

TENDENCIAS ACTUALES EN EL PROCESO DE DISEÑO NAVAL Y ADECUACIONES EN CUBA.

DrC. Inv Aux. Ing. J. A. Montero.
Centro de Investigación y desarrollo Naval. Cuba.

RESUMEN.

El trabajo trata la temática del diseño de las lanchas rápidas de pequeñas dimensiones, en el cual se muestran las posibilidades de un sistema de diseño para la solución de problemas computacionales. Se utiliza como base para el diseño de estas lanchas rápidas las bondades que brindan los portadores navales militares, que están sometidos a exigencias superiores, para lo cual se dan a conocer elementos básicos en el diseño de los buques de guerra modernos en la esfera internacional, referentes a la plataforma de combate y al sistema de combate. Se señalan las etapas de evolución del buque después de la II Guerra Mundial.

El desarrollo de la computación y los avances técnicos revolucionan el diseño de las lanchas, aumentando los niveles de exigencia en el diseño y construcción, lo que origina el diseño investigativo del buque para la obtención del proyecto óptimo.

Se mencionan las tendencias actuales en el proyecto de las lanchas, y se relacionan con el diseño naval en Cuba, donde se abordan algunas de sus especificidades.

INTRODUCCIÓN

Para el enfoque del diseño de las lanchas rápidas de pequeñas dimensiones nos basaremos en las exigencias y características de las lanchas de combate, teniendo en cuenta, la compleja tarea a solucionar con respecto al diseño, para lograr buques de alta velocidad con cascos de cierta resistencia estructural, buen comportamiento en la mar y condiciones favorables para la navegación.

En la época contemporánea, los buques han experimentado en su totalidad una amplia evolución, tanto del buque como de las partes principales en que se ha considerado dividido, es decir, sus subsistemas.

Dentro de esta evolución, juega un papel importante, el desarrollo de la electrónica como elemento aglutinante capaz de integrar dos elementos aparentemente inconexos, como son:

1. Los requerimientos planteados para cumplir las misiones del buque.
2. Medios necesarios para hacer cumplir esos requerimientos.

Con respecto a los buques de guerra, el desarrollo en la industria electrónica marca la evolución del proyecto en dos períodos claramente diferenciados:

- a) El primer período está comprendido entre 1945 y 1975, durante el cual los buques de guerra incorporan las principales novedades de la posguerra, iniciándose el progreso ininterrumpido del Sistema de Combate; sin embargo los desarrollos del proyecto y de la construcción se hacían prácticamente a mano con una muy elevada participación del personal proyectista, de los astilleros especializados en la construcción de los buques de guerra y el limitado auxilio de oficinas técnicas exteriores al astillero constructor.
- b) En el segundo período, a partir de 1975, el buque de guerra pasa de ser complicado a altamente sofisticado gracias a la contribución directa del ordenador, cuyo uso se va generalizando a medida que se van creando programas de fácil utilización, que cada vez atienden áreas más específicas. En lo que respecta a la Plataforma estas áreas se pueden resumir en dos principales, la de diseño, CAD (Computer-Aided Design) y la de producción, CAM (Computer-Aided Manufacturing). Por su parte el Sistema de Combate recibió un gran impulso al disponer de equipos (Hardware) cada vez más capaces y con posibilidad creciente de su integración en el Sistema, a medida del desarrollo de la Informática. Las bases de datos y los programas (software) han facilitado la resolución de los complicados problemas tácticos.

A todo esto se suman las exigencias a las que está sometido el proyecto desde su origen, por estos grupos de interés:

- El cliente con cambios en sus requerimientos iniciales.
- La ingeniería naval y electrónica imponiendo uno u otro criterio.
- Los astilleros constructores con sus capacidades y posibilidades de construcción.
- Los investigadores y fabricantes que inciden en el proyecto de forma directa e indirecta.
- Las firmas abastecedoras de equipamiento con interés de introducir los mismos.
- Los organismos de inspección del proyecto y la construcción.
- Los encargados del mantenimiento y modernización del buque, que tratan de mejorar la relación eficacia-coste.

Estas exigencias y consideraciones establecen por sí mismas cambios en la filosofía del proyecto del buque, condicionando su diseño y construcción, desde las etapas iniciales del proyecto.

En este trabajo se persiguen, atendiendo a lo anteriormente planteado, los siguientes objetivos:

1. Dar a conocer los elementos básicos en el diseño del buque de guerra moderno, donde algunos de estos criterios son tenidos en cuenta para el análisis de los requerimientos de las lanchas rápidas
2. Exponer algunos de los resultados en el diseño de las lanchas rápidas en Cuba.

ELEMENTOS BASICOS EN EL DISEÑO DEL BUQUE MODERNO. REVOLUCION EN EL DISEÑO.

El buque de combate está constituido por dos partes principales: la Plataforma y el Sistema de Combate. Estas dos partes

deben cumplir los siguientes requerimientos básicos:

- a) La plataforma deberá tener un tamaño mínimo necesario para transportar y alojar el sistema de combate y la dotación, a su vez que debe ser capaz de cumplir las características específicas, adecuadas a las misiones encomendadas de velocidad sostenida en mar agitada, estabilidad después de averías, comportamiento en la mar, disposición general, supervivencia, resistencia estructural y diseño adecuado a otras medidas.
- b) El sistema de combate, que es la carga útil, será el adecuado para hacer frente al nivel de amenaza previamente fijado. Como se aprecia los requerimientos básicos de la plataforma de un buque de combate, son válidos también para un buque civil.

La plataforma no es más que el buque básico diseñado para transportar el sistema de combate y la dotación; las principales partes que lo componen, con sus correspondientes servicios, son:

- a) El casco.
- b) La máquina propulsora.
- c) Los generadores eléctricos.
- d) La máquina auxiliar.
- e) La habilitación.

Todos ellos son interdependientes y configuran el buque básico, cuyo proyecto ha de conseguir un equilibrio armónico entre sus componentes, hasta tal extremo que un defecto o exceso en cualquiera de ellos, tanto cualitativo como cuantitativo, influye en los restantes y en la plataforma en general.

El avance tecnológico del buque de combate moderno, debe valorarse por el desarrollo de su plataforma y de su sistema de combate, sin embargo el avance tecnológico de un buque civil está dado por el desarrollo de su plataforma y de los medios disponibles para realizar sus funciones.

Durante la nueva era hubo una revolución del diseño del buque de guerra, propiciada conjuntamente con la computación, por los siguientes avances técnicos:

- 1.) El desarrollo de la ingeniería naval obteniéndose propulsores de mayor rendimiento, estructuras más resistentes y de menor peso, sistema de estabilización eficaz, predicción del comportamiento del buque en mares agitados, etc.
- 2.) La aplicación de la energía nuclear a la propulsión, actualmente posible sólo para las naciones más poderosas y para determinado tipo de buque: portaaviones, cruceros y submarinos.
- 3.) La aplicación de la turbina de gas a la propulsión.
- 4.) El desarrollo en el campo de la electrónica.
- 5.) Las precisas direcciones de tiro que consiguen guiar al misil hasta un blanco aéreo, a través de ondas reflejadas en el blanco.
- 6.) Los avances en el área de los misiles balísticos, de alcance entre 4000 y 10 000 millas, dotados con cabeza convencional o nuclear y de los misiles guiados, de alcance (por encima de 50 millas) superior al horizonte radar (de un 6 a un 10 % superior al del ojo humano).
- 7.) Las velocidades supersónicas alcanzadas por los aviones navales.
- 8.) El que los submarinos puedan operar a profundidades superiores a los 500 metros, con permanencia ilimitada bajo el agua y a velocidades superiores a los 30 nudos.
- 9.) La posibilidad de coordinar las operaciones navales mediante satélites artificiales, imprescindibles cooperadores con la conducción de misiles guiados, a los que deben suministrar las coordenadas geográficas del blanco.

Las lanchas rápidas no están exentas de estos cambios en la filosofía del diseño, el cual se subordina a las exigencias actuales condicionando la plataforma de diseño a los avances de la ciencia y la técnica.

El proyecto de una lancha se puede definir como un proceso iterativo y evolutivo constituido por fases independientes, este proceso debe conducir a la determinación de las características del buque en general y de todos los subsistemas que lo componen.

El proyecto de un buque se estructura generalmente en fases o etapas, cuyas características fundamentales son, su independencia y que cada una constituye la base para la próxima etapa.

Las divisiones más generalizadas del proyecto de un buque son:

- 1^{ra} Fase - Estudio de viabilidad (Feasibility phase).
 - 2^{da} Fase - Diseño preliminar (Preliminary design).
 - 3^{ra} Fase - Diseño de contrato (Control design).
 - 4^{ta} Fase - Diseño detallado (Detail design) y construcción del prototipo.
- Por estas divisiones se rigen generalmente las escuelas Europeas y Americanas.

Las fases de diseño de las lanchas en cuestión son:

- 1^{ra} Fase - Trabajo de investigación científica y búsqueda de información.
- 2^{da} Fase - Proposición técnica.
- 3^{ra} Fase - Preparación y coordinación de la Tarea Técnica (TT).
- 4^{ta} Fase - Anteproyecto.
- 5^{ta} Fase - Proyecto técnico.
- 6^{ta} Fase - Proyecto ejecutivo o de trabajo.
- 7^{ma} Fase - Documentación de explotación.
- 8^{va} Fase - Documentación de entrega.

9ª Fase - Documentación para la serie y entrega del prototipo.

Conjuntamente con estas etapas surge un nuevo enfoque en el diseño (diseño investigativo), que presupone un nivel superior del diseño tradicional.

DISEÑO INVESTIGATIVO. TENDENCIAS EN EL PROYECTO DE LAS LANCHAS RAPIDAS MODERNAS.

Con el progreso científico-técnico y la introducción en los buques del armamento coheteril nuclear, la energía atómica, la radioelectrónica y otros logros de la ciencia, ocurre un salto cualitativo en el aumento de la efectividad del buque. En estas condiciones y teniendo en cuenta la complejidad de un buque desde el punto de vista técnico, el aumento de su costo de fabricación y el carácter complejo de su empleo combativo, hace que en la actualidad adquiera una gran importancia la optimización de los elementos táctico-técnicos.

De esta forma la teoría general de diseño, se analiza como diseño investigativo, establecida como una disciplina científica rigurosa, sobre la base de la automatización.

Quiere decir, que con respecto al diseño naval, surge en la actualidad un enfoque o tendencia novedosa, dirigida a obtener un proyecto que conjugue de la forma más adecuada todos los parámetros táctico-técnicos y económicos, logrando la variante más efectiva y deseada, y esto es válido tanto para las lanchas militares como para las lanchas rápidas civiles, que de una forma u otra responden a ciertos requerimientos.

El diseño investigativo se compone en esencia de cuatro bloques fundamentales en el proceso de proyecto, como se muestra en la figura 1.

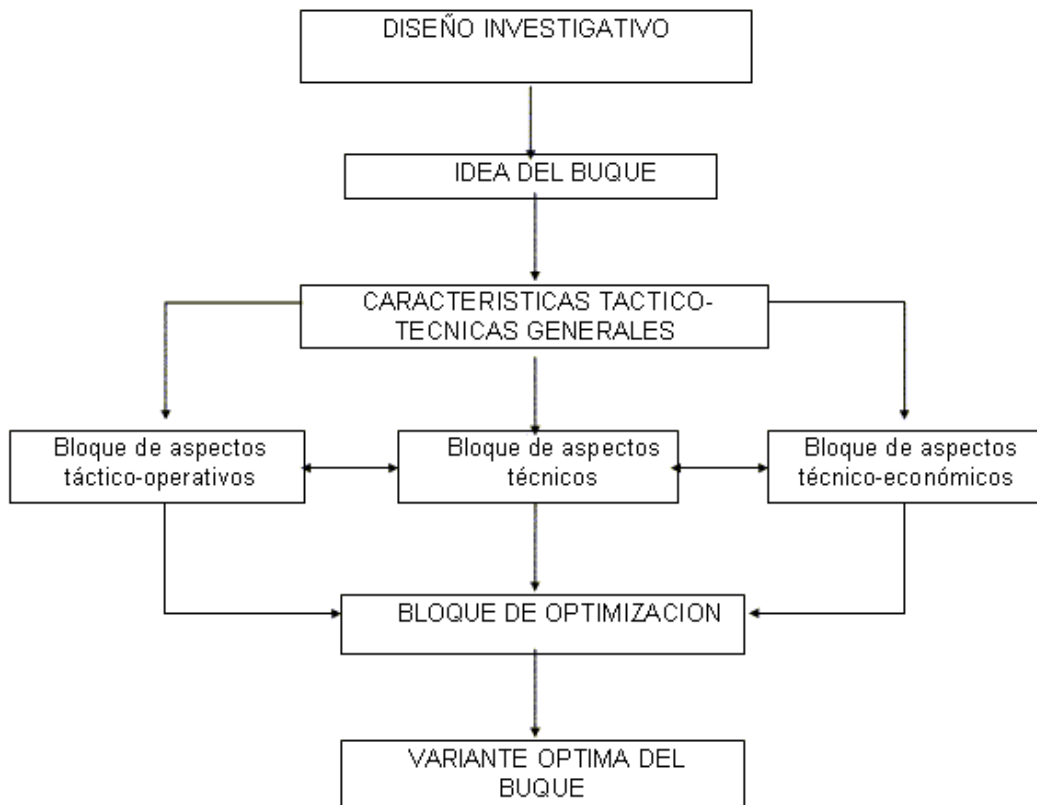


Fig. 1. Esquema en bloque del proceso de diseño investigativo.

Estos nuevos enfoques responden a las siguientes tendencias en el proyecto de las pequeñas lanchas de combate, analizadas en la bibliografía internacional:

- Desarrollo de lancha multipropósito con sistema modular de construcción y montaje del equipamiento, que en breve tiempo pueda ser destinada a cumplir las más variadas misiones tanto en tiempo de paz, como de guerra. Ejemplo: patrulleras de ataque rápidas, coheteras o portamisiles, artilleras, para el sembrado de minas, etc.
- Se priorizan las siguientes cualidades a estos buques: alta confiabilidad y disponibilidad, bajo costo de mantenimiento, aumento de la vida útil, bajo costo de adquisición que permitan obtener una alta relación eficacia/costo.
- Forma de cascos de dos tipos fundamentales: monocasco en forma de V profunda, para garantizar alta velocidad en alta mar tranquila y oleaje, y el buque efecto de superficie de alta velocidad, cualidades marineras y con una gran plataforma para el montaje de las armas. El régimen de navegación característico es el de semiplano ($2 < Fr_D < 3$).
- La velocidad como cualidad importante. La máxima superior a 30 nudos.

- Montaje de instalaciones propulsoras confiables de pequeña relación peso/potencia y volumen/potencia. Predominan las series de motores diesel MTU, Detroit, Paxman Valenta, y las turbinas de gas. Amplio uso del sistema combinado diesel-turbina de gas.
- Se generaliza el empleo del hidrojet como propulsor seguro y eficiente para bajo fondo.
- Sistemas reversibles sofisticados para lograr bajo consumo de combustible a todo el rango de velocidades de 2-3 nudos hasta la máxima de proyecto.
- Una alta relación peso del armamento/desplazamiento, donde el sistema de combate ocupa un peso considerable (20 %) con respecto a las restantes subdivisiones. Se utilizan de 4 a 8 misiles superficie-superficie supersónicos de gran alcance y vuelo rasante.
- Reforzamiento de la defensa antiaérea y antimisil con el montaje de instalaciones antiaéreas súper rápidas predominando los calibres 20, 57 y 76 mm, instalaciones de cohetes antiaéreos y antimisil, y medios de lucha activos y pasivos.
- Gana terreno el empleo de materiales compuestos como el plástico reforzado con fibra de vidrio y fibra de carbono, con el objetivo de disminuir el eco del radar (materiales absorbentes de las ondas del radar) y el peso.
- Se desarrolla el diseño de buques furtivos (Stealth) reduciéndose la superficie efectiva de reflexión (SER), para atenuar el eco del radar, y disminuyéndose los campos térmicos y acústicos. Esto incluye a las instalaciones artilleras y otras armas a bordo del buque.

Se hace énfasis en las siguientes direcciones:

- Para disminuir la SER se trabaja en el diseño de formas donde se evitan los ángulos de 90 grados con el horizonte, los bordes de entrada (esquinas), eliminación de apéndices como mástiles, antenas, piezas artilleras u otro armamento ; el armamento se monta bajo cubierta, además el uso de materiales con baja SER y disminución de la estela del buque.

- Para disminuir campos térmicos se aplican nuevos materiales compuestos, se protegen los escapes de motores, sistemas de ventilación y otros, se emplean nuevos aislamientos térmicos, se montan sistemas de irrigación.

- Para disminuir el campo acústico se montan equipos y estructuras sobre bases amortiguadas, se exigen normas estrictas de ruido a los equipos, inferiores a los 10-12 decibeles, se disminuye la velocidad de los gases y líquidos por las tuberías de los sistemas, el empleo fundamentalmente de tubos redondos para conductos, empleo de sistemas de aire de baja presión (la alta velocidad del aire provoca ruidos), empleo de los silenciadores en la salida de los sistemas, empleo de hélices sofisticadas de bajo ruido, amortiguación del forro del casco en la zona de las hélices, empleo de revestimientos con polímeros capaces de diseminar la energía de sonares activos, neutralización de los ruidos de baja frecuencia (señales de ondas electromagnéticas emitidas por metales, hélices, ejes, etc).

- Diseño avanzado de plataformas estabilizadoras para el montaje de las armas y otros equipos como visores ópticos.

Algunos de estos aspectos se reflejan en la figura siguiente:



Fig. 2 Corbeta Suiza de fibra de carbono y técnicas stealth.

Las lanchas rápidas civiles tienen tendencias similares en cuanto al diseño de la forma del casco, instalaciones propulsoras, cualidades del buque, máquinas que garantizan una velocidad mayor y a varios regímenes, instalaciones que responden a bajo consumo de combustible, materiales resistentes del casco y a la vez ligeros, entre otros. Por lo que algunos enfoques son válidos.

EL DISEÑO NAVAL EN CUBA DE LANCHAS RAPIDAS COMO CONSECUENCIA DE LA EVOLUCION DEL BUQUE.

Se hace necesario por ende obtener, no sólo un proyecto mejorado, sino el óptimo, cualitativamente superior, que cumpla a su vez con los requerimientos del enfoque novedoso del diseño investigativo, que rompe los esquemas del diseño tradicional.

Para esto se tuvo en cuenta algunos de los requerimientos táctico-técnicos que condicionan a las lanchas rápidas de combate, y los desarrollos de la ciencia, la técnica y la tecnología.

Esto nos llevó a modificar en cierto grado nuestros proyectos de lanchas rápidas, para los cuales se crearon sistemas automatizados para el diseño, sobre la base plasmada en este esquema:

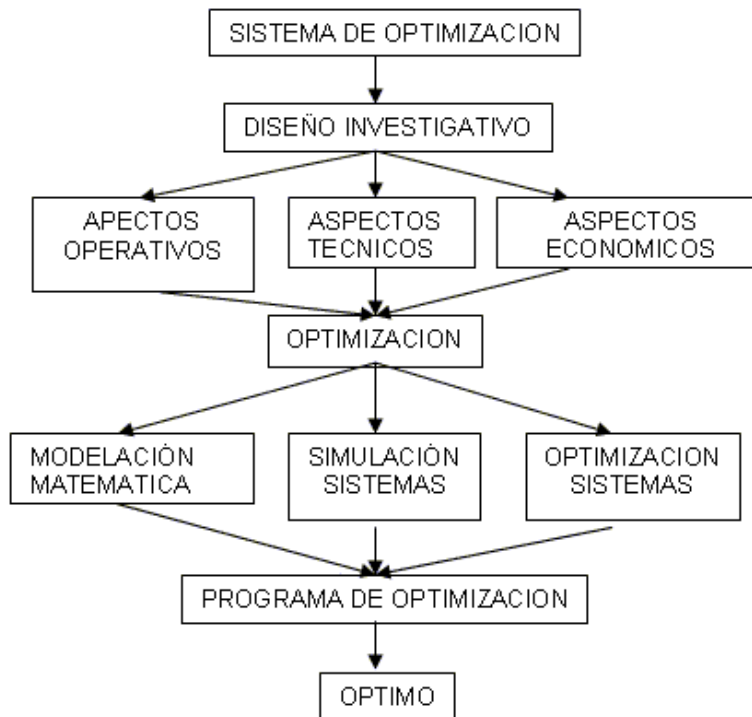


Fig. 3 Esquema de la optimización.

Este sistema automatizado está creado sobre la base del método de grafos bicromáticos.

En el diseño naval, donde existen un conjunto de relaciones que analizan al buque como un sistema y en interrelación con cada uno de sus componentes, el método de grafos bicromáticos simplifica el problema a resolver y lo hace más asequible, estableciendo inclusive la ruta a seguir para la resolución de las relaciones matemáticas con el mínimo de esfuerzos y un nivel de precisión adecuado. De ahí la importancia de su aplicación en el diseño naval.

El método de grafos bicromáticos permite realizar además, la simulación y la optimización del sistema. Este método constituye un aporte en la teoría de diseño del buque, creando una herramienta que posibilita la determinación de los elementos principales del mismo, a la vez que permite optimizar las características del buque según la función objetivo o de mérito.

El método de grafos bicromáticos empieza con el proceso de la modelación matemática, y es aquí donde el juega un papel primordial en el esclarecimiento y comprensión de la estructura interna del modelo matemático, permitiendo de forma eficaz y fácil, establecer su algoritmo.

El grafo bicromático permite analizar la estructura interna del modelo matemático y ver de forma clara la interrelación entre sus componentes, lo que resulta útil para el trabajo posterior de aplicación. (Anexo A)

Este método se inserta en el proceso de diseño, como se muestra a continuación:

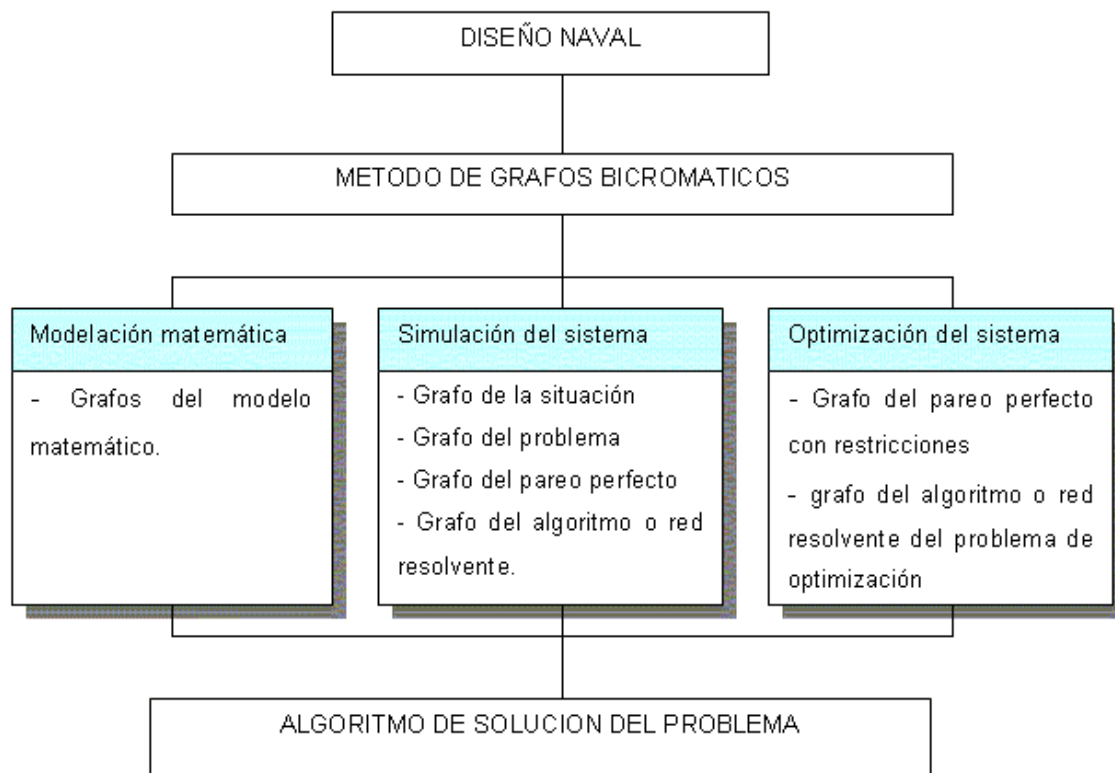


Fig. 4. Etapas de aplicación del método de grafos bicromáticos en el diseño naval.

Utilizando este método y con el algoritmo de solución del problema se elabora un sistema de optimización para el diseño. Una de las ventanas del sistema es la que a continuación se muestra:

Parámetros de Diseño Óptimo:	
Coef.de bloque Cubatura:	0.68
Cubatura del Casco(m3):	68.81
Masa del Casco (t):	7.93
Masa de la Inst. buque (t):	0.21
Masa de los Sistemas (t):	0.14
Masa de los Abastecimientos (t):	0.08
Masa de la Tripulación (t):	0.90
Masa de las Defensas (t):	0.02
Masa del Armamento (t):	1.71
Masa del Sist. Elec.Energ. (t):	0.63
Masa de Grupos Ind. (t):	4.58
Potencia Remolque Máx (Kw):	801.01
Potencia Efect. Motores (Kw):	1372.64
Masa Inst. Eneg. (t):	5.09
Potencia Remolque Econ (Kw):	130.55
Potencia Econ. Motores (Kw):	343.77
1/2 Masa de Comb.,Ac.,Agua (t):	1.76
Masa de las Cargas Líquidas (t):	0.00
Masa Resev. Desp. (t):	1.81
Masa Total del Buque (t):	22.56

Una m...



Este trabajo contribuyó al diseño y construcción de lanchas rápidas, sentando las bases de la teoría general de diseño de las mismas, con la obtención de la metodología de determinación de las características óptimas, a la vez que aporta los valores de estas magnitudes para estos buques específicamente y las ecuaciones para su cálculo. Brinda además un software de optimización que ahorra considerablemente en tiempo y recursos.

CONCLUSIONES GENERALES:

1. El progreso científico-técnico, el desarrollo de la electrónica y la energía atómica condicionaron la aparición del diseño investigativo, como cualidad superior en la teoría general de diseño.
2. El nuevo enfoque en el diseño responde a las nuevas exigencias según la tendencia internacional.
3. Las características de diseño de nuestros buques están a la altura de las exigencias actuales.
4. La teoría de grafos bicromáticos en el diseño naval, facilita el trabajo del arquitecto naval con los modelos matemáticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baganov A. M. Diseño de embarcaciones veloces. Sudostroenie. 1978. Leningrado.
2. Balaguer L. A, Montero José. A. Perfeccionamiento de las cualidades de marcha de una lancha rápida. Rev. Transporte, desarrollo y medio ambiente. Volumen 17. 8-1997. La Habana.
3. Balaguer L. A, Montero José. A. Trimado dinámico de las lanchas rápidas. X Fórum de Ciencia y Técnica de la MGR. 1995. Ciudad Habana.
4. Balaguer L. A. Las lanchas rápidas del siglo XXI. XI Fórum de Ciencia y Técnica de la MGR. 1996. Ciudad Habana.
5. Colizaev. Teoría y métodos de diseño del buque. Academia Naval URSS. Id. Ruso. Leningrado .
6. González J. M. El proyecto de un buque de guerra. Rev. Ingeniería Naval. 8/1991. España.
7. Judiakov L. Y. Diseño investigativo de los buques. Id. Ruso. Sudostroenie. 1980. Leningrado.
8. Montero José. A. Plana M. Optimización de los elementos principales del buque en las etapas iniciales de proyecto. IPIN SYMMTECHNAVAL '98. 1998. Ciudad Habana.
9. Montero José. A. Plana M. Software de optimización de las lanchas. XII Fórum de Ciencia y Técnica de la MGR. 1998. Ciudad Habana.
10. Montero José. A. Proyecto de lancha rápida P-278. 1990. CID-MGR.
11. Rivas E. C. El buque de guerra como aplicación más avanzada de la tecnología naval. Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales, 1996. Madrid.
12. Friedman Norman. Warship Design Trends. Rev. Armada Internacional. Junio 2001.

ANEXO A

GRAFO BICROMATICO DEL MODELO MATEMÁTICO DEL BUQUE

