



GUÍA DE LA IALA

G1123

LA UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE VÍAS NAVEGABLES DE LA IALA (IWRAP VERSIÓN II)

Edición 1.0

Junio de 2017



Puertos del Estado



HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Fecha	Detalles	Aprobación
16 de junio de 2017	1ª edición Revisión de la Recomendación O-134 para que sólo contenga recomendaciones. El contenido de orientación se traslada a una nueva Guía.	Sesión del Consejo 64

La revisión de la traducción de este documento ha sido realizada por el grupo de trabajo de Puertos del Estado en el que han participado:

*Luis Martínez (Autoridad Portuaria de Vigo);
Enrique Abati (Autoridad Portuaria de Marín);
Juan Manuel Vidal (Autoridad Portuaria de Gijón);
Carlos Calvo (Autoridad Portuaria de Santander);
Cristina García-Capelo (Autoridad Portuaria de Bilbao);
José Luis Núñez (Autoridad Portuaria de Pasajes);
Juan Antonio Torres (Autoridad Portuaria de Huelva);*

*Septimio Andrés (Autoridad Portuaria de Sevilla);
Germán Gamarro (Autoridad Portuaria de Algeciras);
Santiago Tortosa (Autoridad Portuaria de Ceuta);
Jaime Arenas (Autoridad Portuaria de Baleares);
Antonio Cebrián y Guillermo Segador (Autoridad Portuaria de Barcelona);
José Carlos Díez (Puertos del Estado).*

Coordinación de la edición en español y edición final:

José Carlos Díez (Puertos del Estado)

NOTA: Puertos del Estado no se responsabiliza de los errores de interpretación que puedan producirse por terceros en el uso del contenido de este documento, que corresponde a una traducción del documento original de la Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros (IALA) denominado según aparece en la carátula.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivo de la herramienta IWRAP	4
1.2. Antecedentes	4
2. PERSPECTIVA GENERAL DE LA METODOLOGÍA EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA HERRAMIENTA IWRAP VERSIÓN II	5
2.1. Definición de la batimetría, las rutas, los puntos de ruta y los tramos	5
2.2. Introducción del volumen del tráfico en cada tramo	6
2.3. Definición de la distribución lateral del tráfico	7
2.4. Encallamientos debido a la desviación	8
2.5. Definición de otros tipos de tráfico en la zona	9
2.6. Selección de los factores probabilísticos de causalidad	9
2.7. Resultado del cálculo y evaluación	10
3. LA NECESIDAD DE FORMACIÓN.....	11

Índice de tablas

<i>Tabla 1</i>	<i>Factores de causalidad por defecto de la IALA.....</i>	<i>9</i>
----------------	---	----------

Índice de figuras

<i>Figura 1</i>	<i>Diagrama de Densidad de vía navegable derivada de datos del AIS.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2</i>	<i>Modelo de vía navegable de IWRAP derivado de los datos del AIS y una carta náutica.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3</i>	<i>El editor de volumen del tráfico utilizado para introducir información sobre el volumen y la composición del tráfico de buques</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4</i>	<i>Editor de tramos empleado para la introducción de información sobre la distribución lateral de buques en un tramo de la ruta</i>	<i>7</i>
<i>Figura 5</i>	<i>Distribución lateral de buques en un tramo de ruta.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 6</i>	<i>Ejemplo de una frecuencia de pérdida de potencia definida y el tiempo de recuperarse de dicha pérdida.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 7</i>	<i>Ejemplo de la probabilidad de desviación en una dirección determinada durante una pérdida de potencia</i>	<i>8</i>
<i>Figura 8</i>	<i>Ejemplo de la especificación de la densidad de buques no dotados del Sistema de Identificación Automática (AIS) en una zona determinada</i>	<i>9</i>
<i>Figura 9</i>	<i>Vista tabular de resultados.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 10</i>	<i>Vista gráfica de resultados, empleando código de colores</i>	<i>10</i>

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de evaluación de riesgos del Programa de Evaluación de Riesgos de Vías Navegables de la IALA (IWRAP versión II) implica el desarrollo de un modelo de las vías navegables que se vayan a analizar. El modelo describe la geometría de las rutas relevantes, el volumen y composición del tráfico, así como la batimetría de las vías navegables en cuestión.

Una vez definido el modelo, la herramienta IWRAP versión II calcula el promedio anual del número de abordajes y varadas que puedan producirse. Dicho cálculo se basa en el modelo arriba mencionado y en un conjunto de los llamados “Factores de Causalidad”, que pueden considerarse como la probabilidad de que el buque no realice una maniobra evasiva para evitar el encallamiento o abordaje.

La herramienta IWRAP versión II sólo se ocupa de la *frecuencia* de los abordajes y varadas, pero no considera las consecuencias relacionados con estos incidentes. La evaluación de las posibles consecuencias de los incidentes se deja al analista y a la autoridad competente que llevan a cabo el análisis. No obstante, tras haber efectuado los cálculos, los resultados de la herramienta IWRAP versión II son muy adecuados para la realización de dicho análisis.

1.1. OBJETIVO DE LA HERRAMIENTA IWRAP

La herramienta IWRAP versión II tiene por objeto proporcionar a las autoridades un método cuantitativo y estandarizado para evaluar la probabilidad de abordajes y encallamientos en una vía navegable concreta. Permite que se desarrollen distintos escenarios, de modo que los cambios en el volumen o la composición del tráfico, así como los de la geometría de la ruta, de la mezcla de ayudas a la navegación o la introducción de otras opciones de mitigación puedan evaluarse en términos de variaciones en el número medio (probabilidad) de abordajes y varadas.

1.2. ANTECEDENTES

La herramienta IWRAP ha evolucionado a partir de una metodología probabilística para la estimación de las probabilidades de varadas y abordajes, desarrollado en la Universidad Técnica de Dinamarca e inspirada por el trabajo de Fujii y MacDuff en los años 70 del siglo XX, así como de la herramienta *Minimum Safe Design* (Diseño Mínimo Seguro), o MSD, originariamente desarrollada en Canadá y empleada por la Guardia Costera canadiense.

Cuando se ensayó la primera versión de la herramienta IWRAP, los resultados parecieron creíbles y acordes con las estadísticas de accidentes en la zona considerada y los expertos estuvieron satisfechos con los resultados. No obstante, en una etapa posterior, cuando se aplicó la herramienta a otras zonas, arrojó un número elevado y muy poco realista de los abordajes y varadas.

En 2007, el Grupo Directivo de Gestión de Riesgos de la IALA tomó la decisión de iniciar el desarrollo de una segunda generación de la herramienta IWRAP. Gracias a los esfuerzos dedicados de un equipo de miembros de la IALA, de institutos de investigación y universidades, liderados por la Administración de Seguridad Marítima Danesa (DAMSA), se desarrolló desde cero y se validó una nueva herramienta, bautizada como IWRAP versión II.

El primer seminario de formación dedicado a la herramienta IWRAP versión II se celebró en Kuala Lumpur, Malaysia en abril de 2009, utilizando el Estrecho de Malaca como un caso de prueba por motivos de formación.

La herramienta IWRAP versión II tiene un enfoque puramente probabilístico; es decir, los criterios de diseño para vías navegables del programa MSD, implantados en la primera versión, no se incluyeron en la versión II de IWRAP.

El software básico de la herramienta IWRAP versión II está disponible gratis para los Miembros de la IALA. También existe una versión comercial, basada en los datos del Sistema de Identificación Automática (AIS), que automatiza la introducción de información sobre el volumen y la composición del tráfico de buques en una zona determinada.

2. PERSPECTIVA GENERAL DE LA METODOLOGÍA EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA HERRAMIENTA IWRAP VERSIÓN II

La herramienta IWRAP versión II es una aplicación basada en Microsoft Windows™, que constituye el marco para el proceso de definición de un modelo de la vía navegable bajo análisis. Su proceso de evaluación de riesgos incluye los siguientes pasos:

- Definición de la batimetría, las rutas, puntos de ruta y tramos;
- Introducción de distribuciones de volumen de tráfico en cada tramo;
- Definición de la distribución lateral del tráfico;
- Varadas debido a la deriva;
- Definición de otros tipos de tráfico en la zona;
- Selección de los factores probabilísticos de causalidad;
- Resultado del cálculo y la evaluación.

Habitualmente, el analista sólo evaluaría los resultados en términos del número anual de abordajes y varadas, fijando un escenario de base de la vía navegable y comparándolo con otros escenarios diferentes. Si se requiere un análisis coste-beneficio de diversas opciones de mitigación, el analista utilizaría los resultados de la herramienta IWRAP versión II para posteriormente evaluar las consecuencias derivadas de los abordajes y varadas.

2.1. DEFINICIÓN DE LA BATIMETRÍA, LAS RUTAS, LOS PUNTOS DE RUTA Y LOS TRAMOS

El primer paso para el desarrollo de un modelo de vía navegable de la herramienta IWRAP versión II consiste en obtener tanta información como sea posible de la geometría de la vía navegable, su batimetría y el trazado de sus rutas. La información sobre la batimetría puede obtenerse de las cartas náuticas, mientras que la información sobre las rutas puede obtenerse mejor a partir de los datos del AIS, que se procesa estadísticamente para generar el llamado Diagrama de Densidad (*Density Plot*). Si no se dispone de dicho diagrama, la información sobre el trazado de rutas se podrá obtener de otras fuentes.

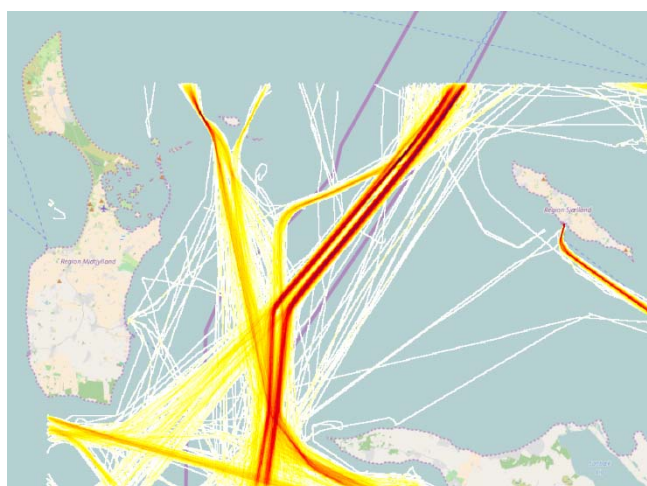


Figura 1 Diagrama de Densidad de vía navegable derivada de datos del AIS

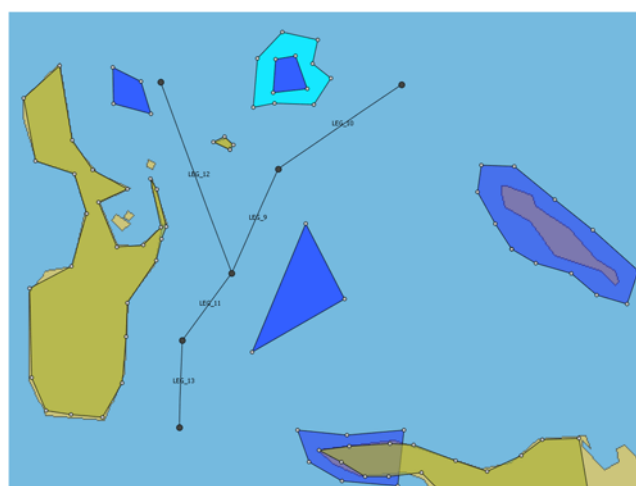


Figura 2 Modelo de vía navegable de IWRAP derivado de datos AIS y una carta náutica

Esta información se introduce en el programa IWRAP versión II empleando su Editor de Modelo Geográfico (*Geographic Model Editor*), lo que da como resultado un modelo parecido al que se puede ver en la Figura 2.

2.2. INTRODUCCIÓN DEL VOLUMEN DEL TRÁFICO EN CADA TRAMO

Una vez definido el trazado de las rutas, el analista tiene que introducir la información sobre el volumen y composición del tráfico en cada dirección de cada tramo, utilizando el Editor de Tráfico (*Traffic Editor*).

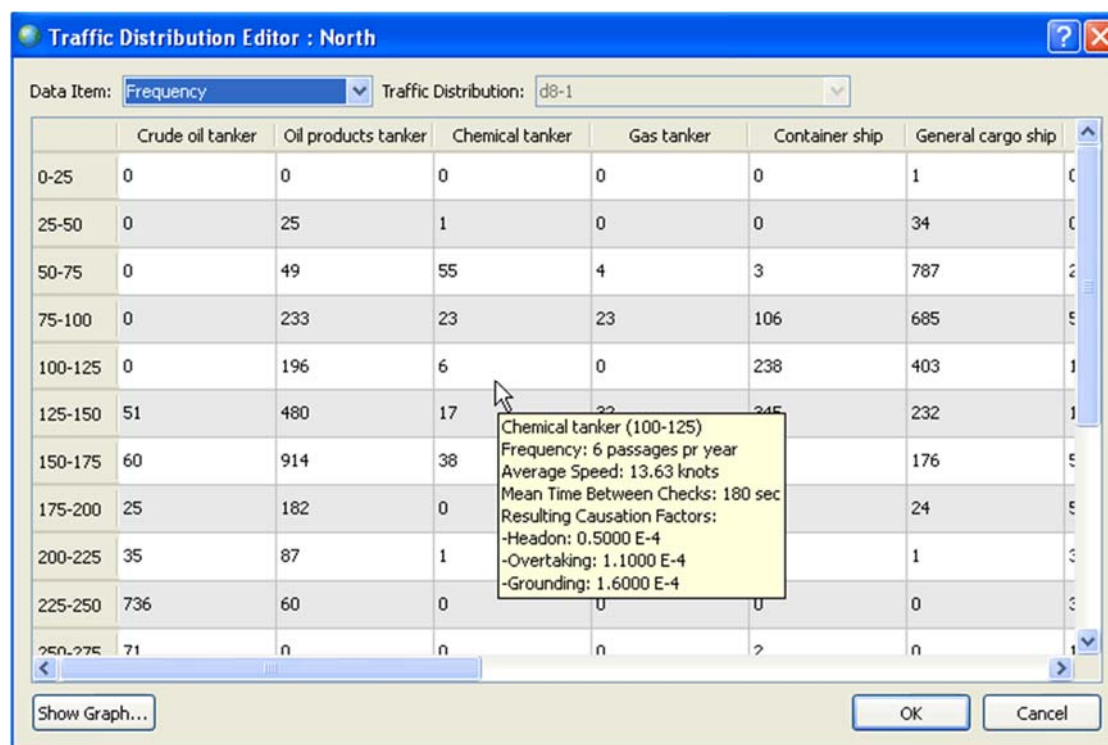


Figura 3 El editor de volumen del tráfico utilizado para introducir información sobre el volumen y la composición del tráfico de buques

La herramienta IWRAP versión II utiliza 14 diferentes tipos de categorías de buque, y cada uno de los cuales se divide en varias categorías de eslora. La información sobre el número de buques en cada categoría puede obtenerse a partir de los datos del AIS.

2.3. DEFINICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN LATERAL DEL TRÁFICO

Después de definir la batimetría, el trazado de las rutas, los puntos de ruta y sus tramos, así como el volumen y la composición/los tipos de los buques en cada tramo, el analista tiene que determinar cómo se distribuyen los buques lateralmente en cada dirección, esto se realiza empleando el Editor de Tramos (*Leg Editor*) de la herramienta IWRAP versión II.

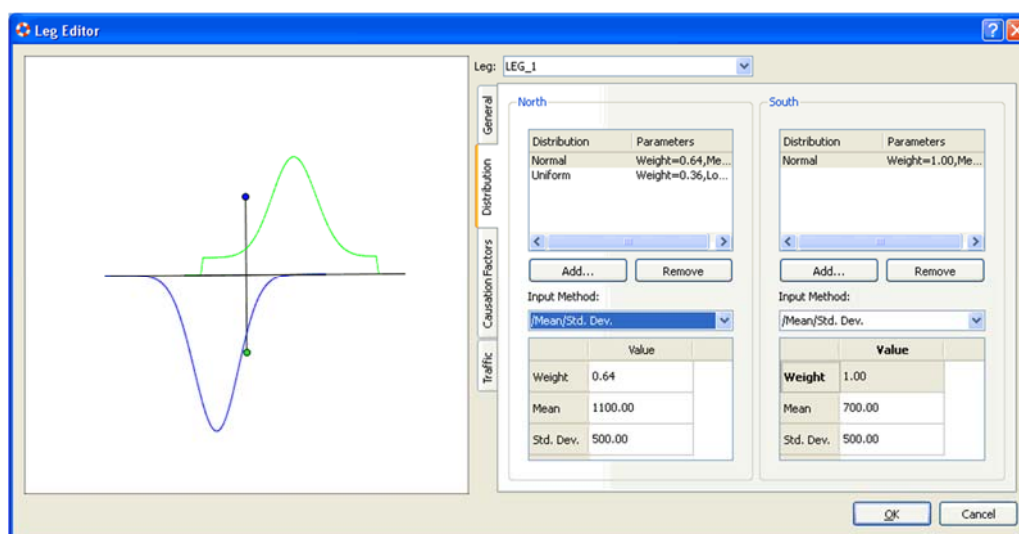


Figura 4 *Editor de tramos empleado para la introducción de información sobre la distribución lateral de buques en un tramo de la ruta*

La información sobre la distribución lateral de buques puede obtenerse a partir de los datos del, que se realiza definiendo una línea de pasaje perpendicular al tramo de ruta, contando los buques que la cruzan y tomando nota de su posición lateral en dicha línea de pasaje. La distribución lateral que resulte de ellos se puede introducir manualmente en la herramienta IWRAP versión II, utilizando una o más de las distribuciones estándar predefinidas y soportadas por la herramienta.

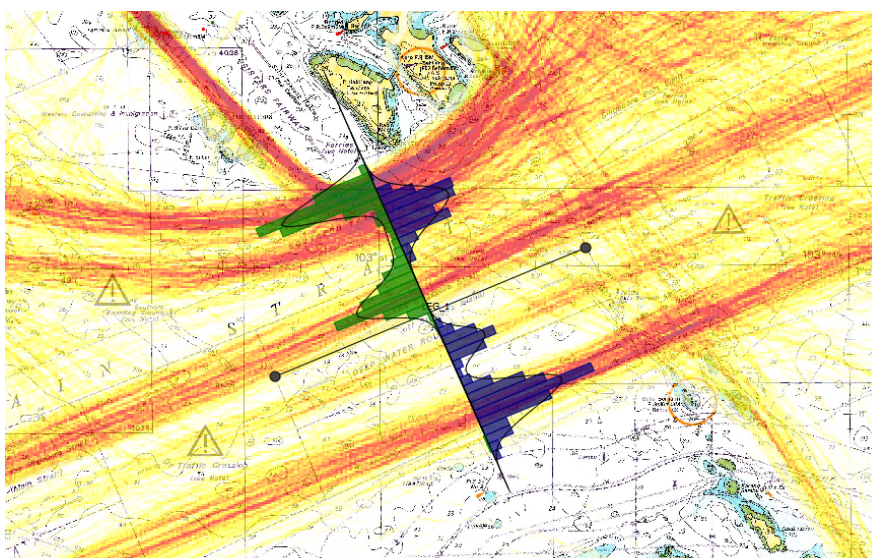


Figura 5 *Distribución lateral de buques en un tramo de ruta*

2.4. VARADA DEBIDO A LA DESVIACIÓN

La herramienta IWRAP versión II es capaz de modelizar los buques que encallen cuando están a la deriva debido a una pérdida de potencia/fallo de máquinas (blackout). La Frecuencia de Pérdida de Potencia (*Blackout Frequency*) puede definirse y el tiempo para recuperarse de una pérdida de potencia, o Tiempo de Reparación (*Repair Time*), expresarse en términos probabilísticos (Figura 6). Además, se puede definir la probabilidad de la dirección de la deriva (Figura 7).

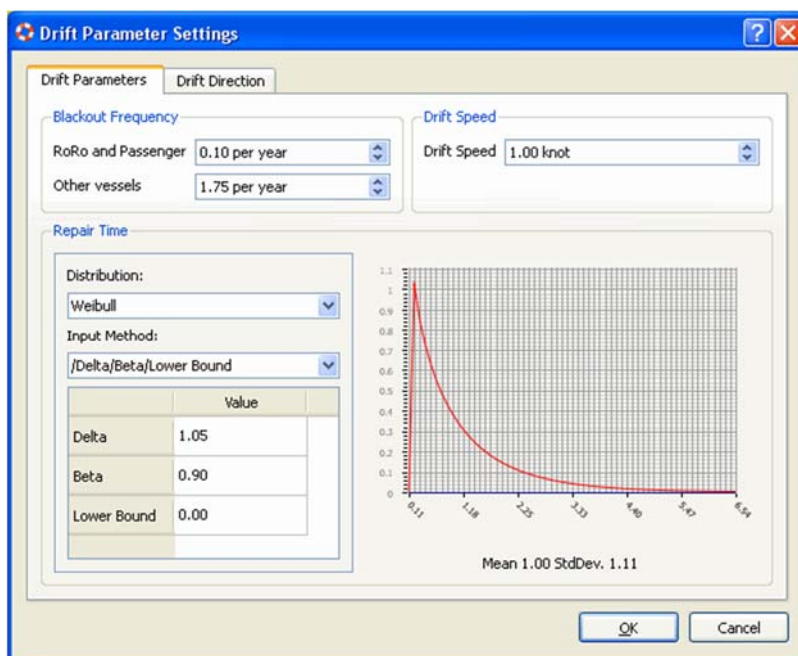


Figura 6 *Ejemplo de una frecuencia de pérdida de potencia definida y el tiempo de recuperarse de dicha pérdida*

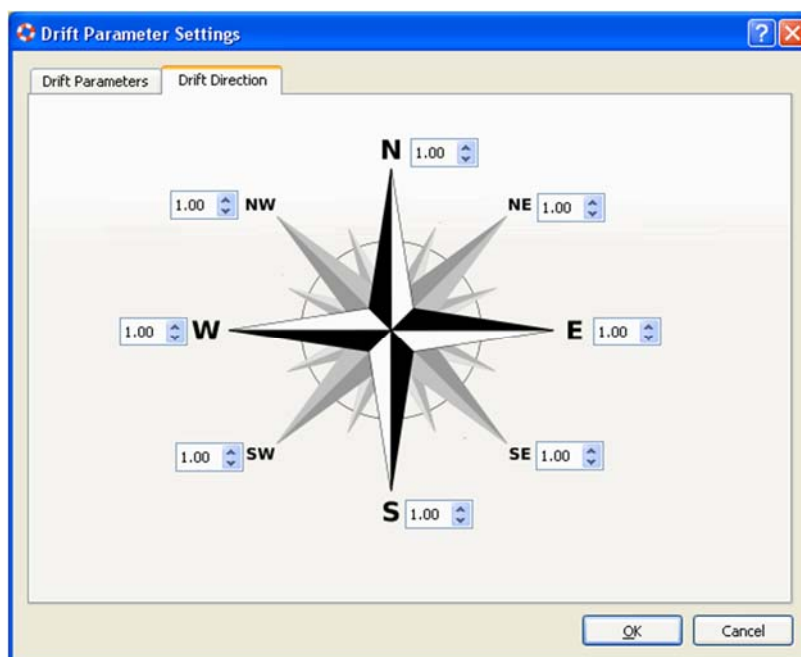


Figura 7 *Ejemplo de la probabilidad de deriva en una dirección determinada durante una pérdida de potencia*

2.5. DEFINICIÓN DE OTROS TIPOS DE TRÁFICO EN LA ZONA

La mayor parte de la información sobre el volumen y composición del tráfico introducida en la herramienta IWRAP versión II se suele obtener de los datos del AIS. Sin embargo, es posible que haya varios buques en la zona de interés que no dispongan del AIS, como las embarcaciones de ocio o los barcos de pesca. Existe una cierta probabilidad de abordaje con dichos objetos, que puede modelizarse en la herramienta IWRAP versión II, suponiendo una cierta densidad de barcos de pesca y embarcaciones de ocio por unidad de área por año.

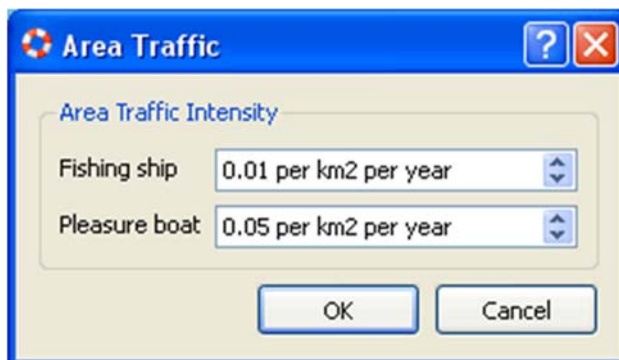


Figura 8 *Ejemplo de la especificación de la densidad de buques no dotados de AIS en una zona determinada*

Este modelo es bastante básico, ya que supone una densidad uniforme de tales objetos en toda la región geográfica que se modeliza. Sin embargo, nos da alguna idea de los riesgos de abordaje con ellos.

2.6. SELECCIÓN DE LOS FACTORES PROBABILÍSTICOS DE CAUSALIDAD

Una parte muy importante de cada modelo de la herramienta IWRAP versión II son los llamados Factores de Causalidad (*Causation Factors*), que se utilizan en el modelo. Los factores de causalidad pueden considerarse como la probabilidad de que el buque no realice una maniobra evasiva para evitar una varada o abordaje. Varios de ellos se han elegido como los Factores de Causalidad por Defecto de la IALA y se presentan en la tabla 1:

Tabla 1 *Factores de causalidad por defecto de la IALA*

Condición	Factor de causalidad
Abordajes frontales	$0,5 \cdot 10^{-4}$
Abordajes debidos a	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Abordajes de cruce	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Abordajes en una curva	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Abordajes en una confluencia	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Encallamiento – se olvidó girar	$1,6 \cdot 10^{-4}$

La elección de estos factores se ha realizado cuidadosamente, sobre la base de un estudio minucioso de la literatura, y se piensa que son adecuados como factores por defecto y aplicables en la mayor parte del mundo.

Sin embargo, la herramienta IWRAP versión II permite al analista modificarlos, si así lo desea. Si los Factores de Causalidad por Defecto de la IALA se han modificado en una vía navegable, el analista deberá indicarlo en su informe.

2.7. RESULTADO DEL CÁLCULO Y EVALUACIÓN

Una vez definida la vía navegable, la herramienta IWRAP versión II calcula el promedio anual resultante de abordajes y varadas. Los resultados pueden visualizarse bien en formato tabular, tal y como se muestra en la Figura 9, o gráficamente, empleando códigos de colores, tal y como se muestra en la Figura 10:

GRISK v1.0.16 - Licensed to Erik Sonne Ravn (DTU) - by GateHouse - Expires 5 nov 2009 - [Job V...]

Jobs					
State	Name	Algorithm	Model	Started	Completed
Completed	An example	Incident v1.0	An_example v1.9	fr 7. nov 11:30:1...	fr 7. nov 11:30:10 2008
Completed	GreatBelt DMA	Incident v1.0	great belt v1.0	on 5. nov 12:19:...	on 5. nov 12:21:16 2008
Completed	Great Belt DMA	Incident v1.0	great belt v1.0	on 5. nov 10:12:...	on 5. nov 10:13:11 2008
Completed	GreatBelt DMA	Incident v1.0	great belt v1.0	on 5. nov 09:12:...	on 5. nov 09:12:54 2008
Completed	GreatBelt	Incident v1.0	great belt v1.0	on 5. nov 09:00:...	on 5. nov 09:01:02 2008

Results		
	An example	Unit
Grounding	0.00212622	Incidents/Year
Drifting Grounding	0.0154795	Incidents/Year
Total Groundings	0.0176057	Incidents/Year
Overtaking	0.000159685	Incidents/Year
HeadOn	0.000512395	Incidents/Year
Crossing	0	Incidents/Year
Merging	9.22789e-05	Incidents/Year
Bend	0.00278524	Incidents/Year
Area	6.19165e-08	Incidents/Year
Total Collisions	0.00354967	Incidents/Year

Figura 9 *Vista tabular de resultados*

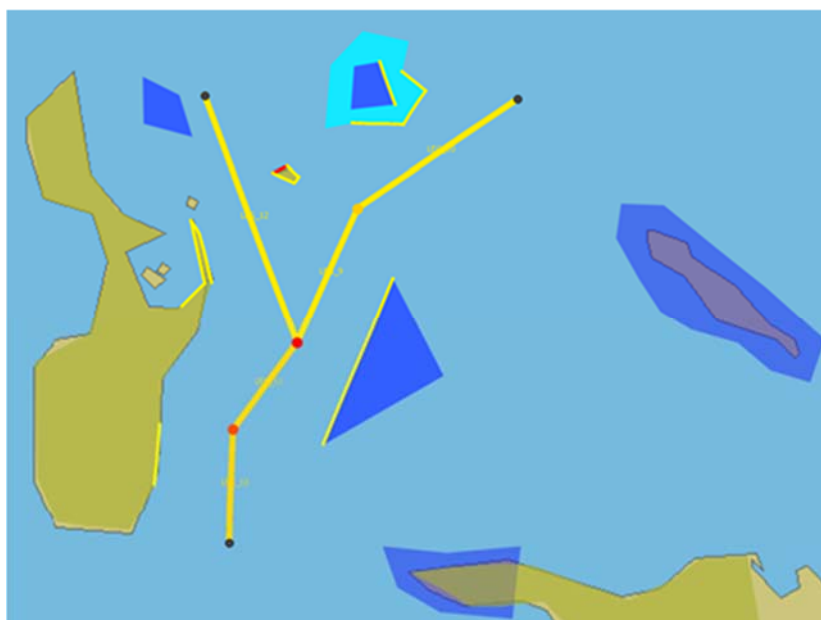


Figura 10 *Vista gráfica de resultados, empleando código de colores*

A partir de la vista tabular de resultados (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el analista puede evaluar qué tipos de abordajes y varadas tienen más probabilidades de producirse. A partir de la vista geográfica de resultados (Figura 8), el analista puede evaluar dónde tienen más probabilidades de producirse los abordajes y varadas.

Una vez calculado el resultado de base, el analista puede ajustar el modelo de la vía navegable para reflejar cualquier cambio que se desee realizar en ella. Por lo tanto, se pueden comparar varios escenarios para realizar un análisis de sensibilidad y evaluar las diferentes opciones de mitigación.

La herramienta IWRAP versión II sólo se ocupa de la *frecuencia* de los abordajes y encallamientos, pero no considera las consecuencias relacionados con estos incidentes. La evaluación de las posibles consecuencias de los incidentes se deja al analista y a la autoridad competente que llevan a cabo el análisis. No obstante, los resultados de la herramienta IWRAP versión II son muy adecuados para posteriormente realizar dicho análisis.

3. LA NECESIDAD DE FORMACIÓN

La herramienta IWRAP versión II es un calculador avanzado y muy flexible, que es útil para la creación de modelos de vías navegables y para el análisis del riesgo, expresado como tasas de incidentes en dichas vías navegables. La calidad del análisis queda totalmente en manos del analista, que tiene que tomar una serie de decisiones, tales como el trazado de las rutas, la estimación de la densidad del tráfico y la selección de los factores de causalidad. Por lo tanto, es fundamental que los analistas que utilicen la herramienta IWRAP versión II reciban una formación adecuada para que sean plenamente capaces de comprender las implicaciones de sus elecciones.