**Diseño y construcción de un vehículo anfibio para 20 pasajeros soportado en colchón de aire para el Golfo de Nicoya - Costa Rica**

Rafael Espinosa1, Wilmo Jara2

Ing. Naval1, Msc. Ing. Naval2, Profesor

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo,

Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador

[r\_espinosa\_astillero@hotmail.com](mailto:r_espinosa_astillero@hotmail.com), [wjara@espol.edu.ec](mailto:wjara@espol.edu.ec)

**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 no convencionales y/o materiales compuestos, se convierten en eventos que marcan la diferencia. El desarrollo de este artículo 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, se lo realizó en Ecuador y su ensamblaje se concluyó en Costa Rica. En forma general se presenta los procedimientos que involucran el diseño, fabricación de estructuras y montaje de sistemas. Seguidamente, se menciona el procedimiento de exportación a Costa Rica, los detalles del ensamble final y pruebas, ubicando 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.

**Palabras Claves:** *Vehículo Anfibio, Colchón de Aire (VCA), Construcción en Ecuador, Exportación hacia Costa Rica.*

**Abstract**

The Naval Construction in Ecuador has been related with the production of traditional ships, such as: passengers' yachts, fishing boats, barges, tugs, catamarans, boats and tankers. However, the production of ships with innovative propulsion systems and/or composites materials, they become events that make the difference. The development of this article has the object to explain the design processes and construction of an Amphibious Vehicle, supported in Cushion of Air (VCA), with a system of sustentation type D.A.T.A. "Transverse Automatic Distribution of Air". The construction of this ship (vehicle), used for the service of tourist transport, it was carried out in Ecuador and assembled in Costa Rica for its corresponding operation. In a general way is presented the procedures concerning their design, production of structures and assembly of systems. Subsequently, is explained the export toward Costa Rica with the particulars about the final assembly and final tests, impelling to our country in the sector of the World Naval Construction. Finally, it is mentioned a wide bibliography of suppliers, technical references and places of interest, considering it as investigation material for the design, development and construction of this type of ships.

**1. 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 se establecieron los parámetros de 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, [3]. 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, [4,5].

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.

**2. Descripción del Diseño del Vehículo Anfibio soportado en Colchón de Aire**

**2.1 Breve Historia y Descripción de Vehículos soportados con colchón de aire.**

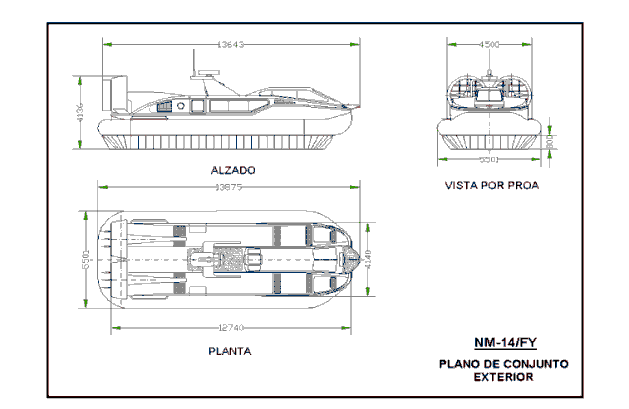
Un hovercraft o aerodeslizador, también es conocido como vehículo de colchón de aire VCA (en inglés ACV Air Cushion Vehicle)  y es en el sentido más general, un medio de transporte sustentado por un colchón de aire interpuesto entre aquél y la superficie, líquida o sólida, sobre la que se mueve, [1]. 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, [6], se muestra una visión del concepto básico del vehículo VCA.

**FIGURA 1.** Concepto básico de un vehículo soportado con colchón de aire.

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.

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.

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 un nadador o esquiador caído, sin afectar su seguridad.

En la figura 2, 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 2.** Aplicaciones del Hovercraft Anfibio.

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

Este Hovercraft está diseñado para el transporte de 20 pasajeros, en trayectos de media distancia. Con esta condición de transporte, la capacidad de carga debería estar 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, lo que le permite recorrer hasta 120 millas náuti­cas (unos 220 Km) a velocidad de crucero y con una velocidad máxima de unos 75 Km/h (40 nudos). El dimensionamiento del hovercraft NM-14/FY, Figura 3 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.

**FIGURA 3.** Plano de Conjunto Exterior

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

**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: 8,100 Kg

Desplazamiento en carga: 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

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

* Aleaciones ligeras como el Aluminio
* Aleaciones de acero
* Materiales sintéticos
* Materiales compuestos (resinas, paneles sándwich, plásticos estratificados)

*Diseño de Estructura Rígida*

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 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, sandwich de PVC expandido. Tanto la resina de laminación como la del GEL-COAT son del tipo ISOFTÁLICO. La fibra de vidrio es del tipo “E”.

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 4, [2,6], se muestra los factores de carga de acuerdo a su posición desde la proa del casco.

De acuerdo con Bureau Veritas [2], 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 valor mínimo calculado es de 5,1 permitiendo concluir que todos los coeficientes de seguridad son mayores que los exigidos por Bureau Veritas. Se justifica este escantillonado, usando el software MathCad, para calcular los esfuerzos en sectores críticos, considerando las cargas locales aplicadas, junto con el método de cálculo usado, para una estructura transversal.

**FIGURA 4.** Factores de Carga y Presión por impacto de la ola.

*Diseño de la Estructura Flexible*

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), [6]

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 de los faldones periféricos, reduciendo así el coste de fabricación, mantenimiento y repuestos.

**2.3 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 5, muestra la independencia de estos sistemas.

Este hovercraft tiene instalados dos conjuntos gemelos de impulsión, consiste cada uno en un motor diesel con su embrague centrífugo, una transmisión por medio de poleas y correas dentadas y una hélice aérea protegida, [12]. Cada conjunto está montado rígidamente sobre una bancada de aluminio, la cual a su vez va instalada por medio de soportes elásticos sobre las bases del casco.

El sistema de sustentación consiste de dos motores tipo diesel de sustentación con sus accesorios, una transmisión directa desde cada embrague centrífugo mediante simples ejes y acoplamientos flexibles, y dos soplantes centrífugos de sustentación. Los motores van instalados por medio de soportes elásticos sobre las bases en el casco.

****

**FIGURA 5.** Disposición general de los sistemas de propulsión y sustentación

**3. Fase de Construcción Desarrollada en el País**

**3.1 Planificación de Actividades para el proceso de construcción.**

El costo programado de la nave construida en Ecuador fue $500.000, sin incluir el costo de fabricación de moldes. La planificación de trabajos bajo la cual se manejaría el proceso de construcción Ecuador, teniendo como fase final su exportación a Costa Rica, tiene como ruta crítica del proyecto la construcción del casco. La fecha de inicio de construcción fue (01/ 06/ 04), hasta el final al 80% de la nave para la exportación, en (03/02/ 05).

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

La construcción del casco se lo realiza generalmente a través de moldes hembras, siendo requerido la fabricación del modelo. La primera etapa para la fabricación de los moldes es la fabricación de los modelos, conocido como plugs. Este modelo es la réplica exacta del producto final, por lo se debe tener mucho cuidado en su acabado, [7].

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. 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.

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), [7]. 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.

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. 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.

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. Esta aleación pertenece a la series de ALUMINIO-MAGNESIO.

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.

Fabricación de Estructura Flexible – Faldones

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. En cada corte efectuado para obtener una pieza, fue necesario utilizar el proceso de pegado en caliente, usando pegamento como cemento de contacto especial tipo ADHEPLAST o TIP TOP, [8,10].

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. [11].

**3.3Instalación y Montajes de Equipos.**

Una vez realizada la construcción de las estructuras nombradas en la sección 3.1 y 3.2, 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.

**4. Fase de Construcción desarrollada en**

**Costa Rica**

**4.1Gestión 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 el tipo de carga.

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.

**4.2Planificación de Actividades para el ensamblaje de la nave.**

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

* Gasfitería
* Electricidad
* Arranque de motores de impulsión
* Arranque de motores de sustentación
* Montaje de Gobierno y control
* Fijación en proa de los faldones
* Instrumentación
* Sistemas de seguridad y contra incendio
* Acabados interiores
* Otros

El tiempo estimado fue alrededor de 02 meses, de trabajo continuo, asumiendo que estas actividades serían ejecutadas con el ritmo de trabajo realizado en Ecuador. En este proceso de planificación de actividades para ensamblaje, no se consideró: la disponibilidad de mano obra local, el adiestramiento en el manejo de 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.

**4.3 Proceso de Ensamble final de la nave y su equipamiento**

Para realizar la actividades de ensamblaje final, mencionadas en la sección 4.2, se contó con un equipo de 20 personas entre gasfiteros, mecánicos, electricistas, tapizadores, fibreros – pintores, electrónicos y ayudantes quienes fueron adiestrados en las actividades que se deberían ejecutar para llegar al término construcción de la nave.

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, [9].

Junto con los problemas en el sistema electrónico de los motores de impulsión cabe listar otros agregados que prolongaron el tiempo de entrega a 4 meses, éstos fueron:

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

**5. Evaluación de Pruebas para la entrega**

**5.1 Procedimientos para la evaluación de pruebas.**

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.

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

**5.2 Control de los parámetros operativos de funcionamiento.**

Una vez definido el escenario definido para la realización de las pruebas, “la peor de las condiciones esperadas”, mencionado en la sección 5.1, se determina 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 puntal del agua para las operaciones de rescate.

En el programa de pruebas de rendimiento, 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 varias 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

**5.3 Ajustes y correcciones para la entrega de la nave.**

Las correcciones o ajustes que se efectúan para optimizar la operación de la nave, fueron:

* Cambiar los bujes de los acoplamientos elásticos y mejorar la alineación.
* Mejorar el sistema mecánico en el sistema de control de balance en las válvulas
* Protección de aberturas de ventilación por efecto del spray provocado por la nave
* Correcciones de centro de gravedad transversal,

Activación de indicadores del sistema de achique en cada compartimento estanco. 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 figura 6 muestra la nave lista para su operación.



**Figura 6**.- Nave sobre la Playa

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. El monto de inversión considerado fue de $750.000. El valor 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 la empresa turística, son expresados porcentualmente en la figura 7. Considerando la inversión colocada en un período de 10 años, con un índice de ocupación alrededor del 70%, en 2400 horas de trabajo al año, y con viajes de una hora, a un costo de pasaje mínimo de $20.00, se obtiene un TIR del 52,80%.

**FIGURA 7.** Diagrama Porcentual de Estimación de Costos por hora en Costa Rica

**6. Conclusión y resultados.**

El proceso de diseño tomado de forma adimensional a partir de un modelo construido, permite optimizar el tiempo de diseño de la nave.

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, permitió establecer un ahorro del 250% en pagos arancelarios,

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).

A pesar de estos imprevistos e inconvenientes, el proyecto posee un TIR del 52,80%. Esto representa un gran atractivo para el negocio con naves anfibias.

**7. Referencias**

1. Aláez, J. Embarcaciones rápidas de poco desplazamiento, Primer Simposium Panamericano de Ingeniera naval, Guayaquil-Ecuador. Octubre 1994
2. Bureau Veritas, Marine Hovercraft, B.V., Paris France
3. Espinosa, R. Contrato de Colaboración y Transferencia de Tecnología entre Neumar y Construcciones Navales, Construcciones Navales, Guayaquil –Ecuador, Junio 2004.
4. Espinosa, R., Creer es Poder…Logros del mes. Quien Cree, Crea, Revista Cámara de la Pequeña Industria CAPIG, Guayaquil- Ecuador, Octubre 2005
5. Estrada Y Yerovi, El Siglo de los Vapores Fluviales 1840 - 1940,Instituto de Historia Marítima, Guayaquil – Ecuador, 1992
6. Mante, P. Air Cushion Craft Development, David W. Taylor Naval Ship, Bethside Maryland - USA, Enero 1980
7. Nasseh, J., Manual de Construcción de barcos, Booklook, Río de Janeiro- Brasil, 2000
8. Material de vulcanización. Septiembre 2008. Disponible en: http://www.rema-tiptop.com
9. Motores industriales. Septiembre 2008. Disponible en: http://[www.cat-industrial.com](http://www.cat-industrial.com)
10. Neopreno para hovercraft. Septiembre 2008.

Disponible en: http://[www.rosich.com/](http://www.rosich.com/)

1. Pernos y tuercas plásticas. Septiembre 2008.

Disponible en: http://[www.isc-sl.com](http://www.isc-sl.com) &

https://secure.microplastics.com

1. Transmisión mecánica. Septiembre 2008.

Disponible en: <http://www.walther-flender.de>