bucles - Segmentos Popa Central

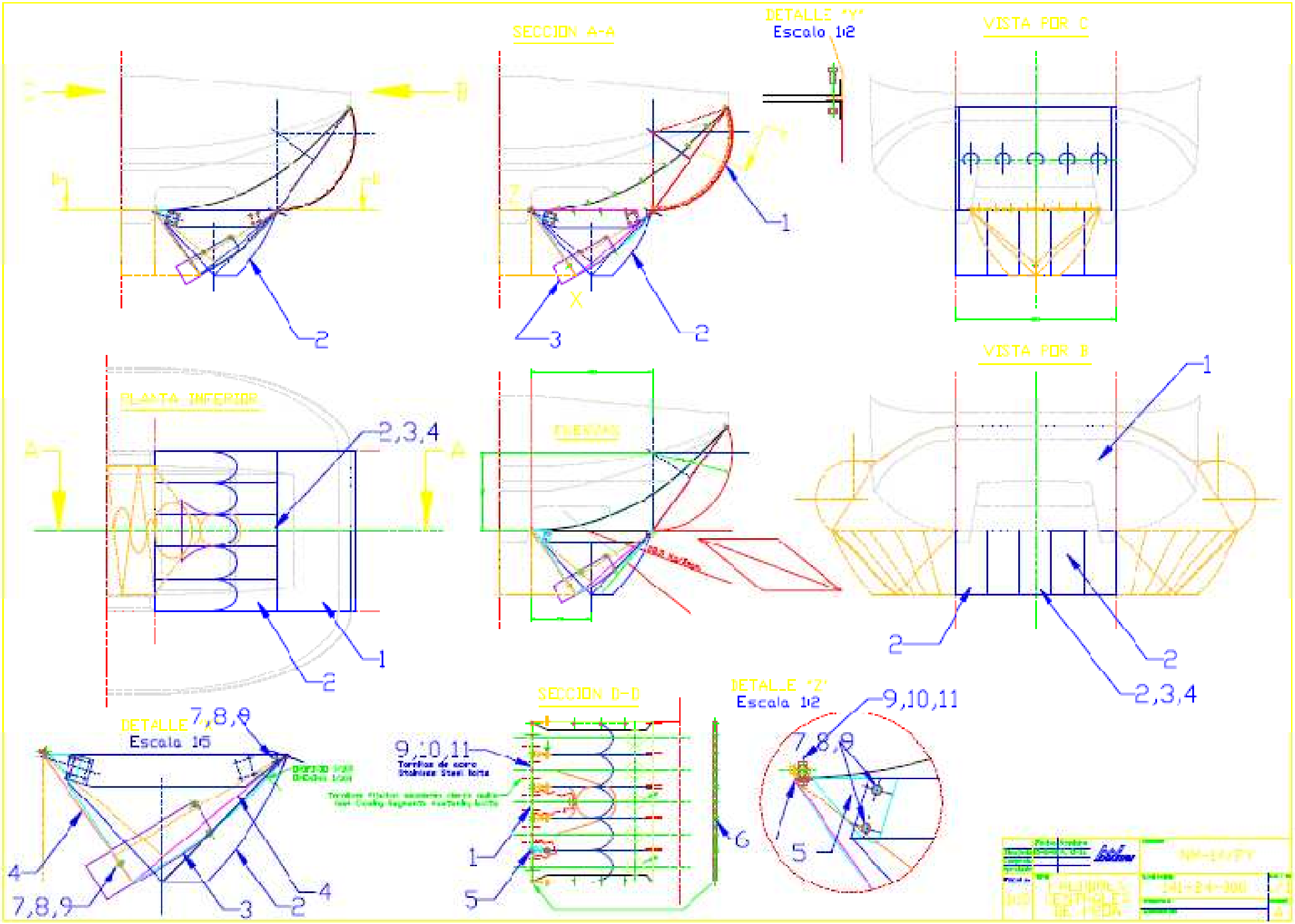


FIGURA (E.4).- Plano de Bucles - Segmentos Proa Central

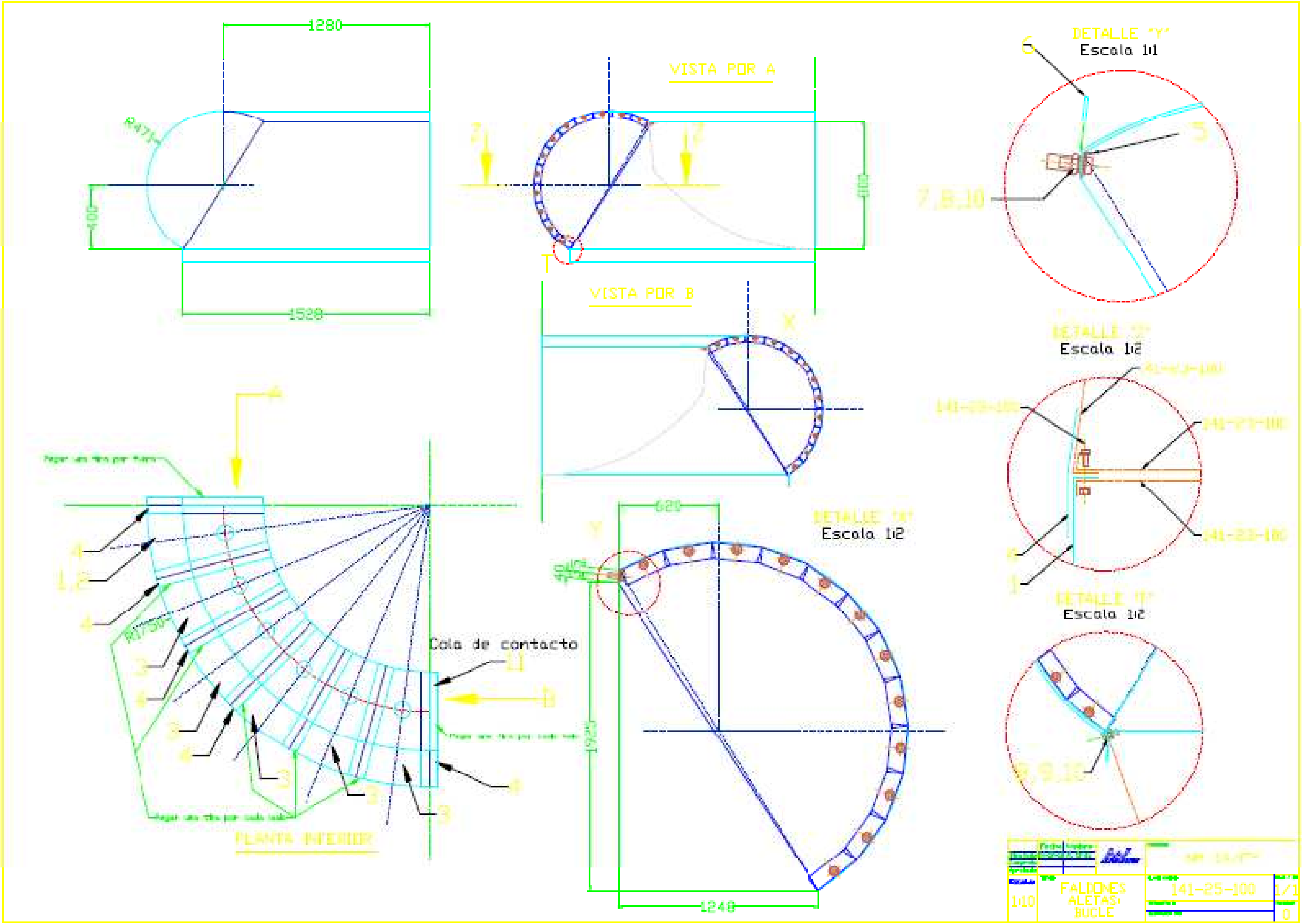


FIGURA (E.5).- Plano de Bucles - Segmentos Popa Amuras

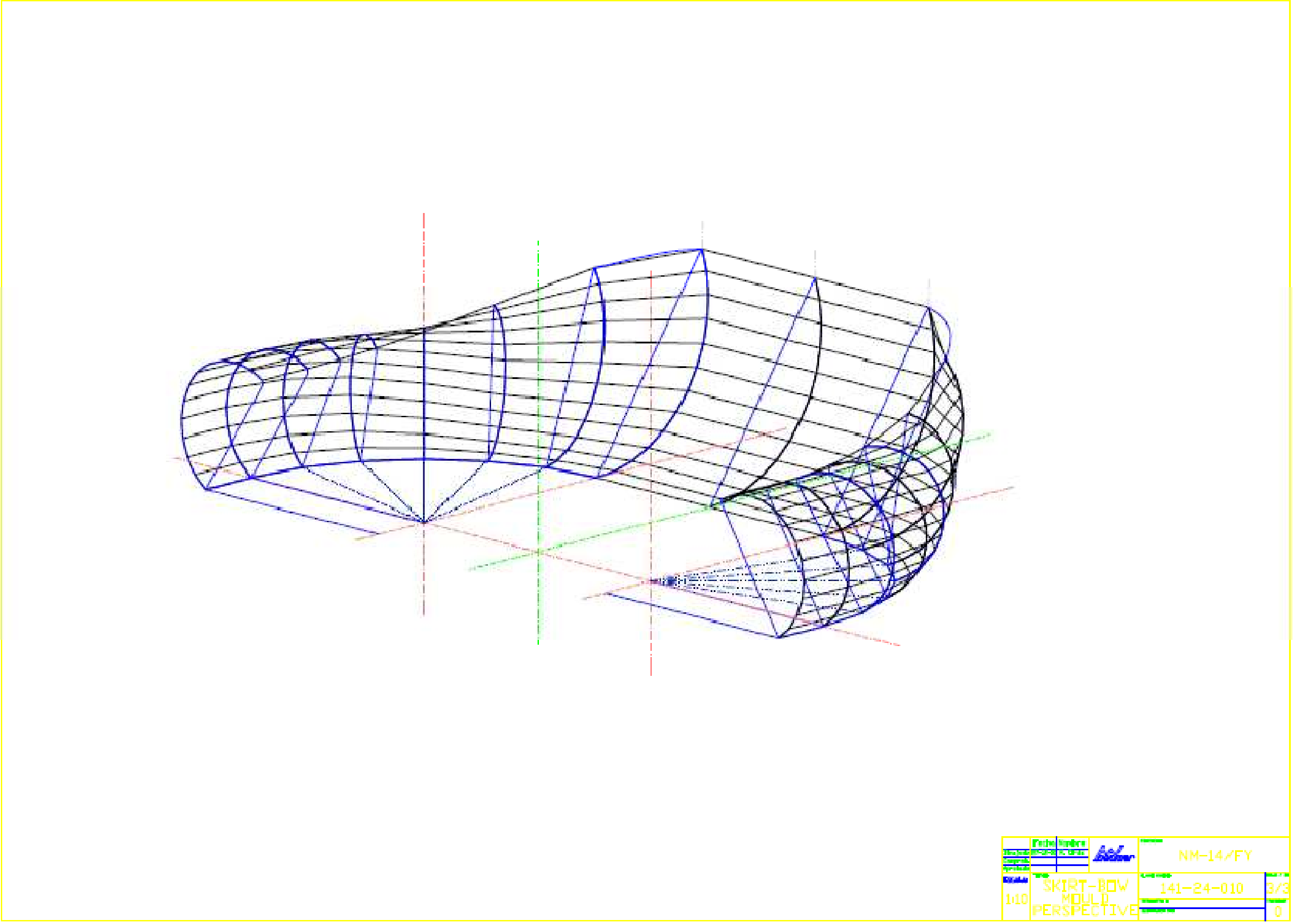
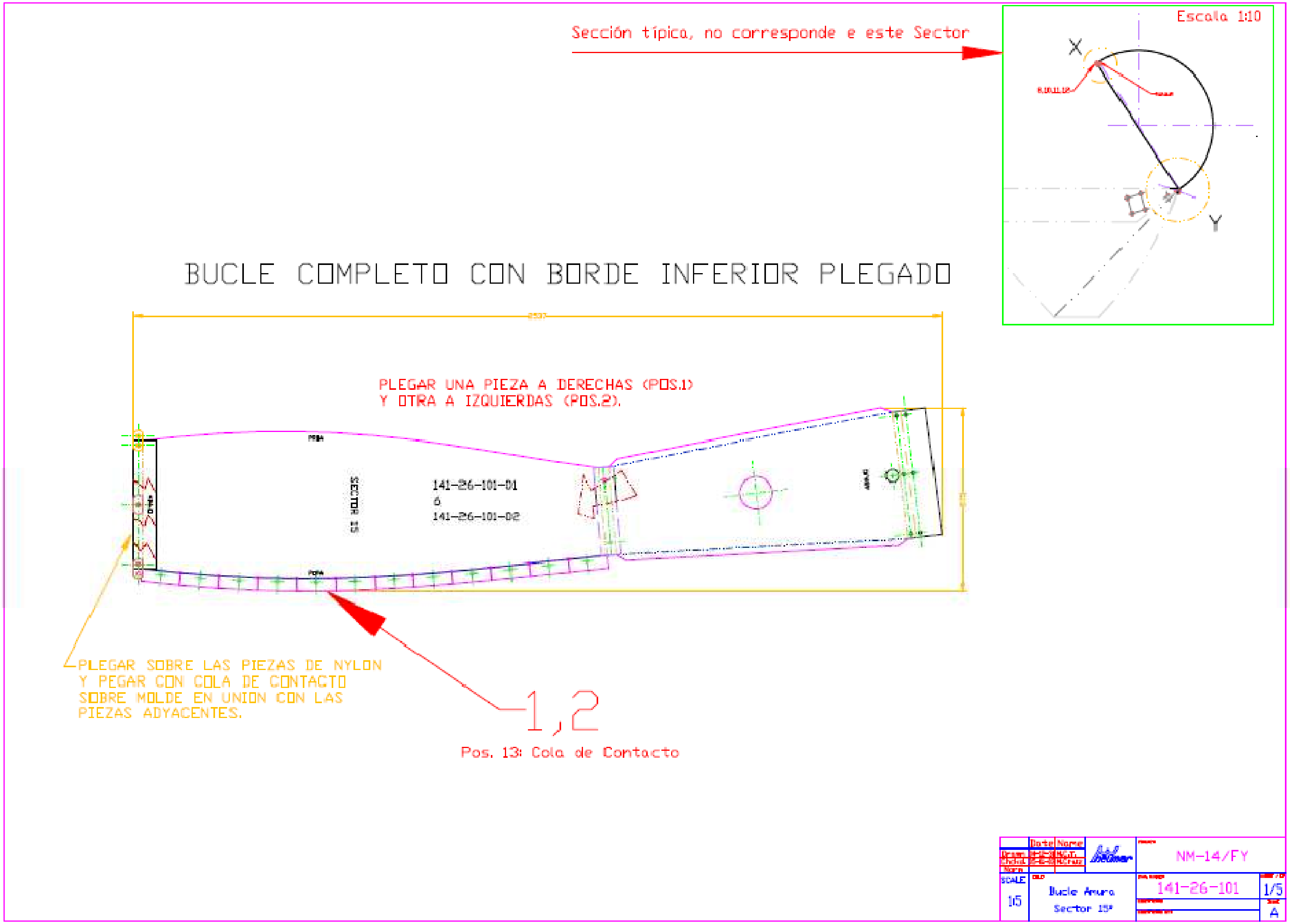
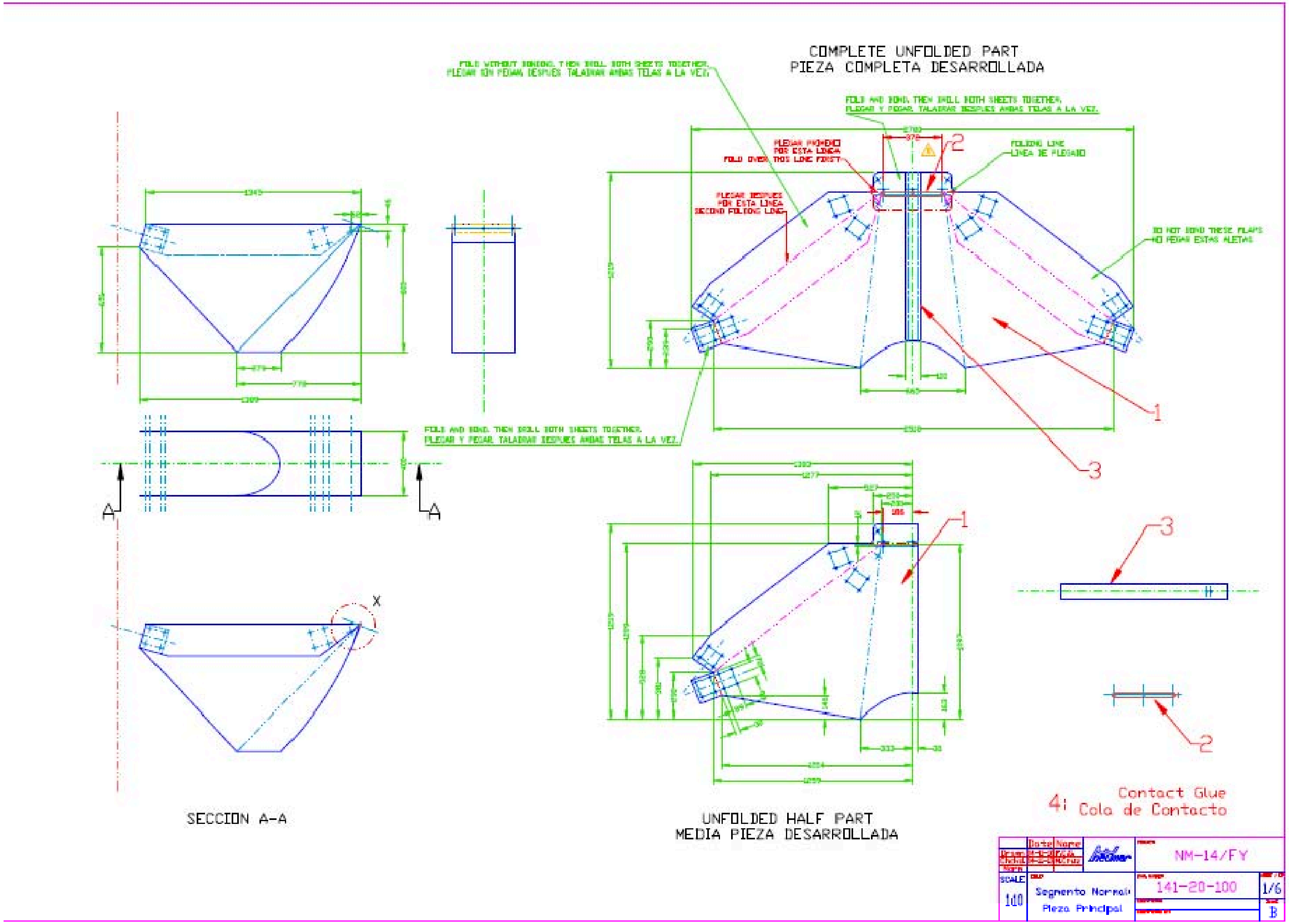
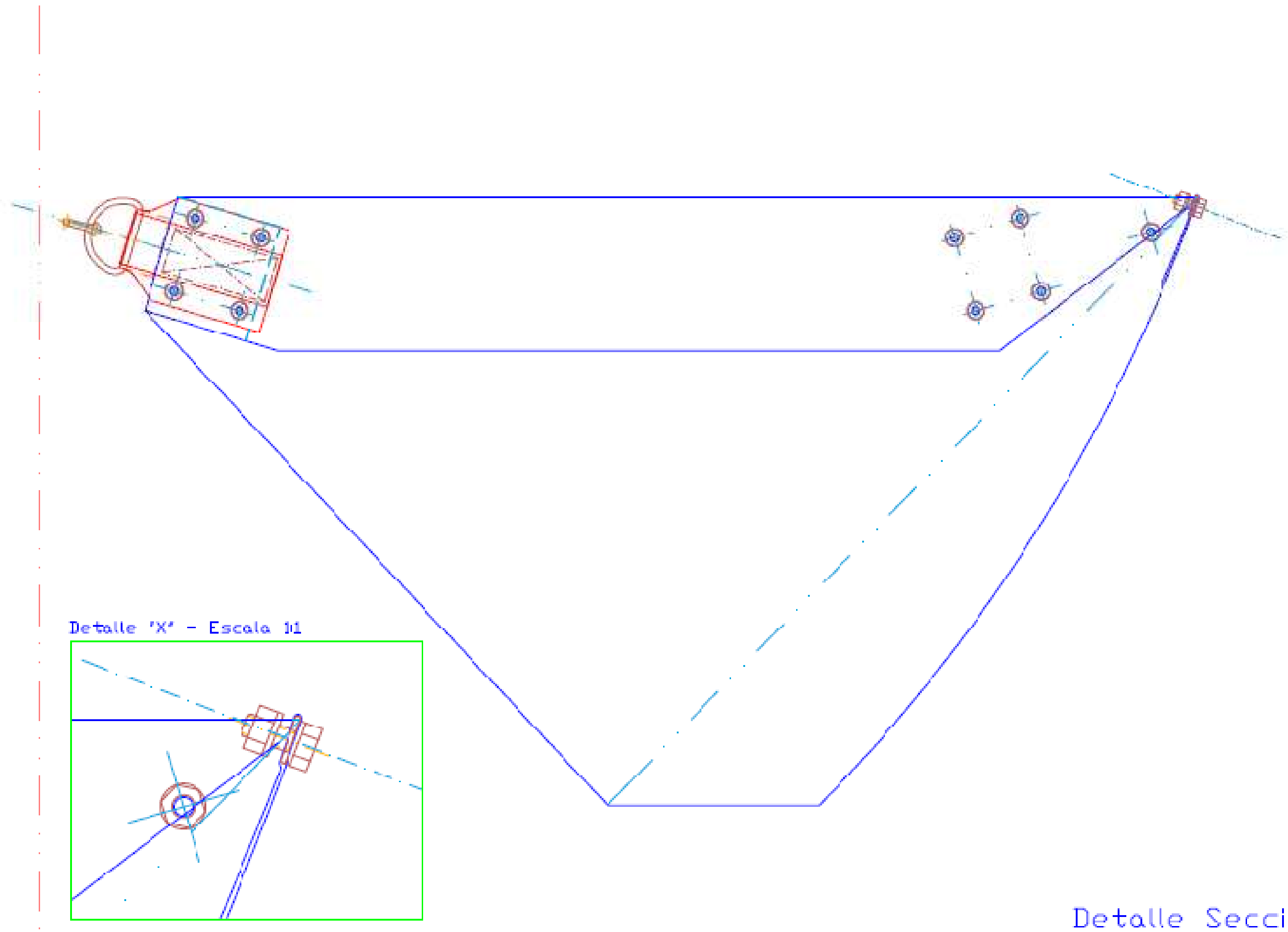


FIGURA (E.6).- Plano de Desarrollo Bucles - Segmentos Proa Amuras



Sección típica, no corresponde e este Sector
Escala 1:10
X
Y
BUCLE COMPLETO CON BORDE INFERIOR PLEGADO
PLEGAR UNA PIEZA A DERECHAS (POS.1)
Y OTRA A IZQUIERDAS (POS.2).
SECTOR 15
141-26-101-01
ó
141-26-101-02
PLEGAR SOBRE LAS PIEZAS DE NYLON
Y PEGAR CON COLA DE CONTACTO
SOBRE MOLDE EN UNION CON LAS
PIEZAS ADYACENTES.
1,2
Pos. 13: Cola de Contacto
Date
Name
Drawn
M.G.T.
Chckd
M.Cruz
Norm
SCALE
1:5
Bucle Amura
Sector 15º
NM-14/FY
141-26-101
1/5
A


COMPLETE UNFOLDED PART
PIEZA COMPLETA DESARROLLADA
FOLD WITHOUT BONDING, THEN DRILL BOTH SHEETS TOGETHER.
PLEGAR SIN PEGAR, DESPUES TALADRAR AMBAS TELAS A LA VEZ.
FOLD AND BOND, THEN DRILL BOTH SHEETS TOGETHER.
PLEGAR Y PEGAR, TALADRAR DESPUES AMBAS TELAS A LA VEZ.
PLEGAR PRIMERO POR ESTA LINEA
FOLD OVER THIS LINE FIRST
PLEGAR DESPUES POR ESTA LINEA
SECOND FOLDING LINE
FOLDING LINE
LINEA DE PLEGADO
DO NOT BOND THESE FLAPS
NO PEGAR ESTAS ALETAS
FOLD AND BOND, THEN DRILL BOTH SHEETS TOGETHER.
PLEGAR Y PEGAR, TALADRAR DESPUES AMBAS TELAS A LA VEZ.
1
2
3
X
A
A
SECCION A-A
UNFOLDED HALF PART
MEDIA PIEZA DESARROLLADA
4: Contact Glue
Cola de Contacto
Date Name
Drawn
Check
Norm
NM-14/FY
SCALE
1:10
Segmento Normal
Pieza Principal
141-20-100
1/6
B



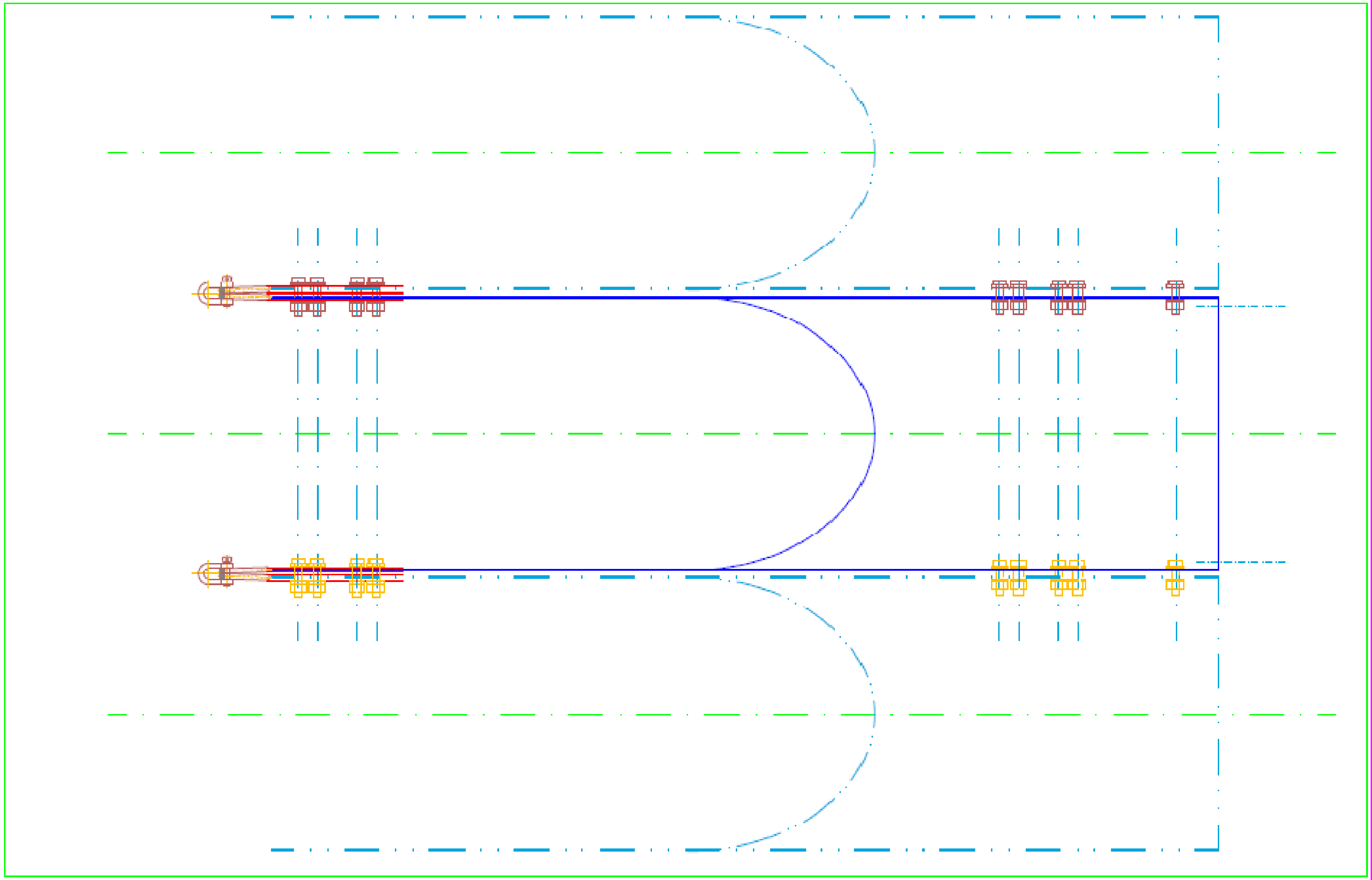
Detalle 'X' - Escala 1:1

Detalle Sección A-A

	Date	Name
Drawn / Check		
Norm		

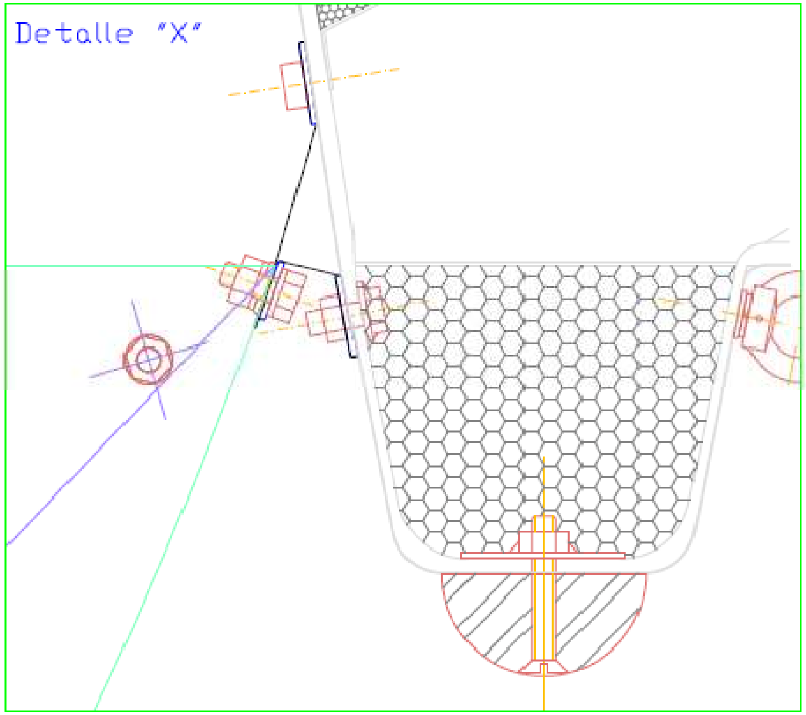
NM-14/FY

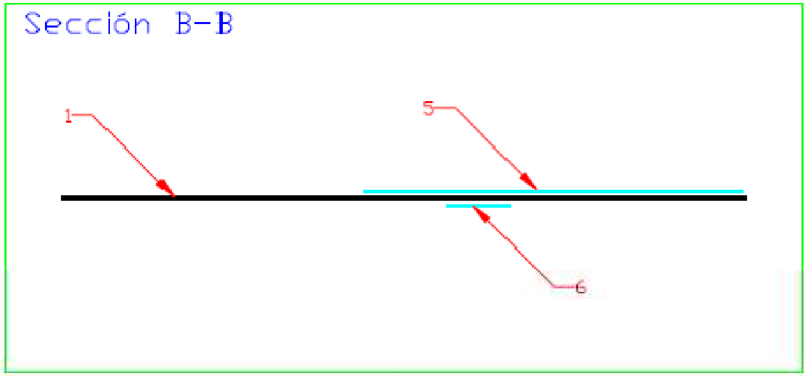
SCALE			
1:2,5	SEGMENTO COSTADOS	141-22-100	2/3 A

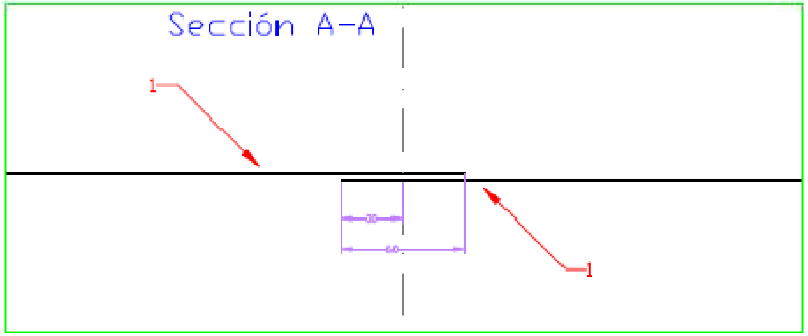


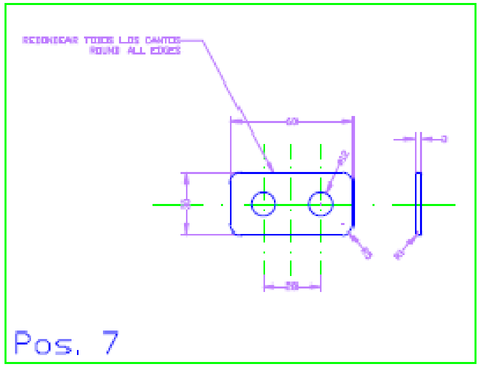
Detalle Planta

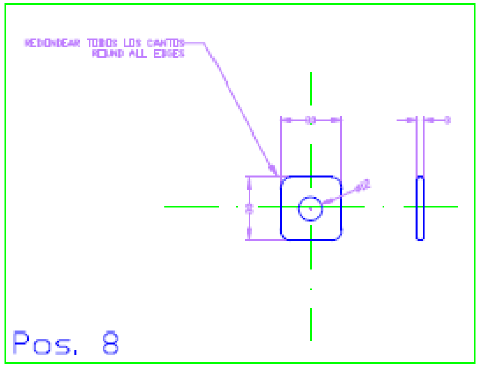
	Date	Name		NM-14/FY	
Drawn					
Chk'd					
Norm					
SCALE 1:2,5	SEGMENTO COSTADOS			141-22-100	3/3
					A











	Date	Name		
Drawn		F.G.A.		NM-14/FY
Chckd		R.Cruz		
Norm				
SCALE 1:1	Conjunto		141-21-400	6/6
				A

ANEXO F

Distribución de Pesos de NM 14/FY

NEUMAR, S.A.

DISTRIBUCION DE MASAS

CARGA: 20 Pasajeros + 200 Litros de Agua **Ecuador**

PROYECTO			Eslora	REVISI
Código	**Nombre**	**Clave**	12,700	Fecha
141	NM-14/FY-4Cat	14/FY-4Cat	Manga	28/06/2004
Escala: 2		Esl./Manga: Inter-Alta	4,100	

CLAVE	DESCRIPCION	Cant.	W un.	W tot.	Xg	Yg
141-11-000	Casco (Fibra)	1	1.312	1.312	5,22	0,50
141-12-000	Cubierta Inferior (Fibra)	1	335	335	5,00	0,50
141-13-000	Superestructura (Fibra)	1	515	515	5,37	1,80
141-14-000	Cabina Gobierno (Fibra)	1	157	157	8,94	7,80
141-15-000	Carenas de Maquinaria (Fibra)	2	21	42	0,95	2,00
141-16-000	Soportes Maquinaria (Aluminio)	4	54	216	2,50	2,40
141-19-000	Accesorios / Imprevistos	1	123	123	2,19	0,80
141-10-000	**ESTRUCTURA RIGIDA**	1	2.700	2.700	5,01	1,36
141-21-000	Quilla Flexible	1	147	147	4,75	-0,25
141-22-000	Faldones Laterales (Bucle+Segm.)	2	90	180	5,00	-0,20
141-23-000	Faldones Centrales de Popa	1	39	39	-0,75	-0,20
141-24-000	Faldones Centrales de Proa	1	33	33	10,38	-0,18
141-25-000	Faldones de las Aletas	2	28	56	-0,75	-0,20
141-26-000	Faldones Amura Estribor	1	26	26	10,25	-0,20
141-27-000	Faldones Amura Babor	1	26	26	10,25	-0,20
141-29-000	Accesorios	1	23	23	4,75	0,00
141-20-000	**ESTRUCTURA FLEXIBLE**	1	530	530	4,74	-0,20
141-31-000	Motor Caterpillar 3054-T Ind. 108 hp	2	350	700	9,95	1,20
141-32-000	Escape motor (tubos y silenciosos)	2	15	30	9,75	1,50
141-33-000	Refrigeración Motor	2	20	40	10,50	1,30
141-34-000	Transmisión	2	50	100	9,25	1,10
141-35-000	Soplante Chicago Blower D10-27 D	2	175	350	8,75	1,10
141-36-000	Conductos Aire	2	10	20	8,75	0,40
141-39-000	Accesorios	1	40	40	8,75	1,10
141-30-000	**SUSTENTACION**	1	1.280	1.280	9,52	1,16
141-41-000	Engine Caterpillar 3126B Ind. 300 hp	2	625	1.250	1,45	1,20
141-42-000	Escape motor (tubos y silenciosos)	2	30	60	0,25	1,50
141-43-000	Refrigeración Motor	2	60	120	2,25	1,50
141-44-000	Transmisión	2	120	240	0,00	1,50
141-45-000	Hélice Ivoprop Mag.-1,80m-6 bl.-f.p.	2	25	50	-0,50	2,25
141-46-000	Carena Hélice	2	100	200	-0,50	2,25
141-49-000	Accesorios	1	100	100	1,25	1,50
141-40-000	**PROPULSION**	1	2.020	2.020	1,04	1,41
141-51-000	Instrumentación y Navegación	1	10	10	6,88	2,50
141-52-000	Timones Verticales (Conjunto)	2	27	54	-1,10	2,25
141-53-000	Válvulas de Balance (Conjunto)	1	10	10	1,00	0,90
141-54-000	Timones Horizontales (Conjunto)	2	28	56	-0,88	2,25
141-55-000	Sistema Transmisión Mandos	1	30	30	4,36	1,00
141-56-000	Puesto de Gobierno	1	20	20	10,25	1,75
141-50-000	**GOBIERNO**	1	180	180	1,70	1,93
141-61-000	Instalación Eléctrica	1	180	180	2,69	0,80
141-62-000	Instalación Hidráulica	0	60	0	0,00	2,50
141-63-000	Cilindros Hidráulicos Izado	0	20	0	0,00	1,00
141-64-000	Tanques y Alimentación Combustible	2	30	60	5,25	0,90
141-65-000	Equipos de Navegación (Luces)	1	10	10	3,75	3,00
141-66-000	Achique (Bombas Eléctricas)	4	2,5	10	4,50	0,00
141-67-000	Sistema de Extinción de Incendios	4	15	60	5,63	1,50
141-68-000	Equipo de Salvamento	1	100	100	3,50	2,60
141-69-000	Equipo Fondeo Atraque	1	150	150	3,67	1,60
141-60-000	**SISTEMAS AUXILIARES**	1	570	570	3,72	1,44
141-71-000	Asientos puesto gobierno	2	25	50	9,50	1,50
141-72-000	Asientos Pasajeros y Tripulación	21	15	315	5,11	1,00
141-73-000	Tanques y Equipo de Agua Dulce	1	20	20	2,16	0,35
141-74-000	Aseos	1	30	30	8,00	1,10
141-75-000	Cocinas/Almacenes	1	30	30	9,00	1,30
141-76-000	Acondicionamiento Aire	1	100	100	1,25	2,30
141-79-000	Equipos Cabina, Accesorios	1	175	175	4,75	1,50
141-70-000	**ACCESORIOS**	1	720	720	4,99	1,34
	TOTAL EN ROSCA	1	8.000	8.000	**4,54**	**1,25**
	Combustible	1	425	425	5,25	0,90
	Tripulantes Puente	2	75	150	9,38	1,80
	Agua y Catering	1	250	250	1,20	1,00
	Pasajeros y Tripulantes Cabina	21	75	1.575	5,21	1,20
	Equipajes	20	15	300	1,75	1,30
	Lastre fijo	1	100	100	-0,75	1,00
	TOTAL CARGA	1	2.800	2.800	4,50	1,17
	TOTAL EN CARGA	1	10.800	10.800	**4,53**	**1,23**
CLAVE	DESCRIPCION	Cant.	W un.	W tot.	Xg	Yg

ANEXO G

Cálculos e información complementaria del Sistema de Propulsión

LISTA DE MATERIALES

PROYECTO			PLANO		Rev
No.	Denominación	Tipo	Número	Título	Número
141	Hovercraft NM-14/FY	14/FY	141-16-100	Soportes Máquinas Impulsión Estribor	A

Pos.	DESCRIPCION	Cant.	Comisión	Material/Marca	Referencia/Plano	Peso Un.	Peso Tot.
01	Tubo Rectangular de 160x80x10 mm	2	114-16-101-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-101	33,50 Kg	67,00 Kg
02	Tubo Rectangular de 160x80x10 mm	2	114-16-102-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-102	13,85 Kg	27,70 Kg
03	Tubo Rectangular de 160x80x10 mm	1	114-16-103-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-103	11,00 Kg	11,00 Kg
04	Tubo Cuadrado de 100x100x4 mm	1	114-16-104-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-104	4,50 Kg	4,50 Kg
05	Tubo Rectangular de 160x80x10 mm	2	114-16-105-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-105	9,00 Kg	18,00 Kg
06	Tubo Rectangular de 80x40x5 mm	1	114-16-106-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-106	1,00 Kg	1,00 Kg
07	Cartela 160x160x10 mm	20	114-16-107-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-107	0,45 Kg	9,00 Kg
08	Cartela 150x160x10 mm	4	114-16-108-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-108	0,55 Kg	2,20 Kg
09	Calzos Chapa 240x80x10/6/3/1 mm	1	114-16-109-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-109	2,65 Kg	2,65 Kg
10	Soporte Elástico	9	114-16-110-00	VETUS	LMX500	1,50 Kg	13,50 Kg
11	Tornillo Cabeza Hexagonal M14 x 100	18	114-16-111-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 933	0,15 Kg	2,70 Kg
12	Tuerca Cabeza Hexagonal M14	18	114-16-112-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 934	0,03 Kg	0,54 Kg
13	Arandela Plana ø14 mm	18	114-16-113-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 125	0,01 Kg	0,18 Kg
14	Arandela NORDLOCK ø14 mm	18	114-16-114-00	NORDLOCK	NL-14	0,01 Kg	0,18 Kg
00	Soportes Máquinas Impulsión Estribor	1	141-16-100-00			160,15 Kg	160,15 Kg

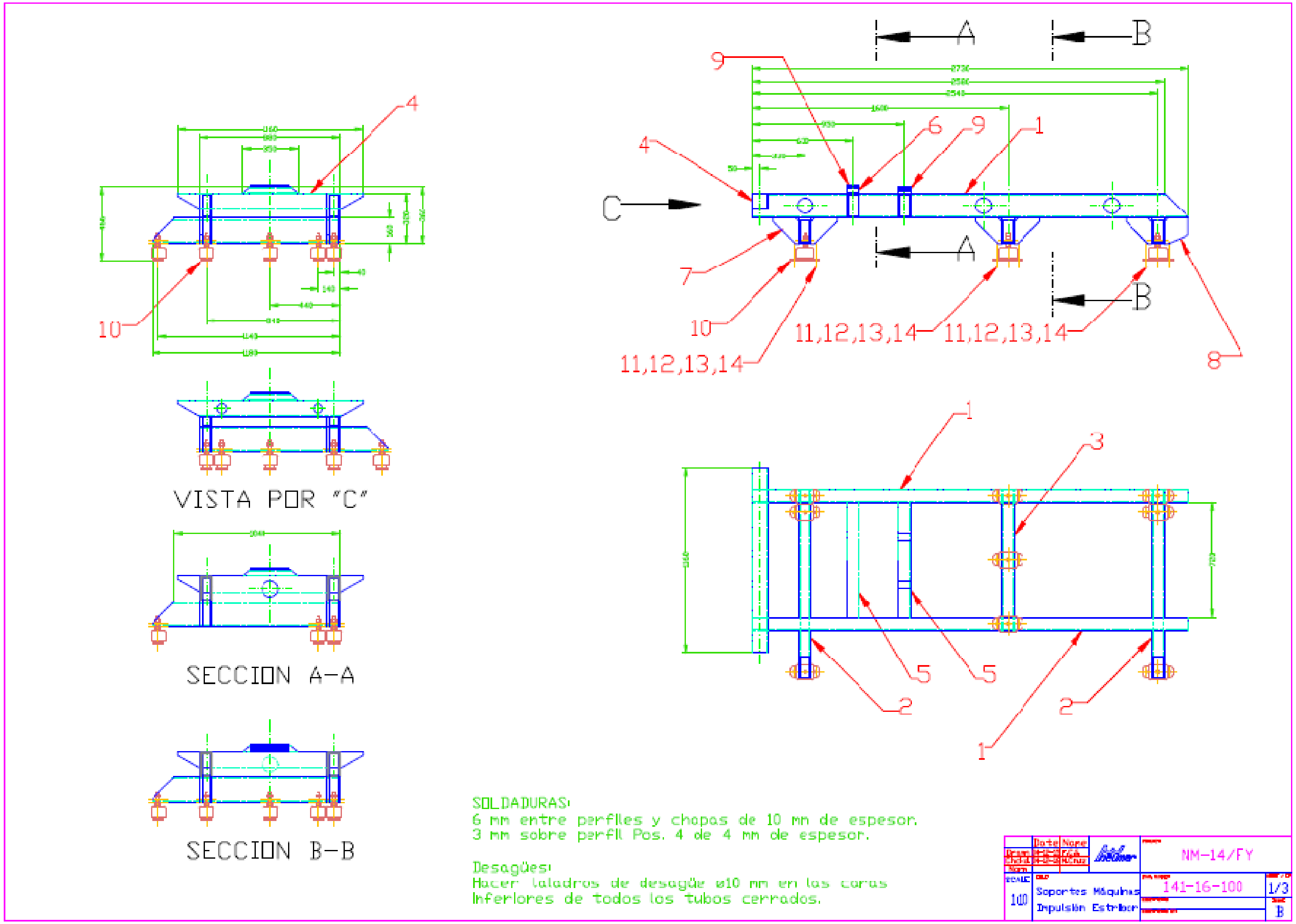
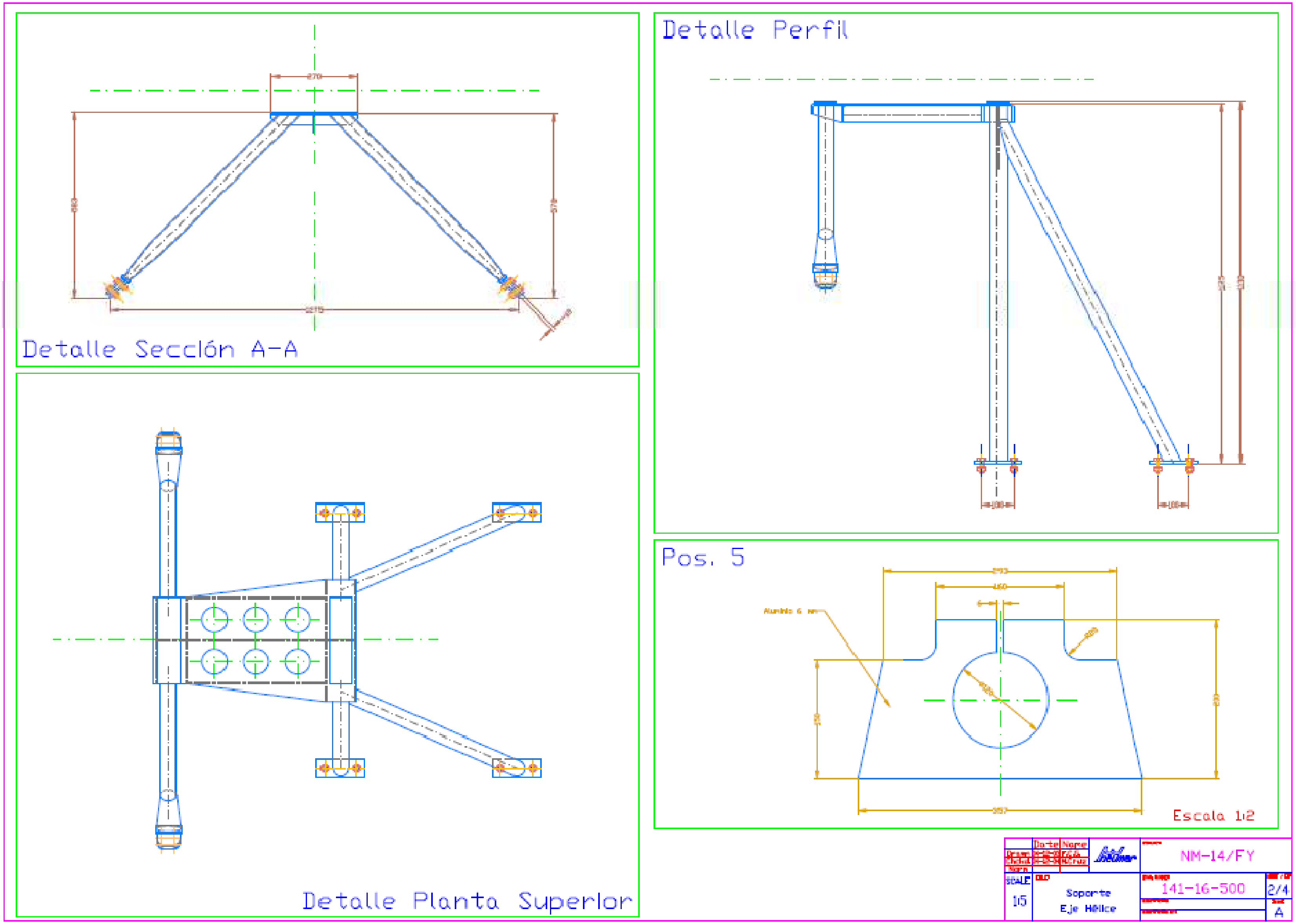


FIGURA (G.1).- Plano de Base de Máquinas, Sistema de Propulsión



Detalle Sección A-A
Detalle Perfil
Pos. 5
Aluminio 6 mm
Escala 1:2
Detalle Planta Superior
Date
Name
Drawn
Chckd
Norm
SCALE
1:5
Soporte
Eje Hélice
NM-14/FY
141-16-500
2/4
A

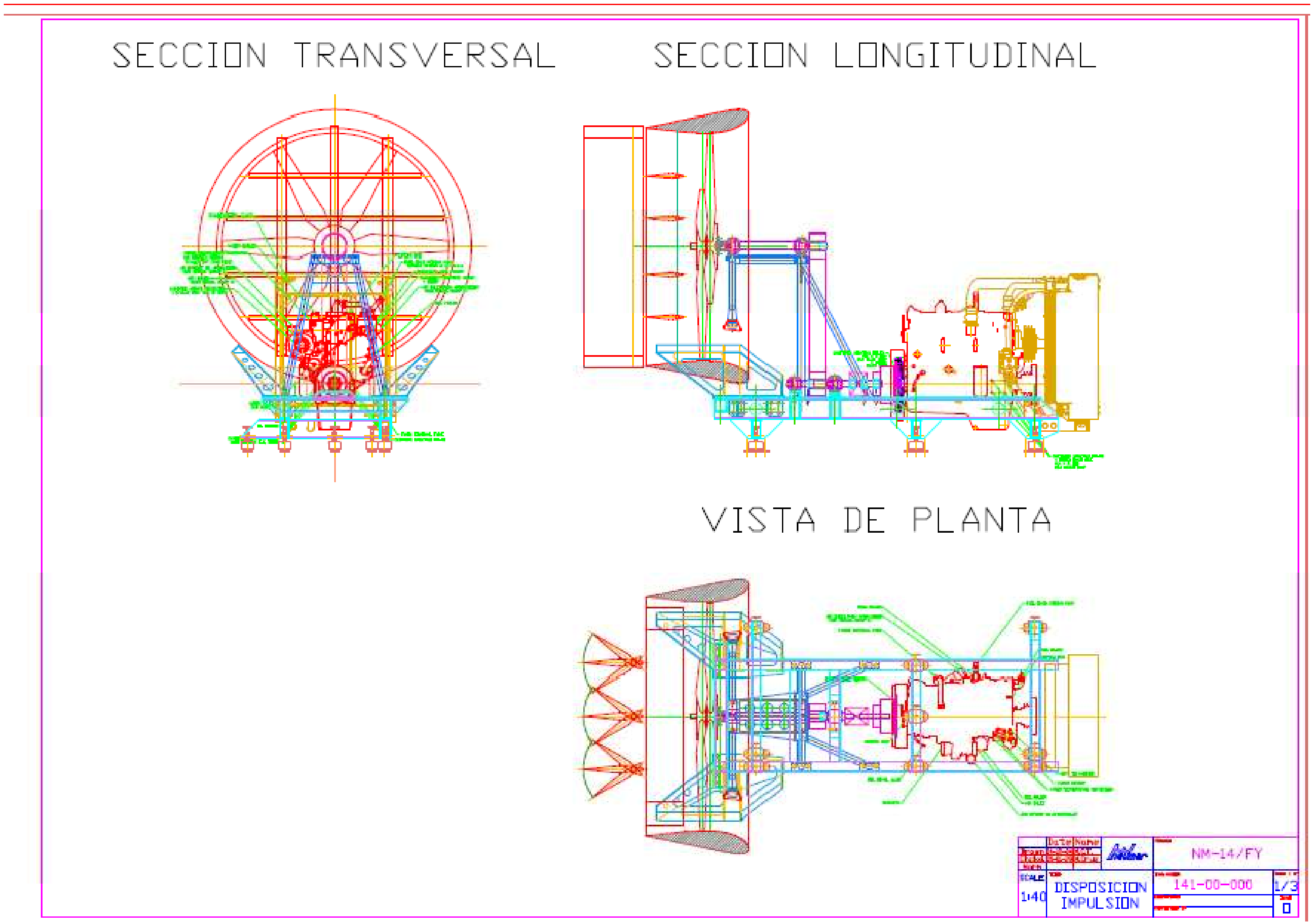


FIGURA (G.3).- Plano de Conjunto, Sistema de Propulsión

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

CALCULO POLINES MAQUINARIA IMPULSION

2 Hélices IVOPROP de 6 palas de 1,80 m

2 Motores CATERPILLAR 3126B de 300 CV

Ver planos 141-00-000, 141-16-100 y 141-16-200

A - DATOS:

A.1.- Masas:

Los valores de las respectivas masas están en cualquier caso por debajo de los siguientes:

Carena Hélice con hélice y timones: $M1 := 200 \cdot kg$

Motor Caterpillar 3126-B con accesorios: $M2 := 700 \cdot kg$ $\quad M2_1 := \frac{M2}{2}$ $\quad M2_2 := \frac{M2}{2}$

Radiador con accesorios: $M3 := 100 \cdot kg$

Transmisión y sus soportes: $M4 := 150 \cdot kg$

Estructura de soporte: $M5 := 180 \cdot kg$

$M1 + M2 + M3 + M4 + M5 = 1330 \cdot kg$

$M1 + M2 + M3 + M4 = 1150 \cdot kg$

A.2.- Resistencias y Geometrías:

A.2.1.- Soportes elásticos LMX-500:

Caso de servicio normal:

Carga estática admisible: $CE500 := 300 \cdot kgf$

Carga máxima admisible (estática + dinámica): $CM500 := 500 \cdot kgf$

Relaciones de Rigidez del Elastómero:

Rigidez Vertical: $rg_v := 1$

Rigidez Transversal: $rg_t := 1$

Rigidez Longitudinal: $rg_l := 7$

Fuerzas totales admisibles:

Resistencia Total Vertical: $R500_v := CM500 \cdot rg_v$ $\qquad R500_v = 500 \cdot kgf$

Page 16 auto

Capitulo 4b - Micro... Índices y resúmen -... anexo 7a - Microso... Winmcad Reproductor de Wi... Mathcad - [n14-pol... ES 3:22

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

15-Octubre-2004

NM-14/FY-4Cat

CALCULO POLINES MAQUINARIA

Motor CATERPILLAR 3126-B, IVOPROP 6 palas 1,80 m

Cálculo según normas Bureau Veritas

DEFINICIONES SEGUN BUREAU VERITAS:

6-42-11. Aceleraciones bajo condiciones de servicio normales:

Desde 0,7 g hacia arriba hasta 0,8 g hacia abajo.
Desde 0,5 g hacia atrás hasta 1,0 g hacia adelante.
Desde 0,5 g hacia un lado hasta 0,5 g hacia el otro lado.

Todos los valores son sobre la aceleración de la gravedad.

6-43-12. Aceleraciones en caso de colisión:

Desde 3 g hacia arriba hasta 4 g hacia abajo.
Desde 0 g hacia atrás hasta 6 g hacia adelante.
Desde 0 g hasta 3 g hacia atrás.
Desde 0,5 g hasta 3 g hacia cada lado.

Todos los valores son sobre la aceleración de la gravedad.

6-52-11. Tabla Resumen de Coeficientes:

Tabla 6-52 - Métodos de Cálculo de Cargas

1 - Nominal Static Load x Load factor = Basic Load
2 - Basic Load x Strength Limit = Maximum Load
3- Maximum Load x Safety Coefficient = Extreme Load

6-53. Valores numéricos:

En general, Strength Limits pueden no exceder de 1,5.

En general, Safety Coefficients se consideran iguales a 1,5.

Excepciones a lo anterior:

RELACIONES BASICAS:

Escala: $E := 2$ $\quad$ Alargamiento: $\lambda := 0.6$

Peso: $W := 10800 \cdot kgf$

Densidad del Aire: $\rho := 0.1225 \cdot kgf \cdot \frac{sec^2}{m^4}$ $\qquad \rho = 1.2 \cdot \frac{kg}{m^3}$

Densidad del Agua: $\delta := \frac{1000}{9.81} \cdot kgf \cdot \frac{sec^2}{m^4}$ $\qquad \delta = 101.9 \cdot kgf \cdot \frac{sec^2}{m^4}$

UNIDADES:

Fuerza: $Nwt \equiv 1 \cdot kg \cdot \frac{m}{sec^2}$ $\qquad 1 \cdot Nwt = 0.102 \cdot kgf$

DATOS BASICOS:

Aceleración Gravedad: $g := 9.80665 \cdot \frac{m}{sec^2}$

Potencia: $cv \equiv 75 \cdot kgf \cdot \frac{m}{sec}$

Velocidad: $nudos \equiv 1.85185 \cdot \frac{km}{hr}$

$1 \cdot kgf = 9.80665 \cdot Nwt$

Page 1 auto

Capitulo 4b - Micro... Índices y resúmen -... anexo 7a - Microso... Winmcad Reproductor de Wi... Mathcad - [n14-pol... ES 3:21

Resistencia Total Transversal: $R500_t := CM500 \cdot rg_t$ $\quad R500_t = 500 \cdot kgf$

Resistencia Total Longitudinal: $R500_l := CM500 \cdot rg_l$ $\quad R500_l = 3500 \cdot kgf$

Caso de colisión:

Verticalmente, aunque ceda el elastómero la maquinaria queda soportada por el marco o cubeta de acero que lo envuelve, por lo que la resistencia máxima queda determinada por el elemento más débil del soporte metálico, que es el tornillo de fijación M20.

Sección resistente de la rosca M20: $A_{M20} := 220 \cdot mm^2$

Tensión admisible: $\sigma := 1500 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Resistencia Vertical de Emergencia: $R500_{ve} := A_{M20} \cdot \sigma$ $\quad R500_{ve} = 3300 \cdot kgf$

A.2.2.- Vigas longitudinales y transversales:

Sección rectangular 160x80x10 mm:

Area: $A_1 := (16.0 \cdot 8.0 - 14.0 \cdot 6.0) \cdot cm^2$ $\quad A_1 = 44 \cdot cm^2$

Momento de Inercia sobre eje horizontal Ix: $I_{x1} := 1358.667 \cdot cm^4$

Momento de Inercia sobre eje vertical Iy: $I_{y1} := 430.667 \cdot cm^4$

Momento Resistente sobre eje horizontal Wx: $W_{x1} := 169.833 \cdot cm^3$

Momento Resistente sobre eje vertical Wy: $W_{y1} := 107.667 \cdot cm^3$

A.2.3.- Viga transversal de popa:

Sección cuadrada 100x100x4 mm:

Area: $A_2 := \left[10.0^2 - (10.0 - 2 \cdot 0.4)^2\right] \cdot cm^2$ $\quad A_2 = 15.4 \cdot cm^2$

Page 16

Momento de Inercia sobre eje horizontal Ix: $I_{x2} := 1358.667 \cdot cm^4$

Momento de Inercia sobre eje vertical Iy: $I_{y2} := 430.667 \cdot cm^4$

Momento Resistente sobre eje horizontal Wx: $W_{x2} := 169.833 \cdot cm^3$

Momento Resistente sobre eje vertical Wy: $W_{y2} := 107.667 \cdot cm^3$

A.2.4.- Distribución transversal de los soportes elásticos:

La estructura rígida de aluminio está soportada por 9 soportes elásticos, distribuidos bajo tres vigas transversales, 3 soportes bajo cada viga. Dos de estas vigas, la de más a proa y la de más a popa, son más largas que la central y están dispuestas asimétricamente, con uno de sus extremos coincidiendo con una de las vigas longitudinales mientras que el otro extremo sobresale más allá de la otra viga longitudinal. La viga transversal central está ubicada de forma simétrica con sus extremos coincidiendo con las vigas longitudinales (ver planos 141-16-100 y 141-16-200)

Interesa que todos los soportes elásticos estén sometidos a la misma carga, a pesar de su disposición asimétrica bajo las vigas transversales largas:

Distancia eje carga a soporte próximo: $a := 400 \cdot mm$

Distancia eje carga a soporte alejado: $b := 700 \cdot mm$

W=Carga vertical.
R=Carga sobre cada uno de los tres soportes elásticos de las vigas asimétricas (se quiere que R sea igual para los tres soportes).
x=Distancia del eje de la carga al soporte intermedio.

R=W/3; W=3.R
W.b=R.(b+x)+R.(b+a); 3.b=2.b+a+x

$x := b - a$ $\quad x = 300 \cdot mm$

De esta forma se puede utilizar la suma de todas las resistencias en los 3 apoyos de cada viga transversal para los cálculos tanto en dirección longitudinal como vertical, ya que las reacciones están uniformemente distribuidas transversalmente entre los tres soportes elásticos de cada viga transversal.

Page 17

A.2.5.- Distancias longitudinales:

Longitudinalmente la estructura rígida de aluminio está formada por dos vigas principales, soportadas a su vez por tres vigas transversales bajo las que se sitúan los soportes elásticos, 3 soportes bajo cada viga transversal (ver planos 141-16-100 y 141-16-200). A continuación se detallana las distancias entre fuerzas (masas) y apoyos (soportes elásticos bajo vigas transversales) en dirección longitudinal. Todas las distancias son horizontales.

Distancias entre:

Hélice y Viga Transversal Popa: $d_1 := 400 \cdot mm$

Viga Transversal Popa y Transmisión: $d_2 := 460 \cdot mm$

Transmisión y Apoyo Motor Popa: $d_3 := 690 \cdot mm$

Apoyo Motor Popa y Viga Transversal Intermedia: $d_4 := 120 \cdot mm$

Viga Transversal Intermedia y Apoyo Motor Proa: $d_5 := 640 \cdot mm$

Apoyo Motor Proa y Viga Transversal Proa: $d_6 := 300 \cdot mm$

Apoyo Motor Proa y Radiador: $d_7 := 350 \cdot mm$

$d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 = 2960 \cdot mm$

B.- CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES:

B.1. - FACTORES APLICABLES:

B.1.1.- Factores de Carga:

Aceleración vertical hacia arriba: $a_{v1} := 0.7 \cdot g$

Aceleración vertical hacia abajo: $a_{v2} := 0.8 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia adelante: $a_{h1} := 1.0 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia atrás: $a_{h2} := 0.5 \cdot g$

Aceleración horizontal transversal: $a_t := 0.5 \cdot g$

Page 17

B.1.2.- Coeficientes:

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

B.2. - FUERZAS NORMALES:

B.2.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

$F1_{va} := M1 \cdot a_{v1}$ $F1_{va} = 140 \cdot kgf$

$F2_{va} := M2 \cdot a_{v1}$ $F2_{va} = 490 \cdot kgf$

$F3_{va} := M3 \cdot a_{v1}$ $F3_{va} = 70 \cdot kgf$

$F4_{va} := M4 \cdot a_{v1}$ $F4_{va} = 105 \cdot kgf$

$F5_{va} := M5 \cdot a_{v1}$ $F5_{va} = 126 \cdot kgf$

B.2.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

$F1_{vb} := M1 \cdot a_{v2}$ $F1_{vb} = 160 \cdot kgf$

$F2_{vb} := M2 \cdot a_{v2}$ $F2_{vb} = 560 \cdot kgf$

$F2_{vb1} := M2_1 \cdot a_{v2}$ $F2_{vb1} = 280 \cdot kgf$

$F2_{vb2} := M2_1 \cdot a_{v2}$ $F2_{vb2} = 280 \cdot kgf$

$F3_{vb} := M3 \cdot a_{v2}$ $F3_{vb} = 80 \cdot kgf$

$F4_{vb} := M4 \cdot a_{v2}$ $F4_{vb} = 120 \cdot kgf$

$F5_{vb} := M5 \cdot a_{v2}$ $F5_{vb} = 144 \cdot kgf$

Page 19

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

B.2.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

$F1_{ha} := M1 \cdot a_{h1}$	$F1_{ha} = 200 \cdot kgf$
$F2_{ha} := M2 \cdot a_{h1}$	$F2_{ha} = 700 \cdot kgf$
$F3_{ha} := M3 \cdot a_{h1}$	$F3_{ha} = 100 \cdot kgf$
$F4_{ha} := M4 \cdot a_{h1}$	$F4_{ha} = 150 \cdot kgf$
$F5_{ha} := M5 \cdot a_{h1}$	$F5_{ha} = 180 \cdot kgf$

B.2.4.- Fuerzas horizontales hacia atrás:

$F1_{hb} := M1 \cdot a_{h2}$	$F1_{hb} = 100 \cdot kgf$
$F2_{hb} := M2 \cdot a_{h2}$	$F2_{hb} = 350 \cdot kgf$
$F3_{hb} := M3 \cdot a_{h2}$	$F3_{hb} = 50 \cdot kgf$
$F4_{hb} := M4 \cdot a_{h2}$	$F4_{hb} = 75 \cdot kgf$
$F5_{hb} := M5 \cdot a_{h2}$	$F5_{hb} = 90 \cdot kgf$

B.2.5.- Fuerzas horizontales transversales:

$F1_{ht} := M1 \cdot a_t$	$F1_{ht} = 100 \cdot kgf$
$F2_{ht} := M2 \cdot a_t$	$F2_{ht} = 350 \cdot kgf$
$F3_{ht} := M3 \cdot a_t$	$F3_{ht} = 50 \cdot kgf$
$F4_{ht} := M4 \cdot a_t$	$F4_{ht} = 75 \cdot kgf$
$F5_{ht} := M5 \cdot a_t$	$F5_{ht} = 90 \cdot kgf$

Page 19

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

B.3. - CALCULOS DE RESISTENCIA:

B.3.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

Este caso de cargas es menos desfavorable que el siguiente.

B.3.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

a) Reacciones en apoyos:

Cada apoyo longitudinal está formado por una viga transversal, soportada a su vez por tres soportes elásicos.

Apoyo longitudinal de popa = R1.

Apoyo longitudinal intermedio = R2.

Apoyo longitudinal de proa = R3.

Distancia R1 - R2: $l_1 := 1270 \cdot mm$

Distancia R2 - R3: $l_2 := 940 \cdot mm$

$D1 := d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 \qquad D2 := d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6$

$D3 := d_3 + d_4 + d_5 + d_6 \qquad D4 := d_4 + d_5 + d_6 \qquad D5 := d_5 + d_6$

$D1 = 2610 \cdot mm$	$F1_{vb} = 160 \cdot kgf$
$D2 = 2210 \cdot mm$	$F2_{vb1} = 280 \cdot kgf$
$D3 = 1750 \cdot mm$	$F2_{vb2} = 280 \cdot kgf$
$D4 = 1060 \cdot mm$	$F3_{vb} = 80 \cdot kgf$
$D5 = 940 \cdot mm$	$F4_{vb} = 120 \cdot kgf$
$d_6 = 300 \cdot mm$	$F5_{vb} = 144 \cdot kgf$
$d_7 = 350 \cdot mm$	

El peso de la estructura de soporte se considera uniformemente distribuído a lo largo de la misma y se añadirá posteriormente repartido entre todas las reacciones en los apoyos.

Equilibrio de fuerzas:

$R1 + R2 + R3 = F1_{vb} + F2_{vb1} + F2_{vb2} + F3_{vb} + F4_{vb}$

Equilibrio de momentos:

$R1 \cdot D2 + R2 \cdot D5 = F1_{vb} \cdot D1 + F4_{vb} \cdot D3 + F2_{vb1} \cdot D4 + F2_{vb2} \cdot d_6 - F3_{vb} \cdot d_7$

Siendo en los soportes elásticos las fuerzas proporcionales a las deformaciones y éstas mucho mayores que las de las vigas metálicas:

(R1-R2)/l1=(R2-R3)/l2=(R1-R3)/(l1+l2)

Page 20

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

Siendo en los soportes elásticos las fuerzas proporcionales a las deformaciones y éstas mucho mayores que las de las vigas metálicas:

(R1-R2)/l1=(R2-R3)/l2=(R1-R3)/(l1+l2)

$$R1 - R2\cdot\left(1+\frac{l_1}{l_2}\right) + R3\cdot\frac{l_1}{l_2} = 0$$

Para simplificar, se define:

$SF_{vb} := F1_{vb} + F2_{vb1} + F2_{vb2} + F3_{vb} + F4_{vb}$ $\qquad SF_{vb} = 920\cdot kgf$

$SM_{vb} := F1_{vb}\cdot D1 + F4_{vb}\cdot D3 + F2_{vb1}\cdot D4 + F2_{vb2}\cdot d_6 - F3_{vb}\cdot d_7$

$SM_{vb} = 980400\cdot kgf\cdot mm$

$La := 1+\frac{l_1}{l_2}$ $\qquad Lb := \frac{l_1}{l_2}$ $\qquad La = 2.351$ $\qquad Lb = 1.351$

Sistema de ecuaciones:

$R1 + R2 + R3 = SF_{vb}$

$R1\cdot D2 + R2\cdot D5 = SM_{vb}$

$R1 - R2\cdot La + R3\cdot Lb = 0$

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{D2}{mm} & \frac{D5}{mm} & 0 \\ 1 & -La & Lb \end{pmatrix} \qquad B := \begin{pmatrix} \frac{SF_{vb}}{kgf} \\ \frac{SM_{vb}}{(kgf\cdot mm)} \\ 0 \end{pmatrix} \qquad sol := A^{-1}\cdot B$$

$$sol = \begin{pmatrix} 313.5 \\ 306 \\ 300.5 \end{pmatrix}$$

$R1 := sol_0\cdot kgf$ $\quad R2 := sol_1\cdot kgf$ $\quad R3 := sol_2\cdot kgf$

$R1 = 313.5\cdot kgf$ $\quad R2 = 306\cdot kgf$ $\quad R3 = 300.5\cdot kgf$

$R1 + R2 + R3 = 920\cdot kgf$

Page 21 auto

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

Peso de la estructura soporte: $M5 = 180\cdot kg$ $\qquad F5_{vb} = 144\cdot kgf$

Añadiendo la tercera parte de este peso a cada carga:

$R1_t := R1 + \frac{F5_{vb}}{2}$ $\qquad R2_t := R2 + \frac{F5_{vb}}{2}$ $\qquad R3_t := R3 + \frac{F5_{vb}}{2}$

$R1_t = 385.5\cdot kgf$ $\qquad R2_t = 378\cdot kgf$ $\qquad R3_t = 372.5\cdot kgf$

La carga más desfavorable será el máximo valor absoluto de R1t, R2t y R3t:

$R := \begin{pmatrix} R1_t & R2_t & R3_t \end{pmatrix}$ $\qquad BL := max(R)$ $\qquad BL = 385.5\cdot kgf$

La cargas calculadas corresponden a la Basic Load a repartir entre los tres soportes elásticos de cada viga transversal.

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Maximum Load: $ML := BL\cdot SL$ $\qquad ML = 578.2\cdot kgf$

Extreme Load: $EL := ML\cdot SC$ $\qquad EL = 867.3\cdot kgf$

Resistencia vertical de cada soporte elástico: $R500_v = 500\cdot kgf$

Resistencia longitudinal total de los tres soportes elásticos de cada viga transversal:

$RT500_v := 3\cdot R500_v$ $\qquad RT500_v = 1500\cdot kgf$

La resistencia es muy superior a la carga máxima según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad: $CS500_v := \frac{RT500_v}{ML}$ $\qquad CS500_v = 2.6$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := 1.5$

El coeficiente de seguridad es muy superior al exigido por Bureau Veritas.

Page 21 auto

b) Momentos Flectores sobre las vigas longitudinales:

$MF_1 := -F1_{vb} \cdot d_1$ $\qquad MF_1 = -6400 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_2 := -F1_{vb} \cdot \left[d_1 + d_2\right] + R1 \cdot d_2$ $\qquad MF_2 = 659 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_3 := -F1_{vb} \cdot \left[d_1 + d_2 + d_3\right] + R1 \cdot \left[d_2 + d_3\right] - F4_{vb} \cdot d_3$ $\qquad MF_3 = 2967.5 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_4 := -F1_{vb} \cdot \left[d_1 + d_2 + d_3 + d_4\right] + R1 \cdot \left[d_2 + d_3 + d_4\right] - F4_{vb} \cdot \left[d_3 + d_4\right] - F2_{vb1} \cdot d_4$

$MF_4 = 9 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_4 := -F3_{vb} \cdot \left[d_7 + d_6 + d_5\right] + R3 \cdot \left[d_6 + d_5\right] - F2_{vb2} \cdot d_5$ $\qquad MF_4 = 9 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_5 := -F3_{vb} \cdot \left[d_7 + d_6\right] + R3 \cdot \left[d_6\right]$ $\qquad MF_5 = 3815.6 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_6 := -F3_{vb} \cdot d_7$ $\qquad MF_6 = -2800 \cdot kgf \cdot cm$

$MF := \left[\,|MF_1| \;\; |MF_2| \;\; |MF_3| \;\; |MF_4| \;\; |MF_5| \;\; |MF_6|\,\right]$

$MF_{max} := \max(MF)$ $\qquad MF_{max} = 6400 \cdot kgf \cdot cm$

La viga longitudinal 160x80x10 tiene un momento resistente sobre el eje horizontal de:

$W_{x1} = 169.8 \cdot cm^3$

Por tanto, la tensión por flexión es: $\sigma := \dfrac{MF_{max}}{W_{x1}}$ $\qquad \sigma = 37.7 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Límite Elástico de la aleación de aluminio SIMGALTOK 82-T6 : $\sigma_\alpha := 3100 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$ $\qquad \sigma_\alpha = 304 \cdot \dfrac{Nwt}{mm^2}$

Coeficiente de Seguridad: $CSMF := \dfrac{\sigma_\alpha}{\sigma}$ $\qquad CSMF = 82.3$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := SC$ $\qquad SC = 1.5$

El coeficiente de seguridad es muy superior que el exigido por Bureau Veritas.

Límite Elástico de la aleación de aluminio SIMGALTOK 82-T6 : $\sigma_\alpha := 3100 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$ $\qquad \sigma_\alpha = 304 \cdot \dfrac{Nwt}{mm^2}$

Coeficiente de Seguridad: $CSMF := \dfrac{\sigma_\alpha}{\sigma}$ $\qquad CSMF = 82.3$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := SC$ $\qquad SC = 1.5$

El coeficiente de seguridad es muy superior que el exigido por Bureau Veritas.

B.3.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

Basic Load:

$FT_{ha} := F1_{ha} + F2_{ha} + F3_{ha} + F4_{ha} + F5_{ha}$ $\qquad FT_{ha} = 1330 \cdot kgf$

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Extreme Load: $EL := SL \cdot SC \cdot FT_{ha}$

$EL = 2992.5 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de cada soporte elástico: $R500_l = 3500 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de todos los soportes elásticos:

$RT500_l := 9 \cdot R500_l$ $\qquad RT500_l = 31500 \cdot kgf$

La resistencia es muy superior a la carga máxima según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad: $CS500_l := \dfrac{RT500_l}{EL}$ $\qquad CS500_l = 10.5$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := 1$

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

C.- CASO DE COLISION:

C.1. - FACTORES APLICABLES:

C.1.1.- Factores de Carga:

Aceleración vertical hacia arriba: $a_{v1} := 3 \cdot g$

Aceleración vertical hacia abajo: $a_{v2} := 4 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia adelante: $a_{h1} := 6 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia atrás: $a_{h2} := 3 \cdot g$

Aceleración horizontal transversal: $a_t := 3 \cdot g$

C.1.2.- Coeficientes:

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1$

C.2. - FUERZAS EXTREMAS:

C.2.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

$F1_{va} := M1 \cdot a_{v1}$ $\quad F1_{va} = 600 \cdot kgf$

$F2_{va} := M2 \cdot a_{v1}$ $\quad F2_{va} = 2100 \cdot kgf$

$F3_{va} := M3 \cdot a_{v1}$ $\quad F3_{va} = 300 \cdot kgf$

$F4_{va} := M4 \cdot a_{v1}$ $\quad F4_{va} = 450 \cdot kgf$

$F5_{va} := M5 \cdot a_{v1}$ $\quad F5_{va} = 540 \cdot kgf$

C.2.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

$F1_{vb} := M1 \cdot a_{v2}$ $\quad F1_{vb} = 800 \cdot kgf$

Page 23 auto

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

C.2.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

$F1_{vb} := M1 \cdot a_{v2}$ $\quad F1_{vb} = 800 \cdot kgf$

$F2_{vb} := M2 \cdot a_{v2}$ $\quad F2_{vb} = 2800 \cdot kgf$

$F2_{vb1} := M2_1 \cdot a_{v2}$ $\quad F2_{vb1} = 1400 \cdot kgf$

$F2_{vb2} := M2_1 \cdot a_{v2}$ $\quad F2_{vb2} = 1400 \cdot kgf$

$F3_{vb} := M3 \cdot a_{v2}$ $\quad F3_{vb} = 400 \cdot kgf$

$F4_{vb} := M4 \cdot a_{v2}$ $\quad F4_{vb} = 600 \cdot kgf$

$F5_{vb} := M5 \cdot a_{v2}$ $\quad F5_{vb} = 720 \cdot kgf$

C.2.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

$F1_{ha} := M1 \cdot a_{h1}$ $\quad F1_{ha} = 1200 \cdot kgf$

$F2_{ha} := M2 \cdot a_{h1}$ $\quad F2_{ha} = 4200 \cdot kgf$

$F3_{ha} := M3 \cdot a_{h1}$ $\quad F3_{ha} = 600 \cdot kgf$

$F4_{ha} := M4 \cdot a_{h1}$ $\quad F4_{ha} = 900 \cdot kgf$

$F5_{ha} := M5 \cdot a_{h1}$ $\quad F5_{ha} = 1080 \cdot kgf$

C.2.4.- Fuerzas horizontales hacia atrás:

$F1_{hb} := M1 \cdot a_{h2}$ $\quad F1_{hb} = 600 \cdot kgf$

$F2_{hb} := M2 \cdot a_{h2}$ $\quad F2_{hb} = 2100 \cdot kgf$

$F3_{hb} := M3 \cdot a_{h2}$ $\quad F3_{hb} = 300 \cdot kgf$

$F4_{hb} := M4 \cdot a_{h2}$ $\quad F4_{hb} = 450 \cdot kgf$

$F5_{hb} := M5 \cdot a_{h2}$ $\quad F5_{hb} = 540 \cdot kgf$

Page 24 auto

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

C.2.5.- Fuerzas horizontales transversales:

$F1_{ht} := M1 \cdot a_t$ $\qquad F1_{ht} = 600 \cdot kgf$

$F2_{ht} := M2 \cdot a_t$ $\qquad F2_{ht} = 2100 \cdot kgf$

$F3_{ht} := M3 \cdot a_t$ $\qquad F3_{ht} = 300 \cdot kgf$

$F4_{ht} := M4 \cdot a_t$ $\qquad F4_{ht} = 450 \cdot kgf$

$F5_{ht} := M5 \cdot a_t$ $\qquad F5_{ht} = 540 \cdot kgf$

C.3. - CALCULOS DE RESISTENCIA:

C.3.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

Este caso de cargas es menos desfavorable que el siguiente.

C.3.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

a) Reacciones en apoyos:

Cada apoyo longitudinal está formado por una viga transversal, soportada a su vez por tres soportes elásicos.

Apoyo longitudinal de popa = R1.

Apoyo longitudinal intermedio = R2.

Apoyo longitudinal de proa = R3.

Distancia R1 - R2: $l_1 := 1270 \cdot mm$

Distancia R2 - R3: $l_2 := 940 \cdot mm$

$D1 := d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 \qquad D2 := d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6$

$D3 := d_3 + d_4 + d_5 + d_6 \qquad D4 := d_4 + d_5 + d_6 \qquad D5 := d_5 + d_6$

$D1 = 2610 \cdot mm \qquad F1_{vb} = 800 \cdot kgf$

$D2 = 2210 \cdot mm \qquad F2_{vb1} = 1400 \cdot kgf$

$D3 = 1750 \cdot mm \qquad F2_{vb2} = 1400 \cdot kgf$

$D4 = 1060 \cdot mm \qquad F3_{vb} = 400 \cdot kgf$

El peso de la estructura de soporte se considera uniformemente distribuído a lo largo de la misma y se añadirá posteriormente repartido entre todas las reacciones en los apoyos.

Page 25

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

El peso de la estructura de soporte se considera uniformemente distribuído a lo largo de la misma y se añadirá posteriormente repartido entre todas las reacciones en los apoyos.

$D3 = 1750 \cdot mm \qquad F2_{vb2} = 1400 \cdot kgf$

$D4 = 1060 \cdot mm \qquad F3_{vb} = 400 \cdot kgf$

$D5 = 940 \cdot mm \qquad F4_{vb} = 600 \cdot kgf$

$d_6 = 300 \cdot mm \qquad F5_{vb} = 720 \cdot kgf$

$d_7 = 350 \cdot mm$

Equilibrio de fuerzas:

$R1 + R2 + R3 = F1_{vb} + F2_{vb1} + F2_{vb2} + F3_{vb} + F4_{vb}$

Equilibrio de momentos:

$R1 \cdot D2 + R2 \cdot D5 = F1_{vb} \cdot D1 + F4_{vb} \cdot D3 + F2_{vb1} \cdot D4 + F2_{vb2} \cdot d_6 - F3_{vb} \cdot d_7$

Siendo en los soportes elásticos las fuerzas proporcionales a las deformaciones y éstas mucho mayores que las de las vigas metálicas:

(R1-R2)/l1=(R2-R3)/l2=(R1-R3)/(l1+l2)

$$R1 - R2 \cdot \left[1 + \frac{l_1}{l_2}\right] + R3 \cdot \frac{l_1}{l_2} = 0$$

Para simplificar, se define:

$SF_{vb} := F1_{vb} + F2_{vb1} + F2_{vb2} + F3_{vb} + F4_{vb} \qquad SF_{vb} = 4600 \cdot kgf$

$SM_{vb} := F1_{vb} \cdot D1 + F4_{vb} \cdot D3 + F2_{vb1} \cdot D4 + F2_{vb2} \cdot d_6 - F3_{vb} \cdot d_7$

$SM_{vb} = 4902000 \cdot kgf \cdot mm$

$La := 1 + \frac{l_1}{l_2} \qquad Lb := \frac{l_1}{l_2} \qquad La = 2.351 \qquad Lb = 1.351$

Sistema de ecuaciones:

$R1 + R2 + R3 = SF_{vb}$

$R1 \cdot D2 + R2 \cdot D5 = SM_{vb}$

$R1 - R2 \cdot La + R3 \cdot Lb = 0$

Page 25

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

$$A := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{D2}{mm} & \frac{D5}{mm} & 0 \\ 1 & -La & Lb \end{bmatrix} \qquad B := \begin{bmatrix} \frac{SF_{vb}}{kgf} \\ \frac{SM_{vb}}{(kgf \cdot mm)} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$sol := A^{-1} \cdot B$

$$sol = \begin{bmatrix} 1567.3 \\ 1530.1 \\ 1502.6 \end{bmatrix}$$

$R1 := sol_0 \cdot kgf \quad R2 := sol_1 \cdot kgf \quad R3 := sol_2 \cdot kgf$

$R1 = 1567.3 \cdot kgf \quad R2 = 1530.1 \cdot kgf \quad R3 = 1502.6 \cdot kgf$

$R1 + R2 + R3 = 4600 \cdot kgf$

$R1 \cdot D2 + R2 \cdot D5 = 4902000 \cdot kgf \cdot mm$

Peso de la estructura soporte: $M5 = 180 \cdot kg \qquad F5_{vb} = 720 \cdot kgf$

Añadiendo la tercera parte de este peso a cada carga:

$R1_t := R1 + \frac{F5_{vb}}{2} \qquad R2_t := R2 + \frac{F5_{vb}}{2} \qquad R3_t := R3 + \frac{F5_{vb}}{2}$

$R1_t = 1927.3 \cdot kgf \qquad R2_t = 1890.1 \cdot kgf \qquad R3_t = 1862.6 \cdot kgf$

La carga más desfavorable será el máximo valor absoluto de R1t, R2t y R3t:

$R := \begin{bmatrix} R1_t & R2_t & R3_t \end{bmatrix} \qquad BL := \max(R) \qquad BL = 1927.3 \cdot kgf$

La cargas calculadas corresponden a la Basic Load a repartir entre los tres soportes elásticos de cada viga transversal..

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1$

Maximum Load: $ML := BL \cdot SL \qquad ML = 2890.9 \cdot kgf$

Page 26

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

Extreme Load: $EL := ML \cdot SC \qquad EL = 2890.9 \cdot kgf$

Resistencia vertical de emergencia de cada soporte elástico: $R500_{ve} = 3300 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal los tres soportes elásticos de cada viga transversal:

$RT500_{ve} := 3 \cdot R500_{ve} \qquad RT500_{ve} = 9900 \cdot kgf$

La resistencia es muy superior a la carga máxima según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad: $CS500_{ve} := \frac{RT500_{ve}}{ML} \qquad CS500_{ve} = 3.4$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := SC \qquad SC = 1$

El coeficiente de seguridad es muy superior que el exigido por Bureau Veritas.

b) <u>Momentos Flectores sobre las vigas longitudinales</u>:

$MF_1 := -F1_{vb} \cdot d_1 \qquad MF_1 = -32000 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_2 := -F1_{vb} \cdot [d_1 + d_2] + R1 \cdot d_2 \qquad MF_2 = 3295 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_3 := -F1_{vb} \cdot [d_1 + d_2 + d_3] + R1 \cdot [d_2 + d_3] - F4_{vb} \cdot d_3 \qquad MF_3 = 14837.4 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_4 := -F1_{vb} \cdot [d_1 + d_2 + d_3 + d_4] + R1 \cdot [d_2 + d_3 + d_4] - F4_{vb} \cdot [d_3 + d_4] - F2_{vb1} \cdot d_4$

$MF_4 = 44.8 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_4 := -F3_{vb} \cdot [d_7 + d_6 + d_5] + R3 \cdot [d_6 + d_5] - F2_{vb2} \cdot d_5 \qquad MF_4 = 44.8 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_5 := -F3_{vb} \cdot [d_7 + d_6] + R3 \cdot [d_6] \qquad MF_5 = 19078.1 \cdot kgf \cdot cm$

$MF_6 := -F3_{vb} \cdot d_7 \qquad MF_6 = -14000 \cdot kgf \cdot cm$

$MF := \begin{bmatrix} |MF_1| & |MF_2| & |MF_3| & |MF_4| & |MF_5| & |MF_6| \end{bmatrix}$

$MF_{max} := \max(MF) \qquad MF_{max} = 32000 \cdot kgf \cdot cm$

Page 26

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

La viga longitudinal 160x80x10 tiene un momento resistente sobre el eje horizontal de:

$W_{x1} = 169.8 \cdot cm^3$

Por tanto, la tensión por flexión es: $\sigma := \dfrac{MF_{max}}{W_{x1}}$ $\sigma = 188.4 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Tensión de Rotura de la aleación de aluminio SIMAGLTOK 82-T6: $\sigma_p := 3400 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Coeficiente de Seguridad: $CSMF := \dfrac{\sigma_p}{\sigma}$ $CSMF = 18$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := SC$ $SC = 1$

El coeficiente de seguridad es muy superior que el exigido por Bureau Veritas.

C.3.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

Basic Load:

$FT_{ha} := F1_{ha} + F2_{ha} + F3_{ha} + F4_{ha} + F5_{ha}$ $FT_{ha} = 7980 \cdot kgf$

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1$

Extreme Load = Maximum Load en este caso: $EL := SL \cdot SC \cdot FT_{ha}$

$EL = 11970 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de cada soporte elástico: $R500_l = 3500 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de todos los soportes elásticos:

$RT500_l := 9 \cdot R500_l$ $RT500_l = 31500 \cdot kgf$

La resistencia es muy superior a la carga máxima según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad: $CS500_l := \dfrac{RT500_l}{EL}$ $CS500_l = 2.6$

Page 27

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

Safety Coefficient: $SC := 1$

Extreme Load = Maximum Load en este caso: $EL := SL \cdot SC \cdot FT_{ha}$

$EL = 11970 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de cada soporte elástico: $R500_l = 3500 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de todos los soportes elásticos:

$RT500_l := 9 \cdot R500_l$ $RT500_l = 31500 \cdot kgf$

La resistencia es muy superior a la carga máxima según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad: $CS500_l := \dfrac{RT500_l}{EL}$ $CS500_l = 2.6$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := 1$

Page 27

ANEXO H

Cálculos e información complementaria del Sistema de Sustentación

LISTA DE MATERIALES

PROYECTO			PLANO	
No.	Denominación	Tipo	Número	Título
141	Hovercraft NM-14/FY	14/FY	141-16-300	Soportes Motor Sustentación Estribor

Pos.	DESCRIPCION	Cant.	Comisión	Material/Marca	Referencia/Plano	Peso Un.
01	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-301-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-01	
02	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-302-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-02	
03	Chapa Aluminio 10 mm	2	114-16-303-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-03	
04	Chapa Aluminio 10 mm	2	114-16-304-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-04	
05	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-305-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-05	
06	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-306-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-06	
07	Chapa Aluminio 10 mm	4	114-16-307-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-07	
08	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-308-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-08	
09	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-309-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-09	
10	Chapa Aluminio 10 mm	2	114-16-310-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-10	
11	Chapa Aluminio 10 mm	2	114-16-311-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-11	
12	Chapa Aluminio 10 mm	2	114-16-312-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-12	
13	Chapa Aluminio 10 mm	2	114-16-313-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-13	
14	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-314-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-14	
15	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-315-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-15	
16	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-316-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-16	
17	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-317-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-17	
18	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-318-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-18	
19	Chapa Aluminio 10 mm	1	114-16-319-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-19	
20	Chapa Aluminio 200x70x10 mm	4	114-16-320-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-20	
21	Chapa Aluminio 200x100x10 mm	2	114-16-321-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-21	
22	Chapa Aluminio 200x120x10 mm	2	114-16-322-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-22	
23	Cartela 10 mm	4	114-16-323-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-23	
24	Cartela 10 mm	4	114-16-324-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-24	
25	Angular de Chapa Aluminio 10 mm	2	114-16-325-00	SIMAGALTOK 82-T6	141-16-300-25	
26	LIBRE					
27	LIBRE					
28	LIBRE					
29	LIBRE					
30	Soporte Elástico	4	114-16-330-00	VETUS	LMX210	1,50 Kg
31	Soporte Madera Frontal Exterior	1	114-16-331-00	Madera Haya o equiv.	141-16-300-31	
32	Soporte Madera Medio Exterior	1	114-16-332-00	Madera Haya o equiv.	141-16-300-32	
33	Soporte Madera Posterior Exterior	1	114-16-333-00	Madera Haya o equiv.	141-16-300-33	
34	Soporte Madera Frontal Interior	1	114-16-334-00	Madera Haya o equiv.	141-16-300-34	
35	Soporte Madera Medio Interior	1	114-16-335-00	Madera Haya o equiv.	141-16-300-35	
36	Soporte Madera Posterior Interior	1	114-16-336-00	Madera Haya o equiv.	141-16-300-36	
37	Chapa Acero 3 mm Sop. Posteriores	2	114-16-337-00	Acero Inox. AISI 316	141-16-300-37	
38	Chapa Acero 3 mm Sop. Frontal Exterior	1	114-16-338-00	Acero Inox. AISI 316	141-16-300-38	
39	Chapa Acero 3 mm Sop. Medio Exterior	1	114-16-339-00	Acero Inox. AISI 316	141-16-300-39	
40	Chapa Acero 3 mm Sop. Frontal Interior	1	114-16-340-00	Acero Inox. AISI 316	141-16-300-40	
41	Chapa Acero 3 mm Sop. Medio Interior	1	114-16-341-00	Acero Inox. AISI 316	141-16-300-41	
42	LIBRE					
43	Tornillo Cabeza Hexagonal M10 x 60	20	114-16-343-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 933	0,11 Kg
44	Tuerca Cabeza Hexagonal M10	20	114-16-344-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 934	0,02 Kg
45	Arandela NORDLOCK ø10 mm	20	114-16-345-00	NORDLOCK	NL-10	0,01 Kg
46	LIBRE					
47	Tornillo Cabeza Hexagonal M10 x 40	4	114-16-347-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 933	0,10 Kg
48	Tuerca Cabeza Hexagonal M10	4	114-16-348-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 934	0,02 Kg
49	Arandela Plana ø10 mm	4	114-16-349-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 125	0,01 Kg
50	Arandela NORDLOCK ø10 mm	4	114-16-350-00	NORDLOCK	NL-10	0,01 Kg
51	LIBRE					
52	Tornillo Cabeza Hexagonal M14 x 100	8	114-16-352-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 933	0,15 Kg
53	Tuerca Cabeza Hexagonal M14	8	114-16-353-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 934	0,03 Kg
54	Arandela Plana ø14 mm	8	114-16-354-00	Acero Inox. AISI 316	DIN 125	0,01 Kg
55	Arandela NORDLOCK ø14 mm	8	114-16-355-00	NORDLOCK	NL-14	0,01 Kg
00	Soportes Motor Sustentación Estribor	1	141-16-300-00			10,96 Kg

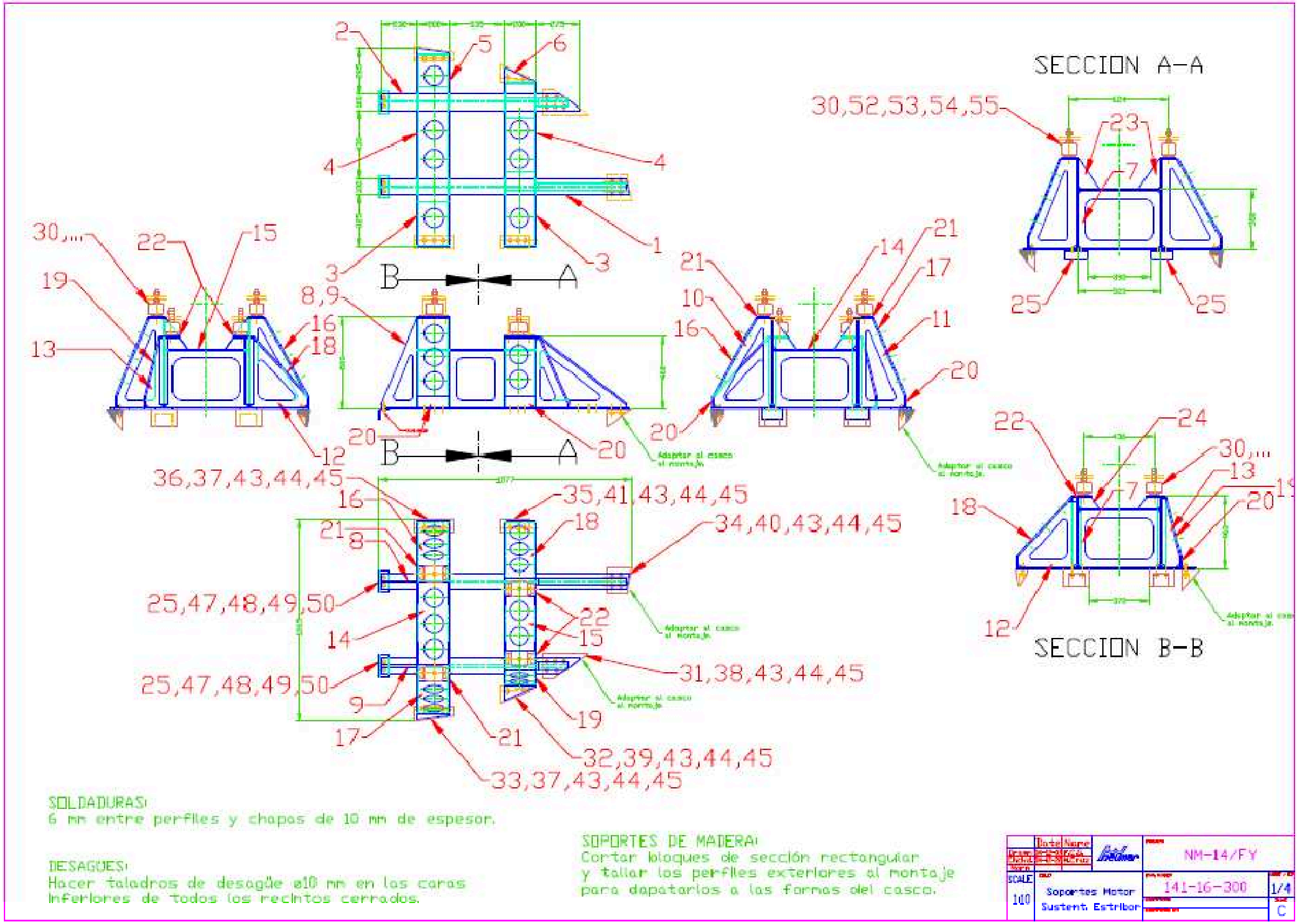
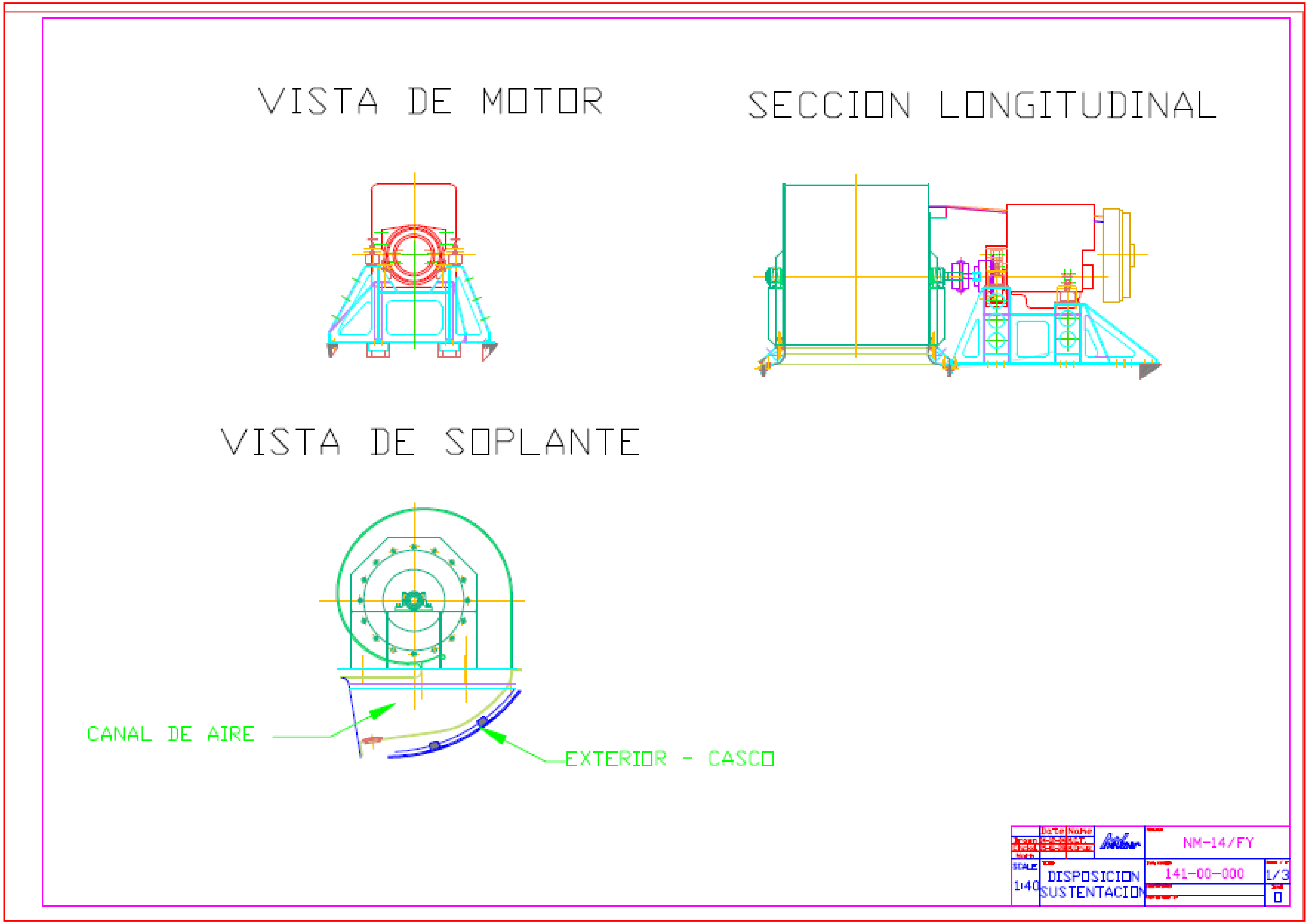


FIGURA (H.1).- Plano de Base de Máquinas, Sistema de Sustentación


VISTA DE MOTOR
SECCION LONGITUDINAL
VISTA DE SOPLANTE
CANAL DE AIRE
EXTERIOR - CASCO
Date
Name
SCALE
1:40
DISPOSICION
SUSTENTACION
NM-14/FY
141-00-000
1/3
0

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

CALCULO POLINES MAQUINARIA SUSTENTACION

2 Motores CATERPILLAR 3054-C de 97CV de Potencia Máxima

Ver planos 141-00-000, 141-16-300 y 141-16-400

A - DATOS:

A.1.- Masas:

Los valores de las respectivas masas están en cualquier caso por debajo de los siguientes:

Motor Caterpillar 3054-C con accesorios: $Ms1 := 400 \cdot kg$

Radiador con accesorios: $Ms2 := 50 \cdot kg$

Transmisión: $Ms3 := 50 \cdot kg$

Estructura de cada soporte de motor: $Ms4 := 80 \cdot kg$

A.2.- Resistencias y Geometrías:

A.2.1.- Soportes elásticos LMX-300:

Caso de servicio normal:

Carga estática admisible: $CE300 := 205 \cdot kgf$

Carga máxima admisible (estática + dinámica): $CM300 := 340 \cdot kgf$

Relaciones de Rigidez del Elastómero:

Rigidez Vertical: $rg_v := 1$

Rigidez Transversal: $rg_t := 1$

Rigidez Longitudinal: $rg_l := 7$

Fuerzas totales admisibles:

Resistencia Total Vertical: $R300_v := CM300 \cdot rg_v$ $\quad R300_v = 340 \cdot kgf$

Resistencia Total Transversal: $R300_t := CM300 \cdot rg_t$ $\quad R300_t = 340 \cdot kgf$

Resistencia Total Longitudinal: $R300_l := CM300 \cdot rg_l$ $\quad R300_l = 2380 \cdot kgf$

Page 2

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

Caso de colisión:

Verticalmente, aunque ceda el elastómero la maquinaria queda soportada por el marco o cubeta de acero que lo envuelve, por lo que la resistencia máxima queda determinada por el elemento más débil del soporte metálico, que es el tornillo de fijación M20.

Sección resistente de la rosca M20: $A_{M20} := 220 \cdot mm^2$

Tensión admisible: $\sigma := 1500 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Resistencia Vertical de Emergencia: $R300_{ve} := A_{M20} \cdot \sigma$ $\quad R300_{ve} = 3300 \cdot kgf$

A.2.2.- Apoyos verticales:

Sección mínima resistente verticalmente en cada apoyo de soporte elástico:

Area: $A_v := ((200 - 60) \cdot 1 + 50 \cdot 2) \cdot 10 \cdot mm^2$ $\quad A_v = 24 \cdot cm^2$

A.2.2.- Momento de Inercia mínimo resistente a momentos longitudinales:

La sección de mínima resistencia a los momentos longitudinales es la sección central (Sección A-A o B-B en los planos 141-16-300 y 141-16-400). Esta sección está compuesta por dos Tes invertidas (de las que falta el aligeramiento de toda la sección central), cada una de las cuales tiene las siguientes características:

Area: $At_1 := 2000 \cdot mm^2$

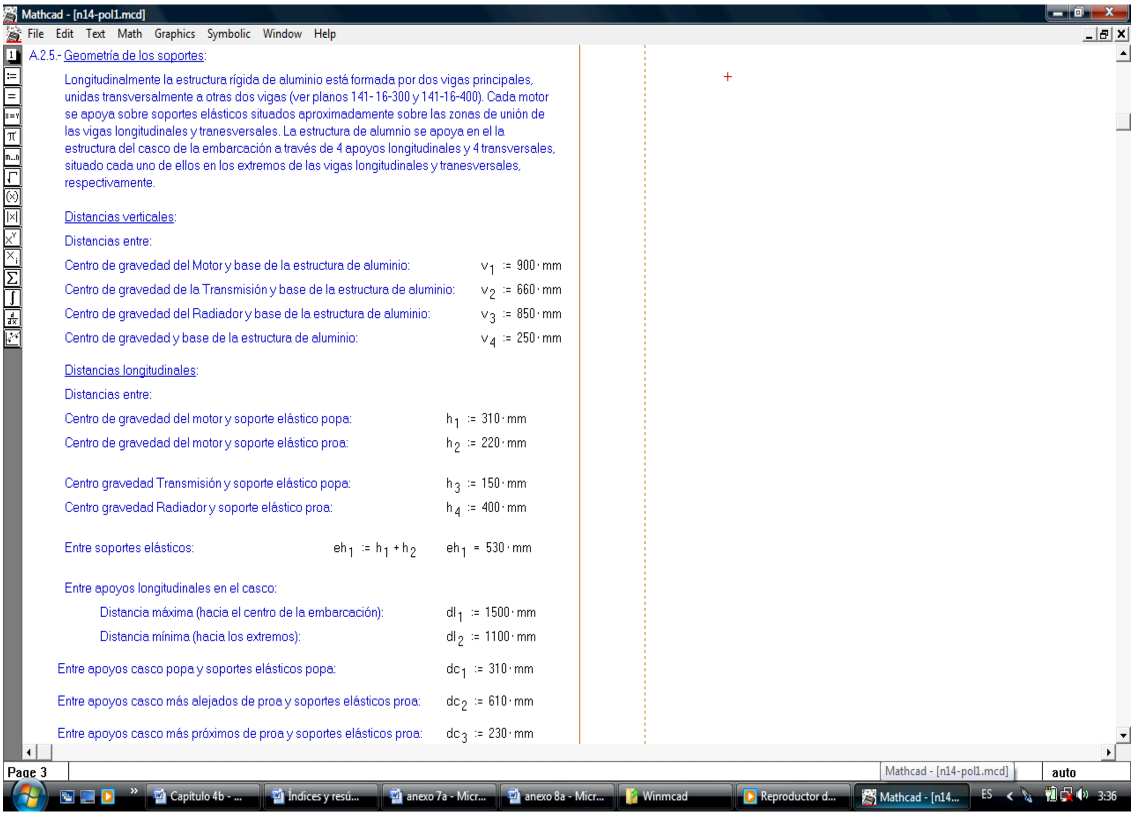
Centro de gravedad: $h_{gt1} := 97.5 \cdot mm$

Momento de Inercia principal sobre el eje horizontal X-X: $It_{x1} := 41354167 \cdot mm^4$

Momento de Resistente principal sobre el eje horizontal X-X:

$$Wt_1 := \frac{It_{x1}}{h_{gt1}} \qquad Wt_1 = 424.1 \cdot cm^3$$

Page 2



A.2.5.- Geometría de los soportes:

Longitudinalmente la estructura rígida de aluminio está formada por dos vigas principales, unidas transversalmente a otras dos vigas (ver planos 141-16-300 y 141-16-400). Cada motor se apoya sobre soportes elásticos situados aproximadamente sobre las zonas de unión de las vigas longitudinales y tranesversales. La estructura de alumnio se apoya en el la estructura del casco de la embarcación a través de 4 apoyos longitudinales y 4 transversales, situado cada uno de ellos en los extremos de las vigas longitudinales y tranesversales, respectivamente.

Distancias verticales:

Distancias entre:

Centro de gravedad del Motor y base de la estructura de aluminio: $v_1 := 900 \cdot mm$

Centro de gravedad de la Transmisión y base de la estructura de aluminio: $v_2 := 660 \cdot mm$

Centro de gravedad del Radiador y base de la estructura de aluminio: $v_3 := 850 \cdot mm$

Centro de gravedad y base de la estructura de aluminio: $v_4 := 250 \cdot mm$

Distancias longitudinales:

Distancias entre:

Centro de gravedad del motor y soporte elástico popa: $h_1 := 310 \cdot mm$

Centro de gravedad del motor y soporte elástico proa: $h_2 := 220 \cdot mm$

Centro gravedad Transmisión y soporte elástico popa: $h_3 := 150 \cdot mm$

Centro gravedad Radiador y soporte elástico proa: $h_4 := 400 \cdot mm$

Entre soportes elásticos: $eh_1 := h_1 + h_2$ $\quad eh_1 = 530 \cdot mm$

Entre apoyos longitudinales en el casco:

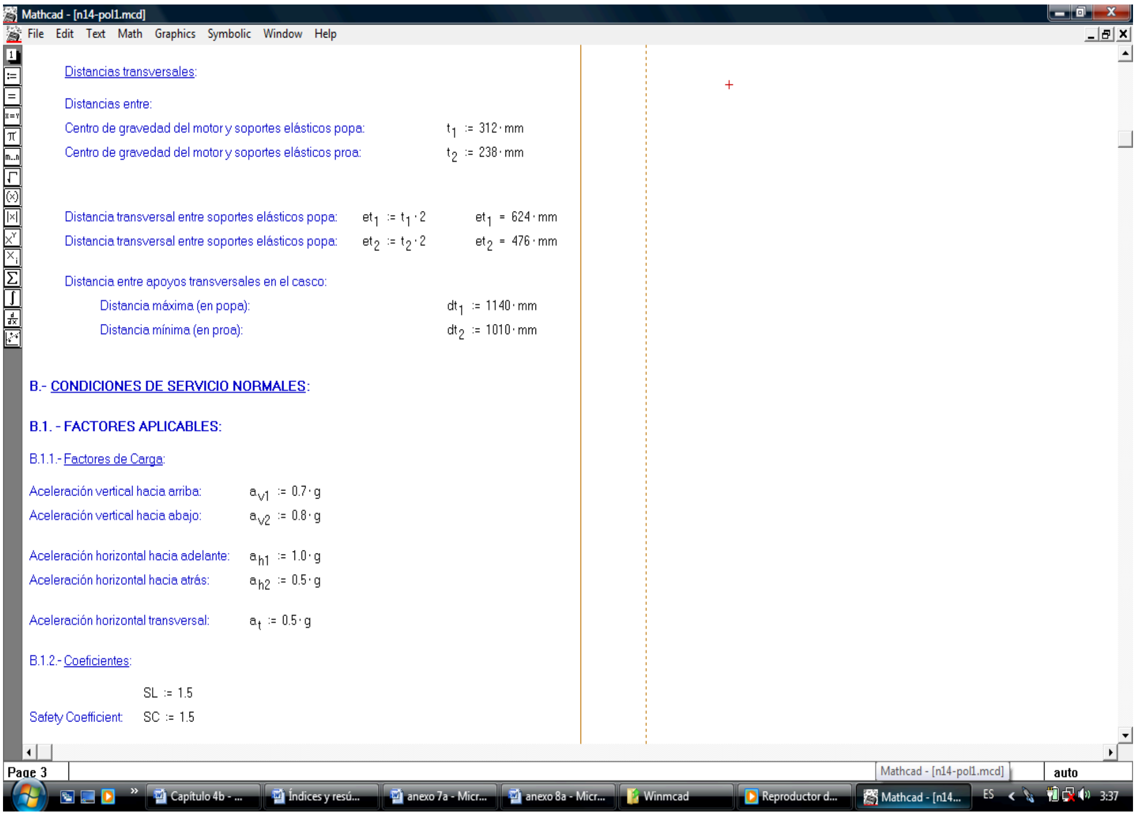
Distancia máxima (hacia el centro de la embarcación): $dl_1 := 1500 \cdot mm$

Distancia mínima (hacia los extremos): $dl_2 := 1100 \cdot mm$

Entre apoyos casco popa y soportes elásticos popa: $dc_1 := 310 \cdot mm$

Entre apoyos casco más alejados de proa y soportes elásticos proa: $dc_2 := 610 \cdot mm$

Entre apoyos casco más próximos de proa y soportes elásticos proa: $dc_3 := 230 \cdot mm$



Distancias transversales:

Distancias entre:

Centro de gravedad del motor y soportes elásticos popa: $t_1 := 312 \cdot mm$

Centro de gravedad del motor y soportes elásticos proa: $t_2 := 238 \cdot mm$

Distancia transversal entre soportes elásticos popa: $et_1 := t_1 \cdot 2$ $\quad et_1 = 624 \cdot mm$

Distancia transversal entre soportes elásticos popa: $et_2 := t_2 \cdot 2$ $\quad et_2 = 476 \cdot mm$

Distancia entre apoyos transversales en el casco:

Distancia máxima (en popa): $dt_1 := 1140 \cdot mm$

Distancia mínima (en proa): $dt_2 := 1010 \cdot mm$

B.- CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES:

B.1. - FACTORES APLICABLES:

B.1.1.- Factores de Carga:

Aceleración vertical hacia arriba: $a_{v1} := 0.7 \cdot g$

Aceleración vertical hacia abajo: $a_{v2} := 0.8 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia adelante: $a_{h1} := 1.0 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia atrás: $a_{h2} := 0.5 \cdot g$

Aceleración horizontal transversal: $a_t := 0.5 \cdot g$

B.1.2.- Coeficientes:

$SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

B.2. - FUERZAS NORMALES:

B.2.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

$F1_{va} := Ms1 \cdot a_{v1}$ $\qquad F1_{va} = 280 \cdot kgf$

$F2_{va} := Ms2 \cdot a_{v1}$ $\qquad F2_{va} = 35 \cdot kgf$

$F3_{va} := Ms3 \cdot a_{v1}$ $\qquad F3_{va} = 35 \cdot kgf$

$F4_{va} := Ms4 \cdot a_{v1}$ $\qquad F4_{va} = 56 \cdot kgf$

B.2.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

$F1_{vb} := Ms1 \cdot a_{v2}$ $\qquad F1_{vb} = 320 \cdot kgf$

$F2_{vb} := Ms2 \cdot a_{v2}$ $\qquad F2_{vb} = 40 \cdot kgf$

$F3_{vb} := Ms3 \cdot a_{v2}$ $\qquad F3_{vb} = 40 \cdot kgf$

$F4_{vb} := Ms4 \cdot a_{v2}$ $\qquad F4_{vb} = 64 \cdot kgf$

B.2.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

$F1_{ha} := Ms1 \cdot a_{h1}$ $\qquad F1_{ha} = 400 \cdot kgf$

$F2_{ha} := Ms2 \cdot a_{h1}$ $\qquad F2_{ha} = 50 \cdot kgf$

$F3_{ha} := Ms3 \cdot a_{h1}$ $\qquad F3_{ha} = 50 \cdot kgf$

$F4_{ha} := Ms4 \cdot a_{h1}$ $\qquad F4_{ha} = 80 \cdot kgf$

B.2.4.- Fuerzas horizontales hacia atrás:

$F1_{hb} := Ms1 \cdot a_{h2}$ $\qquad F1_{hb} = 200 \cdot kgf$

$F2_{hb} := Ms2 \cdot a_{h2}$ $\qquad F2_{hb} = 25 \cdot kgf$

$F3_{hb} := Ms3 \cdot a_{h2}$ $\qquad F3_{hb} = 25 \cdot kgf$

$F4_{hb} := Ms4 \cdot a_{h2}$ $\qquad F4_{hb} = 40 \cdot kgf$

Page 4

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

B.2.5.- Fuerzas horizontales transversales:

$F1_{ht} := Ms1 \cdot a_t$ $\qquad F1_{ht} = 200 \cdot kgf$

$F2_{ht} := Ms2 \cdot a_t$ $\qquad F2_{ht} = 25 \cdot kgf$

$F3_{ht} := Ms3 \cdot a_t$ $\qquad F3_{ht} = 25 \cdot kgf$

$F4_{ht} := Ms4 \cdot a_t$ $\qquad F4_{ht} = 40 \cdot kgf$

B.3. - CALCULOS DE RESISTENCIA:

B.3.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

Este caso de cargas es menos desfavorable que el siguiente.

B.3.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

a) Reacciones en soportes elásticos:

Soportes de popa (entre los dos) = Es1. Soportes de proa (entre los dos) = Es2.

Distancia Es1 - Es2: $eh_1 = 530 \cdot mm$

Equilibrio de fuerzas: $Es1 + Es2 = F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb}$

$SEF_{vb} := F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb}$ $\qquad SEF_{vb} = 400 \cdot kgf$

Equilibrio de momentos (se considera que el centro de gravedad de la masa de la estuctura está situada longitudinalmente a igual distancia de los soportes elásticos):

$Es_1 \cdot eh_1 - F3_{vb} \cdot \left[h_3 + eh_1 \right] - F1_{vb} \cdot h_2 + F2_{vb} \cdot h_4 = 0$ $\qquad Es_1 := 250 \cdot kgf$

$Es_1 := root\left(Es_1 \cdot eh_1 - F3_{vb} \cdot \left[h_3 + eh_1 \right] - F1_{vb} \cdot h_2 + F2_{vb} \cdot h_4 , Es_1 \right)$

$Es_1 = 154 \cdot kgf$

Por tanto: $Es_2 := SEF_{vb} - Es_1$ $\qquad Es_2 = 246 \cdot kgf$

Page 5

La carga máxima corresponde a: $BL := Es_2$ $BL = 246 \cdot kgf$

La carga calculada corresponden a la Basic Load a repartir entre los dos soportes elásticos de cada extremo longitudinal.

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Maximum Load: $ML := BL \cdot SL$ $ML = 369.1 \cdot kgf$

Extreme Load: $EL := ML \cdot SC$ $EL = 553.6 \cdot kgf$

Resistencia vertical de cada soporte elástico: $R300_v = 340 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal total de los dos soportes elásticos de cada extremo:

$RT300_v := 2 \cdot R300_v$ $RT300_v = 680 \cdot kgf$

La resistencia es incluso superior a la carga extrema según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad sobre Límite Elástico: $CS300_v := \dfrac{RT300_v}{ML}$ $CS300_v = 1.8$

Coeficiente de seguridad extremo (hasta la rotura) requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := 1.5$

b) Reacciones en apoyos del casco:

Los casos de carga más desfavorables corresponden a la separación máxima entre apoyos sobre el casco, ya que están producidos por los momentos flectores producidos por cargas centradas respecto a los extremos.

Apoyo longitudinal de popa = Rs1. Apoyo longitudinal de proa = Rs2.

Distancia más desfavorable Rs1 - Rs2: $dl_1 = 1500 \cdot mm$

Equilibrio de fuerzas: $Rs1 + Rs2 = F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb} + F4_{vb}$

$SumaF_{vb} := F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb} + F4_{vb}$ $SumaF_{vb} = 464 \cdot kgf$

$F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb} + F4_{vb} = 464 \cdot kgf$

Page 5

$SumaF_{vb} := F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb} + F4_{vb}$ $SumaF_{vb} = 464 \cdot kgf$

Equilibrio de momentos (se considera que el centro de gravedad de la masa de la estuctura está situada longitudinalmente a igual distancia de los soportes elásticos):

$$Rs_1 \cdot dl_1 - F3_{vb} \cdot \left[h_3 + eh_1 + dc_2\right] - F1_{vb} \cdot \left[h_2 + dc_2\right] - F2_{vb} \cdot \left[dc_2 - h_4\right] - F4_{vb} \cdot \left[\frac{eh_1}{2} + dc_2\right] = 0$$

$Rs_1 := 250 \cdot kgf$

Para simplificar, se definen las siguientes distancias:

$Z_1 := dl_1$ $Z_2 := h_3 + eh_1 + dc_2$ $Z_3 := h_2 + dc_2$ $Z_4 := dc_2 - h_4$ $Z_5 := \dfrac{eh_1}{2} + dc_2$

$\mathrm{root}\left[Rs_1 \cdot Z_1 - F3_{vb} \cdot Z_2 - F1_{vb} \cdot Z_3 - F2_{vb} \cdot Z_4 - F4_{vb} \cdot Z_5, Rs_1\right] = 254.4 \cdot kgf$

$Rs_1 := \mathrm{root}\left[Rs_1 \cdot Z_1 - F3_{vb} \cdot Z_2 - F1_{vb} \cdot Z_3 - F2_{vb} \cdot Z_4 - F4_{vb} \cdot Z_5, Rs_1\right]$

$Rs_1 = 254.4 \cdot kgf$ Por tanto: $Rs_2 := SumaF_{vb} - Rs_1$ $Rs_2 = 209.6 \cdot kgf$

Las dos cargas calculadas corresponde a la Basic Load a repartir entre los dos correspondientes apoyos del casco (proa y popa).

Cada apoyo de popa: $BL := \dfrac{Rs_1}{2}$ $BL = 127.2 \cdot kgf$

Los apoyos de popa son dos angulares de aluminio de 60x60x6 mm y 140 mm de longitud, unidos a la cuaderna por dos tornillos M10.

Resitencia de cada angular:

$A_a := (140 - 2 \cdot 11) \cdot 10 \cdot mm^2$ $A_a = 11.8 \cdot cm^2$

Por tanto, la tensión de trabajo es: $\sigma := \dfrac{BL}{A_a}$ $\sigma = 10.8 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Aleación MAGNEALTOK 45 H111 (5086), con un Límite elástico de: $\sigma_\alpha := 1450 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Como puede apreciarse, la tensión de trabajo es despreciable frente a la admisible.

Page 6

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

B.3.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

Basic Load:

$FT_{ha} := F1_{ha} + F2_{ha} + F3_{ha} + F4_{ha}$ $\qquad FT_{ha} = 580 \cdot kgf$

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Extreme Load: $EL := SL \cdot SC \cdot FT_{ha}$

$EL = 1305 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de cada soporte elástico: $R300_l = 2380 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de todos los soportes elásticos (4):

$RT300_l := 4 \cdot R300_l$ $\qquad RT300_l = 9520 \cdot kgf$

La resistencia es muy superior a la carga máxima según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad: $CS300_l := \frac{RT300_l}{EL}$ $\qquad CS300_l = 7.3$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := 1$

B.3.4.- Fuerzas horizontales hacia adelante - Par sobre apoyos casco:

La altura del centro de gravedad del motor y la maquinaria sobre los soportes elásticos es despreciable en relación a la separación entre éstos, pero en cambio la altura de las fuerzas horizontales sobre los apoyos del casco es mucho mayor, por lo que se deberá calcular el efecto del par que esta separación produce.

Equilibrio de fuerzas: $RVs_1 + RVs_2 = 0$

Equilibrio de momentos:

$RVs_1 \cdot dl_2 + F3_{ha} \cdot v_2 + F1_{ha} \cdot v_1 + F2_{ha} \cdot v_3 + F4_{ha} \cdot v_4 = 0$

$RVs1 + RVs2 = F1_{ha} + F2_{ha} + F3_{ha} + F4_{ha}$

$SEF_{ha} := F1_{ha} + F2_{ha} + F3_{ha} + F4_{ha}$ $\qquad SEF_{ha} = 580 \cdot kgf$

$RVs_1 := 200 \cdot kgf$

Page 7

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

Resitencia de cada angular:

$A_a := (140 - 2 \cdot 11) \cdot 10 \cdot mm^2$ $\qquad A_a = 11.8 \cdot cm^2$

Por tanto, la tensión de trabajo es: $\sigma := \frac{BL}{A_a}$ $\qquad \sigma = 21.4 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Aleación MAGNEALTOK 45 H111 (5086), con un Límite elástico de: $\sigma_\alpha := 1450 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Como puede apreciarse, la tensión de trabajo es despreciable frente a la admisible.

Coeficiente de Seguridad: $CS_{pp} := \frac{\sigma_\alpha}{\sigma}$ $\qquad CS_{pp} = 67.7$

Cada apoyo de proa: $BL := \frac{Rs_2}{2}$ $\qquad BL = 252.8 \cdot kgf$

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Maximum Load: $ML := BL \cdot SL$ $\qquad ML = 379.2 \cdot kgf$

Extreme Load: $EL := ML \cdot SC$ $\qquad EL = 568.7 \cdot kgf$

Los apoyos de proa son dos bloques de madera con una anchura de 160 mm y más de 180 mm de longitud de contacto con el casco, unidos con adhesivo epoxy y mediante una capa de tejido y matt de fibra de vidio / resina de poliéster.

La superficie de unión al casco de cada uno de los dos apoyos longitudinales de proa tiene un área mínima de:

$Ap := 180 \cdot 160 \cdot mm^2$ $\qquad Ap = 288 \cdot cm^2$

Dado que estos apoyos están unidos al casco no sólo directamente mediante adhesivo epoxy, sino rodeados por una capa de fibra/resina, es totalmente seguro considerar que la superficie resistente tiene el área arriba indicada y que la tensión admisible es de 50 Kg/cm2.

$\sigma_\alpha := 50 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Page 8

$\sigma_\alpha := 50 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Tensión de trabajo en cada apoyo: $\sigma := \frac{BL}{Ap}$ $\sigma = 0.9 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Caso extremo: $\sigma_\varepsilon := \frac{EL}{Ap}$ $\sigma_\varepsilon = 2 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$ Valores despreciables.

Coeficiente de Seguridad Extremo: $CS_{pr} := \frac{\sigma_\alpha}{\sigma_\varepsilon}$ $CS_{pr} = 25.3$

C.- CASO DE COLISION:

C.1. - FACTORES APLICABLES:

C.1.1.- Factores de Carga:

Aceleración vertical hacia arriba: $a_{v1} := 3 \cdot g$

Aceleración vertical hacia abajo: $a_{v2} := 4 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia adelante: $a_{h1} := 6 \cdot g$

Aceleración horizontal hacia atrás: $a_{h2} := 3 \cdot g$

Aceleración horizontal transversal: $a_t := 3 \cdot g$

C.1.2.- Coeficientes:

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1$

C.2. - FUERZAS EXTREMAS:

C.2.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

$F1_{va} := Ms1 \cdot a_{v1}$ $F1_{va} = 1200 \cdot kgf$

$F2_{va} := Ms2 \cdot a_{v1}$ $F2_{va} = 150 \cdot kgf$

$F3_{va} := Ms3 \cdot a_{v1}$ $F3_{va} = 150 \cdot kgf$

$F4_{va} := Ms4 \cdot a_{v1}$ $F4_{va} = 240 \cdot kgf$

C.2.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

$F1_{vb} := Ms1 \cdot a_{v2}$ $F1_{vb} = 1600 \cdot kgf$

$F2_{vb} := Ms2 \cdot a_{v2}$ $F2_{vb} = 200 \cdot kgf$

$F3_{vb} := Ms3 \cdot a_{v2}$ $F3_{vb} = 200 \cdot kgf$

$F4_{vb} := Ms4 \cdot a_{v2}$ $F4_{vb} = 320 \cdot kgf$

C.2.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

$F1_{ha} := Ms1 \cdot a_{h1}$ $F1_{ha} = 2400 \cdot kgf$

$F2_{ha} := Ms2 \cdot a_{h1}$ $F2_{ha} = 300 \cdot kgf$

$F3_{ha} := Ms3 \cdot a_{h1}$ $F3_{ha} = 300 \cdot kgf$

$F4_{ha} := Ms4 \cdot a_{h1}$ $F4_{ha} = 480 \cdot kgf$

C.2.4.- Fuerzas horizontales hacia atrás:

$F1_{hb} := Ms1 \cdot a_{h2}$ $F1_{hb} = 1200 \cdot kgf$

$F2_{hb} := Ms2 \cdot a_{h2}$ $F2_{hb} = 150 \cdot kgf$

$F3_{hb} := Ms3 \cdot a_{h2}$ $F3_{hb} = 150 \cdot kgf$

$F4_{hb} := Ms4 \cdot a_{h2}$ $\qquad F4_{hb} = 240 \cdot kgf$

C.2.5.- Fuerzas horizontales transversales:

$F1_{ht} := Ms1 \cdot a_t$ $\qquad F1_{ht} = 1200 \cdot kgf$

$F2_{ht} := Ms2 \cdot a_t$ $\qquad F2_{ht} = 150 \cdot kgf$

$F3_{ht} := Ms3 \cdot a_t$ $\qquad F3_{ht} = 150 \cdot kgf$

$F4_{ht} := Ms4 \cdot a_t$ $\qquad F4_{ht} = 240 \cdot kgf$

C.3. - CALCULOS DE RESISTENCIA:

C.3.1.- Fuerzas verticales hacia arriba:

Este caso de cargas es menos desfavorable que el siguiente.

C.3.2.- Fuerzas verticales hacia abajo:

a) Reacciones en soportes elásticos:

Soportes de popa (entre los dos) = Es1. Soportes de proa (entre los dos) = Es2.

Distancia Es1 - Es2: $eh_1 = 530 \cdot mm$

Equilibrio de fuerzas: $Es1 + Es2 = F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb}$

$SEF_{vb} := F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb}$ $\qquad SEF_{vb} = 2000 \cdot kgf$

Equilibrio de momentos (se considera que el centro de gravedad de la masa de la estuctura está situada longitudinalmente a igual distancia de los soportes elásticos):

$Es_1 \cdot eh_1 - F3_{vb} \cdot \left[h_3 + eh_1\right] - F1_{vb} \cdot h_2 + F2_{vb} \cdot h_4 = 0$

$Es_1 := \mathrm{root}\left[Es_1 \cdot eh_1 - F3_{vb} \cdot \left[h_3 + eh_1\right] - F1_{vb} \cdot h_2 + F2_{vb} \cdot h_4, Es_1\right]$

$Es_1 = 769.8 \cdot kgf$

Por tanto: $Es_2 := SEF_{vb} - Es_1$ $\qquad Es_2 = 1230.2 \cdot kgf$

La carga máxima corresponde a: $BL := Es_2$ $\qquad BL = 1230.2 \cdot kgf$

La carga calculada corresponden a la Basic Load a repartir entre los dos soportes elásticos de cada extremo longitudinal.

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Maximum Load: $ML := BL \cdot SL$ $\qquad ML = 1845.3 \cdot kgf$

Extreme Load: $EL := ML \cdot SC$ $\qquad EL = 2767.9 \cdot kgf$

Resistencia vertical de cada soporte elástico: $R300_v = 340 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal total de los dos soportes elásticos de cada extremo:

$RT300_v := 2 \cdot R300_v$ $\qquad RT300_v = 680 \cdot kgf$

La resistencia es incluso superior a la carga extrema según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad sobre Límite Elástico: $CS300_v := \dfrac{RT300_v}{ML}$ $\qquad CS300_v = 0.4$

Coeficiente de seguridad extremo (hasta la rotura) requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := 1.5$

b) Reacciones en apoyos del casco:

Los casos de carga más desfavorables corresponden a la separación máxima entre apoyos sobre el casco, ya que están producidos por los momentos flectores producidos por cargas centradas respecto a los extremos.

Apoyo longitudinal de popa = Rs1. Apoyo longitudinal de proa = Rs2.

Distancia más desfavorable Rs1 - Rs2: $dl_1 = 1500 \cdot mm$

Equilibrio de fuerzas: $Rs1 + Rs2 = F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb} + F4_{vb}$

$SumaF_{vb} := F1_{vb} + F2_{vb} + F3_{vb} + F4_{vb}$ $\qquad SumaF_{vb} = 2320 \cdot kgf$

Equilibrio de momentos (se considera que el centro de gravedad de la masa de la estuctura está situada longitudinalmente a igual distancia de los soportes elásticos):

$$Rs_1 \cdot dl_1 - F3_{vb} \cdot \left[h_3 + eh_1 + dc_2\right] - F1_{vb} \cdot \left[h_2 + dc_2\right] - F2_{vb} \cdot \left[dc_2 - h_4\right] - F4_{vb} \cdot \left[\frac{eh_1}{2} + dc_2\right] = 0$$

Para simplificar, se definen las siguientes distancias:

$$Z_1 := dl_1 \quad Z_2 := h_3 + eh_1 + dc_2 \quad Z_3 := h_2 + dc_2 \quad Z_4 := dc_2 - h_4 \quad Z_5 := \frac{eh_1}{2} + dc_2$$

$$\mathrm{root}\left[Rs_1 \cdot Z_1 - F3_{vb} \cdot Z_2 - F1_{vb} \cdot Z_3 - F2_{vb} \cdot Z_4 - F4_{vb} \cdot Z_5, Rs_1\right] = 1272 \cdot kgf$$

$$Rs_1 := \mathrm{root}\left[Rs_1 \cdot Z_1 - F3_{vb} \cdot Z_2 - F1_{vb} \cdot Z_3 - F2_{vb} \cdot Z_4 - F4_{vb} \cdot Z_5, Rs_1\right]$$

$Rs_1 = 1272 \cdot kgf$ Por tanto: $Rs_2 := SumaF_{vb} - Rs_1$ $Rs_2 = 1048 \cdot kgf$

Las dos cargas calculadas corresponde a la Basic Load a repartir entre los dos correspondientes apoyos del casco (proa y popa).

Cada apoyo de popa: $BL := \frac{Rs_1}{2}$ $BL = 636 \cdot kgf$

Los apoyos de popa son dos angulares de aluminio de 60x60x6 mm y 140 mm de longitud, unidos a la cuaderna por dos tornillos M10.

Resitencia de cada angular:

$A_a := (140 - 2 \cdot 11) \cdot 10 \cdot mm^2$ $A_a = 11.8 \cdot cm^2$

Por tanto, la tensión de trabajo es: $\sigma := \frac{BL}{A_a}$ $\sigma = 53.9 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Aleación MAGNEALTOK 45 H111 (5086), con un Límite elástico de: $\sigma_\alpha := 1450 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Como puede apreciarse, la tensión de trabajo es despreciable frente a la admisible.

Coeficiente de Seguridad: $CS_{pp} := \frac{\sigma_\alpha}{\sigma}$ $CS_{pp} = 26.9$

Cada apoyo de proa: $BL := \frac{Rs_2}{2}$ $BL = 524 \cdot kgf$

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Maximum Load: $ML := BL \cdot SL$ $ML = 786 \cdot kgf$

Los apoyos de proa son dos bloques de madera con una anchura de 160 mm y más de 180 mm de longitud de contacto con el casco, unidos con adhesivo epoxy y mediante una capa de tejido y matt de fibra de vidio / resina de poliéster.

La superficie de unión al casco de cada uno de los dos apoyos longitudinales de proa tiene un área mínima de:

$Ap := 180 \cdot 160 \cdot mm^2$ $Ap = 288 \cdot cm^2$

Dado que estos apoyos están unidos al casco no sólo directamente mediante adhesivo epoxy, sino rodeados por una capa de fibra/resina, es totalmente seguro considerar que la superficie resistente tiene el área arriba indicada y que la tensión admisible es de 50 Kg/cm2.

$\sigma_\alpha := 50 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Tensión de trabajo en cada apoyo: $\sigma := \frac{BL}{Ap}$ $\sigma = 1.8 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Caso extremo: $\sigma_\varepsilon := \frac{EL}{Ap}$ $\sigma_\varepsilon = 9.6 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$ Valores despreciables.

Coeficiente de Seguridad Extremo: $CS_{pr} := \frac{\sigma_\alpha}{\sigma_\varepsilon}$ $CS_{pr} = 5.2$

C.3.3.- Fuerzas horizontales hacia adelante:

Basic Load:

$FT_{ha} := F1_{ha} + F2_{ha} + F3_{ha} + F4_{ha}$ $FT_{ha} = 3480 \cdot kgf$

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1$

Extreme Load = Maximum Load en este caso: $EL := SL \cdot SC \cdot FT_{ha}$

$EL = 5220 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de cada soporte elástico: $R300_l = 2380 \cdot kgf$

Resistencia longitudinal de todos los soportes elásticos:

$RT500_l := 4 \cdot R300_l$ $\qquad RT300_l = 9520 \cdot kgf$

La resistencia es muy superior a la carga máxima según Bureau Veritas.

Coeficiente de Seguridad: $CS300_l := \dfrac{RT300_l}{EL}$ $\qquad CS300_l = 1.8$

Coeficiente de seguridad requerido por Bureau Veritas: $CS_{BV} := 1$

C.3.4.- Fuerzas horizontales hacia adelante - Par sobre apoyos casco:

La altura del centro de gravedad del motor y la maquinaria sobre los soportes elásticos es despreciable en relación a la separación entre éstos, pero en cambio la altura de las fuerzas horizontales sobre los apoyos del casco es mucho mayor, por lo que se deberá calcular el efecto del par que esta separación produce.

Equilibrio de fuerzas: $RVs_1 + RVs_2 = 0$

Equilibrio de momentos:

$$RVs_1 \cdot dl_2 + F3_{ha} \cdot v_2 + F1_{ha} \cdot v_1 + F2_{ha} \cdot v_3 + F4_{ha} \cdot v_4 = 0$$

$$RVs_1 := \mathrm{root}\left[RVs_1 \cdot dl_2 + F3_{ha} \cdot v_2 + F1_{ha} \cdot v_1 + F2_{ha} \cdot v_3 + F4_{ha} \cdot v_4 , RVs_1\right]$$

$RVs_1 = -2484.5 \cdot kgf$ (el signo menos indica que es hacia abajo)

Page 13 auto

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

Por tanto: $RVs_2 := -RVs_1$ $\qquad RVs_2 = 2484.5 \cdot kgf$

Estos valores corresponden al caso más desfavorable y son a repartir entre cada dos apoyos.

C.3.5.- Reacciones a fuerzas horizontales combinadas:

Las reacciones totales en los apoyos del casco serán la suma vectorial de las reacciones verticales por el par calculado en B.3.4. y de las reacciones horizontales calculadas en B.3.3.

Para cada dos apoyos sobre el casco, se tiene:

$Rs_1 := \sqrt{\left(\dfrac{FT_{ha}}{2}\right)^2 + RVs_1^{\,2}}$ $\qquad Rs_1 = 3033.2 \cdot kgf$

$Rs_2 := \sqrt{\left(\dfrac{FT_{ha}}{2}\right)^2 + RVs_2^{\,2}}$ $\qquad Rs_2 = 3033.2 \cdot kgf$

Las dos cargas calculadas corresponde a la Basic Load a repartir entre los dos correspondientes apoyos del casco (proa y popa).

Cada apoyo de popa: $BL := \dfrac{Rs_1}{2}$ $\qquad BL = 1516.6 \cdot kgf$

Los apoyos de popa son dos angulares de aluminio de 60x60x6 mm y 140 mm de longitud, unidos a la cuaderna por dos tornillos M10.

Resitencia de cada angular:

$A_a := (140 - 2 \cdot 11) \cdot 10 \cdot mm^2$ $\qquad A_a = 11.8 \cdot cm^2$

Por tanto, la tensión de trabajo es: $\sigma := \dfrac{BL}{A_a}$ $\qquad \sigma = 128.5 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Aleación MAGNEALTOK 45 H111 (5086), con un Límite elástico de: $\sigma_\alpha := 1450 \cdot \dfrac{kgf}{cm^2}$

Page 14 auto

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

Como puede apreciarse, la tensión de trabajo es despreciable frente a la admisible.

Coeficiente de Seguridad: $CS_{pp} := \frac{\sigma_\alpha}{\sigma}$ $CS_{pp} = 11.3$

Cada apoyo de proa: $BL := \frac{Rs_2}{2}$ $BL = 1516.6 \cdot kgf$

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Maximum Load: $ML := BL \cdot SL$ $ML = 2274.9 \cdot kgf$

Extreme Load: $EL := ML \cdot SC$ $EL = 3412.4 \cdot kgf$

Los apoyos de proa son dos bloques de madera con una anchura de 160 mm y más de 180 mm de longitud de contacto con el casco, unidos con adhesivo epoxy y mediante una capa de tejido y matt de fibra de vidio / resina de poliéster .

La superficie de unión al casco de cada uno de los dos apoyos longitudinales de proa tiene un área mínima de:

$Ap := 180 \cdot 160 \cdot mm^2$ $Ap = 288 \cdot cm^2$

Dado que estos apoyos están unidos al casco no sólo directamente mediante adhesivo epoxy, sino rodeados por una capa de fibra/resina, es totalmente seguro considerar que la superficie resistente tiene el área arriba indicada y que la tensión admisible es de 50 Kg/cm2.

$\sigma_\alpha := 50 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Tensión de trabajo en cada apoyo: $\sigma := \frac{BL}{Ap}$ $\sigma = 5.3 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Caso extremo: $\sigma_\varepsilon := \frac{EL}{Ap}$ $\sigma_\varepsilon = 11.8 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$ Valores despreciables.

Page 14 Mathcad - [n14-pol1.mcd] auto

Capitulo 4b - ... Indices y resú... anexo 7a - Micr... anexo 8a - Micr... Winmcad Reproductor d... Mathcad - [n14... ES 3:46

Mathcad - [n14-pol1.mcd]

File Edit Text Math Graphics Symbolic Window Help

Strength Limit: $SL := 1.5$

Safety Coefficient: $SC := 1.5$

Maximum Load: $ML := BL \cdot SL$ $ML = 2274.9 \cdot kgf$

Extreme Load: $EL := ML \cdot SC$ $EL = 3412.4 \cdot kgf$

Los apoyos de proa son dos bloques de madera con una anchura de 160 mm y más de 180 mm de longitud de contacto con el casco, unidos con adhesivo epoxy y mediante una capa de tejido y matt de fibra de vidio / resina de poliéster .

La superficie de unión al casco de cada uno de los dos apoyos longitudinales de proa tiene un área mínima de:

$Ap := 180 \cdot 160 \cdot mm^2$ $Ap = 288 \cdot cm^2$

Dado que estos apoyos están unidos al casco no sólo directamente mediante adhesivo epoxy, sino rodeados por una capa de fibra/resina, es totalmente seguro considerar que la superficie resistente tiene el área arriba indicada y que la tensión admisible es de 50 Kg/cm2.

$\sigma_\alpha := 50 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Tensión de trabajo en cada apoyo: $\sigma := \frac{BL}{Ap}$ $\sigma = 5.3 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Caso extremo: $\sigma_\varepsilon := \frac{EL}{Ap}$ $\sigma_\varepsilon = 11.8 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$ Valores despreciables.

Coeficiente de Seguridad Extremo: $CS_{pr} := \frac{\sigma_\alpha}{\sigma_\varepsilon}$ $CS_{pr} = 4.2$

Page 14 auto

Capitulo 4b - ... Indices y resú... anexo 7a - Micr... anexo 8a - Micr... Winmcad Reproductor d... Mathcad - [n14... ES 3:46

ANEXO I

Instrumentación, Navegación y Comunicaciones

Motores:

Para cada uno de los dos motores de impulsión se incluyen los siguientes instrumentos:

1 Tacómetro.

1 Totalizador de horas del motor.

1 Indicador de temperatura del agua del motor.

1 Indicador de presión de aceite.

1 Alarma acústica de Baja Presión de Aceite / Alta Temperatura del Agua.

1 Luz de alarma de baja presión de aceite.

1 Luz de alarma de subida de temperatura del agua.

1 Luz de alarma de carga de batería.

Para cada uno de los dos motores de sustentación se incluyen los siguientes instrumentos:

1 Tacómetro.

1 Totalizador de horas del motor.

1 Indicador de temperatura del agua del motor.

1 Indicador de presión de aceite.

1 Alarma acústica de Baja Presión de Aceita / Alta Temperatura del Agua.

1 Luz de alarma de baja presión de aceite.

1 Luz de alarma de subida de temperatura del agua.

1 Luz de alarma de carga de batería.

Instrumentos y equipos de navegación:

1 Compás magnético.

1 Anemómetro.

1 Indicador de la dirección relativa del viento.

1 Indicador del ángulo de los timones verticales de dirección.

1 Indicador del ángulo de los timones horizontales de trimado.

1 Inclinómetro transversal.

1 Nivel longitudinal.

1 GPS - PLOTTER, GARMIN GPSMAP2006/C, con cartografía marina mundial integrada, incluyendo costas, ríos y lagos, y pantalla de 7,2" con 10 niveles de grises, Ref. (32).

1 Radar LCD Rayamrine, con alcances entre 0,125 y 24 MN en 9 escalas, con antena parabólica, con pantalla monocroma de 8” tipo LCD de 640 x 480 pixels, con posibilidad de presentación en 3D simultánea a la convencional, con presentación multilingüe hasta 15 idiomas incluyendo castellano e inglés. Ref. (46).

Instrumentos de servicios comunes:

2 Indicadores de nivel de combustible.

1 Indicador de presión del sistema hidráulico.

2 Manómetros de presión de sustentación.

2 Alarmas de los detectores de fuego en las cámaras de motores.

1 Alarma del detector de humos en el panel eléctrico central.

1 Indicador del nivel de agua dulce.

Equipos de comunicaciones:

Como equipo básico se instalará un radioteléfono VHF en el puente de gobierno, marca West - Marine. Este aparato incorpora todos los 55 canales internacionales VHF marítimos, así como los canales requeridos en U.S.A., canales de información meteorológica, etc., y satisface todas las regulaciones internacionales CEPT, MPT, FCC, FTZ y KSR, así como otros requerimientos nacionales. Su potencia de salida a RF es de 25 W, mientras que su potencia de audio es de 6 W, con posibilidad de conectar un altavoz externo para otros 6 W. Ref. (33).

ANEXO J

SISTEMAS AUXILIARES Y ACCESORIOS

Instalación eléctrica:

La instalación eléctrica recibe energía de corriente continua a 24 V de mediante los dos alternadores de 100 A instalados en los motores de impulsión y a 12 V mediante los dos alternadores de 55 A instalados en los motores de sustentación. Cada alternador dispone de regulador incorporado y de dispositivo antiparasitario.

Para el arranque de los motores se han dispuesto dos grupos de dos baterías de 12V cada uno. Estas baterías están conectadas en paralelo dos a dos, proporcionando así los 12 V requeridos para el arranque de los motores de sustentación, y ambos grupos de dos baterías están a su vez conectados en serie, alimentando así a 24 V a los motores de impulsión. De esta forma es posible instalar a bordo sistemas eléctricos tanto de 12 como de 24 V.

Existe además un quinto grupo de dos baterías de emergencia para comunicaciones y navegación situada en el puente de gobierno.

Las capacidades de cada una de las baterías son las siguientes:

Motores: cuatro baterías de 120 A.h cada una.

Emergencia: dos baterías de 55 A.h. cada una.

Las baterías están conectadas eléctricamente formando dos grupos independientes: motores y sistemas normales por un lado, y emergencia para comunicaciones y navegación por otro. Estas últimas son cargadas continuamente por los alternadores de los motores, pero sólo pueden descargarse si son conectadas manualmente a los circuitos de emergencia. Para asegurar su carga equilibrada, están conectadas a los alternadores mediante puentes de diodos. Ref. (31).

Todos los circuitos están provistos de su correspondiente disyuntor o fusible. Todo el cableado se realiza mediante cables ignífugos contenidos en conductos protectores, cuidando mantener una separación física adecuada entre los conductos que alojan los cables de tensión y los que llevan los cables de masa, para evitar así cualquier posible cortocircuito. En el anexo 9 se muestra un plano esquemático del sistema eléctrico.

Luces de navegación y exteriores:

Este hovercraft dispone de todas las luces de navegación reglamentarias según especificaciones I.M.O., incluida la luz de destellos anaranjada todo horizonte. Para la iluminación exterior se han dispuesto dos proyectores dirigidos hacia proa con haz de luz de altura regulable eléctricamente también desde el panel de instrumentos. También se instala un foco para iluminar la maniobra de fondeo en la cubierta de proa y otro foco que ilumina la cubierta superior a popa de la cabina del puente de gobierno, en la zona de las balsas salvavidas.

Iluminación interior:

La cabina de pasaje está iluminada mediante tubos fluorescentes. El puente de gobierno dispone de dos luces interiores y de una lámpara con brazo flexible para la mesa de cartas. Se ha previsto también una adecuada iluminación eléctrica en los aseos y en la zona de servicios de la tripulación. Ambas cámaras de máquinas disponen de iluminación estanca anti-chispa.

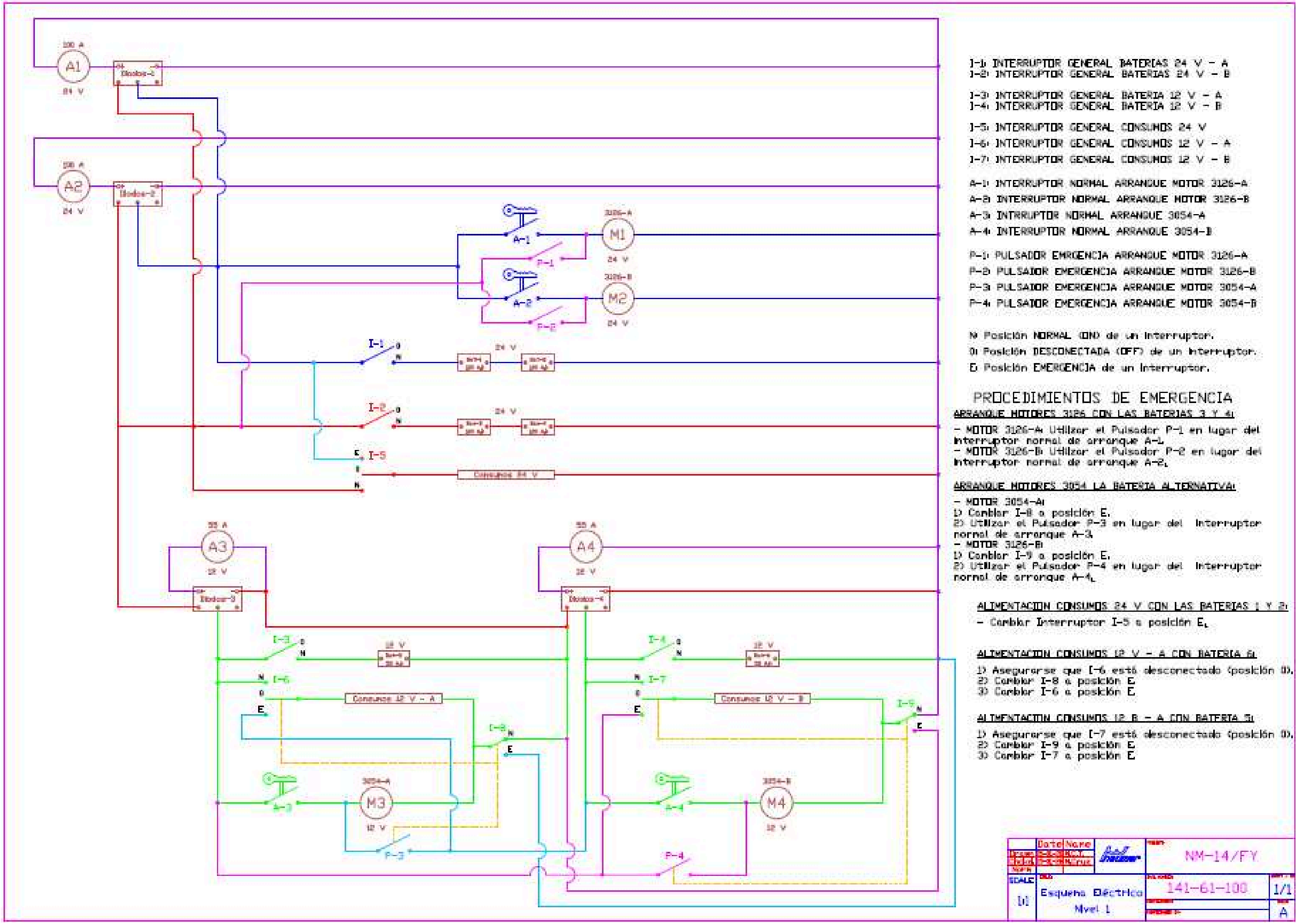


FIGURA (J.1).- Plano de Sistema Eléctrico

Sistema de Combustible:

Se han instalado dos depósitos de combustible, uno a proa y otro a popa, sobre la cubierta principal, con una capacidad unitaria superior a 500 litros. Los depósitos están fabricados en politieno. Ambos depósitos están conectados mediante bombas de trasvase de combustible para realizar el trimado longitudinal. Existe un indicador de nivel para cada depósito. Todas las tuberías de combustible son ignífugas y cumplen la norma ISO 7840, Ref. (31).

Seguridad y salvamento:

Como de seguridad y salvamento se incluye un bote salvavidas reversible de inflado automático de 25 plazas de capacidad, Ref. (22), con accionamiento hidrostático y manual. Este bote salvavidas se encuentra situado sobre la cubierta superior, a popa del puente de gobierno y es fácilmente accesible desde la escotilla sobre el mamparo de popa del puente de gobierno. Cada asiento llevará debajo un chaleco salvavidas tipo PERRY. Se incluirán también aros salvavidas y líneas flotantes en todas las salidas, así como los equipos reglamentarios de cohetes y bengalas de señales.

Extinción de incendios:

Han sido instalados detectores de fuego en las cámaras de motores y un detector de humos en el armario eléctrico principal, con luces indicadoras e interruptores de accionamiento en el puente de gobierno. Cada uno de los compartimientos de los motores llevará su propio sistema automático de extinción de Halon 1301. Para los motores de impulsión se instalan dos extintores de 20 lbs., mientras que para los motores de sustentación se instalarán extintores de 10 lbs.

Se incluirán además los siguientes extintores portátiles:

- 1 extintor manual de polvo BCF de 1,5 Kg en el puente de gobierno.
- 1 extintor manual de polvo BCF de 1,5 Kg en la cubierta de pasaje.
- 1 extintor manual de polvo BCF de 1,5 Kg en la zona de servicios de la tripulación bajo el puente de gobierno.

Amarre y fondeo:

Sobre la cubierta principal se han instalado cuatro bitas de amarre para las maniobras de atraque a un muelle en flotación. Se incluyen también 4 cabos de amarre de 16 mm y 15 metros de longitud cada uno.

En la cubierta de proa se ha instalado un molinete eléctrico para el ancla dentro del equipamiento estándar. Se trata de un molinete con motor de 1.200 W de potencia y velocidades de 14/22 m/min, adecuado tanto para cadena DIN 766 de 8 mm y cabo de fondeo, Ref. (49).

Se incluye como equipamiento básico un ancla de aluminio, tipo FORTRESS, de 9,5 Kg, con 10 metros de cadena de 8 mm de acero galvanizado DIN 766 y 30 metros de cabo de fondeo de 16 mm, Ref. (19).

Sistema de achique:

Cada uno de los dos cascos dispone de tres compartimientos estancos, con lo que queda garantizada la flotabilidad y la estabilidad en caso de colisión. En cada uno de estos compartimientos ha sido instalada una bomba de achique.

Para el achique de las sentinas de la embarcación se han dispuesto 6 bombas de achique eléctricas con una capacidad de 50 l/min., Ref. (23), cada una en cada unos de los 6 compartimientos estancos del casco, con accionamiento tanto automático por flotador como manual desde el puente de gobierno.

Sistema de agua dulce e Inodoros:

Se dispone de dos depósitos de agua dulce con una capacidad de 60 litros cada uno. Estos depósitos están fabricados en material sintético inodoro e insípido (calidad adecuada para productos alimenticios). Existe un indicador de nivel para el agua dulce. Ha sido instalado un sistema de agua a presión mediante una bomba eléctrica para el aseo y la zona de servicios de proa, Ref. (31).

Dentro del equipamiento estándar, en el aseo ha sido instalado un inodoro de accionamiento eléctrico, con las siguientes características:

- Motor del triturador: 400 W.
- Tiempo de activación: 6 segundos.
- Volumen de agua de descarga: 3.5 litros.

Este inodoro descarga a un depósito de aguas negras de 88 litros de capacidad, que puede ser vaciado en puerto a través de una válvula de descarga. Para ello se suministra una bomba para aguas sanitarias con una capacidad de 20 l/min, Ref. (31).

Todas las tuberías de aguas sanitarias son de calidad especial sanitaria anti-olor. Un filtro anti-olor se encuentra instalado a la salida del tubo de aireación de cada tanque de aguas negras, Ref. (31).

Aire acondicionado:

Se incluye un equipo de aire acondicionado de techo, marca Sea Match con una capacidad frigorífica de 11,5 KW. Ref. (17).

Mobiliarios y Zona de Servicios

Los asientos estándar son marca EKNES, de Noruega, con bandeja abatible y bolsa para revistas en el respaldo, con reposabrazos provisto de cenicero entre todos los asientos. Todos los asientos van provistos de cinturón de seguridad y de un chaleco salvavidas, Ref,(39).

La anchura o paso transversal de los asientos es de 540 mm, mientras que el paso longitudinal entre filas de asientos es de 800 mm. Los dos pasillos entre la columna de asientos central y las laterales tienen una anchura de 560 mm contada entre los reposa-brazos de los asientos laterales.

El equipamiento de esta zona dispone de un lavatorio, una cocina de gas, un pequeño frigorífico de 42 litros, Ref. (34), y un armario o pañol para provisiones.

ANEXO K

PROCESO DE EXPORTACIÓN

COPY
NOT NEGOTIABLE

Network Shipping Ltd.

BILL OF LADING

SHIPPER/EXPORTER (COMPLETE NAME AND ADDRESS)

RAFAEL ESPINOZA SEMPER
CONSTRUCCIONES NAVALES BUENOS AIRES 728
Y O'CONNORS KM 4 1/2 VIA DURAN TAMBO
GUAYAQUIL - ECUADOR RUC NO: 0602888778001

BOOKING NO

BILL OF LADING NO
NQSH 531050O08902

EXPORT REFERENCES

CONSIGNEE (COMPLETE NAME & ADDRESS) (NOT NEGOTIABLE UNLESS CONSIGNED TO ORDER)

SEA EXPRESS TRANSPORT INC
100N - 75E DE LA TORRE MERCEDES
PASEO COLON SAN JOSE - COSTA RICA
RUC. 3-101222843 TEL:5062213091 FAX:5062568416

FORWARDING AGENT FMC NO

AGENCIA MARITIMA GLOBAL S. A. MARGLOBAL
TULCAN 000 Y [illegible] SAN LUIS 2DO. PISO
F: 593 4 2150000 FAX: 593 4 2451747
[illegible]

NOTIFY PARTY (COMPLETE NAME & ADDRESS)

AUFINA S.A.
APARTADO POSTAL 148-4200 NARANJO AREJUELA
CTC: ORLANDO HERRERA
TEL: 506 451 2300 / 506 840-4983

ALSO NOTIFY - ROUTING & INSTRUCTIONS

PRE-CARRIAGE BY*	PLACE OF RECEIPT BY PRE CARRIER*	
	GUAYAQUIL	
EXPORT CARRIER (VESSEL VOYAGE) ALCAZAR CARRIER 8NB	PORT OF LOADING GUAYAQUIL - ECUADOR	LOADING PIER/TERMINAL
PORT OF DISCHARGE CALDERA	FINAL DESTINATION* CALDERA - COSTA RICA	TYPE OF MOVE HOOK TO HOOK

PARTICULARS FURNISHED BY SHIPPER

MARKS & NOS/COTAINER NOS	NO. OF PKGS	DESCRIPTION OF PACKAGES AND GOODS	GROSS WEIGHT	MEASUREMENT
	1	CONSTRUCCION DE BARCO COSTERO TIPO HOVER CRAFT NM14FY (SIN TERMINAR) CONTIENE: CASCO Y SUPERESTRUCTURA EN FIBRA DE VIDRIO Y MATERIALES COMPUESTOS FALDONES DE NEOPRENO Y ACCESORIOS VENTANALES HELICES (02) IVOPROP CON 6 PALAS BASES ALUMINIO PARA MOTORES AIRES ACONDICIONADO SEAMETER VENTILADORES HORPIC 2000RPM ASIENTOS PARA PASAJEROS Y TRIPULACION MOTORES CATERPILLAR SISTEMA PARA AUTONOMIA DE NAVE PARTIDA ARANCELARIA: 8900.90.10.10 FUE:1133266 NET WEIGHT: 10.000 Amphibious boat , Carriers are not responsible for any damages of whatsoever nature , shipped on board at Shipper/Receiver/Consignee's risk and responsibility." FREIGHT COLLECT	10,000.00 KB MARGLOBAL S.A. GUAYAQUIL ECUADOR Agencia Maritima RECEIVED ON BOARD	

These commodities, technology or software were exported from the United States in accordance with the Export Administration Regulations. Diversion contrary to U.S. law prohibited. *Applicable only when used in multimodal services

SHIPPERS DECLARED VALUE $________
IF SHIPPER ENTERS A VALUE THE AD VALOREM RATE WILL BE CHARGED

FREIGHT PAYABLE AT: CALDERA

NO. OF ORIGINAL B(s)/L: THREE

FREIGHT CHARGES	TO BE PREPAID	COLLECT
OCEAN FREIGHT USD 28,000.00 P/CONT		USD 28,000.00
TOTAL CHARGES		28,000.00 USD

RECEIVED FOR SHIPMENT by the Carrier defined herein from the shipper the goods or the containers, vans, trailers, palletized units or other packages said contain the goods herein mentioned. In apparent outward good order and condition unless otherwise indicated, to be transported and delivered or transshipped as herein provided. The receipt custody carriage delivery and transshipping of the goods are subject to the terms and conditions of the bill of lading as filed with the Federal Maritime Commission FMC [illegible] 04, Rule 6, and is available for inspection and review at any office of Network Shipping Ltd.

NOTICE: All rates apply from ship's tackle at port of loading to end of ship's tackle at port of discharge, unless otherwise mentioned. Cargo on deck at shipper's risk.

In Witness whereof the Master by his agent, has signed 3 Bills of lading, all of the same tenor and date, one of which being accomplished, the others to stand void.

531050O08902
BL NUMBER NQSH

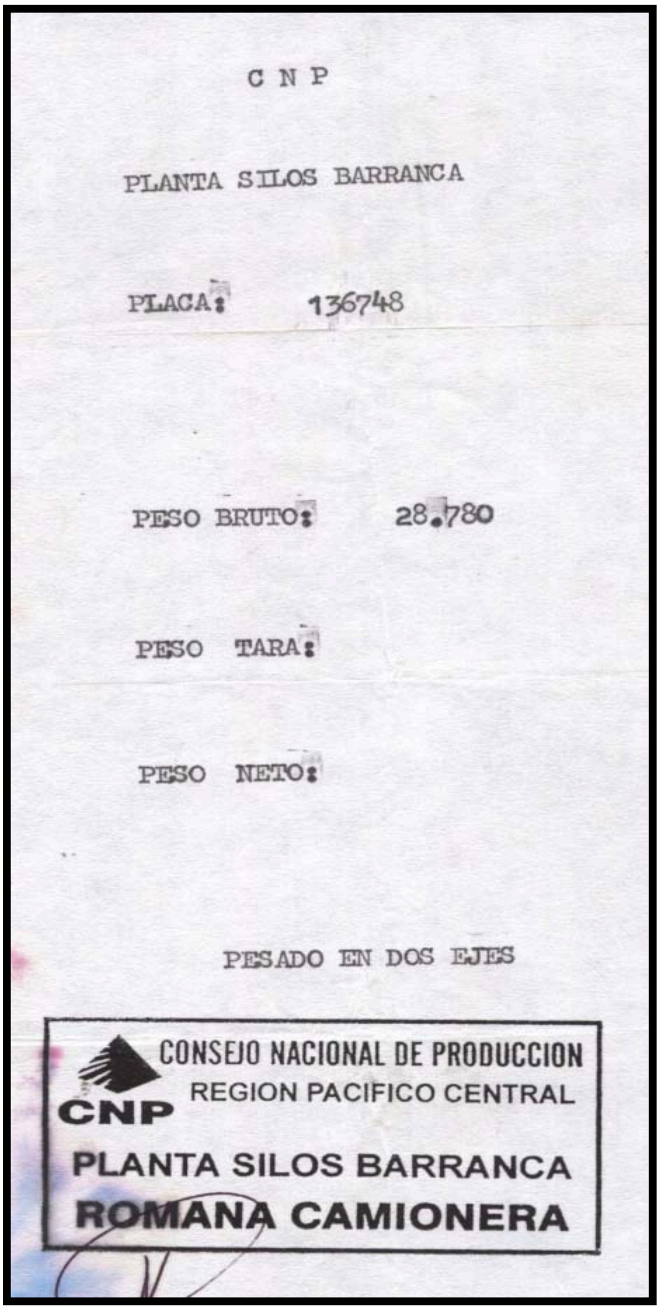
GUAYAQUIL
ISSUED AT

FEBRERO 26 2005
DATE

BY

FOR THE MASTER

FIGURA (K.1).- Documento de Exportación a Costa Rica



CNP

PLANTA SILOS BARRANCA

PLACA: 136748

PESO BRUTO: 28.780

PESO TARA:

PESO NETO:

PESADO EN DOS EJES

CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION
REGION PACIFICO CENTRAL
CNP
PLANTA SILOS BARRANCA
ROMANA CAMIONERA

FIGURA (K2).- Documento de pesado de nave junto a plataforma

ANEXO L

SISTEMA ELECTRÓNICO MOTOR INDUSTRIAL CAT 3126

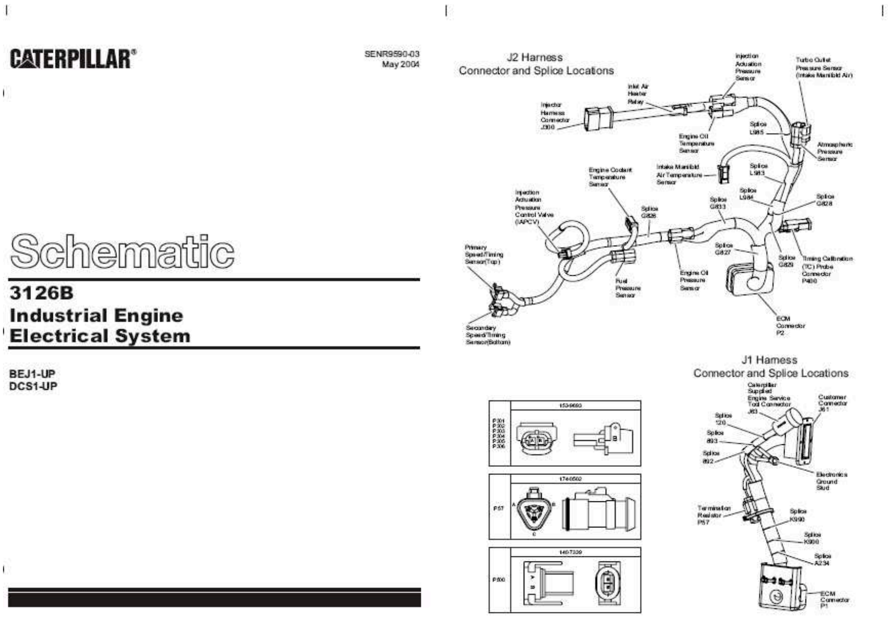


FIGURA (L.1).- Plano de Sistema Electrónico, parte I

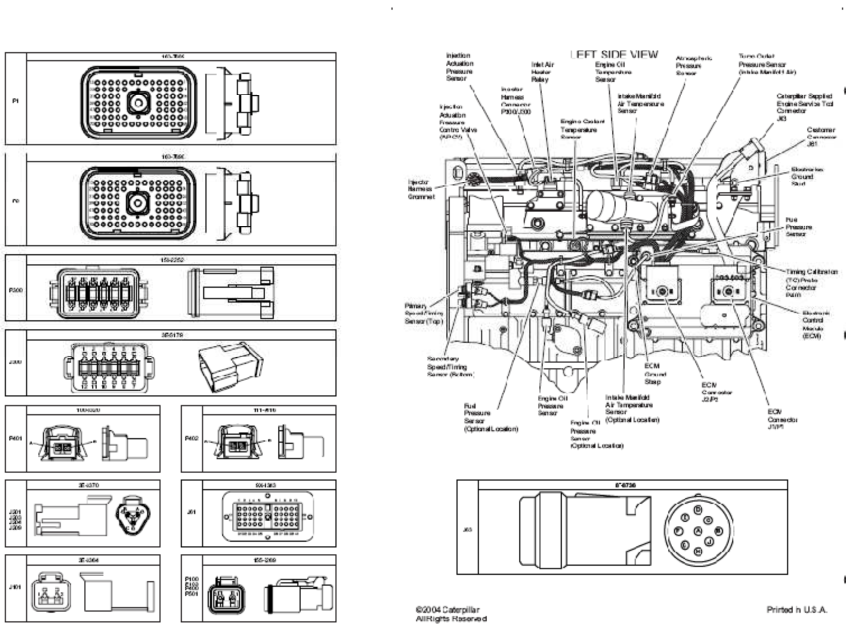


FIGURA (L.2).- Plano de Sistema Electrónico, parte II

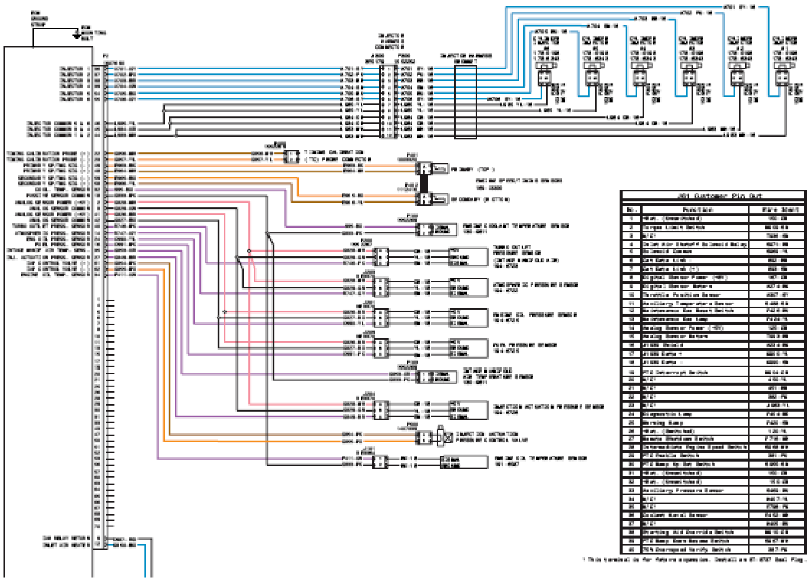


FIGURA (L.3).- Plano de Sistema Electrónico, parte III

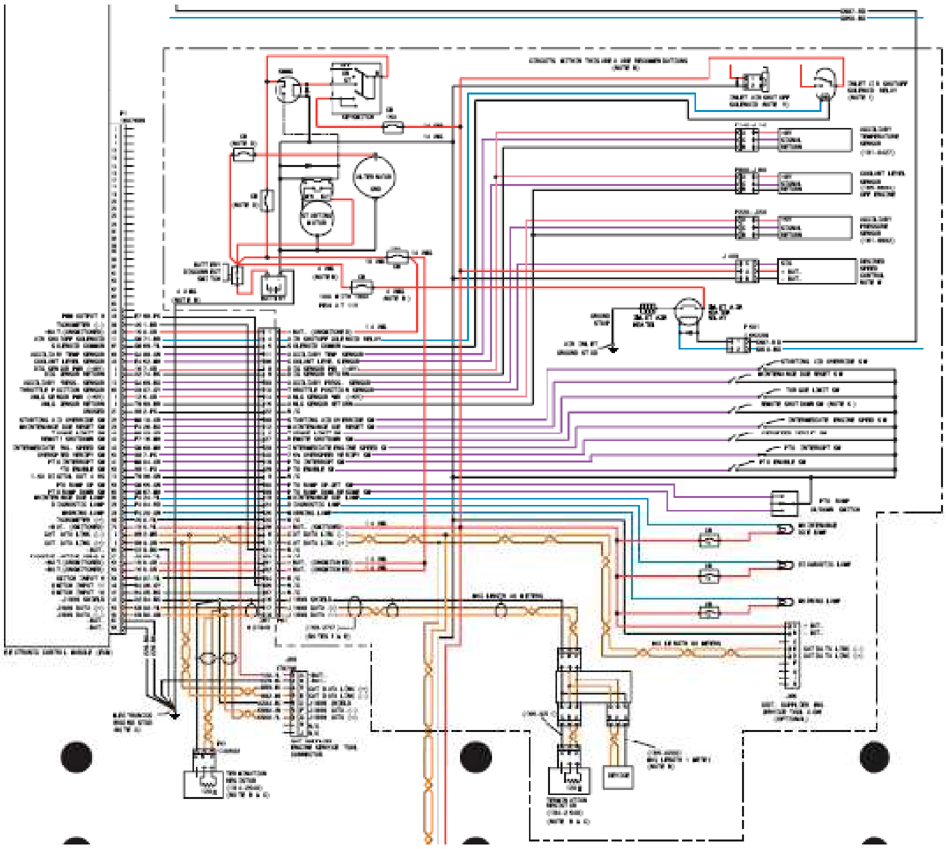


FIGURA (L.4).- Plano de Sistema Electrónico, parte IV

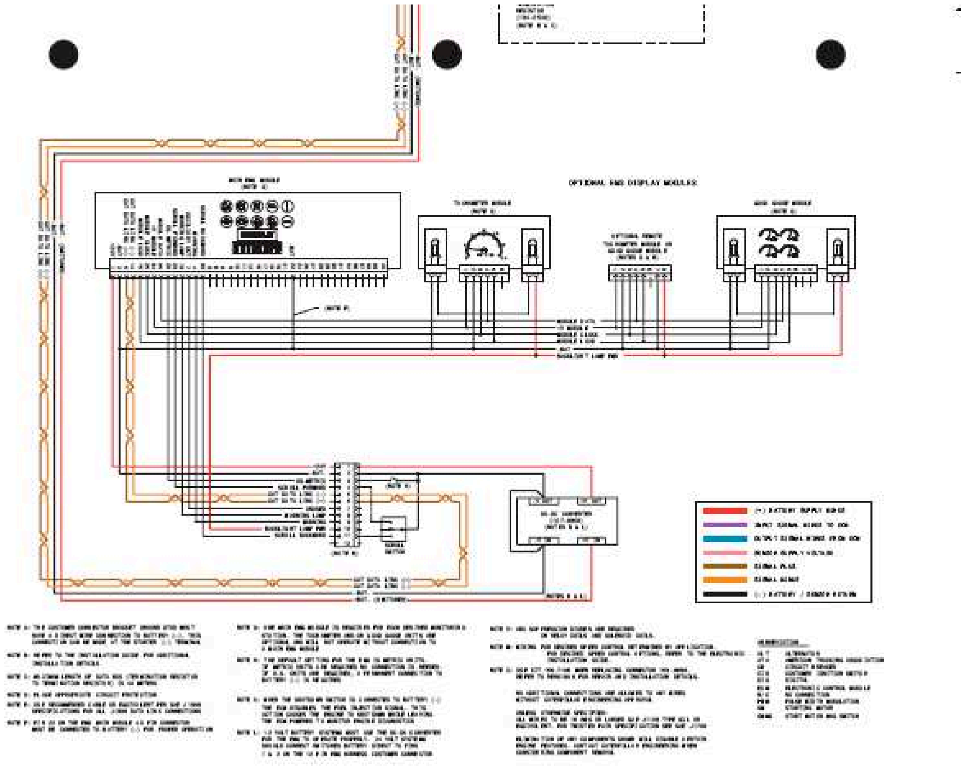


FIGURA (L.5).- Plano de Sistema Electrónico, parte V

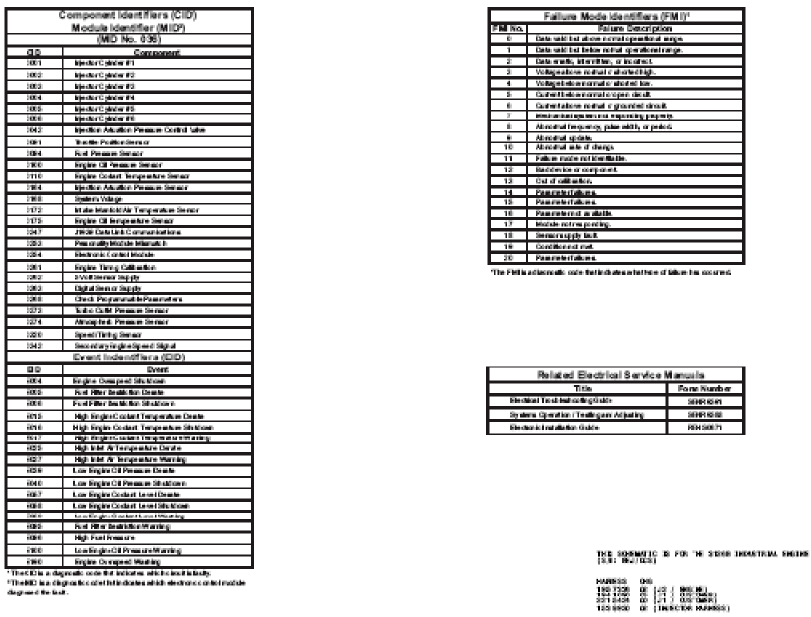


FIGURA (L.6).- Plano de Sistema Electrónico, parte VI