

IALA Guideline No. 1023

For the design of leading lines

Para EL DISEÑO DE ENFILACIONES

**EDICIÓN 1
Diciembre 2001**



**Traducida por el Grupo de Ayudas a la Navegación de
Puertos del Estado (ESPAÑA)**



Puertos del Estado

20ter, rue Schnapper, 78100
Saint Germain en Laye, France
Telephone +33 1 34 51 70 0 Telefax +33 1 34 51 82 05
E-mail - iala-aism@wanadoo.fr Internet - <http://iala-aism.org>

ÍNDICE

CAPÍTULO 1—INTRODUCCIÓN	4
A OBJETIVO	4
B CARACTERÍSTICAS	4
C BASES DEL PROGRAMA.	4
CAPÍTULO 2—ASPECTOS BÁSICOS DEL DISEÑO DE ENFILACIONES	5
A. DEFINICIÓN DE ENFILACIÓN.	5
B. PERSPECTIVAS DE UNA ENFILACIÓN	5
C. LONGITUD DEL CANAL	6
D. DISTANCIA AL EJE	6
E. SENSIBILIDAD LATERAL—FACTOR DE DESVIACIÓN PERPENDICULAR A LA TRAYECTORIA	7
F. ANCHO DEL HAZ DE LAS LUCES DE ENFILACIÓN	9
G. MARCAS O LUCES DIURNAS	9
H. OBSERVACIONES SOBRE LAS INTENSIDADES	10
I. CARACTERÍSTICAS ESTÁNDAR DE LAS ENFILACIONES	10
J. VALORES DE VISIBILIDAD	10
CAPÍTULO 3—FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA	11
A. REQUISITOS DEL SISTEMA	11
B. INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS PRELIMINARES	11
C. INTRODUCCIÓN DE DATOS—ANÁLISIS DE LA ENFILACIÓN	11
D. INTRODUCCIÓN DE DATOS—LUCES DE ENFILACIÓN DIURNAS OPCIONALES.	13
E. RESULTADOS DEL PROGRAMA	13
F. RESULTADO DEL RENDIMIENTO EN UN MOMENTO DETERMINADO.	14
G. SELECCIÓN DE LA LUZ DE ENFILACIÓN.	14
H. EJEMPLOS DE DISEÑO DE ENFILACIONES	15
CAPÍTULO 4—BÚSQUEDA Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	16
A. CÓDIGOS DE PROBLEMAS	16
B. CÓDIGOS DE PROBLEMAS DE LAS MARCAS DIURNAS.	16
C. PROBLEMAS Y SOLUCIONES.	17
D. LA INTENSIDAD MÁXIMA ES MENOR QUE LA INTENSIDAD MÍNIMA	20
E. LA INTENSIDAD MÁXIMA ES MENOR QUE LA INTENSIDAD RECOMENDADA.	20
F. CONCESIONES DURANTE EL DISEÑO DE ENFILACIONES.	21
CAPÍTULO 5—CONFIGURACIONES DE LAS ENFILACIONES Y LIMITACIONES DEL DISEÑO	22
A. INTRODUCCIÓN.	22
B. EMPLAZAMIENTO DE LAS TORRES.	22
C. EMPLAZAMIENTO DE LAS BALIZAS.	22
D. LUCES ADICIONALES.	22
E. OBSERVACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO.	23

F.	DETALLES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN.	23
G.	SEGURIDAD.	23
H.	MARCAS DIURNAS.	24
<u>ANEXO 1: AYUDA PARA LA SELECCIÓN DE LA CATEGORÍA DE ENFILACIÓN</u>		<u>25</u>
<u>ANEXO 2: HOJA DE CÁLCULO DE LA DISPOSICIÓN INICIAL DEL CANAL</u>		<u>27</u>
<u>ANEXO 3: ENFILACIÓN NOCTURNA CON MARCAS DIURNAS</u>		<u>28</u>
<u>ANEXO 4: LUCES DE ENFILACIÓN DIURNAS</u>		<u>29</u>
<u>ANEXO 5: RESUMEN FINAL DE LA CONFIGURACIÓN DE LA ENFILACIÓN</u>		<u>30</u>
<u>ANEXO 6: METODOLOGÍA PARA EL PROGRAMA DE DISEÑO</u>		<u>31</u>

CAPÍTULO 1—INTRODUCCIÓN

A Objetivo

Con esta publicación se pretende que una persona con conocimientos escasos o nulos sobre los fundamentos del diseño de enfilaciones pueda utilizar un programa informático de diseño de enfilaciones. *El programa informático se adjunta como anexo a la versión electrónica de estas directrices.*

B Características

El programa informático tiene las características siguientes:

1. Funciona como un libro de trabajo en Microsoft Excel[®]. Este formato permite que se introduzcan y se modifiquen varios parámetros de enfilaciones en cualquier orden.
2. El resultado se muestra inmediatamente. Si se cambia cualquiera de los parámetros de diseño se actualiza automáticamente el resultado del programa.
3. Indica las *intensidades recomendadas*, además de las intensidades máxima y mínima, para ofrecer un mejor servicio al navegante.
4. Permite la evaluación de la óptica existente y de la que se propone.
5. La *sensibilidad lateral* se expresa como un *factor de desviación perpendicular a la trayectoria* que permite dar físicamente una idea de la bondad de la enfilación. .
6. El programa evalúa la idoneidad de las luces de enfilación nocturnas propuestas y además ofrece la posibilidad de evaluar el comportamiento de las luces o marcas de enfilación diurnas. Obsérvese que las distancias al eje y los factores de desviación perpendicular a la trayectoria que ofrece el programa sólo se basan en el comportamiento de las señales luminosas. Cuando se utilizan marcas de enfilación, estos valores sólo se basan en las señales luminosas nocturnas. Sin embargo, el comportamiento del diseño mediante luces de enfilación diurnas se evalúa independientemente del basado en las luces nocturnas. En los casos en que se utilicen señales luminosas y marcas diurnas, este programa presupone que las señales luminosas están instaladas sobre las marcas diurnas. Se pueden tener en cuenta otras posiciones más bajas de la luz de la señal anterior con respecto a la marca diurna si se realiza un paso más: introducir la marca diurna anterior como un obstáculo a tener en cuenta en el diseño de la enfilación.
7. Configuraciones y limitaciones. En el capítulo 5 se indican unas configuraciones estándar y se informa acerca de las limitaciones prácticas en el diseño de enfilaciones. Con estas indicaciones los principiantes podrán crear diseños de enfilaciones que cumplan los requisitos y los equipos de mantenimiento podrán realizar su trabajo con seguridad. La “Ayuda para seleccionar la categoría de enfilación”, en el anexo (1), puede ayudar a determinar la mejor forma de marcar la enfilación.

C Bases del programa.

Las ecuaciones y los factores de evaluación utilizados en el programa de diseño proceden de las “Recomendaciones de la AISM para las luces de enfilación” (E-112) y se explican detalladamente en el anexo (6). En adelante se hará referencia a este documento como “las recomendaciones de la AISM”.

CAPÍTULO 2—ASPECTOS BÁSICOS DEL DISEÑO DE ENFILACIONES

A. Definición de enfilación.

La definición de enfilación del *Diccionario internacional de ayudas a la navegación* de la AISM es: “una línea recta utilizada para la navegación generada mediante la alineación de marcas (marcas de enfilación) o luces (luces de enfilación) o mediante radiotransmisores.” Este documento se limita al estudio y diseño de enfilaciones basadas en marcas de enfilación (marcas diurnas) y luces de enfilación. La alineación vertical de las luces o marcas define el eje de un canal.

B. Perspectivas de una enfilación

1. Perspectiva horizontal. En la figura 2-1 se muestra la perspectiva horizontal de una enfilación y se definen algunas variables.

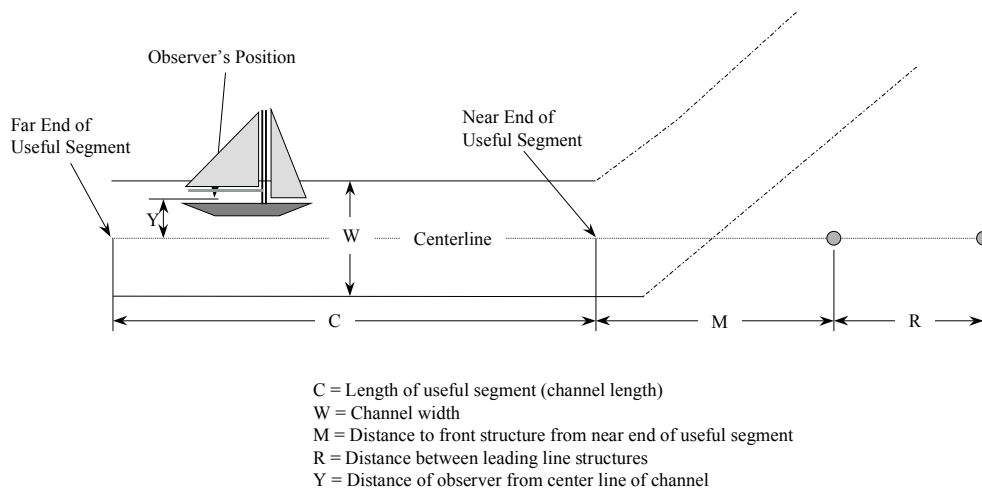


Figura 2-1. Perspectiva horizontal de una enfilación.

2. Perspectiva lateral. En la figura 2-2 se muestra la perspectiva lateral de las estructuras de la enfilación y se definen otras variables adicionales. Obsérvese que las alturas de las estructuras (torres) se calculan por encima de la pleamar viva.

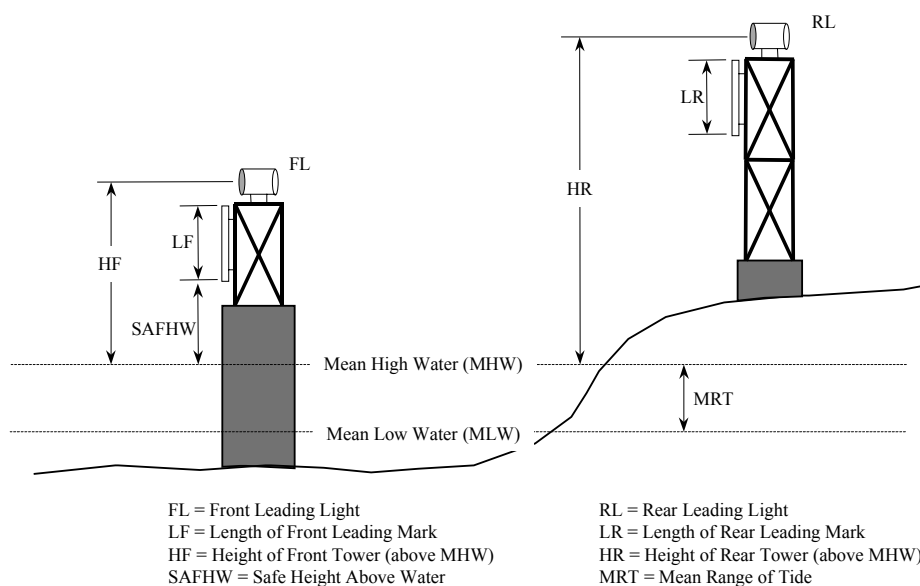


Figura 2-2. Perspectiva lateral de las estructuras de la enfilación (torres).

3. Perspectiva frontal. En la figura 2-3 se muestra la perspectiva frontal de las estructuras de la enfilación vistas desde un buque situado a la derecha del eje del canal. También se muestran los ángulos horizontal (Θ) y vertical (γ) creados por las luces tal y como los ve un observador.

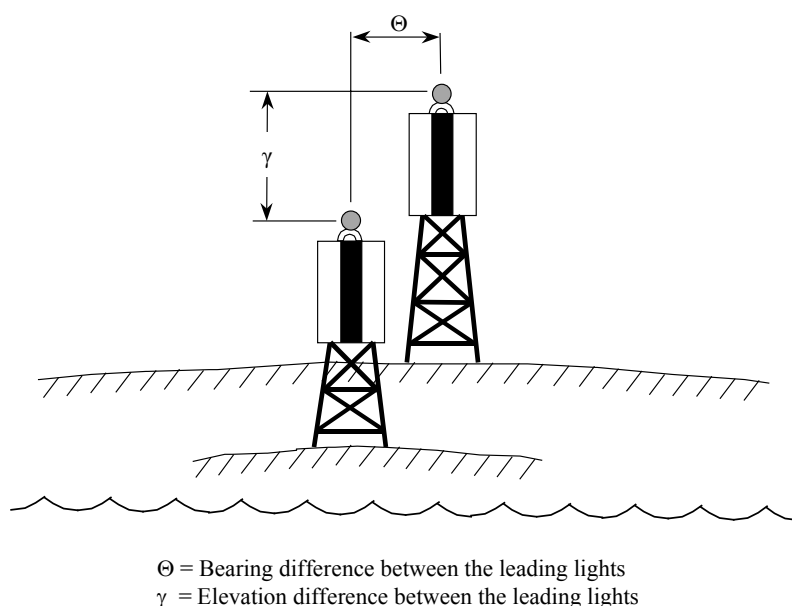


Figura 2-3. Perspectiva frontal de las estructuras de la enfilación.

C. Longitud del canal

Para diseñar una enfilación, previamente hay que especificar el segmento de utilización de la enfilación. En general resulta caro construir una enfilación para un canal largo, ya que la luz de enfilación posterior tiene que tener la altura suficiente para resultar claramente visible por encima de la estructura anterior. Las marcas de enfilación también tienen que tener el tamaño suficiente para resultar visibles desde el extremo más lejano del canal. Ambas condiciones hacen que aumente la altura necesaria de la estructura posterior que marca un canal largo. Las estructuras también tienen que ser lo suficientemente robustas para soportar la marca de enfilación cuando hay cargas de viento. El uso de otras ayudas (balizas fijas o boyas) puede reducir el coste total de la señalización de la vía navegable al reducir esa porción del canal señalizado por la enfilación.

D. Distancia al eje

La distancia al eje es la distancia perpendicular desde la línea central a la que el observador detecta con seguridad que las luces de enfilación ya no están alineadas verticalmente (Figura 2-4). La distancia al eje que calcula el programa, mediante la ecuación 15 de las recomendaciones de la AISM, se basa en el ángulo de visión distinta calculado con la ecuación 3 de las recomendaciones de la AISM (Θ_D).

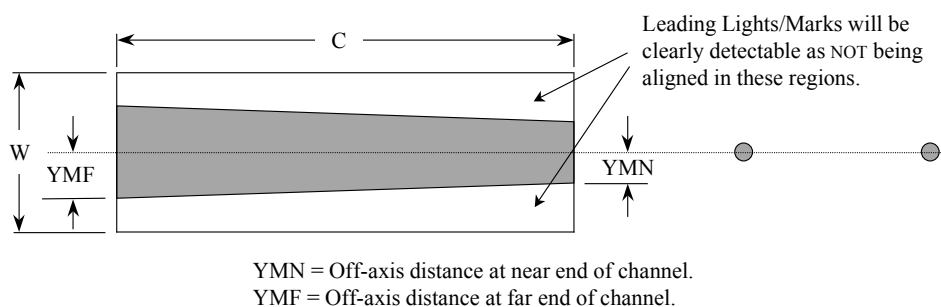


Figura 2-4. Distancia al eje de una enfilación.

El diseño de una enfilación debe incluir suficiente espacio para los diferentes “márgenes náuticos” necesarios para navegar con seguridad por el canal, lo cual depende de los tipos de buque y de las condiciones de navegación, entre la distancia al eje y el borde del canal. En la sección E más abajo se aborda este punto con mayor detalle.

E. Sensibilidad lateral—Factor de desviación perpendicular a la trayectoria

1. Factor de desviación perpendicular a la trayectoria. El programa informático para el diseño de enfilaciones genera un *factor de desviación perpendicular a la trayectoria* basado en la distancia al eje, que se relaciona con el ángulo de diferencia de demora, Θ_D , en las recomendaciones de la AISM para las luces de enfilación. El factor de desviación perpendicular a la trayectoria se define como la distancia lateral a la que el navegante puede detectar *con seguridad* que un buque no está en el eje del canal, dividida por el semiancho del canal, y expresado como porcentaje. Un factor de desviación perpendicular a la trayectoria del 25% indica que el navegante puede estar a un 25% de la distancia hasta el borde del canal cuando puede detectar, con seguridad, que no está en el eje. Cuando se usa el factor de desviación perpendicular a la trayectoria como expresión de la sensibilidad lateral, cuanto mayor sea el primero, menor será la segunda, y viceversa.
2. Evaluación de los factores de desviación perpendicular a la trayectoria aceptables. En la tabla 2-1 se indican las directrices para describir y aceptar los diferentes factores de desviación perpendicular a la trayectoria.
3. El diseñador no debe fijar los límites superiores (%) al factor de desviación perpendicular a la trayectoria, sino sopesar los márgenes náuticos disponibles teniendo en cuenta el riesgo de que los buques tendrán un espacio demasiado reducido (un factor de desviación perpendicular a la trayectoria pequeño (%) puede provocar un mayor riesgo de colisión entre los buques que pasan).
 - a. Si el factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo opuesto es suficiente, será probable que el factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo más cercano sea mucho más pequeño. Si está balizado el punto de virada del extremo más cercano, el navegante podrá deducir dónde está el borde del canal, y no importará que el factor de desviación perpendicular a la trayectoria sea pequeño.
 - b. Si supone un problema que el factor de desviación perpendicular a la trayectoria sea pequeño, se puede modificar el diseño de la enfilación para que el factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo opuesto sea idéntico, pero el factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo más cercano no será tan pequeño. En la figura 2-5 se muestra un ejemplo en el que el factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo opuesto es idéntico, pero el factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo más cercano es diferente en uno y otro diseño. Si se mueven hacia atrás las estructuras de la enfilación desde el extremo más cercano del canal y se aumenta M y R, aumenta también el factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo más cercano y el factor de desviación perpendicular a la trayectoria del extremo opuesto se mantiene igual.
4. Selección del diseño de la enfilación. Por lo general, la enfilación inferior de la figura 2-5 dará un mejor servicio, ya que el factor de desviación perpendicular a la trayectoria no varía tanto entre el extremo más cercano y el opuesto, y la iluminancia producida por cada luz y percibida por el ojo del usuario será mucho más homogénea a lo largo de todo el canal. Por otra parte, para este diseño pueden necesitarse marcas diurnas de mayor tamaño, torres más altas o luces con una mayor intensidad. El diseñador de la enfilación es el que debe seleccionar el diseño más apropiado para cada situación.

Tabla 2-1
Factor de desviación perpendicular a la trayectoria*

Valores del Factor transversal a la trayectoria	Descripción	Interpretación
Más del 75%	Inaceptable	Es necesario mejorar la enfilación o no se podrá utilizar.
50% - 75%	Malo	Se debe reducir el factor de desviación perpendicular a la trayectoria si es físicamente posible.
30% - 50%	Suficiente	Sólo se debe reducir el factor de desviación perpendicular a la trayectoria si el coste es moderado.
20% - 30%	Bueno	Sólo se debe reducir el factor de desviación perpendicular a la trayectoria si el coste es escaso.
15% - 20%	Muy bueno	No es necesario emplear más fondos para reducir el factor transversal a la trayectoria.
10% - 15%	Excelente	El factor de desviación perpendicular a la trayectoria no debe ser inferior al 10% en el extremo más lejano del canal.

*Utilice esta tabla cuando haga uso del factor de desviación perpendicular a la trayectoria *en el extremo más lejano* del canal.

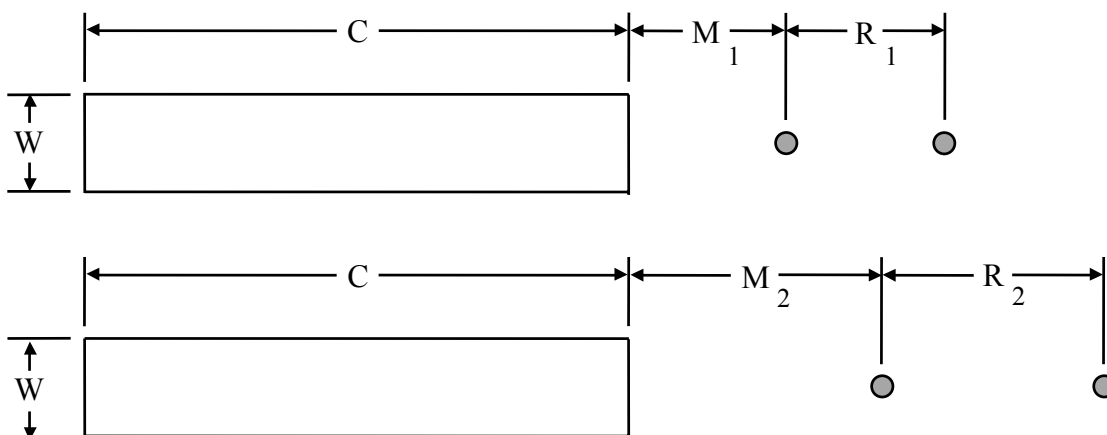


Figura 2-5. Dos diseños de enfilación con el mismo factor de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo opuesto pero con diferentes factores de desviación perpendicular a la trayectoria en el extremo más cercano.

F. Ancho del haz de las luces de enfilación

1. Lentes divergidoras Suele haber confusión en cuanto al efecto de una lente divergidora en la sensibilidad de la enfilación. El ancho del haz luminoso no tiene nada que ver con la sensibilidad lateral de la enfilación. Cuando se utiliza una lente divergidora hay que tener en cuenta el ancho del haz, ya que se debe garantizar que se logren en todo el ancho del canal las intensidades mínimas, necesarias según el programa. El ángulo subtendido en el extremo opuesto del segmento de utilización, ϕ , (ver figura 2-6) se calcula así:

$$\phi \text{ (en grados)} = (57,3 \text{ grados/radianes}) \left(\frac{W}{X} \right)$$

donde: X = distancia desde la luz al extremo más lejano del canal, en metros; y
W = la anchura del canal, en metros.

2. Al seleccionar la anchura del haz de la luz de enfilación hay que tener en cuenta también la necesidad de interceptar ésta antes de acometer la enfilación. A menudo será posible ver desde el mar al menos una de las luces de enfilación a cualquiera de los lados del canal en las proximidades del segmento de utilización de la enfilación. Se le llama “zona de adquisición.” El ancho (y la intensidad) del haz de las luces de enfilación seleccionadas debe ser suficiente para cubrir el punto de interceptación deseado.

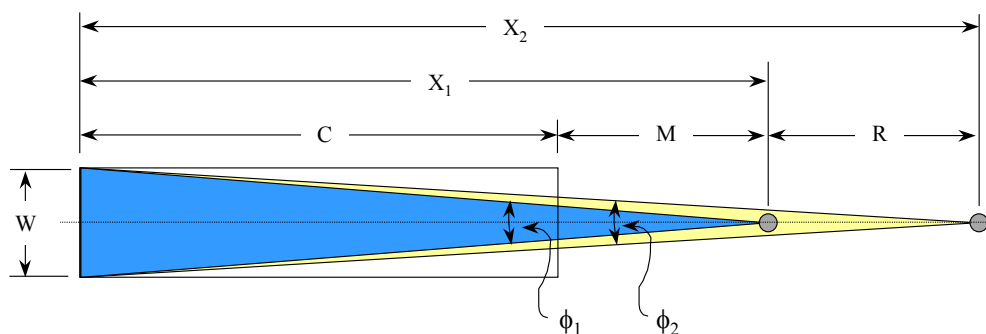


Figura 2-6. Ancho del haz de las luces de enfilación.

G. Marcas o luces diurnas

Tradicionalmente, las luces de enfilación se apagaban durante el día, sobre todo las alimentadas por baterías, y la enfilación la proporcionaban las marcas diurnas. Las recientes mejoras ópticas en cuanto a la eficiencia, combinadas con la energía solar, han permitido ampliar el uso de las luces de enfilación diurnas, incluso cuando no se dispone de corriente industrial. Al tomar la decisión sobre la señal diurna se deben tener en cuenta los puntos siguientes:

1. Las marcas son simples. No cuentan con partes móviles, por lo que requieren poco mantenimiento y son más fiables que las luces. El mantenimiento de las marcas pequeñas también es fácil, no se necesita una formación específica del personal de mantenimiento.
2. Las luces de enfilación diurnas generan una señal superior. En condiciones precarias se las ve desde más distancia que las marcas diurnas. Además, si se sustituyen las marcas de mayor tamaño por luces, las estructuras y las bases de las torres pueden resultar menos costosas. Sin embargo es necesario contar con sistemas eléctricos y de iluminación más complejos para las luces diurnas, lo cual aumentará el coste del hardware y las necesidades de conocimientos técnicos por parte del personal de mantenimiento. Es probable que los costes iniciales de equipamiento, que serán más elevados, se compensen con creces gracias a la reducción de los costes estructurales.

H. Observaciones sobre las intensidades

1. Las luces nocturnas tienen que tener la suficiente intensidad para marcar toda la longitud del canal durante el 90% de las noches. Con los valores de “intensidad mínima” que proporciona el programa se crearán señales adecuadas; no obstante, si se consiguen intensidades más altas se crearán señales mejores. Se sabe por experiencia que con los valores de intensidad diez veces superiores a los valores mínimos se crea una mejor señal. Por ello, el programa proporciona una “intensidad recomendada”, que es aproximadamente diez veces la intensidad mínima, con un buen equilibrio de iluminancia. A menudo resulta fácil conseguir las intensidades recomendadas y crear una señal no sólo adecuada, sino buena.
2. Las luces diurnas deben tener la intensidad suficiente para maximizar el porcentaje de tiempo durante el cual se marca adecuadamente el canal. Si se logra alcanzar la "intensidad mínima" no es necesario superarla. Si no se logra alcanzar la “intensidad mínima” se debe establecer la luz con la mayor luminancia posible. El programa aplica un valor de 1.000 microlux (1×10^{-3} lux) como la iluminancia necesaria durante el día.

I. Características estándar de las enfilaciones

No se deben utilizar las luces fijas (F), y es mejor no hacerlo. Incluso si hay sólo una iluminación de fondo mínima, puede resultar difícil identificar las luces que muestren una característica fija, sobre todo en el caso de las señales de luz blanca. Además, con las luces que muestran una característica de duración de destello de tres segundos se proporciona aproximadamente el 92% de la intensidad de una señal de luz fija, aumentan los intervalos de mantenimiento de la lámpara, se reduce el consumo de electricidad y se obtiene más visibilidad que con la señal de luz fija.

J. Valores de visibilidad

El programa informático necesita que se introduzcan tres valores de visibilidad: visibilidad mínima, visibilidad de diseño y visibilidad máxima. Los tres valores se calculan en millas náuticas (una milla náutica son 1.852 metros).

1. Visibilidad mínima. La visibilidad mínima es el valor del histórico de la visibilidad meteorológica en el lugar en cuestión que se cumple o se supera el 90% del tiempo. El programa utiliza este valor para establecer las intensidades luminosas mínimas necesarias para que las luces de enfilación se puedan usar como señales de enfilación al menos el 90% del tiempo.
2. Visibilidad de diseño. La visibilidad de diseño se ideó originalmente como el valor medio de la visibilidad meteorológica en el lugar en cuestión; es decir, el valor cumplido o superado el 50% del tiempo. El programa utiliza este valor para establecer el factor recomendado de intensidad luminosa de las luces de enfilación. Por motivos prácticos, se recomienda un valor fijo de 10 MN.
3. Visibilidad máxima. El programa utiliza el valor de la visibilidad máxima para evaluar el potencial deslumbramiento producido por las luces de enfilación. Por motivos prácticos, se recomienda un valor fijo de 20 MN.

CAPÍTULO 3—FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

A. Requisitos del sistema

El programa sólo funcionará en ordenadores con Microsoft Excel® 97 (Windows), Excel® 98 (Mac OS), o versiones posteriores.

B. Introducción de los datos preliminares

Los parámetros de la enfilación se pueden introducir y modificar en cualquier orden, pero se recomienda que la primera vez se introduzcan los datos en el orden determinado más abajo. Las celdas para introducir los datos están sombreadas y tienen forma de cuadro. En el workbook se incluye una hoja de cálculo de la disposición inicial del canal para recomendar un diseño de la enfilación “muy bueno” (ver tabla 2-1), en el caso en que no se conozcan inicialmente los emplazamientos de las estructuras anterior y posterior. Para utilizar esta herramienta de diseño preliminar, haga clic en la pestaña **"Initial Input"** de la hoja de cálculo e introduzca los datos indicados a continuación. Es necesario introducir datos en todas las celdas a no ser que se indique lo contrario.

1. Nombre de la enfilación—Introduzca el nombre de la enfilación. **OPCIONAL**

2. Longitud del canal (C)—Introduzca la longitud del canal, en metros. **OBLIGATORIO**

3. Anchura del canal (W)—Introduzca la anchura del canal, en metros. **OBLIGATORIO**

La distancia recomendada (R) entre las torres de luz anterior (FL) y luz posterior (RL), y la distancia recomendada desde FL hasta el extremo más cercano del canal (M) se calculan y se muestran en la **disposición inicial del canal**. Estos valores también aparecen en la hoja de cálculo **“Enfilación”** junto a las celdas de entrada de datos para estos valores. El usuario puede decidir si utilizar estos valores u otros, según la situación.

C. Introducción de datos-Análisis de la enfilación

Haga clic en la pestaña **“Leading Line”**. Los parámetros de la enfilación se pueden introducir y modificar en cualquier orden, pero se recomienda que la primera vez se introduzcan los datos en el orden determinado más abajo. Es necesario introducir datos en todas las celdas a no ser que se indique lo contrario. Si las celdas de introducción de datos obligatorias se dejan vacías, el factor de desviación perpendicular a la trayectoria, la distancia al eje y γ no se calcularán correctamente. Los datos de los siguientes campos se toman automáticamente de la hoja de cálculo anterior:

Nombre de la enfilación

Longitud del canal (C)

Anchura del canal (W)

Luces nocturnas o diurnas (N)

4. Carrera de marea media (MRT)—Introduzca la carrera de marea media (diferencia entre la pleamar media y la bajamar media), en metros. **OBLIGATORIO**

5. Iluminación de fondo—Introduzca la cantidad de iluminación de fondo existente: “escasa”, “poca” o “considerable”. Si la iluminación de fondo es escasa significa que hay luces espaciadas y/o tenues, como el alumbrado privado. Si la iluminación de fondo es considerable significa que hay numerosas luces y/o luces muy brillantes, como las de los aparcamientos, autopistas, fábricas y alumbrado industrial, que compiten en intensidad con las luces de enfilación. **EL PROGRAMA SELECCIONA “CONSIDERABLE” SI LA CELDA SE DEJA EN BLANCO.**

6. **Altura del ojo del observador (HOE)**—Introduzca para la altura del ojo del observador por encima del agua entre uno y tres valores distintos, en metros. (El programa puede evaluar la calidad con la que funciona el diseño de la enfilación para hasta tres tipos de buques simultáneamente). Las celdas de introducción de la altura del ojo están situadas en el centro de la hoja de cálculo. **ES OBLIGATORIO QUE HAYA AL MENOS UNA ENTRADA**
7. **Visibilidad mínima**—Introduzca la visibilidad mínima para la que está diseñada la enfilación, en millas náuticas. Suele ser la visibilidad que se tiene el 90% del tiempo en el emplazamiento de la enfilación. **OBLIGATORIO**
8. **Visibilidad de diseño**—Introduzca la visibilidad de diseño, en millas náuticas. Se recomienda un valor de 10 MN. **OBLIGATORIO**
9. **Visibilidad máxima**—Introduzca la visibilidad máxima para la que está diseñada la enfilación, en millas náuticas. Por motivos prácticos, se recomienda un valor de 20 MN. **OBLIGATORIO**
10. **Distancia entre la luz anterior y la luz posterior (R)**—Introduzca la distancia entre las estructuras, en metros. **OBLIGATORIO**
11. **Distancia desde la luz anterior hasta el extremo más cercano del canal (M)**—Introduzca la distancia desde el extremo más cercano del canal hasta la estructura anterior, en metros. **OBLIGATORIO**
12. **Altura segura por encima del agua (SAFHW)**—Introduzca la altura segura por encima del agua necesaria, en metros. Es la altura mínima necesaria para que la luz/marca anterior no se vea dañada por la acción de las olas, las mareas de sicigias o por vandalismo. **EL PROGRAMA SELECCIONA 0,0 METROS SI LA CELDA SE DEJA EN BLANCO.**
13. **Marcas diurnas a utilizar**—Introduzca una "Y" si se usarán marcas de enfilación o una "N" si no se utilizarán. **EL PROGRAMA SELECCIONA "NO" SI LA CELDA SE DEJA EN BLANCO.**
14. **Luces diurnas a utilizar**—Introduzca una "Y" si se usarán luces diurnas o una "N" si no se utilizarán. **EL PROGRAMA SELECCIONA "NO" SI LA CELDA SE DEJA EN BLANCO.**
15. **Obstáculos**—Introduzca la distancia desde el extremo más cercano del canal hasta el(los) obstáculo(s), en metros, y la altura del obstáculo, en metros. **OPCIONAL**
16. **Longitud seleccionada de la marca diurna de la luz anterior**—Introduzca la longitud de la marca de enfilación anterior, en metros. Si no utiliza marcas de enfilación no tenga en cuenta este bloque, o introduzca "Ninguna".
17. **Longitud seleccionada de la marca diurna de la luz posterior**—Introduzca la longitud de la marca de enfilación posterior, en metros. Si no utiliza marcas diurnas no tenga en cuenta este bloque, o introduzca "Ninguna".
18. **Intensidad seleccionada de la luz anterior**—Introduzca la intensidad de la señal seleccionada para la luz de enfilación anterior. **OBLIGATORIO**
19. **Intensidad seleccionada de la luz posterior**—Introduzca la intensidad de la señal seleccionada para la luz de enfilación posterior. **OBLIGATORIO**
20. **Altura seleccionada de la luz anterior**—Introduzca la altura del plano focal de la óptica anterior, en metros, por encima de la marea alta media. Obsérvese que este valor puede ser diferente para las luces de enfilación diurnas y nocturnas (para más información, ver capítulo 5). **OBLIGATORIO**

21. **Altura seleccionada de la luz posterior**—Introduzca la altura del plano focal de la óptica posterior, en metros, por encima de la marea alta media. Obsérvese que este valor puede ser diferente para las luces de enfilación diurnas y nocturnas (para más información, ver capítulo 5). **OBLIGATORIO**

D. Introducción de datos-Luces de enfilación diurnas opcionales.

Haga clic en la pestaña “**Leading Line-Day**”. Los datos de los siguientes campos se toman automáticamente de la hoja de cálculo anterior:

Nombre de la enfilación

Luces nocturnas o diurnas (D)

Longitud del canal (C)

Anchura del canal (W)

Carrera de marea media (MRT)

Iluminación de fondo (None)

Altura del ojo del observador (HOE)

Visibilidad mínima

Visibilidad de diseño

Visibilidad máxima

Distancia entre la luz anterior y la luz posterior (R)

Distancia desde la luz anterior hasta el extremo más cercano del canal (M)

Altura segura por encima del agua (SAFHW)

Marcas diurnas a utilizar

Obstáculos

Longitud seleccionada de la marca diurna anterior

Longitud seleccionada de la marca diurna posterior

Altura seleccionada de la luz anterior (altura de la luz nocturna más 1 metro)

Altura seleccionada de la luz posterior (altura de la luz nocturna menos 1 metro)

Las intensidades diurnas se pueden introducir y modificar en cualquier orden, pero se recomienda que la primera vez se introduzcan los datos en el orden determinado más abajo. Es necesario introducir datos en ambas celdas. Si las celdas de introducción de datos obligatorias se dejan vacías, el factor de desviación perpendicular a la trayectoria, la distancia al eje y γ no se calcularán correctamente.

E. Resultados del programa

En los anexos (3), (4) y (5) se incluyen muestras de los datos obtenidos. En los anexos (3) y (4) se ofrece un análisis detallado del rendimiento de la enfilación teniendo en cuenta las variables introducidas y se muestran los códigos de problemas si se justifican. En el anexo (5) se ofrece un resumen más simplificado del diseño con diagramas gráficos genéricos. Los resultados se calculan inmediatamente al introducir una variable. Explicaciones de los resultados:

1. **Longitud recomendada de la marca diurna**—La longitud recomendada de la marca diurna, en metros, basada en la visibilidad mínima.
2. **Intensidad mínima**—La intensidad mínima (en candelas) necesaria para que la enfilación se pueda utilizar en el extremo opuesto del canal teniendo en cuenta la visibilidad mínima dada. (En el caso de las luces de enfilación diurnas el programa sólo proporciona los valores de las intensidades mínimas necesarias).
3. **Intensidad recomendada**—La intensidad recomendada (en candelas) para ayudar al navegante a detectar, reconocer y utilizar las luces de enfilación. Este valor es

aproximadamente diez veces superior a la intensidad mínima, teniendo en cuenta el factor de iluminancia recomendado.

4. **Intensidad máxima**—La intensidad máxima (en candelas) de las luces de enfilación que se puede utilizar sin provocar deslumbramiento durante las condiciones de máxima visibilidad.
5. **IR/IF recomendado**—El factor de intensidad recomendado para las ópticas posterior y anterior, donde:

$$\text{IR/IF} = \frac{\text{Intensidad recomendada de la luz trasera}}{\text{Intensidad recomendada de la luz delantera}}$$

6. **IR/IF para las intensidades seleccionadas**—El factor de intensidad para las señales de luz seleccionadas.
7. **Altura mínima recomendada**—La altura recomendada del plano focal de la óptica.
8. **Distancia desde el extremo más cercano**—La distancia del observador al extremo más cercano del canal en diez intervalos separados entre sí por la misma distancia a lo largo de todo el canal.
9. **Factor de desviación perpendicular a la trayectoria**—El factor de desviación perpendicular a la trayectoria en la distancia indicada desde el extremo más cercano del canal.
10. **Distancia al eje**—La distancia perpendicular al eje de la enfilación (en metros) necesaria para indicar al observador que está fuera del eje de la enfilación, en la distancia indicada desde el extremo más cercano del canal.
11. **γ (mrad) (MLW)** —El ángulo vertical aparente subtendido por las luces de enfilación (ángulo vertical de separación), en miliradianes, en la distancia indicada desde el extremo más cercano del canal.
12. **Factores y valores de iluminancia**—Proporciona información sobre el brillo aparente de dos ópticas de enfilación para la visibilidad de diseño seleccionada, en la distancia indicada desde el extremo más cercano del canal (los valores se expresan en microlux).
13. **Códigos de problemas**—En el capítulo 4 se hace referencia a los códigos de problemas y a los códigos de problemas de las marcas diurnas que pueden aparecer en la hoja de resultados. La hoja de cálculo de muestra del diseño de las marcas nocturnas/diurnas del anexo (3) muestra todos los códigos de posibles problemas a modo de información.

F. Resultado del rendimiento en un momento determinado.

Introduzca la misma visibilidad para la visibilidad mínima, de diseño y máxima, para comprobar el rendimiento de la enfilación en un día determinado y con una visibilidad dada. El resultado es una instantánea del rendimiento de la enfilación con esa visibilidad en cuestión.

G. Selección de la luz de enfilación.

Determine las intensidades recomendadas para las luces de enfilación anterior y posterior mediante el programa de diseño de enfilaciones. Seleccione las combinaciones de linternas, lentes (de color/concentradora), lámparas y ritmos con los que se logren en mayor medida las intensidades deseadas, y que cuenten con los anchos de haz adecuados para cubrir la zona necesaria (ver capítulo 2, sección F). Se aconseja el uso de linternas omnidireccionales siempre que sea posible, ya que se puede recibir la señal incluso si el buque está muy apartado del eje del canal. El uso de linternas omnidireccionales también elimina el requisito de contar con luces de paso sobre torres situadas en aguas navegables.

H. Ejemplos de diseño de enfilaciones

En los anexos (2) al (5) se incluyen cuatro copias de muestra. La primera es una disposición inicial del canal basada en dos datos simples. La segunda es un análisis del diseño de una enfilación que muestra una luz de enfilación nocturna con marcas diurnas como señales diurnas. En la tercera se muestra el análisis de la misma enfilación añadiendo señales luminosas diurnas. En la cuarta se muestra un resumen más simplificado del diseño con diagramas gráficos genéricos.

CAPÍTULO 4—BÚSQUEDA Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

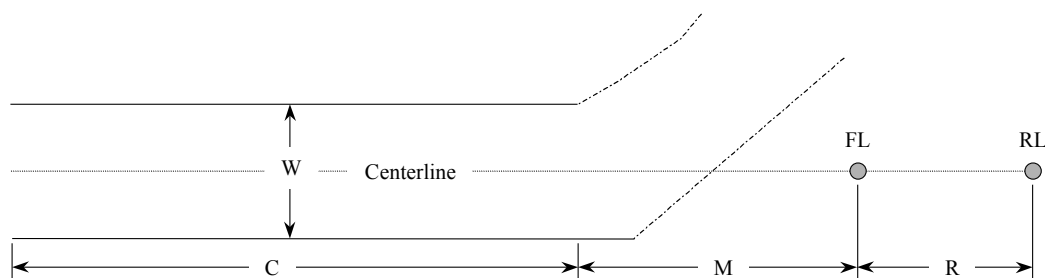


Figura 4-1. Diagrama de la enfilación.

A. Códigos de problemas

A continuación se ofrece una lista de los posibles códigos de problemas que pueden aparecer al ejecutar el programa de diseño de enfilaciones.

1. Las luces están difusas.
2. El factor de desviación perpendicular a la trayectoria es demasiado grande.
3. La luz anterior no tiene el brillo suficiente cuando la visibilidad es mínima.
4. La luz posterior no tiene el brillo suficiente cuando la visibilidad es mínima.
5. La luz anterior supera el límite de deslumbramiento cuando la visibilidad es máxima.
6. La luz posterior supera el límite de deslumbramiento cuando la visibilidad es máxima.
7. La marca diurna de la luz anterior es demasiado pequeña cuando la visibilidad es mínima.
8. La marca diurna de la luz posterior es demasiado pequeña cuando la visibilidad es mínima.
9. La luz posterior aparece por debajo de la luz de enfilación anterior.
10. La luz anterior está por debajo de la altura segura por encima del agua.
11. La luz anterior está por debajo del horizonte.
12. El obstáculo n° 1 bloquea a la luz anterior.
13. El obstáculo n° 1 bloquea a la luz posterior.
14. El obstáculo n° 2 bloquea a la luz anterior.
15. El obstáculo n° 2 bloquea a la luz posterior.

B. Códigos de problemas de las marcas diurnas.

A continuación se ofrece una lista de los posibles códigos de problemas de las marcas diurnas que pueden aparecer al ejecutar el programa de diseño de enfilaciones.

1. Una porción de la marca de la luz anterior está por debajo del horizonte.
2. La marca de la luz anterior está por debajo de la altura segura por encima del agua.
3. La luz anterior oculta parte de la marca de la luz posterior.
4. La luz anterior bloquea más de la mitad de la marca de la luz posterior.
5. El obstáculo n° 1 bloquea a la marca diurna de la luz anterior.
6. El obstáculo n° 1 bloquea a la marca diurna de luz posterior.
7. El obstáculo n° 2 bloquea a la marca diurna de la luz anterior.
8. El obstáculo n° 2 bloquea a la marca diurna de luz posterior.

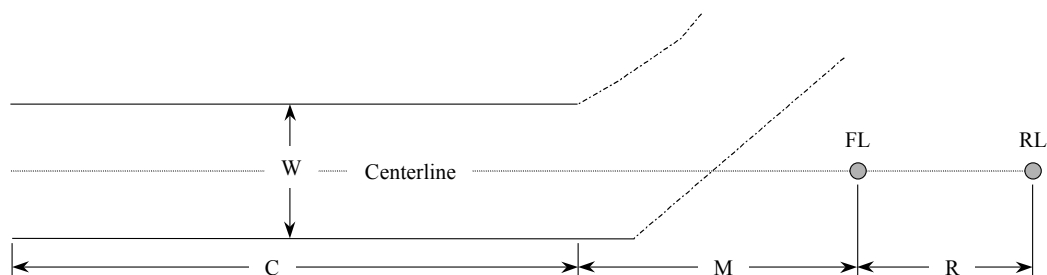


Figura 4-2. Diagrama de la enfilación.

C. Problemas y soluciones.

A continuación se indican algunas sugerencias para resolver los problemas de los diseños de enfilaciones, con las posibles limitaciones y costes. Se agrupan los códigos de los problemas similares.

CÓDIGOS DE PROBLEMAS:

<u>Problema</u>	<u>Posible solución</u>	<u>Limitación/coste</u>
1. Las luces están borrosas	Aumentar la altura de RL Reducir las intensidades Reducir la altura de FL Reducir C	Aumenta el coste, se reducen las sensibilidades Resulta más difícil generar y utilizar las luces Está más cerca del agua Es posible que no se cumplan los requisitos de los usuarios
2. Factor de desviación perpendicular a la trayectoria demasiado grande	Aumentar R Aumentar la altura de FL o reducir la altura de RL	Puede ser necesario contar con una mayor superficie; aumenta el coste; puede ser necesario aumentar la altura de RL Las luces pueden ponerse borrosas
3. FL (RL) no tiene suficiente brillo cuando la visibilidad es mínima.	Aumentar la intensidad	Puede provocar deslumbramiento/luz borrosa, más costes.
4. FL (RL) supera el límite de deslumbramiento cuando la visibilidad es máxima.	Reducir la intensidad Aumentar M	Resulta más difícil generar y utilizar la luz Puede ser necesario contar con una mayor superficie; aumenta el coste
5. La marca diurna de FL (RL) es demasiado pequeña cuando la visibilidad es mínima	Aumentar el tamaño de la marca diurna Usar luces diurnas.	Aumenta el coste Aumenta el coste inicial de equipamiento

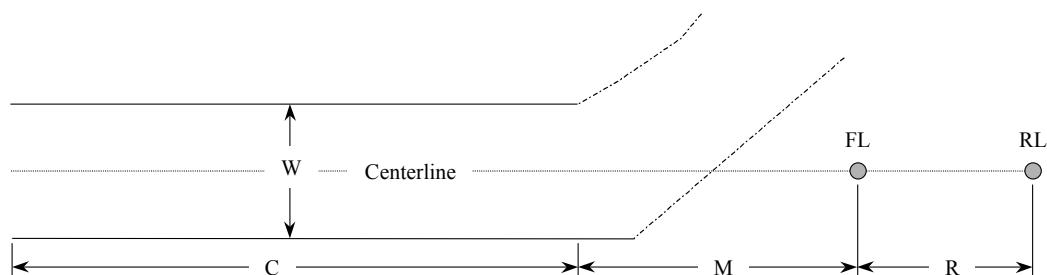


Figura 4-3. Diagrama de la enfilación.

CÓDIGOS DE PROBLEMAS (continuación):

<u>Problema</u>	<u>Posible solución</u>	<u>Limitación/coste</u>
6. RL aparece por debajo de FL.	Reducir la altura de FL	Las luces/la marca diurna están más cerca del agua.
	Aumentar la altura de RL	Aumenta el coste, se reducen las sensibilidades
	Reducir R	Se reducen las sensibilidades
7. FL está por debajo de la altura segura por encima del agua	Aumentar la altura de FL	Puede provocar luz borrosa; aumentar la altura de RL
	Utilizar una marca diurna más pequeña	Puede no ser suficiente
8. FL está por debajo del horizonte	Aumentar la altura de FL	Puede provocar deslumbramiento; aumentar la altura de RL
	Reducir M	Puede provocar deslumbramiento; es más difícil lograr el equilibrio de los factores de iluminación.
9. El obstáculo nº1, nº2 bloquea FL	Aumentar la altura de FL	Puede provocar deslumbramiento; es necesario aumentar la altura de RL
	Retirar el obstáculo	Puede no ser legal/posible
	Reducir M	Puede provocar deslumbramiento; es más difícil lograr el equilibrio de los factores de iluminación.
10. El obstáculo nº1, nº2 bloquea RL	Aumentar la altura de RL	Se reducen las sensibilidades; aumenta el coste
	Retirar el obstáculo	Puede no ser legal/posible
	Reducir R.	Se reducen las sensibilidades

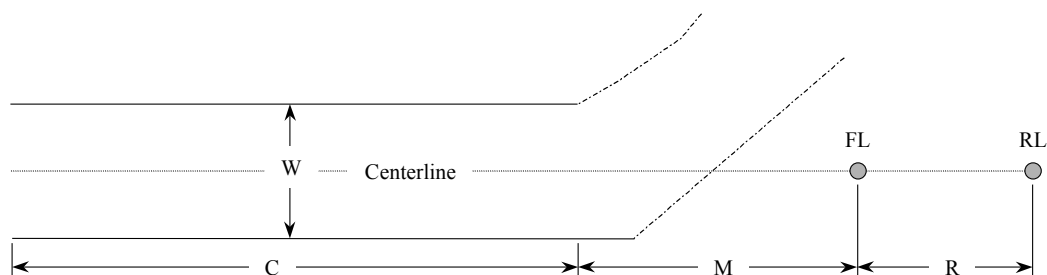


Figura 4-4. Diagrama de la enfilación.

CÓDIGOS DE PROBLEMAS DE MARCAS DIURNAS:

<u>Problema</u>	<u>Posible solución</u>	<u>Limitación/coste</u>
1. Una porción de la marca de FL está por debajo del horizonte.	Aumentar la altura de la marca diurna de FL	Aumenta el coste por el mayor tamaño de la torre; puede ser necesario subir la torre posterior.
	Reducir M	Puede provocar deslumbramiento; es más difícil lograr el equilibrio de los factores de iluminación.
	Usar luces diurnas	Aumenta el coste inicial de equipamiento
2. La marca de FL está por debajo de la altura segura por encima del agua	Aumentar la altura de FL	Aumenta el coste por el mayor tamaño de la torre; puede ser necesario aumentar la altura de la torre posterior
	Usar luces diurnas	Aumenta el coste inicial de equipamiento
3. FL oculta parte de la marca de RL	Reducir la altura de la marca diurna de FL	Está más cerca del agua, se reducen las sensibilidades
	Aumentar la altura de la marca diurna de RL	Aumenta el coste, se reducen las sensibilidades
	Usar luces diurnas	Aumenta el coste inicial de equipamiento
4. FL bloquea más de la mitad de la marca de la luz posterior	Reducir la altura de la marca diurna de FL	Está más cerca del agua, se reducen las sensibilidades
	Aumentar la altura de la marca diurna de RL	Aumenta el coste, se reducen las sensibilidades
	Usar luces diurnas	Aumenta el coste inicial de equipamiento

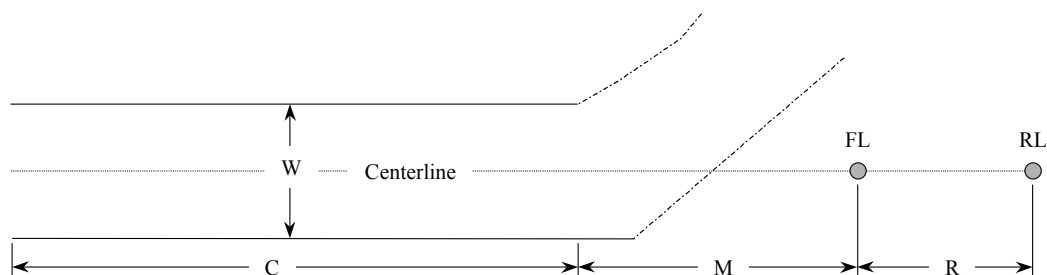


Figura 4-4. Diagrama de la enfilación.

CÓDIGOS DE PROBLEMAS DE MARCAS DIURNAS (Continuación):

<u>Problema</u>	<u>Posible solución</u>	<u>Limitación/coste</u>
5, El obstáculo nº1, nº2 bloquea a la marca diurna de FL	Aumentar la altura de FL	Puede provocar deslumbramiento; aumenta el coste; es necesario subir la torre RL
	Retirar el obstáculo	Puede no ser legal/posible
	Reducir M	Puede provocar deslumbramiento; es más difícil lograr el equilibrio de los factores de iluminación.
6, El obstáculo nº1, nº2 bloquea a la marca diurna de RL	Aumentar la altura de RL	Se reducen las sensibilidades; aumenta el coste por el mayor tamaño de la torre.
	Retirar el obstáculo	Puede no ser legal/posible
	Reducir R.	Se reducen las sensibilidades

D. La intensidad máxima es menor que la intensidad mínima

Esta situación se produce cuando una de las luces de enfilación, o ambas (suele ser la anterior), están demasiado cerca del canal y provocan un problema de deslumbramiento. La mejor solución es retrasar las luces de enfilación y alejarlas del extremo más cercano del canal, aumentando así M, hasta que se resuelva la situación. Si no resulta posible, conviene elegir una señal luminosa que produzca la intensidad luminosa para mitigar el deslumbramiento tanto como se pueda. Otra forma de reducir el deslumbramiento es fijar las alturas focales de las luces de forma que sean muy diferentes a la altura del ojo primaria de los buques que atraviesan el canal. Esto puede provocar que el usuario quede fuera de la porción del haz primario, lo que producirá una reducción de la intensidad a medida que el buque se acerque al extremo más cercano del canal.

E. La intensidad máxima es menor que la intensidad recomendada.

Este problema es parecido al descrito anteriormente, con la salvedad de que la intensidad mínima no produce deslumbramiento. La mejor solución sigue siendo retrasar las luces de enfilación y alejarlas del extremo más cercano del canal. De este modo se puede seleccionar la intensidad recomendada. Si no resulta posible, conviene seleccionar una intensidad que esté entre la mínima

y la máxima para la luz de enfilación limitada. Se debe seleccionar la intensidad de la luz restante para intentar igualar el factor de intensidades recomendado y así lograr un buen equilibrio de iluminancias. Obsérvese que en algunos casos esto puede provocar que la intensidad seleccionada para la luz posterior sea menor que la intensidad mínima. El diseñador de la enfilación tiene que encontrar un equilibrio entre los requisitos de intensidad y el factor de iluminancia recomendado para optimizar la señalización del canal.

F. Concesiones durante el diseño de enfilaciones.

No hay un único diseño correcto para una enfilación determinada. Se pueden dar diversas combinaciones satisfactorias de ópticas, lámparas, emplazamientos de las estructuras, alturas de la óptica, características del destello, colores, etc. Hay varios diseños diferentes para cada enfilación, y llega un momento en el que el diseñador tiene que decidir qué diseño utilizar. La selección del diseño que optimiza la relación coste/beneficio para la señalización de un canal es un proceso de ensayo y error para el que se necesita práctica. Estos son algunos de los criterios de selección: el coste de la construcción, el mantenimiento, el factor de desviación perpendicular a la trayectoria, la distancia al eje, las alturas de las torres, las necesidades energéticas, la altura del ojo de usuario primario y la información del usuario. Se trata tan sólo de una lista parcial, pero muestra que el diseño de una enfilación es más un arte que una ciencia.

CAPÍTULO 5—CONFIGURACIONES DE LAS ENFILACIONES Y LIMITACIONES DEL DISEÑO

A. Introducción.

En este capítulo se abordan algunas limitaciones y configuraciones recomendadas en el diseño de una enfilación. Estos puntos se deben tener en cuenta durante la fase de diseño, de modo que el rendimiento de la ayuda responda a lo previsto y para que el personal pueda realizar el mantenimiento de las luces y las marcas con seguridad.

B. Emplazamiento de las torres.

El emplazamiento de las estructuras de la enfilación determina el eje de la misma. A lo largo del eje, la torre debe colocarse a ± 3 metros de la posición deseada. El error lateral en el emplazamiento de las torres a ambos lados de la línea central real debería limitarse a aproximadamente $\pm 0,3$ metros. Ver figura 5-1.

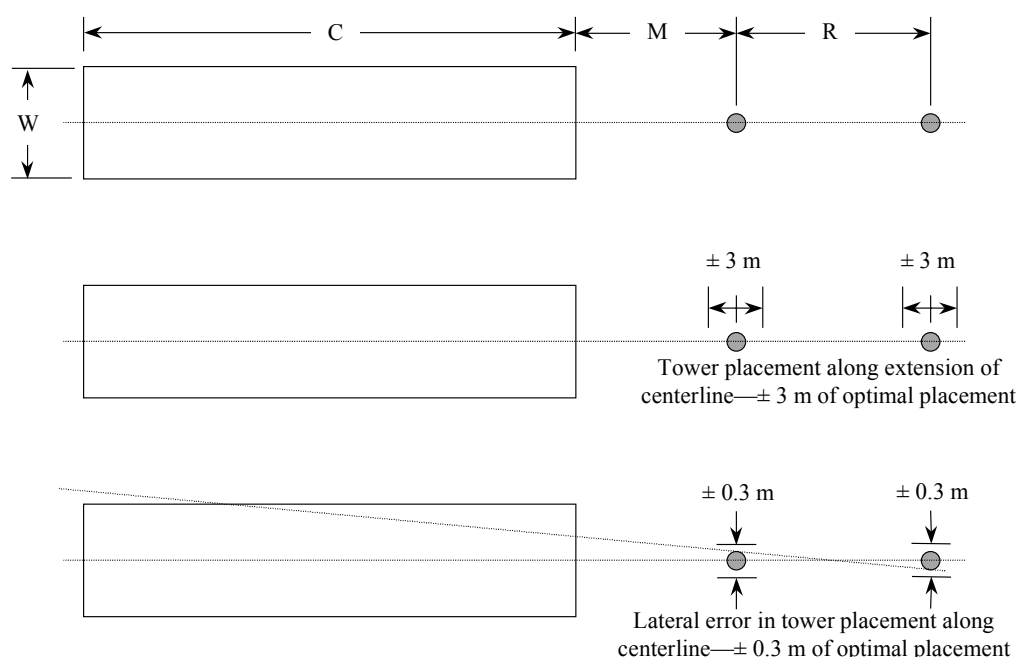


Figura 5-1. Emplazamiento de las torres.

C. Emplazamiento de las balizas.

Es necesario colocar correctamente las balizas para que no se produzca deslumbramiento durante la noche y para que cada luz o grupo de luces se vea como una única fuente. Las alturas indicadas en el programa de diseño son las alturas desde la pleamar media al eje de las ópticas. Cuando se usen luces de enfilación diurnas y nocturnas, la óptica inferior de la torre anterior y la óptica superior de la torre posterior deben ser las luces nocturnas. Tan sólo se produce una excepción si en la torre anterior se utiliza una luz nocturna omnidireccional, que se debe montar por encima de la(s) luz(luces) diurna(s). Las ópticas múltiples para las luces diurnas se deben instalar en un plano horizontal y normalmente no deben superar el número de tres situadas verticalmente. Se debe mantener al mínimo la separación horizontal para asegurarse de que las luces se ven como una fuente puntual. En la figura 5-2 se indican algunas configuraciones comunes de ópticas diurnas/nocturnas.

D. Luces adicionales.

Si el diseño NO incluye ópticas omnidireccionales por la noche y la estructura está situada en aguas navegables, puede ser necesario añadir luces omnidireccionales a la estructura. Es conveniente montar estas luces de modo que la estructura no las bloquee.

1. Las luces que se añaden se deben montar a una altura lo suficientemente baja para asegurarse de que sean visibles desde los buques con una altura del ojo del observador baja. Por ejemplo, si una enfilación cuenta con una torre anterior de 8 metros de altura y una torre posterior de 25 metros de altura, la luz adicional de la torre anterior se puede instalar directamente por encima de la luz de enfilación anterior. La característica de la luz adicional debe ser igual a la de la luz de enfilación y se debe sincronizar con la misma.
2. En el caso de las torres de más de 12 metros de altura, a las luces adicionales se las puede denominar *luces de paso* y se pueden instalar a un nivel más bajo que la luz de enfilación. Para instalar una luz de paso se necesitan dos ópticas, ya que la estructura obstruirá parcialmente la iluminación de cada linterna. Las luces de paso se deben instalar en las esquinas opuestas de la estructura, y se deben sincronizar.

E. Observaciones sobre el mantenimiento.

El diseño de las torres debe garantizar la seguridad al realizar las labores de mantenimiento de las mismas. Dado que el mantenimiento de muchas ópticas se realiza por delante, es necesario contar con un espacio de plataforma disponible de 0,75 metros alrededor de la óptica. Así se conseguirá un acceso fácil y seguro. Además las linternas se deben instalar al menos 0,5 metros por encima de la plataforma. Cuando las linternas se instalen a más de aproximadamente 1,25 metros por encima de la plataforma, se debe construir una base de trabajo en la estructura para que el personal pueda acceder cómodamente a la linterna. En las estructuras de apoyo de las ópticas se tienen que tener en cuenta las puertas o portezuelas de las linternas instaladas. Se deben instalar barandillas donde proceda, situándolas de modo que no obstruyan la luz o utilizando cadenas de seguridad que se puedan quitar frente a las ópticas. Si se han preparado guías de funcionamiento y mantenimiento, se deben entregar a la unidad encargada del mantenimiento.

F. Detalles sobre la construcción.

Los puntos de embarque y desembarque deben situarse de modo que dichas operaciones resulten sencillas en las condiciones predominantes de viento y corrientes. Las escalas de acceso deben contar con prolongaciones de la barandilla para poder pasar fácilmente de la plataforma a la escala. En el caso de las torres con una altura superior a los 20 metros, el diseñador debe prever la instalación de una escalera en vez de una escala. Es conveniente instalar una pequeña grúa manual, en la plataforma principal en la que se alojan los equipos y en la plataforma de la linterna para que resulte más fácil manejar las cargas. Los paneles solares se deben instalar de modo que sea posible acceder a ambos lados del panel y que no reciba la sombra de las barandillas, las antenas, las torres, las cubiertas, etc., en un arco de ± 90 grados de la orientación del panel.

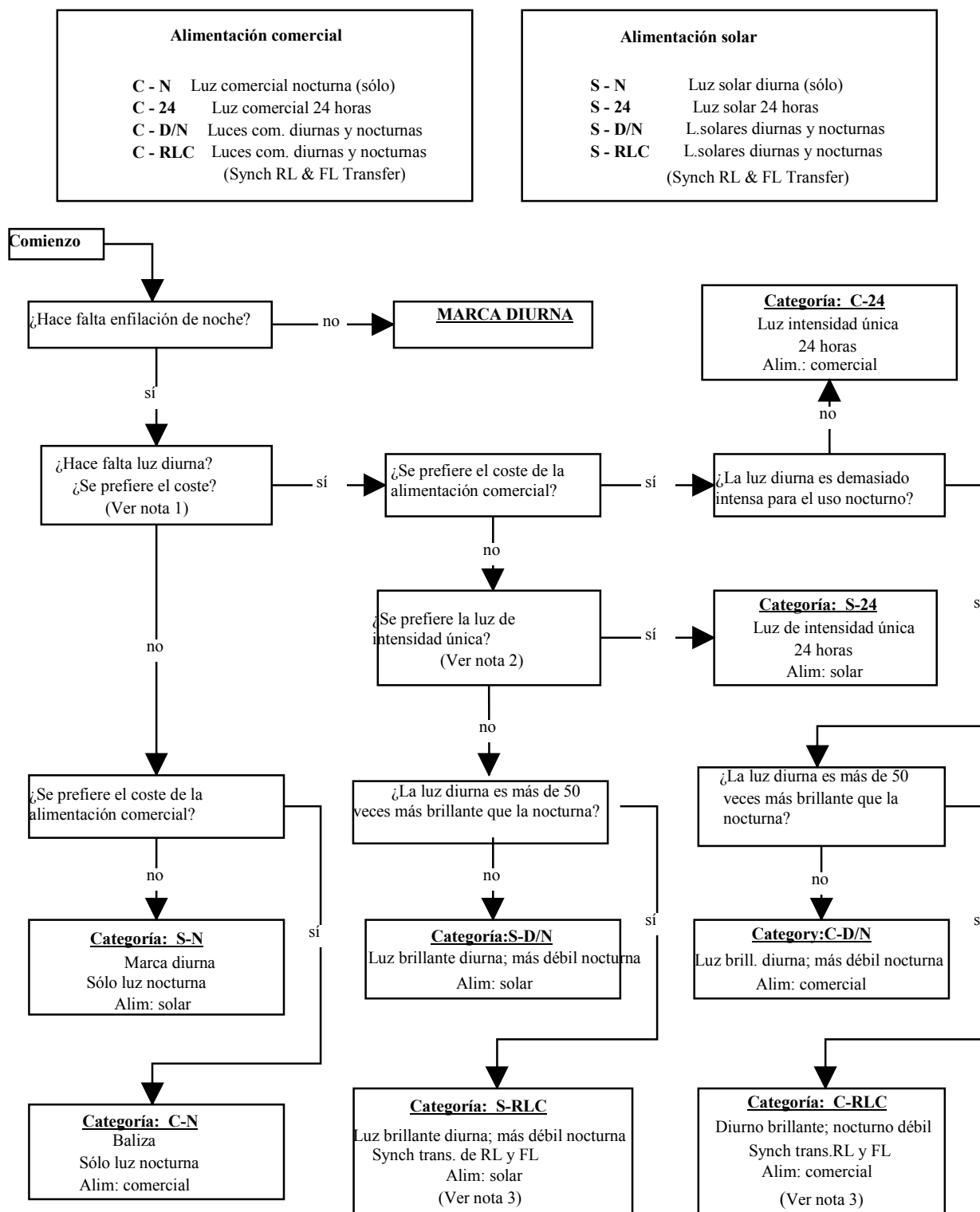
G. Seguridad.

Las instalaciones con baterías de mayor tamaño deben contar con cubiertas de seguridad en los conectores entre elementos para protegerlos contra los posibles cortocircuitos. La sala de la batería debe contar con equipamiento de mantenimiento (un hidrómetro, un toldo para cubrir el panel solar, etc.) y con equipo de seguridad (lugar para lavarse los ojos, guantes, gafas protectoras, etc.) disponibles para el personal de mantenimiento si éste no trae dicho equipamiento.

H. Marcas diurnas.

Los soportes de la marca diurna sobre la estructura deben tener la robustez suficiente para mantener la marca diurna hasta la carga de viento prevista para la torre, y al mismo tiempo permitir que el personal de mantenimiento pueda realizar las sustituciones con facilidad. Los soportes de la marca diurna no deben superar la solidez de la torre (deben caer antes que la estructura). Es necesario acceder a la marca diurna mediante una escala o plataforma para el mantenimiento de los elementos de fijación. Se aconseja el uso de luces diurnas/nocturnas en el caso de las enfilaciones para las que se necesiten marcas de más de 3 metros de longitud, ya que la sustitución de estas marcas es peligrosa.

AYUDA PARA LA SELECCIÓN DE LA CATEGORÍA DE ENFILACIÓN



NOTAS A LA AYUDA DE LA SELECCIÓN DE CATEGORÍA DE ENFILACIÓN

1. Hay que tener en cuenta varios factores a la hora de decidir si se van a usar o no luces diurnas. El diseñador de la enfilación debe comparar las características del rendimiento y de los costes vinculados al diseño en el que se usen marcas diurnas y en el que se usen luces diurnas antes de tomar la decisión final.
2. Como suele ocurrir en la mayor parte de los aspectos del diseño de enfilaciones, existen ventajas e inconvenientes al elegir entre una señal con una única intensidad, 24 horas de operación o señal de intensidad dual día/noche con alimentación solar:
 - a. Entre los factores a favor de una luz de una sola intensidad están:
 - El número menor de ópticas (que hay que comprar y mantener).
 - El hecho de no tener que cambiar el control diurno/nocturno.
 - La intensidad mayor de luz nocturna suele proporcionar una señal de mejor calidad .
 - El sistema es más sencillo.
 - b. Entre los factores a favor de ópticas separadas para luces diurnas y nocturnas están:
 - Permiten una luz diurna más brillante y una nocturna menos intensa.
 - Requieren menos paneles solares que una luz de 24 horas (de alta intensidad).
 - Requieren menor capacidad de batería que una luz de 24 horas (de alta intensidad).
 - La menor intensidad de luz nocturna tenderá a bajar a su vez la altura requerida de la luz posterior.
3. Se recomienda el uso de un dispositivo que sincronice el control de apagado-encendido de las luces de enfilación anterior y posterior cuando las intensidades de la señal de luz diurna y nocturna difieran en un factor mayor de 50. Si las luces de enfilación no se apagan y se encienden a la vez, es posible que la enfilación no se pueda utilizar cuando las luces anteriores y posteriores no estén en el mismo modo.

Initial Channel Layout Worksheet

1. Leading Line Name: **Test Channel Aug 2001**

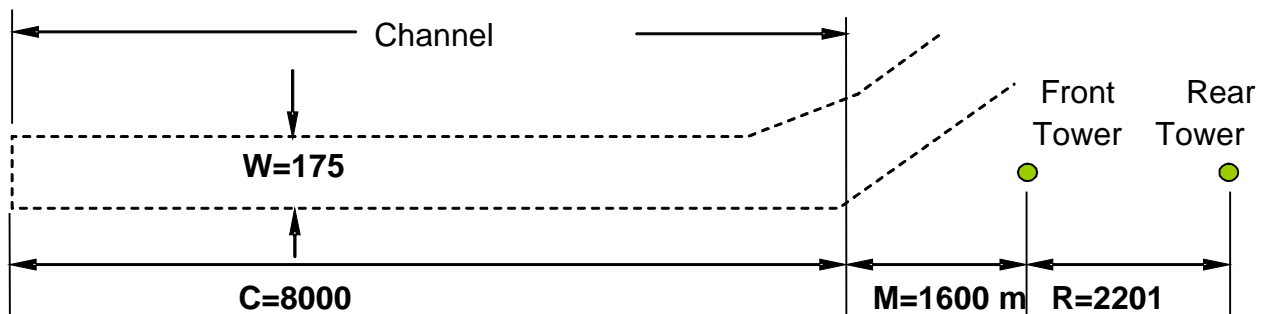
2. Channel Length (C): **8 000** (m)

3. Channel Width (W): **175** (m)

Distance Near End/Front Twr (M): **1 600** (m)

Distance between Towers (R): **2 201** (m)

Preliminary Values to Enter into Leading Line Design Program for Analysis



Anexo 3: Enfilación nocturna con marcas diurnas

1. Leading Line Name:	Test Channel Aug 2001	
Night or Day Lights? (N or D)	N	
2. Length of Channel:	8 000	(m)
3. Width of Channel:	175	(m)
4. Mean Range of Tide:	2	(m)
5. Background Lighting:	none	
(none, minor or considerable)		
7. Minimum Visibility:	7	(nm)
8. Design Visibility:	10	(nm)
9. Maximum Visibility:	20	(nm)
10. Distance betwn FL &	2201	2 201 (m)
11. Distance FL to near e	1600	1 600 (m)
12. Safe Height Above Water:	4	(m)
13. Daymarks to be used? (Y or N)	Y	
14. Daytime Lights to be used? (Y or N)	Y	
15. Obstructions (option:	Location*	Height**
#1	500	4,0
#2		

*Distance from near end of channel to obstruction (m).

**Height above MHW (m).

FL-Recommended daymark length:	10,2	(m)
FL-Recommended daymark width:	6,8	(m)
16. FL-Selected Daymark length:	10,2	(m)
RL-Recommended daymark length:	17,2	(m)
RL-Recommended daymark width:	11,5	(m)
17. RL-Selected Daymark length:	12,2	(m)
Practical limit is 12.2 meters in length		
FL - Minimum Intensity:	848	(cd)
18. FL - Selected Intensity (IF):	12 000	(cd)
FL - Recommended Intensity:	8 477	(cd)
FL - Maximum Intensity:	29 137	(cd)
RL - Minimum Intensity:	2 129	(cd)
19. RL - Selected Intensity (IR):	30 000	(cd)
RL - Recommended Intensity:	23 484	(cd)
RL - Maximum Intensity:	196 474	(cd)
Recommended IR/IF:	2,77	
IR/IF for selected intensities:	2,50	
(FL & RL heights referenced to MHW)		
Recommended Min Height FL:	14,7	(m)
20. Selected Height FL:	15,5	(m)
Recommended Min Height RL:	38,3	(m)
21. Selected Height RL:	39	(m)

Test Channel Apr 2001				
6. HEIGHT OF EYE:	8	(m)		
Distance from	Off Axis Distance	Cross Track	γ (m rad)	
Near End	(m)	Factor	(MLW)	
8 000	19	21%	1,7	8,
7 200	17	19%	1,8	8,
6 400	15	17%	1,9	
5 600	13	15%	2,0	
4 800	11	12%	2,2	
4 000	9	10%	2,4	
3 200	7	8%	2,6	
2 400	6	7%	2,8	
1 600	4	5%	3,0	
800	3	3%	3,1	
0	2	2%	2,6	

6. HEIGHT OF EYE:	15	(m)		
Distance from	Off Axis Distance	Cross Track	γ (m rad)	
Near End	(m)	Factor	(MLW)	
8 000	20	22%	1,8	8,
7 200	17	20%	1,9	8,
6 400	15	18%	2,1	
5 600	14	15%	2,3	
4 800	12	13%	2,5	
4 000	10	11%	2,7	
3 200	8	9%	3,0	
2 400	7	8%	3,4	
1 600	5	6%	3,9	
800	4	4%	4,5	
0	2	3%	5,1	

6. HEIGHT OF EYE:	23	(m)		
Distance from	Off Axis Distance	Cross Track	γ (m rad)	
Near End	(m)	Factor	(MLW)	
8 000	21	23%	1,9	8,
7 200	18	21%	2,1	8,
6 400	16	19%	2,3	
5 600	14	17%	2,5	
4 800	13	14%	2,8	
4 000	11	12%	3,1	
3 200	9	11%	3,6	
2 400	8	9%	4,1	
1 600	6	7%	4,9	
800	4	5%	6,1	
0	3	3%	8,0	

Test Channel Apr 2001			
ILLUMINANCE RATIOS & VALUES			
Distance from	For 10 nm visibility: (E in micro-lux)		
Near End	E+/E-	E (RFL)	
8 000	1,2		27
7 200	1,1		37
6 400	1,1		51
5 600	1,0		72
4 800	1,0		103
4 000	1,1		154
3 200	1,2		238
2 400	1,4		391
1 600	1,6		695
800	2,1		1 409
0	3,2		3 611

PROBLEM CODES:

- Lights will blur.
- Cross Track Factor too big.
- FL not bright enough in min visibi
- RL not bright enough in min visibi
- FL exceeds glare limit in max visi
- RL exceeds glare limit in max visi
- FL dayboard too small in min visi
- RL dayboard too small in min visi
- RL appears lower than RFL.
- FL below Safe Height Above Wat
- FL below the horizon.
- Obstruction #1 obstructs FL.
- Obstruction #1 obstructs RL.
- Obstruction #2 obstructs FL.
- Obstruction #2 obstructs RL.

DAYMARK PROBLEM CODES:

- Portion of FL mark below horizon.
- FL board below Safe Ht Above Wa
- FL obscures part of RL mark.
- FL obstructs more than 1/2 RL ma
- Obstruction #1 obstructs FL dayma
- Obstruction #1 obstructs RL dayma
- Obstruction #2 obstructs FL dayma
- Obstruction #2 obstructs RL dayma

Anexo 4: Luces de enfilación diurnas

Leading Line Name:	Test Channel Aug 2001	
Night or Day Lights? (N or D)	D	
Length of Channel:	8 000	(m)
Width of Channel:	175	(m)
Mean Range of Tide:	2	(m)
Background Lighting: (none for daytime)	none	
Minimum Visibility:	7	(nm)
Design Visibility:	10	(nm)
Maximum Visibility:	20	(nm)
Distance between FL & RL:	2 201	(m)
Distance FL to near end channel:	1 600	(m)
Safe Height Above Water:	4	(m)
Daymarks to be used? (Y or N)	Y	
Obstructions (optional):	Location*	Height**
#1	500	4,0
#2	0	0,0

*Distance from near end of channel to obstruction (m).

**Height above MHW (m).

FL-Recommended daymark length:	10,2	(m)
FL-Recommended daymark width:	6,8	(m)
FL-Selected Daymark length:	10,2	(m)
RL-Recommended daymark length:	17,2	(m)
RL-Recommended daymark width:	11,5	(m)
RL-Selected Daymark length:	12,2	(m)
Practical limit is 12.2 meters in length		
FL - Minimum Intensity:	847 171	(cd)
18. FL - Selected Intensity (IF):	1 050 000	(cd)

RL - Minimum Intensity:	2 128 886	(cd)
19. RL - Selected Intensity (IR):	2 650 000	(cd)

Recommended IR/IF:	2,77
IR/IF for selected intensities:	2,52

(FL & RL heights referenced to MHW)		
Recommended Min Height FL:	14,7	(m)
Selected Height FL:	16,5	(m)

Recommended Min Height RL:	37,7	(m)
Selected Height RL:	38	(m)

Test Channel Apr 2001				
HEIGHT OF EYE: 8 (m)				
Distance from	Off Axis Distance	Cross Track	γ (mrad)	PROBLEM CODES:
Near End	(m)	Factor	(MLW)	
8 000	18	20%	1,5	8, 8,
7 200	16	18%	1,6	
6 400	14	16%	1,7	
5 600	12	13%	1,8	
4 800	10	11%	1,9	
4 000	8	10%	2,1	
3 200	7	8%	2,2	
2 400	5	6%	2,4	
1 600	4	4%	2,5	
800	3	3%	2,4	
0	1	1%	1,7	

HEIGHT OF EYE: 15 (m)				
Distance from	Off Axis Distance	Cross Track	γ (mrad)	PROBLEM CODES:
Near End	(m)	Factor	(MLW)	
8 000	18	21%	1,6	8, 8,
7 200	16	19%	1,7	
6 400	14	17%	1,9	
5 600	13	14%	2,0	
4 800	11	12%	2,2	
4 000	9	11%	2,4	
3 200	8	9%	2,7	
2 400	6	7%	3,0	
1 600	5	5%	3,4	
800	3	4%	3,8	
0	2	2%	4,2	

HEIGHT OF EYE: 23 (m)				
Distance from	Off Axis Distance	Cross Track	γ (mrad)	PROBLEM CODES:
Near End	(m)	Factor	(MLW)	
8 000	19	22%	1,8	8, 8,
7 200	17	20%	1,9	
6 400	15	18%	2,1	
5 600	14	16%	2,3	
4 800	12	14%	2,5	
4 000	10	12%	2,8	
3 200	9	10%	3,2	
2 400	7	8%	3,7	
1 600	6	6%	4,4	
800	4	5%	5,4	
0	3	3%	7,1	

Test Channel Apr 2001				
ILLUMINANCE RATIOS & VALUES				
Distance from	For 10 nm visibility: (E in micro-lux)			
Near End	E+/E-	E (RFL)	E (RRL)	
8 000	1,2	2 382	2 778	
7 200	1,1	3 229	3 643	
6 400	1,1	4 452	4 827	
5 600	1,0	6 262	6 475	
4 800	1,0	9 029	8 813	
4 000	1,1	13 436	12 206	
3 200	1,2	20 836	17 266	
2 400	1,4	34 185	25 075	
1 600	1,6	60 856	37 658	
800	2,1	123 261	59 122	
0	3,2	315 977	98 697	

PROBLEM CODES:

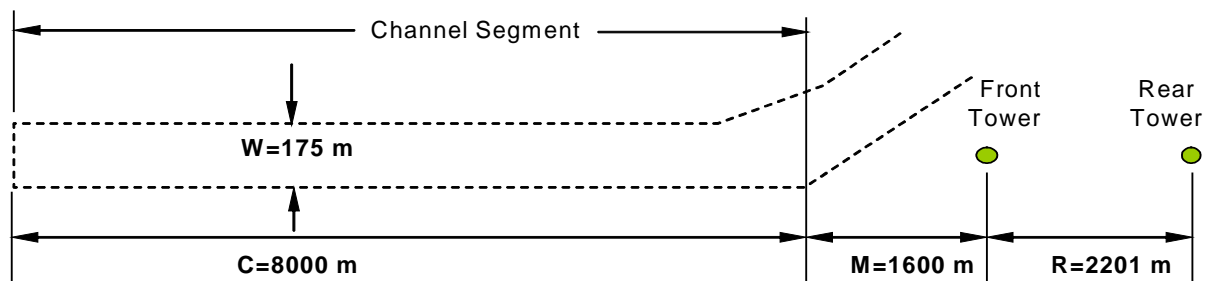
8. RL dayboard too small in min visibility.

Anexo 5: Resumen final de la configuración de la enfilación

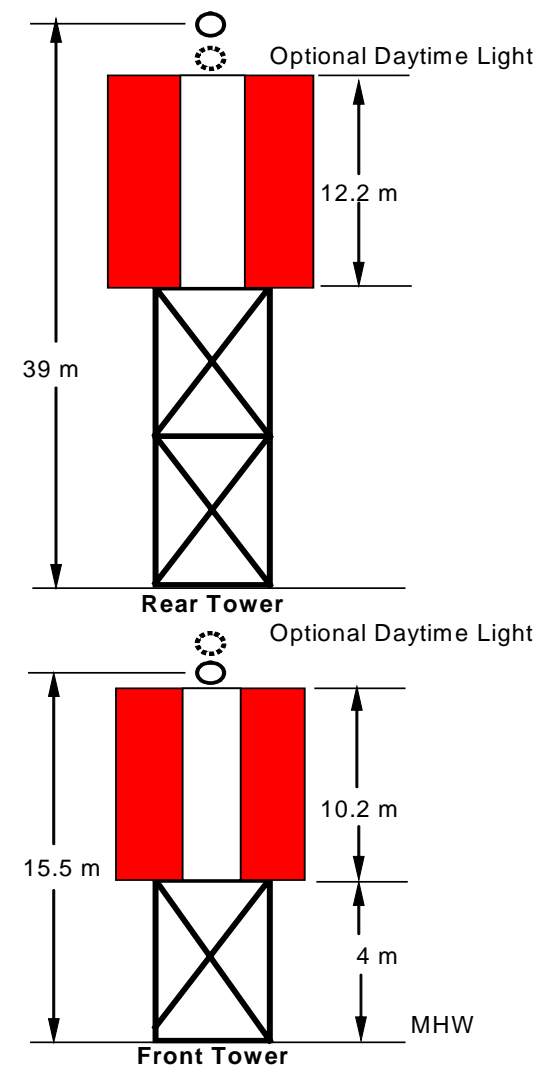
Final Leading Line Configuration

Leading Line Name: **Test Channel Aug 2001**

Channel Length (C):	8 000	Meters
Channel Width (W):	175	Meters
Distance Near End/Front Twr (M):	1 600	Meters
Distance between Towers (R):	2 201	Meters
Range Front Light Intensity (Day):	1 050 000	Candela
Range Front Light Intensity (Night):	12 000	Candela
Front Dayboard Height:	10,2	Meters
Range Front Light Height (Night):	15,5	Meters
Range Front Light Height (Day):	16,5	Meters
Range Rear Light Intensity (Day):	2 650 000	Candela
Range Rear Light Intensity (Night):	30 000	Candela
Rear Dayboard Height:	12,2	Meters
Range Rear Light Height (Night):	39,0	Meters
Range Rear Light Height (Day):	38	Meters



Final Channel Layout



Anexo 6: Metodología para el programa de diseño

A. Introducción. El programa de diseño de enfilaciones de la AISM se basa en las recomendaciones de la AISM para las luces de enfilación (E-112), de aquí en adelante “las recomendaciones”. Dichas recomendaciones proporcionan unas directrices concretas para el diseño de las torres y las luces. El programa informático tiene el formato de un workbook de Microsoft Excel y contiene cuatro hojas de cálculo como hojas de trabajo (worksheets). El presente anexo tiene como objetivo mostrar la relación entre la teoría de las recomendaciones y el diseño detallado de la enfilación que genera el programa de hojas de cálculo. Asimismo, para ayudar a los usuarios y revisores a comprender en detalle los métodos utilizados en las hojas de cálculo (p. ej.: ver celda B15), se proporcionan las ubicaciones en las hojas de cálculo de las operaciones descritas.

B. Hoja de cálculo de la disposición inicial del canal. La hoja de cálculo de la disposición inicial del canal (hacer clic en la pestaña de la hoja de cálculo “Initial Input”) permite al usuario establecer el posicionamiento inicial para las torres de la enfilación cuando no existen otras limitaciones. Para estos cálculos preliminares hay que asumir valores para la separación vertical de las luces, la sensibilidad de la desviación perpendicular a la trayectoria, y la distancia desde el extremo más cercano del canal hasta la torre anterior.

1. Diferencia de demora. Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación (3b)**:

$$\theta'_1 = 0,16 * 10^{-3} + 0,12 \gamma \text{ para } \gamma \leq 5 \text{ mrad}$$

para la diferencia de demora necesaria para detectar con certeza que las luces no están alineadas; en la página 1 se recomienda “que si antes de adoptar las intensidades luminosas finales se emprende un estudio de los emplazamientos adecuados, se debe basar en un valor de $\gamma_m = 1,5 * 10^{-3}$ radianes.”

∴ Suponiendo que $\gamma_m = 1,5 * 10^{-3}$ radianes y reemplazando en la ecuación (3b):

$$\theta'_1 = 0,16 * 10^{-3} + (0,12) (1,5 * 10^{-3}) \text{ para } \gamma \leq 5 \text{ mrad}$$

$$\theta'_1 = 0,34 \text{ mrad}$$

$$\therefore \theta_D = 0,34 \text{ mrad}$$

2. Distancia al eje. Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación 16**:

$$Y_D = \theta_D x (1 + x/R)$$

para la distancia al eje en la que un navegante puede detectar con certeza que un buque no está en el eje del canal.

Definiendo los siguientes variables:

R = Distancia entre la luz anterior y la posterior

x = Distancia desde la luz anterior hasta el extremo opuesto del canal (C+M), donde

C = Longitud del canal

M = Distancia entre extremo más cercano y la luz anterior

W = Anchura del canal

Se supone que la distancia M es 0,2C. Este valor se basa en la experiencia de diseño, pero puede estimarse demasiado bajo si la iluminación de fondo o la baja visibilidad requieren luces brillantes que podrían provocar deslumbramiento en el extremo más cercano del canal.

3. Separación entre la torre anterior y la posterior. Al sustituir los valores conocidos en la ecuación de la recomendación 16 y resolver para obtener el valor R desconocido, llegamos a una relación para calcular el valor de R.

Por identidad, podemos dividir ambos lados de la ecuación (16) por $(1/2W)$:

$$(Y_D / (1/2W)) = [\theta_D x (1 + x/R)] / (1/2W); y$$

En los términos de esta directriz, $Y_D / (1/2W)$ se define como el “factor de desviación perpendicular a la trayectoria”. Dicho factor se define como la distancia lateral a la que el navegante puede detectar con seguridad que un

buque no está en el eje del canal, dividido por la mitad de la anchura del canal. Para estos cálculos preliminares, suponemos un factor de desviación del 20%, presuponiendo que la enfilación es “muy buena” (ver la tabla 2-1 de la presente directriz).

Suponiendo que $Y_D / (1/2W) = 0,20$ y sustituyendo en la ecuación anterior:

$$0,20 = Y_D / (1/2W) = [\theta_D x (1 + x/R)] / (1/2W)$$

$$0,10W = \theta_D x (1 + x/R)$$

$$W / (10 \theta_D x) = 1 + x/R$$

$$W / (10 \theta_D x) - 1 = x/R$$

$$R = x / [W / (10 \theta_D x) - 1]$$

$$\text{Pero } x = M + C; \text{ y } \theta_D = 0,34 * 10^{-3}$$

$$\therefore R = (M + C) / [W / (10 (0,34 * 10^{-3}) (M + C) - 1)]$$

Y R, la distancia entre la luz anterior y la posterior

$$R = (M + C) / [1000W / (3,4 * 10^{-3}) (M + C) - 1]$$

donde las variables:

R = Distancia entre la luz anterior y la posterior

x = Distancia desde la luz anterior hasta el extremo opuesto del canal (C+M), donde

C = Longitud del canal

M = Distancia entre extremo más cercano y la luz anterior

W = Anchura del canal

Esto también puede expresarse como

$$R = x / ((1000W / 3,4x) - 1); \text{ ver celda B15}$$

Dicha fórmula siempre dará un factor de desviación del 20% para $\gamma = 1,5$ mrad.

C. Hoja de cálculo de diseño de enfilaciones. El diseño detallado de una enfilación se realiza mediante la hoja de cálculo de diseño de enfilaciones (hacer clic en la pestaña “Leading Line”).

1. Intensidad mínima. Según las recomendaciones, las luces deben producir una iluminancia a la altura del ojo del navegante que sea igual a al menos 1×10^{-6} lux, y el tamaño de las luces debe calcularse de modo que la iluminancia sea, en la medida de lo posible igual si se contemplan a lo largo del segmento del canal.

Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación 5 (ley de Allard)**:

$$E = I d^{-2} (0,05)^{d/V}$$

para la iluminancia del ojo de la señal luminosa, donde

E = Umbral de luminancia en lux

I = Intensidad en candelas

d = Distancia desde la luz hasta el extremo opuesto del canal, en metros

V = Visibilidad en metros

La intensidad mínima nocturna puede calcularse resolviendo la Ecuación 16 para la Intensidad (I):

$$I = (E D^2) / (0,05^{(D'/(V'))}); \text{ ver celdas D30 \& D35}$$

Donde:

I = Intensidad en candelas

E = Umbral de luminancia en lux

D = Distancia desde la luz hasta el extremo opuesto del canal, en metros

D' = Distancia desde la luz hasta el extremo opuesto del canal, en millas náuticas

V' = Visibilidad en millas náuticas

El umbral de iluminancia (E) aumenta durante la noche cuando hay iluminación de fondo. La iluminancia se multiplica por factores de 1, 10 y 100 sin iluminación de fondo, con iluminación de fondo escasa, y con mucha iluminación de fondo, respectivamente. Durante el día, el factor de umbral de iluminancia (E) se fija en 1000. **Ver celda C68.**

Un valor de intensidad seleccionada que esté por debajo de la intensidad mínima sugerida evaluará sólo una parte de la enfilación. Se supone que las luces no se podrán utilizar en las partes que no se hayan evaluado.

2. Intensidad máxima . La intensidad máxima está determinada por el límite de deslumbramiento (ver Prevención del deslumbramiento, p. 4 de las recomendaciones) utilizando la misma ecuación anterior. El deslumbramiento ocurre cuando la iluminancia a la altura del ojo del navegante (E) supera los 0,01 lux cuando se ve de noche sin iluminación de fondo y los 0,1 lux cuando hay iluminación de fondo y la visibilidad es máxima. **Ver celda C69.**

3. Igualdad de Iluminancias Las iluminancias a la altura del ojo del navegante dentro del segmento útil del canal que proporcionan las dos luces deben ser tan iguales como sea posible. Para ello se necesita lograr el factor de intensidad propuesto entre la luz anterior y la posterior. Se utiliza la ley de Allard para determinar el factor idóneo.

Dado que $I = (E \cdot D^2) / (0,05)^{D/V}$, y teniendo en cuenta que la transmisibilidad y la visibilidad están relacionadas mediante la expresión $T = 0,05^{1/V}$, la intensidad puede expresarse asimismo por sustitución como:

$$I = (E \cdot D^2) / T^D$$

Además, dado que las iluminancias de la luz anterior y de la posterior tienen que diseñarse para que sean iguales (es decir: $E_R = E_F = E$), se aplica la siguiente ecuación:

$$I_R / I_F = ((D_R^2 \cdot E) / T^{D_R}) / ((D_F^2 \cdot E) / T^{D_F})$$

$$I_R / I_F = (D_R^2 \cdot T^{D_F}) / (D_F^2 \cdot T^{D_R}), \text{ donde}$$

I_R / I_F = Factor de intensidad

D_R = Distancia desde la luz posterior hasta el punto medio del canal en MN

D_F = Distancia desde la luz anterior hasta el punto medio del canal en MN

T = Transmisibilidad

E = Iluminancia (sin factores de corrección)

La ecuación determina el factor de intensidad ideal para lograr una iluminancia igual en el punto medio del canal. Se realiza otro cálculo en el extremo opuesto para asegurarse de que el factor no exceda 2:1. **Ver celdas C88 a C90.**

4. Separación de las luces. La torre posterior debe tener la altura suficiente para que las luces no se solapen una a otra. El cálculo se realiza tanto en el extremo más cercano como en el opuesto utilizando las luminancias calculadas en estos puntos. La siguiente ecuación determina la separación vertical en miliradianes que se necesita para impedir que las luces se solapen.

Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación 11** (ecuación principal sobre las luces borrosas). **Ver celdas AA7 a AA17, AA23 a AA33 y AA39 a AA49.**

$$\gamma_m = [2,4 - 0,06 \cdot \text{ABS Log}(E_2/E_1) + 0,26 \cdot \text{ABS Log}(E_2/E_1)^2 + \text{Log } E^+ \cdot (0,2 - 0,02 \cdot \text{ABS Log}(E_2/E_1) - 0,02 \cdot \text{ABS Log}(E_2/E_1)^2)] \cdot 10^{-3}$$

Donde E_2/E_1 = el factor de iluminancia

E^+ = la iluminancia máxima de la luz anterior o posterior

γ_m = la separación vertical en miliradianes

Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación 13**.

La separación vertical de las dos luces dada la altura de las torres anterior y posterior se expresa así

$$\gamma = (H_2 - b - c) / (x + R) - (H_1 - b - c) / x - 6,75 \cdot 10^{-8} \cdot R$$

Donde H_2 = altura de la torre posterior en bajamar media en metros

H_1 = altura de la torre anterior en bajamar media en metros

b = altura del ojo del observador en metros (el programa supone que b está en bajamar media)

c = carrera de marea media en metros

x = distancia entre la torre y el observador en metros

R = distancia entre las torres en metros

Resolviendo para H_2 en pleamar media (**celdas C108 y C109**):

$$H_2 = (x + R) * [(\gamma + (H_1 - b)/x + (6,75 * 10^{-8} * R))] + b - c$$

Este cálculo se realiza tanto en el extremo más cercano como en el extremo opuesto del segmento útil.

La torre anterior y la marca diurna (si está equipada) deben tener la suficiente altura como para que se vean en el extremo opuesto del canal en la altura más baja del ojo.

Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación 18**, (alcance geográfico).

$$3849 * (\text{SQRT}(H - c) + \text{SQRT}(b))$$

Donde
 H = altura de la torre anterior en metros
 c = carrera de marea media en metros
 b = altura del ojo del observador en pleamar media en metros

El programa utiliza la ecuación equivalente en unidades de medida inglesas:

$$D = 1,144 \text{ SQRT}(H)$$

Donde
 D = la distancia hasta el horizonte en millas náuticas
 H = la altura de la torre/el observador en pies

El alcance geográfico es la suma de la distancia hasta el horizonte desde el observador (b) y la torre anterior (H_1). Por lo tanto:

$$x = 1,144 \text{ SQRT}(b) + 1,144 \text{ SQRT}(H_1)$$

Donde
 b = altura del ojo del observador en pies
 H_1 = altura de la torre anterior en pleamar media en pies
 x = distancia desde la torre delantera hasta el observador en millas náuticas

Resolviendo H_1 en metros:

$$H_1 = (x / 1,144 - \text{SQRT}(b))^2 / 3,28; \text{ véase celda C98}$$

Dado que la parte inferior de la marca diurna debe verse en el alcance geográfico, se suma la longitud de la marca diurna anterior (en su caso) a H_1 .

La totalidad de la marca diurna posterior (en su caso) debe ser visible en el extremo opuesto del segmento útil y al menos la mitad debe estar visible en el extremo más cercano del segmento.

Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación 13** en la que γ está fijado en cero.

$$\gamma = (H_2 - b - c)/(x + R) - (H_1 - b - c)/x - 6,75 * 10^{-8} * R$$

Donde
 H_2 = altura de la torre posterior en bajamar media en metros
 H_1 = altura de la torre anterior en bajamar media en metros
 b = altura del ojo del observador en metros
 c = carrera de marea media en metros
 x = distancia entre la torre anterior y el observador en metros
 R = distancia entre las torres en metros

$$H_2 = RL + b - c + [(x + R) * (H_1 - b - c) / x] + [(x + R) * R * 6,75 * 10^{-8}] \text{ para el extremo opuesto}$$

$$H_2 = RL/2 + b - c + [(x + R) * (H_1 - b - c) / x] + [(x + R) * R * 6,75 * 10^{-8}] \text{ para el extremo más cercano}$$

Donde RL = longitud de la marca diurna en metros. Ver celdas D110 y D111.

La torre anterior debe tener la altura suficiente como para no quedar obstaculizada por los objetos situados delante. Además, la torre posterior debe ser lo suficientemente alta como para que no quede obstaculizada por los objetos situados entre las torres. Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación (14)**:

$$(H'' - b - c) / (u + S) - (H' - b - c) / u - 6,75 * 10^{-8} * S$$

Donde H'' = altura de la torre anterior/posterior en metros desde la pleamar media
 H' = altura del obstáculo en metros desde la pleamar media
 b = altura del ojo del observador en metros
 c = carrera de marea media en metros
 u = distancia entre el obstáculo y el observador en metros
 S = distancia entre la torre y el obstáculo en metros

Resolviendo H''

$$H'' = b - c + [(u + S) * (H' - b - c) / u] + [(u + S) * S * 6,75 * 10^{-8}];$$

Ver celdas C99 a C102 y C112 a C115.

Este cálculo se realiza tanto en el extremo más cercano como en el extremo opuesto del segmento útil. Dado que la totalidad de la marca diurna anterior (en su caso) tendrá que ser visible desde cualquier extremo del canal, la longitud de la marca diurna se suma a H'' (**ver celdas D99 a D102**). Del mismo modo, la totalidad de la marca diurna posterior (en su caso) tendrá que estar visible cuando se vea desde el extremo opuesto del segmento y sólo la mitad tendrá que ser visible desde el extremo más cercano (**ver celdas C112 a C115 y D112 a D115**).

El programa evalúa las alturas de las torres calculadas teniendo en cuenta la altura segura por encima del agua, la necesidad de evitar obstáculos, la posibilidad de ver las marcas diurnas, el alcance geográfico y la separación de las luces (borrosas) para las intensidades seleccionadas, con marea alta o baja (según lo más adecuado), para luego recomendar una altura para las torres anterior y posterior. Si los valores de la altura de la torre seleccionados están por debajo de las recomendaciones, aparece un mensaje de error.

5. Sensibilidad (Factor de desviación perpendicular a la trayectoria). Hágase referencia a la **ecuación de la recomendación 16**:

$$Y_D = \theta_D \times (1 + x/R)$$

Recuerde que Y_D , la distancia al eje, se define como la distancia lateral a la que el navegante puede detectar con seguridad que un buque no está en el eje del canal. El factor de desviación perpendicular a la trayectoria (CTF) se define como el factor de la distancia lateral a la que el navegante puede detectar con seguridad que un buque no está en el eje del canal, dividido por la mitad de la anchura del canal, y expresado como porcentaje. El factor de desviación perpendicular a la trayectoria (CTF) proporciona un método intuitivo para relacionar el comportamiento de sensibilidad de las señales de enfilación con el canal en cuestión en el que se utiliza. Se aplica el siguiente cálculo:

$$CTF = Y_D / (W / 2) * 100;$$

ver celdas AE7 a AE17, AE23 a AE33 y AE39 a AE49.

Donde CTF = factor de desviación perpendicular a la trayectoria como porcentaje

Y_D = Distancia al eje en metros

W = Anchura del canal en metros

La distancia al eje, Y_D , también puede expresarse como:

$$Y_D = \theta_D (C_D + M) (C_D + M + R) / 1000R;$$

Ver celdas AD7 a AD17, AD23 a AD33 y AD39 a AD49

Donde C_D = Posición en el segmento del canal que se evalúa, en metros
 R = Distancia entre las luces, en metros
 M = Distancia entre el segmento útil y la torre anterior, en metros
 θ_D = Separación horizontal de las luces, en radianes

6. Marcas Diurnas. “El estudio de la visibilidad diurna no ha sido en general objeto de mucha atención. A menudo, las marcas diurnas no son tan importantes para el navegante como los faros, dado que existen marcas naturales que puede aprovechar. Además, hay que reconocer que el problema de la visibilidad de las marcas diurnas es muchísimo más complejo que el de las luces nocturnas, lo que ha desalentado a los investigadores.”¹

Los primeros cálculos para determinar los alcances se hacían manualmente, con una multitud de tablas disponibles para ayudar al diseñador a establecer el tamaño de la marca diurna. Aquellas primeras tablas, fruto de la labor realizada por el Dr. H. R Blackwell y por S. Q. Duntley, proporcionaban un método para determinar el abanico de tamaños y colores concretas de marcas diurnas teniendo en cuenta varios fondos. Más adelante, estas tablas llegaron a simplificarse aún más para proporcionar los alcances para un tamaño dado, independientemente del tipo de colores y de fondo. Estas tablas simplificadas supusieron la base de la práctica internacional durante muchos años.

Las tablas utilizadas en este programa de enfilaciones se derivan de la tabla simplificada² utilizada por la Guardia Costera estadounidense desde principios de los años 80 del siglo veinte y hasta la actualidad. Con estas tablas se han cumplido las expectativas del diseño durante muchos años, con unos buenos resultados de las marcas diurnas. La siguiente tabla proporciona una relación de los alcances visuales en kilómetros de las longitudes de marcas diurnas seleccionadas, en metros. La parte sombreada representa la parte de la tabla extrapolada mediante el comando correspondiente de Microsoft Excel.

Vis. NM	Alcance operativo en km para longitudes específicas de marcas diurnas						
	1,6m	2,1m	3,1m	4,2m	6,3m	8,6m	12,2m
1	0,9	1,3	1,7	1,9	2,0	2,4	2,7
2	1,1	1,7	2,2	2,6	2,8	3,4	3,8
3	1,1	2,0	2,8	3,5	3,9	4,8	5,5
4	1,3	2,4	3,3	4,3	5,0	6,0	7,0
5	1,5	2,8	3,9	5,0	6,1	7,3	8,5
6	1,5	3,0	4,3	5,4	6,7	8,0	9,3
7	1,7	3,2	4,4	6,1	7,4	8,9	10,3
8	1,7	3,2	4,8	6,5	7,8	9,5	11,0
9	1,7	3,5	5,3	7,0	8,3	10,2	11,9
10	1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0

Tabla E6-1

En esta tabla se expresa el tamaño de las marcas diurnas en cuanto a su altura en metros y su alcance en kilómetros, suponiendo que la altura de la marca diurna será 1,5 veces superior a su anchura, lo que es una práctica internacional habitual. En el caso de los revisores que quieran comparar estas dimensiones con los valores actuales de las tablas de marcas diurnas de EE.UU., obsérvese que la conversión se hizo basándose en superficies equivalentes. Las marcas diurnas de EE.UU. se construyen con una relación de altura a anchura de 2:1 (debido en buena parte al tamaño estándar del contrachapado norteamericano, que es de 4 por 8 pies). La altura se expresa en pies y el alcance en millas.

Por ejemplo, una marca diurna de EE.UU. de 24 pies de longitud y 12 pies de anchura tiene una superficie total de 288 pies cuadrados, o 26,8 metros cuadrados. La longitud de una marca diurna equivalente según la relación internacional es:

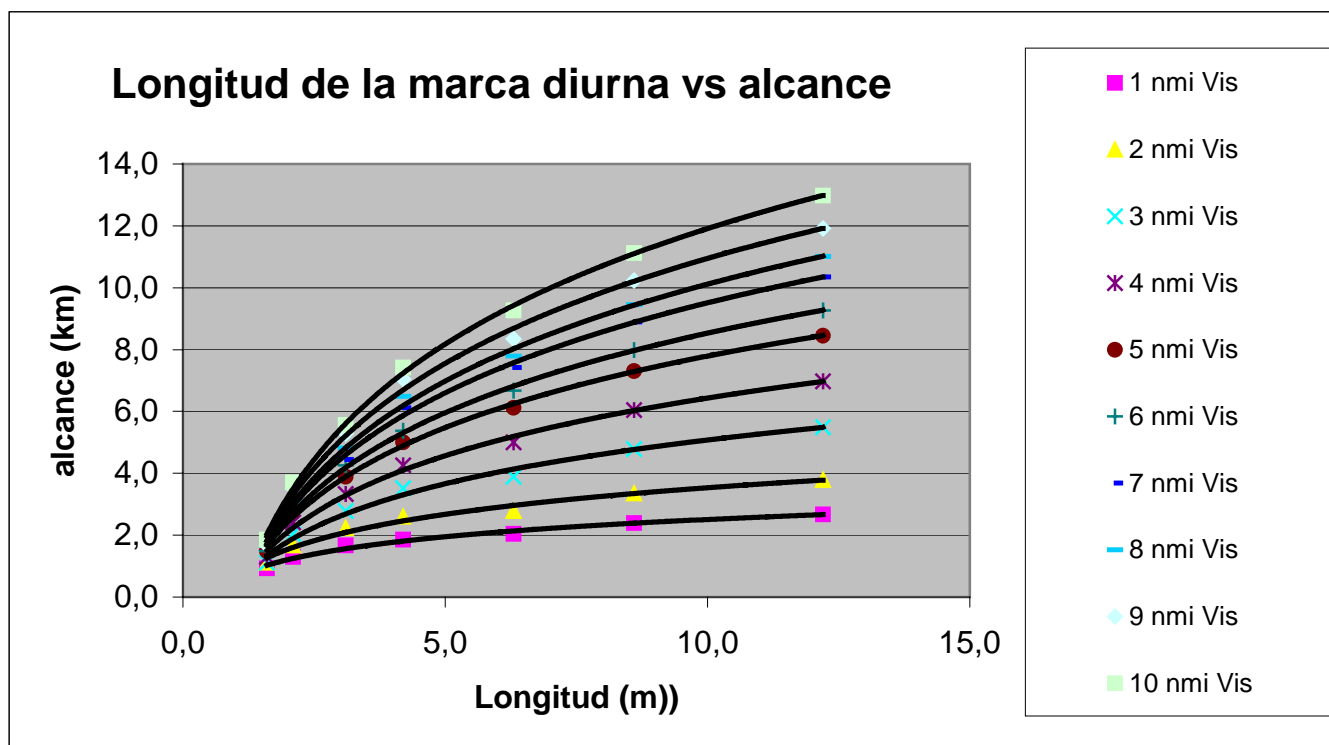
$$\begin{aligned}
 \text{Longitud de la marca diurna (m)} &= \text{SQRT}(1,5 \times \text{Superficie de la marca diurna (m}^2\text{)}) \\
 &= \text{SQRT}(1,5 \times 26,8 \text{ m}^2) \\
 &= 6,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Se representa el contenido de la Tabla E6-1 para demostrar el modelo de longitudes de marcas diurnas para visibilidades específicas. Se eligió el mejor ajuste de curvas y se mostró una ecuación apropiada para calcular la longitud de la marca

¹ M. Blaise, IALA Bulletin No. 47 (April, 1971) artículo titulado “Daymarks as Aids to Navigation.”

² USCG, Instruction M16500.4, Range Design (1980), p. E2-2

diurna para una visibilidad y un alcance determinados. En este caso se eligió la función logarítmica natural. Obsérvese que debido a la pendiente de las curvas, los valores calculados fuera de los límites de la longitud de la marca diurna reflejan resultados insatisfactorios. Por lo tanto, se colocaron mensajes de error en el programa para alertar al usuario de que tiene que seleccionar valores dentro de los límites.



Las siguientes ecuaciones fueron generadas por Microsoft Excel para calcular las curvas aproximadas de las 10 visibilidades:

$$\begin{aligned}
 y &= 0,8064\ln(x) + 0,6518 \\
 y &= 1,2356\ln(x) + 0,6893 \\
 y &= 2,0415\ln(x) + 0,3778 \\
 y &= 2,6895\ln(x) + 0,2425 \\
 y &= 3,3375\ln(x) + 0,1072 \\
 y &= 3,7147\ln(x) - 0,0199 \\
 y &= 4,199\ln(x) - 0,156 \\
 y &= 4,5228\ln(x) - 0,2975 \\
 y &= 4,8962\ln(x) - 0,3264 \\
 y &= 5,3861\ln(x) - 0,4892
 \end{aligned}$$

Estas ecuaciones se utilizan en el programa de enfilaciones para proponer un tamaño de marca diurna para un nivel específico de visibilidad (**ver celdas N92 a R115**). A continuación, se calcula el alcance del tamaño seleccionado de la marca diurna y se compara con el tamaño propuesto. Si es más pequeño, se muestra un código de error para los puntos del canal a partir de los cuales ya no se ve la marca diurna en condiciones de visibilidad mínima (**ver celdas N75 a R76**).

6. Hoja de cálculo para el diseño de enfilaciones diurnas. El diseño detallado de una enfilación se consigue mediante la hoja de cálculo para enfilaciones diurnas (hacer clic en la pestaña de la hoja de cálculo “Leading Line-Day”). Todos los cálculos son iguales a los descritos en la hoja de cálculo de enfilaciones nocturnas, con el umbral de iluminancia (E) fijado en 1000. **Ver celda C68.**

7. Hoja de cálculo para el diseño de la configuración final de enfilaciones. En esta hoja de cálculo final no se realizan más cálculos (hacer clic en la pestaña de la hoja de cálculo “Final Design Layout”). En esta hoja se ofrece una

presentación convenientemente resumida de todas las características principales de la configuración y el diseño en una sola hoja de cálculo que se puede imprimir y archivar en los archivos del proyecto.