

Sistema automatizado para optimizar el cálculo de remolcadores
OPTIMER

Autor: Ing. Jorge Herrera Franklin

Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte
(CETRA)

Ministerio del Transporte

La Habana, Cuba
1 de Junio de 2011

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN	4
I. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	5
I.1 REQUERIMIENTOS Y HERRAMIENTAS	5
I.2 COMPONENTES.....	6
I.3 ALGORITMOS	8
I.4 TRATAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE ERRORES	11
II INTERFAZ GRÁFICA	12
III APLICACIÓN PRÁCTICA	19
IV VALORACIÓN ECONÓMICA.....	21
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23

RESUMEN

Los métodos para la determinación de los remolcadores necesarios en los diferentes puertos cubanos, han pasado por varias etapas de complejos procesos de cálculos manuales. A partir de las mismas y teniendo en cuenta las características técnicas y de potencia que deben poseer las embarcaciones encargadas de garantizar la ejecución de las maniobras de buques en cada puerto con la debida seguridad, en el trabajo se describe una aplicación especialmente diseñada para su determinación, la cual constituye una herramienta automatizada cuyo objetivo es agilizar dichos métodos manuales de cálculo a la vez que hace más confiables sus resultados.

Adicionalmente, Optimizer permite la generación de todas las combinaciones de remolcadores posibles en un puerto cualquiera, determinando las más efectivas desde el punto de vista técnico – económico.

ABSTRACT

The methods for the determination of the necessary tugs in the different Cuban ports, they have gone by several stages of complex processes of manual calculations. Starting from the same ones and taking account the technical characteristics and of power that should possess the crafts in charge of guaranteeing the execution of the manoeuvres of ships in each port with the due security, in this work is described an application specially designed for its determination, which constitutes an automatized tool whose objective is to speed up this manual methods of calculation at the same time that makes more reliable its results.

Additionally, Optimizer allows the generation of all the combinations of possible tugs in a port anyone, determining the most effective from the technical point of view - economic.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los aspectos de mayor atención para las autoridades marítimas de todos los puertos, es lograr la máxima seguridad de las maniobras de buques dentro de los mismos. Una adecuada distribución y uso de remolcadores, resulta imprescindible para su consecución.

Cuba, dotada de múltiples bahías en las que se localizan sus instalaciones portuarias, no es la excepción. En el país están vigentes rigurosas regulaciones al respecto, como es la obligatoriedad del uso de remolcadores en las maniobras de entrada, atraque, remoción, desatraque y salida de buques con 1000 o más toneladas de arqueo, dada la complejidad que pueden presentar las mismas en muchos casos.

En diferentes partes del mundo está produciéndose una tendencia, por parte de dueños de embarcaciones (armadores), a la minimización del uso de remolcadores en las maniobras con sus buques debido a las altas tarifas de los servicios prestados por éstos. No obstante, las autoridades portuarias exigen su utilización, por lo que existen diferentes métodos para la determinación, en cada caso y puerto específico, de los remolcadores necesarios en lo que a cantidad y potencia se refiere, a partir de criterios de máxima seguridad en dichas maniobras.

En el caso de Cuba, tradicionalmente han sido determinados los pronósticos de arribos y de maniobras de buques para cada puerto en particular; y a partir de los mismos, se han elaborado manualmente las combinaciones de remolcadores que cumplieran los requisitos de potencia y tracción necesarias para cada rango de arqueo específico, mediante la aplicación de un pseudo-algoritmo elemental a dichos resultados, cuyo objetivo era obtener los esquemas de trabajo de los remolcadores por puerto, año y rango. Este engorroso proceso inicial, fue modificado al formalizarse el algoritmo matemático utilizado para la generación de esquemas y llevado a un lenguaje de programación, surgiendo así la primera herramienta destinada a este fin en Cuba: Optimer.

I. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

I.1 REQUERIMIENTOS Y HERRAMIENTAS

El proceso de Optimizer comienza cuando son determinados los pronósticos para el arribo y maniobras de buques de diferentes rangos de arqueo, a un puerto y en un año determinados. A partir de entonces interviene un primer actor del proceso, denominado *usuario*, quién será el encargado de introducir toda la información referente a Puertos, Rangos de arqueo, Pronósticos, Remolcadores, Años y Variable Económica. Este último requisito surge de la combinación de varios factores que inciden directamente en el costo de las maniobras para remolcadores específicos. Este dato resultará vital en un punto más avanzado del proceso.

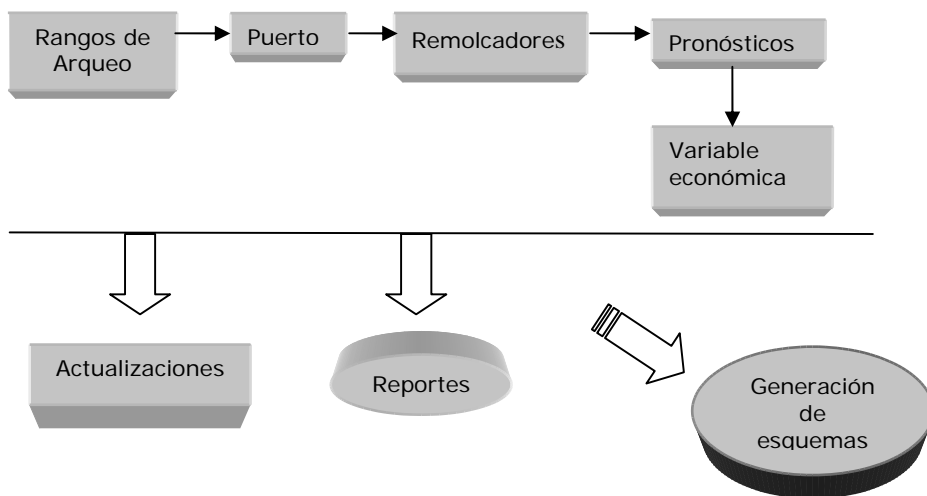


Fig. 1 Lógica del proceso en Optimizer

El orden del proceso no puede ser violado debido a la secuencia lógica de acciones y dependencias. Por ejemplo, los Rangos de arqueo tienen la mayor precedencia ya que a los distintos puertos se les debe definir un rango máximo permisible determinado por el calado de los buques que se pronostica que arriben. Los Remolcadores, por su parte, deben estar basificados en un Puerto determinado, aún cuando esto pueda ser modificado posteriormente. Los

pronósticos se basan en la previa definición de un Año, un Puerto y un Rango específico y por último, la Variable Económica, es el factor determinante a la hora de organizar las combinaciones según costos o ingresos, aunque para la versión inicial sólo se contemplarán costos por Remolcador.

Los usuarios deben interactuar con una interfaz amigable y sencilla, para lo cual fueron diseñadas las ventanas separadas por operación y agrupadas en un menú principal cuyas opciones sean explícitas según lo que se desee hacer.

También se tuvo en cuenta que la aplicación pudiera correr sobre un sistema Windows XP SP2 permitiendo su ejecución sobre PCs con pocas prestaciones de hardware. Para la generación de esquemas se requiere también Office 2003 como mínimo, dada su generalización en los sistemas operativos actuales. Todo esto conllevó al desarrollo de la aplicación con herramientas tales como el Borland C++ Builder 7.0, Access 2003, C++ WinHelp Tool y programas de diseño de imágenes como el Photoshop CS2 y el IcoFx para la producción de íconos y gráficos.

I.2 COMPONENTES

La aplicación fue dividida en tres módulos fundamentales donde se agrupan los principales artefactos; Actualizaciones que incluyen Altas (inserciones), Modificaciones y Bajas del sistema; Reportes que permiten la comprobación de los datos almacenados y las Herramientas, que para la versión inicial fueron incluidas tres funcionalidades básicas definidas como requerimientos de la aplicación desde el inicio; Generación de combinaciones de remolcadores, Generación de esquemas de trabajo según las combinaciones e Impresión de los esquemas.

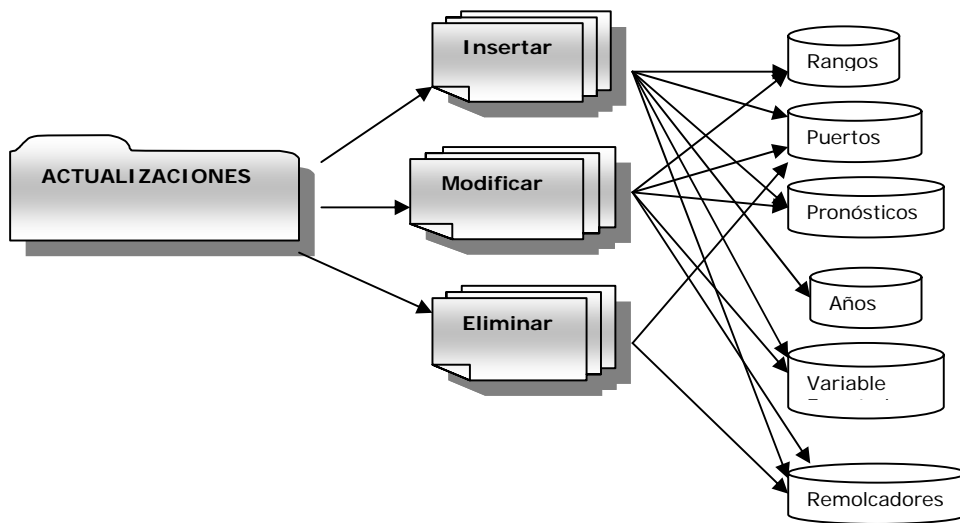


Fig. 2 Modelo de objetos Actualizaciones

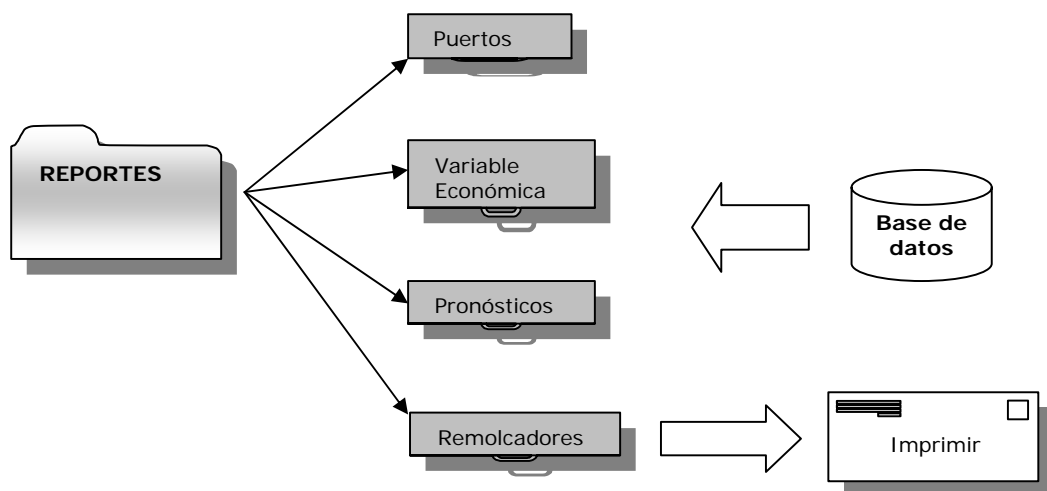


Fig. 3 Modelo de objetos Reportes

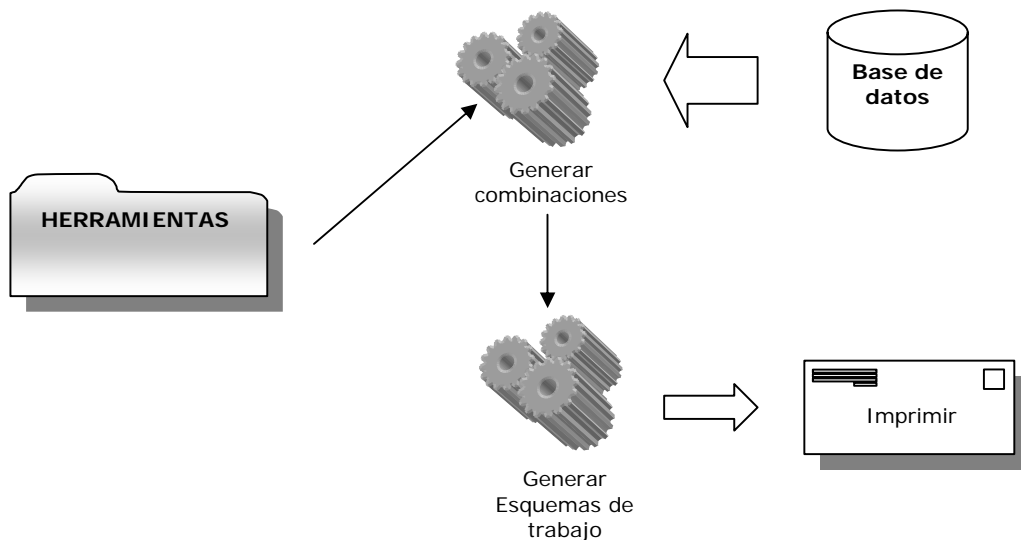


Fig. 4 Modelo de objetos Herramientas

I.3 ALGORITMOS

La generación de combinaciones de remolcadores fue dividida en dos algoritmos alternativos de los cuales el primero consiste en asignarle a cada rango TRB las posibles combinaciones de remolcadores según la tracción requerida y la disponibilidad en el puerto. Primeramente se utilizó un ciclo cuyo parámetro inicial es la tracción necesaria y la disponible de primer remolcador encontrado en la lista del puerto. Se itera hasta la máxima cantidad del nomenclador por potencia del remolcador en el puerto y si se satisface la necesidad se tracción se devuelve como una combinación. En caso contrario se pasa al próximo nomenclador de la lista siguiendo el mismo procedimiento hasta que concluye la lista de nomencladores y se devuelve la combinación obtenida de diferentes cantidades de nomencladores por potencia.

En caso de que el nomenclador no sea el primero de la lista y no se cumpla la condición necesaria se itera desde el principio de la lista sin tener en cuenta la posición en esta del nomenclador en cuestión.

Por último, antes de terminar se comprueba si no se trata del último elemento de la lista de nomencladores, caso en el cual se devuelve el resultado hasta el momento. En caso contrario se comprueba nuevamente e iterando la consistencia de la condición planteada aumentándose la cantidad de iteraciones de este remolcador según no se alcance la cantidad máxima de existencia en el puerto.

Esta operación se repite globalmente para cada elemento de la lista de remolcadores del puerto, agrupados por potencias y tracción.

Una vez que cada rango TRB tiene asignado una serie de combinaciones que todas cumplen con el requisito de tracción mínima necesaria se conforma una matriz cuyas columnas apuntan a los rangos y las filas almacenan las combinaciones de remolcadores posibles, que en la aplicación es tratada como un grafo enlazado que después de aplicar el segundo algoritmo es tratado como una multilista enlazada, como se muestra en la figura:

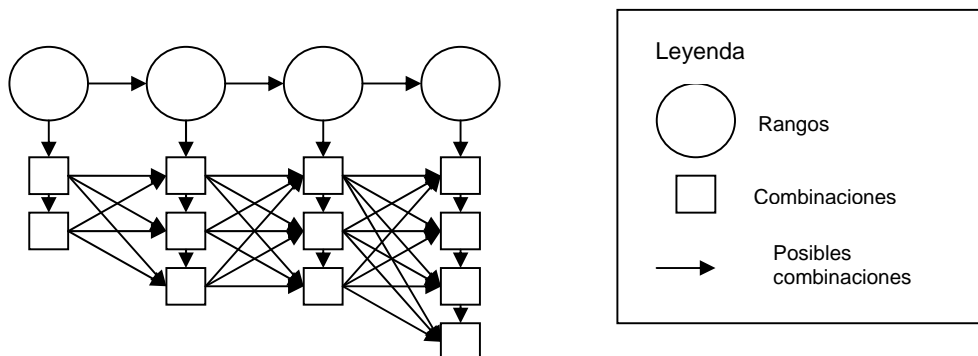


Fig. 5 Grafo de combinaciones por rangos

Esta multilista se obtiene a través de 4 ciclos donde se van completando las combinaciones por rango. A medida que se obtienen rangos cuyas combinaciones exceden el número de variantes generadas hasta el momento se agregan hasta igualar el número de estos dos elementos creándose de esta manera las variantes que engloban las relaciones entre todas las posibles relaciones por rango.

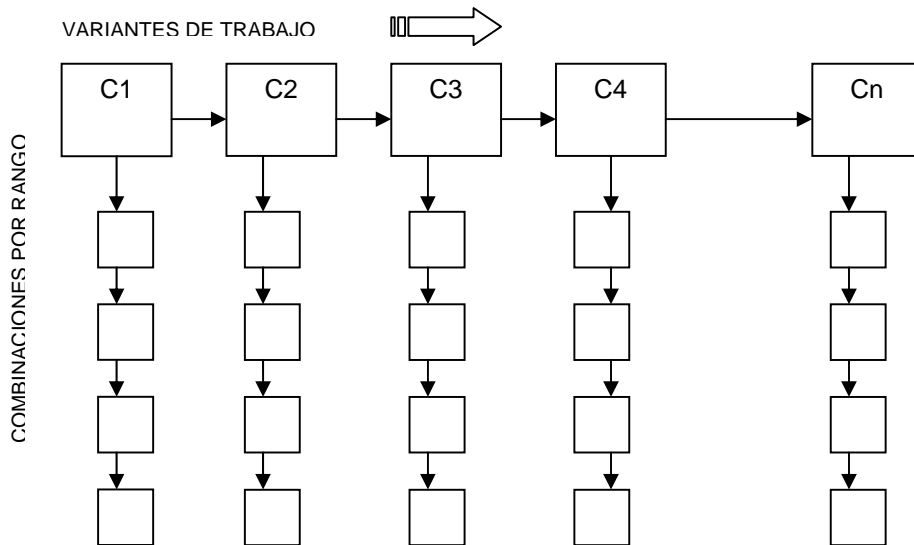


Fig. 6 Multilista resultante de las relaciones entre los nodos del grafo

Finalmente se ejecuta el modelo matemático para obtener los esquemas de trabajo utilizándose los datos obtenidos en cada variante o combinaciones por rango y realiza las iteraciones necesarias para cada remolcador teniendo en cuenta las siguientes parámetros de entrada:

T_{rbi} – Tiempo de trabajo (carga de trabajo) del remolcador “i”, del tipo “r” para el rango de TRB “b”.

D_{rbi} – Demanda de trabajo del remolcador “i”, del tipo “r” para el rango de TRB “b”.

Cd_{rbi} - Capacidad de trabajo disponible del remolcador “i”, del tipo “r” para el rango de TRB “b”.

Cu_{rbi} - Capacidad de trabajo utilizada del remolcador “i”, del tipo “r” para el rango de TRB “b”.

Ce_{rbi} - Capacidad de trabajo excedente del remolcador “i”, del tipo “r” para el rango de TRB “b”.

I.4 TRATAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE ERRORES

La posible ocurrencia de errores es manipulada en el sistema a través de la interfaz estándar que brinda la herramienta de desarrollo para su manipulación que consiste en la clase TException.

La interfaz gráfica de la aplicación fue validada en todos sus componentes utilizando mecanismos comparativos y restrictivos para los casos que solo se insertan números o cadenas de caracteres. En futuras versiones de Optimizer se incluirá la validación de interfaz a través del gestor de expresiones regulares.

Fueron utilizados tres formas estándares de aviso al usuarios consistentes en Mensajes de información, de Advertencia y Errores Fatales. Los niveles de ocurrencia de cada uno vienen dados según la operación que se pretende realizar. Todos los métodos de actualizaciones (inserciones, modificaciones, eliminaciones) fueron incluidos en condicionales try-catch y en caso de no poder realizarse la operación saltar al paso anterior (rollback transaction) y manipular la excepción ya sea enmendando el error del usuario o mostrándole el mensaje de Error Fatal del propio sistema que detendría la ejecución de la operación con pérdida de datos generados en el momento.

La leyenda de errores levantados por el Borland C++ Builder puede ser encontrada en <http://www.w3c.com> donde están explícitos todos los estándares definidos en materia de informática y telecomunicaciones. Para versiones futuras de Optimizer, se pretende implementar clases hijas de TException, para manipular de manera personalizada cada uno de los errores que genere el sistema por mala operación o agujeros de programación.

Además, como componente adicional fue incluida en cada ventana una Ayuda del Sistema donde se explica detalladamente el significado de cada componente de interfaz, los resultados posibles y las decisiones que puede tomar el usuario en caso de incoherencias en los resultados obtenidos.

II INTERFAZ GRÁFICA

Para comenzar a utilizar la aplicación es necesario instalarla siguiendo las instrucciones del “Instalador de Optimer” (InstallShield Wizard) tras lo cual se crearán accesos directos en el Escritorio y en el menú Inicio donde se visualizarán iconos con el nombre de la aplicación.

Una vez abierta, se muestra la pantalla principal, donde se acceden a las diferentes opciones de menú como se muestra a continuación:

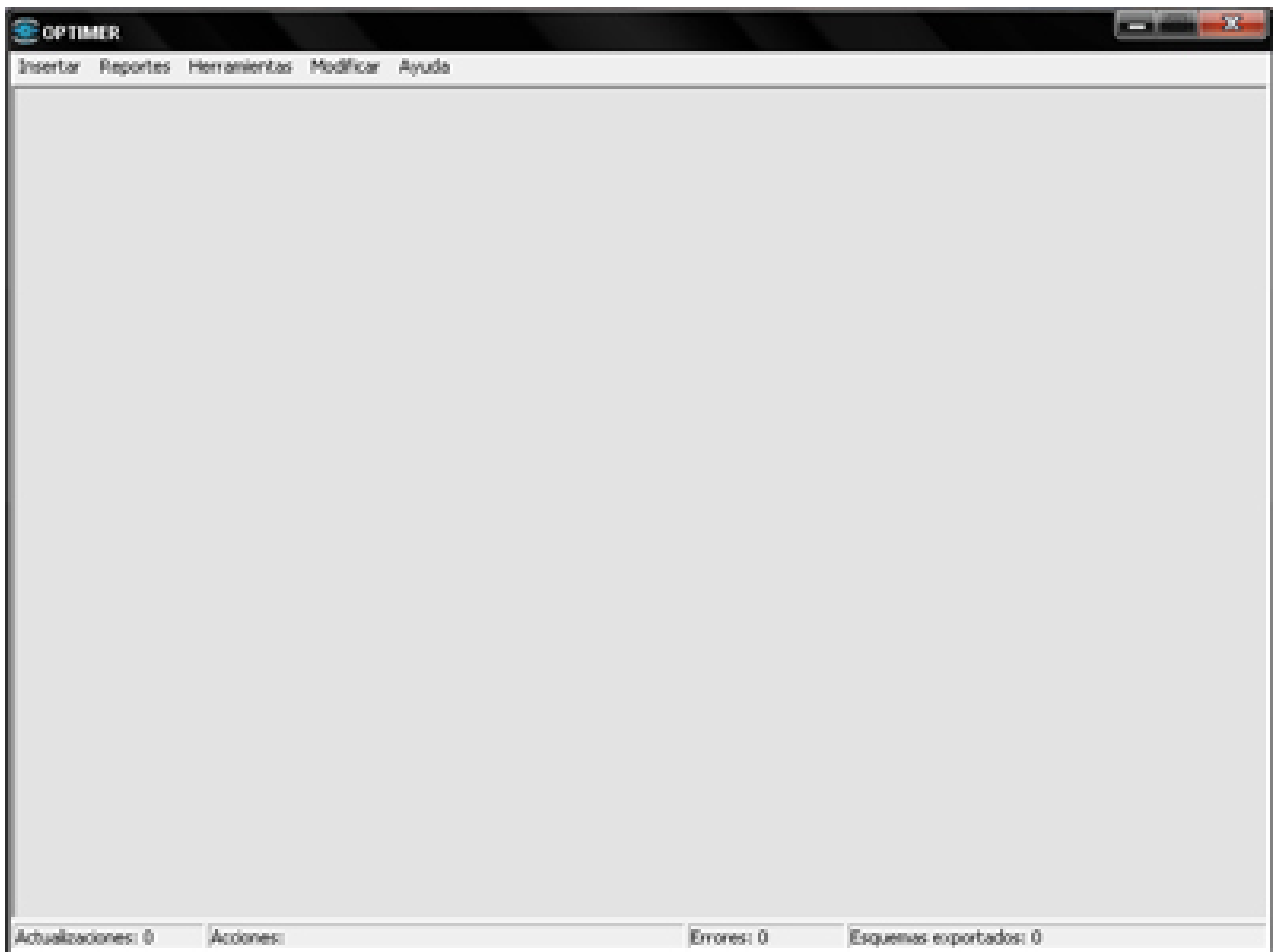


Fig. 7 Menú principal

Si se ejecuta por primera vez deberán ser insertados los datos con los que se trabajará. El orden en que se adicionen debe garantizar la consistencia de la información con que se generarán finalmente los esquemas.

Primeramente se insertan los Rangos de TRB de los buques que pueden arribar a todos los puertos que se tengan en cuenta en el sistema. A continuación se definen los valores de Tracción y Potencia mínimas, que requieren los buques que se incluyen en cada rango.

A continuación se deben insertar los datos de los puertos consistentes en nombre, provincia que se selecciona de un menú desplegable y el rango máximo TRB de buques que admite el puerto según sus características geográficas, también seleccionable de un menú que muestra los datos almacenados previamente.

Luego se insertan los datos de los remolcadores existentes en cada puerto que son almacenados permanentemente también en la base de datos, como se muestra en la figura:

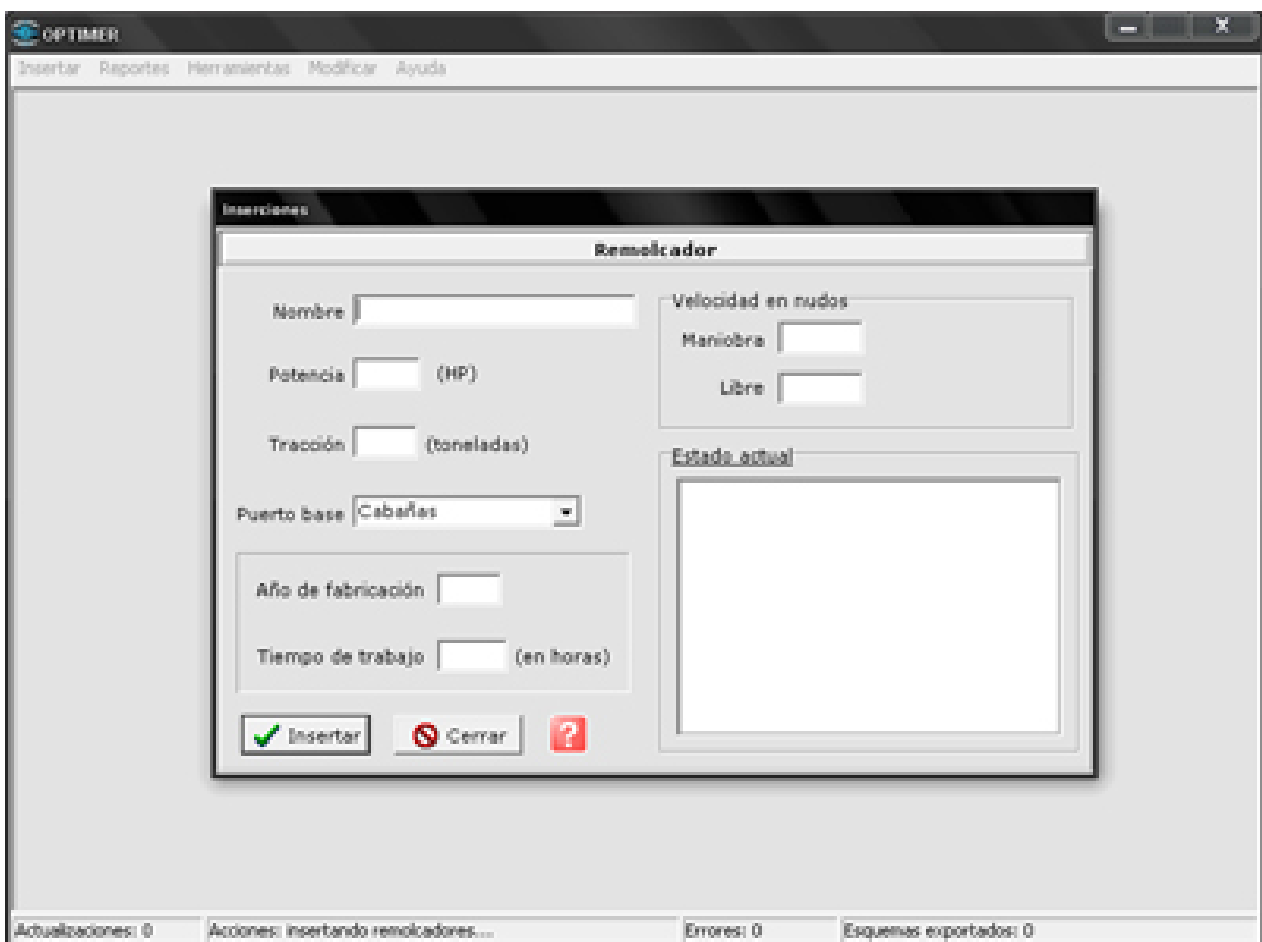


Fig. 8 Insertando remolcador

Posteriormente se insertan los Años para los que se definieron los pronósticos de maniobras.

A partir de este paso se pueden insertar los Pronósticos por años, puertos y rangos TRB. En esta ventana se debe especificar el promedio y el máximo mensual de maniobras. También se deben adicionar los tiempos de Entrada, Salida, Atraque, Desatraque y Remoción especificados en minutos.

Por último, se inserta la variable de carácter económico, que opcionalmente, a criterio del usuario de Optimer, se referirá a costos de explotación o a ingresos de la operación de cada remolcador a incluir en cada esquema, la cual, obviamente, modificará sustancialmente la generación de los mismos y su ordenamiento consecutivo, en sentido ascendente o descendente, según el contenido de la variable seleccionada. La figura muestra un ejemplo de la operación después de realizada:

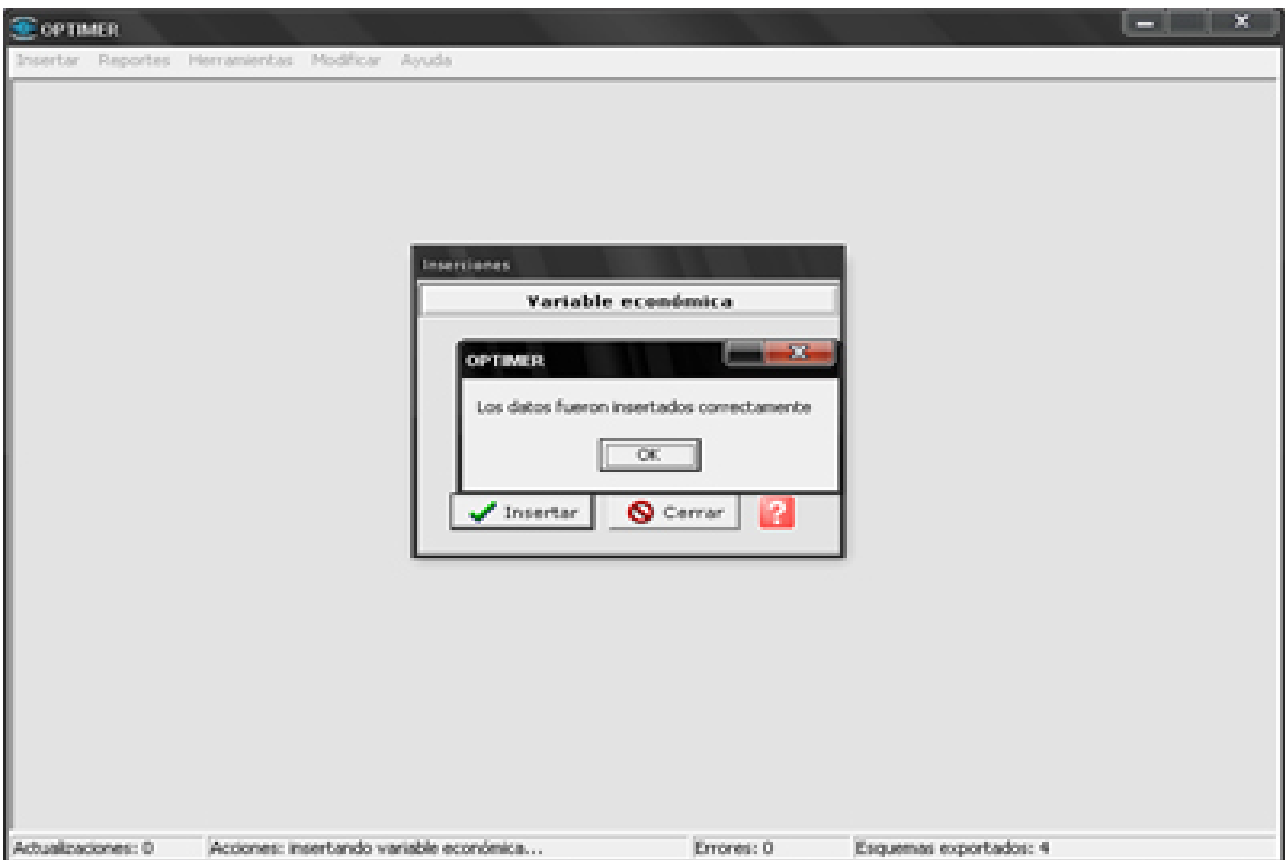


Fig. 9 Variable económica insertada

Toda la información introducida en el sistema se podrá corroborar a través del menú Reportes, dónde se muestran ya organizados los datos almacenados en el sistema y listos para ser utilizados en la generación de esquemas de trabajo. Excepto para la opción de los Puertos, en el resto se podrá filtrar el resultado por años, rangos, potencia disponible de remolcadores y puertos propiamente como es el caso de los remolcadores que se pueden seleccionar todos a la vez y exportar la lista a un documento de Microsoft Word. Cada una de las filas además tiene un campo “MEMO” que haciendo click en dicha celda se obtienen detalles de interés del remolcador marcado, como se muestra a continuación:

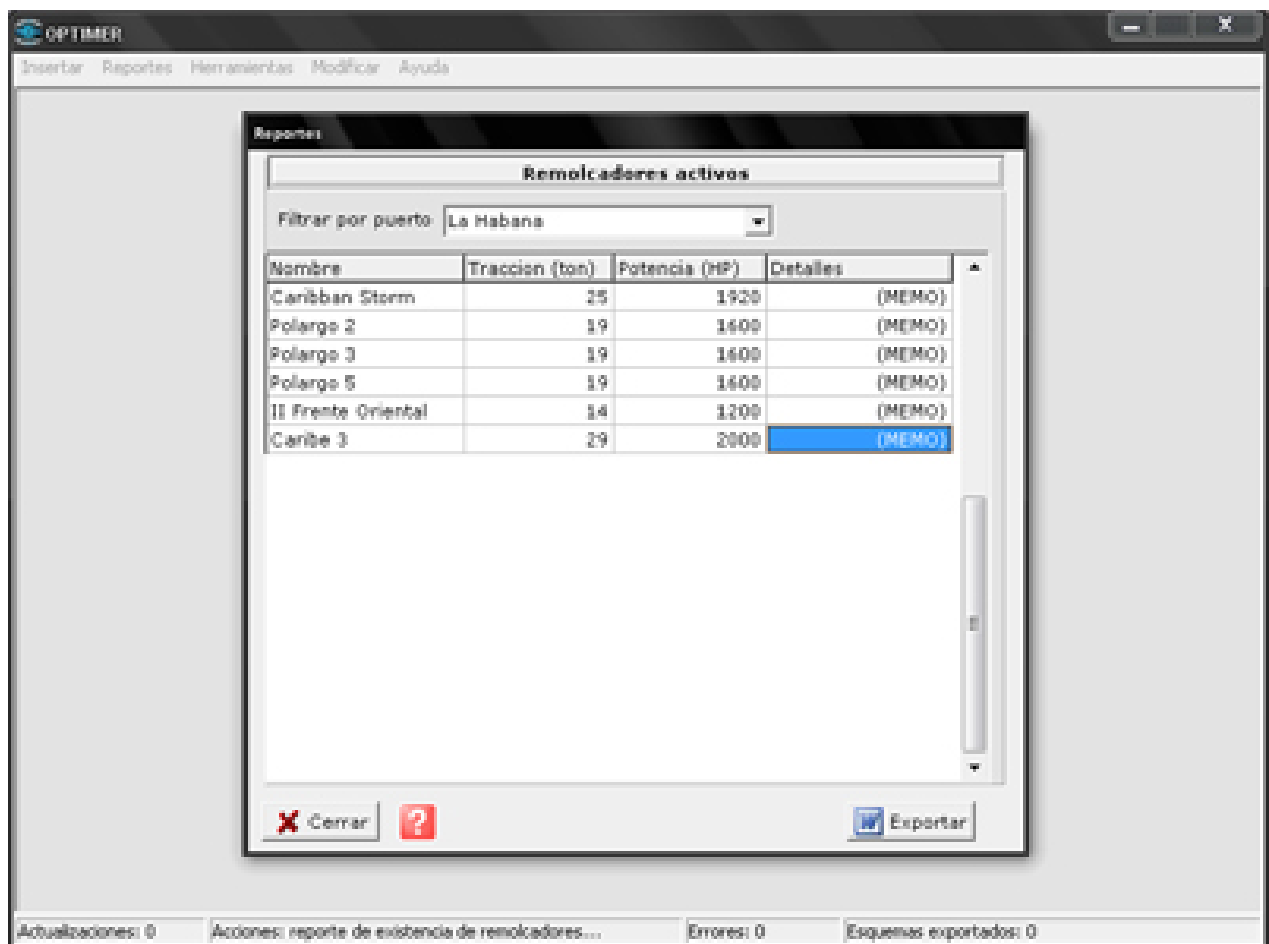


Fig. 10 Reporte de remolcadores

Una vez que la información haya sido insertada, se podrá utilizar esta opción para generar las combinaciones de remolcadores (almacenados en la base de datos) basificados en un puerto seleccionable, teniendo en cuenta el año donde se define el pronóstico para generar los esquemas de trabajo. En esta ventana, una vez definidos estos parámetros, ejecutando el botón Generar, se muestra la combinación inicial de una lista ordenada en correspondencia con el tipo de organización que determine la variable económica (maximizar o minimizar). Se visualizará también la cantidad de combinaciones halladas por la aplicación cuyo número se puede cambiar escribiéndolo en el campo correspondiente y ejecutando el botón representado por una Lupa. Para cada una de las combinaciones, se puede mostrar el Esquema de trabajo correspondiente haciendo click en el botón representado con la impresora. Cada una de estas opciones puede ser comprobada mediante etiquetas invisibles que se muestran al pasar el mouse sobre cada botón.

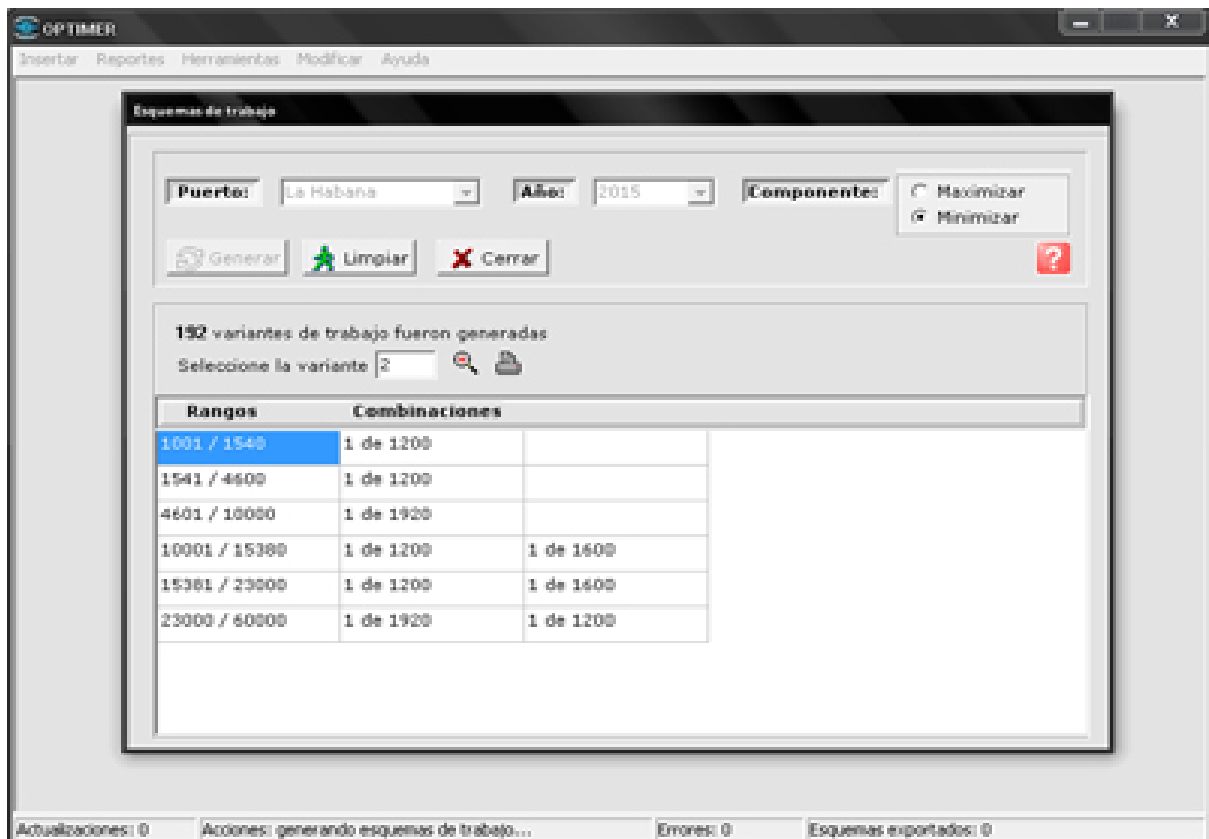


Fig. 11 Generación de combinaciones

El esquema de la variante se muestra en una ventana nueva donde se puede Exportar el resultado a un documento de Microsoft Word que en versiones futuras también se pretende que pueda ser exportado a Microsoft Excel. Esta opción brinda la posibilidad de imprimir los resultados como se muestran en la aplicación para su posterior análisis fuera del contexto de la PC, o guardado para enviarlo por e-mail o cualquier uso que el usuario final determine. En la siguiente figura se muestra el proceso de exportación una vez generados los esquemas de trabajo:

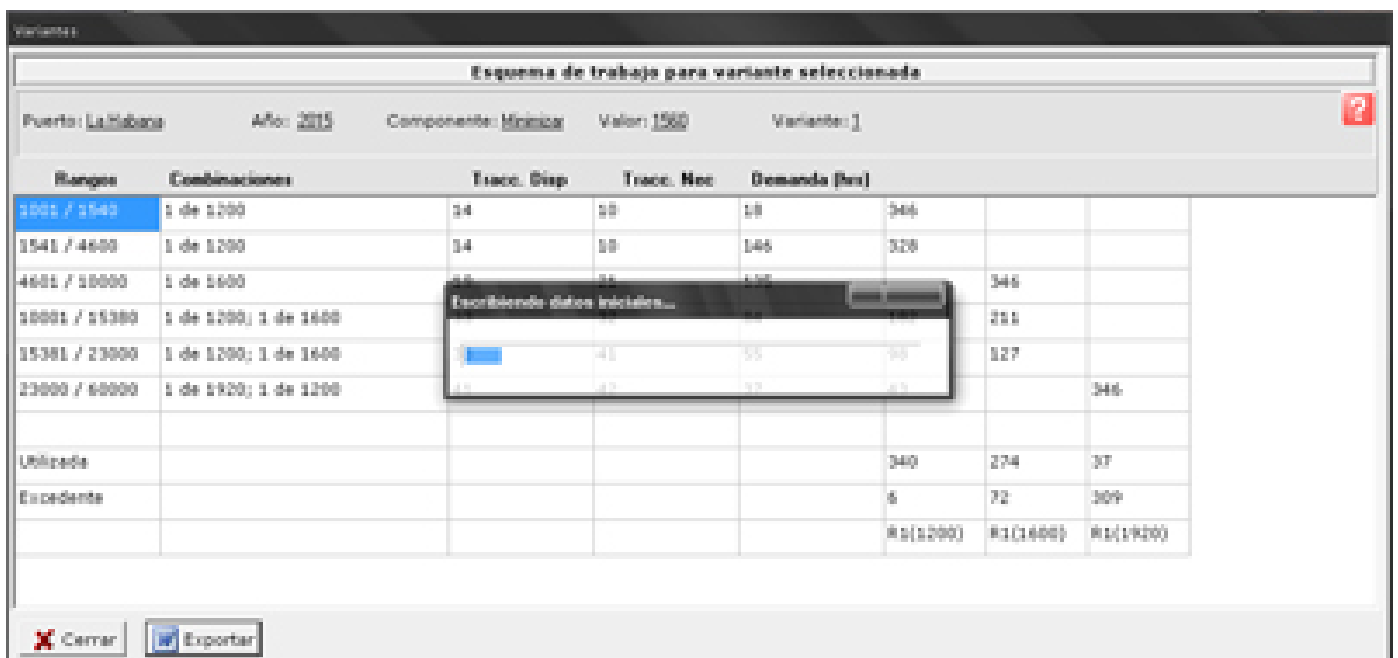


Fig. 12 Generación de esquemas de trabajo para exportar a Word

Como requerimiento funcional implícito también el sistema brinda la posibilidad de modificar la información almacenada en la base de datos, seleccionando para esto la opción correspondiente del menú principal.

La actualización constante de dicha información implica un control minucioso de las acciones que va realizando el usuario para los cual se valida la interfaz adecuadamente. Para el caso específico de los remolcadores, se brinda la posibilidad de eliminarlos pensando en su posible deterioro con el tiempo,

operación que viene precedida por una confirmación del usuario en aras de garantizar su seguridad pues los datos se eliminan permanentemente y esto acarrea eliminaciones en cascada para la variable económica.



Fig. 13 Eliminando remolcador

III APLICACIÓN PRÁCTICA

La conclusión y puesta a punto de una primera versión de OPTIMER condujo casi inmediatamente a su introducción en un estudio para la zona portuaria de la Bahía de Cienfuegos (Cuba). Dicha investigación tuvo como objetivos principales la obtención de los esquemas de trabajo de los remolcadores disponibles en el puerto, teniendo en cuenta una modificación en los pronósticos de maniobras por la habilitación del polo petroquímico cienfueguero.

Teniendo en cuenta datos suministrados por las entidades rectoras de la actividad marítima en Cuba y compaginándolos con los resultados de nuevas investigaciones se obtuvo un pronóstico sobre arribos como se muestra en la tabla:

Tabla # 1. Pronóstico de la cantidad máxima mensual de maniobras de buques en el puerto de Cienfuegos por rangos de arqueado bruto hasta el año 2015

Rangos de arqueado bruto	Tracción requerida	Cant. Máx. mensual de maniobras
1001 - 1540	10.3	12
1541 - 4600	10.3	23
4601 - 10000	21.1	24
10001 - 15380	32	13
15381 - 23000	41	24
23000 - 60000	42.1	21
60001-130000	94	10

(Fuente: Elaboración por CETRA)

Conociendo la disponibilidad de remolcadores en el puerto y las características específicas de cada uno, se introduce la llamada “variables económica”. Dicho parámetro constituye una de las principales novedades en una herramienta informática de este tipo pues consiste en un valor que incluye gastos de diferente índole de los remolcadores en las maniobras. Además, este coeficiente se ve afectado por el tiempo de explotación anual del equipo, la proximidad de mantenimiento y el tiempo de vida útil.

Con todos los datos introducidos en el sistema, solo se requirió hacer clic dos veces, para obtener en menos de 2 segundos más de 150 variantes de

esquemas de trabajo; esto solo con la flota de remolcadores disponibles en el puerto. Los resultados de la investigación demandaban minimizar gastos, lo cual fue contemplado como se pudo observar en algunas capturas de pantalla anteriormente expuestas, en la misma ventana donde se generan las variantes de esquemas de trabajo. Con todo esto el resultado más viable obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Tabla # 5. Determinación de la cantidad y potencia óptima de los remolcadores necesarios en el puerto de Cienfuegos

Para buques con rango de arqueado bruto (t) comprendidos entre:	Esquema de trabajo propuesto
1001 - 1540	1 X 750
1541 - 4600	1 X 750
4601 - 10000	1 x 2600*
10001 - 15380	1 x 2600*
15381 - 23000	1 X 2600*
23001 - 60000	1 X 2600*
60001-130000	1 X 3822; 1 X 2 600

El esquema de trabajo derivado de la esta variante de combinaciones muestra el tiempo de explotación, el de utilización y la capacidad de trabajo disponible para cada uno de los remolcadores. Los esquemas para cada variante de combinación determinan si aún existe demanda sin ser cubierta o si se están subutilizando recursos en la zona. La investigación descrita concluyó con la total satisfacción del cliente además de contar con su sorpresa por la inmediatez y exactitud en que le fueron entregados los resultados.

IV VALORACIÓN ECONÓMICA

La aplicación Optimizer, es de reciente creación y se encuentra en proceso de aplicación por primera vez en proyectos solicitados a CETRA por la Dirección de Transporte Marítimo y Fluvial del Ministerio de Transporte, por lo que sus impactos, económico incluido, aún no pueden ser cuantificados en toda su magnitud.

No obstante, algunos de sus efectos positivos, aún esta etapa de aplicación, ya se han hecho evidentes:

- Minimiza el error humano en el cálculo de remolcadores, aspecto de alta sensibilidad desde el punto de vista de la seguridad marítima en las operaciones con buques, limitándolo sólo a posibles dificultades en la selección e introducción al mismo de la información a procesar, factibles además de ser detectadas durante la operación del sistema.
- Desde el punto de vista administrativo, condiciona que proyectos cuyo desarrollo demandaba el trabajo de uno o varios investigadores a lo largo de 12 meses, puedan ser ejecutados en sólo varios días. Esta condición determina un ahorro monetario substancial por concepto de tiempo de especialistas invertido en la investigación.
- Para el caso del estudio descrito en el capítulo anterior, que constituye la primera aplicación práctica de OPTIMER, el ahorro se estimó en aproximadamente \$4000 MN por concepto de gastos de dos especialistas durante al menos dos meses para elegir entre distintas variantes de combinaciones la más eficiente según los parámetros establecidos por el cliente.
- La determinación y ordenamiento de las variantes de esquemas de trabajo a partir de la participación de los remolcadores de menores costos o de máximos ingresos, ejercerá un efecto económico considerable pero aún desconocido, sobre las empresas operadoras de estos equipos y sobre la economía del país en general, el cual deberá ser cuantificado oportunamente.

CONCLUSIONES

En la actualidad, la seguridad de las maniobras de buques en todos los puertos del mundo continúa siendo objeto de atención para las autoridades marítimas en todo el mundo. El uso de los remolcadores adecuados en las mismas, en cantidad y potencia, mantiene su obligatoriedad en la mayor parte de los puertos, por lo que la importancia de su correcta determinación, no he perdido vigencia ni importancia

El uso de la aplicación OPTIMER, capaz de generar automáticamente combinaciones de remolcadores por puertos, implica un ahorro sustancial de esfuerzo y tiempo a través su dicha utilización, constituyendo una nueva etapa en el cálculo y determinación de estos equipos, más avanzada, rápida y eficaz que aquellas que lo precedieron y que constituyeron su punto de partida, al generar, en breve tiempo, esquemas de trabajo para cada variante que antes conllevaba a dilatados y engorrosos cálculo manuales, que aumentaban la propensión a los errores humanos.

El sistema brinda la posibilidad de la más rápida actualización de sus bases de datos y de ofrecer con la mayor inmediatez sus resultados, en caso de que futuras decisiones de Estado en materia de inversiones y desarrollo industrial y comercial de Cuba, determinen incrementos sustanciales en el arribo de buques a cualquiera de nuestros puertos, y por tanto, de maniobras a realizar y de una mayor cantidad de remolcadores a operar.

OPTIMER es un sistema en constante desarrollo, por lo que es factible de ser mejorado en base al incremento y ampliación de sus opciones, en ediciones posteriores a la actual

BIBLIOGRAFÍA

- ☑ Lenmorniiiproject: *Determinación de la cantidad necesaria de remolcadores en la República de Cuba*. La Habana. 1974.
- ☑ Pereira, Jacqueline: *Estudio para determinar la necesidad de embarcaciones de transportación de cargas de cabotaje de la Empresa Navegación Caribe*. CETRA. La Habana. 2005
- ☑ Vila Castro, Lázara y colectivo de autores: *Programa de la flota auxiliar portuaria y los servicios conexos para el período 1991 – 1995*. Instituto de Investigaciones del Transporte. La Habana, 1991
- ☑ Vila Castro, LÁZARA: *Colección de estudios para determinar la necesidad de remolcadores en los puertos de Cuba*. Instituto de Investigaciones del Transporte. 1981 al 1990.
- ☑ Información suministrada por la Empresa de Navegación Caribe.